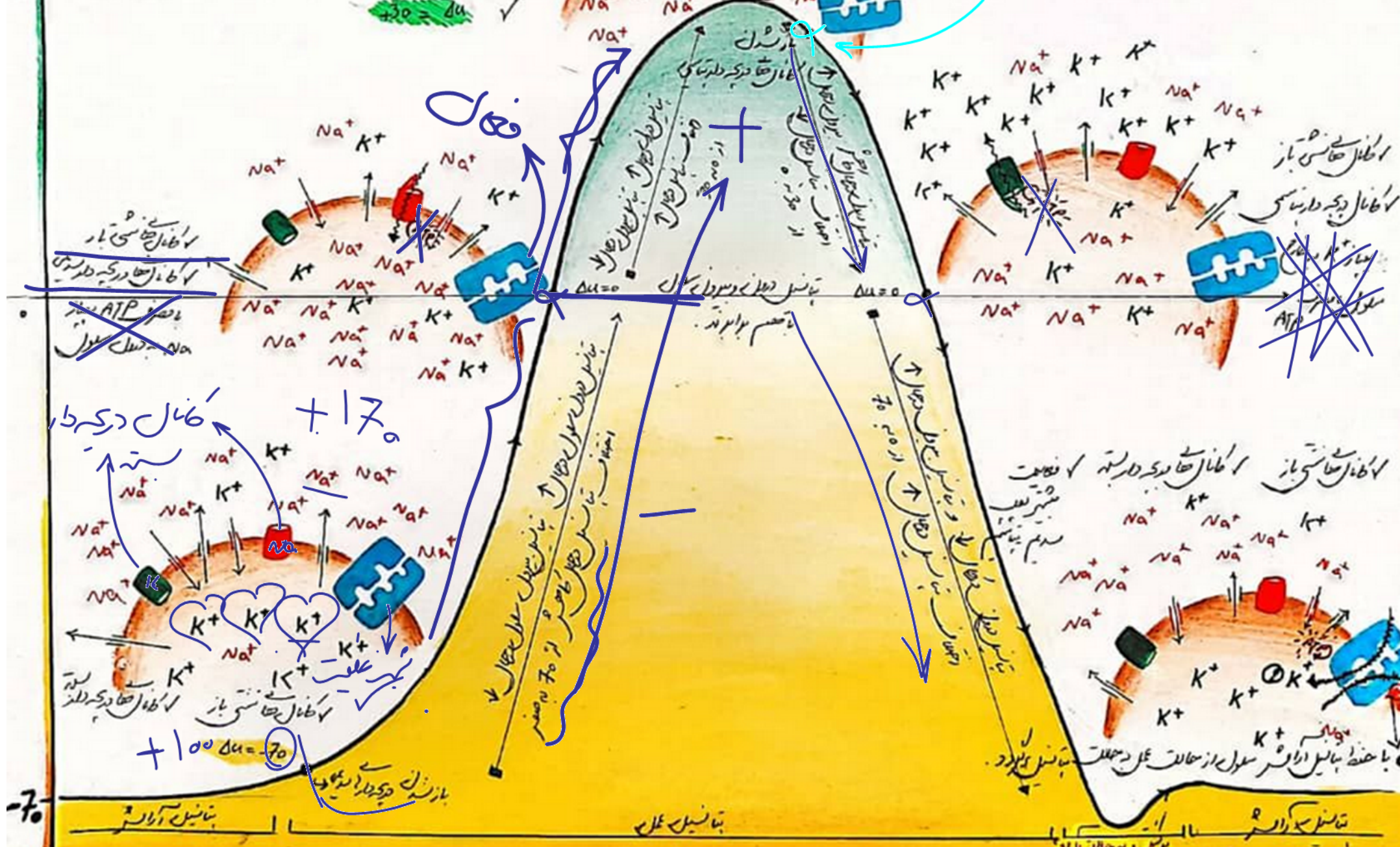


اختلاف پتانسیل

لپتانل خاص بی بازر  
لپتانل خاص بی بازر  
لپتانل خاص بی بازر



مخ

مخ

المخ

مخ



ایجاد خوشی



افانہ کسب

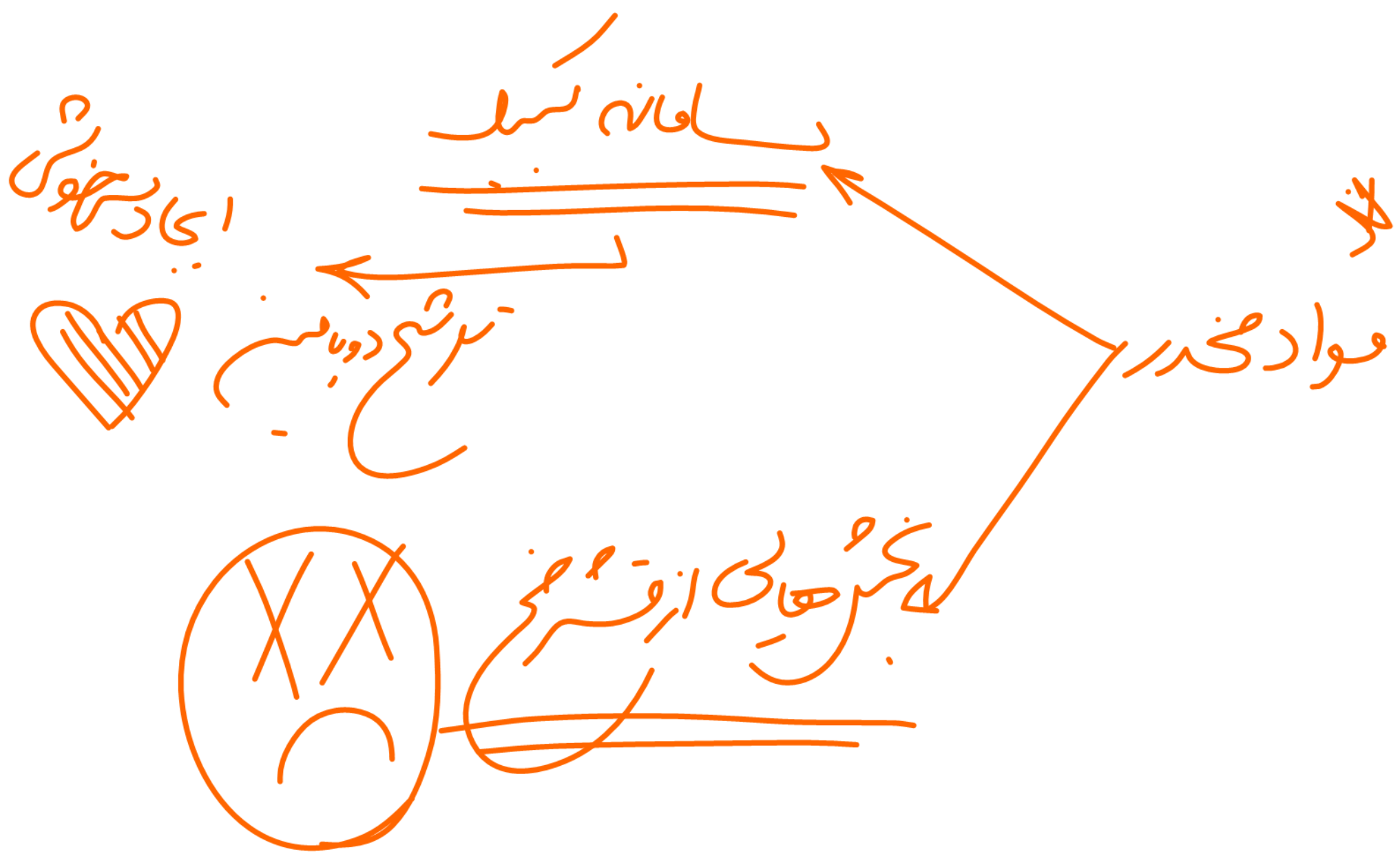
تشریح دوبارہ



بہتر حالتی از قلم

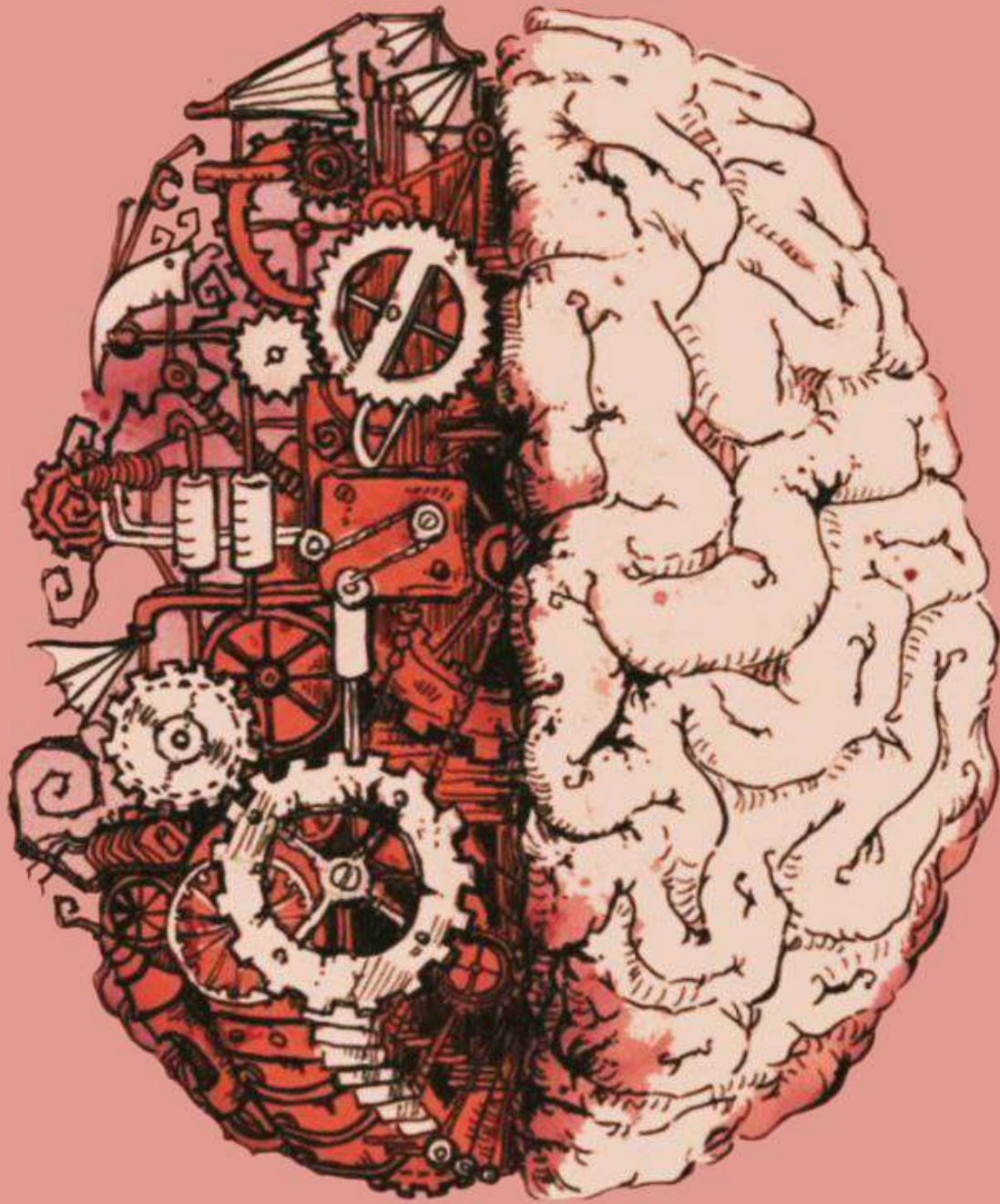
مخار

مواد مخدر



زینت شعری

# \* فصل ۱: تنظیم عصبی



مؤلف دکتر زهرا سادات همایونی



HOMAYOUNI\_ZIST





## فهرست فصل اول یازدهم

### • گفتار ۲: ساختار دستگاه عصبی

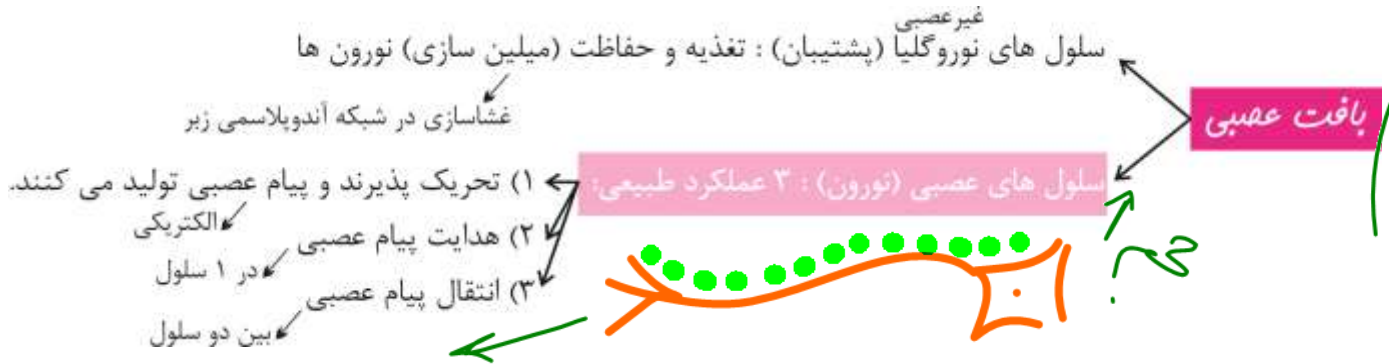
- دستگاه عصبی
- دستگاه عصبی مرکزی
- رنگ بندی دستگاه عصبی مرکزی
- حفاظت از مغز و نخاع
- مخ
- منحنی
- ساقه مغز
- تالاموس
- هیپوتالاموس
- سامانه سی کتاره ای
- هیپوکامپ
- نخاع
- اعتیاد
- دستگاه عصبی محیطی
- انعکاس نخاعی
- دستگاه عصبی جانوران

### • گفتار ۱: یاختم های بافت عصبی

- بافت عصبی
- اجزا نورون
- انواع نورون
- غلاف میلین
- گره رانویه
- خوراکیمنی
- عصب
- چلونگی ایجاد پیام عصبی
- پتانسیل آرامش
- پتانسیل عمل
- نوع فعالیت پمپ سدیم پتاسیمی
- نمودار حیاتی
- انتقال پیام عصبی
- انواع سیناپس

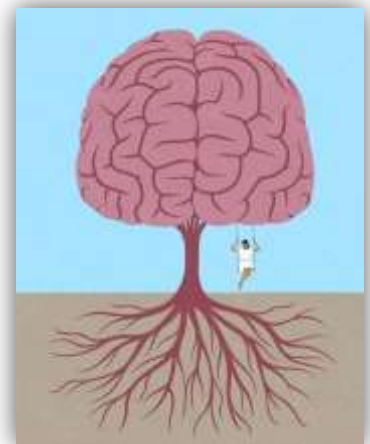
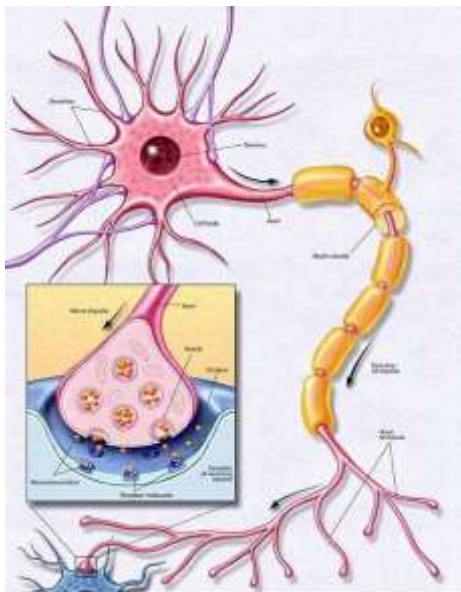
## فصل ۱

### گفتار ۱: یاخته های بافت عصبی



تعداد سلول های پشتیبان چند برابر نورون هاست (روی بعضی از نورون ها چندین نوروگلیا وجود دارد). داربست برای استقرار نورون ها هستند.

سلول های پشتیبان انواع گوناگون دارد. سلول های پشتیبان در دفاع سلول عصبی و حفظ هم ایستایی مایع اطراف (مایع بین سلولی) نقش دارد.





تمام سلول‌های بافت عصبی، عصبی نیستند.

در بافت عصبی تعداد سلول‌های غیرعصبی بیشتر از عصبی است ولی بیشتر حجم بافت عصبی را سلول‌های عصبی گرفته.

هدایت طی یک سلول  $\neq$  انتقال بین دو سلول

متصل به هر دو نوع رشته عصبی

جسم سلولی: پیام‌ها را از دندریت گرفته و به آکسون می‌فرستند.  
بیشتر اندامک‌ها در جسم سلولی هستند و حاوی هسته نورون بوده و فرآیندهای سلولی (سایر اندامک‌ها را دارد)

DNA خطی

هر نورون ۳ بخش دارد:

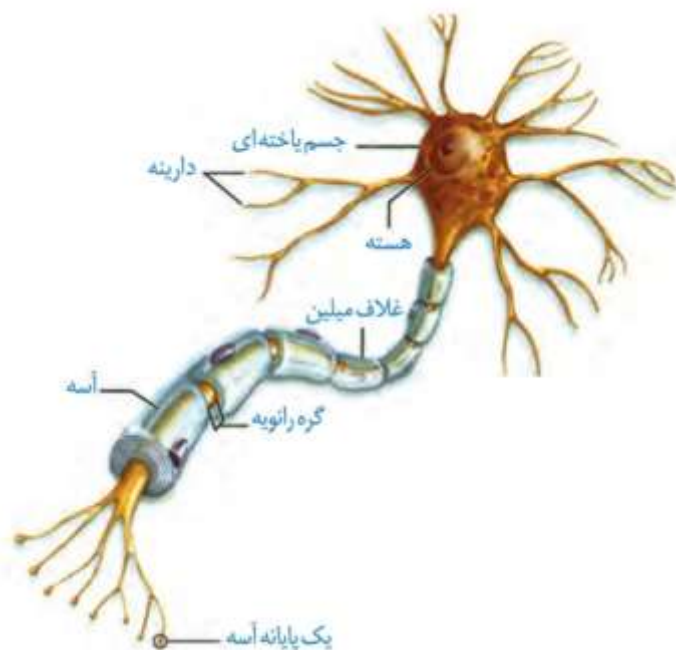
دندریت (دارینه): پیام‌ها را دریافت و به جسم سلول می‌فرستند.

آکسون (آسه): پیام عصبی از جسم سلول تا انتهای آکسون منتقل می‌شود  
به نام پایانه آکسون (حالت متورم دارند) هدایت می‌شود.

به دلیل آنژیوستیز

محل انتقال

\* بعضی اندامک‌ها مثل میتوکندری تا پایانه آکسون نیز وجود دارند و صرفاً در جسم سلولی نیستند.



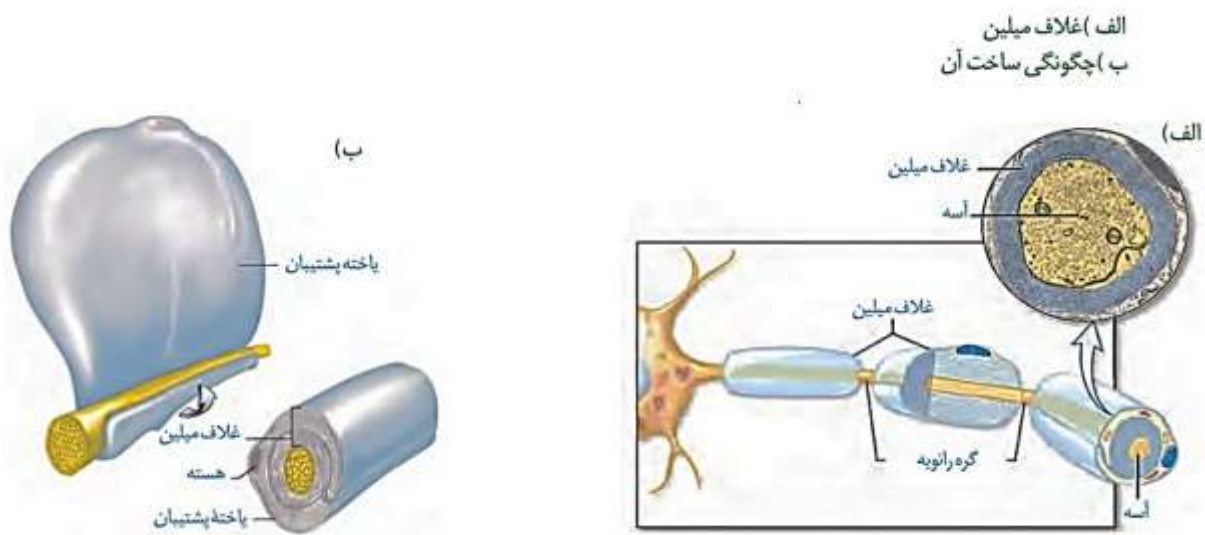
**غلاف میلین:** رشته‌های آکسون و دندریت (رشته‌های عصبی) را می‌پوشاند و عایق است (نسبت به یون‌ها و ده) و توسط سلول‌های نگهبان ساخته می‌شود و اجازه جابه‌جایی یون‌ها را نمی‌دهد.

\* نکته: در محل غلاف میلین، غشاء نوروئیک هیچ کانال پرو ندارد.

✓ غلاف میلین از جنس غشاء (فولپیر) است.

✓ در MS (MULTIPLE SCLOROSIS) سلول‌های خودی توسط دستگاه ایمنی تخریب می‌شود. (بیماری خود ایمنی)

\* در بیماری MS توسط دستگاه ایمنی غلاف میلین در دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) تخریب می‌شود. ← بیماری ام اس نوعی بیماری خود ایمنی است.



مولف: دکتر زهرا سادات هایونی



\* **بیماری خودایمنی** ← در این اختلال دستگاه ایمنی، دستگاه ایمنی سلول‌های خود را بیگانه شناسایی کرده و علیه آنها پاسخ ایمنی ایجاد می‌کند. (مثال: MS و دیابت نوع I) در MS هدایت پیام به درستی انجام نمی‌شود و باعث **اختلال در پیشانی، حرکت و بینایی و لرزش می‌شود.** (علائم MS)

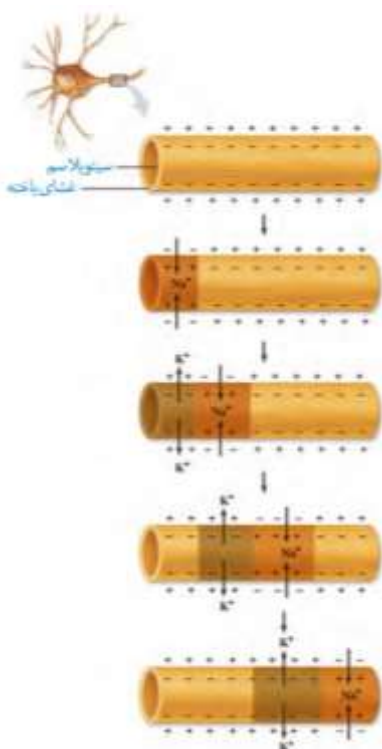
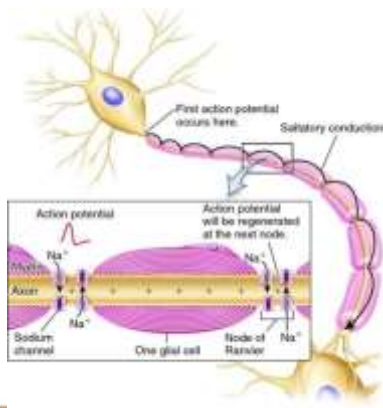
\* **گره رانویه** در رشته‌های میلین دار وجود دارد. (فاصله بین غلاف‌های میلین را گره رانویه می‌گویند)

\* در گره رانویه غشاء نورون با مایع بین سلولی در تماس است.

\* جهت مقایسه سرعت هدایت در رشته‌های عصبی باید رشته‌ها **هم‌قطر** باشند.

\* در MS دستگاه **عصبی و حرکتی** فرد دچار اختلال می‌شود.

\* در MS، نورون‌های بخش سفید CNS مورد تهاجم دستگاه ایمنی قرار می‌گیرند.



**گره رانویه:** قسمت‌هایی که میلین قطع شده را گره رانویه می‌گویند و

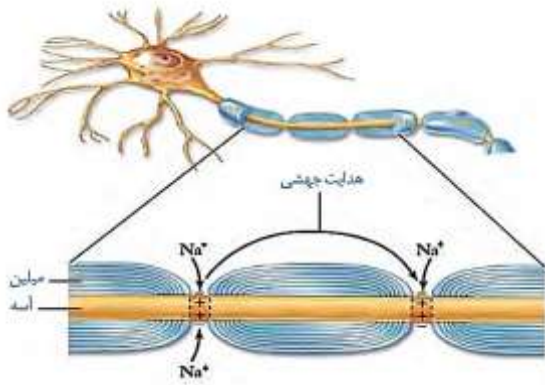
در آنها پتانسیل عمل رخ می‌دهد. زیرا میلین عایق و جلوی عبور را می‌گیرد باعث سرعت هدایت پیام عصبی می‌شود فقط در این گره‌ها کانال پروتئینی هست و بین آن‌ها نیست.

نورون‌هایی که غلاف میلین دارند پیام عصبی را نسبت به نورون‌های **هم‌قطر** خود، هدایت سریع‌تری دارند.

\* **هدایت جهشی در گره‌های رانویه رخ می‌دهد.** و هدایت

**هم‌قطری در بخش‌های بدون میلین**

\* در گره رانویه **کانال‌های pro** در عرض غشا وجود دارد.

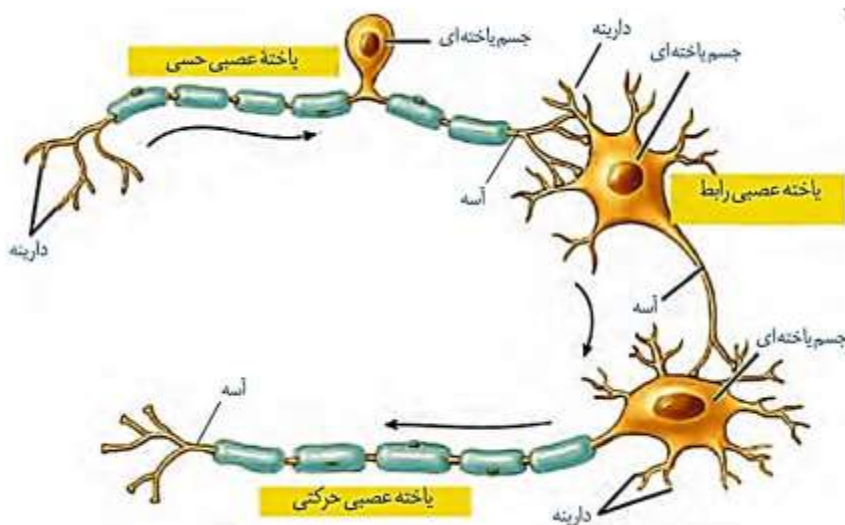


\* رشته‌های عصبی بدون میلین، هدایت تقطی‌های دارند و رشته‌های عصبی میلین‌دار هدایت جهشی سرعت هدایت جهشی نسبت به هدایت تقطی‌های در یک رشته‌ی عصبی بیشتر است.

\* سلول‌های نوروگلیا جهت ساخت غلاف میلین توسط شبکه آندوپلاسمی زیر غشایی کرده و این غشا به غشا سلولشان پیوسته (مثل رولت) به دور رشته عصبی می‌پیچند به شکلی که آخرین لایه در تماس با غشا نورون بوده. (غلاف میلین چندین ردیف غشا می‌باشد.)

گاهی بخشی از نورون حسی یا کل آن گیرنده حسی محسوب می‌شوند. جهت پردازش حسی: پیام را گیرنده حسی به سوی بخش مرکزی (مغز و نخاع) می‌فرستند. حرکتی: پیام از بخش مرکزی به سوی اندام‌ها می‌فرستند. دستورات مغز و نخاع رابط: در مغز و نخاع هستند و در ارتباط نورون حسی و حرکتی نقش دارند.

### انواع نورون



\* تمامی نورون‌ها می‌توانند غلاف میلین داشته باشند یا نداشته باشند



شکل انواع نورون

حسی: دندریت بلند (میلین  $\sqrt$ ) آکسون کوتاه (میلین  $\sqrt$ )  
 حرکتی: دندریت کوتاه (میلین  $\times$ ) آکسون بلند (میلین  $\sqrt$ )  
 رابط: دندریت و آکسون کوتاه و بدون میلین

\* نورون حسی، کوچکترین جسم سلولی را دارد و از جسم سلولی آن فقط یک انتخاب خارج شده که بعد از خروج از جسم سلولی رو شاخه شده یکی (کوتاهتر) آکسون و دیگری (بلندتر) دندریت.

\* شکل نورون‌های حرکتی و رابط و نسبت اجزای نورون بهم مشابه همند.

\* نام نورون‌ها و شکل آن‌ها وابسته به وظیفه آن‌هاست.

\* دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) ← اطلاعات را از بخش حسی دریافت کرده و پردازش می‌کنند و دستور مناسب را توسط بخش حرکتی به اندام‌ها می‌فرستند.

\* تمامی نورون‌ها می‌توانند غلاف میلین داشته باشند در محل‌های میلین‌دار هدایت جهشی و بخش‌های بدون میلین هدایت نقطه‌ای است.

تار عصبی: آکسون‌ها و دندریت‌های بلند را تار عصبی (رشته‌های عصبی بلند) می‌نامند (دندریت حسی و آکسون حرکتی)

\* در تار عصبی هدایت همیشه جهشی است.

عصب: هر عصب مجموعه‌ای از آکسون‌ها (حرکتی) یا دندریت‌ها (حسی) یا هر دو آنها (مختلط) هستند. که توسط غلافی پیوندی احاطه شده و دستگاه عصبی محیطی را تشکیل می‌دهند.



۳۱ جفت نخاعی (مختلط)

۳۳ جفت عصب (۱۶ تا)

۱۲ جفت مغزی (حسی، حرکتی و مختلط)

## قسطی ننیم



حسی : پیام عصبی از اندام حسی به مراکز عصبی می رسانند.  
حرکتی : پیام عصبی از مراکز عصبی به ماهیچه و غده ها می برند.  
مختلط : مجموعه ای از تارهای حسی و حرکتی.

### انواع اعصاب

✓ نوروں رابط

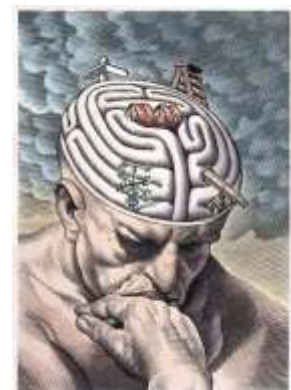
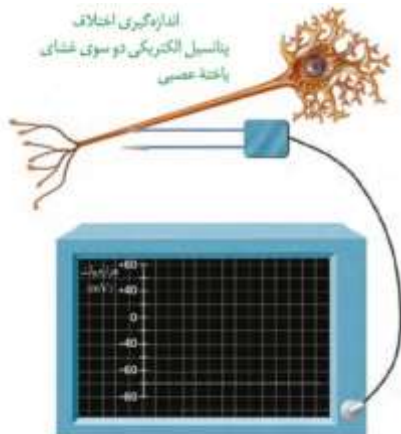
\* نوروں مختلط نداریم \*

✓ عصب مختلط

\* عصب رابط نداریم \*

### چگونگی ایجاد پیام عصبی

- پیام عصبی در اثر تفسیر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای سلول عصبی بوجود می‌آید. (در اثر باز شدن کانال دریچه‌دار سدیم و ورود ناگهانی سدیم به درون سلول)
- ← یون‌ها در دو طرف غشا برابر نیستند. ← بار الکتریکی دو طرف غشا برابر نیست. (در طرف غشای بر الکتریکی + دارد ولی میزان بار + آنها متفاوت)
- پتانسیل یک محیط وابسته به میزان یون آن است. اگر یون‌های دو محیط میزان متفاوتی باشند پس پتانسیل آنها با هم متفاوت است. ← اختلاف پتانسیل بوجود می‌آید.



مولف: دکتر زهرا سادات هایونی



## انواع اختلاف پتانسیل:

۱- پتانسیل آرامش:  $-70\text{mV}$

۲- پتانسیل عمل:  $-30\text{mV}$

پتانسیل سلول همیشه مثبت می‌باشد چون هم  $\text{K}$  و هم  $\text{Na}$  مثبت هستند. اما اختلاف پتانسیل - (پتانسیل آرامش) یا + (پتانسیل عمل) می‌تواند باشد.

## پتانسیل آرامش

اختلاف پتانسیل دو طرف غشا سلول عصبی هنگامی که فعالیت عصبی ندارد.  $70$ - میلی‌ولت.

$-70\text{mV}$  یعنی:

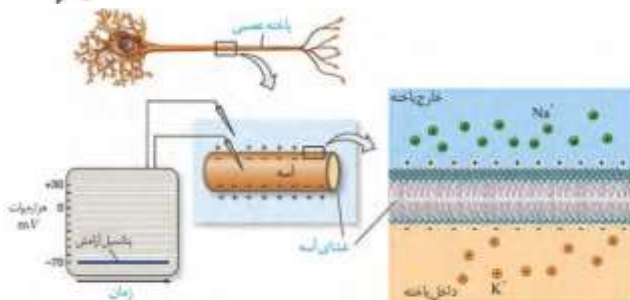
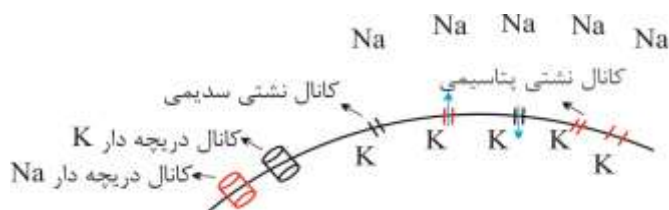
$u$  درون  $>$   $u$  بیرون

$70$ - میلی‌ولت  $u$  درون و  $u$  بیرون با هم متفاوتند.

در حالت آرامش کانال‌های پروتئینی نشستی  $\leftarrow$  همیشه بازند و در جهت شیب غلظت یون‌های  $\text{K}$  را خارج و یون‌های  $\text{Na}$  را وارد می‌کنند  $\leftarrow$  اما نفوذپذیری به  $\text{K}$  بیشتر **تعداد** **کانال‌های نشستی  $\text{K}$  بیشتر از  $\text{Na}$**   $\leftarrow$  خروجی بیشتر از  $\text{Na}$  ورودی  $\leftarrow$  پتانسیل

درون سلول نسبت به بیرون منفی‌تر

$\text{K}$  خروجی  $<$   $\text{Na}$  ورودی



پتانسیل آرامش در شکل یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون ساخته نشان داده شده‌اند.

$u$  درون +

$u$  بیرون +

ولج  $-\Delta u$

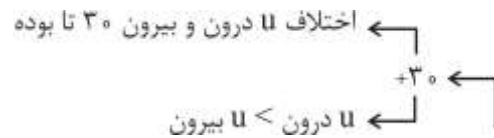


## پروتئین های غشا در حالت آرامش

کانال های نشتی باز

کانال های دریچه دار بسته

پمپ در حال فعالیت اندک ← مصرف ATP



**پتانسیل عمل:** اختلاف پتانسیل دو طرف غشای عصبی هنگام فعالیت عصبی و تحریک را

پتانسیل عمل می گویند. (در محل بدون میلین)

هنگام تحریک (با رسیدن ناقل عصبی فعال کننده) کانال های Pro دریچه دار سدیمی

باز (دریچه کانال های دریچه دار سدیمی به سمت بیرون) و یون سدیم یکباره وارد

سلول شده (بدون مصرف ATP به روش انتشار تھیل شده) و پتانسیل سلول از

$-70$  به  $+30$  می رسد ← درون سلول نسبت به بیرون مثبت تر (قسمت بالا روی نمودار،

اختلاف پتانسیل ابتدا کاهش (از  $-70$  به  $0$ ) و سپس افزایش (از  $0$  به  $+30$ )

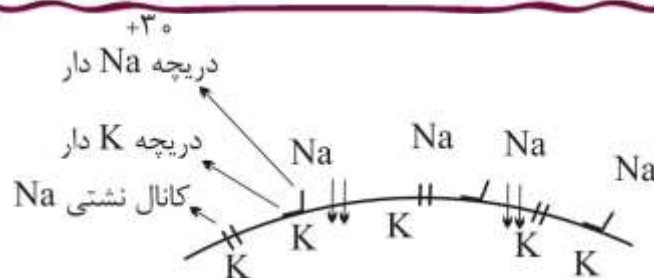
## پروتئین های غشا در بخش بالا روی نمودار پتانسیل عمل

\* کانال های نشتی باز

\* کانال های دریچه دار سدیمی باز

\* کانال های دریچه دار پتاسیمی بسته

\* پمپ در حال فعالیت با شدت کم

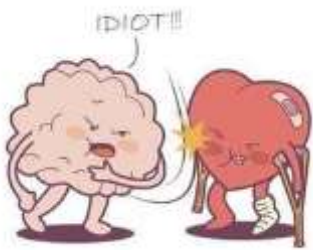


- در قله نمودار پتانسیل عمل ابتدا کانال دریچه‌دار Na بسته می‌شود و سپس دریچه‌دار K باز می‌شود. (همزمان باز نیستند)

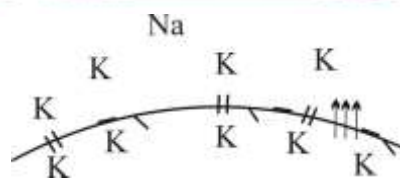
### وضیعت پروتئین های غشا در قله نمودار پتانسیل عمل

کانال دریچه‌دار سدیمی بسته و کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز (دریچه‌کانال های دریچه‌دار K به سمت داخل سلول باز می‌شود) و پتاسیم از سلول خارج (بدون مصرف ATP به انتشار تھیل شده) و باز به ۷۰- می‌رسد (قیمت پایین نمودار -  $\Delta u$  ابتدا کاهش ۳۰ به ۰) و سپس افزایش (۷۰ تا ۰) (اختلاف پتانسیل دو سوی غشا).

### وضیعت پروتئین های غشا در بخش پایین دو نمودار پتانسیل عمل



- \* کانال های نتری باز
- \* کانال های دریچه‌دار K باز
- \* کانال های دریچه‌دار Na بسته
- \* پمپ فعال با شدت کم



در پایان پتانسیل عمل اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به پتانسیل آرامش برگشتند اما غلظت یون‌ها دقیقاً برعکس حالت آرامش است. یعنی به جای اینکه درون سلول پتاسیم بیشتر باشد،

سدیم بیشتر است. در این حالت پروتئینی بنام پمپ سدیم پتاسیم در این مرحله بیشتر فعالیت می کند تا غلظت به حالت آرامش برگردد.

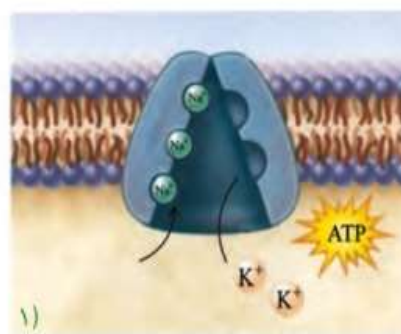
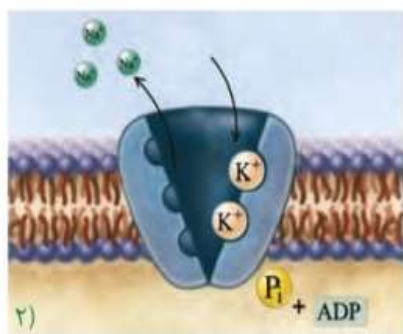
در حالت آرامش درون سلول k زیاد است اما در بیرون پتانسیل عمل درون سلول Na زیاد است.

\* پتانسیل آرامش یعنی عدد ۷۰- اما حالت آرامش یعنی غلظت یون ها مهم است. در پتانسیل آرامش همیشه حالت آرامش نیست. ← ولی در حالت آرامش همیشه پتانسیل آرامش است.


### نوع فعالیت پمپ سدیم پتاسیم

( pro سرتاری که تخصصی برای دو نوع یون فعالیت می کند و دارای ۵ جایگاه می باشد. ۳ جایگاه کوچک برای Na و ۲ جایگاه بزرگتر برای پتاسیم) پتاسیم: ۳ سدیم خارج و ۲ پتاسیم وارد می کند.

دو جایگاه (بزرگ) برای پتاسیم دارد و سه جایگاه برای سدیم. (کوچکتر) (قبل و بعد فعالیت پمپ، پتانسیل آرامش است اما قبلش حالت آرامش نیست بعدش هست) (پمپ سدیم پتاسیم بدون تغییر اختلاف پتانسیل از ۷۰ غلظت یون ها را جابجا می کند)



(ب)



دلیل وقوع پتانسیل عمل ← باز شدن دریچه دار Na

دلیل رسیدن سلول به پتانسیل آرامش ← باز شدن دریچه دار K

دلیل رسیدن سلول حالت آرامش ← فعالیت بیشتر پمپ

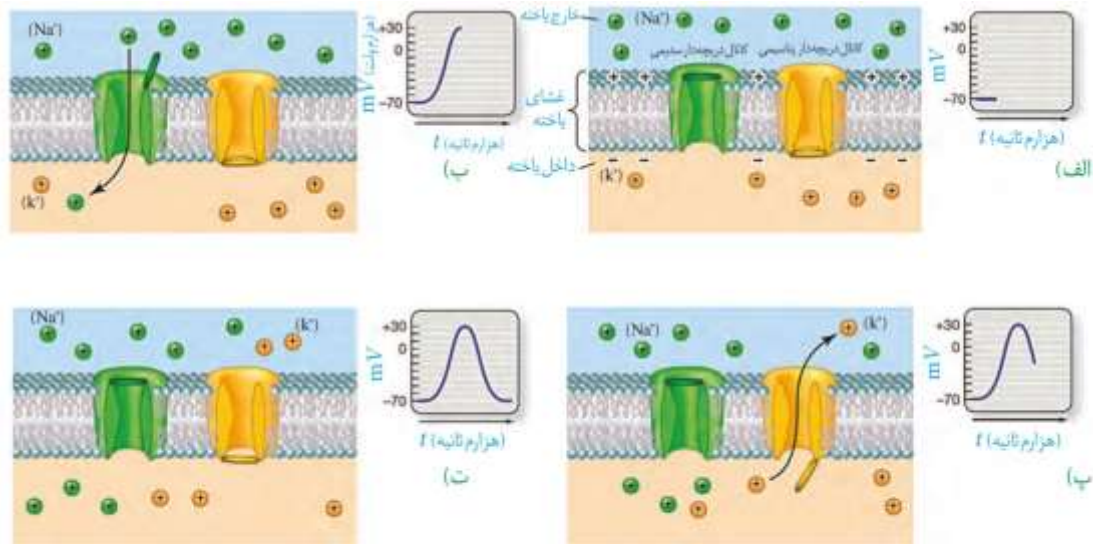
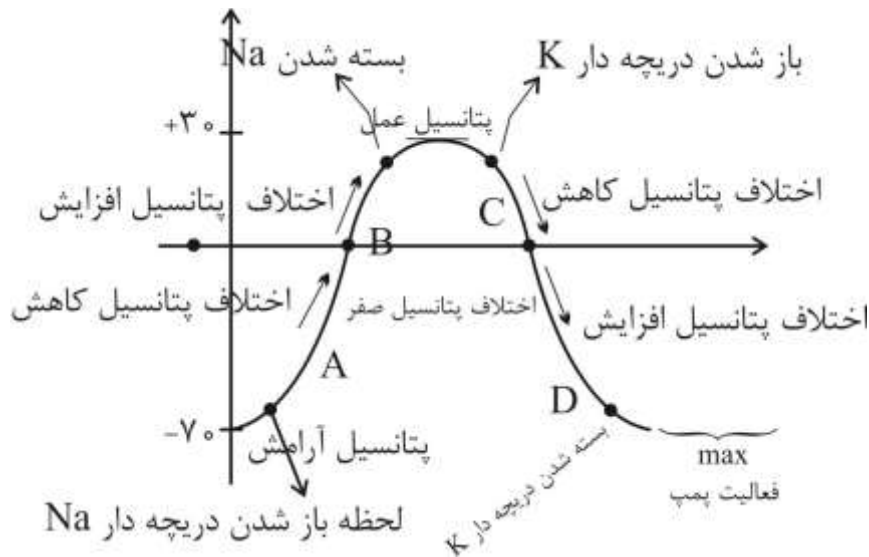


A, B ← باز بودن کانال دریچه‌دار Na

C, D ← باز بودن کانال دریچه‌دار K

A, B, C, D ← کانال نشی و پمپ فعال

\* همیشه طی پتانسیل عمل  $\Delta u$  ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.



چگونگی ایجاد پتانسیل عمل؛ در شکل یون‌های پتانسیل بیرون و یون‌های سدیم درون یاخته، نشان داده نشده‌اند.

\* pro کانالی (نشی یا دریچه‌دار) برای یک نوع یون تخصصی عمل می‌کنند ولی پمپ برای دو نوع یون (ولی یون‌های متفاوت همزمان در پمپ نیستند).

پمپ شدة فعالیت در زمان های متفاوت متغیر. (با مصرف ATP)

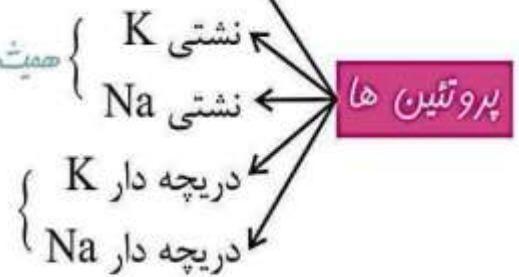
همیشه باز و جابه جایی یونها در جهت شیب غلظت (انتشار تھیل شده)

تفویز پذیری غت وابسته به تعداد آنها  $Na < K$

با مصرف ATP به روش انتشار تھیل شده یونها رو جابه جایی میکنند

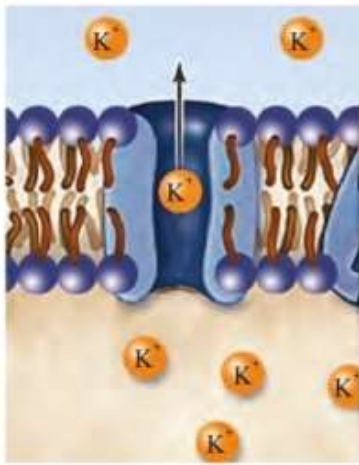
در زمان آرامش و راس نمودار همزمان بسته اند

ولی هیجگاه همزمان باز نیستند.



✓ **کانال های نشتی:** ← همیشه بازند و براساس شیب غلظت به طور دائم Na را به

سمت داخل و پتاسیم را خارج می کند. (انتشار تھیل شده).



✓ **کانال های دریچه دار:** کانال های دریچه دار سدیمی هنگامی پتانسیل عمل باز و Na

وارد و بعد (بلا روی نمودار) بسته و بلافاصله کانال دریچه دار پتاسیمی (پایین رو

نمودار) باز و پتاسیم خارج و بعد بسته می شود. (انتشار تھیل شده).





\* تبادل سلول

سگنی یوزب!!

← تبادل آروستر : وقتی سلول عصوی فعال فعالیت نمی باشد

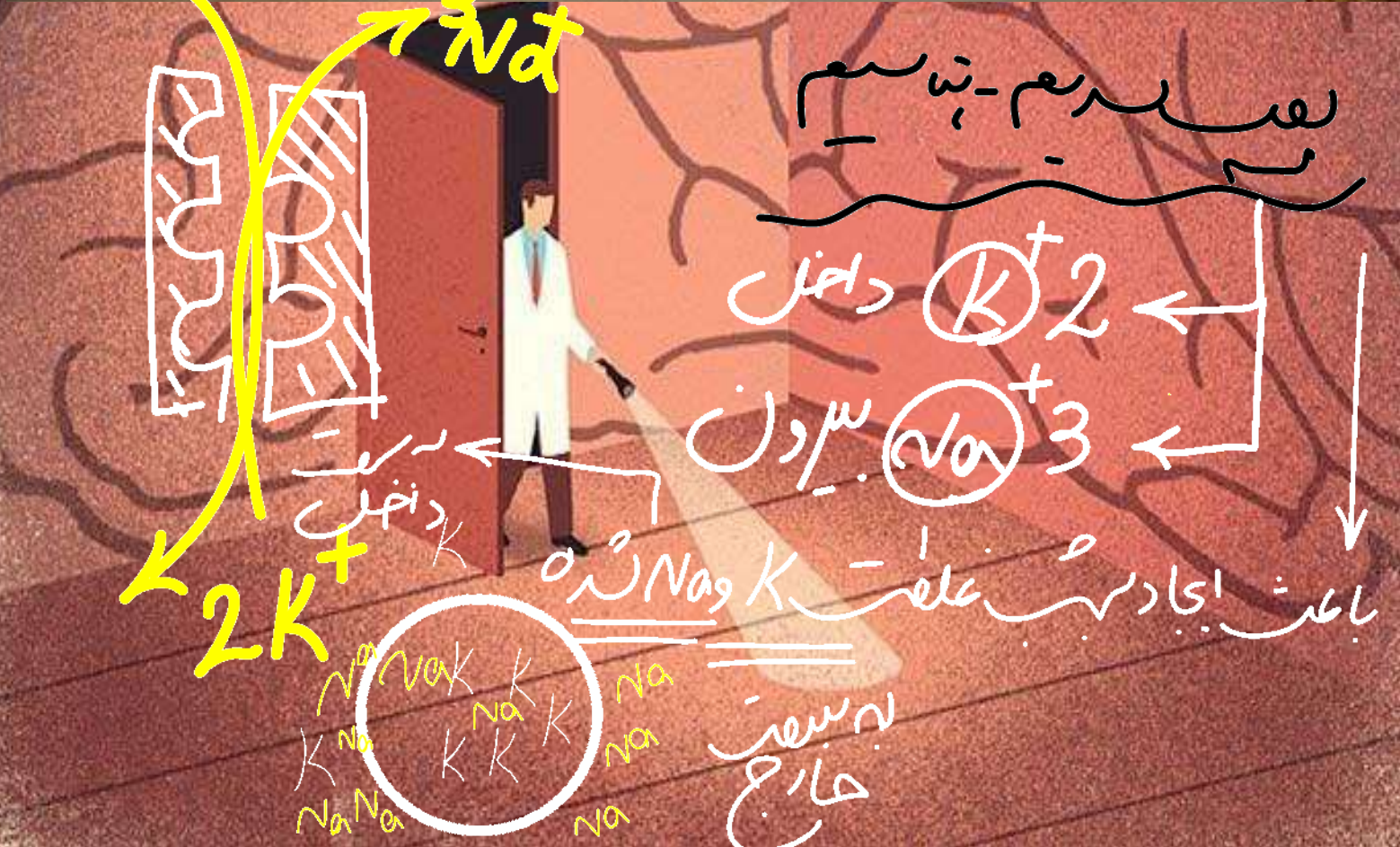
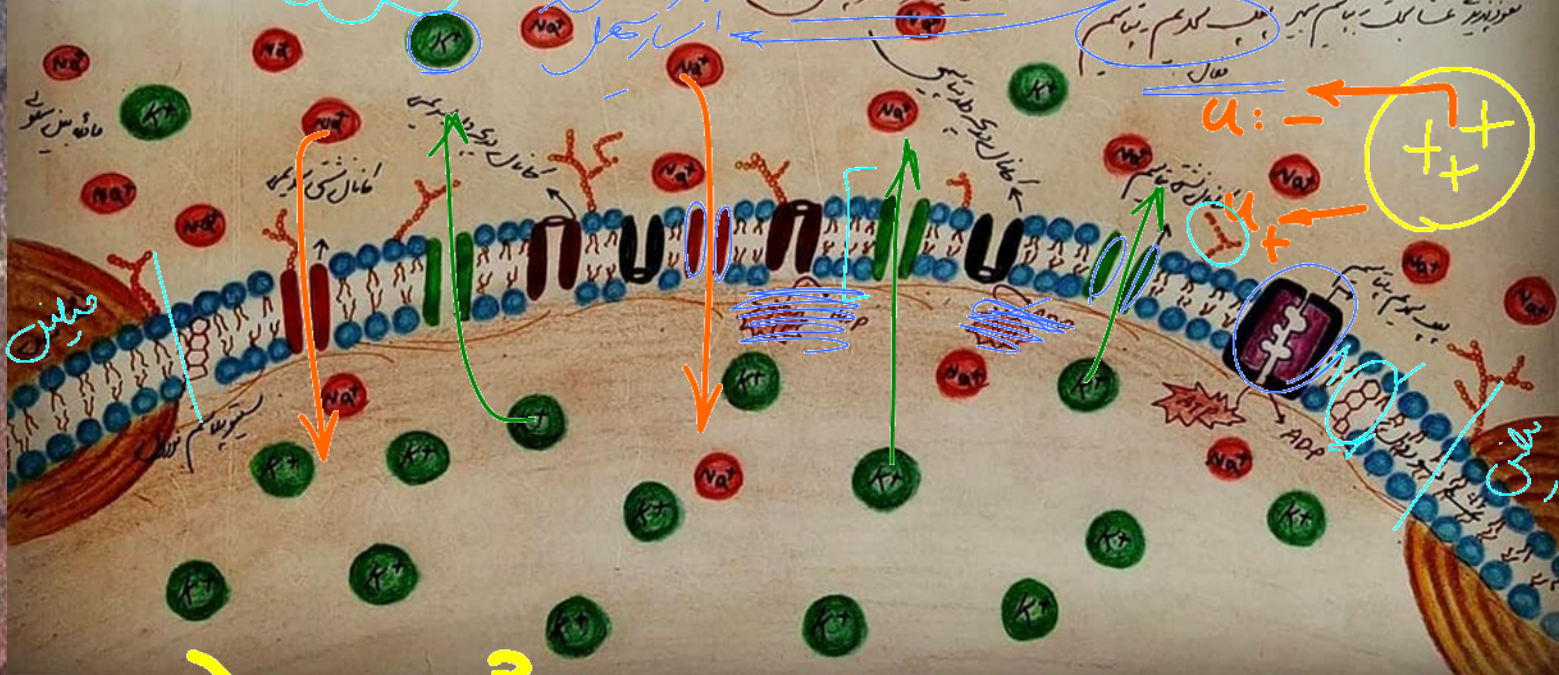
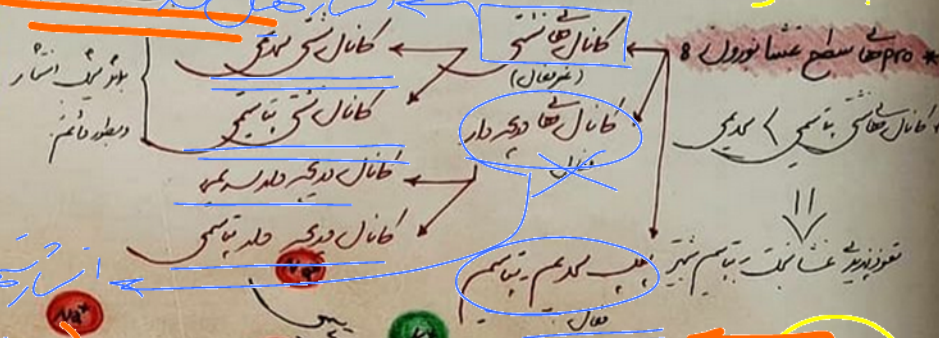
تبادل عمل : وقتی سلول عصوی فعال فعالیت می باشد

اختلاف تبادل در غشا -70

اختلاف تبادل در غشا +30

تبادل یون سلول تبادل در غشا سلول →  $\Delta u$  (توان نسبی) + (توان نسبی)  $\Delta u$

تبادل عمل  $\Delta u > 0$  ← مایع > مایع  
تبادل آروستر  $\Delta u < 0$  ← مایع < مایع





\* ارتباط سلول‌های عصبی با یکدیگر ← سیناپس (همایه) ← (دو سلول که بهم متصل نیستند ولی ارتباط شیمیایی دارند)

\* بین دو تا سلول ← فضای سیناپسی (عدم اتصال فیزیکی دو سلول).

\* سلول قبل فضای سیناپسی، سلول پیش‌سیناپسی و سلول بعد فضا سیناپسی، (سلول پس‌سیناپسی) می‌گوییم.

\* این ۲ سلول بهم متصل نمی‌شوند و بینشان فضای سیناپسی وجود دارد. و انتقال پیام عصبی بین دو سلول توسط ناقل عصبی که در فضای سیناپسی توسط سلول پیش‌سیناپسی آزاد با آنزیم‌توز (تأمین ATP توسط میتوکندری‌های موجود در پایانه) می‌شود.

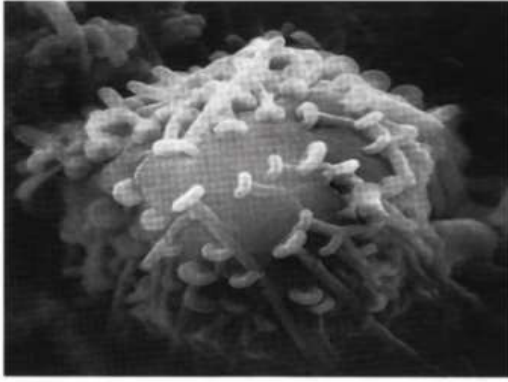
\* انتقال‌دهنده عصبی (Pro) از نورون پیش‌سیناپسی آزاد و به سلول پس‌سیناپسی اثر می‌گذارد. (وارد آن نمی‌شود) ← به گیرنده‌های کانالی در سطح پس‌سیناپسی متصل می‌شود.

\* سلول پیش‌سیناپسی حتماً باید نورون باشد و پس‌سیناپسی علاوه بر نورون، غده و ماهیچه هم می‌تواند باشد.

\* انتقال‌دهنده عصبی درون جسم سلولی نورون پیش‌سیناپسی ساخته می‌شود (توسط ریبوزوم‌ها و شبکه آندوپلازمی موجود در جسم سلولی) و درون ریزکیسه‌ها ذخیره و طول آکسون را طی کرده و به پایانه آکسون می‌رسد ← با برون‌رانی (اگزوسیتوز) ← به فضای سیناپسی آزاد می‌شود.

\* انتقال‌دهنده عصبی وارد سلول پس‌سیناپسی نمی‌شود بلکه به گیرنده‌های سطح سلول پس‌سیناپسی متصل می‌باشد ←



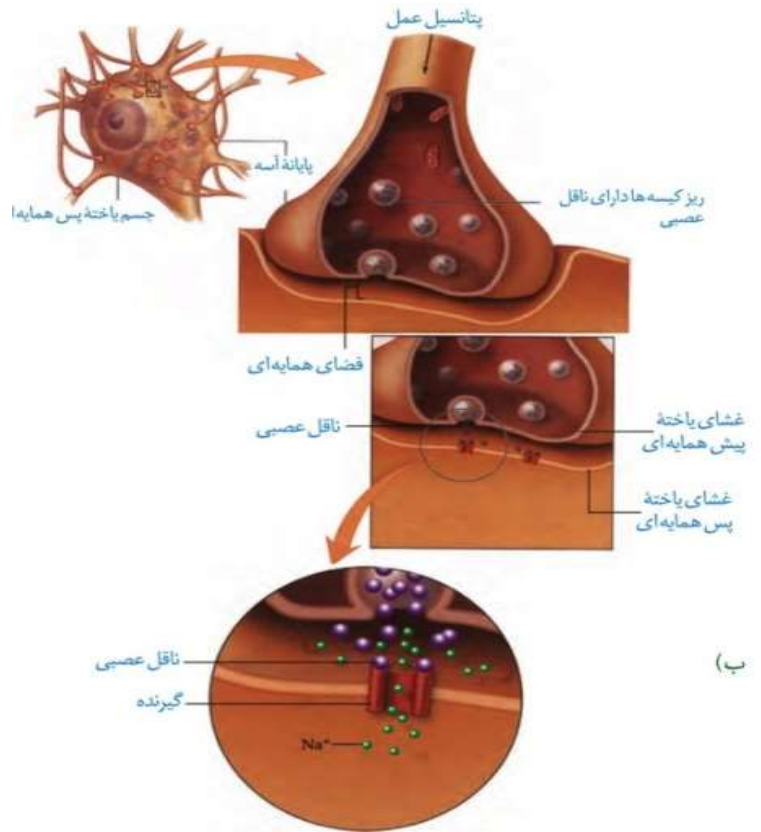


الف (تصویر همایه با

میکروسکوپ الکترونی

ب) آزاد شدن ناقل عصبی و اثر آن  
بر یاخته پس همایه ای

(الف)



(ب)

انتقال دهنده اضافی باید از فضای سیناپسی خارج شود.

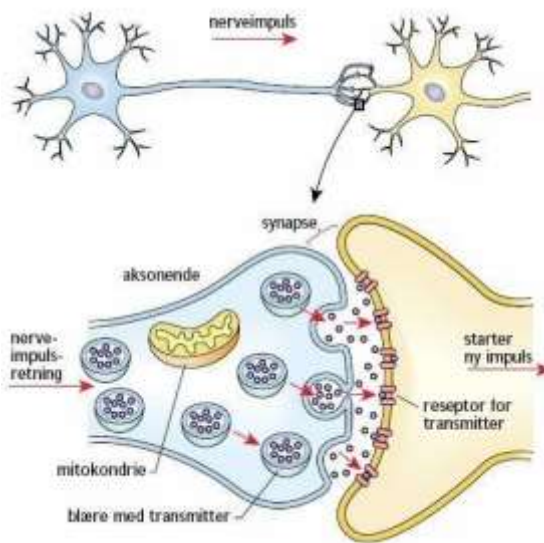
**انتقال دهنده های اضافی بعد از انتقال پیام**

توسط سلول سازنده اش

جذب توسط سلول پیش سیناپسی (آندوسیتوز)

تجزیه توسط آنزیم هایی که از سلول ترشح می شود (آگزوسیتوز)  
هیدرولیز  
مصرف آب (تولید aa)

**مثال ناقل عصبی ← استیل کولین و اپی نفرین و دوپامین**



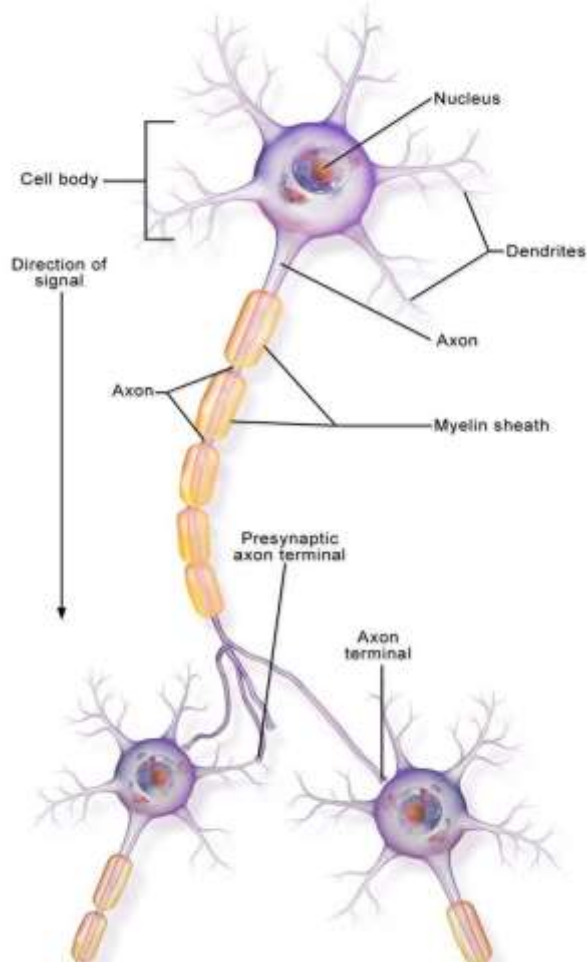
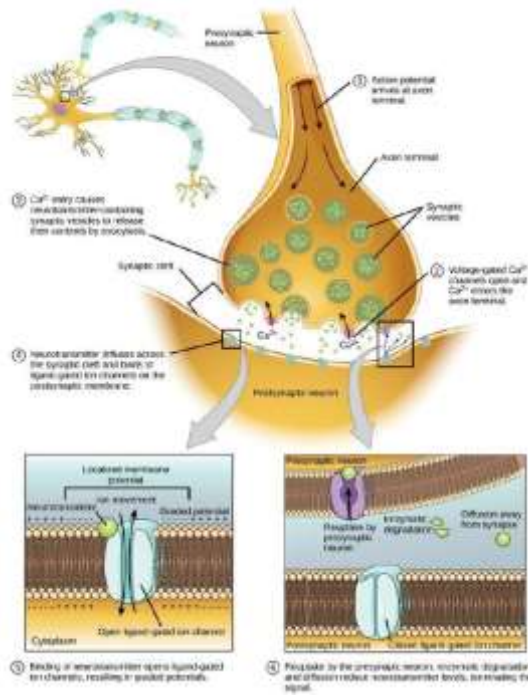
انواع سیناپس

بین نورونی

۱- آکسون- جسم سلولی    ۲- آکسون- دندریت

نورون و سلول دیگر

۳- آکسون- ماهیچه    ۴- آکسون- غده



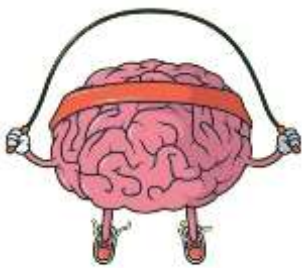


\* مسئولیت از بین بردن ناقل عصبی اضافی از فضای سیناپسی به عهده سلول پیش سیناپسی است که این وظیفه را با آنزیم‌ها یا با آنزیم‌ها انجام می‌دهد.

\* Pro خارج شده از سلول پیش سیناپسی ← ناقل عصبی - آنزیم هیدرولیزکننده پروتئین (پروتئاز)

### \* انواع ناقل عصبی:

- ✓ مهارکننده: گیرنده‌های آن pro کانالی در پمپدار K بوده (در پمپ رو به داخل)
  - ✓ فعال کننده: گیرنده‌های آن pro کانالی در پمپدار Na بوده (در پمپ رو به خارج)
- \* ناقل‌های عصبی وارد سلول پس سیناپسی نمی‌شوند ولی تقویت‌پذیری سلول پس سیناپسی تغییر می‌دهند (مهارکننده، موثر بر تقویت‌پذیری غشا نسبت به K و فعال کننده، نسبت به Na)
- \* Pro های سرتاسری سطح غشا سلول پس سیناپسی هم خاصیت کانالی داشته و در پمپ دارند (با مصرف ATP) و هم نقش گیرنده.
- \* Pro های گیرنده کانالی، دارای ۲ بخش در سطح خارجی جهت اتصال به ناقل عصبی هستند و در پمپ آنها داخل یا خارج است.
- \* هنگام آزاد شدن ناقل در فضای سیناپسی (آنزیم‌ها) مصرف ATP درون پیش سیناپسی وجود دارد ولی هنگام باز شدن کانال در پمپدار در اثر تماس با ناقل در سطح پس سیناپسی و جابه‌جایی یون مصرف ATP درون پس سیناپسی رخ می‌دهد ← پس جهت انتقال پیام در هر دو سلول سیناپس ATP مصرف می‌شود.



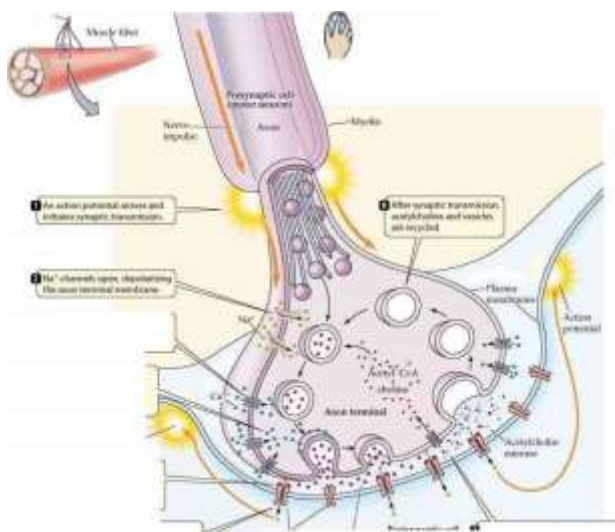
\* در سیناپس سلول پیش سیناپسی قطعاً نورون بوده و قطعاً از پایانه آکسون وارد سیناپس شده است. ولی پس سیناپسی می‌تواند ماهیچه، غده یا نورون باشد و نورون پس سیناپسی از دندریت، جسم سلولی پیام را دریافت کند.

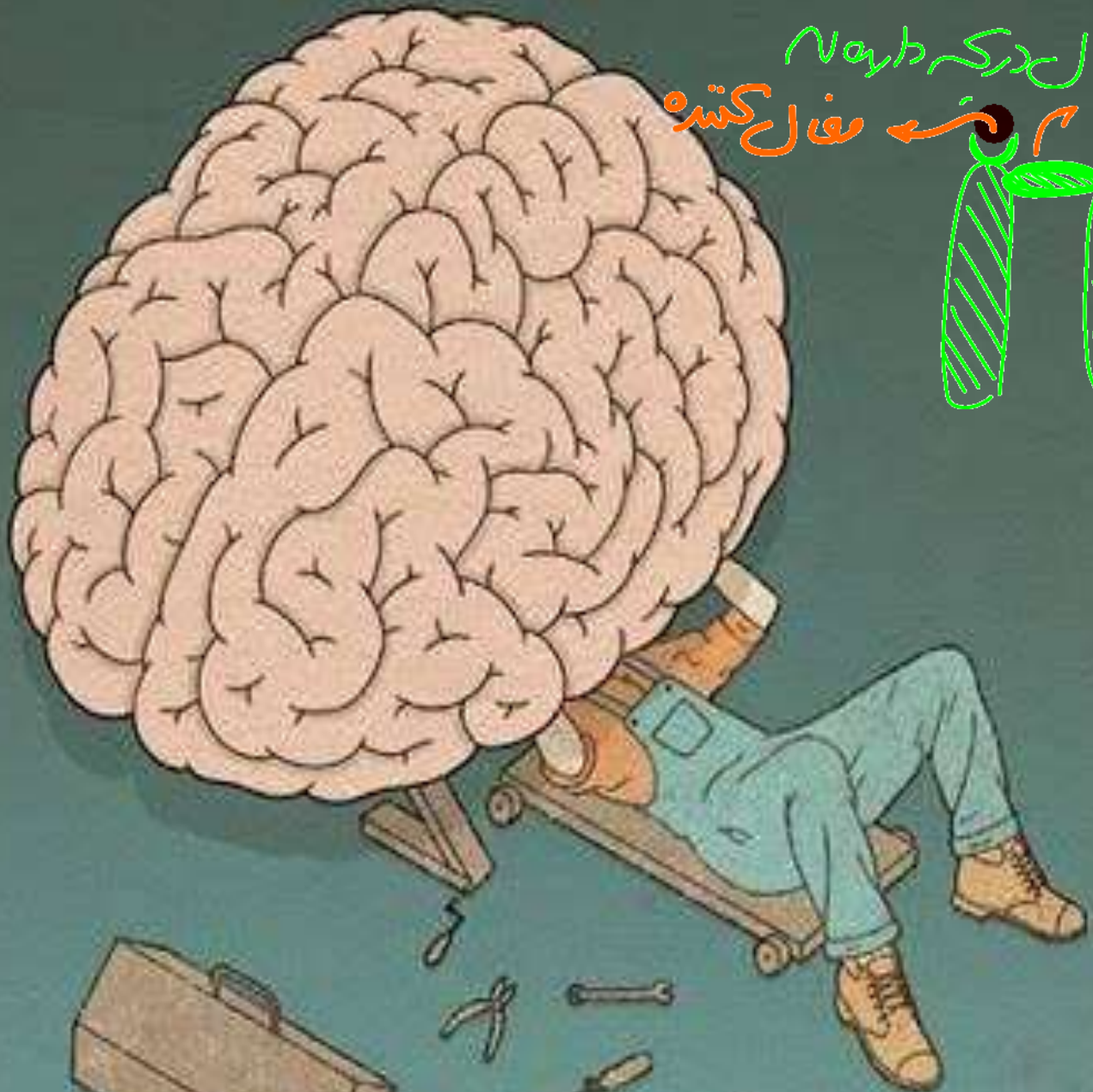
\* پیام عصبی دریافت شده توسط نورون پس سیناپسی از محل دریافت به بعد عبور می‌کند: **سیناپس آکسون-دندریت**: پیام عصبی از دندریت به جسم سلولی و پس به آکسون هدایت می‌شود.

### سیناپس آکسون-جسم سلولی:

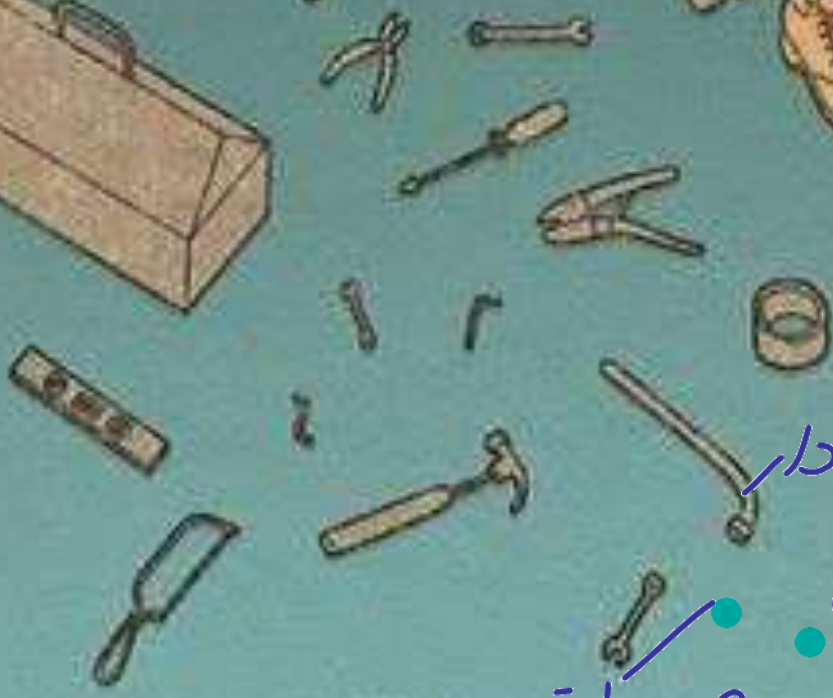
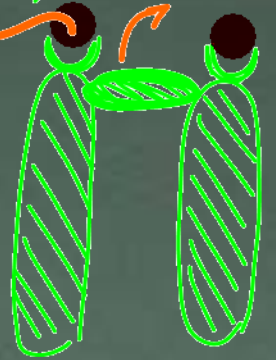
پیام عصبی از دندریت عبور نکرده و از جسم سلولی به آکسون می‌رود.

\* سیناپس در واقع ارتباط دو سلول می‌باشد که سلول پیش سیناپسی متعلق اندام و دستگاه عصبی است (نورون) و سلول پس سیناپسی یا مربوط به دستگاه عصبی بوده (نورون) یا مربوط به دستگاه حرکتی بوده (اندام ماهیچه و سلول ماهیچه‌های که یا سلول رشته ای ماهیچه ای اسکلتی یا سلول منقب ماهیچه قلبی و یا سلول دوتایی شکل ماهیچه صاف می‌باشد. و در سیناپس نورون-غده در واقع سلول پس سیناپسی سلول‌های پوششی غده ای هستند. پی می‌توان گفت در سیناپس سلول پیش-سیناپسی از بافت عصبی و پس سیناپسی از بافت عصبی ماهیچه‌های یا پوششی اند.



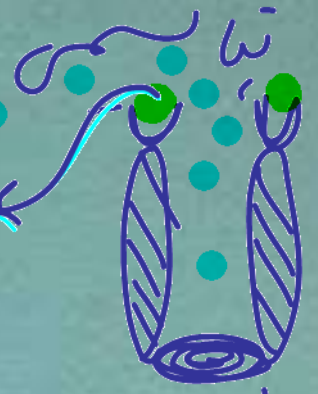


کانال در کجایه  
مقاله کتبه



کانال در کجایه دار

تا  
Pro ۶۰ کتبه





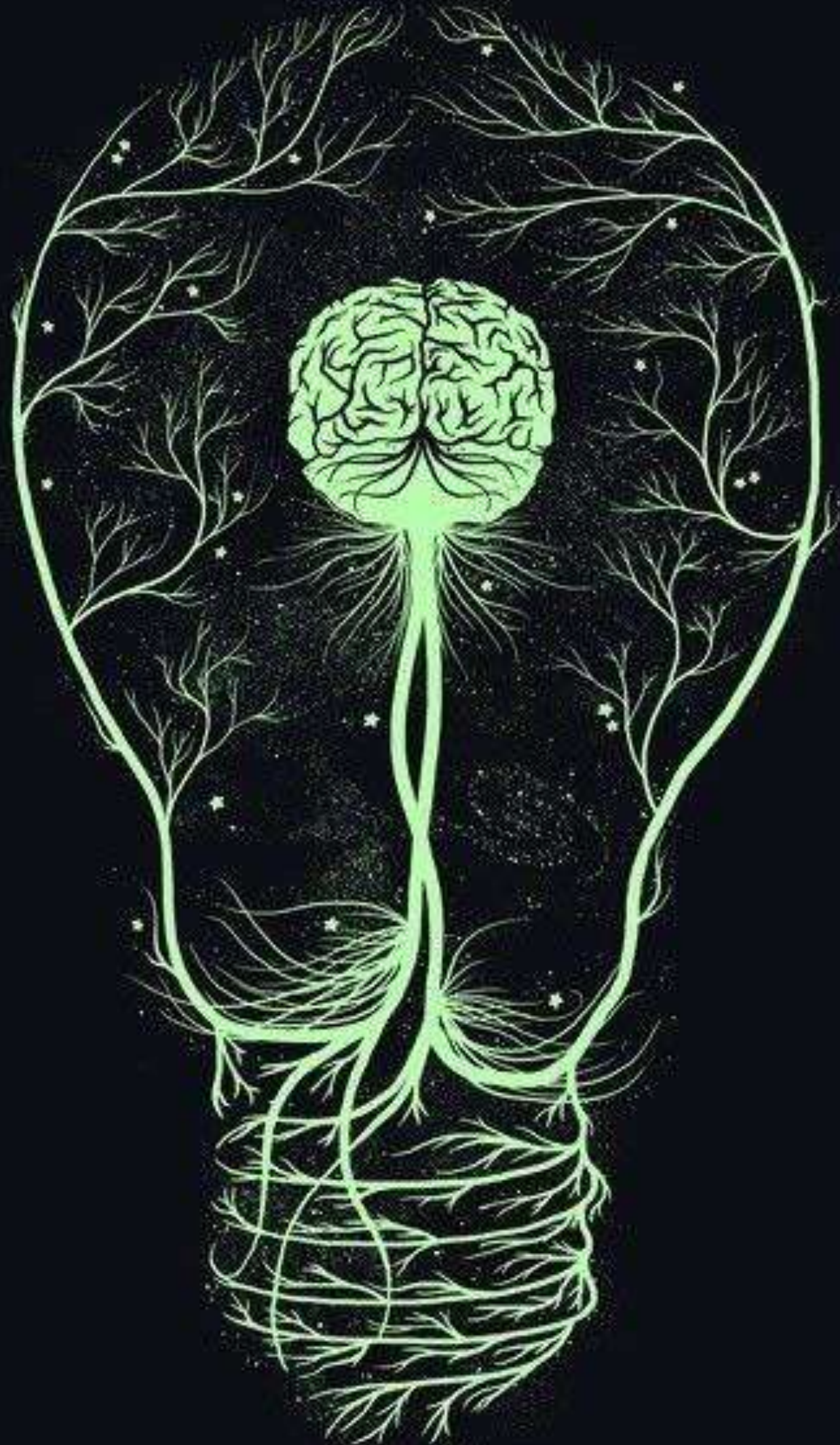






خلاصه نویسی به روش فلوجارت و هتنگ گذاری

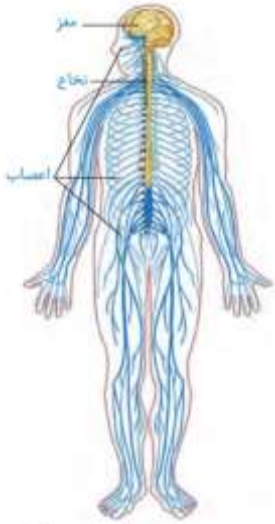




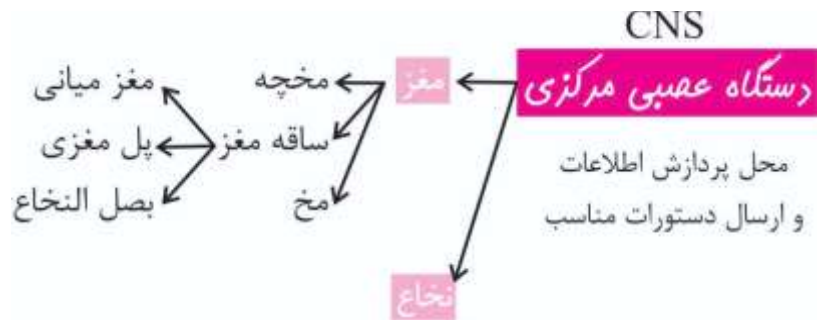
فصل ۱  
گفتار ۲: ساختار دستگاه عصبی



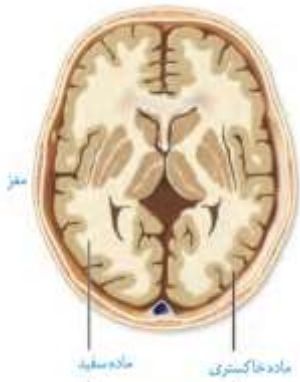
برقراری ارتباط بین CNS و اندامها  
(ارسال پیام ها از اندامها به مغز و دستورات CNS به اندامها)



دستگاه عصبی مرکزی



محل پردازش اطلاعات  
و ارسال دستورات مناسب



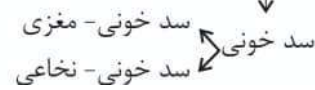
براساس نوع قرارگیری غلاف های میلین

ماده خاکستری: جسم سلولی و رشته های بدون میلین ← هدایت نقطه ای (خارج مغز، داخل نخاع)

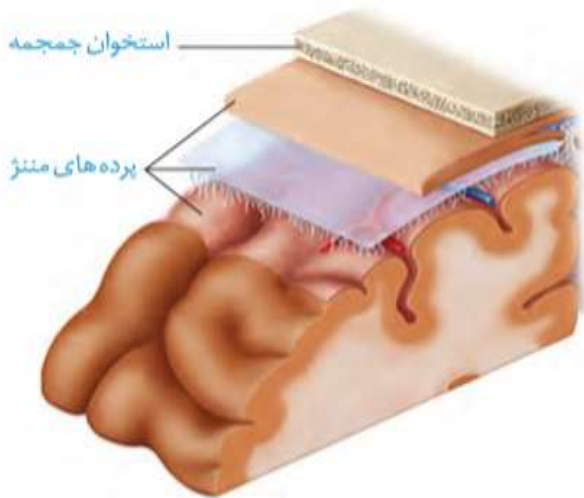
ماده سفید: رشته های میلین دار ← هدایت جهشی (داخل مغز، خارج نخاع)



## مفاصلت از مغز و نخاع



### پرده های مننژ



بسیاری از مواد و میکروبها در شرایط نرمال نمیتوانند وارد مغز شوند ( $O_2$  و گلوکز و aa و بعضی داروها میتوانند عبور کنند.) (به دلیل سد خونی مغزی)



←  $O_2$

← گلوکز

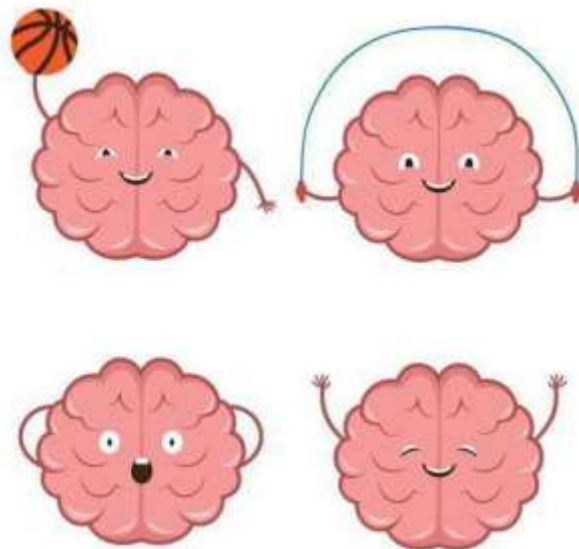
← aa

جمجمه، مجموعه های از استخوان های پهن که دارای مفصل ثابت می باشند، است و ستون مهره ها مجموعه های از استخوان های نامنظم با مفصل لغزنده است.



## « پرده منشر »

- خارج‌ترین لایه منشر (سخت‌شامه) به سطح داخلی استخوان (در مغز جمجمه و در نخاع ستون مهره‌ها) متصل است.
- داخل‌ترین لایه منشر (عنبوتیه) به سطح خارجی CNS متصل است (در مغز بخش خاکتری و نخاع بخش سفید)
- در حفاظت CNS دو نوع بافت پیوندی (استخوانی و مژگه) و یک نوع پوششی (سنگفرشی تک‌لایه) نقش دارد.
- مایع مغزی-نخاعی توسط بعضی مویرگ‌های مغز ساخته و ترشح شده در فضای بین پرده‌های منشر است.
- سدخونی-مغزی در اثر تمایز و کاهش فضای بین سلولی بافت پوششی سنگفرشی تک‌لایه است.



## برقراری ارتباط:



بین CNS و اندامها ← PNS

بین مغز و PNS ← نخاع

بین بخش‌های CNS (مغز و نخاع) ← ساقه مغز

بین بخش‌های ساقه مغز ← پل مغزی

## حسی و حرکتی دارها



\* نورون‌ها:

حسی  
حرکتی  
رابط

\* عصب:

حسی  
حرکتی  
مختلط

\* قشر مخ:

حسی  
حرکتی  
رابط

\* PNS:

حسی  
حرکتی

**مخ:** بیشترین حجم مغز — ۲ نیم کره  
 بالایی ترین بخش مغز  
 متصل به هم با  
 جسم پینه ای و رابط  
 سه گوش

چپ: ریاضیات، استدلال  
 راست: مهارت هنری، احساسات  
 وظایف انحصاری هر نیمکره

به طور همزمان از همه بدن اطلاعات دریافت و پردازش می کنند.



سه بخش اصلی مغز

هر نیم کره از طرف مقابل اطلاعات را دریافت کرده و به آن دستورات را ارسال می کند.  
 (مدیریت سمت چپ بدن با نیمکره راست و مدیریت سمت راست بدن با نیمکره چپ  
 می باشد.)

**رابط ۲ نیم کره مخ** ← رشته های عصبی سفید رنگ (رشته های عصبی میلین دار که دارای هدایت جهشی هستند) بنام رابط پینه ای و سه گوش (جسم سه گوش در سطح داخلی رابط پینه ای است)

**قشر مخ** ← بخش خارجی نیمکره های مخ از ماده خاکستری (فازد میلین - هدایت نقطه ای) - چین خوردگی ↑

شیارهای متعدد (۳ تا) که هر نیمکره را به ۴ نوع لوب (پس سری آهیانه - گیجگاهی، پیشانی تقسیم می کند.

**وظیفه (قشر مخ):** جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز ← یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه (ارادی)

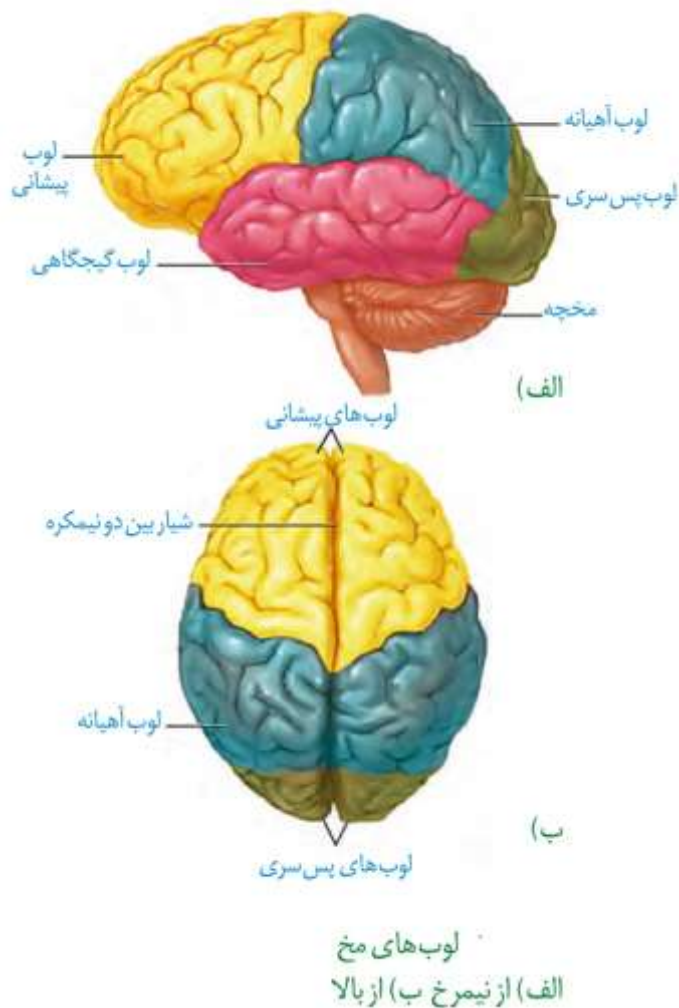


## بخش‌های قشر مخ:

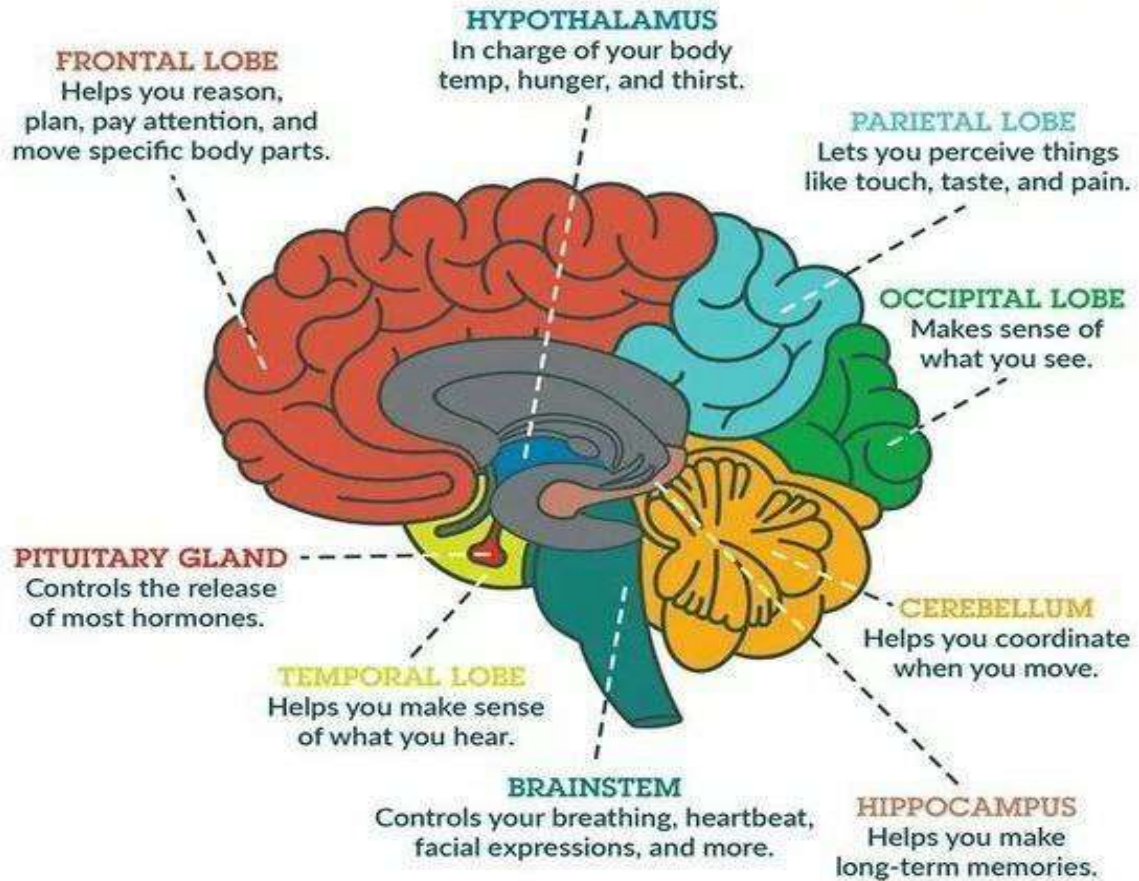
- **حس:** پیام اندام‌های حسی را دریافت می‌کند.
- **حرکتی:** به ماهیچه و غده‌ها پیام می‌فرستد.
- **رابط:** بین بخش‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کند.

\* در قشر مخ ۷ شیار و ۸ لوب داریم

- **لوب پیشانی (بزرگترین لوب)** محل پردازش اطلاعات بویایی - لوب پس سری پردازش بینایی - لوب گیجگاهی پردازش شنوایی - لوب پس سری در تماس با لوب آهیانه، گیجگاهی و مخچه است.



# The Anatomy Of Your Brain



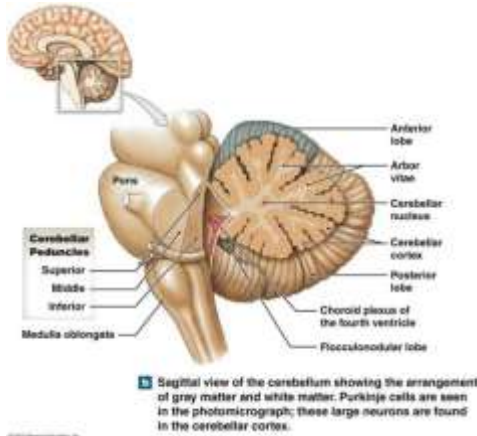
SOURCES: PubMed Health, Johns Hopkins, Mayo Clinic, University of Washington, Cedars-Sinai, Pituitary Network Association, KidsHealth, National Cancer Institute.

مکان: (پشت ساقه مغز و زیر مخ)

رابط: در پشت دو نیمکره دارد و بخشی بنام کرینه رابط این دو نیمکره است.

وظیفه: مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل ← از اندام‌های مختلف، از بیرون و درون

بدن جهت حفظ تعادل اطلاعات می‌گیرد.



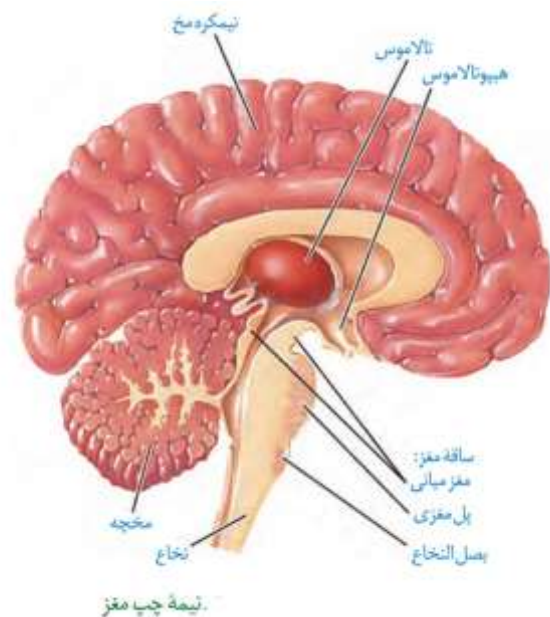
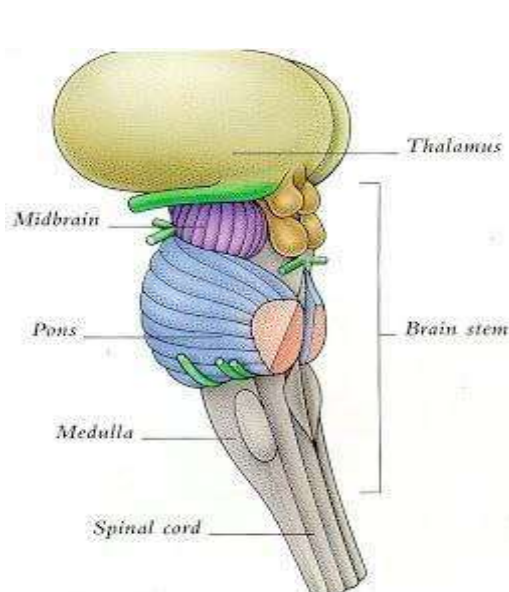
ساقه مغز:

● مغز میانه: در فعالیت‌های مختلف از جمله شنوایی، بینایی و حرکت نقش دارد (برجستگی ۴ گانه دارد)

● پل مغزی: تنظیم فعالیت‌هایی از جمله تنفس، ترشح بزاق و اشک (ترشحات بیرون‌ریز خط اول دفاعی و حاوی لیزوزیم)

● بصل النخاع: پائین‌ترین بخش مغز

تنظیم نفس، فشار خون، زنبق قلب، و مرکز انعکاس‌هایی مثل عطسه و سرفه و بلع است.





## نکته

• دلیل چین خوردگی زیاد قتر مخ، جاگرفتن سطح زیادی از آن در فضای مجسمه است. میزان پیچیدگی پردازش‌های ذهنی هر جانور وابسته میزان قتر مخ آن است.

• هر نیمکره مخ: ۳ شیار

۴ لوب

• مخ: ۷ شیار (۶ شیار درون هر نیمکره و یک شیار عمیق بین دو نیمکره)

۲ لوب

## رابطه‌های نیمکره‌ها

• مخ: رابط بینای

جم به گوش

• منحنی: کر مینه



## بخش‌های مهمی از مخ:

**نهنج (تالاموس):** (غده عصبی) ← محل پردازش اولیه و تقویت بیشتر اطلاعات

حسی (۲ تا تالاموس داریم)

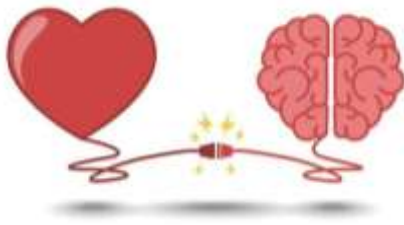
\* تمام پیام‌های حسی جهت تقویت و پردازش اولیه به تالاموس می‌روند به جز حسی

بویایی که به لوب بویایی می‌رود.

**زیر نهنج (هیپوتالاموس):** ← زیرتالاموس - دمای بدن، ضربان قلب، فشار خون، تشنگی،

گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند.

## پردازش‌ها



اولیه ← تالاموس

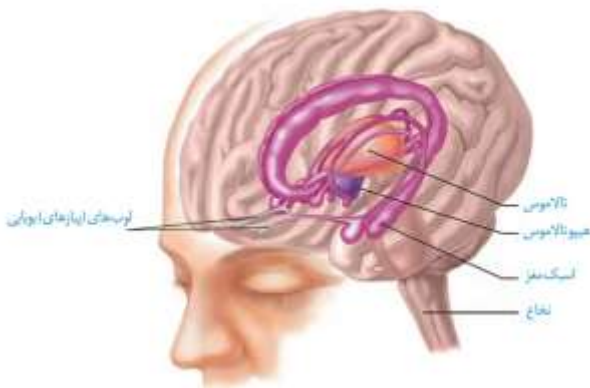
نهایی ← قشر مخ

سامانه کناره‌ای (لیمبیک) ← با قشر مخ، تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد.

• وظیفه: احساساتی مثل ترس و خشم و لذت و حافظه

↓  
(توسط هیپوکامپ)

## حواست باشه



قشر مخ، تالاموس و هیپوتالاموس جزو سامانه

کناره‌ای نیست ولی هیپوکامپ جز سامانه

کناره‌ای می‌باشد (در بخش پانینی)

لوب‌های بویایی (۲ عدد) جزو سامانه کناره-

ای نیستند ولی به آن متصلند.

اسبک مغز (هیپوکامپ) ← بخشی از سامانه لیمبیک است.

• وظیفه: تشکیل حافظه و یادگیری و تبدیل حافظه کوتاه مدت به بلندمدت

ضربان قلب و فشار خون ← هیپوتالاموس + بصل النخاع ← (اثر روی سرعت

انقباض ذاتی گره پشهنگ)



تعدادی استخوان نامنظم با مفصل لغزنده (۲۱ مهره)

مکان: درون ستون مهره ها از بصل النخاع تا دومین مهره کمر.

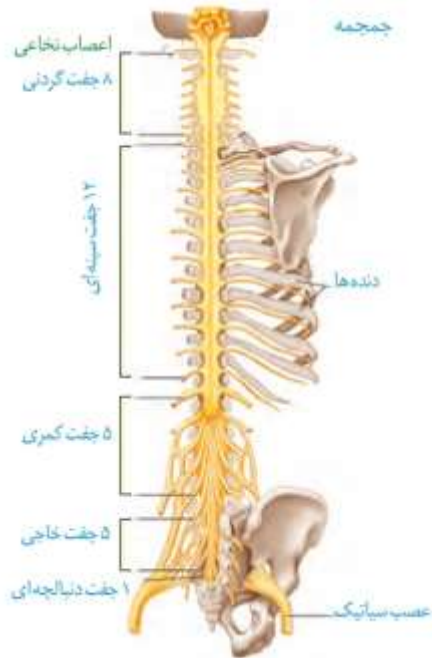
تمام مهره های ستون فقرات در حفاظت نخاع نقش ندارند.

**نخاع**

کار: مغز را بر دستگاه عصبی محیطی متصل می کند و مسیر عبور پیام ها از دستگاه عصبی مرکزی

به اندام ها و برعکس + انعکاس ها (مرکز بعضی انعکاس ها بصل النخاع است)

عبور پیام عصبی دوطرفه



ریشه پشتی: عصب حسی که پیام را از اندامها به دستگاه عصبی مرکزی

میاورد ← به نخاع وارد حاوی آکسون به جسم سلولی و بخشی از دندریت نورون حسی است

ریشه شکمی: عصبی حرکتی که دستور دستگاه عصبی مرکزی را به

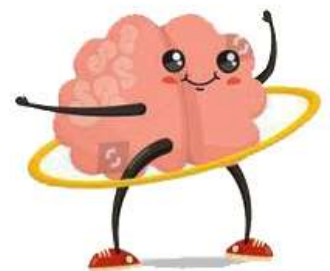
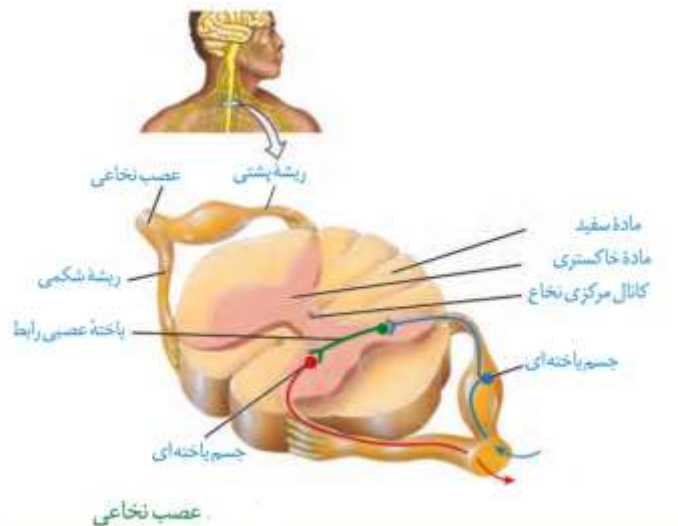
اندام ها میاورد ← از نخاع خارج

اگر فعالیت ارادی باشد دستور از قشر مخ ارسال شده و اگر انعکاس باشد از بصل النخاع یا خود نخاع

**هر عصب نخاعی دو ریشه دارد**

۶۴ عصب نخاعی داریم

عصب مختلط ۱۲۴ ریشه !!





**اعتیاد** ← وابستگی همیشگی به مصرف یک ماده و یا انجام یک رفتار که ترک آن مشکلات جسمی و روانی ایجاد می‌کند. ممکن است دائمی باشد و ممکن است برگشت پذیر.

موارد اعتیادآور: نیکوتین - کافئین - مورفین، ...

## نحوه ایجاد اعتیاد:

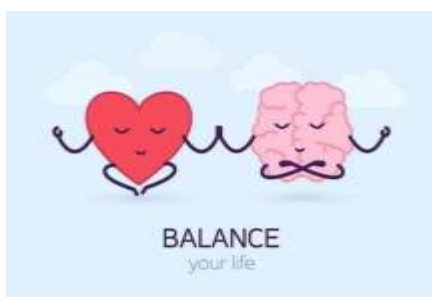
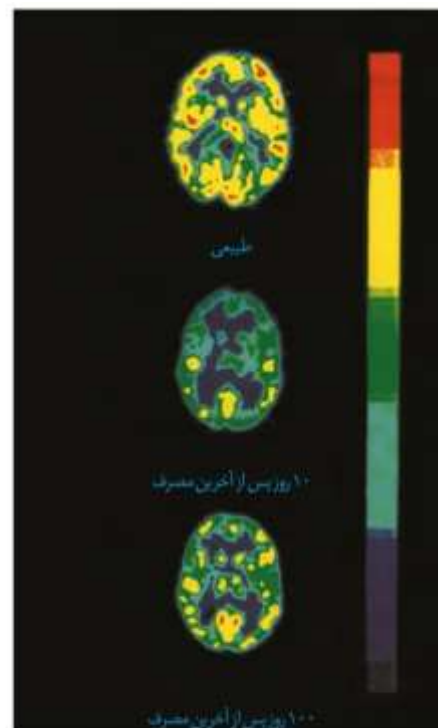
زمان مصرف اولیه مواد اعتیادآور اختیاری و با مصرف مکرر تغییراتی در مغز ایجاد می‌کند و غیرارادی می‌شود. ← اثر: بیشتر بخشی از سامانه لیمبیک ← موجب آزاد شدن ناقل عصبی دوپامین ← و باعث سرخوشی می‌شود. ← با ادامه مصرف ← به ازای همان میزان مصرف مخدر دوپامین کمتر ترشح می‌شود و باعث کسالت و افسردگی ← مصرف مجدد ← روز به روز مصرف بیشتر ← اثر بر بخش‌هایی از قشر مخ ← توانایی قضاوت، تصمیم‌گیری و خودکنترلی ↓

(در مغز نوجوانان شدیدتر ← چون مغز در حال رشد)

• اثر یک ماده اعتیادآور بر فعالیت مغز با بررسی مصرف گلوکز (هرچه اثر ماده اعتیادآور ↑

مصرف گلوکز ↓

تصویرها مصرف گلوکز را در مغز فرد سالم و فرد مصرف‌کننده کوکائین نشان می‌دهند. رنگ‌های آبی تیره و روشن مصرف کم گلوکز و رنگ زرد و قرمز مصرف زیاد آن را نشان می‌دهند. توجه کنید بهبود فعالیت مغز به زمان طولانی نیاز دارد؛ بخش پیشین مغز بهبود کمتری را نشان می‌دهد.



مؤلف: دکتر زهرا سادات هایونی

Max: بخشی از سامانه کناره ای ← اثر لذت بخش به دلیل ترشح دوپامین

اثر ماده مقدر

Min: بخش هایی از قشر مخ ← اثر مخرب به دلیل کاهش کارایی.

اعتیاد به الکل (اتانول)

حتی مقدار کم بدن را تحت تأثیر قرار می دهد. به سرعت در دستگاه گوارش جذب می شود. در چربی محلول است و از غشا سلول های عصبی بخش های مختلف مغز و نخاع عبور و فعالیت آنها را مختل می کند.

امکان عبور از سد خونی مغزی و خونی نخاعی

اثر روی انعکاسی

الکل ← علاوه بر دوپامین روی انتقال دهنده ی عصبی تحریک کننده و بازدارنده دیگر اثر

## آثار الکل:

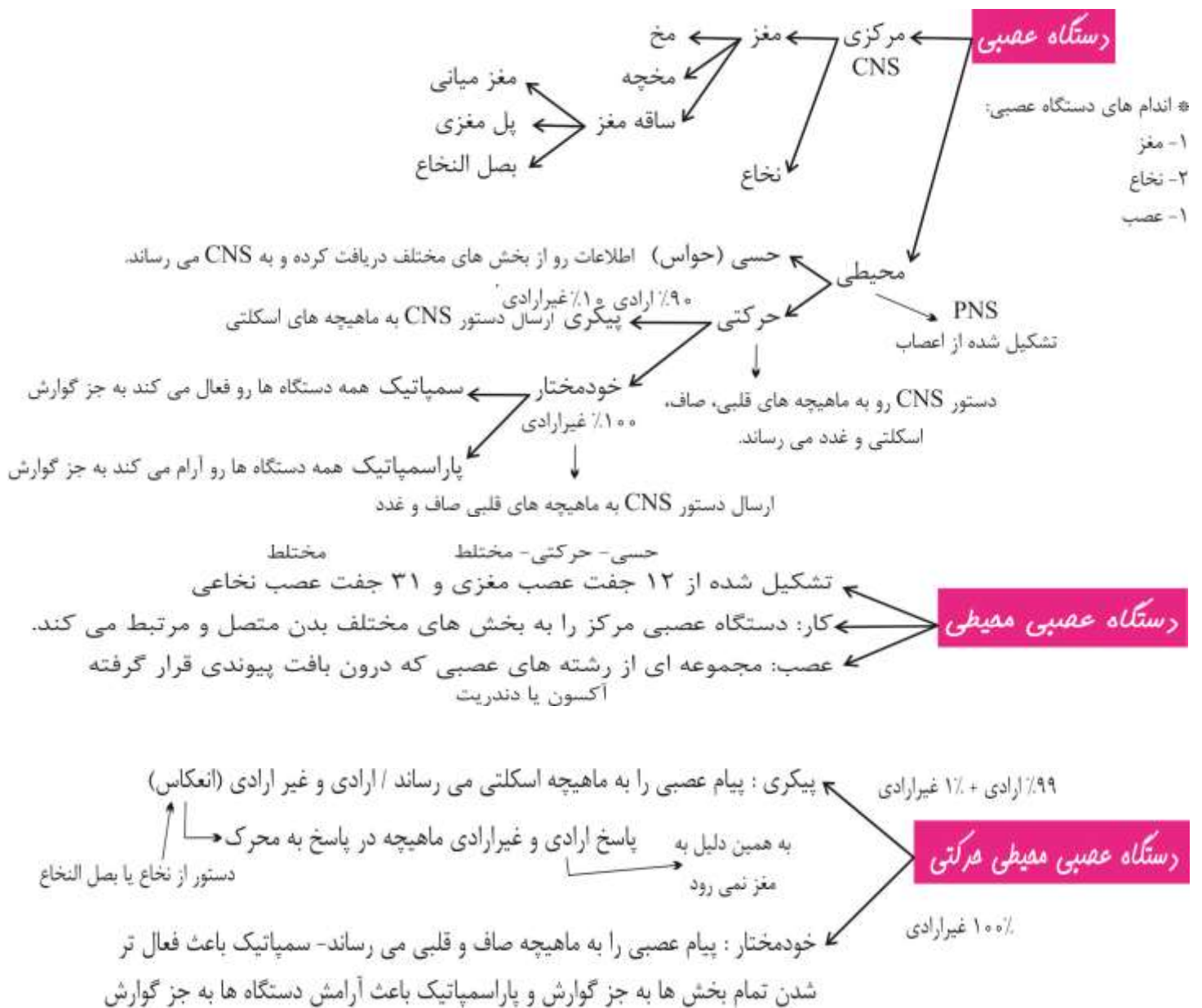
- ۱- کاهش دهنده فعالیت بدنی (فعال شدن پارامپتیک) ۲- آرامش سازی
- ماهیچه ها (کاهش انتقال پیام عصبی به سلول های ماهیچه ها) ۳- ایجاد
- ناهماهنگی در حرکات بدن (به دلیل صدمه به منچیه و اختلال در تعادل) ۴- اختلال در
- گفتار (اختلال حرکتی) ۵- کاهش درد و اضطراب (کاهش پاسخ بدن به محرک ها)
- ۶- خواب آلودگی (ترشح هورمون ملاتونین) ۷- اختلال در حافظه- گیجی ۸- کاهش
- هوشیاری فعالیت مغز را می کند ۹- پاسخ به محرک را دیر می کند.

پیامد مصرف بلندمدت الکل ← ۱- مشکلات کبدی (با تولید رایبال آزاد نابودی

میتوکندری های سلول کبد و در نتیجه نابودی بخشی از کبد (نکروز) ۲- سکته قلبی ۳-  
انواع سرطان ها (به دنبال جهش در ماده ژنتیک)



- ستون مهره‌ها تشکیل شده از ۷ مهره گردنی + ۱۲ مهره سینه‌ای (در ساق)
- قفله سینه + ۵ مهره کمری + استخوان خاجی + دنباله می باشد (۲۶ استخوان)
- رویامین ← نوعی ناقل عصبی ترشحی از مغز است!
- اکثراً به سرعت از سلول پوششی استوانه‌ای عبور کرده و از بین ۴ ردیف ففولسید عبور می‌کنند.
- \* تنوع انتقال دهنده‌های عصبی در پاسخ به اکثراً بیشتر از سایر مواد مخدر است.

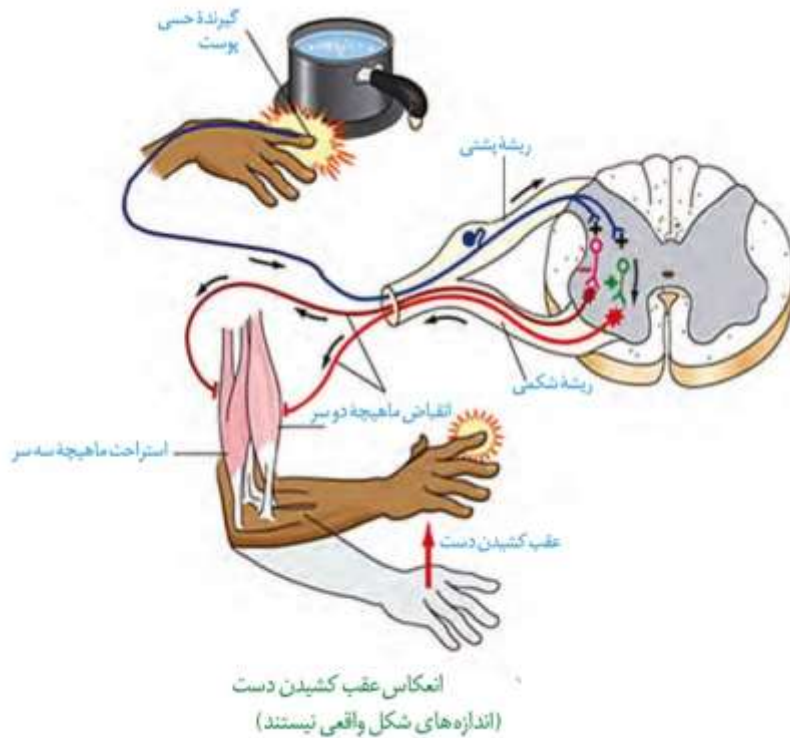






## انعکاس نغاضی

مثل عقب کشیدن دست هنگام برخورد با جسم داغ (با انقباض ماهیچه دوسر و استراحت سه سر بازو، مفصل آرنج خم شده و استخوان‌های زند زیرین و زند زیرین ساعد به بازو نزدیک می‌شود.) (تحرک بیش از حد گیرنده (مایع منجر به تحرک گیرنده درد می‌شود.)



۱. برخورد دست با جسم داغ (تبدیل اثر محرک به پیام عصبی)
۲. پیام حسی نورون‌های حسی ریشه پشتی به نخاع می‌رسد. (حالی دندریته، جم سلول و آکسون نورون حسی)
۳. نورون عصبی (قطب) درون نخاع (بخش خاکتری) دو شاخه شده و با دو نورون رابط سیناپس برقرار می‌کند. نورون حسی دارای دو پایانه آکسون است.

۴. یکی از نورون‌های رابط (ناقطبی) با نورون حرکتی که توسط ریشه شکمی (حاکمی) می‌شود (سیناپس نورون، ماهیچه).

۵. یکی دیگر از نورون‌های رابط (قطبی) ← کوتاه و ضخیم شدن ماهیچه با نورون حرکتی که توسط ریشه شکمی به ماهیچه سه سر می‌رود و موجب استراحت ماهیچه سه سر می‌شود (باریک و طویل شدن ماهیچه).

← ۵ و ۴ ← عقب کشیده شدن دست



در انعکاس عقب کشیدن دست 6 سیناپس وجود دارد.



5 سیناپس فعال و 1 سیناپس غیرفعال است.

از 5 سیناپس فعال، 4 عدد تحریکی و 1 عدد مهارتی است.



سیناپس فعال/غیرفعال را با مهارتی/تحریکی اشتباه نگیرید.

سیناپس تحریکی/مهارتی انواعی از سیناپس های فعال هستند.

فقط در سیناپس های غیرفعال ناقل عصبی آزاد نمی‌شود.

• ماهیچه دوسر و سر سربازو عملکرد متقابل دارند و نمی‌توانند هر دو بطور همزمان منقبض شوند و برگشت هر کدام به حالت استراحت وابسته به انقباض دیگری است.

• نورون قطبی در صورت فعال شدن، نورون‌های دیگر را غیرفعال می‌کند و دستور دریافتی و ارسال آنها با هم متفاوت است.

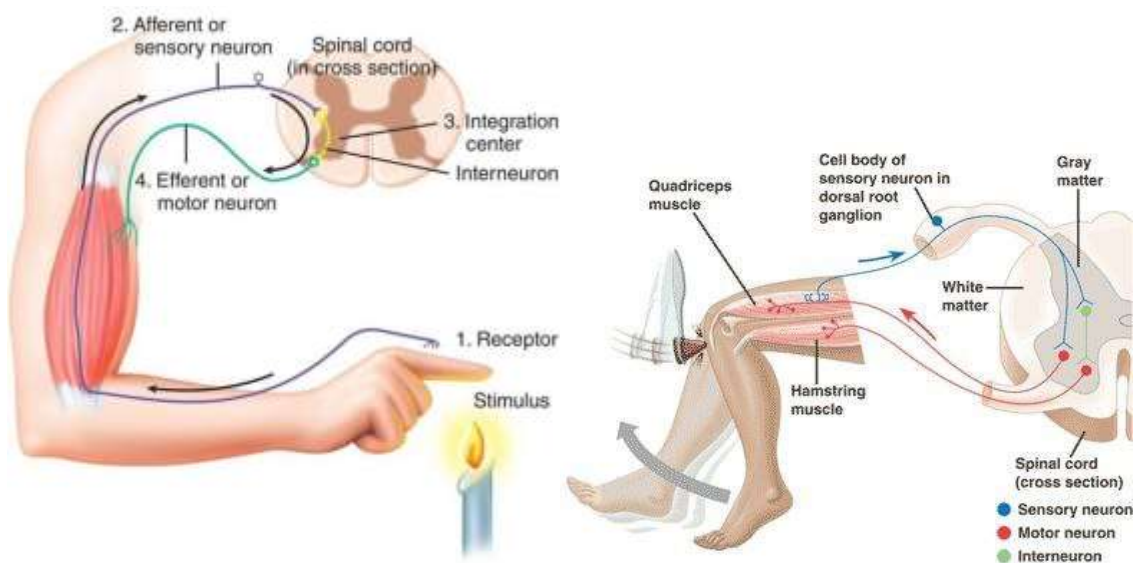
● جسم سلولی نورون‌های حسی در ریشه پستی، و جسم سلولی نورون‌های حرکتی و نورون‌های رابط در نخاع (بخش خاکستری) (در بخش‌هایی که در بخش خاکستری نخاع هستند هدایت به صورت نقطه‌ای است)

● تعداد سیناپس: ۶ عدد ← (۴ نورون - نورون / ۲ نورون - ماهیچه)  
تعداد نورون: ۵ عدد ← (۱ عدد حسی - ۲ عدد حرکتی - ۲ عدد رابط)  
**عصب نخاعی:** ← آکسون حرکتی - دندریت حسی (هدایت جهشی)

**در ریشه پستی** ← دندریت نورون حسی (هدایت جهشی) - جسم سلولی نورون حسی - آکسون نورون حسی (هدایت جهشی)

**در ریشه شکمی** ← آکسون نورون حرکتی (هدایت جهشی)

**درون نخاع** ← آکسون نورون حسی - کل نورون رابط - دندریت و جسم سلولی نورون حرکتی (بخش خاکستری) (هدایت نقطه‌ای)



میر حرکت پیام عصبی در نخاع و ریشه‌های عصبی یک طرفه ولی در عصب نخاعی دوطرفه است.  
● تنوع رشته عصبی در ریشه شکمی کمتر از ریشه پستی است.



## « انواع نورون و سیناپس در انعکاس نفاغی »

### « دستگاه عصبی خودمختار »

- کار ماهیچه صاف، قلبی و غده‌ها را به صورت ناآگاهانه تنظیم و همیشه فعال است و در بخش آن معمولاً برخلاف یلدیگر کار می‌کنند و فعالیت‌های حیاتی را تنظیم می‌کند.
- در بخش دستگاه خودمختار هر دو به طور همزمان فعال هستند ولی در هر زمان یکی بر دیگری غلبه دارد.
- بخش سمپاتیک تمام بخش‌ها را فعال‌تر می‌کند به جز فعالیت‌های گوارشی را و بخش پاراسمپاتیک باعث کاهش فعالیت همه بخش‌ها شده به جز گوارش

## دستگاه عصبی جانوران

● روند تکامل دستگاه عصبی:

۱- شبکه عصبی: (محل پردازش وجود ندارد) مجموعه‌ای از شبکه-



اقدا هیدر

های نورون‌ها در سرتاسر بدن که با هم ارتباط دارند. تحریک هر نقطه در همه سطح بدن جانور منتشر می‌شود (به دلیل ارتباط همه

نورون‌ها با هم) و ماهیچه بدن را تحریک می‌کند. تقسیم‌بندی

مرکزی و محیطی ندارد.

● مثال: کیسه تنان (هیدر)

۲- ساختار نردبان عصبی: مانند پلاناریا (کرم پهن) - تقسیم‌بندی عصبی

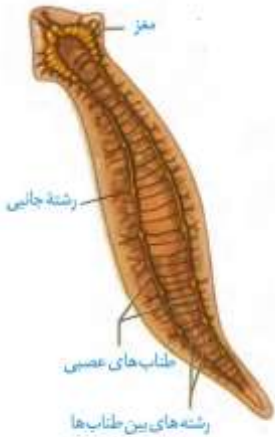
مرکزی و محیطی دارد:

دستگاه عصبی مرکزی: دو گره (هم‌اندازه و قرینه در سر جانور به عنوان

مغز + دو طناب عصبی موازی متصل به مغز + رشته‌های بین دو طناب

(گره عصبی: از جسم سلولی نورون‌ها)

دستگاه عصبی محیطی: رشته‌های جانبی

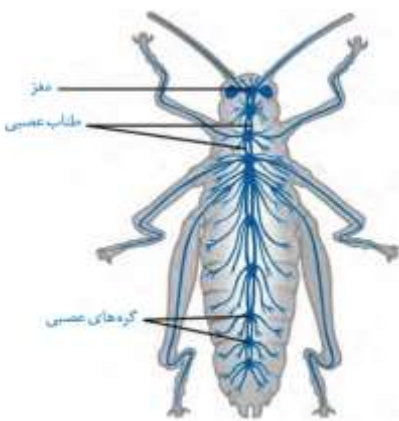


ب) پلاناریا

۳- طناب عصبی شکمی: مغز از چند گره به هم جوش خورده در هر بند از

بدن یک گره عصبی که هر گره فعالیت ماهیچه‌های آن بند تنظیم

می‌کند. (مانند حشرات)



ب) ملخ

۴- طناب عصبی پشتی: در مهره‌داران - طناب عصبی (نخاع) بخش جلویی برجسته و تشکیل مغز

در پرندگان و پستانداران، نسبت اندازه قطر به وزن بدن زیاد است.

## « حیدر »

بازوهای شکاری که وظیفه انتقال غذا به حفره گوارشی را دارند و نیز حاوی شبکه عصبی هستند.



اقدا حیدر

✓ گاهی متحرک و گاهی ثابت

✓ گوارش ابتدا بیرون سلولی و سپس درون سلولی

✓ فاقد خون

✓ دستگاه گوارش و گردش مواد: حفره گوارشی

✓ تنفس: انتشار

✓ و نوع مواد زائد  $N$  دار:  $NH_3$  (انتشار)

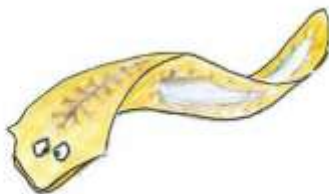
✓ بدن از ۲ لایه سلول ساخته شده: استوانهای نرگ دار (۵۲) + مَلْعَبی

## « پلاناریا »

✓ گوارش بیرون سلولی و درون سلولی: حفره گوارشی

✓ تنفس: انتشار

✓ کرم پهن آزادی





## « حشرات »



- ✓ گوارش ← برون سلول
- ✓ تنفس ← نایبری
- ✓ دستگاه دفع مواد زائد N دار ← لوله‌های مالپیگی
- ✓ مواد دفعی N دار ← اسید اوریک
- ✓ گردش خون باز ← همولنف
- ✓ قلب متفردار و پشتی

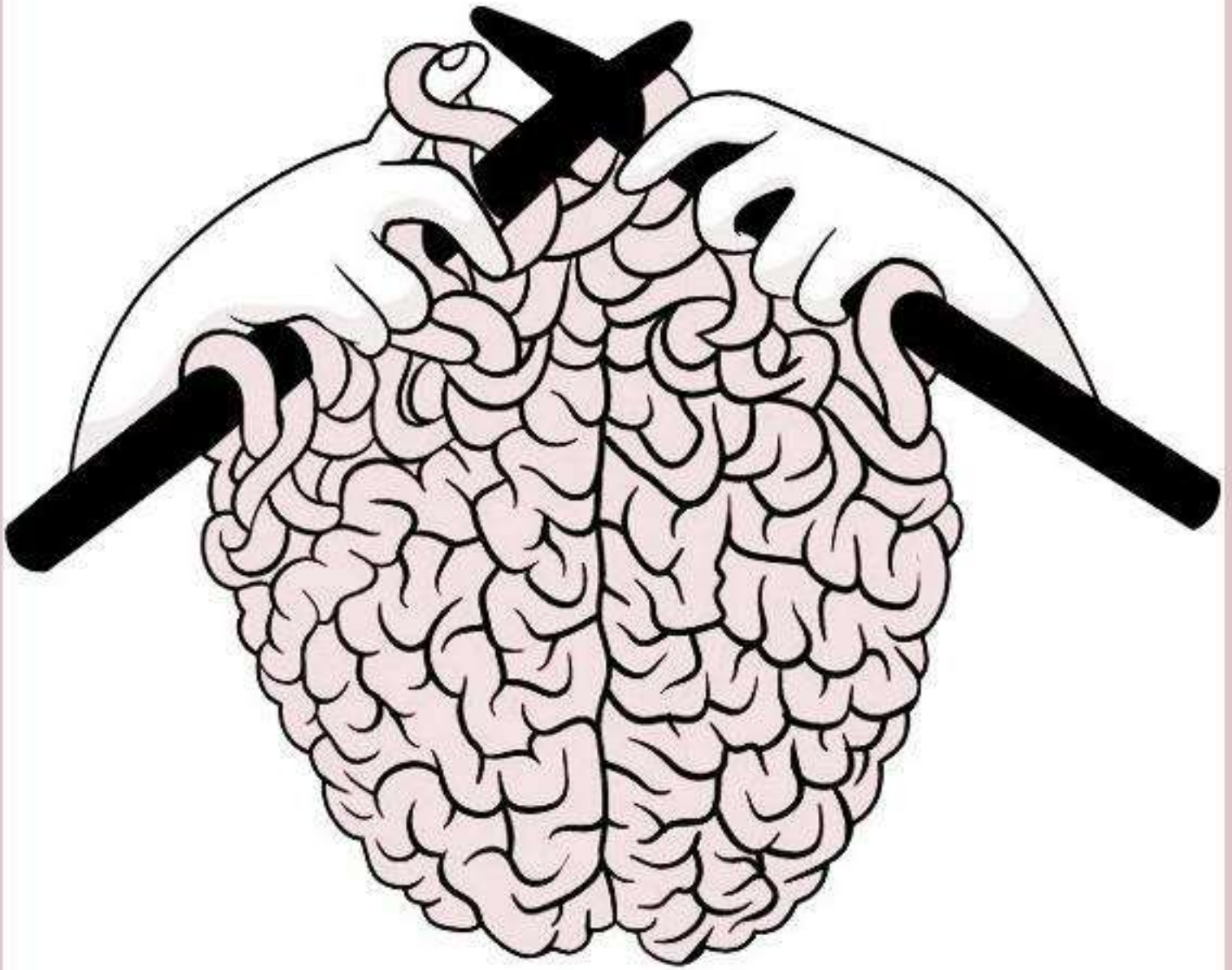
## « مغز گوسفند »



- ✓ بقایای منثرویی مغز است ← در تماس با بخش خاکتری مغز
- ✓ با برش کم عمق رابطه پینه‌ای و فاصله گرفتن
- ✓ مویرگ‌های (از مویرگ‌های پیوسته) ترشح کننده مایع مغزی
- نخاعی درون بطن او ۲ (فاصله بین رابط پینه‌ای و جم سه گوش)
- ✓ دو نیم کره مغز رابطه سه گوش زیر رابط پینه‌ای دیده می‌شود.
- ✓ دو طرف این رابط پینه‌ای ← بطن او ۲
- ✓ درون رابط پینه‌ای جم مخطط
- ✓ ۲ تالاموس زیر رابطه سه گوش و بهم با یک رابط سخت متصلند (تالاموس بالای
- اپی‌فیز)
- ✓ پشت تالاموس‌ها بطن ۳
- ✓ پائین تالاموس‌ها اپی‌فیز می‌باشد.
- ✓ پشت اپی‌فیز برجستگی ۴ گانه ← جزد مغز
- ✓ با برش کرمینه و بازکردن ۲ نیم کره منحنی بطن ۴ و درخت زندگی (سفید رنگ و
- منحصب) را می‌بینیم.

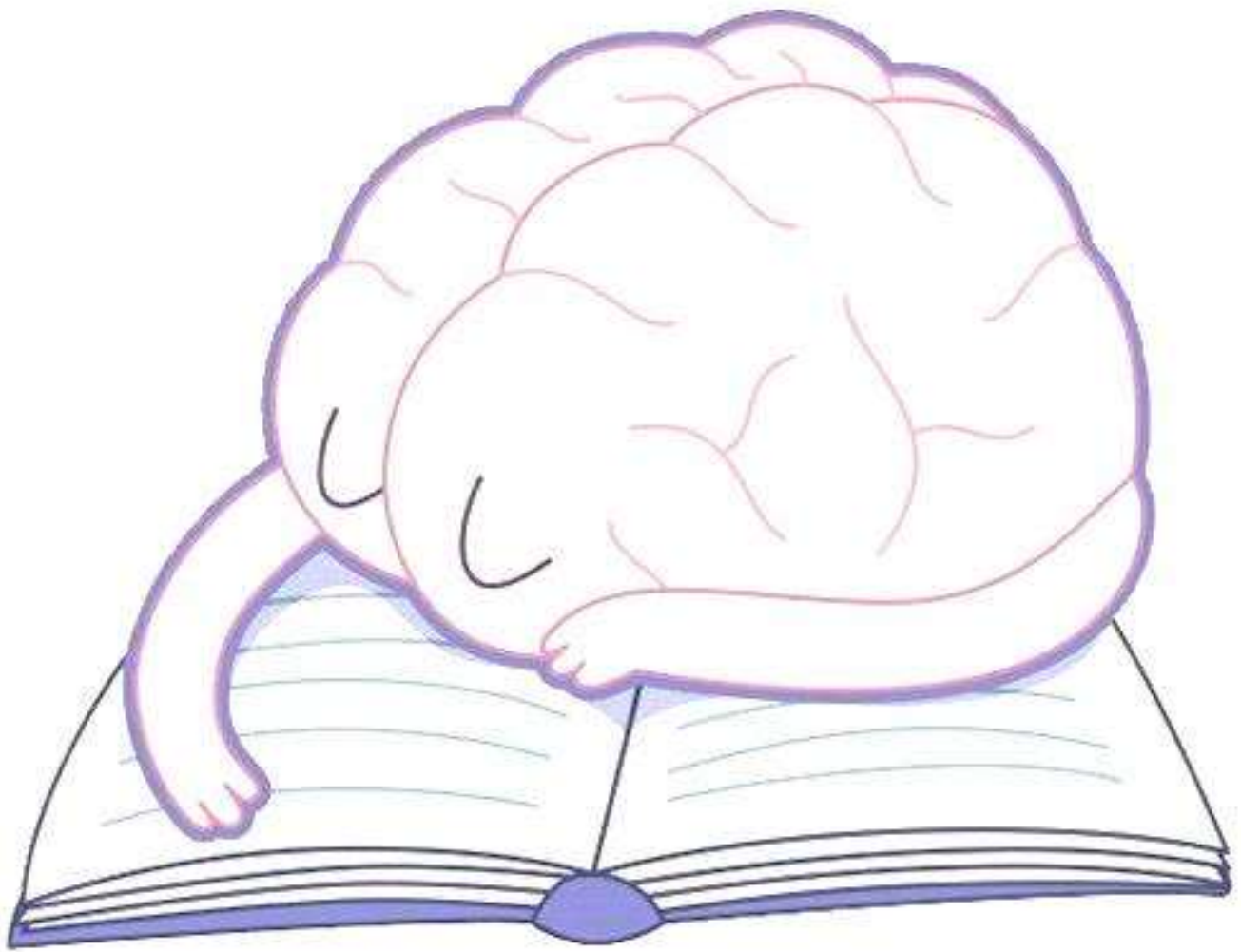


جو نم برات بکے





# خلاصه نویسی به روش فلوچارت و هتک گذاری



## فایلتا!

۱. در حالت آرامش به دلیل اینکه نفوذپذیری نسبت به  $K$  خروجی بیشتر از  $Na$  درونی است، بار مثبت درون سلول عصبی کمتر است.
۲. در گره‌های رانویه تعداد زیادی کانال در پچمدار وجود دارد ولی در فاصله بین گره‌ها (غلاف میلین) این کانال‌ها وجود ندارد و این امر باعث هدایت جهشی می‌شود. زیرا پتانسیل عمل در گره‌ها فقط ایجاد می‌شود.
۳. مخچه با اطلاعاتی که از چشم‌ها، گوش‌ها و ماهیچه‌های بدن به مخچه ارسال می‌شود و تعادل را حفظ می‌کند.
۴. با بستن چشم اطلاعات لازم برای حفظ تعادل کمتر می‌شود.
۵. در صورتی که مراکز پردازش اطلاعات بینایی در لوب پس سری آسیب ببینند. فرد با وجود سلامت چشم باز هم قادر به دیدن نیست.
۶. نیکوتین در برگ گیاه تنباکو وجود دارد که بسیار سمی است و سریع وارد جریان خون می‌شود و هم در سیگار و هم در قلیان وجود دارد.
۷. با مصرف یکباره ماده اعتیادآور فرد معتاد نمی‌شود ولی با تکرار مصرف اعتیاد رخ می‌دهد.
۸. مواد سمی و جهش‌زا موجود در دود تنباکو باعث ایجاد جهش شده و اثرهای دستگاه تنفس از کار افتاده و زمینه سرطان را فراهم می‌کند.
۹. ترکیبات تولید شده در گیاهان در مقادیر متفاوت ممکن است سرطان‌زا و مسموم کننده یا حتی کشنده باشند.
۱۰. در میر عقب کشیدن دست در انعکاس ۲ نوع سیناپس بهاری و تحریک داریم، تحریک‌ها یعنی (نورون حس به رابط ۲- رابط ۱ به حرکتی دو سر بازو- نورون حرکتی به دو سر بازو) و مهارک‌ها (نورون رابط ۲ به حرکتی سه سر- نورون حرکتی به ماهیچه سه سر)

این فصل با چه بخش هایی قابلیت ترکیب دارد؟

❖ رهم فصل های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵

❖ یازدهم فصل های ۲، ۳ و ۴

❖ دوازدهم فصل های ۲ و ۸

زیستن شناسی: 

منولیت قشر مخد ر و واگذار نفاع و بصل انفاعت ندر رضیو...

دامنه فعالیت های آگاهانه ات رو بالا ببر 😊



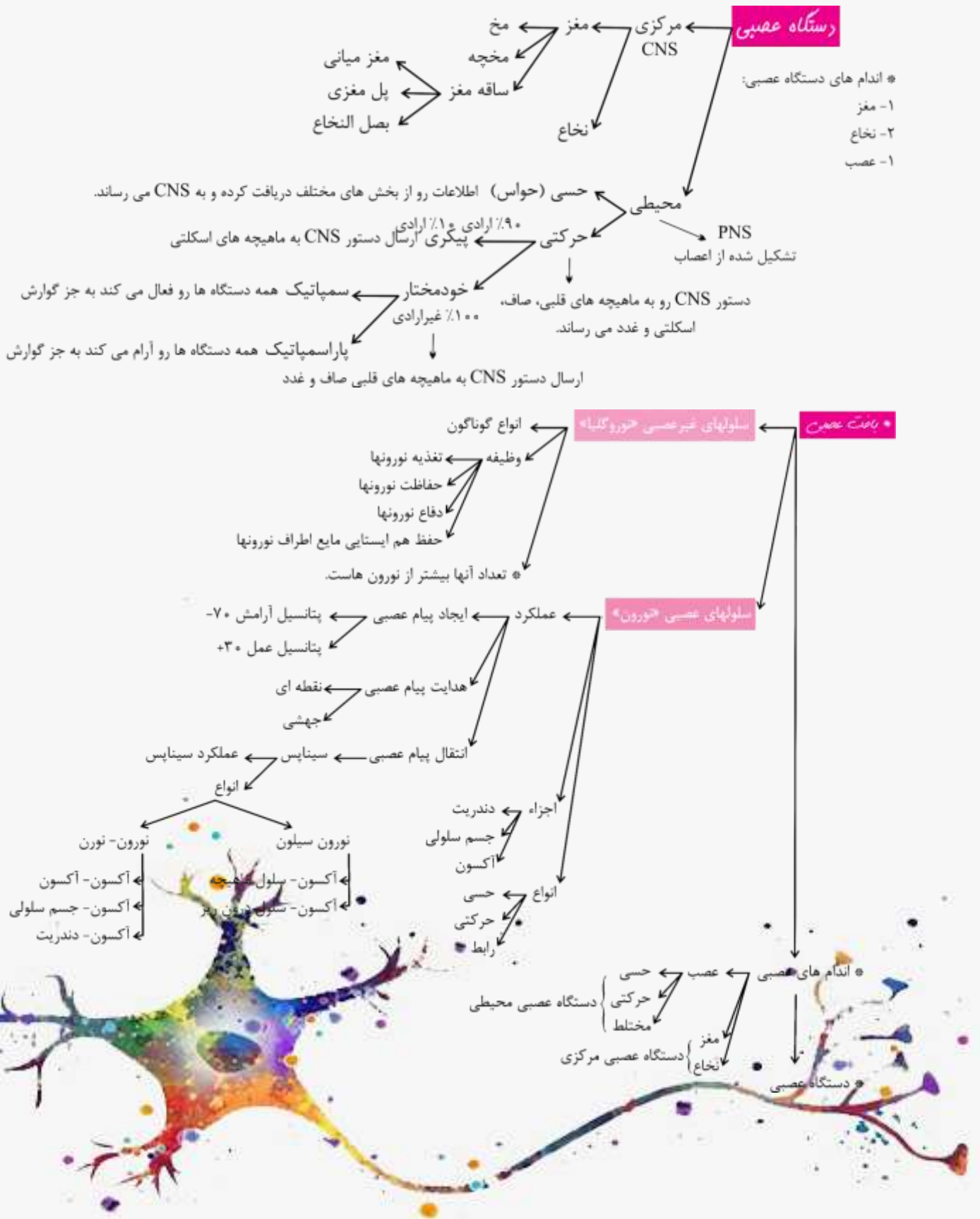
کتابت بازی  







# خلاصه فصل

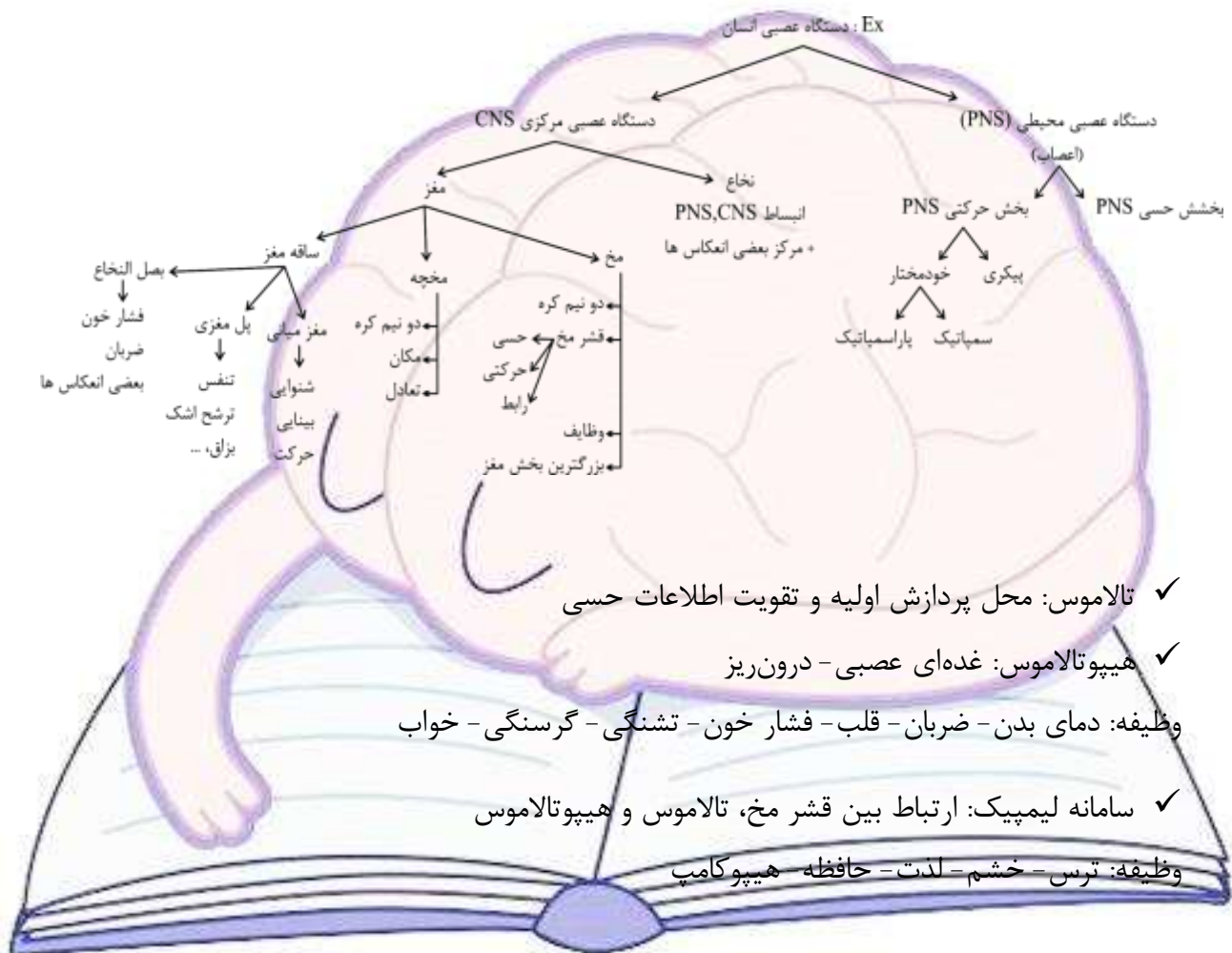


## خلاصه فصل

**دستگاه عصبی پانوران**

- ← شبکه عصبی
- ← نردبان عصبی
- ← طناب عصبی شکمی
- ← طناب عصبی پشتی

EX : هیدر  
EX : پلاتاریا  
EX : حشرات  
EX : مهره داران



- انعکاس نخاعی ← مسیر انعکاس
- اعتیاد



من اگر طراح بودم ...

www.digipix.com

# نمونہ سوال تشریحی:





۱- چند مورد در ارتباط با عاملی که باعث چسبیدن ذره‌های غذایی و لغزنده کردن آن‌ها در دهان می‌شود و دارای نوعی آنزیم برون‌سلولی است، صحیح است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۷ - با تغییر)

- الف- تحت کنترل مرکزی در پایین مغز میانی است.
- ب- می‌تواند تحت تأثیر محرک شرطی قرار گیرد.
- ج- جزئی از مکانیسم دفاعی بدن محسوب می‌شود.
- د- تولید آن همواره به صورت آگاهانه تنظیم می‌شود.

۴(۴)

۳(۳)

۲(۲)

۱(۱)

۲- کدام گزینه عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ (با تغییر) "در همه جانورانی که توانایی را دارند، ..... " (تجربی داخل ۱۳۹۷)

- انجام دفاع اختصاصی - تقسیم‌بندی دستگاه عصبی شامل دو بخش مرکزی و محیطی است.
- ۲) تشکیل تصاویر موزاییکی - گازهای تنفسی از طریق پروتئین‌های آهن‌دار خون منتقل می‌شوند.
- ۳) ترشح فرومون - تبادل مواد بین یاخته‌ها و همولنف انجام می‌شود.
- ۴) انجام لقاح خارجی - اکسیژن جو فقط از طریق مویرگ‌های پوستی وارد خون می‌شود

۳- کدام عبارت درباره همه مهره‌داران بالغی درست است که اندازه نسبی مغز آن‌ها نسبت به وزن بدن بیشتر از سایرین است؟ (تجربی خارج از کشور ۱۳۹۷ - با تغییر)

- ۱) نمک اضافی را از طریق غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان دفع می‌کنند.
- ۲) گوارش شیمیایی و مکانیکی بیشتر مواد غذایی در دهان آغاز می‌گردد.
- ۳) پیچیده‌ترین شکل کلیه را دارند که با واپایش تعادل اسمزی مایعات بدن آن‌ها متناسب است.



۴) همه اطلاعات حسی و حرکتی، فقط در لایه خارجی بزرگترین بخش مغز پردازش می‌شود.

۴- کدام عبارت فقط در مورد بعضی از گیرنده‌های شیمیایی موجود در اندام‌های حسی انسان که بر

درک مزه غذا تأثیر دارند، صادق است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۷- با تغییر)

۱) در مجاورت سلول‌های غیرعصبی قرار دارند.

۲) در نهایت پیام‌های عصبی را به قشر مخ ارسال می‌کنند.

۳) کانال‌های دریچه‌داری دارند که به بعضی یونها اجازه عبور می‌دهند.

۴) توسط آکسون‌های خود با نورون‌های دیگر، سیناپس تشکیل می‌دهند.

۵- به‌طور معمول کدام دو بخش مغز گوسفند به یکدیگر نزدیک‌ترند؟ (تجربی داخل ۱۳۹۷)

۱) رابط سه‌گوش و بطن سه (هیپوتالاموس و اجسام مخطط)

۳) رابط پینه‌ای و مغز میانی ۴) برجستگی‌های چهار گانه و اپی فیز

۶- کدام عبارت، در مورد همه جانورانی که جنین در طول دوران جنینی در رحم با مادر ارتباط

خونی دارد، صادق است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۸- با تغییر)

۱) هوا به وسیله مکش حاصل از فشار مثبت به شش‌های آنها وارد می‌شود.

۲) بخش جلویی طناب عصبی شکمی آنها، برجسته شده و مغز را تشکیل داده است.

۳) شبکه‌های مویرگی ترشح‌کننده مایع مغزی- نخاعی، فقط در خارج از بطن‌های ۱ و ۲ مغز آنها قرار دارد.

۴) ویژگی ساختار قلب آنها به ترتیبی است که حفظ فشار خون در سامانه گردش مضعف را آسان می‌کند.

۷- کدام عبارت، در ارتباط با دستگاه عصبی روده‌های انسان صحیح است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۸)

۱) فقط میزان تحرک روده را تنظیم می‌کند.

۲) فقط در لایه زیر مخاطی روده نفوذ می‌نماید.

۳) همواره همراه با دستگاه عصبی خودمختار فعالیت می‌کند.

۴) با اعصاب هم‌حس (سمپاتیک) و پادهم‌حس (پاراسمپاتیک) ارتباط دارد.

۸- برای تعیین سرعت و ترکیب شیره پرورده گیاه می‌توان از نوعی جاندار استفاده کرد، کدام

ویژگی درباره این جاندار درست است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۸- با تغییر)

۱) همولنف همواره بین مویرگ و فضای بین‌یاخته‌ای در جریان است.

۲) اسکلت آن، علاوه بر کمک به حرکت، وظیفه حفاظتی دارد.

۳) با تحریک هر گره عصبی، همه ماهیچه‌های بدن فعال می‌شوند.

۴) رشته‌های میان دو طناب عصبی موازی، بخش محیطی دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.



۹- برای تعیین سرعت و ترکیب شیرۀ پرورده گیاه می توان از نوعی جاندار استفاده کرد. کدام ویژگی درباره این جاندار صادق است؟ (تجربی داخل ۱۳۹۸ - باتغییر)

- ۱) مغز آن، از چند گره مجزا تشکیل شده است.
  - ۲) همولنف مستقیماً در مجاورت یاخته‌های بدن قرار می‌گیرد.
  - ۳) دهانۀ لولۀ سامانۀ دفعی آن، با منفذی به بیرون بدن راه دارد.
  - ۴) تنفس آن از طریق برجستگی‌های کوچک و پراکنده پوستی صورت می‌گیرد.
- چهارگانه و اپی‌فیز

۱۰- چند مورد، عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ (تجربی خارج ۱۳۹۸)

در انسان، انجام ..... عضلات بدن، متأثر از بخش پیکری دستگاه عصبی محیطی است و این بخش در تنظیم ترشح غدد است نقش.....

- |                                   |                                       |      |      |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------|------|
| الف) همه حرکات ارادی - فاقد       | ب) همه حرکات غیرارادی - دارای         |      |      |
| ج) فقط بعضی از حرکات ارادی - فاقد | د) فقط بعضی از حرکات غیرارادی - دارای |      |      |
| ۱(۱)                              | ۲(۲)                                  | ۳(۳) | ۴(۴) |

۱۱- کدام عبارت، در مورد بخشی از مغز انسان که گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند، صحیح است؟

(تجربی خارج ۱۳۹۸)

- ۱) در فعالیت شنوایی و بینایی و حرکت نقش اساسی دارد.
- ۲) یکی از اجزای اسبک مغز (هیپوکامپ) محسوب می‌شود.
- ۳) در مجاورت محل تقویت اطلاعات حسی قرار دارد.
- ۴) مرکز انعکاس‌های عطسه و سرفه است.

۱۲- کدام عبارت درباره هر ناقل عصبی تحریک‌کننده ماهیچه‌های بدن انسان درست است؟ (تجربی

داخل ۱۳۹۸)

- ۱) پس از انتقال پیام، توسط آنزیم‌هایی تجزیه می‌گردد.
- ۲) در پایانه اکسون یاخته پیش‌سیناپسی تولید می‌گردد.
- ۳) به جایگاه ویژه خود در درون یاخته پس‌سیناپسی متصل می‌شود.
- ۴) از طریق تأثیر بر نوعی پروتئین کانالی، باعث باز شدن آن می‌گردد.

۱۳- چند مورد عبارت زیر را به طور مناسب کامل می‌کند؟ (تجربی داخل ۱۳۹۸)

"در انسان، انجام ..... عضلات بدن، متأثر از بخش ..... دستگاه عصبی محیطی است و این بخش در تنظیم ترشح غدد فاقد نقش است."

- الف) همه حرکات ارادی - پیکری  
ب) همه حرکات غیرارادی - خودمختار  
ج) فقط بعضی از حرکات ارادی - خودمختار  
د) فقط بعضی از حرکات غیرارادی - پیکری
- ۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

۱۴- کدام عبارت در مورد بخشی از مغز انسان که در ترشح بزاق و اشک نقش دارد، درست است؟ (تجربی داخل ۱۳۹۸)

- ۱) دارای شبکه مویرگی ترشح‌کننده مایع مغزی- نخاعی است.  
۲) یکی از اجزای سامانه کناره‌های (لیمبیک) محسوب می‌شود.  
۳) در مجاورت مرکز انعکاس‌های عطسه و سرفه قرار دارد.  
۴) حاوی برجستگی‌های چهارگانه مغزی است.

۱۵- کدام مورد درباره جانوران مهره‌داری صادق است که هر دو نوع خون موجود در قلب آنها، همراه باهم وارد رگی می‌شود که ابتدا به دو شاخه تقسیم می‌گردد؟ (تجربی داخل ۱۳۹۹- با تغییر)

- ۱) همانند پرندگان، کلیه توانمندی زیادی در جذب آب دارد.  
۲) برخلاف خزندگان، ابتدایی‌ترین طناب عصبی شکمی را دارند.  
۳) برخلاف خزندگان، به کمک پوست هم به تبادلات گازی می‌پردازند.  
۴) همانند پرندگان، نسبت به سایر مهره‌داران، انرژی بیشتری را به هنگام حرکت مصرف می‌کنند.

۱۶- کدام مورد درباره همه بی‌مهرگانی صادق است که به کمک نفریدی، عمل دفع مواد زائد را به انجام می‌رسانند؟ (تجربی خارج ۱۳۹۹- با تغییر)

- ۱) ساختاری جهت بستن منافذ تنفسی سطح بدن دارند.  
۲) با کمک یاخته و یا بخشی از آن، اثر محرک را دریافت می‌کنند.  
۳) سلول‌های اختصاصی ایمنی، از طریق رگ‌ها جابه‌جا می‌شوند.  
۴) مواد زائد بدن آنها، توسط کریچه (واکوئل)های انقباضی دفع می‌شود.

۱۷- کدام عبارت در ارتباط با انسان نادرست است؟ (تجربی خارج ۱۳۹۹- با تغییر)

- ۱) به دنبال تنش‌های موقتی و کوتاه‌مدت، نایژک‌ها گشاد می‌شوند.  
۲) به دنبال انسداد مجرای صفراوی، در روند گوارش چربی‌ها اختلال ایجاد می‌شود.  
۳) با کاهش فعالیت بخش درونریز لوزالمعده، پتاسیم داخل یاخته‌های عصبی افزایش می‌یابد.  
۴) با اختلال در عملکرد نوعی از یاخته‌های معده، فرد به نوعی کم‌خونی خطرناک مبتلا می‌گردد.





۲۲- کدام عبارت فقط دربارهٔ بعضی از بی‌مهرگانی صادق است که نوعی نفریدی دارند؟ (تجربی داخل ۱۳۹۹)

- ۱) به کمک یاخته و یا بخشی از آن، اثر محرک را دریافت می‌نمایند.
  - ۲) به‌منظور تنظیم فشار اسمزی بدن خود، از کریچه‌های انقباضی استفاده می‌کنند.
  - ۳) ساختاری جهت بستن منافذ موجود در ابتدای لوله‌های منشعب و مرتبط تنفسی دارند.
  - ۴) یاخته‌های حفرهٔ گوارشی آن‌ها، ذره‌های مواد غذایی را از طریق فاگوسیتوز دریافت می‌کنند.
- ۲۳- کدام گزینه، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟ "در هر جاندار پریاخته‌ای، به‌منظور بروز

پاسخ به هر محرک شیمیایی داخلی یا خارجی لازم است تا ..... (تجربی خارج ۱۳۹۹)

- ۱) اثر محرک به پیام عصبی تبدیل شود.
  - ۲) نفوذپذیری غشاء یاختهٔ پس‌سیناپسی تغییر نماید.
  - ۳) پیک‌های کوتاه‌برد از یاختهٔ پیش‌سیناپسی ترشح گردد.
  - ۴) مولکول‌های شیمیایی به گیرنده‌های اختصاصی خود متصل گردند.
- ۲۴- بخشی از ساقهٔ مغز انسان که نسبت به سایرین به بخش حاوی گیرنده‌های حساس به افزایش

کربن دیاکسید نزدیک‌تر است، چه مشخصه‌ای دارد؟ (تجربی خارج ۱۳۹۹)

- ۱) می‌تواند دم را خاتمه دهد و مدت‌زمان دم را تنظیم نماید.
- ۲) باعث تنظیم دمای بدن، تشنگی، گرسنگی و خواب می‌شود.
- ۳) در فعالیت‌های شنوایی، بینایی و حرکت نقش اصلی را دارد.
- ۴) با دریافت پیام گیرنده‌های مفاصل و عضلات اسکلتی، وضعیت بدن را تنظیم می‌کند.

۲۵- کدام گزینه، عبارت زیر را به‌طور نامناسب کامل می‌کند؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰- با تغییر)

"همهٔ اندام‌هایی که با تولید نوعی پیک شیمیایی یکسان، تعداد فراوان‌ترین یاخته‌های خونی انسان را تنظیم می‌کنند،"

- ۱) در تنظیم میزان یون‌های خون نیز نقش دارند.
- ۲) جزی از دستگاه درون‌ریز بدن هستند.
- ۳) تحت‌تأثیر بخش همیشه فعال دستگاه عصبی محیطی قرار دارند.
- ۴) هر یک با تغییر در مقادیر چشم‌گیری از نوعی مادهٔ دفعی نیتروژندار، از سمیت آن می‌کاهند.

۲۶- کدام گزینه، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟

"در دستگاه عصبی مرکزی گوسفند، یکی از بخش‌هایی که مجاور ساقه مغز است و با ترشح پیک دور برد، فعالیت‌های بدن را تنظیم می‌کند، در قرار دارد."

- ۱) مجاورت بطن سوم مغزی
- ۲) بین دو نیمکرهٔ راست و چپ مخ
- ۳) مجاورت دو برجستگی بزرگ‌تر مغز میانی
- ۴) فضایی محتوی شبکه‌های مویرگی و اجسام مخطط

۲۷- برد، فعالیت‌های بدن را کدام گزینه برای تکمیل عبارت زیر، مناسب است؟ "در دستگاه عصبی مرکزی گوسفند، یکی از بخش‌هایی که مجاور ساقه مغز است و با ترشح پیک ورتنظیم می‌کند، در قرار دارد." (تجربی خارج ۱۴۰۰)

(۱) کنار لوب‌های بویایی

(۲) فضایی محتوی شبکه‌های مویرگی و اجسام مخطط

(۳) مجاورت بطن‌های جانبی مغز

(۴) مجاورت دو تا از برجستگی‌های بزرگ‌تر مغز میانی

۲۸- در نوعی کرم، هیچ‌یک از چهار روش اصلی تنفس مشاهده نمی‌گردد. کدام مورد، درباره این جاندار صادق است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰)

(۱) حفره عمومی بدن، علاوه بر گوارش، وظیفه گردش مواد را برعهده دارد.

(۲) آب اضافی بدن از طریق شبکه‌ای از کانال‌ها، به خارج دفع می‌شود.

(۳) تحریک در هر نقطه از بدن، در همه سطح آن منتشر می‌گردد.

(۴) همولنف مستقیماً در مجاورت یاخته‌های بدن جریان می‌یابد.

۲۹- مطابق با مطلب کتاب درسی، نوعی جانور بی‌مهره با بروز رفتاری خاص، به جای انتقال ژن خود به نسل آینده، به موفقیت تولید مثلی خویشاوندان خود کمک می‌کند. کدام ویژگی درباره این جانور، صادق است؟ (تجربی داخل کشور ۱۴۰۱)

(۱) دو رشته‌ی تشکیل دهنده طناب عصبی آن در نقاطی به هم اتصال دارند.

(۲) سامانه‌ی دفعی آن، از طریق منفذی مستقیماً به محیط بیرون باز و دفع از طریق آن انجام می‌شود.

(۳) به واسطه‌ی مایعی که در هر انشعاب ساختار تنفسی آن موجود است، تبادلات گازی ممکن می‌گردد.

(۴) گره‌ی عصبی هر بند آن، دارای اعصابی است که به طرف اندام‌های حرکتی و اندام‌های داخلی ادامه می‌یابد.

۳۰- کدام عبارت در خصوص یاخته‌های شرکت کننده در انعکاس عقب کشیدن دست فرد در برخورد با جسم داغ، نادرست است؟ (تجربی داخل کشور ۱۴۰۱)

(۱) بعضی از یاخته‌های عصبی که جسم یاخته‌ای آن‌ها در ماده‌ی خاکستری قرار دارد، با یاخته‌های عصبی حسی، همایه (سیناپس) برقرار می‌کنند.

(۲) بعضی از یاخته‌های عصبی که به عصب نخاعی تعلق دارند، با یاخته‌های استوانه‌ای چند هسته‌ای، ارتباط ویژه برقرار می‌کنند.

(۳) هر یاخته‌ی عصبی که با عضله‌ی ناحیه‌ی بازو همایه (سیناپس) برقرار می‌کند، تغییری در پتانسیل الکتریکی آن رخ داده است.

(۴) هر یاخته‌ی عصبی که پیام گیرنده‌ی درد را منتقل می‌کند، به بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی اختصاص دارد.

پاسخنامه کلیدی

۴-۲۳

۱-۲۴

۴-۲۵

۴-۲۶

۴-۲۷

۲-۲۸

۱-۲۹

۴-۳۰

۴-۱۲

۲-۱۳

۳-۱۴

۳-۱۵

۲-۱۶

۳-۱۷

۲-۱۸

۳-۱۹

۴-۲۰

۴-۲۱

۴-۲۲

۳-۱

۱-۲

۳-۳

۴-۴

۴-۵

۴-۶

۴-۷

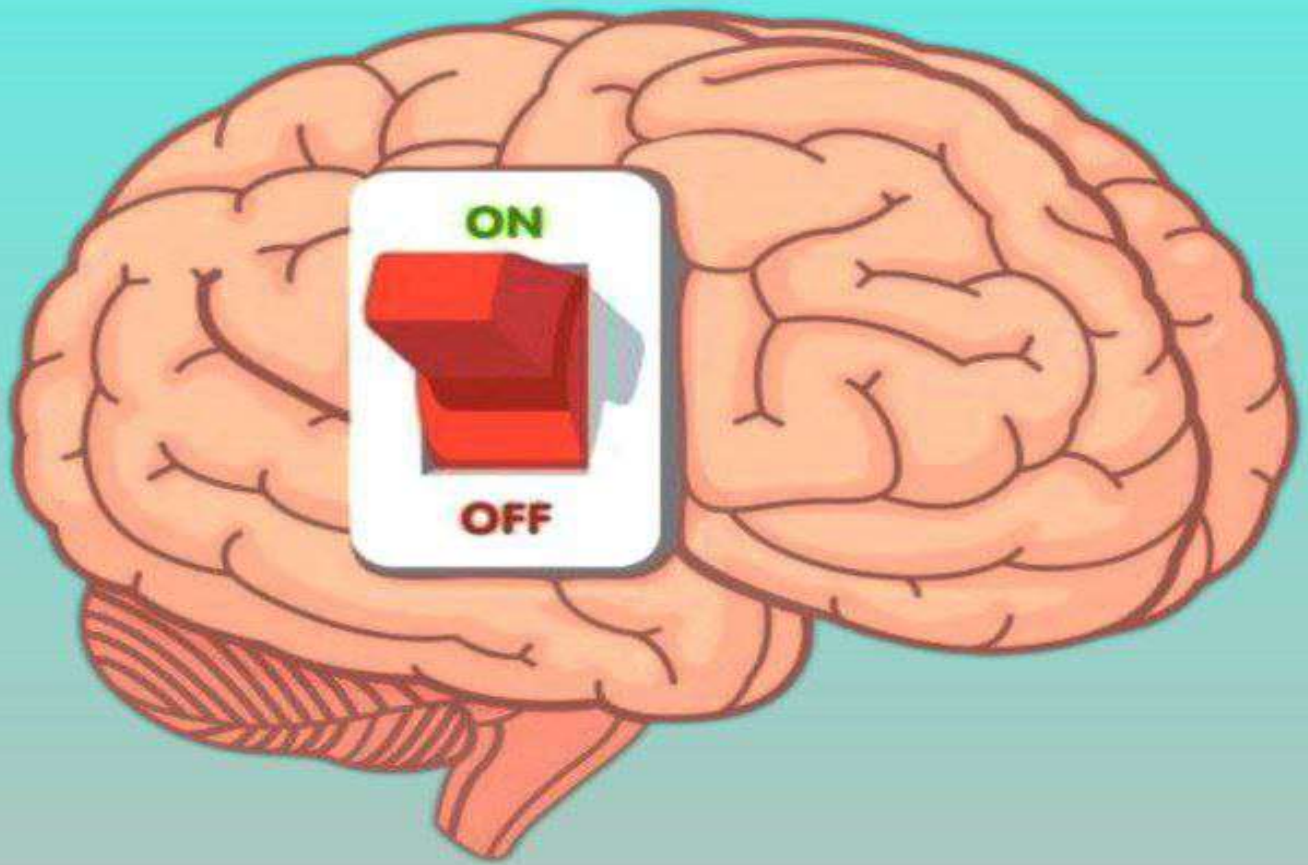
۲-۸

۲-۹

۴-۱۰

۳-۱۱





## Brain Power On

WHEN ONE DOOR OF HAPPINESS CLOSES,

**ANOTHER OPENS,**

BUT OFTEN WE LOOK SO LONG AT THE CLOSED DOOR

THAT WE DO NOT SEE THE ONE THAT HAS BEEN OPENED FOR US...



HOMAYOUNI\_ZI8T



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## زیست شناسی (۳)

رشته علوم تجربی

پایه دوازدهم

دوره دوم متوسطه



کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## فهرست

- فصل ۱- مولکول‌های اطلاعاتی** ..... ۱
- نوکلئیک اسیدها  
همانندسازی دنا  
پروتئین‌ها
- فصل ۲- جریان اطلاعات در یاخته** ..... ۲۱
- رونویسی  
به سوی پروتئین  
تنظیم بیان ژن
- فصل ۳- انتقال اطلاعات در نسل‌ها** ..... ۳۷
- مفاهیم پایه  
انواع صفات
- فصل ۴- تغییر در اطلاعات وراثتی** ..... ۴۷
- تغییر در ماده وراثتی جانداران  
تغییر در جمعیت‌ها  
تغییر در گونه‌ها
- فصل ۵- از ماده به انرژی** ..... ۶۳
- تامین انرژی  
اکسایش بیشتر  
زیستن مستقل از اکسیژن
- فصل ۶- از انرژی به ماده** ..... ۷۷
- فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی  
واکنش‌های فتوسنتزی  
فتوسنتز در شرایط دشوار
- فصل ۷- فناوری‌های نوین زیستی** ..... ۹۱
- زیست فناوری و مهندسی ژنتیک  
فناوری مهندسی پروتئین و بافت  
کاربردهای زیست فناوری
- فصل ۸- رفتارهای جانوران** ..... ۱۰۷
- اساس رفتار  
انتخاب طبیعی و رفتار  
ارتباط و زندگی گروهی

## مقدمه

کتاب زیست شناسی ۳ سومین کتاب زیست شناسی دوره دوم متوسطه است که برای پایه دوازدهم رشته علوم تجربی تألیف و چاپ شده است. این کتاب ادامه اجرای برنامه ۱۲ ساله حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی در موضوع زیست شناسی است که از دوره ابتدایی آغاز و در سه سال اول متوسطه در قالب کتاب های علوم تجربی ادامه یافت و با کتاب زیست ۱ پایه دهم به دوره دوم متوسطه رسید. برنامه زیست شناسی براساس راهنمای برنامه حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی و منطبق با برنامه درسی ملی تدوین شده است. اهداف این برنامه مطابق با برنامه درسی ملی در سه عرصه ارتباطی انسان یعنی ارتباط با خود، خلق و خلقت، مبتنی بر ارتباط با خدا، تعریف شده و در جهت تقویت پنج عنصر (تفکر و تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق) پیش می رود. بر این اساس مهم ترین شایستگی های مدنظر حوزه علوم تجربی که درس زیست شناسی تلاش می کند در دانش آموز تحقق یابد در زیر فهرست شده اند. انتظار می رود دانش آموز بتواند:

- نظام مندی طبیعت را براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده های طبیعی به عنوان آیات الهی کشف و گزارش کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه دهد / به کار گیرد.
  - با ارزیابی رفتارهای متفاوت در ارتباط با خود و دیگران در موقعیت های گوناگون زندگی، رفتارهای سالم را انتخاب کند / گزارش کند / به کار گیرد.
  - با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به کارگیری این علم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده)، تحلیل و محدودیت ها و توانمندی های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش کند.
  - با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره گیری از علم تجربی، بتواند ایده هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت های علمی ارائه دهد و در این فعالیت ها با حفظ ارزش ها و اخلاق علمی مشارکت کند.
- این کتاب در ادامه زیست شناسی ۱ و ۲ تألیف شده و زمینه اصلی آن تغییر، پایداری و زمان است. در این ارتباط سازوکارهای مولکولی در ارتباط با کسب ماده و انرژی، سازوکارهای انتقال صفات از نسلی به نسل دیگر و سازوکارهای تغییر گونه ها و رفتارهای جانوران در گذر زمان مطالعه می شوند. دانش آموزان با مطالعه این کتاب همچنین با فرایندها و ساختارهایی آشنا می شوند که با وجود تنوع



در دنیای زنده از اصول ثابتی پیروی می کنند. کتاب ابتدا به معرفی سازوکارهای مولکولی ذخیره و انتقال اطلاعات در یاخته می پردازد، به دنبال آن چگونگی جریان اطلاعات در یاخته و نسل ها و در آخر در مورد تغییر در اطلاعات مباحثی را مطرح می کند.

بخش دیگری از کتاب به شارش انرژی در موجودات زنده می پردازد که در آن دانش آموزان با دو مبحث از ماده به انرژی (تنفس سلولی) و از انرژی به ماده (فتوسنتز) آشنا خواهند شد.

در قسمتی از کتاب به فناوری های نوین زیستی به ویژه مهندسی ژنتیک، مهندسی بافت و پروتئین پرداخته شده است و ضمن اشاره به پایه های زیست فناوری در مورد استفاده از این فناوری ها مباحثی مطرح شده است. در انتهای کتاب بخشی به رفتارهای جانوران در موقعیت های مختلف و سازوکارهای مربوط به آنها اختصاص یافته است.

مفاهیم اساسی در این کتاب با توجه به بازخوردهای حاصل از آموزش های قبلی، اصلاح و متناسب با یافته های جدید در علم زیست شناسی، به روز شده اند.

انتخاب و سازماندهی محتوا در این کتاب مانند کتاب زیست شناسی ۱ و ۲ بر اساس آموخته های دانش آموزان در متوسطه اول بوده است. در ارائه محتوا، اولویت با آنهایی است که دانش آموز در زندگی با آنها مواجه می شود. همچنین بر اساس تجربیات به دست آمده از آموزش مفاهیم زیست شناسی، سعی شده تا حد امکان از محتواهای صرفاً دانشی پرهیز شود.

در بیشتر قسمت های کتاب بحث با طرح سؤالاتی شروع می شود. هدف از این روش درگیرکردن دانش آموز با مبحث، بارش فکری و تا حدی مفهوم سازی توسط خود دانش آموز است.

در کتاب نمونه هایی از تاریخ تحولات علمی مانند کشف ساختار دنا، سازوکارهای کسب و تبدیل انرژی، سازوکارهای زیست فناوری و روش های استفاده از آن، و شناخت رفتارهای جانوری آورده شده تا دانش آموزان علاوه بر آنکه علم را به عنوان محصول کار دانشمندان می شناسند، به فرایند تولید علم نیز توجه کنند.

آموزش این کتاب مستلزم به کارگیری ظرفیت دانش آموزان در کلاس درس و مشارکت هر چه بیشتر آنها در امر یادگیری است. معلم در این جایگاه نقش تسهیل گر آموزش و نه انتقال دهنده دانش را ایفا می کند.

## سخنی با همکاران ارجمند

در تألیف این کتاب چند نکته مدنظر مؤلفان و شورای تألیف بوده که لازم است مورد توجه دبیران و اولیای محترم نیز قرار گیرد.

سعی شده حجم کتاب با ساعت اختصاص یافته به آن (۴ ساعت در هفته) متناسب باشد و با توجه به برگزاری امتحانات نهایی و کنکور در انتهای این سال تحصیلی، حجم و چگالی مطالب کتاب به گونه‌ای در نظر گرفته شده که دانش آموزان فرصت بیشتری داشته باشند تا کتاب‌های قبلی را مرور و برای شرکت در این آزمون‌ها آمادگی پیدا کنند.

با توجه به بازخوردهای دریافت شده از آموزش مباحث زیست‌شناسی در سال‌های قبل در کلاس‌های تقویتی و کنکور که اهداف اصلی کتاب را به فراموشی سپرده و کلاس به سمت حل مسائل عددی و محاسباتی هدایت می‌شد در این کتاب ممنوعیت‌هایی در خصوص برگزاری آزمون‌ها مطرح شده است، به این صورت که طراحی سؤالات عددی و محاسباتی از محتوای فصل‌های این کتاب در همه آزمون‌ها منع شده و لازم است همه دبیران، دانش‌آموزان و اولیای محترم‌شان و همچنین سازمان سنجش آموزش کشور این نکته مهم را مد نظر قرار دهند تا از فشارهای روانی به دانش‌آموزان و والدین آنها در خصوص آزمون‌ها کاسته شود.

درمقایسه این کتاب با کتاب‌های قبلی به دلایلی بعضی مطالب حذف شده است مثل آغازیان، باکتری‌ها و قارچ‌ها که بیشتر برای دانش‌آموزان حالت حفظی داشته و در کنکور و امتحانات نهایی چالش‌هایی را ایجاد می‌کرده است. دانش‌آموزان و دبیران گرامی در مورد محتواهای حذف شده دقت نمایند که این مطالب در سرفصل‌های کتاب حاضر نیست و در آزمون‌ها هم ارزشیابی نمی‌شوند. معیار کنکور و آزمون‌های آموزش و پرورش فقط محتوای کتاب درسی است.

در برنامه جدید زیست‌شناسی به‌ویژه دوره متوسطه (زیست‌شناسی ۱ و ۲ و ۳) به هر بحث یک‌بار پرداخته شده است و حد نهایی آن بر اساس آنچه در کتاب درسی آمده، تعیین می‌شود. بنابراین همکاران محترم از افزودن مطالب غیرضروری به درس و ارزشیابی از آنها اجتناب نمایند.

**گروه زیست‌شناسی دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری**

مطالب «بیشتر بدانید» و «پاورقی‌ها» در این کتاب، صرفاً جنبه آگاهی‌بخشی دارد و نباید در ارزشیابی، آزمون‌ها و کنکور مورد پرسش قرار گیرد.



## فصل ۱

# مولکول‌های اطلاعاتی

یکی از پرسش‌هایی که یافتن جوابی برای آن بیش از پنجاه سال طول کشید، این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است؟

پاسخ این سؤال، به ظاهر شاید ساده باشد ولی برای رسیدن به آن، پژوهش‌ها و آزمایش‌های زیادی انجام شد که در حال حاضر هم ادامه دارد.

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش‌ها توضیح داده می‌شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول‌های مرتبط به آن یعنی دنا (DNA)، رنا (RNA) و پروتئین بیشتر می‌کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول‌ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل‌های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می‌شویم.



**طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

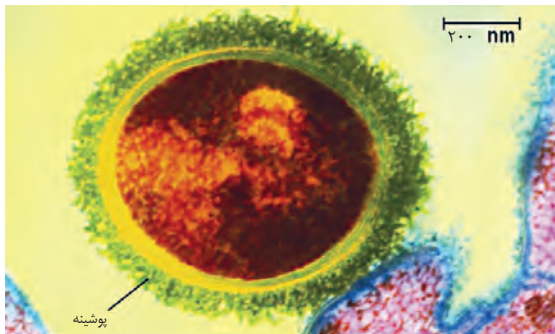


گفتار ۱  
نوکلئیک اسیدها

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولید مثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. کدام یک از این دو ماده، ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی است؟

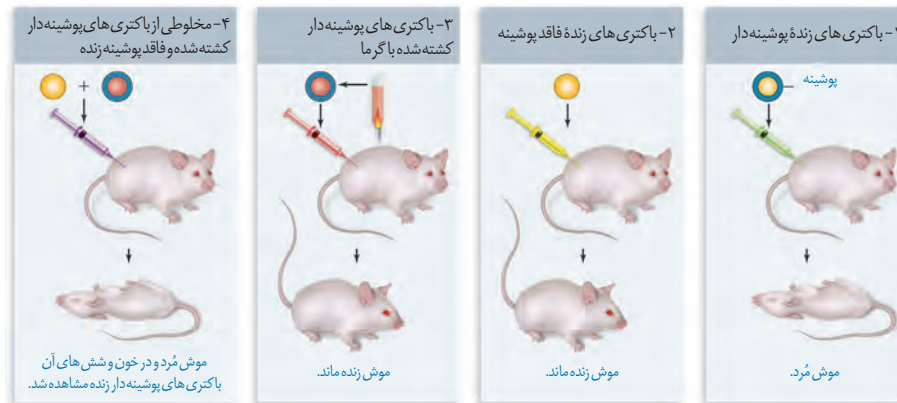
پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دنا است که به عنوان ماده ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. اما دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت<sup>۱</sup> به دست آمد. او سعی داشت واکسنی برای آنفلوآنزا تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا<sup>۲</sup> است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود ولی نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند (شکل ۱).



شکل ۱- باکتری پوشینه‌دار

آزمایش‌ها و نتایج کار گریفیت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۲- آزمایشات گریفیت و نتایج آن

۱- Fredrick Griffith

۲- *Streptococcus Pneumoniae*



### بیشتر بدانید

گرفیت در سال ۱۹۲۸ نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.



گرفیت مشاهده کرد تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آنها می‌شود؛ در حالی که تزریق باکتری‌های بدون پوشینه به موش‌های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی‌شود. او در آزمایش دیگری باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما را به موش‌ها تزریق و مشاهده کرد که موش‌ها سالم ماندند. گرفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست. سپس مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما و زنده بدون پوشینه را به موش‌ها تزریق کرد؛ برخلاف انتظار، موش‌ها مُردند! او در بررسی خون و شش‌های موش‌های مرده، تعداد زیادی باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند. از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که ماده وراثتی می‌تواند به یاخته دیگری منتقل شود ولی ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

### عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دنا است

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گرفیت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری<sup>۱</sup> و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصاره استخراج شده از باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟

آنها سپس باقی‌مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می‌گیرد؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند.

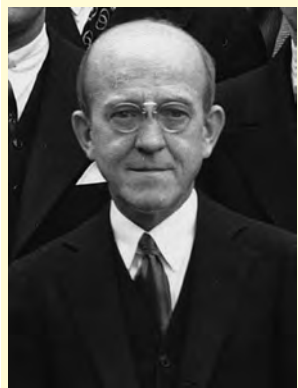
در آزمایش دیگری عصاره استخراج شده از باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار را در یک گریزانه (سانتریفیوژ<sup>۲</sup>) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کردند. با اضافه کردن هر یک از لایه‌ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد انجام می‌شود.

نتایج این آزمایش‌ها، ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است. به عبارت ساده‌تر، دنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج به دست آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پروتئین‌ها ماده وراثتی هستند.

در آزمایش‌های دیگری عصاره باکتری‌های پوشینه‌دار را استخراج و آن را به چهار قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، نوکلئیک اسیدها) را اضافه کردند. سپس هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همه ظروف انتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دنا است.

### بیشتر بدانید

ایوری و همکارانش برای اولین بار در سال ۱۹۴۴ نشان دادند که دنا، ماده ژنتیک است.

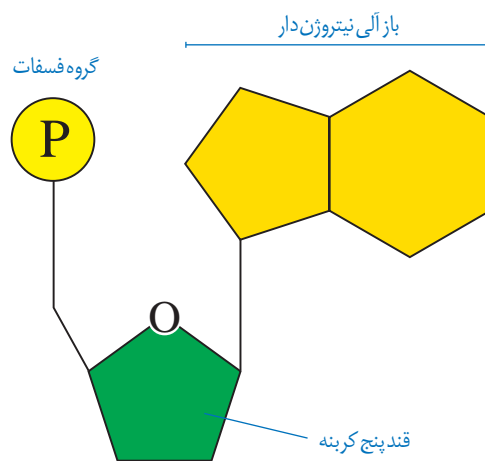


۱- Oswald Avery

۲- Centrifuge

## ساختار نوکلئیک اسیدها

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی ریبونوکلئیک اسید** (دنا) و **ریبونوکلئیک اسید** (رنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام **نوکلئوتید** هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن دار و یک تاسه گروه فسفات. قند پنج کربنه در دنا، **دئوکسی ریبوز** و در رنا، **ریبوز** است. دئوکسی ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. **باز آلی نیتروژن دار** می تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار تک حلقه ای دارد؛ شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در رنا به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.



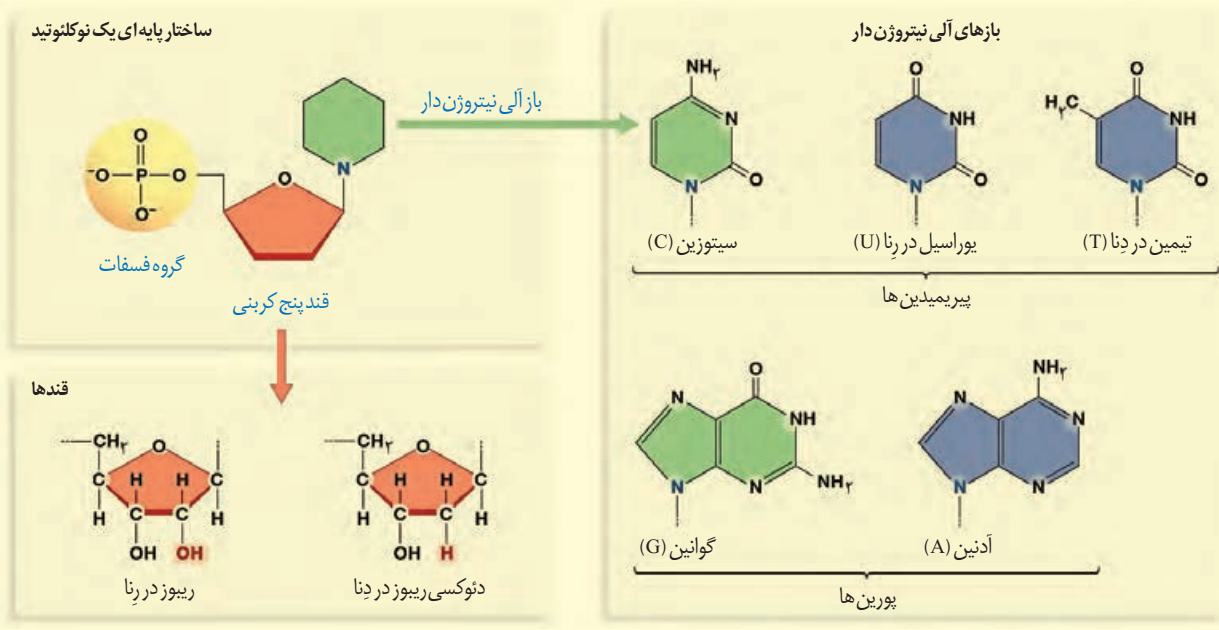
شکل ۳- اجزای یک نوکلئوتید

برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن دار و گروه یا گروه های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می شوند (شکل ۳).

نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند. نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی استر** به هم متصل می شوند و رشته **پلی نوکلئوتیدی** را می سازند. در تشکیل پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می شود (شکل ۵). رشته های پلی نوکلئوتیدی با به تنهایی نوکلئیک اسید را می سازند، مثل رنا، یا به صورت دوتایی مقابل هم قرار می گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دنا را می سازند.

## بیشتر بدانید

انواع بازهای آلی نیتروژن دار و پنتوزها

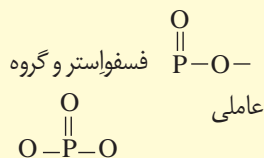


## بیشتر بدانید

### فسفودی استر

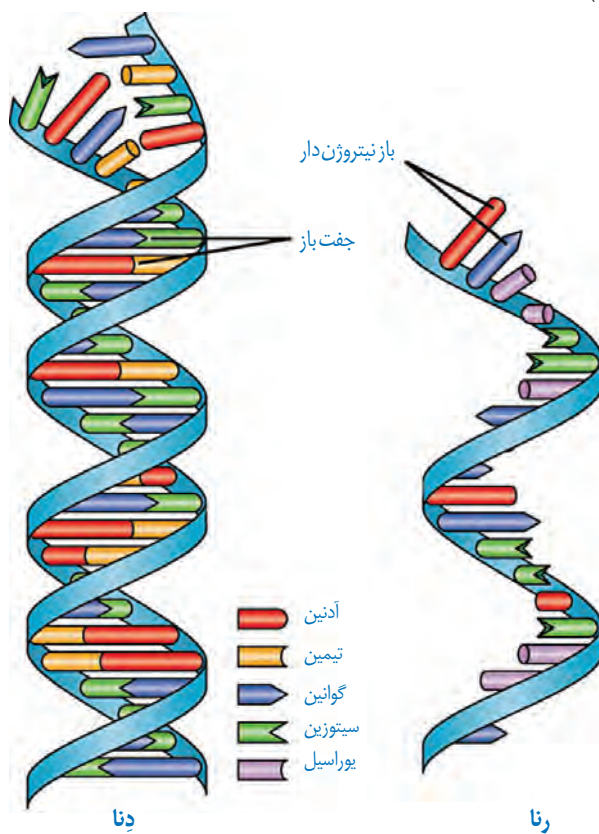
در درس شیمی با استرها آشنا شدید

که دارای گروه عاملی  $\text{C}=\text{O}-\text{O}$  هستند این گروه عاملی در ساختار برخی مواد سازنده بدن موجودات زنده از جمله نوکلئیک اسیدها وجود دارد. با این توصیف گروه عاملی



فسفودی استر نامیده می شوند که در زیست شناسی آن را پیوند فسفودی استر می خوانند.

بنابراین مولکول های دنا از دو رشته پلی نوکلئوتید و مولکول های رنا از یک رشته پلی نوکلئوتید تشکیل می شوند (شکل ۴).



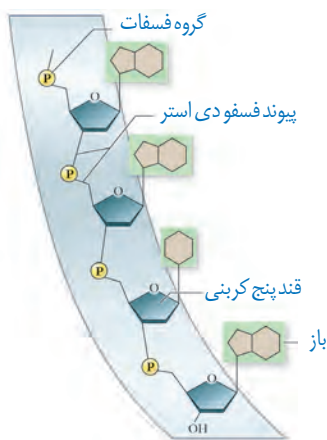
شکل ۴- دنا و رشته ای و رنا تک رشته ای

دو انتهای رشته های پلی نوکلئوتید نیز می توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید **حلقوی** را ایجاد کنند؛ برای مثال دنا در باکتری ها به صورت حلقوی است. در نوکلئیک اسیدهای **خطی** گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشته دنا و رنا خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).

## تلاش برای کشف ساختار مولکولی دنا

در ابتدا تصور می شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول های دنا از هر جاندار که به دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد.

اما مشاهدات و تحقیقات چارگاف<sup>۱</sup> روی دناهای جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

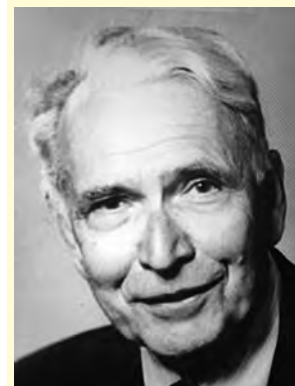


شکل ۵- بخشی از رشته نوکلئیک اسید

<sup>۱</sup> Erwin Chargaff

## بیشتر بدانید

چارگاف در سال ۱۹۵۰ نشان داد که در دِنای جانداران گوناگون  $A=T$  و  $G=C$  است.



## بیشتر بدانید

برخی از نتایج آزمایش های چارگاف (درصد)

گونه	A	T	G	C	$\frac{A+G}{T+C}$	$\frac{A+T}{G+C}$
انسان	۳۱/۰	۳۱/۵	۱۹/۱	۱۸/۴	۱/۰۰	۱/۶۶
مگس سرکه	۲۷/۳	۲۷/۶	۲۲/۵	۲۲/۶	۰/۹۹	۱/۲۲
ذرت	۲۵/۶	۲۵/۳	۲۴/۵	۲۴/۶	۱/۰۰	۱/۰۴

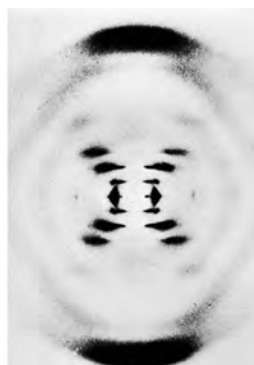
اختلاف کم درصدها به دلیل خطاهای آزمایش است.

## استفاده از پرتو ایکس برای تهیه تصویر از دِنَا

ویلکینز<sup>۱</sup> و فرانکلین<sup>۲</sup> با استفاده از پرتو ایکس از مولکول های دِنَا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶). با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنَا نتایجی را به دست آوردند از جمله اینکه دِنَا حالت مارپیچی و بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول ها را نیز تشخیص دادند.



فرانکلین



ویلکینز

شکل ۶- تصویر تهیه شده با پرتو ایکس از مولکول دِنَا توسط ویلکینز و فرانکلین

## مدل مولکولی دِنَا

واتسون<sup>۳</sup> و کریک<sup>۴</sup> با استفاده از نتایج آزمایش های چارگاف و داده های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش های امروزی مورد تأیید قرار گرفته اند.

شکل ۷- واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دِنَا



۱- Maurice Wilkins

۲- Rosalind Franklin

۳- James Watson

۴- Francis Crick



## نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دنا در حقیقت از دو رشته پلی نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی استر، و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. این پیوندها بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین (A) با تیمین (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین (G) با سیتوزین (C) جفت می‌شوند. به این جفت بازها **بازهای مکمل** می‌گویند. بین C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود.

قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛ زیرا یک باز تک حلقه‌ای در مقابل یک باز دو حلقه‌ای قرار می‌گیرد و باعث پایداری مولکول دنا می‌شود. نتیجه دیگر جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشته یک مولکول دنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشته دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشته مکمل آن باید TACG باشد.

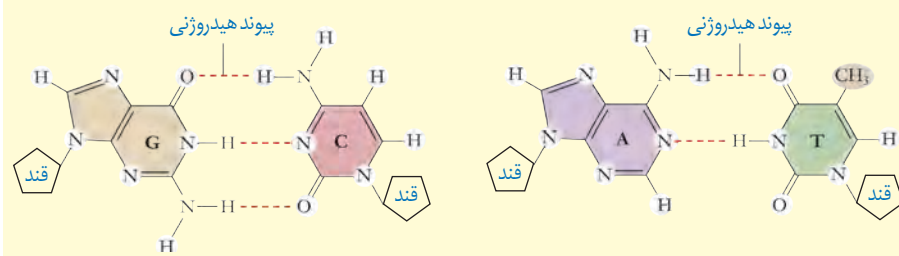
اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دنا حالت پایداری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.



شکل ۸- مدل مارپیچ دورشته‌ای دنا

### بیشتر بدانید

بازهای مکمل و پیوندهای هیدروژنی بین آنها



سال ۱۸۶۹م: میشر در عصارهٔ باخته‌ها به وجود اسیدهای هسته‌ای (نوکلئیک اسیدها) پی‌برد.

سال ۱۹۲۸م: گریفیت نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.

سال ۱۹۴۴م: ایوری و همکارانش برای اولین بار نشان دادند که دنا، مادهٔ ژنتیک است.

سال ۱۹۵۰م: چارگاف نشان داد که در دنا جانداران گوناگون تعداد T مساوی تعداد A و تعداد C مساوی تعداد G است.

سال ۱۹۵۲م: فرانکلین و ویلیکینز نشان دادند که دنا ساختار مارپیچی و چندرشته‌ای دارد.

سال ۱۹۵۳م: واتسون و کریک مدل مارپیچ دورشته‌ای را برای دنا ارائه کردند.

## رنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک اسیدها، رنا است. مولکول رنا تک‌رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود. رناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

**رنا پی‌یک (mRNA<sup>۱</sup>):** اطلاعات را از دنا به رناتن‌ها می‌رساند. رناتن با استفاده از اطلاعات رنا پی‌یک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.

**رنا ناقل (tRNA<sup>۲</sup>):** آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رناتن‌ها می‌برد.

**رنا رناتنی (rRNA<sup>۳</sup>):** در ساختار رناتن‌ها علاوه بر پروتئین، رنا رناتنی نیز شرکت دارد.

علاوه بر این نقش‌ها، رناها نقش آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز دارند.

## ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار دنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول دنا است که بیان آن می‌تواند به تولید رنا یا پلی‌پپتید بینجامد. اینکه رنا چگونه دستورالعمل‌های دنا را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

## دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وسازی<sup>۴</sup>

نوکلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار دنا و رنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

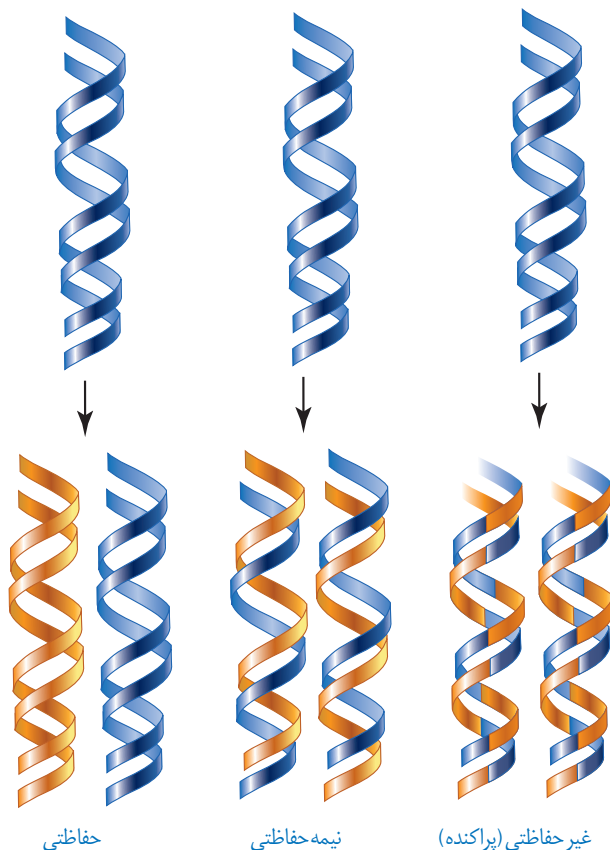
همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را برعهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

۱\_messenger RNA

۲\_transfer RNA

۳\_ribosomal RNA

۴\_Metabolism



شکل ۹- طرح‌های مختلف برای هماندسازی

با توجه به اینکه دنا به عنوان ماده وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است، این پرسش مطرح می‌شود که هنگام تقسیم یاخته، این اطلاعات چگونه بدون کم و کاست به دو یاخته حاصل از تقسیم می‌رسند؟ این کار با هماندسازی دنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دنا جدید از روی دنا قدیمی **هماندسازی<sup>۱</sup>** می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها تا حد زیادی هماندسازی دنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای هماندسازی دنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹).

### ۱- هماندسازی حفاظتی:

در این طرح هر دو رشته دنا قبلی (اولیه) به صورت دست نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دنا جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. چون دنا اولیه به صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن هماندسازی حفاظتی می‌گویند.

### ۲- هماندسازی نیمه حفاظتی:

در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دنا مربوط به دنا اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنا قبلی وجود دارد، به آن نیمه حفاظتی می‌گویند.

### ۳- هماندسازی غیر حفاظتی (پراکنده):

در این طرح هر کدام از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.

## کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون<sup>۲</sup> و استال<sup>۳</sup> با به‌کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دنا نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (<sup>۱۵</sup>N) دارند، نشانه‌گذاری کردند.

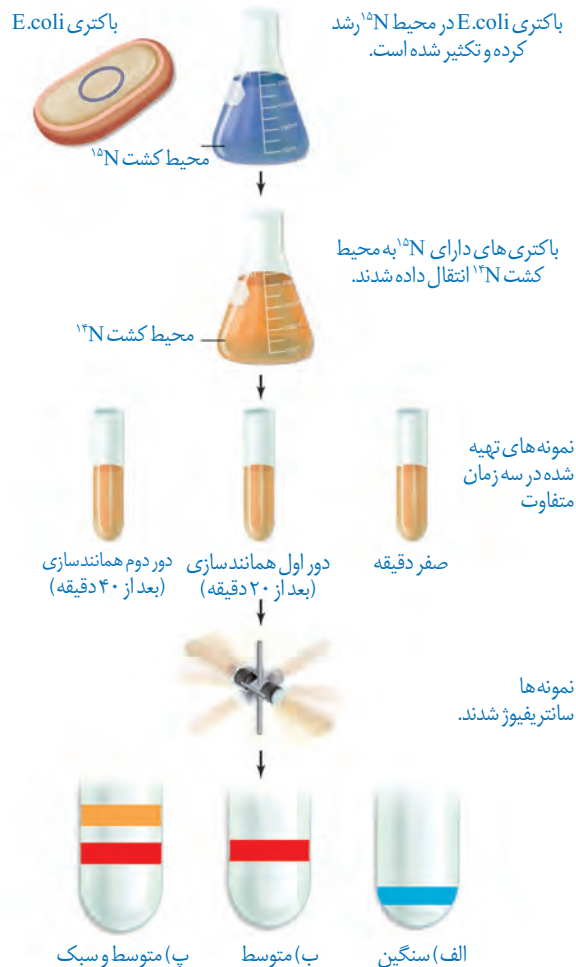
۱- Replication

۲- Meselson

۳- Stahl

دِناهایی که با  $^{15}\text{N}$  ساخته می‌شوند نسبت به دِنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود  $^{14}\text{N}$  دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به وسیلهٔ گریزانهُ با سرعت بسیار بالا<sup>۱</sup> می‌توان آنها را از هم جدا کرد. آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای  $^{15}\text{N}$  کشت دادند. در ساختار بازهای آلی نیتروژن دار که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای سنگین تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای  $^{14}\text{N}$  منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند. برای سنجش چگالی دِناها در هر فاصلهٔ زمانی، دِنای باکتری را استخراج و در شیبی از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند؛ در نتیجه مواد بر اساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند. مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می‌بینید.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دِنا، نیمه حفاظتی است.



شکل ۱۰-۱ آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به دست آمده:  
 الف) دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دِنای آنها  $^{15}\text{N}$  و چگالی سنگینی داشت.  
 ب) دِنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی  $^{14}\text{N}$  (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نوار در میانه لوله تشکیل دادند. پس دِنای آنها چگالی متوسط داشت.  
 پ) دِنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه) پس از گریز دادن دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند. پس نیمی از آنها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند.  
 چرا؟

<sup>۱</sup> Ultracentrifuge



## بیشتر بدانید

### گریزانۀ هم چگال

برای جدا کردن ذره‌هایی با چگالی متفاوت و تعیین چگالی آنها از روشی به نام گریزانۀ هم چگال استفاده می‌شود. در این روش محلولی از نمک یک فلز سنگین مثل سزیم کلرید را در لوله آزمایش قرار می‌دهند. غلظت این ماده و چگالی آن به طور یکنواخت از پایین به بالای لوله کم می‌شود و به اصطلاح شیب پیوسته‌ای از غلظت‌های مختلف نمک در آن وجود دارد.

با ورود مولکول‌های مد نظر در این محلول و حرکت آنها حین سانتریفیوژ، براساس چگالی خود در نقطه‌ای متوقف می‌شوند. چون ذره‌ها با چگالی یکسان در یک منطقه تجمع می‌یابند، نوارهایی را تشکیل می‌دهند که به آسانی قابل تشخیص‌اند. با مشخص شدن چگالی محلول در هر نقطه از لوله، می‌توان چگالی ذره‌های مورد آزمایش را معلوم کرد.

با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟ تحقیقات نشان داده است در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می‌شوند. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.

## عوامل و مراحل همانندسازی

در همانندسازی عوامل متعددی مؤثرند که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

– مولکول دنا به عنوان الگو

– واحدهای سازنده دنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفات هستند که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.

– آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی استر به هم وصل می‌کند.

**مراحل همانندسازی:** قبل از همانندسازی دنا باید پیچ‌وتاب فامینه، باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم‌هایی انجام می‌شود. سپس آنزیم **هلیکاز**<sup>۱</sup> ماریپیچ دنا و دو رشته آن را از هم باز می‌کند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- همانندسازی دنا

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می‌کند؟ انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. یکی از مهم‌ترین آنها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند **دناپسپاراز**<sup>۲</sup> (DNA پلی‌مراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود؛ به آن **همانندسازی دو جهتی** نیز می‌گویند.

۱- Helicase

۲- DNA Polymerase

**دوراهی همانندسازی:** در شکل ۱۱ می بینید در محلی که دو رشته دنا از هم جدا می شوند، دو ساختار Y مانند به وجود می آید که به هریک از آنها دوراهی همانندسازی می گویند. در فاصله بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده اند. همچنین پیوندهای فسفودی استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنا بسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفات به انتهای رشته پلی نوکلئوتید دو تا از فسفات های آن از مولکول جدا می شوند و نوکلئوتید به صورت تک فسفات به رشته متصل می شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ - همانندسازی دنا

### فعالیت های آنزیم دنا بسپاراز

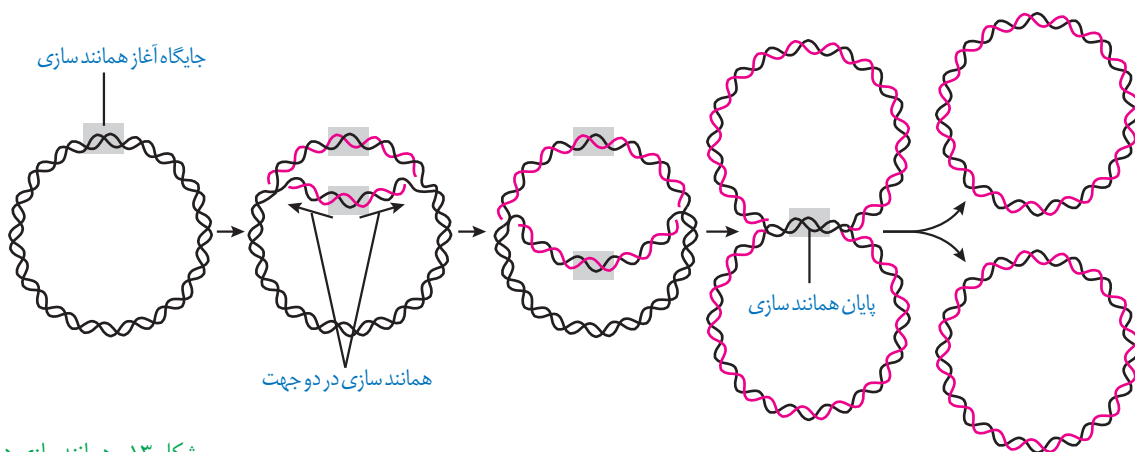
همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می شود؛ این دقت تا حدود زیادی مربوط به رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دنا بسپاراز، نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی مقابل هم قرار می دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می گیرد؛ بنابراین آنزیم دنا بسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی استر، برمی گردد و رابطه مکملی نوکلئوتید را بررسی می کند که رابطه آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دنا جدا کند. توانایی بریدن دنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی استر می شکند. بنابراین آنزیم دنا بسپاراز، هم فعالیت **بسپارازی** (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی استر را تشکیل می دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی استر را برای رفع اشتباه می شکند. فعالیت نوکلئازی دنا بسپاراز را که باعث رفع اشتباه ها در همانندسازی می شود، **ویرایش** می گویند.

### همانند سازی در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها

در پروکاریوت ها که شامل همه باکتری ها می شوند، مولکول های وراثتی در غشا محصور نشده

و فام تن اصلی دارای یک مولکول دِنای حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای یاخته متصل است. پروکاریوت‌ها علاوه بر دِنای اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دِنایی دیگر به نام **دیسک** (**پلازمید**) داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر **پادزیست (آنتی بیوتیک) ها**.

اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دِنای خود دارند. در این جایگاه دو رشته دِنای هم باز می‌شوند. همانند یوکاریوت‌ها، همانندسازی دو جهتی در باکتری‌ها نیز وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد (شکل ۱۳).

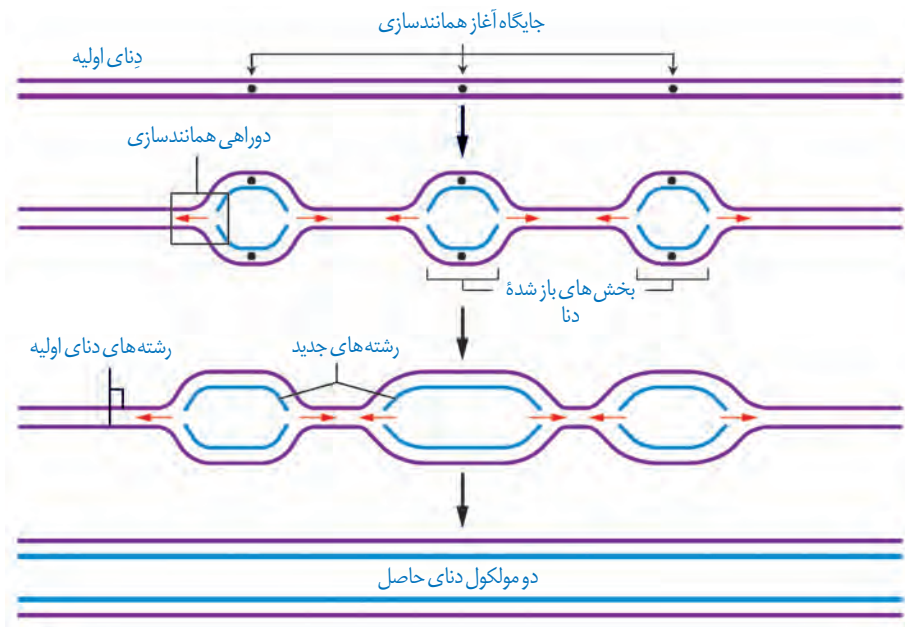


شکل ۱۳- همانندسازی دو جهتی دِنای پروکاریوت‌ها با یک نقطه آغاز

در یوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دِنای هر فام تن به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آنها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دِنای درون هسته قرار دارد که به آن **دِنای هسته‌ای** می‌گویند. در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دِنای وجود دارد که به آن **دِنای سیتوپلاسمی** می‌گویند. این نوع از دِنای که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود.

همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دِنای و قرار داشتن در چندین فام تن است که هر کدام از آنها چندین برابر دِنای باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت در یوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام تن انجام می‌شود (شکل ۱۴).

تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند.



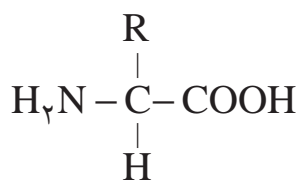
شکل ۱۴- همانندسازی در یوکاریوت‌ها



علاوه بر دنا و رنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند. از جمله این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

### ساختار آمینواسیدها

پروتئین‌ها بسپارهایی از آمینواسیدها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آنها را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همان‌طور که از نامشان برمی‌آید یک **گروه آمین** ( $-NH_2$ ) و یک **گروه اسیدی کربوکسیل** ( $-COOH$ ) دارند. همان‌طور که در شکل ۱۵ می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

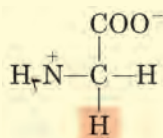


شکل ۱۵- ساختار عمومی یک آمینواسید

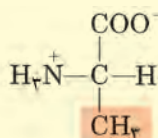
هر آمینواسید می‌تواند در شکل دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.

### بیشتر بدانید

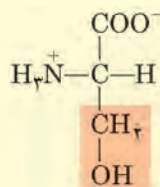
نمونه‌هایی از آمینواسیدها را در زیر می‌بینید که به دلیل تفاوت در R ویژگی‌های متفاوت دارند.



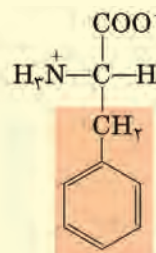
گلیسین (Gly)



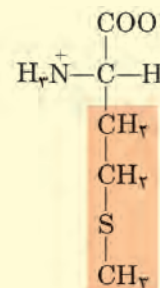
آلانین (Ala)



سرین (Ser)



فنیل آلانین (Phe)

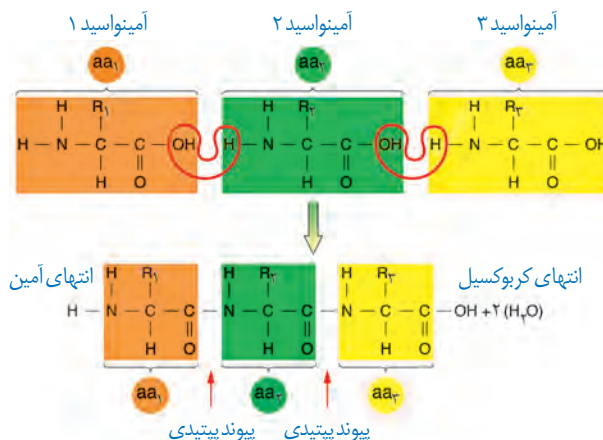


متیونین (Met)

### پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند

آمینواسیدهای مختلف با حضور آنزیم، واکنش **سنتز آبدهی** را انجام می‌دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را **پیوند پپتیدی** می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

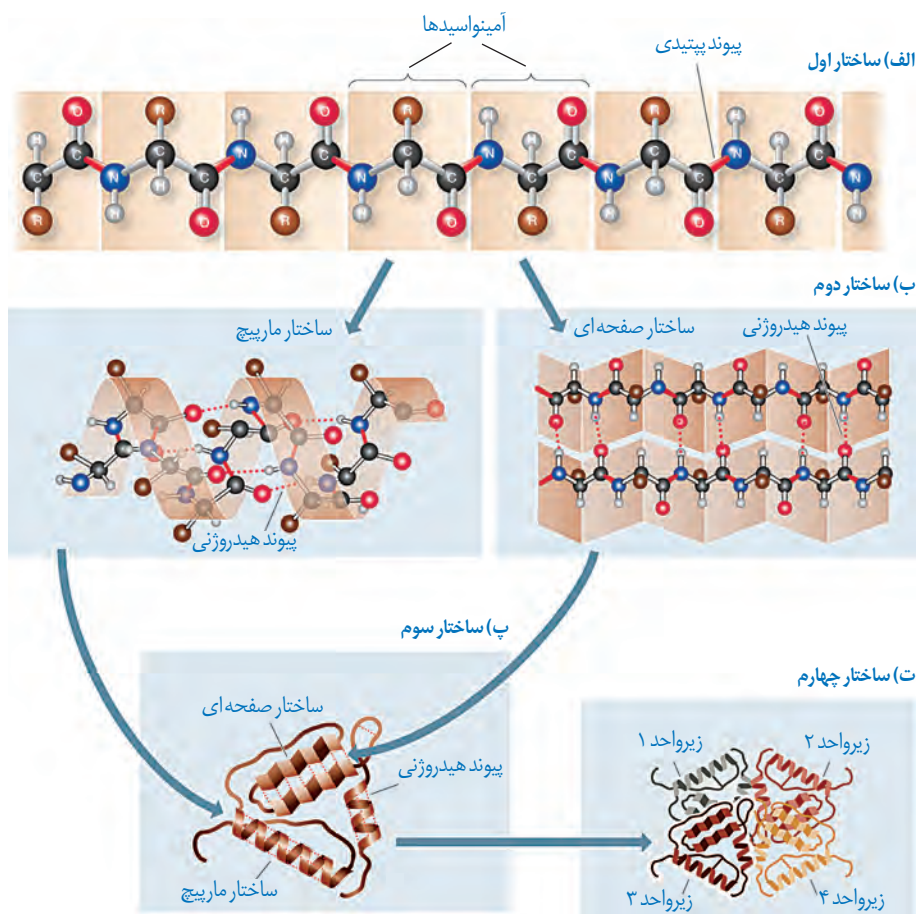
وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام پلی پپتید تشکیل می‌شود. پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی پپتیدها ساخته شده‌اند. هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آنها را شناسایی می‌کنند. اگرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



شکل ۱۶- تشکیل پیوند پپتیدی

## سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند. یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه بعدی پروتئین‌ها پی می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند. اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا به یاد می‌آورد میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشته پلی پپتید تشکیل شده است. ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

### ساختار اول پروتئین - توالی آمینواسیدها: نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول

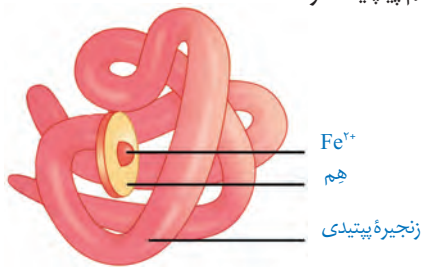
پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد و خطی است. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل ۱۷-الف).

### ساختار دوم - الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی: بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی

می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستند که به چند صورت دیده می‌شوند. دو نمونه معروف آنها ساختار مارپیچ و ساختار صفحه‌ای است (شکل ۱۷-ب).

### ساختار سوم - تاخورده و متصل به هم: در ساختار سوم، تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها

رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل‌های متفاوتی در می‌آیند. تشکیل این ساختار در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است؛ به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود. مجموعه این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به صورت به هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند (شکل ۱۷-پ). بنابراین با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن را به شدت تغییر دهد. میوگلوبین نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم است (شکل ۱۸-الف).

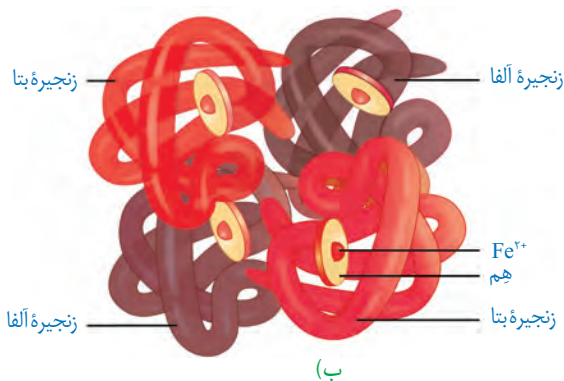


(الف)

### ساختار چهارم - آرایش زیر واحدها: بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم

دارند، این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هر یک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند. نحوه آرایش این زیر واحدها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود (شکل ۱۷-ت).

هموگلوبین از چهار زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. دو زنجیره از نوع آلفا و دو زنجیره از نوع بتا است. هر نوع زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ در می‌آیند. در ساختار سوم هر یک از زنجیره‌ها به صورت یک زیر واحد، تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کند. در نهایت در ساختار چهارم، این چهار زیر واحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند (شکل ۱۸-ب).



(ب)

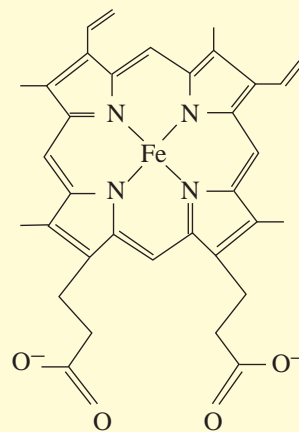
شکل ۱۸

الف) میوگلوبین با ساختار سوم

ب) هموگلوبین با ساختار چهارم

## بیشتر بدانید

هم (Heme) ترکیبی آهن‌دار و غیر پروتئینی است و در ساختار پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین و میوگلوبین وجود دارد. هم انواع متفاوتی دارد، فرمول شیمیایی رایج‌ترین آن  $C_{54}H_{54}N_4O_4Fe$  است. هر زنجیره هموگلوبین، یک گروه هم دارد که با داشتن اتم آهن می‌تواند به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین ظرفیت حمل چهار اکسیژن را دارد.



## نقش پروتئین‌ها

پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله **فعالیت آنزیمی** که در آن به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند؛ مثلاً گیرنده‌های آنتی‌ژنی در سطح لئوسیت‌ها نمونه‌ای از این پروتئین‌ها هستند. برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند. پمپ سدیم - پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید، پروتئینی است که در غشا وجود دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟ کلاژن پروتئینی است که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شود. زردپی و رباط مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آنها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

## آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند همین‌طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود. آنزیم‌های ترش‌حی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های

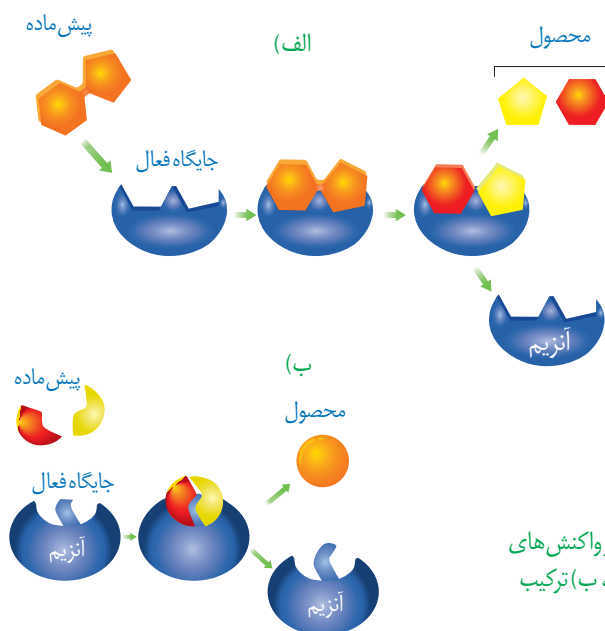


مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم-پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

## ساختار آنزیم‌ها

بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**<sup>۱</sup> دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش ماده**<sup>۲</sup> در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند، پیش ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فراورده**<sup>۳</sup> یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۱۹).

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند **کوآنزیم**<sup>۴</sup> می‌گویند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.



شکل ۱۹- طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت‌وسازی (الف) تجزیه، (ب) ترکیب

- ۱- Active site
- ۲- Substrate
- ۳- Product
- ۴- Coenzyme

## عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند. شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.

اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آنها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند. آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیابید؟

آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

## عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند. **pH محیط:** pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است؛ مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد.

هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود ۸ دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

**دما:** آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

**غلظت آنزیم و پیش‌ماده:** مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

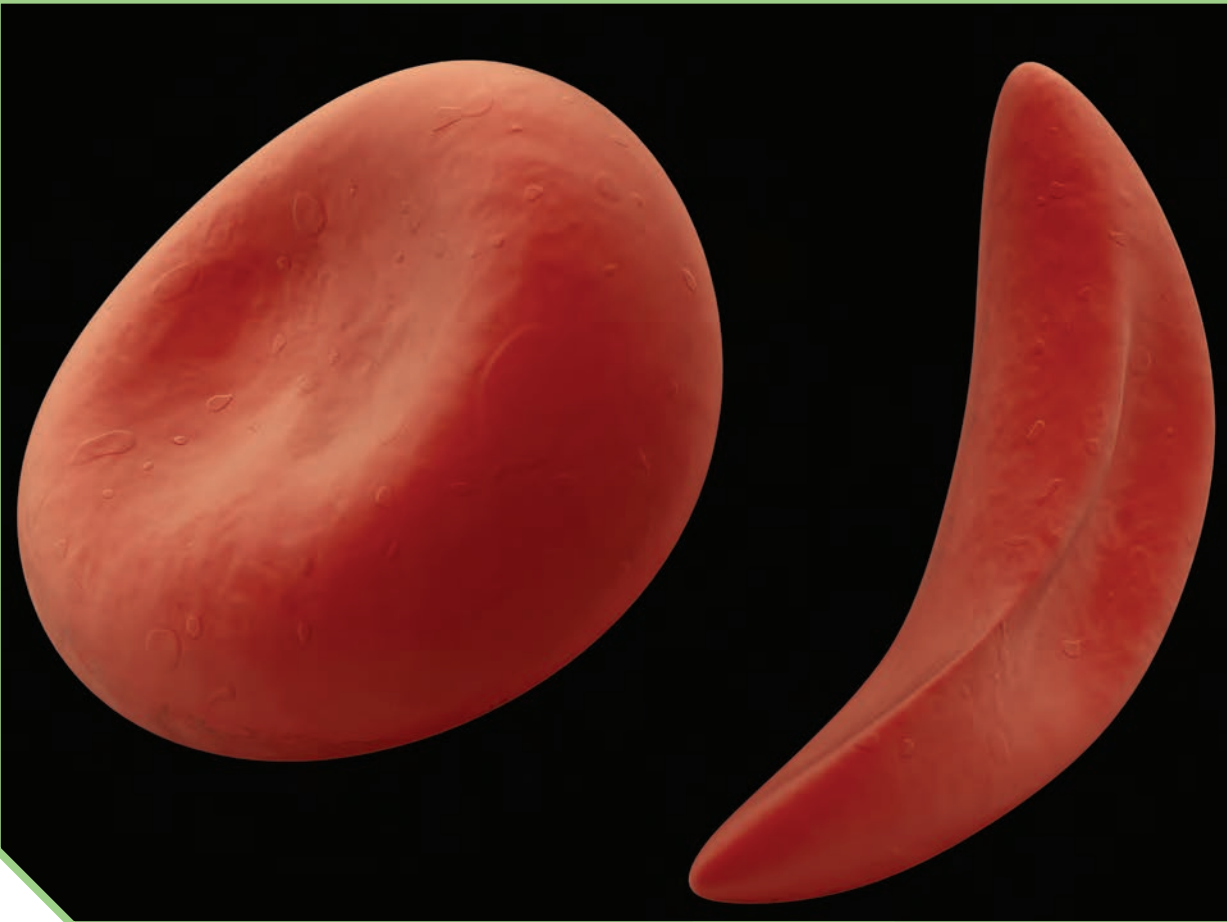
### بیشتر بدانید

#### باکتری‌های مقاوم به گرما

بعضی باکتری‌ها در چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین فعالیت را دارند. دمای آنها هم درصد زیادی باز G و C دارد تا با سه پیوند هیدروژنی استحکام و ثبات بیشتری داشته باشد.

### فعالیت ۲

الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟  
ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟



## فصل ۲

# جریان اطلاعات در یاخته

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچه سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام **کم‌خونی داسی شکل** است. علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل است. این تغییر ژنی، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است. همچنین این بیماری به نوعی، رابطه بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به نظر شما اطلاعات ژن‌ها چگونه در این یاخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته‌ها نیز وجود دارد؟ چرا بعضی ژن‌ها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز بروز می‌کنند و مثلاً در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کنند؟ این موارد نمونه پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می‌شود.



طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.



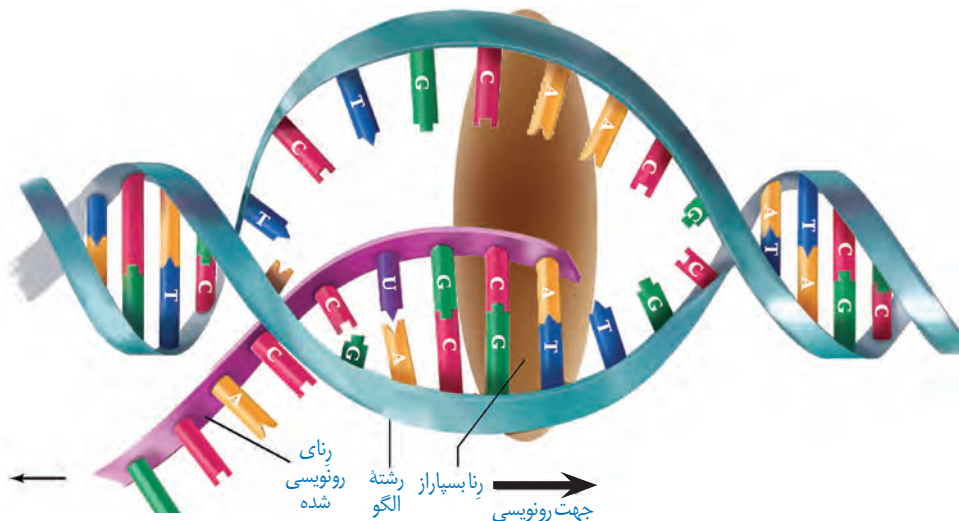
در فصل گذشته دیدید که واحد سازنده مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلی پپتیدها از آمینواسید تشکیل شده اند. چون دستورالعمل ساخت پلی پپتیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

### دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی پپتید را تعیین می کند؟

آموختید که در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. درحالی که پلی پپتیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده اند. پس از پژوهش هایی مشخص شد که هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است. با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می شود که می توانند رمز ساخت پلی پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند؛ به هر یک از این توالی های سه نوکلئوتیدی در دنا رمز می گویند.

### نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می دانید که پلی پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناتن ها در سیتوپلاسم ساخته می شوند. در یاخته های دارای هسته، چون رناتن ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلی پپتید در آن انجام نمی شود. با توجه به اینکه اطلاعات دنا برای ساخت پلی پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی شود، این سؤال پیش می آید که دستورات ساخت پلی پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می شود؟ پاسخ در مولکول رنا است. همان طور که دیدید انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، رونویسی<sup>۱</sup> گفته می شود (شکل ۱).



شکل ۱- طرح ساده ای از فرایند رونویسی



اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در هر چرخه یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. آیا می‌توانید تفاوت‌های دیگری برای این دو فرایند بیان کنید؟

## آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند

در یاخته‌های انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز**<sup>۱</sup> نام‌گذاری می‌کنند. در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در یوکاریوت‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنای رناتنی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود.

## مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله **آغاز**، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد.

**مرحله آغاز<sup>۲</sup>:** در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشته آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای اینکه رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می‌کند. به این توالی‌ها، **راه‌انداز**<sup>۳</sup> گفته می‌شود. راه‌انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲- الف). نحوه عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می‌کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گیرد.

**مرحله طویل شدن<sup>۴</sup>:** در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجه آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشته دنا مجدداً به هم می‌پیوندند (شکل ۲- ب).

**مرحله پایان<sup>۵</sup>:** در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز

۱- RNA Polymerase

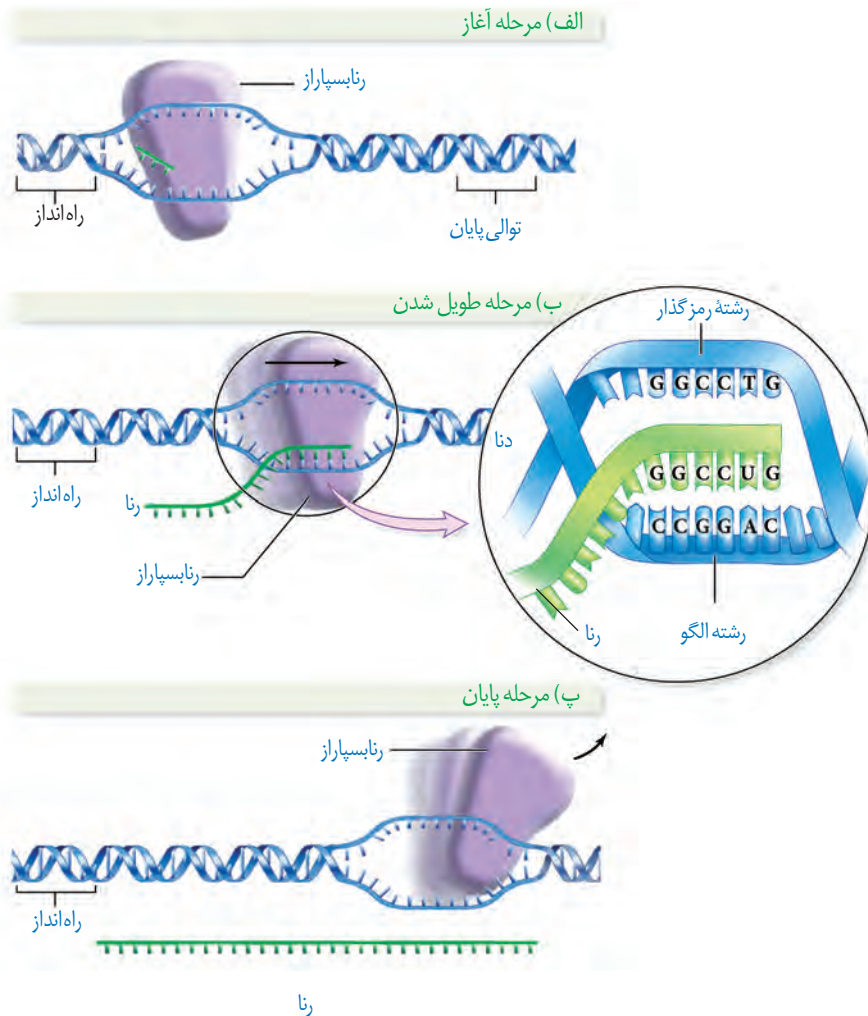
۲- Initiation

۳- Promoter

۴- Elongation

۵- Termination

می شوند. در این محل ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشته دنا به هم متصل می شوند (شکل ۲- پ).

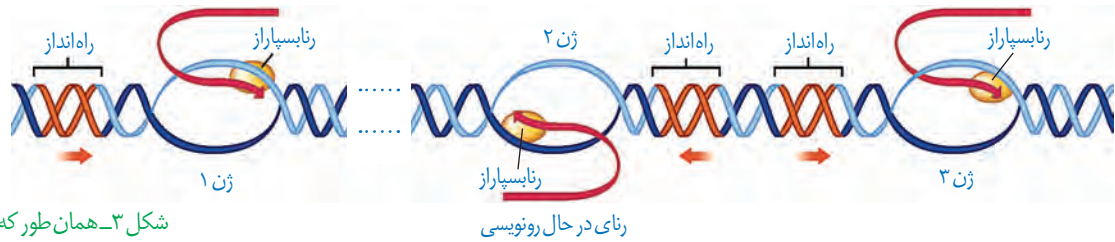


شکل ۲- مراحل مختلف رونویسی

### فقط یکی از دو رشته دنا در هر ژن رونویسی می شود

همان طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنا دو رشته ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته یک ژن انجام نمی شود. به نظر شما اگر از روی دو رشته یک ژن رونویسی انجام می شد، محصولات این دو رشته مکمل نسبت به هم چگونه می شدند؟ مسلماً رنا و پلی پپتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل دنا بسیار متفاوت می شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، یکی از دو رشته رونویسی می شود. به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است **رشته الگو** می گویند (شکل ۲- الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، **رشته رمزگذار** گفته می شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنای است که از روی رشته الگوی آن ساخته می شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت هایی می تواند داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای نوکلئوتید تیمین دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل دار در رنا قرار دارد.

رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن های دیگر یکسان یا متفاوت باشد (شکل ۳).



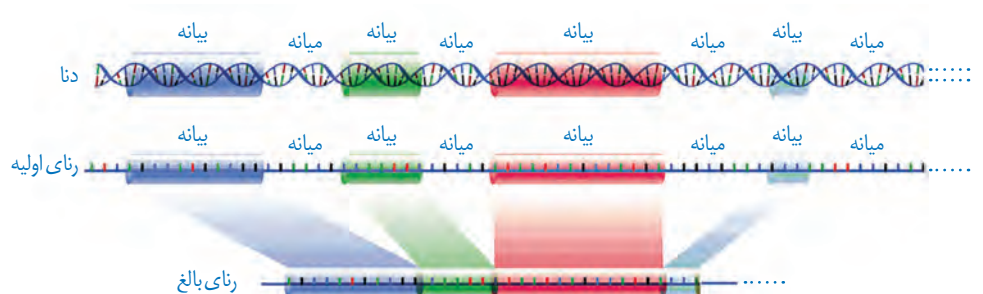
شکل ۳- همان طور که در شکل مشاهده می شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می شود.

### رناهای ساخته شده دچار تغییر می شوند

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافته اند که در باخته های یوکاریوتی، رناهای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت هایی دارد. بعدها مشخص شد که این مولکول ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می شوند.

### تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از این تغییرات حذف بخش هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن ها، توالی های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می شود و سایر بخش ها به هم متصل می شوند و یک رنای یکپارچه می سازند. به این فرایند **پیرایش<sup>۱</sup>** گفته می شود (شکل ۴).



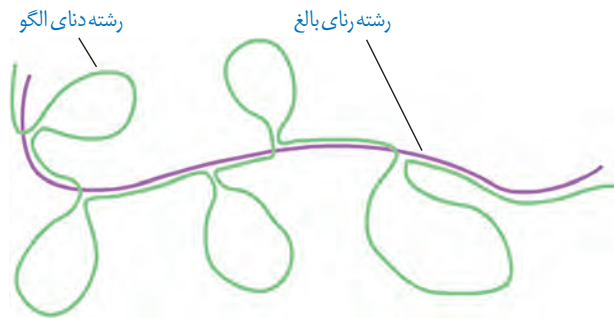
شکل ۴- پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشته الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافته اند که بخش هایی از دنا الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می دهند ولی بخش هایی نیز فاقد مکمل باقی می ماند. این بخش ها به صورت حلقه هایی بیرون از مولکول دو رشته ای قرار می گیرند. به این نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میان (اینترون)<sup>۲</sup>** می گویند. به سایر بخش های مولکول

۱- Splicing

۲- Intron

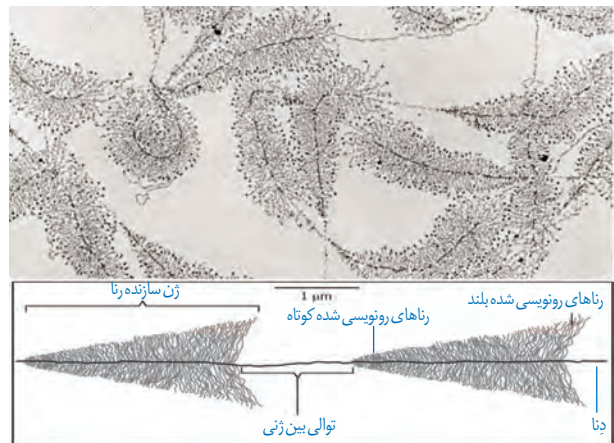
دنا، که رونوشت آنها حذف نمی شوند **بیانه (اگزون)**<sup>۱</sup> گفته می شود (شکل ۵). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه دنا است. به این رنا، **رنای نابالغ** یا **اولیه**<sup>۲</sup> گفته می شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، **رنای بالغ**<sup>۳</sup> ساخته می شود.



شکل ۵- طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن. به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیانه؟

### شدت و میزان رونویسی

به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فرآورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رنانتی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازه کوتاه به بلند دیده می‌شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می‌توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟



شکل ۶- ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی ژن

### بیشتر بدانید

#### نقش زیستی میانه‌ها و بیانه‌ها

اندازه میانه‌ها ممکن است بخش عمده‌ای از رنای اولیه را تشکیل دهد که در رنای بالغ حذف می‌شود. با توجه به اینکه یاخته برای رونویسی میانه‌ها انرژی زیادی صرف می‌کند، این سؤال پیش می‌آید که نقش زیستی این اجزا در یاخته چیست؟ به نظر می‌رسد یکی از نقش‌های میانه، تنظیم رونویسی و در نتیجه تعداد رونوشت‌ها است. با افزایش تعداد و اندازه میانه‌ها، رونویسی از ژن‌ها بیشتر طول می‌کشد و در نتیجه محصول کمتری تولید می‌شود. نقش دیگر میانه‌ها، ایجاد تنوع در محصول است که نتیجه پیرایش متفاوت رنای پیک است. با اینکه در بعضی ژن‌ها چسبیدن رونوشت‌های بیانه یک ژن، به طور منظم و یکنواخت انجام می‌شود، در بعضی دیگر از ژن‌ها، چسبیدن رونوشت‌های بیانه به صورت تصادفی انجام می‌شود (شکل زیر). پیرایش‌های متفاوت از یک ژن منجر به ساخته شدن رناهای مختلف می‌شود که می‌تواند پلی‌پپتیدهای متفاوتی را ایجاد کند. در پیرایش حتی ممکن است بخش‌های بیانه یک رونوشت به بخش‌هایی از بیانه‌های رونوشت دیگر متصل شود و بر گوناگونی محصول اضافه کند. نقش دیگری که برای میانه‌ها در نظر می‌گیرند، کاهش آسیب‌های مؤثر به دنا است زیرا برخی آسیب‌ها ممکن است در محل میانه‌ها رخ دهند که با حذف آنها، آسیب‌ها اثری نخواهند داشت.



۱- Exon

۲- Precursor mRNA (Pre-mRNA)

۳- Mature messenger RNA





انواع رمز و آمینواسیدهای مربوط به آنها

حرف دوم

	U	C	A	G	
حرف اول	UUU UUC فیل آلانین	UCU UCC سرن	UAU UAC تیروزین	UGU UGC سیستین	حرف سوم
	UUA UUG لوسین	UCA UCG	UAA UAG رمزه پایان رمزه پایان	UGA UGG رمزه پایان تریئوفان	
	CUU CUC لوسین	CCU CCC پرولین	CAU CAC هیستیدین	CGU CGC آرژنین	
	AUU AUC ایزولوسین	ACU ACC ترنولین	AAU AAC آسیارژین	AGU AGC سرن	
	AUA AUG متیونین (رمزه آغاز)	ACA ACG	AAA AAG لیزین	AGA AGG آرژنین	
	GUU GUC والین	GCU GCC آلانین	GAU GAC آسیارژینک اسید	GGU GGC گلیسین	
	GUA GUG	GCA GCG	GAA GAG گلوتامیک اسید	GGA GGG	

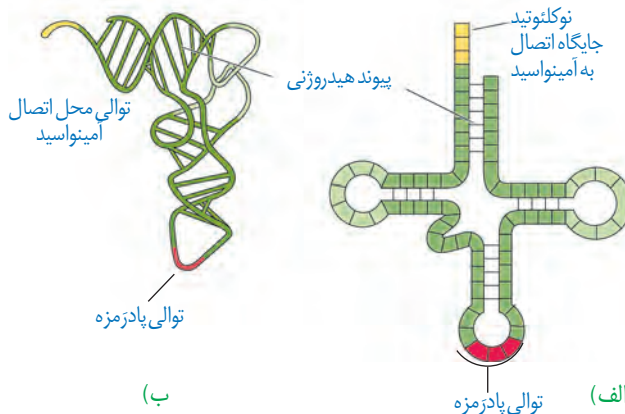
طرح پرسش از این جدول در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می‌شود. در ترجمه هم براساس رمزهای RNA پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. رتائن‌ها و رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند ATP به دست می‌آید.

ساختار RNA ناقل

RNA ناقل پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی RNA ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت RNA تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸- الف). RNA ناقل تا خوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه بعدی را



شکل ۸- RNA ناقل (الف) تا خوردگی اولیه (ب) ساختار سه بعدی

به وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام **پادرمزه (آنتی کدون)**<sup>۱</sup> است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.

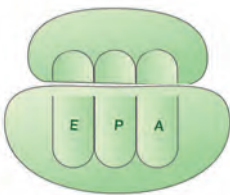
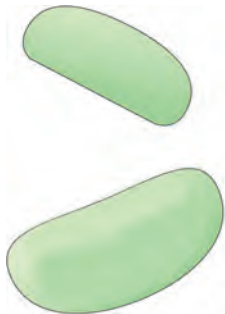
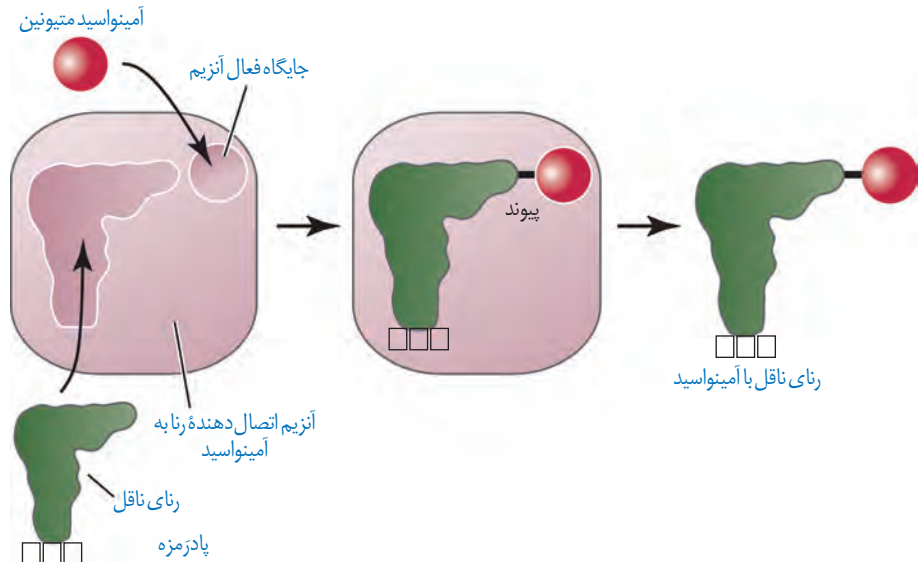
در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پادرمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزه‌ها کمتر از رمزه‌ها است؛ مثلاً برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

**نحوه عمل رنای ناقل:** همان‌طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می‌شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرمزه‌ای در این اتصال چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

حال بر اساس آنچه تاکنون درباره رمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

شکل ۹- نحوه پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن



شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رناتن

## ساختار رناتن

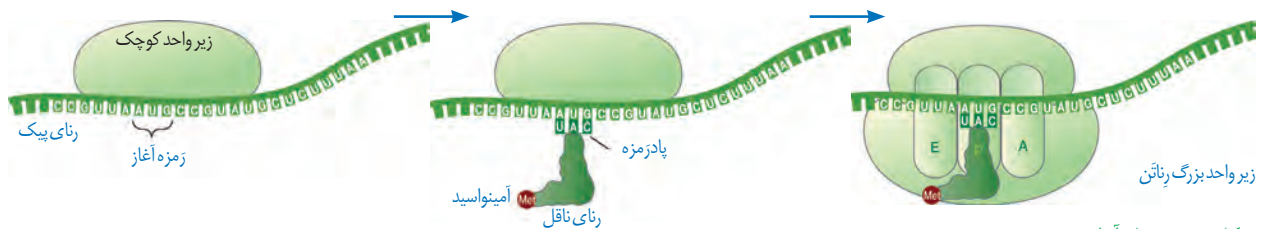
دانستید که رناتن در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد. رناتن‌ها از دو زیرواحد تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). هر زیرواحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رنای رناتنی به وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رناتنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیرواحد کوچک و بزرگ رناتن را می‌سازد. رناتن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام E, P, A دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.

۱- Anticodon

## مراحل ترجمه

ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله آغاز، **طویل شدن** و **پایان** تقسیم می کنند.

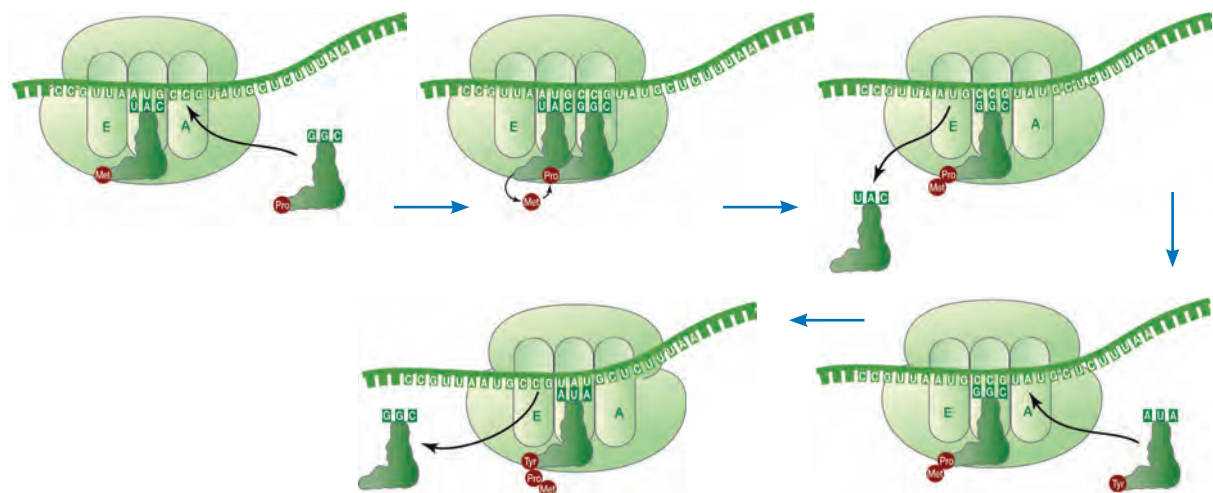
**مرحله آغاز:** در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رناتن را به سوی زمزه آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل زمزه آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می شود. در این مرحله جایگاه P در رناتن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

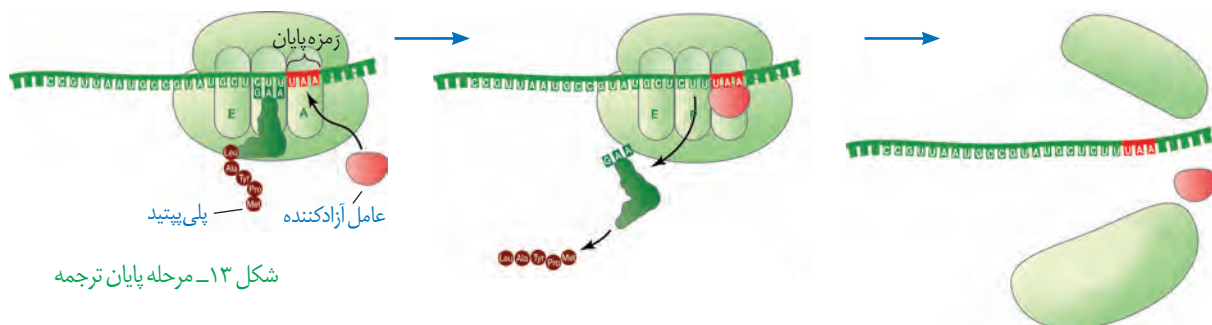
**مرحله طویل شدن:** در این مرحله ممکن است رنای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند ولی فقط رنایی که مکمل زمزه جایگاه A است، استقرار پیدا می کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند. سپس آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند برقرار می کند. آیا می دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رناتن به اندازه یک زمزه به سوی پایان پیش می رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می گیرد (علت نام گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می گیرد و سپس از این جایگاه خارج می شود. این فرایند بارها تکرار می شود و طول زنجیره آمینواسیدی بیشتر می شود تا رناتن به یکی از زمزه های پایان برسد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- مرحله طویل شدن ترجمه





**مرحله پایان:** با ورود یکی از زمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده<sup>۱</sup> اشغال می‌شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رناتن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- مرحله پایان ترجمه

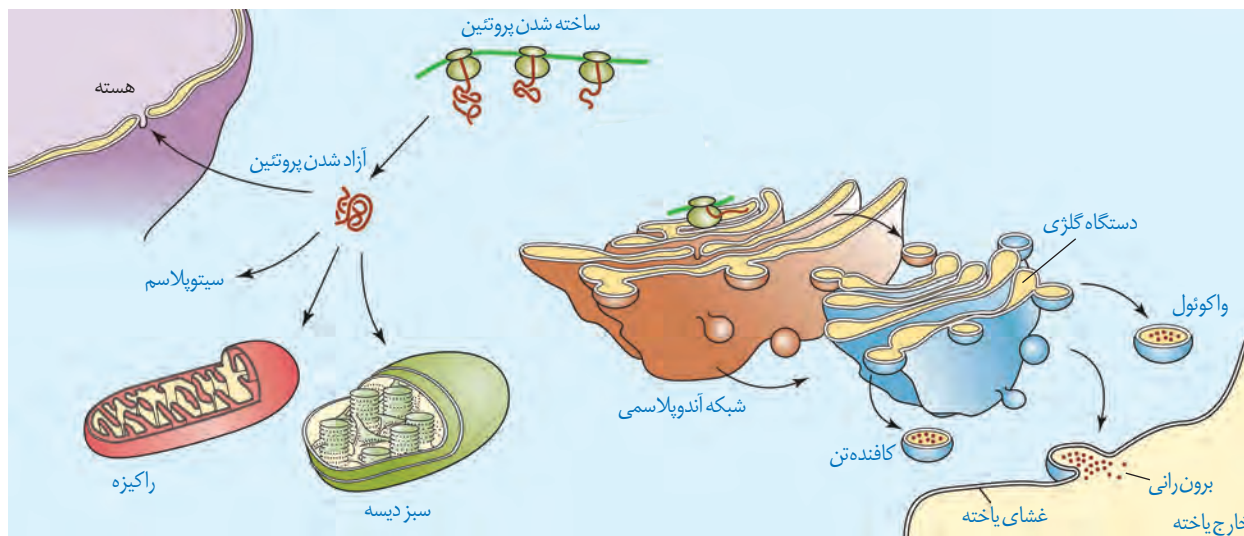
## محل پروتئین سازی و سرنوشت آنها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود. همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (گریچه) و کافنده‌تن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند (شکل ۱۴).

!

طرح سؤال از توالی‌های  
رمزه، پادرمزه و  
آمینواسیدهای مربوط به آنها  
در همه‌آزمون‌ها از جمله  
کنکور سراسری ممنوع است.

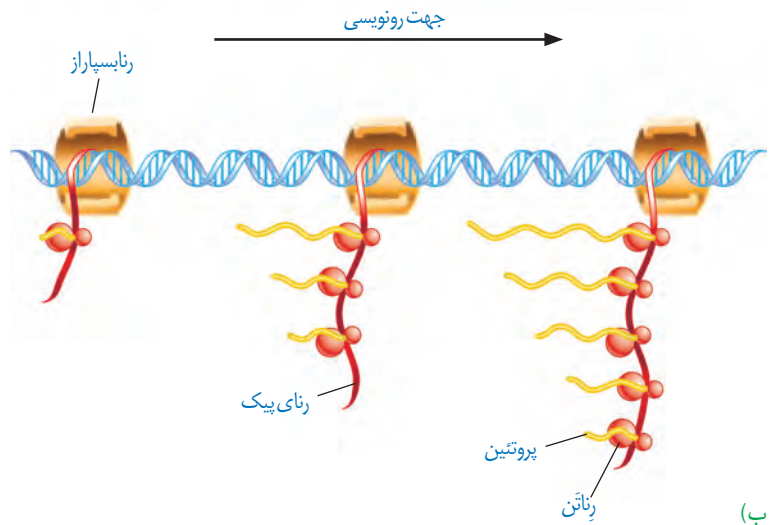
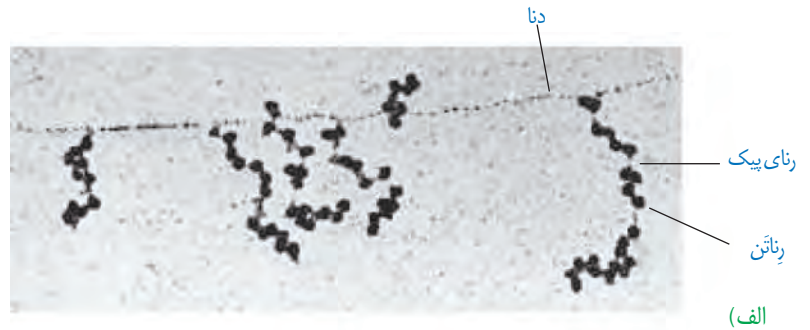
شکل ۱۴- سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم



## سرعت و مقدار پروتئین سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پروکاریوت‌ها پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای بیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای بیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رناتن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رناتن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای بیک شبیه نخ‌نی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی رناتن‌ها به پروتئین سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

تجمع رناتن‌ها در یاخته‌های یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای بیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای بیک پیش از تجزیه می‌شود.



شکل ۱۵- الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه رناتن‌ها  
ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای بیک یاخته‌ها با میزان پروتئین سازی آنها برقرار است؟  
ب) رونویسی و ترجمه در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

## فعالیت ۱

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رشتمان (میتوز) یاخته تخم منشأ می‌گیرند. یاخته‌های حاصل، از نظر فام‌تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامه تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می‌دهند؛ مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟ پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند. هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش و به اصطلاح بیان نشده است. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای **تنظیم بیان ژن**<sup>۱</sup> می‌گویند. تنظیم بیان ژن فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند. تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فرا گرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

### بیشتر بدانید

در باکتری‌ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرایند مرتبط به هم را اداره می‌کند در واحدهایی به نام آپران<sup>۲</sup> قرار گرفته‌اند و بیان با عدم بیان آنها به طور هماهنگ انجام می‌شود. برای مثال برای جذب و تجزیه لاکتوز در باکتری اشرشیا کلائی، ۳ آنزیم مورد نیاز است که ژن‌های سازنده آنها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی اداره می‌شوند. به مجموعه این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن آپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریئوفان است. ۵ ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک آپران قرار دارند.

### تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد. تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

### تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنا بسپاراز به توالی راه‌انداز کمک و یا مانع حرکت رنا بسپاراز می‌شوند. در نتیجه، رونویسی ژن تسهیل یا ممانعت می‌شود؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنا بسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونه این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام **اشرشیا کلائی**<sup>۲</sup> شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است.

۱- Regulation of gene expression

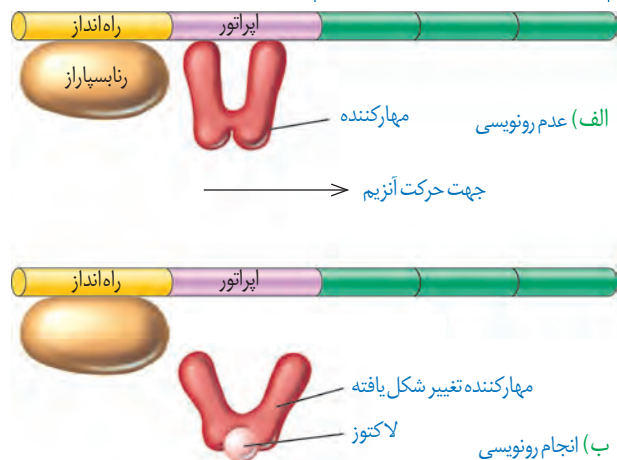
۲- *Escherichia coli*

۱- Operons

مراحل تجزیه قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام **لاکتوز**<sup>۱</sup> در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم های تجزیه کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می آید که باکتری چگونه می تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن هایی که این آنزیم ها را می سازند چگونه روشن و یا خاموش می شوند؟ در پروکاریوت ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می شود.

شکل ۱۶- الف) عدم رونویسی ژن ها در غیاب لاکتوز ب) رونویسی ژن ها در حضور لاکتوز

ژن های مربوط به تجزیه لاکتوز



**تنظیم منفی رونویسی:** در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه انداز مربوط به ژن شروع می شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام **مهارکننده**<sup>۲</sup> است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به نام **اپراتور**<sup>۳</sup> متصل می شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می گیرد (شکل ۱۶- الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می تواند رونویسی ژن ها را انجام دهد (شکل ۱۶- ب). محصولات این ژن ها تجزیه لاکتوز را ممکن می کند.

### بیشتر بدانید

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت **القایی**<sup>۱</sup> و **مهاری**<sup>۲</sup> انجام می شود. در حالت القایی، حضور یک ماده موجب بیان ژن ها می شود. تنظیم بیان ژن در حضور لاکتوز مثالی از تنظیم منفی از نوع القایی است. در حالت مهاری، حضور یک ماده موجب خاموش شدن ژن و عدم بیان آنها می شود. مثال این نوع تنظیم در مورد آمینواسید **تریپتوفان** دیده می شود. در باکتری اشرشیا کلائی با حضور تریپتوفان، ژن هایی که در ساخت آن دخالت دارند خاموش می شوند. وقتی تریپتوفان در محیط نیست، این ژن ها روشن می شوند تا آنزیم های سازنده تریپتوفان ساخته شوند.

۱- Inducer

۲- Repressor

**تنظیم مثبت رونویسی:** در این نوع تنظیم، پروتئین های خاصی به رنابسپاراز کمک می کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیا کلائی وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند **مالتوز**<sup>۴</sup> وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم هایی ساخته می شوند که در تجزیه آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم ها ساخته نمی شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن ها به صورت مثبت انجام می شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام **فعال کننده**<sup>۵</sup> وجود دارند که به توالی های خاصی از دنا متصل می شوند. به این توالی ها **جایگاه اتصال فعال کننده**<sup>۶</sup> گفته می شود. (شکل ۱۷- الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال کننده به جایگاه خود متصل می شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می کند تا به راه انداز متصل

۱- Lactose

۲- Repressor

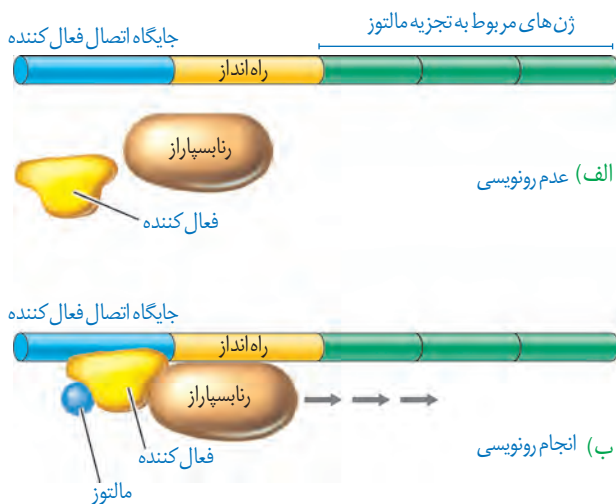
۳- Operator

۴- Maltose

۵- Activator

۶- Activator Binding Site





شکل ۱۷- تنظیم مثبت رونویسی ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز

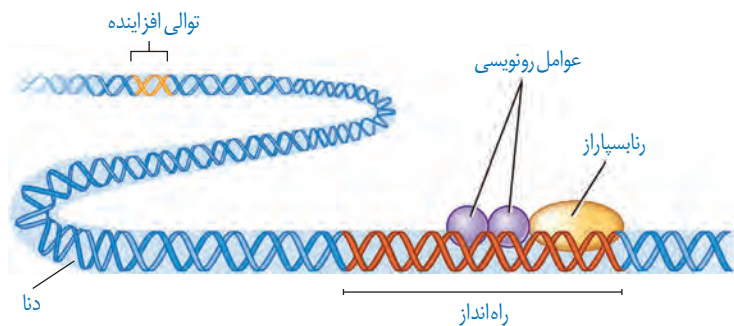
شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می شود (شکل ۱۷- ب).

## تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها پیچیده تر از پروکاریوت هاست و می تواند در مراحل بیشتری انجام شود. یاخته های یوکاریوتی به وسیله غشاها به بخش های مختلفی تقسیم شده اند. بنابراین، برای آنکه یاخته نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد، آن ماده باید به طریقی از غشاها عبور کند و ژن ها را تحت تأثیر قرار دهد. در یاخته های یوکاریوتی، بیشتر ژن ها در هسته و برخی در راکیزه ها و دیسه ها قرار دارند. در هر یک از این محل ها، یاخته می تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. بنابراین تنظیم بیان ژن می تواند در مراحل متعددی انجام شود.

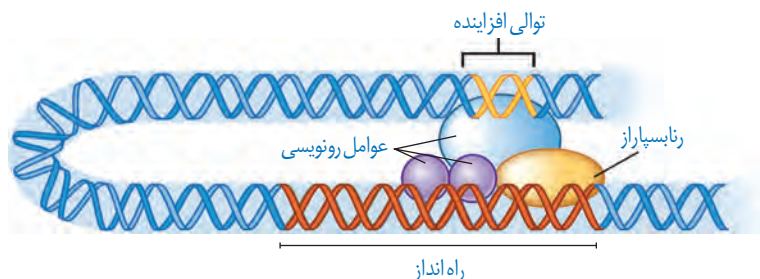
## تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی: در یوکاریوت ها نیز مانند پروکاریوت ها، رونویسی با پیوستن

رنابسپاراز به راه انداز آغاز می شود. در یوکاریوت ها رنابسپاراز نمی تواند به تنهایی راه انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین هایی به نام **عوامل رونویسی**<sup>۱</sup> هستند. گروهی از این پروتئین ها با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه انداز هدایت می کند، چون تمایل پیوستن این پروتئین ها به راه انداز در اثر عواملی تغییر می کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می کند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت ها

در یوکاریوت ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده**<sup>۲</sup> متصل شوند. با پیوستن این پروتئین ها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار



شکل ۱۹- توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

هم قرار می گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می دهند. توالی های افزاینده متفاوت از راه انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).

۱- Transcription Factors  
۲- Enhancer

## بیشتر بدانید

بعضی ژن‌ها در یاخته‌ها به‌طور دائم بیان می‌شوند. ژن‌های سازنده اجزای رِنَاتِن از این جمله‌اند. این ژن‌ها رِنای رِنَاتِن و پروتئین‌های آن را می‌سازند. با توجه به نیاز یاخته‌های در حال تقسیم به تعداد زیادی رِنَاتِن، این ژن‌ها به‌طور دائم روشن هستند.

**تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی:** در یوکاریوت‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رِنای کوچک مکمل به رِنای بیک مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رِنایها، از کار رِنَاتِن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رِنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

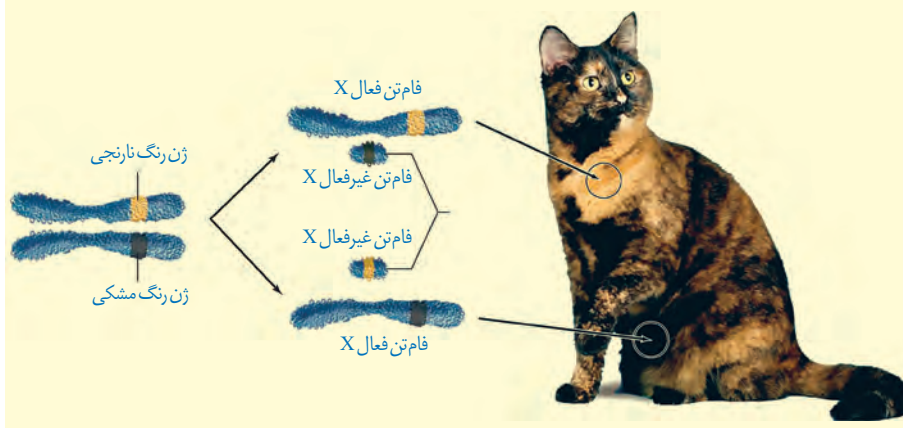
روش تنظیم دیگر در سطح فام‌تنی است. به‌طور معمول بخش‌های فشرده فام‌تن کمتر در دسترس رِناسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشرده‌گی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رِناسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند. به نظر شما این تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی است یا پس از آن؟

از روش‌های دیگر تنظیم بیان ژن طول عمر رِنای بیک است. افزایش طول عمر رِنای بیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پروتئین‌سازی مؤثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آنها ناشناخته است.

## بیشتر بدانید

بیان ژن به روش‌های مختلفی ممکن است کاهش یا افزایش یابد. یکی از این روش‌ها افزایش تعداد ژن‌هایی است که به محصولات آنها به مقدار زیادی نیاز است. در این موارد ممکن است یاخته چندین کپی از یک ژن داشته باشد. در نتیجه رونویسی از تعداد بیشتری ژن انجام شود. این حالت موجب ساخت محصول بیشتر در زمان کمتر می‌شود. نمونه این ژن‌ها، ژن‌های سازنده رِنای رِنَاتِنی است. نوعی از این رِنای رِنَاتِنی هزاران ژن در یک یاخته دوزیست دارد.

روش دیگر فعال یا غیرفعال کردن برخی فام‌تن‌ها مانند فام‌تن X در انسان است. چون در یاخته‌های پیکری زن، دو نسخه از فام‌تن X و در مرد یک نسخه وجود دارد، برای بیان متعادل در دو جنس، یکی از فام‌تن‌های X در یاخته‌های زن غیرفعال می‌شود تا ژن‌های آن بیان نشوند. در اثر این فرایند ژن‌های فام‌تن X در زن و مرد، به یک نسبت بیان می‌شود. مثالی از بیان ژن‌های روی فام‌تن X و اثرات آن بر صفات را در تصویر زیر مشاهده می‌کنید. در یاخته‌ها، یکی از فام‌تن‌های X به صورت تصادفی غیرفعال می‌شوند.





### فصل ۳

## انتقال اطلاعات در نسل ها

شبهات بین فرزندان و والدین، گویای آن است که ویژگی‌های والدین به نحوی به فرزندان منتقل می‌شود. همچنین می‌دانیم که در تولیدمثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند و ویژگی‌های هر یک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در دِنای موجود در گامت‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آنهاست. مثلاً اگر یکی از والدین بلندقد و دیگری کوتاه‌قد باشد، فرزند آنان قدی متوسط خواهد داشت. اما مشاهدات متعدد نشان داد که این تصور درست نیست.

در اواخر قرن نوزدهم، زمانی که هنوز ساختار و عمل دِنای و ژن‌ها معلوم نبود، دانشمندی به نام گریگور مندل<sup>۱</sup> توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کند. به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد. با توجه به شناخت شما از ساختار و عمل دِنای، در این فصل با مفاهیم پایه وراثت به زبان امروزی آشنا می‌شویم.

۱- Gregor Mendel



**طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**





هر یک از ما ویژگی‌هایی داریم که ما را با آنها می‌شناسند. بعضی از این ویژگی‌ها را از والدین خود دریافت کرده‌ایم؛ مثل رنگ چشم، رنگ مو یا گروه خونی. ویژگی‌هایی را هم می‌شناسیم که ارثی نیستند؛ مثل تیره شدن رنگ پوست که به علت قرارگرفتن در معرض آفتاب ایجاد شده است. در علم ژن‌شناسی، ویژگی‌های ارثی جانداران را **صفت** می‌نامند (شکل ۱). **ژن‌شناسی**، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.



شکل ۱- هر یک از افراد جمعیت، ویژگی‌هایی دارد که ممکن است این ویژگی‌ها به نسل بعد منتقل شوند.

هر یک از صفاتی که نام بردیم به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند. مثلاً رنگ چشم ممکن است به رنگ مشکی، قهوه‌ای، سبزی یا آبی باشد. یا حالت مو ممکن است به شکل صاف، موج‌دار یا فر دیده شود. به انواع مختلف یک صفت، **شکل‌های آن صفت** می‌گویند.

### گروه‌های خونی

آیا شما گروه خونی خود را می‌دانید؟ آیا می‌دانید منظور از گروه خونی مثلاً  $A^+$  چیست؟ وقتی می‌گویند گروه خونی شخصی  $A^+$  است در واقع «دو» گروه خونی را برای او مشخص کرده‌اند. یکی گروه خونی معروف به **ABO** و دیگری گروه خونی ای به نام **Rh**. در ادامه این دو گروه خونی را بررسی می‌کنیم. توضیح Rh ساده‌تر است و با آن آغاز می‌کنیم.

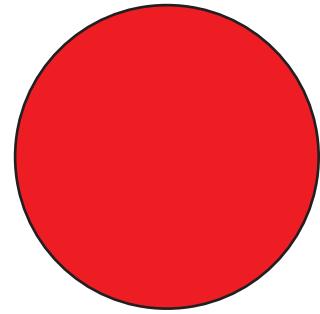
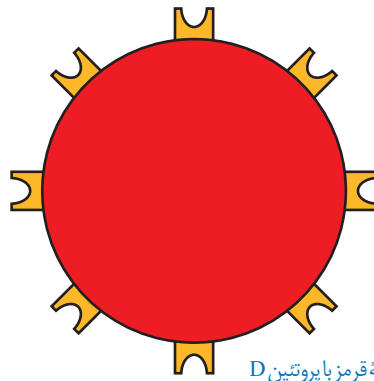
**گروه خونی Rh:** گروه خونی Rh بر اساس بودن یا نبودن پروتئینی است که در غشای گویچه‌های قرمز جای دارد و پروتئین D نامیده می‌شود. اگر این پروتئین وجود داشته باشد، گروه خونی Rh مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی Rh منفی خواهد شد (شکل ۲).

### بیشتر بدانید

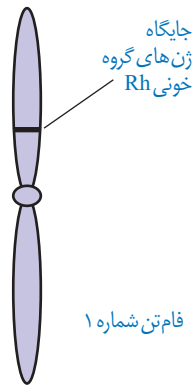
Rh برگرفته از نام میمونی به نام رزوس (Rhesus) است. این گروه خونی ابتدا در این میمون کشف و Rh نامیده شد.







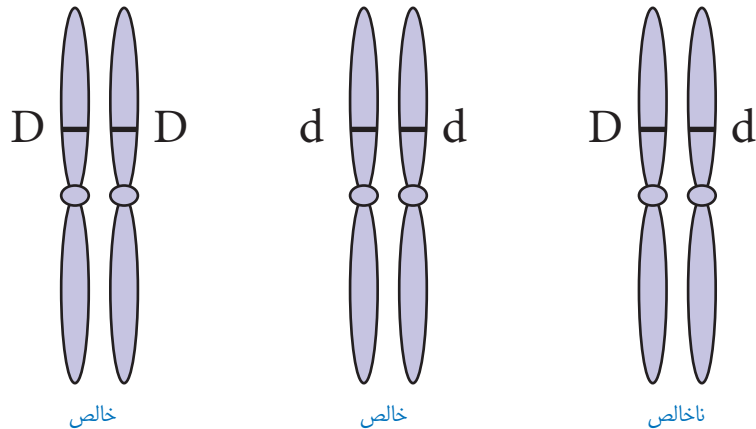
شکل ۲- مبنای گروه خونی Rh پروتئین D



شکل ۳- جایگاه ژن های Rh

بود و نبود پروتئین D به نوعی ژن بستگی دارد. دو ژن در ارتباط با این پروتئین، در میان مردم دیده می شود. ژنی که می تواند پروتئین D را بسازد و ژنی که نمی تواند پروتئین D را بسازد. این دو ژن را به ترتیب **D** و **d** می نامیم.

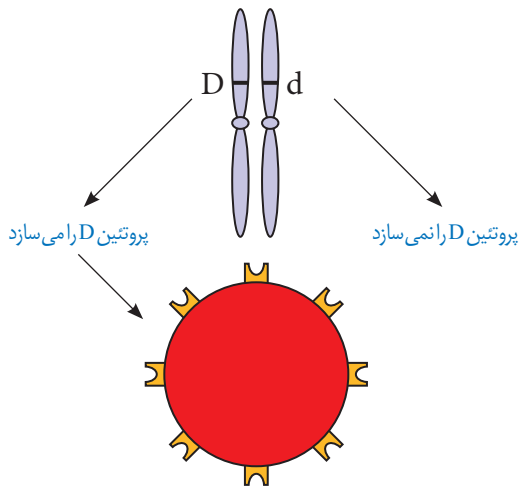
D و d جایگاه یکسانی در فام تن شماره ۱ دارند. توجه داشته باشید که هر فام تن شماره ۱ در این جایگاه ژن D یا d را دارد و نه هر دو را. به این جایگاه از فام تن شماره ۱، **جایگاه ژن های Rh** می گویند (شکل ۳). D و d که شکل های مختلف صفت Rh را تعیین می کنند و هر دو جایگاه ژنی یکسانی دارند؛ **دگره (الل) هم هستند**. از آنجا که هر یک از ما دو فام تن ۱ داریم، پس دو دگره هم برای Rh داریم. بنابراین ممکن است هر دو فام تن شماره ۱، D یا هر دو d را داشته باشند. در این صورت می گویند فرد برای این صفت **خالص** است. اما اگر یک فام تن D و دیگری d را داشته باشد می گویند فرد برای این صفت، **ناخالص** است (شکل ۴).



شکل ۴- ژن نمودهای خالص و ناخالص

گروه خونی فردی که DD است، مثبت و گروه خونی فرد dd، منفی است. اما گروه خونی فردی که Dd است؛ چگونه می شود؟ برای پاسخ به این سؤال باید رابطه بین این دو دگره را دانست. مشاهدات نشان می دهند که افراد ناخالص، گروه خونی مثبت را خواهند داشت. بنابراین اگر دو دگره D و d کنار هم قرار بگیرند، این دگره D است که بروز می کند. در چنین حالتی گفته می شود که دگره D **بارز** و دگره d **نهفته** است و بین دگره ها رابطه **بارز و نهفتگی** برقرار است. طبق قرارداد، دگره بارز را با حرف بزرگ و دگره نهفته را با حرف کوچک آن نشان می دهیم.

توضیح علت رابطهٔ بارز و نهفتگی دگره‌های گروه خونی Rh کار آسانی است. داشتن تنها یک دگره D کافی است تا در غشای گویچه‌های قرمز پروتئین D مشاهده شود به همین علت، گروه خونی فردی که برای این صفت ناخالص است، مثبت خواهد شد (شکل ۵).



شکل ۵- توضیح رابطهٔ بارز و نهفتگی بین دگره‌های گروه خونی Rh

ترکیب دگره‌ها را در فرد، ژن نمود (ژنوتیپ) و شکل ظاهری یا حالت بروز یافته صفت را رخ نمود (فنوتیپ) می‌نامیم. جدول ۱ انواع ژن نمود و رخ نمود را در مورد این گروه خونی نشان می‌دهد.

ژن نمود	رخ نمود
DD	گروه خونی +
Dd	گروه خونی +
dd	گروه خونی -

جدول ۱- انواع ژن نمود و رخ نمود گروه خونی Rh

نوع دیگری از رابطهٔ بین دگره‌ها را در صفت گروه خونی ABO می‌توانیم ببینیم. **گروه خونی ABO:** در گروه خونی ABO خون به چهار گروه A، B، AB و O گروه‌بندی می‌شود. این گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام‌های A و B در غشای گویچه‌های قرمز است (شکل ۶).

	گروه خونی A	گروه خونی B	گروه خونی AB	گروه خونی O
گویچه قرمز				
نوع کربوهیدرات گویچه قرمز	A	B	A و B	هیچ کدام

شکل ۶- مبنای گروه خونی ABO

برای گروه خونی ABO چه دگره‌هایی وجود دارد؟ اضافه شدن کربوهیدرات‌های A و B به غشای گلبول قرمز، یک واکنش آنزیمی است. دو نوع آنزیم وجود دارد. یکی آنزیم A، که کربوهیدرات A را به

غشا اضافه می کند و دیگری آنزیم B، که کربوهیدرات B را اضافه می کند. اگر هیچ یک از این دو آنزیم وجود نداشته باشند، آن گاه هیچ کربوهیدراتی اضافه نخواهد شد. بنابراین برای این صفت، سه دگره وجود دارد. دگره ای که آنزیم A را می سازد، دگره ای که آنزیم B را می سازد و دگره ای که هیچ آنزیمی نمی سازد. جایگاه ژن های گروه خونی ABO در فام تن شماره ۹ است.

برای سادگی، این سه دگره را به ترتیب A، B و O می نامیم. در اینجا تشخیص رخ نمود برای ژن نمودهای خالص AA، BB یا OO آسان است: گروه خونی به ترتیب A، B یا O می شود. اما، رخ نمود ژن نمودهای ناخالص چیست؟ رابطه بارز و نهفتگی بین دگره ها چگونه است؟

ژن نمودهای ناخالص برای این دگره ها عبارت اند از AO، BO و AB. آیا می توانید حدس بزنید گروه خونی فردی که AO است چیست؟ دگره A آنزیم A را می سازد اما دگره O هیچ آنزیمی نمی سازد. پس گروه خونی این فرد A خواهد شد. به همین علت گفته می شود A نسبت به O بارز است. همین استدلال را می توان برای ژن نمود BO به کار برد. دگره B نیز نسبت به دگره O بارز است. در ژن نمود AB هر دو آنزیم ساخته می شوند و به همین علت گلبول قرمز هر دو کربوهیدرات A و B را خواهد داشت. در اینجا رابطه بین دگره A و B، از نوع بارز و نهفتگی نیست. چنین رابطه ای را **هم توانی** می نامیم و می گوئیم دگره های A و B نسبت به یکدیگر **هم توان** هستند. در هم توانی، اثر دگره ها، همراه با هم ظاهر می شود. ژن شناسان دگره های A، B و O را به ترتیب با  $I^A$ ،  $I^B$  و  $i$  نشان می دهند. این نوع نام گذاری به روشنی نشان می دهد که دگره  $I^A$  و  $I^B$  نسبت به یکدیگر هم توان اما نسبت به  $i$  بارزند.

## بارزیت ناقص

تا اینجا با دو نوع رابطه دگره ای آشنا شدیم: یکی بارز و نهفتگی و دیگری هم توانی. رابطه دیگری نیز بین دگره ها برقرار است و آن موقعی است که صفت در حالت ناخالص، به صورت حد واسط حالت های خالص مشاهده می شود. این بار مثالی از گیاهان بیابوریم، رنگ گل میمونی مثال خوبی است (شکل ۷). دو دگره برای رنگ گل میمونی وجود دارد که یکی قرمز و دیگری سفید است. این دو را به ترتیب با R و W نشان می دهیم. در حالت RR رنگ گل، قرمز و در حالت WW رنگ گل، سفید است. رنگ گل RW چگونه است؟ این گل، صورتی است. رنگ صورتی، حالت حد واسط قرمز و سفید است. در این حالت گفته می شود که **رابطه بارزیت ناقص** برقرار است.



گل قرمز



گل صورتی



گل سفید

شکل ۷- گل میمونی

## گفتار ۲ انواع صفات

به یاد دارید که فام‌تن‌ها به دو دسته غیرجنسی و جنسی تقسیم می‌شوند. فام‌تن‌های جنسی انسان X و Y هستند. صفاتی را که جایگاه ژنی آنها در یکی از فام‌تن‌های غیرجنسی قرار داشته باشد **صفت مستقل از جنس** و صفاتی را که جایگاه ژنی آنها در یکی از دو فام‌تن جنسی قرار داشته باشد **وابسته به جنس** می‌گویند.

### وراثت صفات مستقل از جنس

صفات مستقل از جنس چگونه به ارث می‌رسند؟ Rh یک صفت مستقل از جنس است. اگر پدر و مادری هر دو ژن نمود Dd داشته باشند، چه ژن نمود یا ژن نمودهایی برای فرزندان آنها مورد انتظار است؟ می‌دانیم هر یک از پدر و مادر، از هر جفت فام‌تن هم‌تا تنها یکی را از طریق گامت‌ها به نسل بعد منتقل می‌کنند. در این مثال، هم پدر و هم مادر از نظر Rh دو نوع گامت تولید می‌کنند: یکی گامتی که D دارد و دیگری گامتی که d دارد. ژن نمود فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت‌ها با یکدیگر لقاح پیدا کنند. ژن نمود فرزندان را می‌توان با روشی به نام **مربع پانت** به دست آورد. پانت نام دانشمندی است که این روش را پیشنهاد کرده است.

در روش مربع پانت، گامت‌های والدین را به طور جداگانه در سطر و ستون یک جدول می‌نویسیم و بعد خانه‌های جدول را با کنار هم قرار دادن گامت‌های سطر و ستون متناظر هم‌پر می‌کنیم (جدول ۲).

گامت‌ها	D	d
D	DD	Dd
d	dD	dd

جدول ۲- مربع پانت

باید توجه داشت که ژن نمودهای Dd و dD یکسان‌اند. بنابراین هر فرزندی که متولد می‌شود می‌تواند یکی از ژن نمودهای DD، Dd و dd را داشته باشد.

### فعالیت ۱

پدری گروه خونی O و مادری گروه خونی AB دارد. چه ژن نمود و رخ نمودهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟



## صفت وابسته به X

گاهی ژن صفتی که بررسی می شود در فام تن X قرار دارد. به چنین صفاتی، صفت **وابسته به X** می گویند. هموفیلی، یک بیماری وابسته به X و نهفته است یا به عبارتی دیگر، دگره این بیماری که روی فام تن X قرار دارد نهفته است. در این بیماری، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می شود. شایع ترین نوع هموفیلی به فقدان عامل انعقادی VIII (هشت) مربوط است.

دگره بیماری هموفیلی را h می نامیم؛ دگره سالم ژن، H نامیده می شود. برای آنکه نشان دهیم این صفت وابسته به X است، دگره ها را به صورت بالانویس X و X<sup>h</sup> می نویسیم: X<sup>H</sup> و X<sup>h</sup>.

جدول ۳ انواع ژن نمودها و رخ نمودها را برای هموفیلی نشان می دهد. دقت کنید که در فام تن Y جایگاهی برای دگره های هموفیلی وجود ندارد.

	مرد	زن	رخ نمود
ژن نمود	X <sup>H</sup> Y	X <sup>H</sup> X <sup>H</sup>	سالم
	—	X <sup>H</sup> X <sup>h</sup>	سالم
	X <sup>h</sup> Y	X <sup>h</sup> X <sup>h</sup>	هموفیل

جدول ۳- انواع ژن نمودها و رخ نمودها برای هموفیلی

فرد با ژن نمود X<sup>H</sup>X<sup>h</sup> که سالم است؛ **ناقل** نامیده می شود؛ زیرا می تواند ژن بیماری را به نسل بعد منتقل کند.

برای پیش بینی ژن نمودها و رخ نمودهای صفات وابسته به X در نسل های بعد، می توان همچنان از مربع پانت استفاده کرد. به مثال زیر توجه کنید.

**مثال:** مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست. زن می خواهد بداند آیا ممکن است فرزند حاصل از این ازدواج، هموفیل باشد؟

ژن نمود مرد هموفیل X<sup>h</sup>Y و گامت هایی که تولید می کند X<sup>h</sup> و Y است. ژن نمود زن سالم X<sup>H</sup>X<sup>H</sup> است و برای این صفت فقط یک نوع گامت، یعنی X<sup>H</sup> تولید می کند. ژن نمودها و رخ نمودهای نسل های بعد را می توان به کمک مربع پانت یافت.

Y	X <sup>h</sup>	گامت ها
X <sup>H</sup> Y پسر سالم	X <sup>H</sup> X <sup>h</sup> دختر ناقل	X <sup>H</sup>

جدول ۴- ژن نمود و رخ نمود نسل بعد

بنابراین براساس جدول شماره ۴، فرزندان حاصل از این ازدواج هموفیل نخواهند بود.

مردی سالم قصد دارد با زنی هموفیل ازدواج کند. چه ژن نمود و رخ نمودهایی برای فرزندان آنان پیش بینی می کنید؟

فعّالیت ۲

## صفات پیوسته و گسسته

اندازهٔ قد شما چقدر است؟ اگر از هم کلاسی‌های خود اندازهٔ قدشان را بپرسید، اعداد گوناگونی را خواهید شنید. اندازهٔ قد صفتی پیوسته است. آیا می‌توان گفت که Rh هم چنین است؟ در میان انسان‌ها، صفت Rh تنها به دو شکل مثبت و منفی دیده می‌شود؛ بنابراین Rh صفتی گسسته است.

## صفات تک جایگاهی و چند جایگاهی

صفاتی که تا اینجا بررسی کردیم، صفاتی هستند که یک جایگاه ژن در فام‌تن دارند. برای مثال، دگره صفت گروه‌های خونی ABO یک جایگاه مشخص از فام‌تن ۹ را به خود اختصاص داده‌اند. چنین صفاتی را **تک جایگاهی** می‌نامیم.

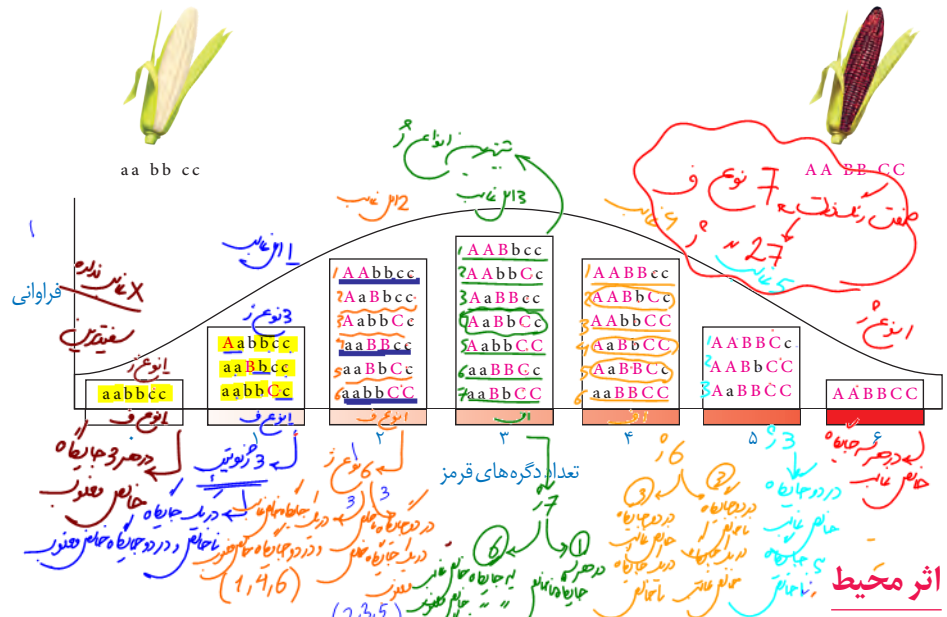
در مقابل، صفاتی هستند که در بروز آنها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. رنگ نوعی ذرت مثالی از صفات **چند جایگاهی** است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است (شکل ۸).



شکل ۸- رنگ‌های متفاوت ذرت

صفت رنگ در این نوع ذرت صفتی با سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو دگره دارند. برای نشان دادن ژن‌ها در این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک A، B و C استفاده می‌کنیم. برحسب نوع ترکیب دگره‌ها، رنگ‌های مختلفی ایجاد می‌شود. دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته رنگ سفید را به وجود می‌آورند. بنابراین رخ‌نمودهای دو آستانهٔ طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژن‌نمودهای AABBCc و aabbcc را دارند. در رخ‌نمودهای ناخالص، هرچه تعداد دگره‌های بارز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است.

چنان که می بینیم صفات چند جایگاهی رخ نمودهای پیوسته ای دارند. یعنی افراد جمعیت این ذرت، در مجموع طیف پیوسته ای بین سفید و قرمز را به نمایش می گذارند. به همین علت، نمودار توزیع فراوانی این رخ نمودها شبیه زنگوله است.



شکل ۹- چگونگی تعیین رنگ در ذرت

گاهی برای بروز یک رخ نمود تنها وجود ژن کافی نیست. برای مثال در گیاهان، ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد.

محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. تغذیه و ورزش عواملی محیطی اند که می توانند بر ظهور رخ نمود اثر بگذارند. به عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی توان تنها از روی ژن ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد.

## مهاری بیماری های ژنتیک

گرچه نمی توان بیماری های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد (مگر در موارد معدود) اما گاهی می توان با تغییر عوامل محیطی، عوارض بیماری های ژنی را مهار کرد. مثال این موضوع، بیماری فنیل کتونوری (PKU) است. در این بیماری آنزیمی که آمینواسید فنیل آلانین را می تواند تجزیه کند وجود ندارد. تجمع فنیل آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می شود. در این بیماری، مغز آسیب می بیند. خوشبختانه می توان از بروز این بیماری جلوگیری کرد. اما چگونه؟ علت این بیماری، تغذیه از پروتئین های حاوی فنیل آلانین است. پس با تغذیه نکردن از خوراکی هایی که فنیل آلانین دارند، می توان مانع بروز اثرات این بیماری شد.

فنیل کتونوری یک بیماری نهفته است. وقتی نوزاد متولد می شود، علائم آشکاری ندارد. در عین حال، تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل کتونوری با شیر مادر (که حاوی فنیل آلانین است) به آسیب یاخته های مغزی او می انجامد. به همین علت، نوزادان را در بدو تولد از نظر ابتلای احتمالی به این بیماری، با انجام آزمایش

خون بررسی می کنند. در صورت ابتلا، نوزاد با شیرخشک هایی که فاقد فنیل آلانین است تغذیه می شود و در رژیم غذایی او برای آینده، از رژیم های بدون (یا کم) فنیل آلانین استفاده می شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- خون گیری از نوزاد برای انجام آزمایش های بدو تولد

### بیشتر بدانید

غذاهای مناسب و نامناسب برای بیماران PKU در شکل زیر نشان داده شده اند.

#### غذاهایی که فنیل آلانین زیاد دارند

گوشت / ماهی  
شیر / لبنیات  
لوییا / آجیل و حبوبات  
تخم مرغ  
نان گندم  
غذاهای غنی از پروتئین

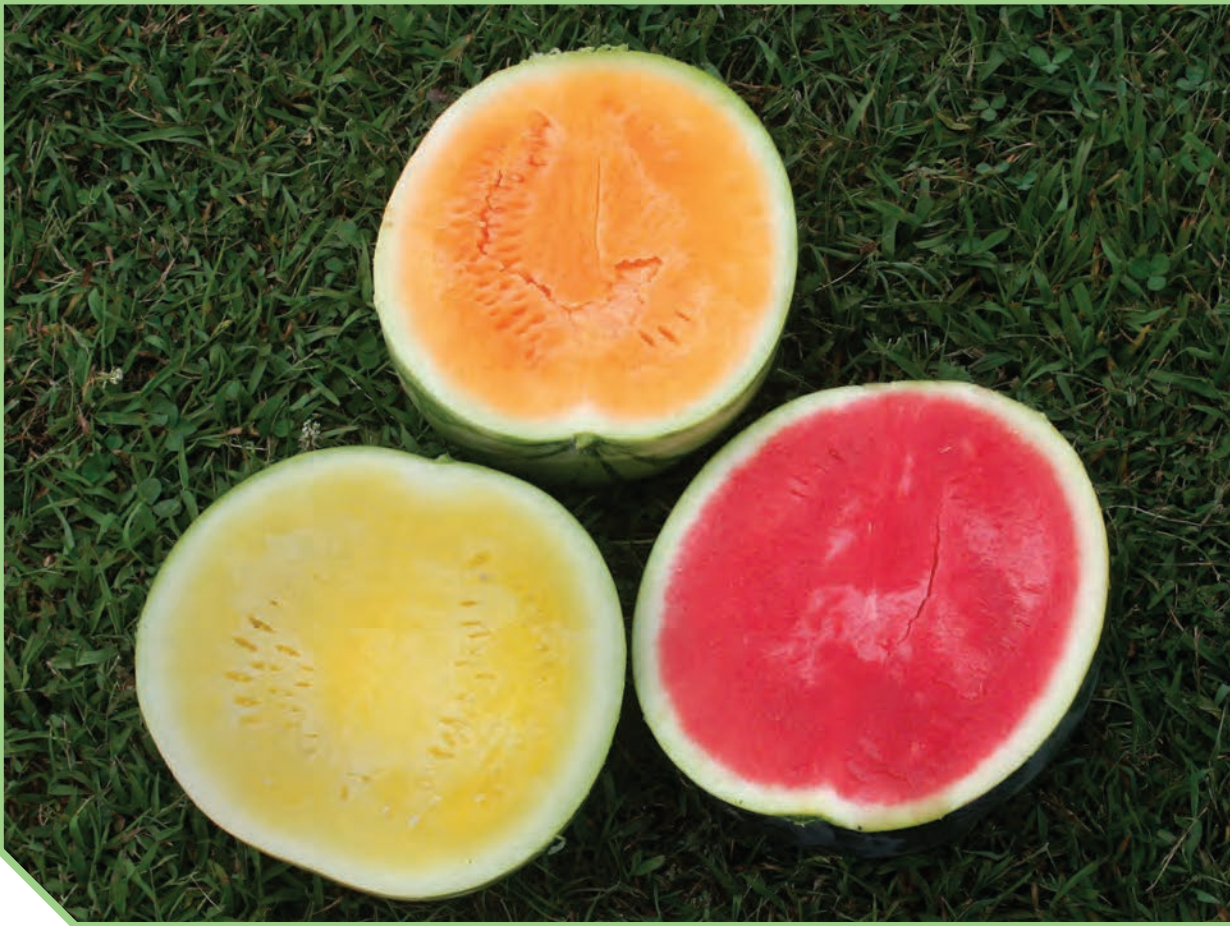


#### غذاهایی که فنیل آلانین کم دارند

انواعی از میوه ها و سبزیجات  
نان و شیرینی های مخصوص







## فصل ۴

# تغییر در اطلاعات وراثتی

از سلول به بعد  
 PM  
 پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های ماده وراثتی است اما در عین حال، ماده وراثتی به‌طور محدود تغییر پذیر است. این تغییر پذیری باعث ایجاد گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینه تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند. در این فصل با انواع تغییرات ماده وراثتی و اثرات آن بر فرد، جمعیت و گونه آشنا خواهیم شد.

تنوع  $\leftarrow$  بقا  $\uparrow$



طرح سؤال‌های محاسباتی و طرح سؤال از توالی‌های رمز، رمز و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.



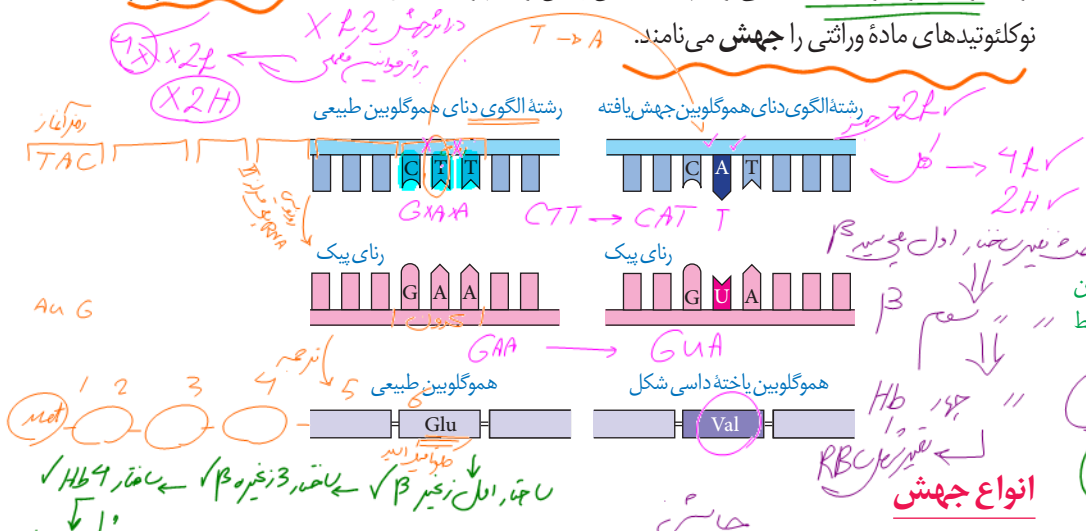
# گفتار ۱

## تغییر در ماده وراثتی جانداران

تغییر پذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد. تغییر در ماده وراثتی چگونه رخ می دهد و چه چیزی پیامد آن را تعیین می کند؟ در ادامه به این سؤالات پاسخ خواهیم داد.

### جهش

در فصل ۲ با کم خونی ناشی از گویچه های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول های هموگلوبین است. علت این تغییر شکل چیست؟ دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین های سالم و تغییر شکل یافته، دریافتند که این دو هموگلوبین فقط در ششمین آمینواسید از زنجیره بتا متفاوت اند. مقایسه ژن های زنجیره بتای هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می دهد که در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است (شکل ۱). شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون ها نوکلئوتید انسان، می تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد. تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می نامند.



شکل ۱- مقایسه ژن های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است. Glu: گلوتامیک اسید و Val: والین

### انواع جهش

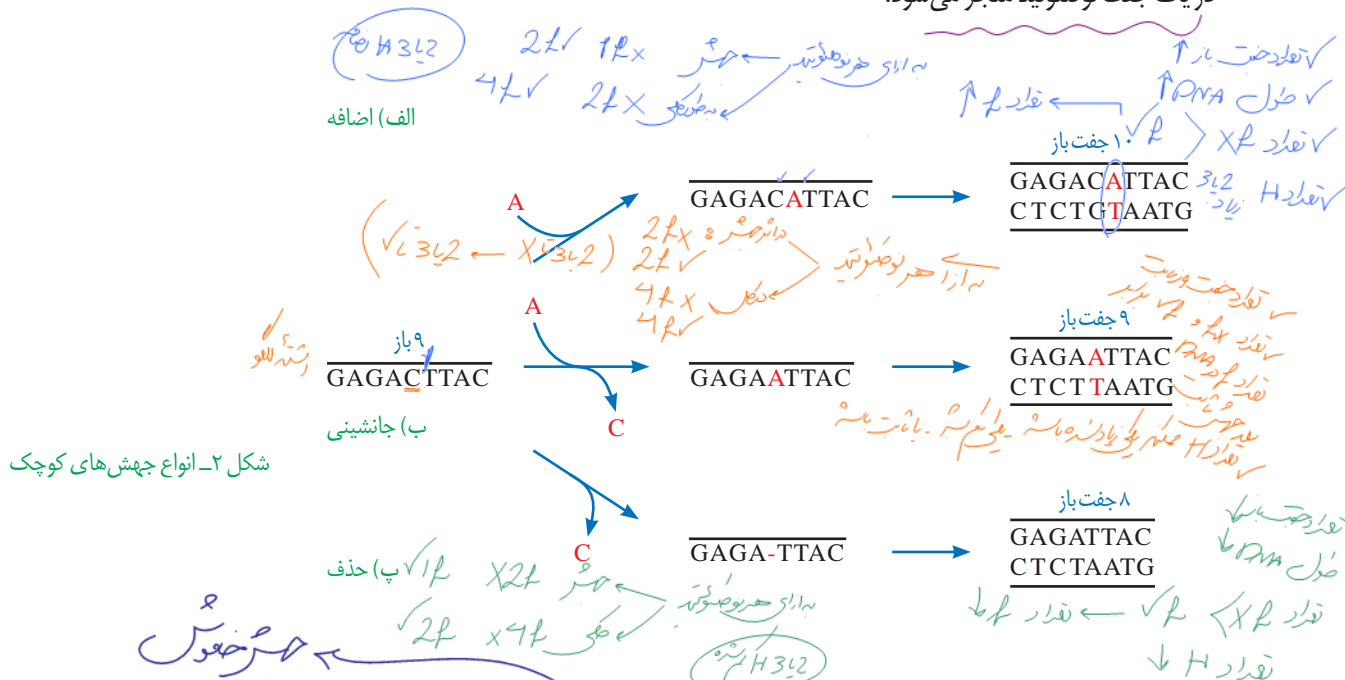
در مثال بالا دیدیم که جهش در یک نوکلئوتید رخ داده است، اما جهش می تواند در اندازه بسیار وسیع تری هم رخ دهد. گاهی جهش آن قدر وسیع است که حتی ساختار یا تعداد فام تن را تغییر می دهد. بر همین اساس، جهش ها را به دو گروه کوچک و بزرگ تقسیم می کنند.

**جهش های کوچک:** این جهش ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی گیرند. انواع جهش های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده اند. مثال یاخته های داسی شکل، نمونه ای از جهش کوچک است. در اینجا یک نوکلئوتید، جانشین دیگری شده است. این نوع جهش را جانشینی می نامند. از آن جایی که این جهش سبب تغییر در نوع آمینواسید در زنجیره پلی پپتیدی شده است؛ این نوع جهش جانشینی را جهش دگر معنای نامند. به علت وجود رابطه مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا،

در اثر جهش رمز بنده به رمز دگر معنای تبدیل می شود

1 (n) نوصوتيد در انجمن  
2 (n) نوصوتيد

نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می شود.



شکل ۲- انواع جهش های کوچک

نبايد تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها می شود. می دانید چرا؟ پاسخ این است که گاهی جهش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می کند. این نوع جهش تأثیری بر توالی آمینواسیدها نخواهد گذاشت. چنین جهشی را **جهش خاموش** می نامند. این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد به این جهش، **جهش بی معنا** می گویند (شکل ۳).  
 جهش های **اضافه**، **حذف**، انواع دیگر جهش های کوچک اند. در این جهش ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می شود. نتیجه این جهش ها چیست؟ می دانیم که رمز دنا به صورت دسته های سه تایی از نوکلئوتیدها خوانده می شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد وخیمی داشته باشد. برای درک بهتر موضوع، به این مثال توجه کنید. جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت زیر در نظر بگیرید:

ای ن ا س ی ب ا س ر خ ا س ت

اگر یک حرف به جایی درون این جمله اضافه شود چگونه خوانده می شود؟ قرار است این جمله را همچنان به صورت کلمات سه حرفی بخوانیم:

ای ن ا ر س ی ب ا س ر خ ا س ت

می بینیم که جمله معنای خود را از دست می دهد. جهش های از نوع اضافه و حذف را که باعث چنین تغییری در خواندن می شوند، جهش **تغییر چارچوب خواندن** می نامند. در شکل ۳، تأثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۳ می بینید، جهش های اضافه و حذف، الزاماً به تغییر چارچوب خواندن نمی انجامند.



نوع طبیعی  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

حذف یا اضافه جفت نوکلئوتید اضافی  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Ser

حذف A  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

حذف TTC  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

حذف AAG  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

تغییر چارچوب  
 حذف A  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

تغییر چارچوب  
 حذف TTC  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

تغییر چارچوب  
 حذف AAG  
 دنا: TACTTCAAACCGATT  
 RNA: AUGAAGUUGGCUAA  
 پروتئین: Met Lys Phe Gly

شکل ۳- تأثیر جهش بر پروتئین

### فعالیت ۱

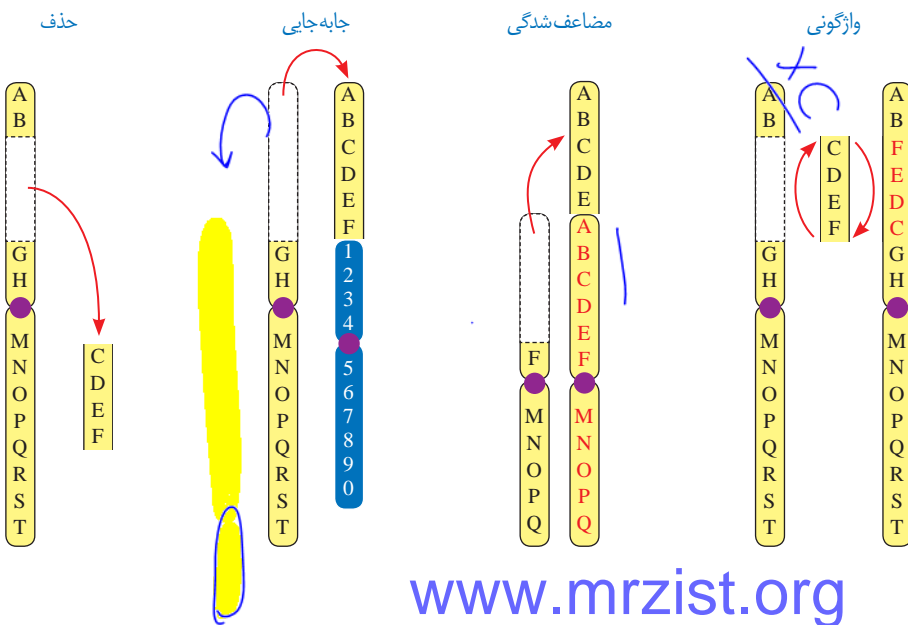
الف) در چه صورت طول یک رشته پلی پپتیدی ممکن است افزایش یابد؟  
 ب) اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده مضربی از سه باشد، چه پیامدی مورد انتظار است؟

**جهش های بزرگ (ناهنجاری های فام تنی):** جهش ممکن است در مقیاس وسیع تری رخ دهد تا جایی که به **ناهنجاری های فام تنی** منجر شود. زیست شناسان با مشاهده کاربوتیپ می توانند از وجود چنین ناهنجاری هایی آگاه شوند.

$2n = 47$

در سال گذشته با نشانگان داون آشنا شدید. می دانید که مبتلایان به این بیماری یک فام تن ۲۱ اضافی دارند. تغییر در تعداد فام تن ها را **ناهنجاری عددی** در فام تن ها می نامند.

نوع دیگری از ناهنجاری فام تنی، **ناهنجاری ساختاری** است. انواع این جهش ها در شکل ۴ نشان داده شده اند.



شکل ۴- انواع ناهنجاری های ساختاری در فام تن ها



همان طور که در شکل می بینید، ممکن است قسمتی از فام تن از دست برود که به آن **حذف می گویند**. جهش های فام تنی حذفی غالباً باعث **مرگ** می شوند. **جابه جایی**، نوع دیگری از ناهنجاری فام تنی است که در آن قسمتی از یک فام تن به فام تن غیر همتا یا حتی بخش دیگری از همان فام تن منتقل می شود. اگر قسمتی از یک فام تن به فام تن همتا جابه جا شود، آن گاه در فام تن همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می شود. به این جهش، **مضاعف شدگی** می گویند. نوع دیگری از ناهنجاری های فام تنی، **واژگونی** است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فام تن در جای خود معکوس می شود.

تفسیر نواحی

## پیامدهای جهش

تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در **ژنگان (ژنوم)** است. ژنگان به کل محتوای ماده وراثتی گفته می شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنگان هسته ای را معادل مجموعه ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام تن ها در نظر می گیرند. ژنگان هسته ای انسان شامل ۲۲ فام تن غیر جنسی و فام تن های جنسی X و Y است. دمای راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می دهد.

ژن ها فقط بخشی از ژنگان اند. ممکن است جهش در توالی های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش درون ژن رخ دهد، آن گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانمایی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

گاهی جهش در یکی از توالی های تنظیمی رخ می دهد، مثلاً در راه انداز یا افزایش دهنده. این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می گذارد. جهش در راه انداز، ممکن است آن را به راه اندازی قوی تر یا ضعیف تر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از ژن، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

**دندان**  
**از آن بدون**  
**گرم امان**  
**در قفس**

**22A+n+y**  
**24**  
**25**  
**لینویسی**

**DNA**  
**تغییر**  
**تغییر**  
**تغییر**

## وراثت - نقاداری

### علت جهش

گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی دنا وجود دارد اما با وجود اینها، گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می دهد که باعث جهش می شوند.

جهش، تحت اثر عوامل جهش زا هم رخ می دهد. عوامل جهش زا را می توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش زای فیزیکی است. این پرتو، که در نور خورشید موجود دارد، باعث تشکیل پیوند (بین دو همین مجاور هم در دنا می شود که به آن **دوپار (دیمر) تیمین** می گویند (شکل ۵). دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسیاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می کند. از مواد شیمیایی جهش زا می توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود

**دروغی**  
**تیمین**  
**دوپار (دیمر) تیمین**  
**2H**  
**نیلون**  
**2 تخمین نه برای نوصولیده از خنده**  
**www.mrzist.org**

دود سیگار

↓  
شکر سرخ

↓  
عشیر

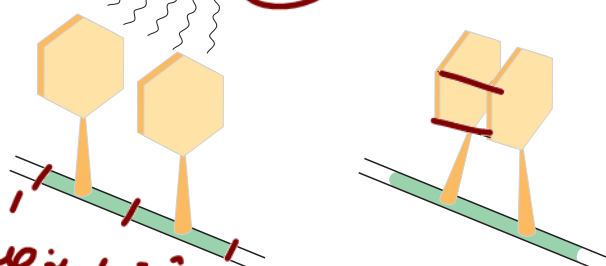
↓  
سرطان !!

دود سیگار و دود سولفات → افغان بی دغیر بایدار در DNA / بیماری کفریندی

دارد و جهشی ایجاد می کند که به سرطان منجر می شود.

جهش ارثی یا اکتسابی است. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می رسد. این جهش در گامت ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می کنند. در این صورت همه یاخته های حاصل از آن تخم، دارای آن جهش اند. جهش اکتسابی از محیط کسب می شود. مثلاً سیگار کشیدن می تواند باعث ایجاد جهش در یاخته های دستگاه تنفس شود.

Ex → سلولهای استخوانی مرکزی ← سرخه مؤثرتر



شکل ۵- تشکیل دویار تیمین

رشته های نوکلئوتید

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت اند. در سال های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکسنده و ایاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوه فرآوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می گذارد. تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای نمک سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است. گزارش های متعددی در دست است که نشان می دهد ترکیبات نیتريت دار مانند سدیم نیتريت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آنها اضافه می شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان زایی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

حوزه سوزنی  
کربن دی اکسید  
زنجیره

سرطان ← عوامل ایجاد کننده

وزن زیاد - وزن مناسب  
غذای پخت شده (آزای الیدان) (ایاف)  
عوامل مؤثر در سوزنی

بافت برداری - از مایع خون

درمان سرطان ← رگ های درمائی - رگ های درمائی

بعضی باکتری‌ها دارا از آن

فناوت  
بازی بیوسف

بعد از کشف پادزیست (آنتی بیوتیک)‌ها در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا مجهز شد و توانست در نبرد با آنها پیروز شود. با این وجود، مدتی است که از گوشه و کنار دنیا خبر می‌رسد باکتری‌ها نسبت به پادزیست‌ها مقاوم شده‌اند. گرچه دانشمندان با طراحی داروهای جدید، برتری انسان را در این نبرد همچنان حفظ کرده‌اند اما در عین حال، روند مقاوم شدن باکتری‌ها آدمی را سخت نگران کرده است. مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند». این تغییر چگونه رخ می‌دهد؟

### تغییر در گذر زمان

به انسان‌های اطراف خود نگاه کنید. همه انسان‌ها ویژگی‌های مشترکی دارند که باعث می‌شود آنان را در گروهی به نام «انسان‌ها» قرار دهیم. در عین حال، در میان انسان‌ها «تفاوت‌های فردی» نیز وجود دارد که باعث شناخت آنها از یکدیگر می‌شود. تفاوت‌های فردی منحصر به انسان نیست. در میان افراد گونه‌های دیگر هم تفاوت‌های فردی مشاهده می‌شود.

تفاوت‌های فردی چگونه می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟ این سؤال را با ذکر مثالی پاسخ می‌دهیم. فرض کنید در نوعی از جانوران، افراد تحمل متفاوتی نسبت به سرما دارند؛ یعنی بعضی‌ها می‌توانند سرما را تحمل کنند. اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیشتری برای زنده ماندن دارند. بنابراین، این افراد، بیشتر از دیگران تولیدمثل می‌کنند و در نتیجه صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود. اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آنها که سرما را تحمل می‌کنند، شانس بیشتری برای تولیدمثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت. بنابراین، بعد از مدتی با جمعیتی روبه‌رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمعیت.

مثال ساده‌ای که در بالا عنوان شد، نشان می‌دهد که برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط، وجود تفاوت‌های فردی است. وقتی تفاوت فردی هست، این سؤال پیش می‌آید که کدام تفاوت‌ها بهترند. در مثال ما، آنها که سرما را تحمل می‌کردند، در مقایسه با بقیه، شانس بیشتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی دقت متوجه می‌شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست؛ بلکه شرایط محیط تعیین‌کننده صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن‌گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین، زیست‌شناسان از واژه «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط». به روشنی دیده می‌شود این، «محیط» است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آنهایی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند.

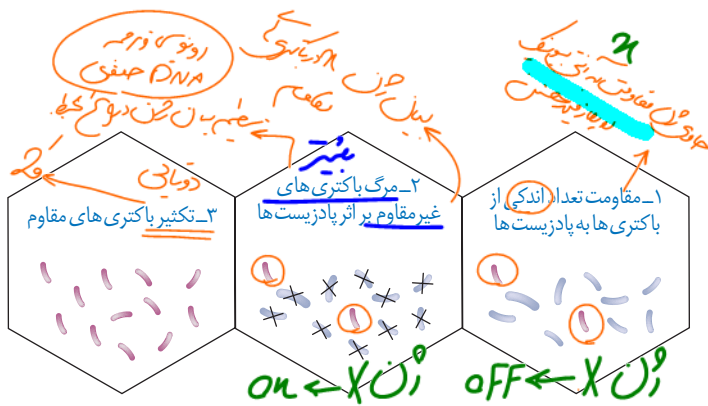
طبیعی می‌نامند.  
انرژی فردی‌ها

ویژگی مشترک را  
بین افراد گونه

ویژگی متفاوت  
افراد گونه

انواع تنوع

پایداری گونه



شکل ۶- چگونگی مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست

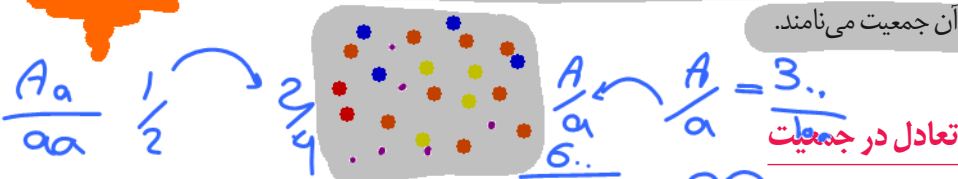
انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست‌ها را نیز توضیح دهد (شکل ۶). در این مثال باکتری‌های غیرمقاوم از بین می‌روند و باکتری‌های مقاوم تکثیر می‌شوند و به تدریج همه جمعیت را به خود اختصاص می‌دهند؛ در نتیجه جمعیت از غیرمقاوم به مقاوم تغییر می‌یابد. وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی «جمعیت» را تغییر می‌دهد نه «فرد» را. جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک مکان و زمان زندگی می‌کنند.

**بیشتر بدانید**

ابوریحان بیرونی، در کتاب تحقیق ماللهند، نخستین دانشمندی است که تغییر گونه‌ها را توصیف می‌کند. چارلز داروین (Charles Robert Darwin) و آلفردوالاس (Alfred Russel Wallace) مستقل از یکدیگر سازوکار انتخاب طبیعی را برای تغییرگونه‌ها ارائه کردند.

**خزانه ژن**

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن‌ها، این امکان فراهم شد که زیست‌شناسان، جمعیت را بر اساس ژن‌های آن توصیف کنند، مجموع همهٔ دگره‌های موجود در همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را **خزانه ژن** آن جمعیت می‌نامند.



اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌ها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن‌گاه می‌گویند **جمعیت در حال تعادل ژنی است**. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست. اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است. عوامل زیر باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.

**ژنی**

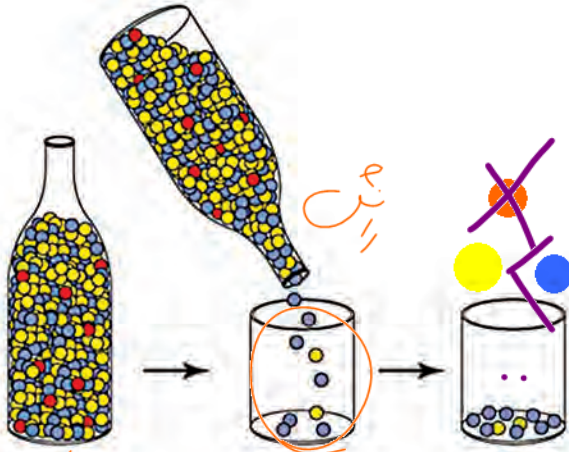
**الف) جهش:** یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شود. اگر جهش رخ دهد، آن‌گاه دگره‌های جدیدی ایجاد می‌شوند که این یعنی تغییر در فراوانی نسبی دگره‌ها. جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد. بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ نمود ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است دگره جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

**ب) رانش دگره‌ای:** فرض کنید کله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات است. حین عبور، تعدادی گوسفند به پایین سقوط می‌کنند و می‌میرند. اگر این گوسفندان زاده‌ای نداشته باشند، شانس انتقال ژن‌های خود به نسل بعد را از دست داده‌اند به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر



اثر رویدادهای تصادفی می شود، رانش دگره‌ای می گویند. رانش دگره‌ای گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی انجامد.

به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش سوزی و نظایر آن، تعداد آنهایی که می میرند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگره‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد (شکل ۷). در این صورت نیز فراوانی دگره‌ها تغییر می کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.



شکل ۷- کاهش شدید در اندازه جمعیت باعث تغییر فراوانی‌های دگره‌ای می شود. جمعیت برجای مانده - کاهش شدید جمعیت - جمعیت اولیه

هرچه اندازه یک جمعیت کوچک تر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری دارد. به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه بزرگی داشته باشد. منظور از اندازه جمعیت، تعداد افراد آن است.

**(پ) شارش ژن:** وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می کنند، در واقع تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می کنند و سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره‌های هر دو جمعیت می شود.

به این پدیده، شارش ژن می گویند اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می شود.

**(ت) آمیزش غیر تصادفی:** برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست و فراوانی نسبی ژن نمودها را تغییر می دهد. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می کنند (فصل ۸).

**(ث) انتخاب طبیعی:** انتخاب طبیعی فراوانی دگره‌ها را در خزانه ژنی تغییر می دهد. انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی گرداند و از فراوانی دیگر افراد می کاهد. به این ترتیب، خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می شود. در مثال ابتدای این گفتار، دیدیم که چگونه در نتیجه انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها نسبت به تغییر شرایط (حضور پادزیست‌ها) سازش پیدا کرده اند.

## تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

دانستیم که نتیجه انتخاب طبیعی سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می یابد. از سوی دیگر، دیدیم که گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی‌های جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می برد. از این رو به سازوکارهایی نیاز است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد. در ادامه، این سازوکارها را بررسی می کنیم.

**(الف) گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها:** در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می سازد، نیمی از فام تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می کند. اینکه هر گامت کدام یک از فام تن‌ها را منتقل می کند به آرایش

در تولد مثل غیره

مغز دراز

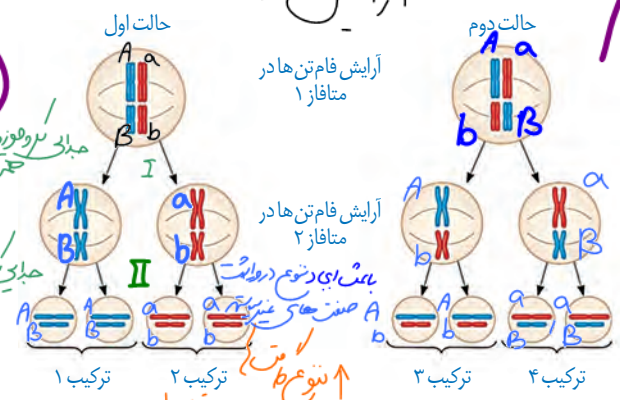
در اثر مغز



اتصال تترادهها به صورت سه پروکارز  
آرایش " متافاز I

# انواع آرایش = انواع ظرفیت

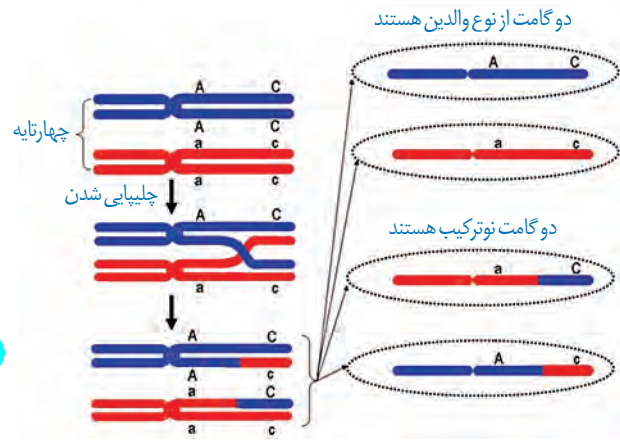
چهار تاییها (تترادهها) در میوز ۱ بستگی دارد. متافاز میوز ۱ فام تنها با آرایشهای مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند که به ایجاد گامت های مختلف می انجامد. در شکل ۸ نحوه توزیع فام تنها طی میوز نشان داده شده است.



شکل ۸- نحوه توزیع فام تنها طی میوز

میوز نشان داده شده است. **نفسر بجدنوع درواست صفت** (ب) **نوترکیبی**: در میوز ۱، هنگام جفت شدن فام تنهای همتا و ایجاد چهار تاییه، ممکن است قطعه ای از فام تن بین فامینک های غیرخواهاری مبادله شود. این پدیده را **چلیپایی شدن (کراسینگ اور)** می گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره ها در این دو فامینک به وجود می آید و به آنها فامینک های **نوترکیب** می گویند. از میان گامت ها، آنهایی که فامینک های نوترکیب را دریافت می کنند **گامت نوترکیب** نامیده می شوند (شکل ۹).

**(پ) اهمیت ناخالص ها:** اهمیت ناخالص ها در تداوم گوناگونی را می توان به وسیله بیماری کم خونی ناشی از گویچه های قرمز داسی شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه های قرمز داسی شکل ژن نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در **سنین پایین معمولاً می میرند**. ژن نمود ناخالص ها  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه های قرمز آنها فقط هنگامی داسی شکل می شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

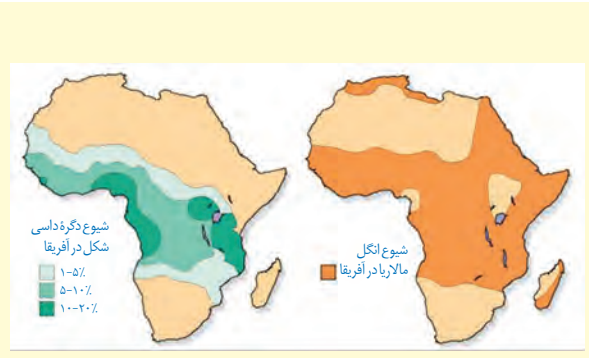


شکل ۹- نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

ژن شناسان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته اند که فراوانی دگره  $Hb^S$  در مناطقی که **مالاریا شایع است، بسیار بیشتر از سایر مناطق است**. بیماری مالاریا به وسیله نوعی انگل تک یاخته ای ایجاد می شود که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه های قرمز می گذراند. افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی  $Hb^A Hb^A$  هستند، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند. این انگل نمی تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم اند. بنابراین، وجود دگره  $Hb^S$  در این منطقه باعث بقای جمعیت می شود؛ حال آنکه این دگره در سایر مناطق، دگره مناسبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می دهد شرایط محیط، تعیین کننده صفتی است که حفظ می شود.

$Hb^A Hb^S$   
 $Hb^A Hb^A$  SS → ① ✓  
 $Hb^A Hb^S$  Ss → ① ✓  
 $Hb^S Hb^S$  ss → ② ✓

شکل ۱۰- شیوع دگره داسی در آفریقا  
شکل ۱۱- شیوع انگل مالاریا در آفریقا



**بیشتر بدانید**  
نقشه پراکنش جغرافیایی انگل مالاریا و بیماری کم خونی ناشی از گویچه های قرمز داسی در آفریقا.

$Hb^A Hb^A$  → ⑧  
 $Hb^A Hb^S$  → ①  
 $Hb^S Hb^S$  → ⑤

گونه‌های بسیاری روی کره زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا اینکه در طول زمان پدید آمده‌اند؟

**شواهد تغییر گونه‌ها**

شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند. در ادامه به این شواهد می‌پردازیم.

یک جاندار

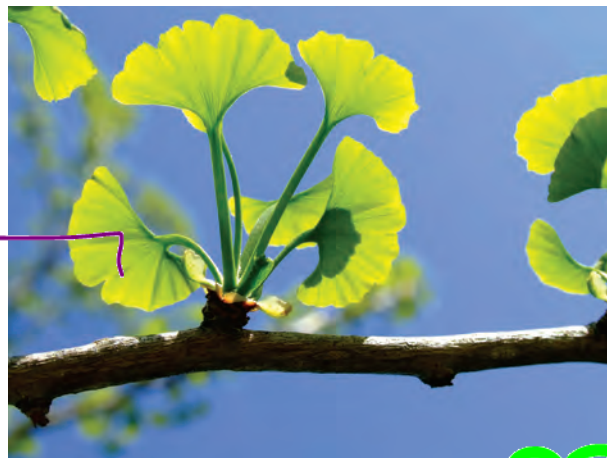
**الف) سنگواره‌ها:** در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوه تشکیل آنها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره عبارت بود از بقایای یک جاندار یا اثری از جاندار که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند. سنگواره‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. **دیرینه‌شناسان**، که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازند، دریافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل درخت گیسو. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است (شکل ۱۰).

تاریخچه زمین  
تاریخچه گیاهان

تاریخچه جانداران

تاریخچه انسان

فتو ترکیب



شکل ۱۰- برگ درخت گیسو و سنگواره آن

دیرینه‌شناسان در رد عمر یک سنگواره را تعیین کنند. آنان اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند. در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.



# اهتا (همتا) ← طرح ساختاری

## آنالوگ ← فضائیت

بیشتر بدانید

ساختارهای همتا

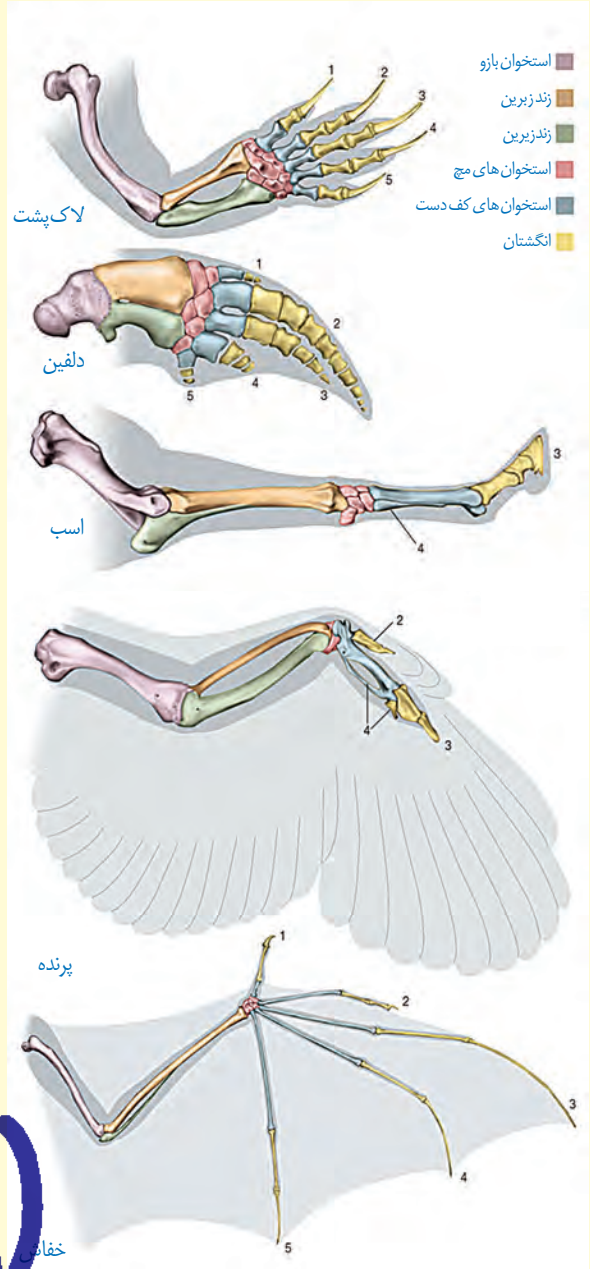
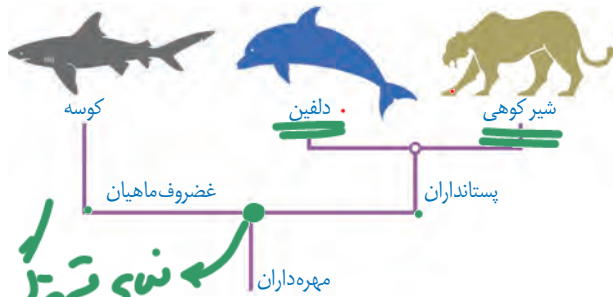
طرح ساختاری یکسان در اندام حرکتی جلویی بعضی از مهره‌داران

# کوستیجیل

طرح ساختاری متفاوت

**ب) تشریح مقایسه‌ای:** در تشریح مقایسه‌ای اجزای بکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند، «اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت چیست؟ زیست‌شناسان بر این باورند که این گونه‌ها، نیای مشترکی دارند یعنی اینکه در گذشته از گونه‌های مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱۱)، به همین علت این شباهت‌ها میان آنها دیده می‌شود. گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند گونه‌های خویشاوند می‌گویند.



خویشاوندی

نیای مشترک  
بستانند از اصل  
عقربند

شکل ۱۱- نیای مشترک و گونه‌های خویشاوند. از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود. دلفین با شیرکوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا با کوسه. بنابراین دلفین و شیرکوهی در یک گروه قرار می‌گیرند.

زیست‌شناسان از ساختارهای همتا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند. ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، **ساختارهای آنالوگ** می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) گرچه ساختارهای متفاوتی دارند. این ساختارها نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند. تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را

همتا





شکل ۱۲- بقایای پا در مار پیتون

مقایسه می کنیم، گاهی به ساختارهایی برمی خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای **وستیجیال** (به معنی ردپا) می نامیم.

مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه ای میان آن و دیگر مهره داران است (شکل ۱۲).

در واقع ساختارهای وستیجیال ردپای «تغییر گونه ها» هستند. شواهد متعددی در دست است که نشان می دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده اند.

وستیجیال این در  
 ← از زرد  
 ← حاک  
 ← لایموس  
 ← سوسمار  
 ← قفسه ای  
 ← تنوع

3) **مطالعات مولکولی:** مقایسه گونه ها را می توان در تراز ژنگان هم انجام داد. از این مقایسه

اطلاعات ارزشمندی به دست می آید. مثلاً اینکه کدام ژن ها در بین گونه ها مشترک اند و کدام ژن ها ویژگی های خاص یک گونه را باعث می شوند. همچنین، زیست شناسان از مقایسه بین دتای جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آنها استفاده می کنند. هرچه بین دتای دو جاندار شباهت بیشتر وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیکتری دارند. همچنین می توان به تاریخچه تغییر آنها پی برد. توالی هایی از دنا را که در بین گونه های مختلف دیده می شوند توالی های حفظ شده می نامند.

دنا (افزار گونه مشترک) (بلد ای دتوع دیگه نمزش)  
 بیشتر بدانید

توالی های حفظ شده در ژن یکی از پروتئین های باکتریایی. در بخش های قرمز، توالی ها کاملاً حفظ شده اند اما در بخش های زرد، کمتر حفظ شده اند. زیست شناسان در برخورد با ساختار یا توالی های حفظ شده از خود می پرسند این ساختار یا توالی چه اهمیت ویژه ای داشته است که همچنان حفظ شده و تغییر نکرده است؟ مثلاً چرا همه غشا های یاخته ای از دو لایه فسفولیپید تشکیل شده اند؟ به این ترتیب، زیست شناسان امروزی فقط به توصیف دنیای زنده بسنده نمی کنند بلکه با نگرشی چراجویانه به تجزیه و تحلیل آن نیز می پردازند.

M. smegmatis MC <sup>2</sup> 155	GGCCGCGCGCA	CGGT	AAGA	AAC	CAT	CAAGGC	CGGTT	CGCGG
M. goodii strain X7B	CGACGCGGCA	CGGT	AAGA	AAC	CGT	CAGT	GCC	CGGTT
M. vanbaalenii	GTTGGCGGG	CGGT	AAGA	AAC	CGT	CAACGC	CGAGGT	CACTC
M. sp. JLS	CGCCACCGCC	CGGT	AAGAAA	CGT	CAAGACC	CTCGG	CAACG	
M. sp. KMS	CGCCACCGCC	CGGT	AAGAAA	CGT	CAAGACC	CTCGG	CAACG	
M. marinum	GCGGCGGT	GGCGGT	AAGA	AAC	CGT	CAACAT	GTCTCGT	CAGG
M. avium 104	GCCGCAAGG	CGGT	AACA	AAC	CGT	AAAGT	GCACT	ACGGC
M. fortuitum	CGCCGCGCG	CGGT	AGGA	AAG	CATA	AGAT	CGGCGT	CGGCC
M. chubuense	GCGCCGGT	AGCGGT	AAGG	AAG	CGT	AAAGG	CTCTAGT	CAG
M. intracellulare ATCC 13950	CACGGT	AGCCCGGT	AGGA	AAC	CGT	CAACCA	CGCACCC	CAC
M. sp. MOTT36Y	CACGGT	AGCCCGGT	AGGA	AAC	CGT	CAACCA	CGCACCC	CAC
M. kansasii 824	GCGGAT	GACCGGT	AAGA	AAC	CGT	AAAGG	GCTCCG	CGCC
M. neoaurum	CCGCT	CGCACCGGT	AGGA	AAC	CGT	CAAT	GCC	CAGCT
M. yongonense	CACGGT	AGCCCGGT	AGGA	AAC	CGT	CAACCA	CGCACCC	CGCAC
M. sp. EPa45	CGGCGCGGCA	CGGT	AAGA	AAC	CGT	CAACAA	CGCGGT	TGCTG
M. sp. JS823	CAACCGAT	GGCGGT	AAGAAA	CGT	CAACGAA	CAGT	CGCGG	
M. haemophilum	ACGGCT	CAGT	CAAAA	TAC	CGT	CAAA	TGG	CGGCT
M. vaccae	GCGCCG	CAGGCGT	GT	AAGA	AAC	CGT	AGGAA	CGCCGT
M. rhodesiae	GACCA	CCCGCGGT	GT	AAGA	AAC	CGT	AAAGG	CGGCACT
M. sp. VKMAc-1817D	CGCCCGCGG	CGGT	AGGA	AAG	CATA	AGAT	CGGCGT	CGGCC

## گونه‌زایی

### ۲. تعریف جامع و تعریف نادریم X

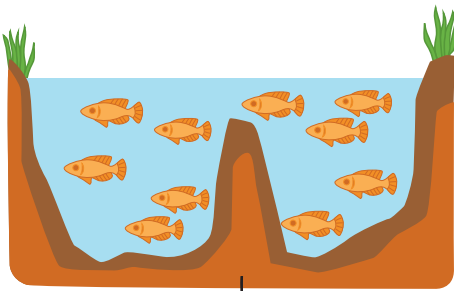
فرد  
کمزازا

تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدوده مشخصی کارآمدند. یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند: «گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیست‌زا و زایا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند». زیست‌زا در تعریف بالا، به جاندارانی گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد. همچنین، منظور از آمیزش موفقیت‌آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیست‌زا و زایا منجر شود. اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.

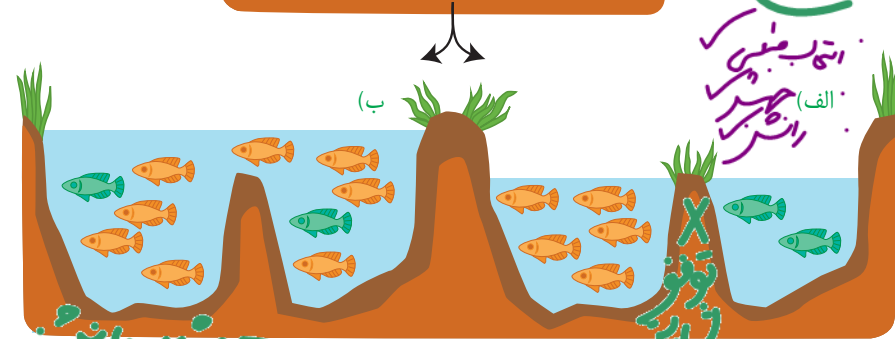
به‌طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی دگرمیهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی هم‌میهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد. در شکل ۱۳ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.

آمیزش موفقیت‌آمیز بنابر

دریا مان



جدایی جغرافیایی



انتخاب میهنی (الف) هم‌زیستی (ب)

شکل ۱۳- الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

**گونه‌زایی دگرمیهنی:** گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلاً در نتیجه پدیده کوه‌زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند. این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را - که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند - قطع می‌کنند و بین آنها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. از آنجا که شارش ژن میان آنها وجود ندارد، این تفاوت بیشتر و بیشتر می‌شود تا جایی که حتی اگر این دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آنها رخ نخواهد داد (مثلاً زمان تولیدمثل آنها فرق کند)؛ بنابراین می‌توان آنها را دو گونه مجزا به شمار آورد.

نادریم

# تفاوت سبزه تر



اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می افزاید.

**گونه زایی هم میهنی:** گاهی بین جمعیت هایی که در یک زیستگاه زندگی می کنند، جدایی نویدمندی

اتفاق می افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می شود. این نوع گونه زایی را **گونه زایی هم میهنی** می نامند. در گونه زایی هم میهنی، برخلاف گونه زایی دگر میهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی دهد.

پیدایش گیاهان **چندلادی (پلی پلویدی)**، مثال خوبی از گونه زایی هم میهنی است. چندلادی به تولید گیاهانی منجر می شود که زیستگاه و زیادهای آنها هستند اما نمی توانند در نتیجه آمیزش با افراد گونه نیایی خود، زاده های زیستگاه و زایا پدید آورند و بنابراین گونه ای جدید به شمار می روند.

گیاهان چندلادی بر اثر خطای میوزی ایجاد می شوند. می دانیم که جدانشدن فام تن ها در میوز به تشکیل گامت هایی با عدد فام تنی غیر طبیعی منجر می شود و اگر این گامت ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۴).

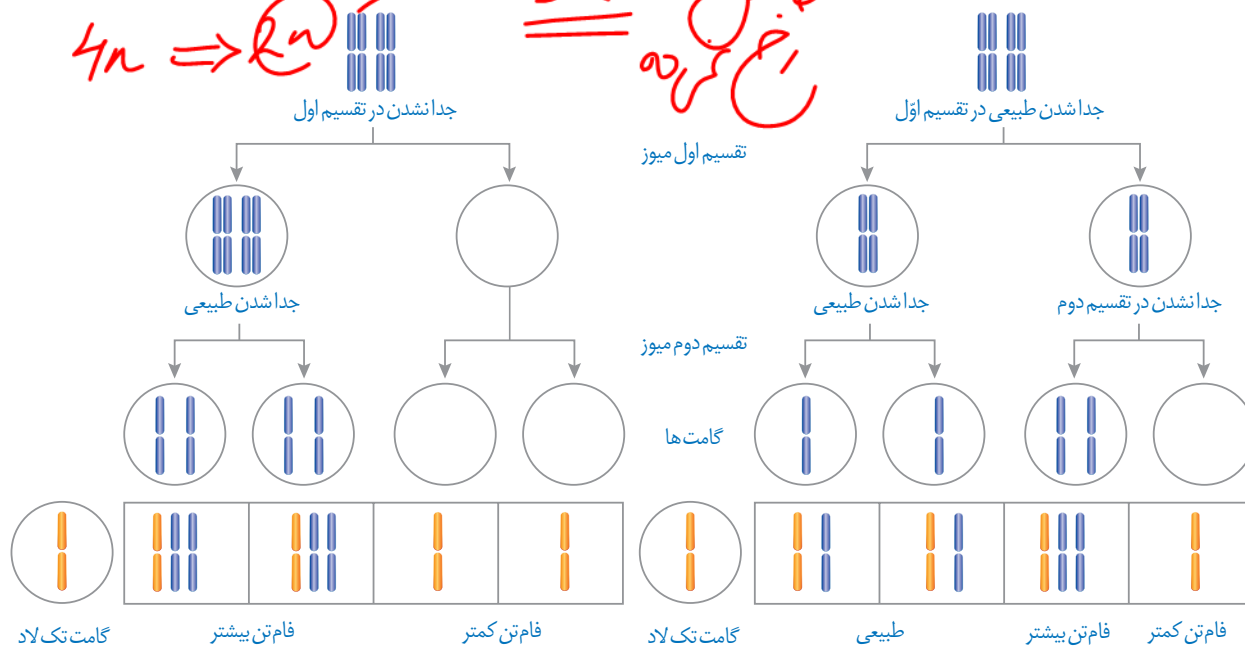
سبزه تر

نوع n

$2n \Rightarrow n$   
 $4n \Rightarrow 2n$

$3n$

کاهش رخ کرده



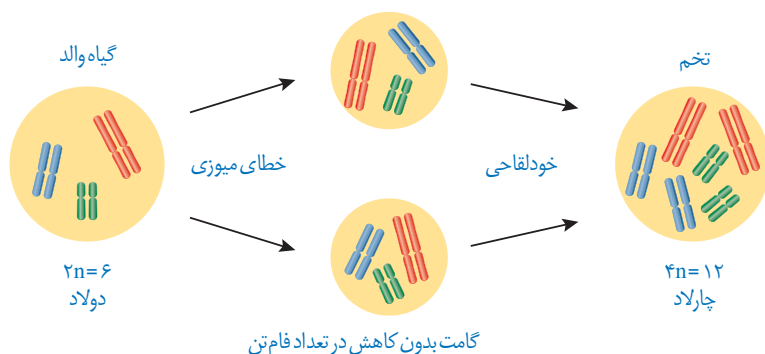
شکل ۱۴- نتیجه آمیزش گامت های حاصل از خطای میوزی با گامت سالم

در اوایل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دوری که با گیاهان گل مغربی ( $2n = 14$ ) کار می کرد، متوجه شد که یکی از گل های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد. وی با بررسی فام تن های آن دریافت که این گیاه به جای ۱۴ فام تن، ۲۸ فام تن دارد و بنابراین چارلاد (تتراپلوئید) ( $4n$ ) است. گامت هایی که گیاه چارلاد ایجاد می کند، دولا ( $2n$ ) اند نه تک لاد ( $n$ ).

اگر گامت های این گیاه با گامت های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم های حاصل سه لاد (تریپلوئید) ( $3n$ ) خواهند شد. گیاه سه لاد حاصل از نمو این تخم نازاست.

اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم  $4n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می شود، قادر به میوز بوده، بنابراین زیاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود ( $2n$  بودند) نمی تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی

تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند. شکل ۱۵ این سازوکار را برای گیاهی با ۶ فام تن نشان می دهد.



شکل ۱۵- چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد

## بیشتر بدانید

### مالاریا و گویچه های داسی شکل

با اینکه مقاومت افراد ناخالص ( $Hb^A Hb^S$ ) نسبت به مالاریا در دهه ۱۹۵۰ مشخص شد، اما چگونگی آن همچنان در حال بررسی است. دانشمندان در دهه ۱۹۷۰ دریافتند که سرعت داسی شکل شدن گویچه های قرمز، پس از ورود انگل مالاریا به آنها بین ۲ تا ۸ برابر افزایش می یابد. بر این اساس با مرتبط دانستن مقاومت افراد ناخالص با شکل داسی گویچه های قرمز، این فرضیه مطرح شد که «داسی شدن» به افزایش بیگانه خواری و در نتیجه از بین رفتن انگل می انجامد.

در سال های بعد نیز فرضیه های دیگری با تأکید بر شکل «داسی» این باخته ها ارائه شد. مانند این فرضیه که می گوید با داسی شدن گویچه ها، منافذی در غشا ایجاد می شود که نتیجه آن خروج مواد مغذی از باخته و روبه رو شدن انگل با کمبود غذا است. بدین ترتیب رشد انگل کند یا متوقف می شود.

در شرایطی که تصور می شد توضیحات قابل قبولی برای علت مقاومت به مالاریا وجود دارد، بررسی های بیشتر نشان داد که کندی رشد انگل مالاریا، در همه گویچه های قرمز در افراد ناخالص رخ می دهد و منحصر به گویچه های داسی شکل نیست.

در دهه ۲۰۱۰، فرضیه ای مبنی بر رناهای کوچک مکمل (فصل ۲) ارائه شد که بر مبنای آن، گویچه قرمز در افراد ناخالص رناهای کوچکی می سازد که به رنای انگل متصل و مانع از ترجمه آن می شوند و در نتیجه در فرایند رشد انگل اختلال به وجود می آید.

در همین دهه با نگاهی متفاوت، فرضیه ای بر اساس سازوکار بیماری زایی مالاریا در افراد  $Hb^A Hb^A$  ارائه شد. در این افراد، که گویچه های قرمز طبیعی دارند، مالاریا باعث چسبیدن گویچه ها به همدیگر و یا به دیواره رگ ها می شود که از نتایج آن آسیب بافتی و التهاب گسترده در رگ ها است. اما علت چسبندگی آنها چیست؟ انگل مالاریا در گویچه قرمز، پروتئینی می سازد که در غشای گویچه قرار می گیرد و باعث چسبندگی آنها می شود. در افراد ناخالص از واکنش اکسیژن با هموگلوبین جهش یافته، ماده ای تولید می شود که تلاش انگل را در فرستادن این پروتئین به سطح باخته، بی ثمر می سازد. در نتیجه گویچه های قرمز، چسبندگی نمی شوند و بیمار جان سالم به در می برد.

ارائه فرضیه های جدید همچنان ادامه دارد. شواهد جدید ممکن است فرضیه های قبل را تضعیف یا تقویت کند. باید منتظر بود تا قطعات بیشتری از این جورچین کشف شود. این ماهیت علم و نشانی از پویا بودن آن است. با بیشتر شدن دانش، پرسش های ما نیز بیشتر می شوند. پرسش های بیشتر، زمینه های اکتشاف بیشتری فراهم می کند. شاید کشف بعدی را «شما» انجام دهید.





فصل ۵

عده تونسیا از طرف فیم  
طور

ATP

## از ماده به انرژی انرژی بین فتون ATP

اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟

خی از انرژی تبدیل می‌شود

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد: انرژی مورد نیاز ما به شیوه یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از ماده مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.

به سفر می‌رویم



**طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**





1

افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده می نامند.

در کتاب «زیست شناسی ۲» با نمونه ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده آشنا شده اید، آیا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه های تامین آن در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل ۲). در این مثال کراتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود.



**بیشتر بدانید**  
**ارتباط با شیمی**  
 تعریف جامع و امروزی اکسایش و کاهش بر اساس داد و ستد الکترون است. از دست دادن الکترون به معنی اکسایش و گرفتن الکترون به معنی کاهش است.

مغز ← عوارض  
 بی عوارض ← عوارض  
 CP  
 محصول فرم (پسینیم)  
 شکل ۳- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده  
 عمل فسفات  
 الیزون کهنه ساکار  
 ساکاراز

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP، در روش دیگرند. در ساخته شدن اکسایشی، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکیزه ساخته می شود که در ادامه این فصل با آن آشنا می شوید. روش دیگر ساخته شدن ATP ساخته شدن نوری است که در سبزیسه انجام می شود (فصل ۶).

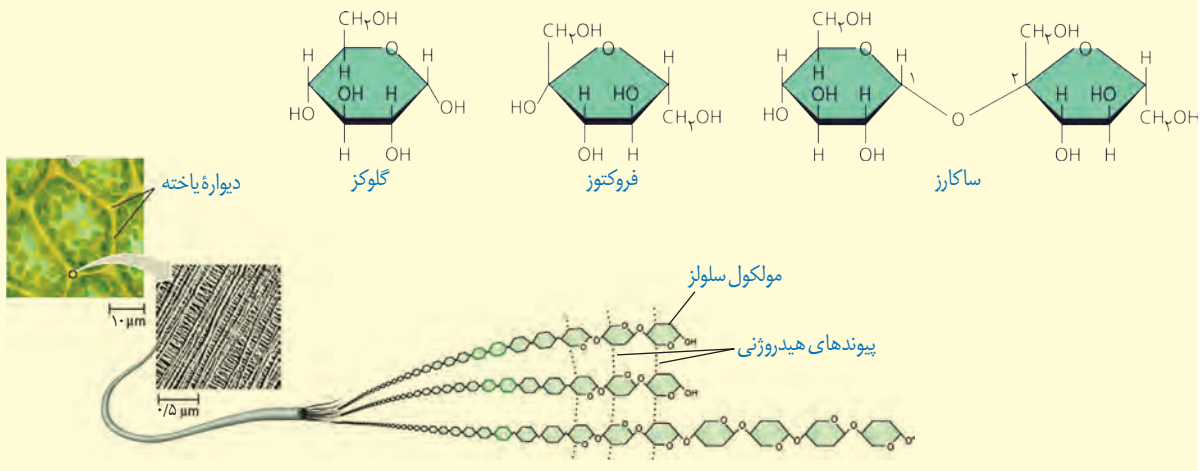
2

3

**بیشتر بدانید**

**کربوهیدرات ها**

کربوهیدرات ها دارای کربن، هیدروژن و اکسیژن اند. نقش انرژی زایی کربوهیدرات ها به خوبی شناخته شده است. این ترکیبات به علت داشتن پیوندهای هیدروژن- کربن، انرژی فراوانی در خود ذخیره و هنگام اکسایش آزاد می کنند. در یک نوع تقسیم بندی، کربوهیدرات ها را در سه گروه مونوساکاریدها (مانند گلوکز و فروکتوز)، دی ساکاریدها (مانند ساکارز) و پلی ساکاریدها (مانند سلولز، نشاسته و گلیکوژن) قرار می دهند. قند و شکر از ساکارز تشکیل شده اند. این دی ساکارید از مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است.





## زیستن با اکسیژن

اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز تنفس یاخته‌ای را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

**قندکافت (گلیکولیز)** اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیه گلوکز است که در ماده زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

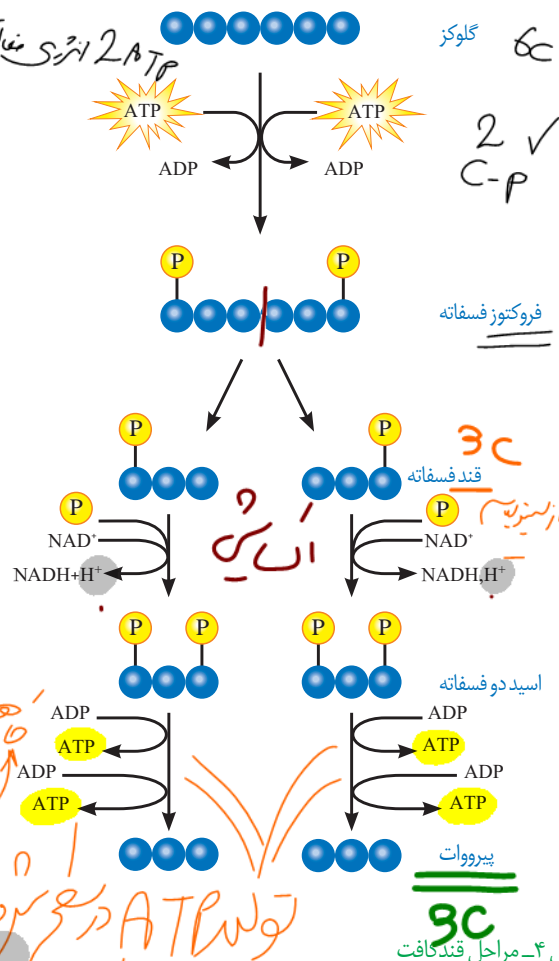
برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود.

در شکل ۴ می‌بینید که از گلوکز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنی فسفات به وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه کربنی

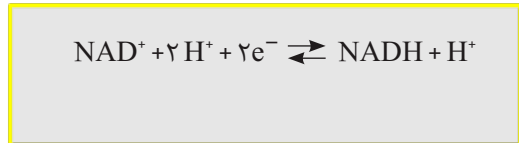
در نهایت به پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به وجود می‌آیند.

NADH حامل الکترون است. دو نواکلئوتید دارد و از NAD<sup>+</sup> با به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. NAD<sup>+</sup> و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند

(واکنش ۲). NAD<sup>+</sup> با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.



Handwritten notes in Persian: '2 NADH', '14', and 'تولید ATP در مرحله 3C'. There are also arrows pointing from these notes to the corresponding parts of the diagram.



واکنش ۲ - یک الکترون برای خنثی کردن NAD<sup>+</sup> به کار می‌رود. بنابراین محصول به صورت NADH + H<sup>+</sup> در واکنش نوشته می‌شود.

**فعّالیت ۱**

گفت‌وگو کنید  
همان طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که درباره تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟

Handwritten notes in Persian: '1 - 4 / 2', '2', and 'www.mrzist.org'.







وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

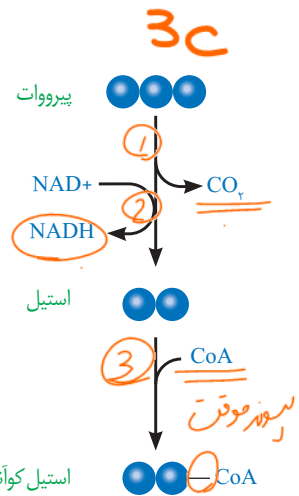
زیست‌شناسی (۳) - پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۲۲۱۶  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری  
سید علی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، خدابخش بهزادی، علی هاتف سلمانیان، الهه علوی،  
اعظم غلامی و بهمن فخریان (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
سید علی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، الهه علوی، اعظم غلامی و بهمن فخریان (اعضای  
گروه تألیف) - بهمن فخریان (ویراستار علمی) - شیما شریفی، سهیلا عابدینی (ویراستار ادبی)  
اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی  
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - احسان رضوانی  
(طراح گرافیک، طراح جلد و صفحه‌آرا) - الهه بهین، مریم دهقان زاده (تصویرگر و رسام) - فاطمه باقری مهر،  
زهره ایمانی نصر، زهرا رشیدی مقدم، نوشین معصوم دوست، فاطمه پزشکی و ناهید خیام‌باشی (امور  
آماده‌سازی)  
تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۹۲۶۶-۸۸۳۰، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۳۵۹  
وبگاه: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir) و [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir)  
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)  
تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹  
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ چهارم ۱۴۰۰

نام کتاب:  
پدیدآورنده:  
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:  
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:  
مدیریت آماده‌سازی هنری:  
شناسه افزوده آماده‌سازی:  
نشانی سازمان:  
ناشر:  
چاپخانه:  
سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۳۱۳۲-۷  
ISBN: 978-964-05-3132-7

2

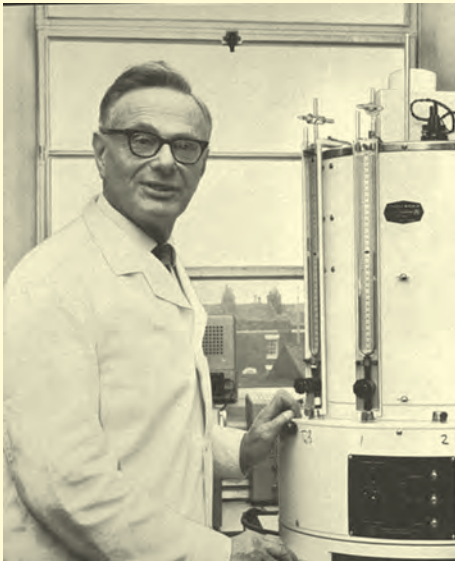
**اکسایش پیرووات:** گفتیم که در انتهای قندکافت، پیرووات به وجود می آید. این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکتور می شود و در آنجا اکسایش می یابد. پیرووات در راکتور یک کربن دی اکسید از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد. در این واکنش NADH نیز به وجود می آید (شکل ۶).  
 اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام چرخه کربس، NADH در بخش داخلی راکتور انجام می گیرد که در گفتار بعدی به آن می پردازیم.



شکل ۶- اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

**بیشتر بدانید**

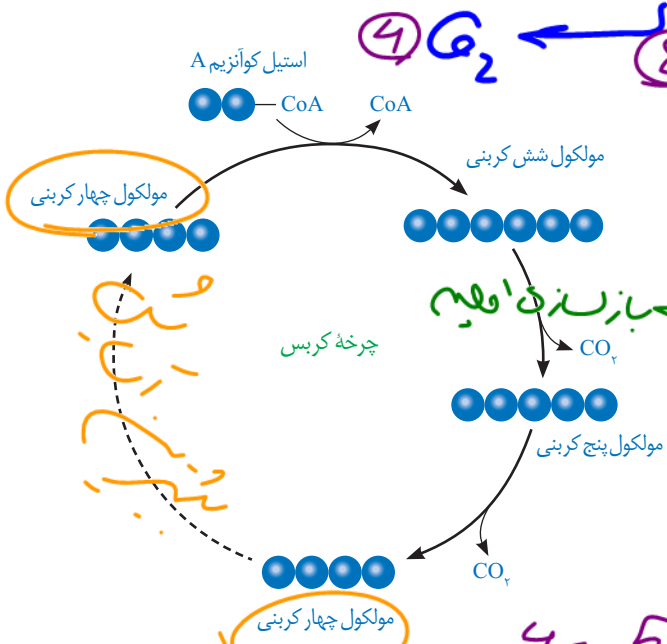
**دانشمند موفق**



هانس آدولف کربس فیزیک دان و زیست شیمی دان آلمانی متولد بریتانیا (۱۹۰۰-۱۹۸۱) بسیاری از مراحل اکسایش پیرووات را کشف و معرفی کرد. به همین علت این چرخه، چرخه کربس نامیده شد. او در سال ۱۹۵۳ به همراه دانشمندی دیگر، موفق به دریافت جایزه نوبل در زمینه کار اندام شناسی (فیزیولوژی) و پزشکی شد. از نظر کربس دانشمند موفق، فردی است که مهارت های فنی و علمی لازم را برای کسب موفقیت های بیشتر با استفاده از امکانات موجود داشته باشد. همچنین، در راه رسیدن به هدف، سختی ها را تحمل کند و نتایج پژوهش را به روشنی ارائه دهد.

# تجزیه کامل

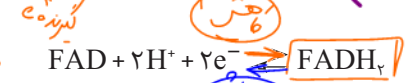
مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های  $CO_2$  تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می شود.



شکل ۷ ترسیم ساده ای از وابع کلی چرخه کربس را نشان می دهد. در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می شود. پس از آن در طی واکنش های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می دهد، دو اتم کربن به صورت  $CO_2$  آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس، مولکول های  $NADH$ ،  $FADH_2$  و  $ATP$  در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند.

$FADH_2$  ترکیبی نرگلتوتیددار و همانند  $NADH$  حامل الکترون است.  $FADH_2$  از  $FAD$  ساخته می شود (واکنش ۳).



به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول های  $CO_2$  تجزیه می شود. انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن  $ATP$  و مولکول های حامل الکترون ( $NADH$  و  $FADH_2$ ) می شود.

## تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته ای  $ATP$  به وجود می آید. جالب است بدانیم که مولکول های  $NADH$  و  $FADH_2$  نیز برای تولید  $ATP$  مصرف می شوند. چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون برای تولید  $ATP$  به کار می رود؟

همچنین براساس رابطه کلی تنفس یاخته ای می دانیم که در این فرآیند آب نیز تشکیل می شود. آب چگونه در این فرآیند تولید می شود؟ پاسخ این پرسش ها در زنجیره انتقال الکترون در غشای درونی راکتیزه نهفته است.

فضای درونی میتوکندری

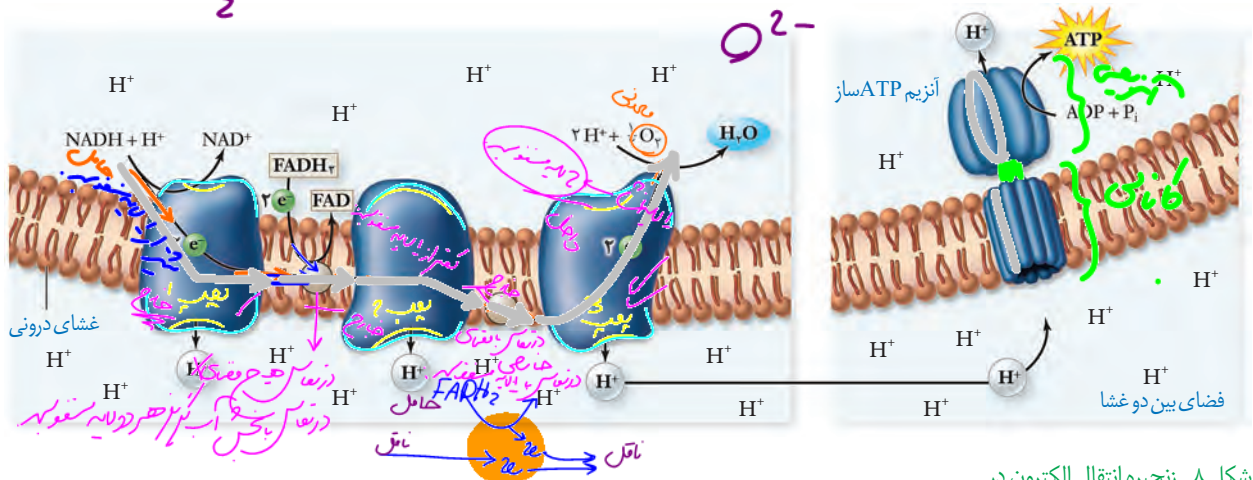
Flavin Adenine Dinucleotide



## 3 سبب / نقل زنجیره انتقال الکترون 2 نوع Proton نقل 2 نقل 1

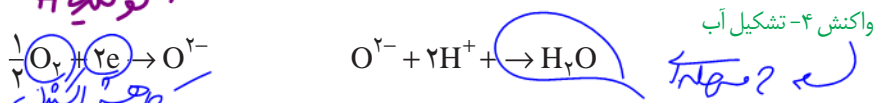
این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. **بعضی (یعنی) از انرژی عبور استغافه!!**

در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.



شکل ۸- زنجیره انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP

یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند (واکنش ۴).



اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های  $H^+$ ) در سه محل از زنجیره انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرا انرژی  $NADH$  و  $FADH_2$  فراهم می‌شود.

انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟

با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد. پروتون‌ها بر اساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیش روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ساز ATP** است. پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.



از زنجیره انتقال الکترون عبور  $H^+$  از انرژی عبور  $H^+$  در اکثر ATP از انرژی عبور  $H^+$  تولید ATP

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP

است؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چپن خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

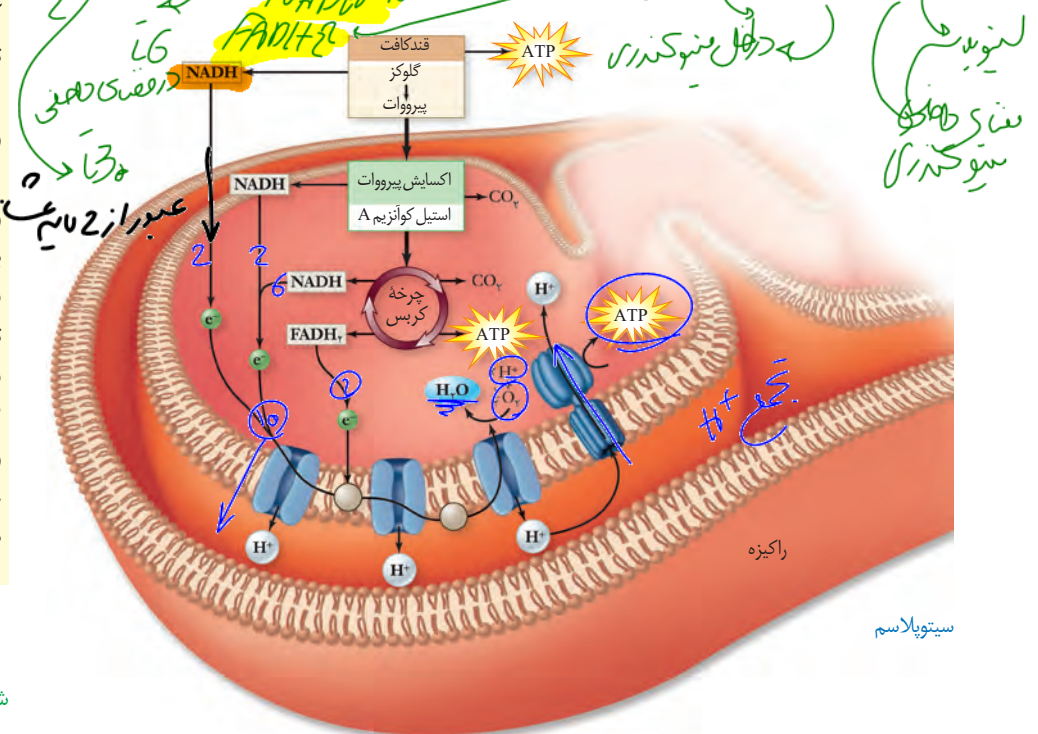
## مروری بر تنفس یاخته‌ای

### بیشتر بدانید

#### ویتامین‌های B و تنفس یاخته‌ای

شاید شنیده باشید که ویتامین‌های گروه B برای سلامت مغز و اعصاب ضروری اند. یکی از دلایل آن عملکرد انواعی از ویتامین‌های B به عنوان کوآنزیم در واکنش‌های مربوط به تنفس یاخته‌ای است. مثلاً تشکیل استیل کوآنزیم A وابسته به حضور ویتامین B<sub>۱</sub> (تیامین) است. جالب است که مغز حدود دو درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد، اما بیش از ۲۰ درصد انرژی مصرفی در بدن را استفاده می‌کند. بنابراین تغذیه نامناسب می‌تواند بر کارکرد درست مغز از طریق تأثیر بر میزان ATP تولید شده، اثر منفی بگذارد. ویتامین B<sub>۲</sub> (ریبوفلاوین) و ویتامین B<sub>۳</sub> (نیاسین) نیز در تنفس یاخته‌ای نقش کوآنزیمی دارند.

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که می‌بینید فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود. پیرووات به راکیتره می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن دی‌اکسید، ATP، NADH، FADH<sub>۲</sub> و آب تولید می‌شوند.



شکل ۹- خلاصه‌ای از تنفس هوازی

## فعالیت ۳

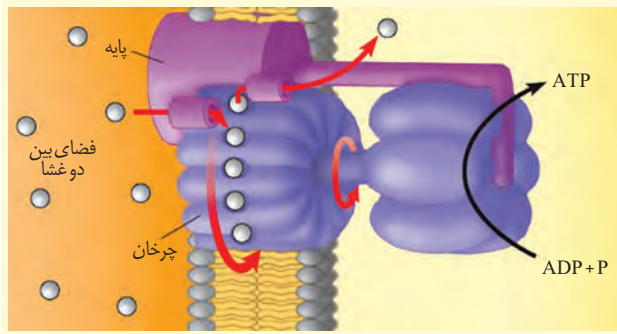
### ارائه دهید

با استفاده از شکل ۹، به‌طور گروهی طرحی تصویری و نوشتاری از تنفس یاخته‌ای تولید و سعی کنید حداقل واژه‌ها را به کار ببرد. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و به صورت‌های متفاوت تولید کنید.

### بیشتر بدانید

#### موتور چرخنده

آنزیم ATP‌ساز در واقع مجموعه‌ای پروتئینی است که مانند یک موتور چرخنده عمل می‌کند. این موتور دارای پایه، قسمت چرخان و سر است. کانالی که پروتون‌ها می‌توانند از آن عبور کنند، در پایه قرار دارد و از دو نیمه تشکیل شده است. دو نیمه کانال رو به روی هم قرار ندارند. پروتون وارد یک نیمه کانال می‌شود و سپس از یک زیر واحد به زیر واحد دیگر از بخش چرخنده متصل و به نیمه دیگر کانال منتقل و باعث چرخش چرخنده می‌شود. این چرخش به سر، منتقل و سبب می‌شود که سر در وضعیت مناسب برای ساختن ATP قرار گیرد.



## بیشتر بدانید

### انرژی در دسترس

مقدار انرژی آزاد شده از اکسایش گلوکز در آزمایشگاه در شرایط استاندارد ۶۸۶ Kcal/mol است. اگر در تنفس یاخته‌ای از یک مولکول گلوکز ۳۰ ATP تولید شود، با توجه به اینکه هر ATP حدود ۷/۳ Kcal/mol انرژی دارد، بنابراین بازده فرایند تنفس حدود ۳۲ درصد خواهد بود که بسیار بیشتر از دستگاه‌های ساخت بشر است که در آنها تبدیل انرژی صورت می‌گیرد.

## تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

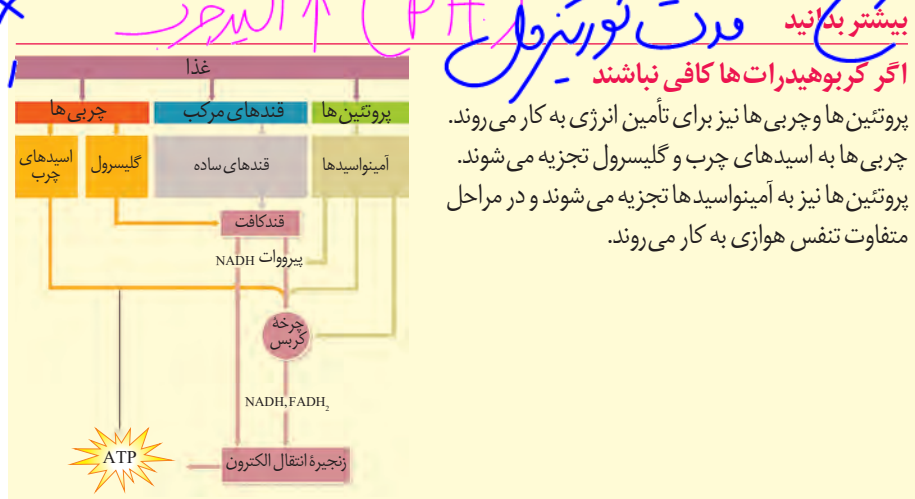
اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ ATP است. باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخه کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود.

یاخته‌های پستان ما به طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی در اختیار ندارند.

## بیشتر بدانید

### بیشتر ATP

باکتری‌ها را کیزه ندارند؛ در نتیجه قندکافت و چرخه کربس در سیتوپلاسم باکتری‌های هوازی انجام می‌شوند. بنابراین به ازای اکسایش هر مولکول گلوکز در تنفس یاخته‌ای در باکتری‌ها تا ۳۲ ATP ممکن است تولید شود.



## فعالیت ۴

### گفت‌وگو کنید

شاید دیده باشید که در دانه‌های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آنها رشد و نمو می‌کنند. با توجه به اینکه این دانه‌ها خشک اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می‌شود؟



تخمیر

مصول بی هوازی  $H_2$

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است. آیا تجزیه گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟ در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می‌شود؟

تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم.

تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفات‌ها همراه با ایجاد  $NADH$  از  $NAD^+$  است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت،  $NAD^+$  ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها  $NAD^+$  به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم.

**تخمیر الکلی:** ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن  $CO_2$ ، به اتانال تبدیل می‌شود. اتانال با گرفتن الکترون‌های  $NADH$  اتانول ایجاد می‌کند.

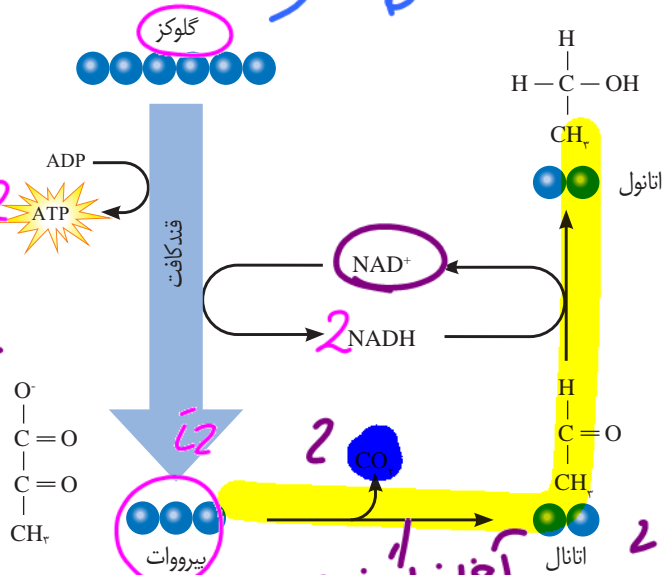
بیشتر بدانید

تخمیر الکلی در پخت نان

*Saccharomyces cerevisiae* قارچی تک یاخته‌ای است که نشاسته را تجزیه می‌کند. در فرایند تولید نان، این قارچ به خمیر اضافه و خمیر در شرایط مناسب نگه‌داری می‌شود.  $CO_2$  حاصل از تخمیر الکلی در خمیر حباب‌هایی ایجاد می‌کند که سبب ورآمدن یا رسیدن خمیر و در نتیجه تردی نان می‌شود. اتانول تولید شده در خمیر بر اثر حرارت، تبخیر می‌شود. قارچ، راکیزه دارد، اما می‌تواند به روش تخمیر انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.



طرح پرسش از فرمول ساختاری مواد شیمیایی در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.



$NADH \rightarrow e^- \rightarrow$  اتانول  
 $NAD^+ \rightarrow$  اتانول

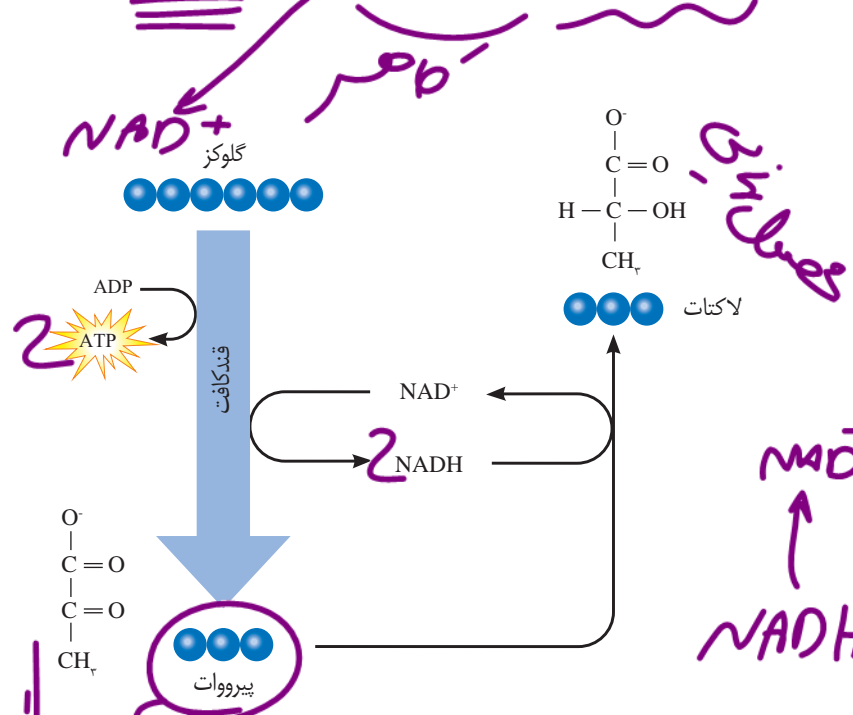
شکل ۱۰- تخمیر الکلی  
 نش یسولن هوازی: گلیکولیز → آنزیم‌های → پیرووات → آنزیم‌های → اتانول → آنزیم‌های → اتانول +  $CO_2$   
 تخمیر: گلیکولیز → پیرووات → اتانول +  $CO_2$



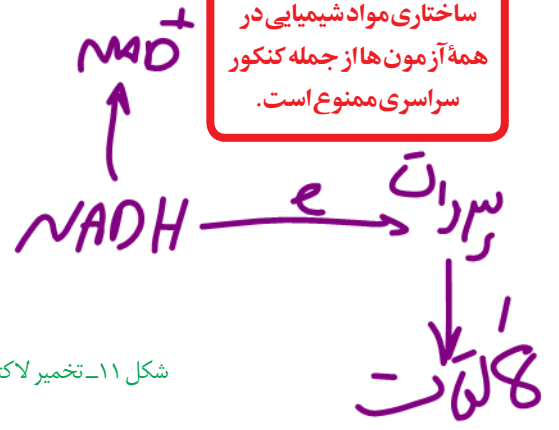
# سلول ها هم ارتباطی = کار

## عمل تخمیری

**تخمیر لاکتیکی:** در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟  
 فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قند کافت وارد ایزومر هانمی شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NAD<sup>+</sup> به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).



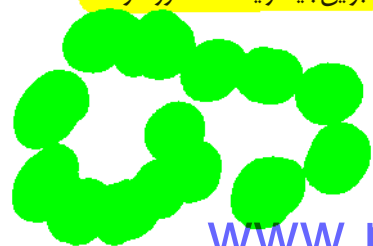
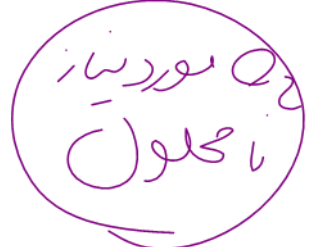
طرح پرسش از فرمول ساختاری مواد شیمیایی در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.



شکل ۱۱- تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فرآورده‌های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فرآورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

**تخمیر در گیاهان:** گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پارانشیمی (نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبی و شش‌ریشه در درخت خزان سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.  
 به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود. هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.



## سلامت بدن: پاداکسندها

### بیشتر بدانید

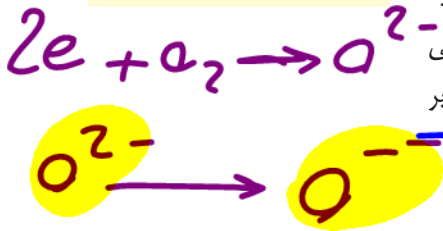
#### تنفس یاخته ای بی هوازی

انواعی از باکتری‌ها وجود دارند که می‌توانند در محیط‌های بدون اکسیژن زندگی کنند. این جانداران انرژی مورد نیاز خود را از طریق تنفس یاخته ای بی هوازی به دست می‌آورند. گیرنده نهایی الکترون در این باکتری‌ها اکسیژن نیست، بلکه ماده ای معدنی مانند سولفات است.

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهنده بافت‌های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟

دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید ( $O^{2-}$ ) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن ( $H^+$ ) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند.

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسندهایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسندها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.



سابقاً  
۱۵٪ زخم‌های

**تجمع رادیکال‌های آزاد:** آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش بینی می‌کنید؟

مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازنده یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند.

عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

### بیشتر بدانید

#### سلاح شیمیایی

دولت بعث عراق در جنگ هشت ساله علیه ایران بمب‌های شیمیایی دارای هیدروژن سیانید را به کار برد. هیدروژن سیانید با توقف زنجیره انتقال الکترون در راکیزه سبب مرگ افراد با حالتی شبیه خفگی می‌شود. دور کردن افراد از محل حادثه، استفاده از ماسک اکسیژن و تنفس مصنوعی از اقدامات مؤثر در نجات جان این افراد است.

**اثر الکل:** مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوسیدن مشروبات الکلی است.

**نقص ژنی:** گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

حتی سازی رادیکال‌های آزاد تسبی به ساختن، ۱۵٪ باره!

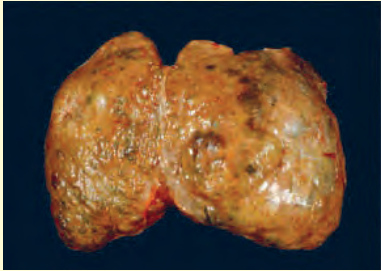
**توقف انتقال الکترون:** مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. **سیانید** یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به  $O_2$  را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود. از ریست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن اند.

پر کردن جا به جا  
فعال  
مانع تولید یون  
از آب

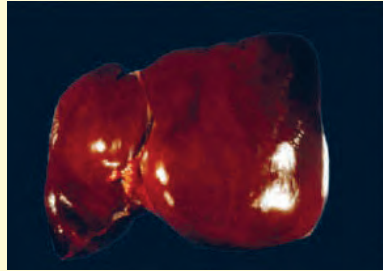
### بیشتر بدانید

#### الکل و سرطان کبد

اثر منفی دیگر الکل بر کبد، به تجزیه چربی‌ها در کبد مربوط می‌شود. سیروز کبدی از عوارض مصرف درازمدت الکل است. این وضعیت به علت اثر منفی الکل بر تجزیه چربی‌ها ایجاد می‌شود. در این بیماری، چربی در یاخته‌های کبدی افراد الکلی تجمع می‌یابد. تجمع چربی مانع از عملکرد درست کبد می‌شود. سیروز کبدی احتمال ابتلا به سرطان کبد را افزایش می‌دهد.



کبد سیروزی



کبد سالم



## فصل ۶

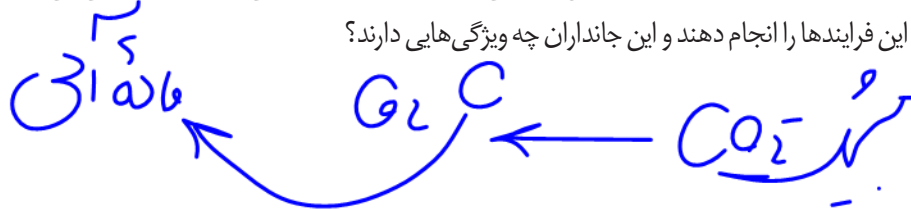
انرژی: مدار در بین

از انرژی به ماده فتوسنتز

نور خورشید  
مواد معدنی

ATP

دانشتیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌شود. اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟ چه فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟





طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

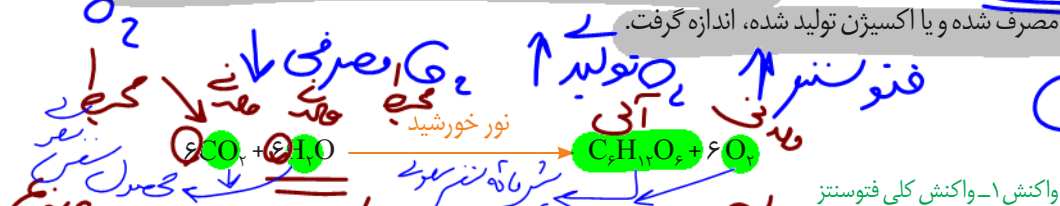




# گفتار ۱

## فتوستنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می دانید گیاهان در فرایند فتوستنتز  $CO_2$  را استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند (واکنش ۱). بر این اساس می توان میزان فتوستنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.



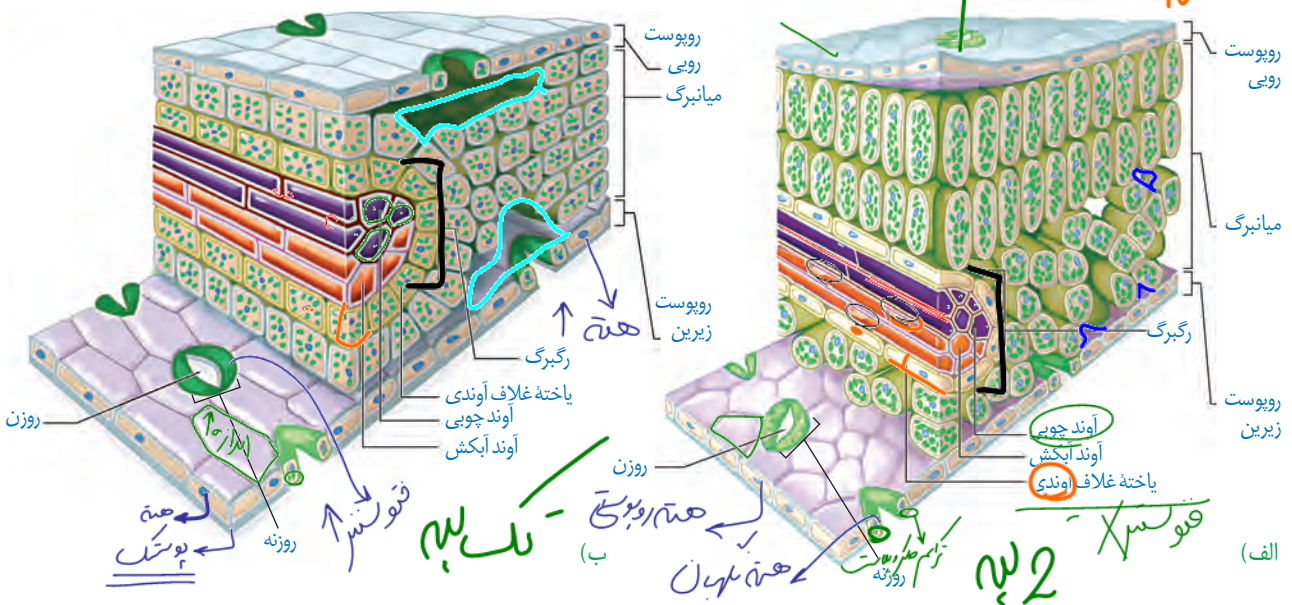
برای اینکه جاندار بتواند فتوستنتز انجام دهد چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوستنتز می کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

### برگ ساختار تخصص یافته برای فتوستنتز

برگ که مناسب ترین ساختار برای فتوستنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزیسه دارد همان طور که می دانید. فتوستنتز در سبزیسه ها انجام می شود.

برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک دمبرگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویی و زیرین به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته های پارانشیمی است. در شکل ۱- الف میانبرگ از یاخته های پارانشیمی نرده ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان طور که در این شکل می بینید، یاخته های نرده ای بعد از روپوست

شکل ۱- ترسیمی از برگ  
الف) نمونه ای گیاه دولپه  
ب) نمونه ای گیاه تک لپه



# فضای سبز سلولها

## فضای سبز بعضی

روبی قرار دارند و به هم فشرده اند، در حالی که یاخته های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱-ب).

**بیشتر بدانید**

**گوناگونی شکل برگ ها**



برگ ذرت، دمبرگ ندارد.

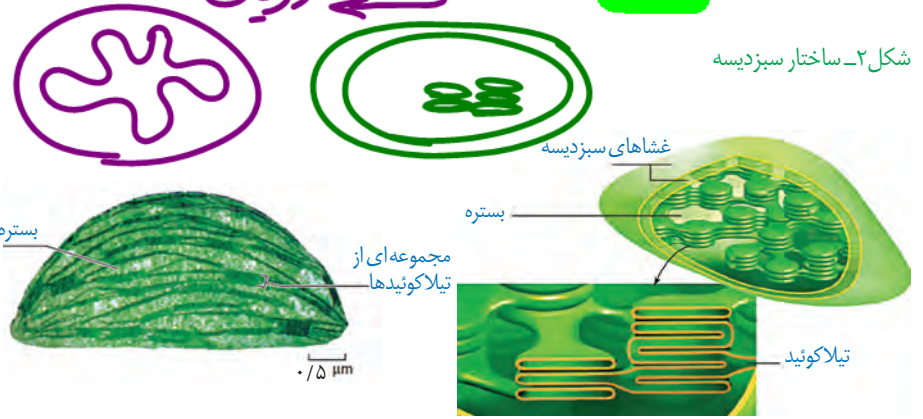


برگ مرکب از تعدادی برگچه تشکیل شده است، مانند برگ درخت گردو.



لبه برگ بعضی گیاهان کنگره دار است، مانند برگ درخت بلوط.

**سبزدیسه:** سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه ای غشایی به نام **تیلاکوئید** به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و **بستره** تقسیم شده است. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲). بستره دارای دنا، رنا و رناتن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می تواند بعضی پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می تواند به طور مستقل تقسیم شود.



شکل ۲- ساختار سبزدیسه

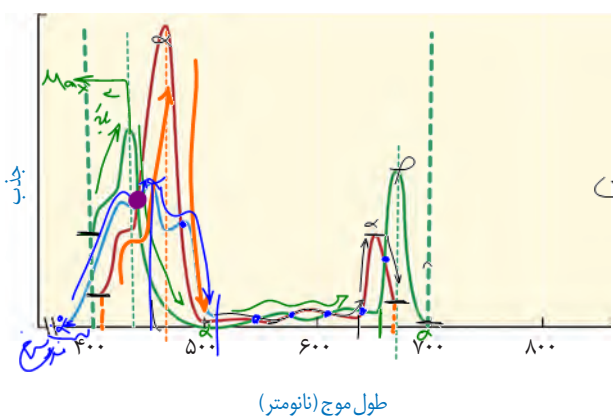
(ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

(الف) ترسیمی

### فعالیت ۱

#### گفت و گو کنید

سبزینه همان طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می شود. با توجه به آنچه در سال گذشته درباره بینایی آموختید، توضیح دهید چرا به رنگ سبز دیده می شود؟



طول موج (نانومتر)

شکل ۳- طیف جذبی رنگیزه های فتوسنتزی. سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

رنگیزه های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد. در گیاهان سبزینه های a و b وجود دارند. بیشترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش-آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی-قرمز) است. گرچه حداکثر جذب آنها در هر یک از این محدوده ها با هم فرق می کند. کاروتنوئیدها به رنگ های زرد، نارنجی و قرمز دیده می شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).



## فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

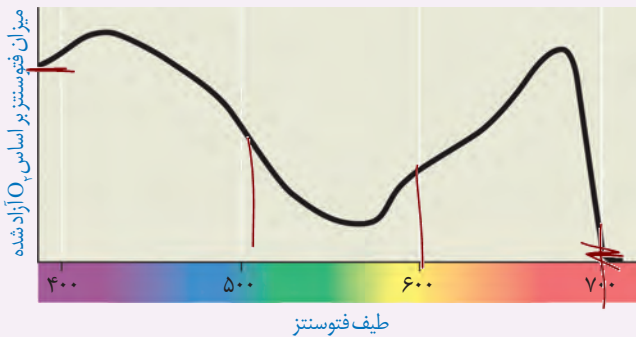
رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی به نام **فتوسیستم ۱** و **۲** قرار دارند. هر فتوسیستم شامل **آنتن‌های گیرنده نور** و **یک مرکز واکنش** است. هر آنتن که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است. انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل **a** است که در بستری پروتئینی قرار دارند. حداکثر جذب سبزینه **a** در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج **۷۰۰ نانومتر** و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲، در طول موج **۶۸۰ نانومتر** است. بر همین اساس، به سبزینه **a** در فتوسیستم ۱، **P۷۰۰** و در فتوسیستم ۲، **P۶۸۰** می‌گویند.

فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول‌ها می‌توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

### ارائه دلیل

### فعالیت ۲

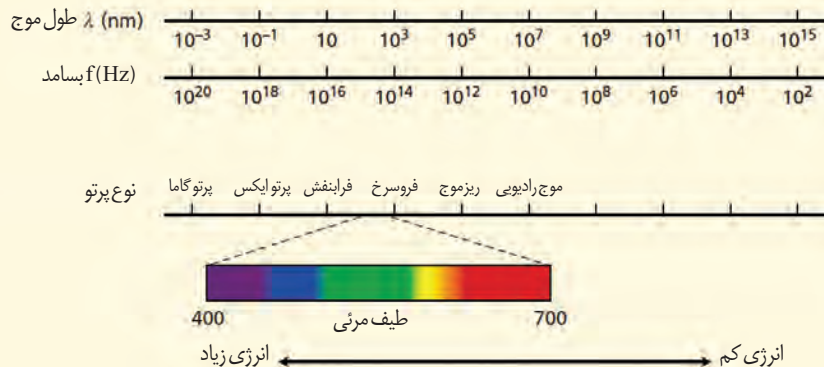
نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می‌دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به دست می‌آورید، بنویسید.



### بیشتر بدانید

#### طیف الکترومغناطیس

بخش مرئی نور، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیس است. طیف الکترومغناطیس را در کتاب فیزیک ۳ مطالعه می‌کنید.









واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش‌های وابسته به نور

و مستقل از نور قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می‌پردازیم.

**واکنش‌های وابسته به نور: واکنش‌های تیلاکوئیدی**

وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، **الکترون برانگیخته** می‌گویند، زیرا پرا انرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آنتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینه a و خروج الکترون از آن می‌شود (شکل ۵). الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول  $NADP^+$  می‌رسد (شکل ۶).

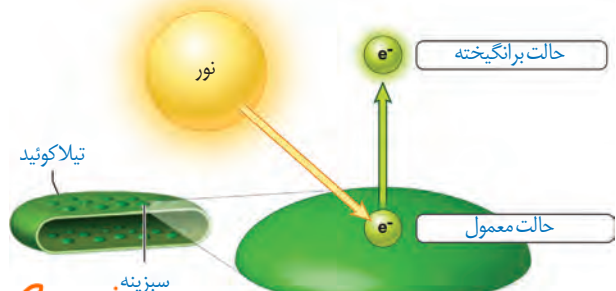
دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و دیگری بین فتوسیستم ۱ و  $NADP^+$  قرار دارد.

$NADP^+$  با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول  $NADPH$  تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

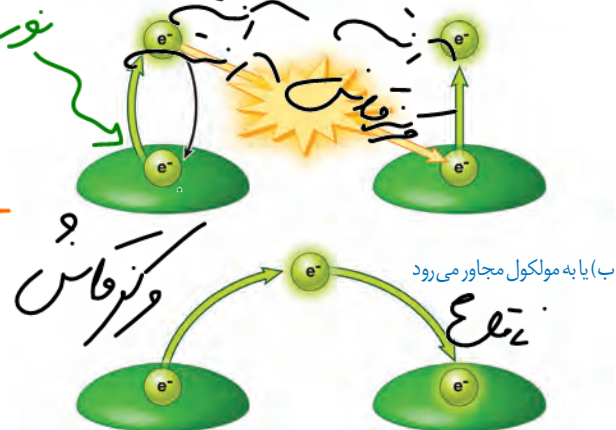


با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱

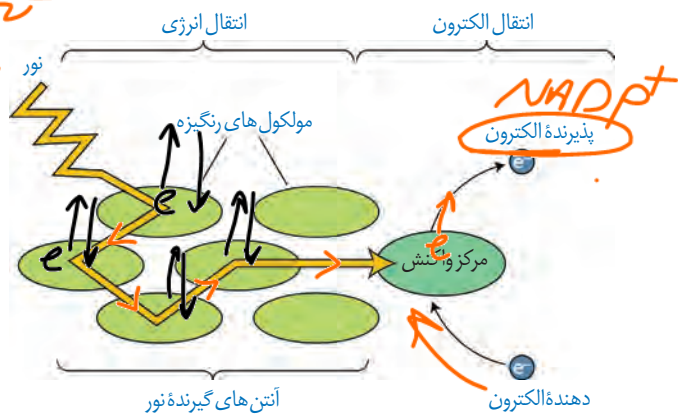
ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور



الف) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می‌کند و به سطح انرژی قبلی خود برمی‌گردد.



شکل ۴- ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



شکل ۵- انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

۱- Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

منوعه

P68

**بیشتر بدانید**

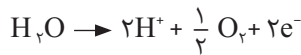
**نام گذاری فتوسیستم ها**

شاید انتظار داشته باشید چون فتوسیستم ۲ قبل از فتوسیستم ۱ فعالیت می کند، نام آنها برعکس باشد. اما به این دلیل که ابتدا فتوسیستم ۱ کشف شده بود، فتوسیستم بعدی را فتوسیستم ۲ نامیدند. فتوسیستم ۲ در دهه ۵۰ میلادی و چند سال بعد از فتوسیستم ۱ شناسایی شد.

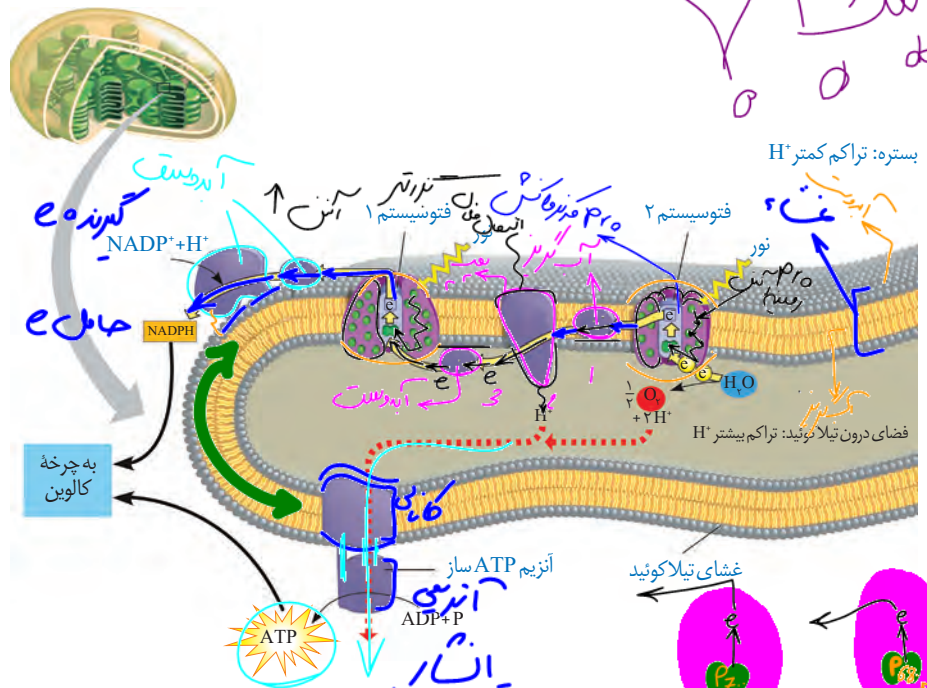
را جبران می کند، اما کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می شود؟

**تجزیه نوری آب:** به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می بینید، مولکول های آب تجزیه می شوند و الکترون های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می گویند.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲ الکترون، پروتون، اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می کنند و پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می یابند.



واکنش ۳ - تجزیه آب  
تلاکوئید



شکل ۶ - طرحی از فتوسیستم ها و انتقال الکترون در واکنش های نوری

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی است که یون های  $H^+$  را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود.

همچنین دانستیم که تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید. در نتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می شود.

پروتون ها بر اساس شیب غلظت خود می خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند پس به تون ها از چه راهی به بستره می روند؟

در غشای تیلاکوئید مجموعه ای پروتئینی به نام **آنزیم ساز ATP** وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم

بسیار خارج

# انرژی حاصل شده

ATP ساز در راکیزه است. پروتون ها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می دهد، همراه با عبور پروتون ها از این آنزیم، ATP ساخته می شود.

به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، ساخته شدن نوری ATP می گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می افتد.

**واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن** مولکول  $C_6$

می دانیم که در فتوسنتز، مولکول های  $CO_2$  به قند تبدیل می شوند. ساخته شدن این مولکول همانند نجزیه آن به یکباره رخ نمی دهد.

عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در  $CO_2$ ، کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تأمین می شوند.

ساخته شدن قند در چرخه ای از واکنش ها، به نام چرخه کالوین رخ می دهد (شکل ۷). این واکنش ها در بستره سبزدیسه انجام می شوند.

در چرخه کالوین  $CO_2$  با قندی پنج کربنی به نام **ریبولوز بیس فسفات** ترکیب می شود. مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می شود. افزوده شدن  $CO_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم **روبیسکو** (ریبولوز بیس فسفات) انجام می شود.



این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

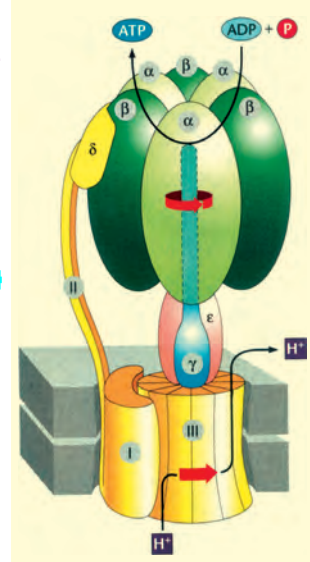
این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

این واکنش با آنزیم **روبیسکو** انجام می شود.

## بیشتر بدانید

### آنزیم ATP ساز در سبزدیسه

شکل زیر طرحی از آنزیم ATP ساز را در غشای تیلاکوئید نشان می دهد. با عبور پروتون از بخش کانال این آنزیم، سر می چرخد و در جهت مناسب برای ترکیب ADP با فسفات قرار می گیرد. در نتیجه ATP ساخته می شود.



## بیشتر بدانید

### ارتباط با شیمی

در کتاب شیمی ۳ با مفهوم عدد اکسایش اتم در گونه ترکیب و چگونگی تعیین آن آشنا شده اید.



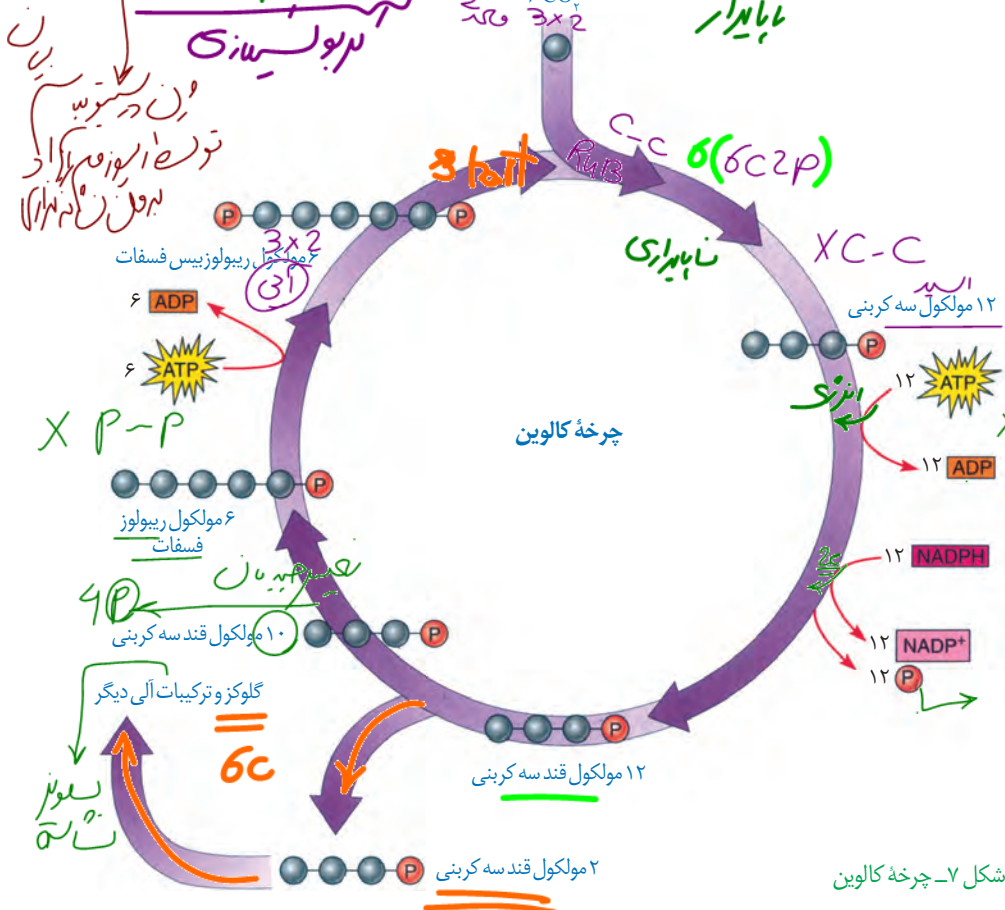
این واکنش در سبزدیسه رخ می دهد.

این واکنش در سبزدیسه رخ می دهد.

این واکنش در سبزدیسه رخ می دهد.

این واکنش در سبزدیسه رخ می دهد.

این واکنش در سبزدیسه رخ می دهد.



شکل ۷- چرخه کالوین





**شناسایی چرخه کالوین**

کشف مواد پرتوزا این امکان را به محققان داد تا با استفاده از این مواد، فرایندهای زیستی را شناسایی کنند. یکی از این فرایندها فتوسنتز بود. ملوین ایلین کالوین و همکارانش با ردیابی  $^{14}C$  در جلبک تک یاخته‌ای سبز، توانستند مراحل متفاوت این فرایند را شناسایی کنند. کالوین که زیست‌شیمی دان بود، از پدرمادری روس که به آمریکا مهاجرت کرده بودند در سال ۱۹۱۱ به دنیا آمد (مرگ ۱۹۹۷). کالوین در سال ۱۹۶۱ موفق به دریافت جایزه نوبل در شیمی برای تحقیقاتش در فتوسنتز شد.



فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و به مولکول اسید سه کربنی ایجاد می‌کند. این مولکول‌ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می‌شوند. همان طور که در شکل ۷ می‌بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوز بیس فسفات به مصرف می‌رسند. گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است.

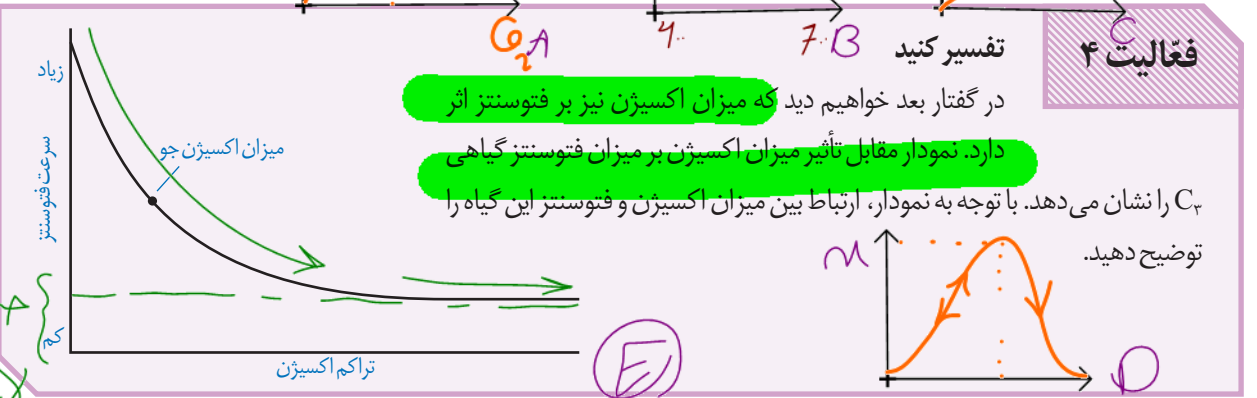
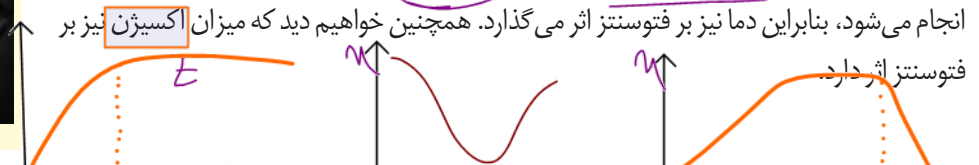
در چرخه کالوین دیدیم که  $CO_2$  برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می‌رود. به فرایند استفاده از  $CO_2$  برای تشکیل ترکیب‌های آلی **تثبیت کربن** می‌گویند.

دیدیم اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، **گیاهان  $C_3$**  می‌گویند. اکثر گیاهان  $C_3$  هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می‌پردازیم.



بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟

با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و  $CO_2$  از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، میزان  $CO_2$ ، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند. از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گستره دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

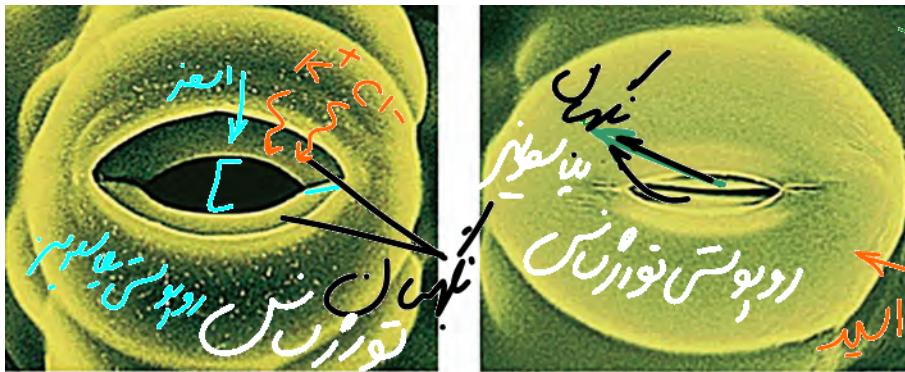


عوامل فتوسنتز  
 لازم جهت  
 نور  
 ۱۱



## گفتار ۳ فتوسنتز در شرایط دشوار

شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



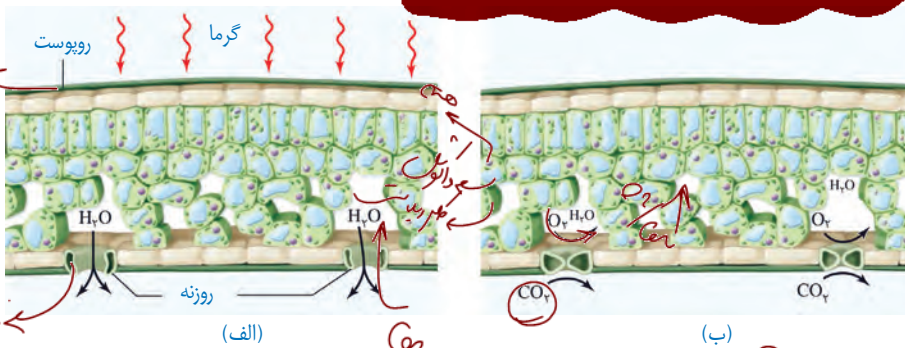
هوایی

تغرق

آبزیباید

شکل ۸- روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که  $CO_2$  برگ کم می‌شود، اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).



شکل ۹- افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.

وقتی روزنه‌ها باز هستند (الف) نسبت  $CO_2$  به  $O_2$  بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته شده‌اند (ب).

در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژن‌سازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژن‌سازی این آنزیم به نسبت  $CO_2$  و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ربیولوژیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل،

ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ربیولوژیس فسفات می‌رسد.

مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی کم‌بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول  $CO_2$  آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $CO_2$  و همراه با فتوسنتز است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد

### بیشتر بدانید

#### آیا تنفس نوری بی‌فایده است؟

گرچه تنفس نوری را عامل مزاحمی برای فتوسنتز در نظر می‌گیرند، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد بعضی گیاهان که به علت نقص ژنی تنفس نوری ندارند، در مقایسه با هم نوعان خود، آسیب بیشتری از نورهای شدید می‌بینند.



## بیشتر بدانید

### عملکرد اختصاصی

پذیرنده  $CO_2$  در گیاهان  $C_4$  فسفوانول پیرووات است. این اسید با فعالیت آنزیم فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز با  $CO_2$  ترکیب و اسید چهار کربنی (مالات یا اگزالات) تشکیل می‌شود. جایگاه فعال آنزیم فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز به شکلی است که فقط کربن دی‌اکسید در آن قرار می‌گیرد.

نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فرآورده‌های فتوسنتز می‌شود.

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

## فتوسنتز در گیاهان $C_4$

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان  $C_4$  معروف‌اند. یاخته‌های **غلاف آوندی** در این گیاهان سبز دیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که در گیاهان  $C_3$ ، سبز دیسه ندارند (شکل ۱۰). **این اسید فتوسنتز کننده تعداد** تثبیت کربن در این گیاهان در **دو مرحله**، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف آوندی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم.

در گیاهان  $C_4$ ،  $CO_2$  در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان  $C_4$  می‌گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.

آنزیمی که در ترکیب  $CO_2$  با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روییسکو به طور اختصاصی با  $CO_2$  عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.  $3C + C_{4r} \rightarrow 4C_3$

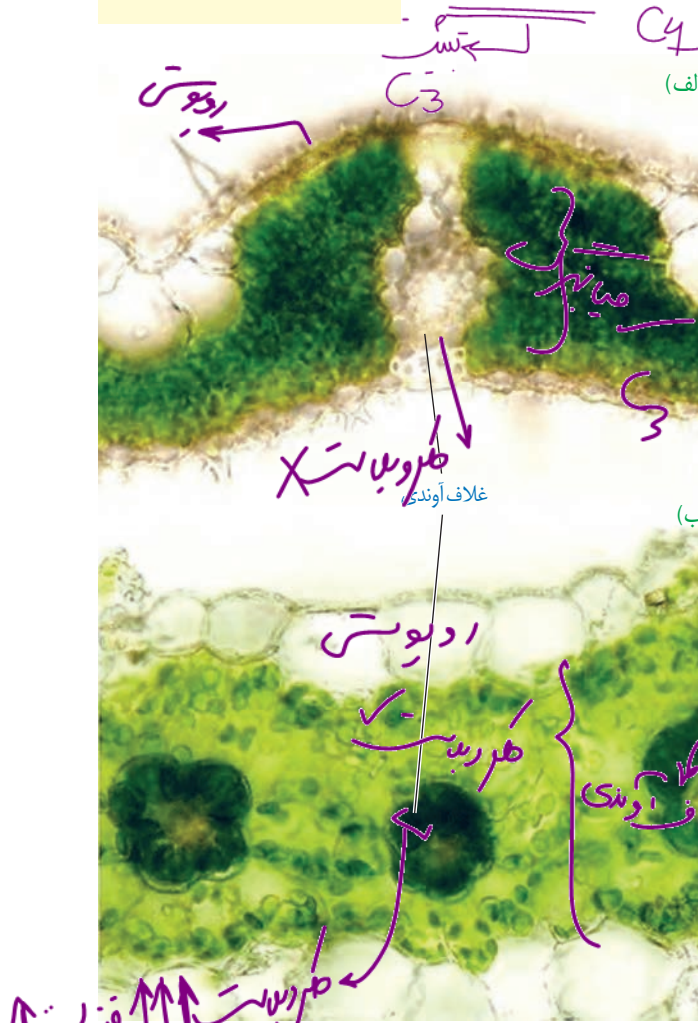
اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق **پلاسمودسم‌ها** به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول  $CO_2$  از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

در گیاهان  $C_4$  با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در **دو نوع یاخته**، میزان  $CO_2$  در محل فعالیت آنزیم روییسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارنده تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می‌دهد.

این گیاهان در **دماهای بالا** **سخت‌های زیاد نور** **کمبود آب**، در حالی که روزنه‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان  $CO_2$  را در محل عملکرد آنزیم روییسکو بالا نگه می‌دارند. به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان  $C_3$  است.

## فتوسنتز در گیاهان CAM

بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله **دما و نور شدید** در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ،



شکل ۱۰- الف) برگ گیاه  $C_3$

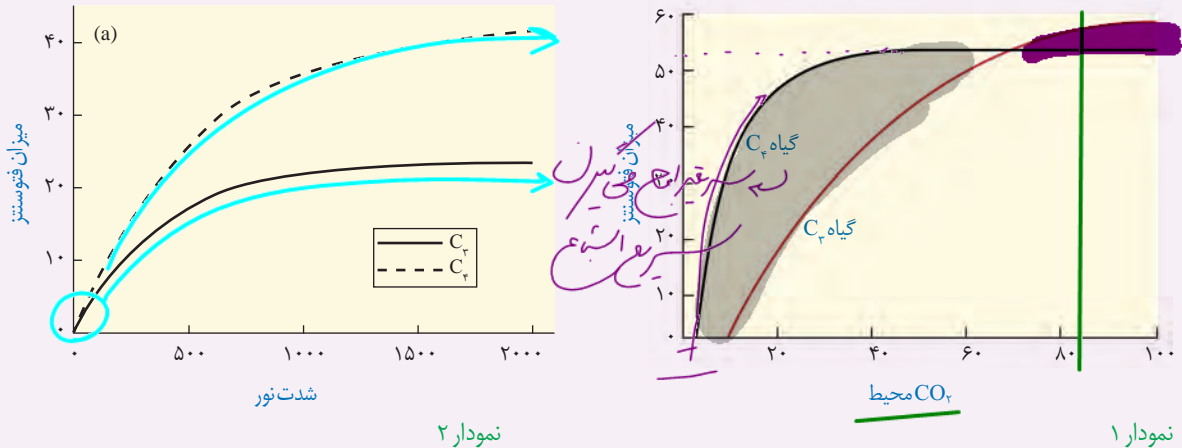
ب) برگ گیاه  $C_4$







ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه الف و پ چه راهی پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟  
 ۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی‌اکسید جو و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C<sub>۳</sub> و C<sub>۴</sub> نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



### بیشتر بدانید

گیاهان C<sub>۴</sub> سهم اندکی از گیاهان را به خود اختصاص می‌دهند. بیشتر گیاهان C<sub>۳</sub> تک لپه‌اند، اما انواع دولپه‌ای نیز وجود دارد. گیاه تاج خروس از دولپه‌ای‌های C<sub>۴</sub> است. بعضی دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند با توجه به گرم شدن کره زمین، شاهد انواع بیشتری از گیاهان C<sub>۴</sub> در کره زمین باشیم.



### جانداران فتوسنتزکننده دیگر

بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند. انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

### منبع انرژی و نور

**باکتری‌ها:** باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبز دیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب‌کننده نورند.

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO<sub>۲</sub> و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتزکننده **اکسیژن‌زا** نامیده می‌شوند.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکننده **غیراکسیژن‌زا** هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزه فتوسنتزی این باکتری‌ها **باکتروکلروفیل** است. این باکتری‌ها کربن دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون H<sub>۲</sub>S است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند.

هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

واکنش ۴- فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی



Handwritten notes in Persian: "منبع این" (source of this) with an arrow pointing to the H<sub>۲</sub>S in the equation, and "منبع انرژی" (energy source) with an arrow pointing to the "نور" (light) in the equation.







## فصل ۷

# فناوری‌های نوین زیستی

آیا تاکنون دربارهٔ تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه زیستی شنیده‌اید؟ با توجه به اهمیت محیط زیست و حفظ آن، تولید و استفاده از چنین پلاستیک‌هایی راهکار مناسبی برای پیشگیری از مصرف بی‌رویه پلاستیک‌های غیرقابل تجزیه است. امروزه به کمک روش‌های زیست فناوری، تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه با صرف هزینه کمتر ممکن شده است. این کار با وارد کردن ژن‌های تولیدکننده بسیاری از این نوع مواد از باکتری به گیاه امکان‌پذیر است.

چگونه می‌توان از فناوری‌های زیستی برای بهبود زندگی انسان و حفظ محیط زیست استفاده کرد؟

آیا می‌توان با استفاده از آنها همه مشکلات بشر را حل کرد؟

انسان از نظر اخلاقی تا چه حد می‌تواند این فناوری‌ها را به خدمت بگیرد؟

در این فصل با این فناوری‌ها آشنا می‌شویم و می‌توانیم در آخر، به بخشی از پرسش‌های مطرح شده در مورد این فناوری‌ها پاسخ دهیم.



همان طور که می دانیم جهش در یک ژن و در نتیجه، تغییر در محصول آن می تواند به بروز بیماری منجر شود. اختلال در عملکرد و مقدار عوامل مؤثر در انعقاد خون از این دسته هستند. با توجه به افزایش افراد نیازمند به این ترکیبات، تأمین نیاز دارویی آنها با مشکل مواجه می شود.

امروزه استفاده از روش های زیست فناوری<sup>۱</sup> و مهندسی ژنتیک<sup>۲</sup> تحولات مهمی در زمینه تولید چنین فرآورده هایی فراهم آورده است. تا چندی پیش، انتقال ژن های انسان به داخل یاخته های سایر موجودات زنده و یا استفاده از باکتری ها برای ساختن پروتئین های انسانی غیر قابل تصور بود اما اکنون روش های لازم برای تحقق آن توسعه یافته و کاربرد فراوانی پیدا کرده است. آیا می دانید چگونه می توان از باکتری برای ساختن یک پروتئین انسانی استفاده کرد؟ فرض کنید می خواهیم باکتری را برای ساختن هورمون رشد انسانی تغییر دهیم، پس ضرورت دارد تمام احتیاجات این فرایند را در یاخته باکتری فراهم کنیم. در ادامه مطلب با مراحل این روش آشنا خواهیم شد.

## زیست فناوری چیست؟

به طور کلی به هرگونه فعالیت هوشمندانه آدمی در تولید و بهبود محصولات گوناگون با استفاده از موجود زنده، زیست فناوری گویند.

زیست فناوری قلمروی بسیار گسترده دارد و روش هایی مانند مهندسی ژنتیک، مهندسی پروتئین و بافت را در بر می گیرد. زیست فناوری از گرایش های علمی متعددی مانند علوم زیستی، فیزیک، ریاضیات و علوم مهندسی بهره می برد. کاربردهای فراوان زیست فناوری، آن را به عنوان نشانه پیشرفت کشورها در قرن حاضر و به یکی از ابزارهای مهم برای تأمین نیازهای متنوع تبدیل کرده است.

## تاریخچه زیست فناوری

برای زیست فناوری، که از سال های بسیار دور آغاز شده است، سه دوره در نظر می گیرند:

**زیست فناوری سنتی:** تولید محصولات تخمیری مانند سرکه، نان و فرآورده های لبنی با استفاده از فرایندهای زیستی مربوط به این دوره است.

**زیست فناوری کلاسیک:** با استفاده از روش های تخمیر و کشت ریز جانداران (میکروارگانیسم ها) تولید موادی مانند پادزیست ها، آنزیم ها و مواد غذایی در این دوره ممکن شد.

**زیست فناوری نوین:** این دوره با انتقال ژن از یک ریز جاندار به ریز جاندار دیگر آغاز شد. دانشمندان توانستند با تغییر و اصلاح خصوصیات ریز جانداران، ترکیبات جدید را با مقادیر بیشتر و کارایی بالاتر تولید کنند.

### بیشتر بدانید

تاکنون تعاریف متعددی برای زیست فناوری ارائه شده است که علت آن را باید در ماهیت زیست فناوری جست و جو کرد. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران زیست فناوری را چنین تعریف می کند: «تولید فرآورده ها از طریق فرایند زیستی که مستلزم فنون مهندسی است».

### بیشتر بدانید

#### شاخه های زیست فناوری

امروزه متخصصان، این رشته را به شاخه های مختلفی از قبیل کشاورزی، پزشکی، دارویی، دامی، میکروبی، قضایی یا پزشکی قانونی، غذایی، صنعتی و... تقسیم بندی کرده اند.

در برخی تقسیم بندی ها به شاخه های زیست فناوری رنگ اختصاص داده اند که عبارتند از: ● سبز: زیست فناوری کشاورزی؛ بهره برداری از گیاهان دست وری شده ژنتیکی

● قرمز: زیست فناوری پزشکی؛ بهره برداری از یاخته های دست وری شده برای درمان، تولید دارو و مسائل قضایی و پزشکی قانونی

● خاکستری: زیست فناوری محیط زیست؛ جلوگیری و رفع مشکلات محیط زیست

○ سفید: زیست فناوری صنعتی؛ استفاده از موجودات زنده در مسائل صنعتی مثلاً ساخت مواد شیمیایی

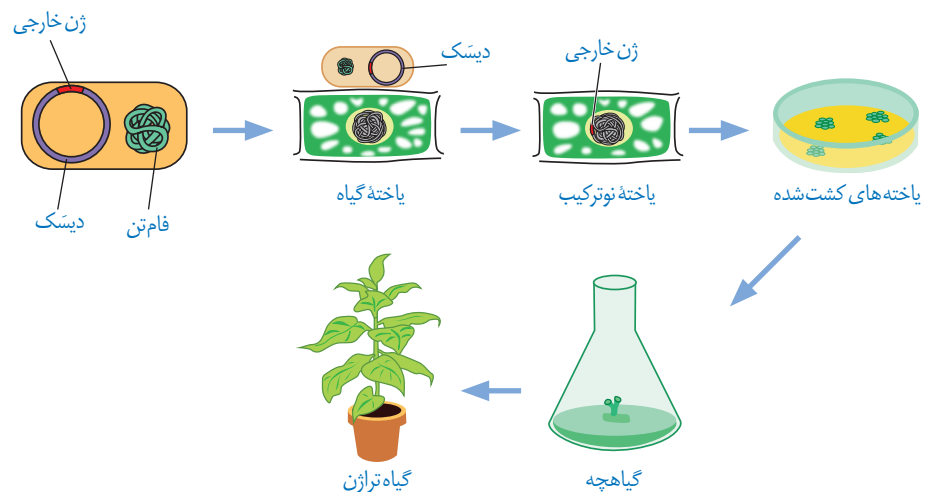
● آبی: زیست فناوری دریایی؛ بهره برداری از فرایندهای دریایی و موجودات آبی

۱- Biotechnology

۲- Genetic Engineering

یکی از روش‌های مؤثر در زیست فناوری نوین، مهندسی ژنتیک است. در مهندسی ژنتیک قطعه‌ای از دنا یا یک یاخته توسط ناقل به یاخته‌ای دیگر انتقال می‌یابد. در این حالت، یاخته دریافت‌کننده قطعه دنا دچار دست‌ورزی ژنتیکی و دارای صفت جدید می‌شود. به جاندار که از طریق مهندسی ژنتیک دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی شده است، جاندار **تغییر یافته ژنتیکی**<sup>۱</sup> یا **تراژنی**<sup>۲</sup> می‌گویند. گرچه این روش ابتدا با باکتری‌ها شروع شد؛ اما پیشرفت‌های بعدی، امکان دست‌ورزی ژنتیکی برای سایر موجودات زنده مثل گیاهان و جانوران را نیز فراهم کرد. مثلاً مراحل ایجاد گیاهان زراعی تراژنی از طریق مهندسی ژنتیک را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- تعیین صفت یا صفات مطلوب ۲- استخراج ژن یا ژن‌های صفت مورد نظر ۳- آماده‌سازی و انتقال ژن به گیاه ۴- تولید گیاه تراژنی ۵- بررسی دقیق ایمنی زیستی و اثبات بی‌خطر بودن برای سلامت انسان و محیط زیست ۶- تکثیر و کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول ایمنی زیستی.  
شکل ۱ بعضی از این مراحل را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تولید یک گیاه تراژنی

## مراحل مهندسی ژنتیک

یکی از اهداف مهندسی ژنتیک تولید انبوه ژن و فرآورده‌های آن است. تولید انبوه ژن با همسانه‌سازی دنا<sup>۳</sup> انجام می‌شود. جداسازی یک یا چند ژن و تکثیر آنها را **همسانه‌سازی دنا** می‌گویند. در همسانه‌سازی دنا ماده وراثتی با ابزارهای مختلفی در خارج از یاخته تهیه و به وسیله یک **ناقل همسانه‌سازی**<sup>۴</sup> به درون ژنوم میزبان منتقل می‌شود. هدف از این کار تولید مقادیر زیادی از دنا خالص است که می‌تواند برای دست‌ورزی، تولید یک ماده بخصوص و یا مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.  
برای این منظور مراحل زیر انجام می‌شود:

**جداسازی قطعه‌ای از دنا:** این کار به وسیله **آنزیم‌های برش دهنده**<sup>۵</sup> انجام می‌شود. این آنزیم‌ها در باکتری‌ها وجود دارند و قسمتی از سامانه دفاعی آنها محسوب می‌شوند. اولین مرحله از همسانه‌سازی

۱- Genetically Modified Organism

۲- Transgenic Organism

۳- DNA Cloning

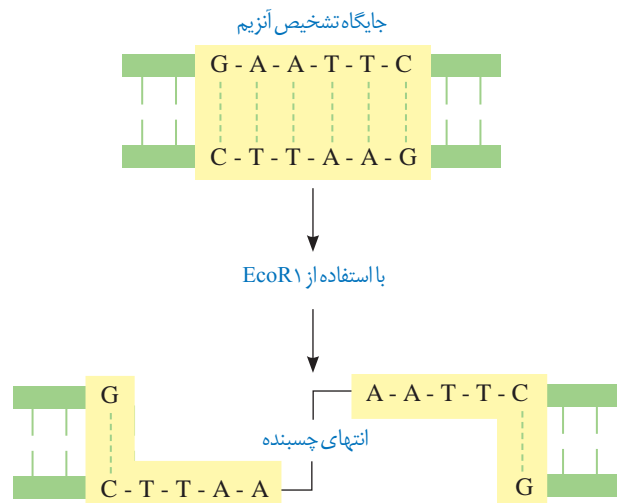
۴- Cloning Vector

۵- Restriction Enzyme



که جداسازی ژن‌ها است، به وسیله این آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی را در دنا تشخیص و برش می‌دهند. مثلاً آنزیم EcoR<sub>1</sub> توالی شش جفت نوکلئوتیدی GAATTC CTTAAG را شناسایی و برش می‌دهد. به این توالی **جایگاه تشخیص آنزیم** گفته می‌شود (شکل ۲).

همان‌طور که در شکل می‌بینید در جایگاه تشخیص آنزیم EcoR<sub>1</sub>، توالی نوکلئوتیدی هر دو رشته دنا از دو سمت مخالف یکسان خوانده می‌شود. این آنزیم پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتید گوانین‌دار و آدنین‌دار هر دو رشته را برش می‌زند. در نتیجه، انتهای از مولکول دنا ایجاد می‌شود که یک رشته آن بلندتر از رشته مقابل است و به آن **انتهای چسبنده** می‌گویند. برای تشکیل چنین انتهایی از مولکول دنا، علاوه بر پیوندهای فسفودی استر، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته دنا در منطقه تشخیص نیز شکسته می‌شوند. استفاده از آنزیم‌های برش دهنده، دنا را به قطعات کوتاه‌تری تبدیل می‌کند. این قطعات را با روش‌های خاصی جدا می‌کنند و تشخیص می‌دهند.

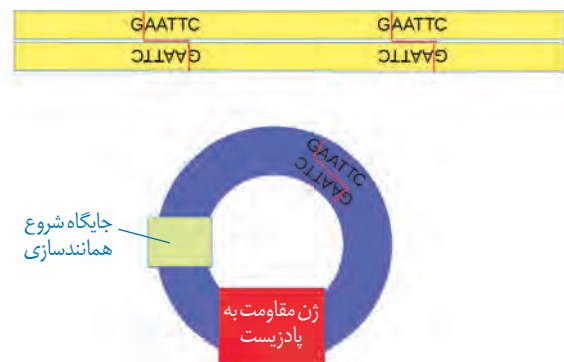


شکل ۲- برش مولکول دنا توسط آنزیم EcoR<sub>1</sub>

### اتصال قطعه دنا به ناقل و تشکیل دنا نوترکیب: مرحله

بعدی، اتصال قطعه دنا جداسازی شده به ناقل همسانه‌سازی است. این ناقلین، توالی‌های دنا هستند که در خارج از فام‌تن اصلی قرار دارند و می‌توانند مستقل از آن تکثیر شوند. یکی از این مولکول‌ها دیسک حلقوی باکتری است. این نوع دیسک یک مولکول دنا دورشته‌ای و خارج فام‌تنی است که معمولاً درون باکتری‌ها و بعضی قارچ‌ها مثل مخمرها وجود دارد و می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند. دیسک‌ها را فام‌تن‌های کمکی نیز می‌نامند چون حاوی ژن‌هایی هستند که در فام‌تن اصلی باکتری وجود ندارند. مثلاً ژن مقاومت به پادزیست در دیسک قرار دارد. در صورت انتقال قطعه دنا مورد نظر به دیسک و ورود آن به یاخته میزبان، با هر بار همانندسازی دیسک، دنا مورد نظر نیز همانندسازی می‌شود. بهتر است از دیسکی استفاده شود که فقط یک جایگاه تشخیص برای آنزیم برش دهنده داشته باشد. به نظر شما چرا؟

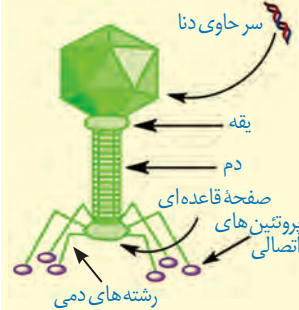
شکل ۳ طرح ساده‌ای از دیسک دارای یک جایگاه تشخیص آنزیم EcoR<sub>1</sub> را نشان می‌دهد، بسیاری از دیسک‌ها دارای ژن‌های مقاومت به پادزیست هستند. چنین ژن‌هایی به باکتری این توانایی را می‌دهند که پادزیست‌ها را به موادی غیرکشنده و قابل استفاده برای



شکل ۳- طرح ساده‌ای از دیسک و یک ژن خارجی

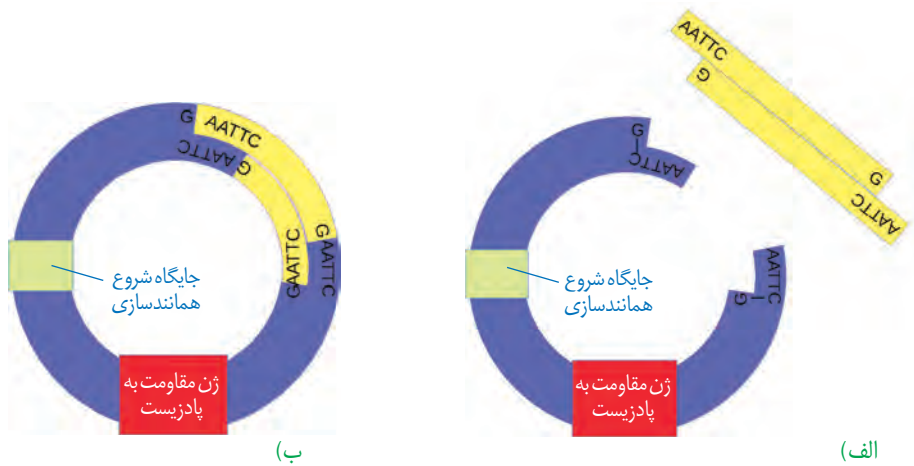
## بیشتر بدانید

باکتری خوارها (باکتریوفاژها) ویروس‌های معمولاً دندار هستند که به باکتری‌ها حمله می‌کنند و آنها را از بین می‌برند. نوکلئیک اسید این فاژها از دیسک بزرگ‌تر است. مزیت دناي فاژها به عنوان ناقل همسانه‌سازی در این است که می‌توان قطعات دناي بزرگ‌تری را در آنها جاسازی کرد.



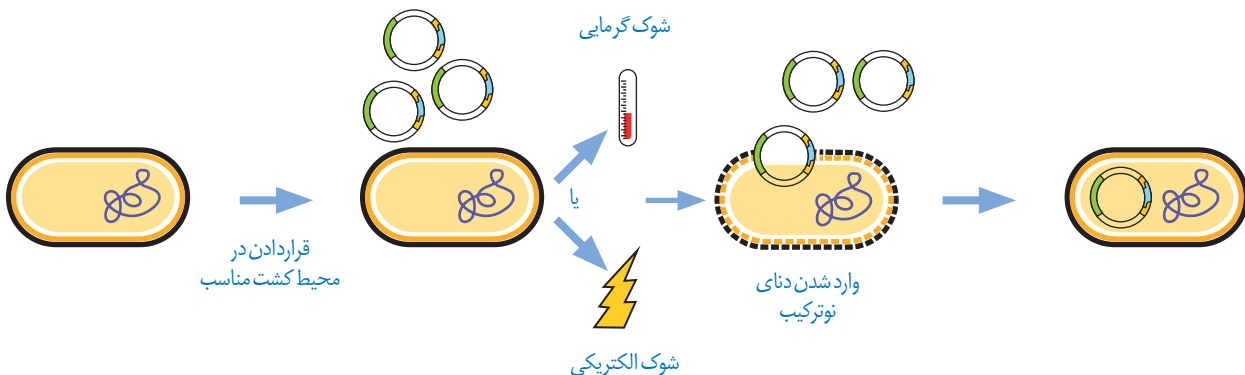
خود تبدیل کنند. این ویژگی در مهندسی ژنتیک اهمیت زیادی دارد که در مباحث بعد به آن می‌پردازیم. در ساخت یک دناي نو ترکیب، قطعه دناي حاوی توالی مورد نظر در دناي ناقل جاسازی می‌شود. دانستید که برای جداسازی قطعه دناي مورد نظر از نوعی آنزیم برش دهنده استفاده می‌شود. توجه داشته باشید آنزیم مورد استفاده برای برش دادن دیسک، باید همان آنزیمی باشد که در جداسازی دناي مورد نظر استفاده شده است. چرا؟

برش دیسک با آنزیم، آن را به یک قطعه دناي خطی تبدیل می‌کند که دارای دو انتهای چسبنده است. همچنین قطعه دناي خارجی نیز دو انتهای چسبنده دارد. برای اتصال دناي مورد نظر به دیسک از آنزیم لیگاز (اتصال دهنده) استفاده می‌شود. این آنزیم پیوند فسفودی استر بین دو انتهای مکمل را ایجاد می‌کند. به مجموعه دناي ناقل و ژن جاگذاری شده در آن، **دناي نو ترکیب** گفته می‌شود (شکل ۴).



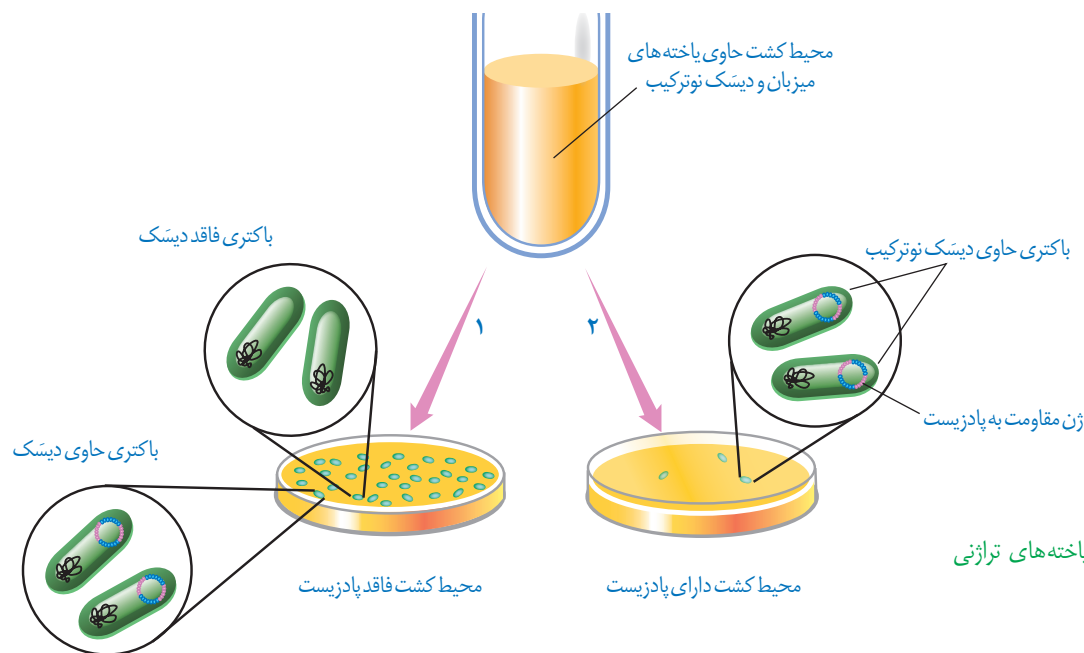
شکل ۴- تشکیل دناي نو ترکیب: الف) قبل از تأثیر لیگاز و ب) بعد از تأثیر لیگاز

**وارد کردن دناي نو ترکیب به یاخته میزبان:** در این مرحله، دناي نو ترکیب را به درون یاخته میزبان مثلاً باکتری منتقل می‌کنند (شکل ۵). به این منظور باید در دیواره باکتری منافذی ایجاد شود. این منافذ را می‌توان با کمک شوک الکتریکی و یا شوک حرارتی همراه با مواد شیمیایی ایجاد کرد. بر طبق اطلاعات به دست آمده، مشخص شده همه باکتری‌ها دناي نو ترکیب را دریافت نمی‌کنند. بنابراین لازم است باکتری دریافت کننده دیسک از باکتری فاقد آن تفکیک شود.



شکل ۵- وارد کردن دناي نو ترکیب به یاخته میزبان

**جداسازی یاخته‌های تراژنی:** برای انجام این مرحله، از روش‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد. یکی از این روش‌ها استفاده از دیسکی است که دارای ژن مقاومت به پادزیستی مثل آمپی‌سیلین است. اگر باکتری، دناى نوترکیب را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی پادزیست رشد می‌کند. باکتری‌های فاقد دناى نوترکیب به دلیل حساسیت به پادزیست در چنین محیطی از بین می‌روند (شکل ۶).



شکل ۶- جداسازی یاخته‌های تراژنی دارای دناى نوترکیب

در شرایط مناسب، باکتری‌های تراژنی با سرعت بالایی تکثیر می‌شوند. همچنین از دناهای نوترکیب نیز به صورت مستقل از فام‌تن اصلی یاخته، نسخه‌های متعددی ساخته می‌شود که در نتیجه آن دناى خارجی به سرعت تکثیر می‌شود. بنابراین، تعداد زیادی باکتری دارای دناى خارجی آماده خواهد شد که می‌توان از آنها برای تولید فراورده یا استخراج ژن استفاده کرد.

امروزه با پیشرفت روش‌های مهندسی ژنتیک می‌توان یاخته‌های دیگری مثل مخمرها، یاخته‌های گیاهی و حتی جانوری را با این فرایند تغییر داد. دناها و سایر مولکول‌های حاصل از دناهای تولید شده برای اهداف گوناگون علمی و کاربردی استفاده می‌شوند. در گفتارهای بعدی این فصل به برخی از این موارد اشاره شده است.

روش های جدید امکان ایجاد تغییرات دلخواه در توالی آمینواسیدهای یک پروتئین را فراهم کرده است که می توان از آنها به منظور تغییر در ویژگی های یک پروتئین و بهبود عملکرد آن بهره مند شد. انجام چنین تغییراتی که به آن **مهندسی پروتئین** گفته می شود، نیازمند شناخت کامل ساختار و عملکرد آن پروتئین است. این تغییرات می تواند جزئی یا کلی باشد.

تغییر جزئی شامل تغییر در رمز یک یا چند آمینواسید در مقایسه با پروتئین طبیعی است. تغییرات عمده، گسترده تر است و می تواند شامل برداشتن قسمتی از ژن یک پروتئین تا ترکیب بخش هایی از ژن های مربوط به پروتئین های متفاوت باشد.

می دانیم تغییر در توالی آمینواسیدها ممکن است باعث تغییر در شکل فضایی مولکول پروتئین و در نتیجه تغییر در عمل آن شود. چنین پروتئین های تغییر یافته ای با اهداف مختلف، مثلاً درمانی و تحقیقاتی ساخته می شوند.

از تغییرات و اصلاحات مفید در فرایند مهندسی پروتئین ها می توان به افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرما و تغییر pH، افزایش حداکثری سرعت واکنش و تمایل آنزیم برای اتصال به پیش ماده اشاره کرد.

### افزایش پایداری پروتئین ها

امروزه با دستیابی به روش های مهندسی پروتئین می توان پایداری آنها را در مقابل گرما افزایش داد. این موضوع اهمیت زیادی دارد زیرا در دمای بالاتر سرعت واکنش بیشتر و خطر آلودگی میکروبی در محیط واکنش کمتر می شود. همچنین، نیازی به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش های گرمازا نیست. در ادامه مثال هایی از افزایش پایداری پروتئین ها، ارائه می دهیم.

**آمیلازها:** این آنزیم ها که از آنزیم های پرکاربرد در صنعت هستند مولکول های نشاسته را به قطعات کوچک تری تجزیه می کنند. آمیلازها در بخش های مختلف صنعتی مانند صنایع غذایی، نساجی و تولید شوینده ها کاربرد دارند. بسیاری از مراحل تولید صنعتی در دماهای بالا انجام می شود. بنابراین، استفاده از آمیلاز پایدار در برابر گرما ضرورت دارد. امروزه به کمک روش های زیست فناوری، طراحی و تولید آمیلازهای مقاوم به گرما ممکن شده است. استفاده از این مولکول ها باعث کاهش زمان واکنش، صرفه جویی اقتصادی و در نتیجه افزایش بهره وری صنعتی می شود. مشاهده شده است که در طبیعت نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد. مثلاً باکتری های گرمادوست در چشمه های آب گرم دارای آمیلازهایی هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند.

**اینترفرون:** به یاد دارید که اینترفرون از پروتئین های دستگاه ایمنی است. وقتی این پروتئین با روش مهندسی ژنتیک ساخته می شود، فعالیتی بسیار کمتر از اینترفرون طبیعی دارد. علت این کاهش فعالیت، تشکیل پیوندهای نادرست در هنگام ساخته شدن آن در باکتری است. پیوندهای نادرست باعث تغییر در شکل مولکول و در نتیجه کاهش فعالیت آن می شوند. به کمک فرایند مهندسی پروتئین و تغییر جزئی در رمز آمینواسید، توالی آمینواسیدهای اینترفرون طوری تغییر می یابد که به جای یکی از آمینواسیدهای آن آمینواسید دیگری قرار می گیرد. این تغییر، فعالیت ضد ویروسی اینترفرون ساخته شده



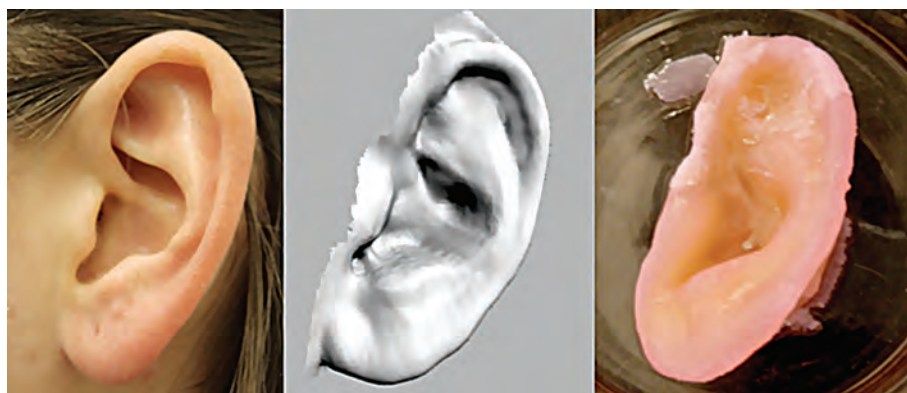
را به اندازه پروتئین طبیعی افزایش می دهد و همچنین آن را پایدارتر می کند. افزایش پایداری در نگهداری طولانی مدت پروتئین هایی که به عنوان دارو استفاده می شوند، اهمیت زیادی دارد.

**پلاسمین:** می دانیم تشکیل لخته، یک فرایند زیستی مهم است که از ادامه خونریزی جلوگیری می کند، اما تشکیل لخته در سرخرگ های شش، مغز و ماهیچه قلب به ترتیب منجر به بسته شدن رگ های شش، سکتة مغزی و قلبی می شود که بسیار خطرناک است و می تواند باعث مرگ شود. لخته ها به طور طبیعی در بدن توسط آنزیم پلاسمین تجزیه می شوند. پلاسمین کاربرد درمانی دارد، اما مدت اثر آن در پلاسمای خیلی کوتاه است. جانشینی یک آمینواسید پلاسمین با آمینواسید دیگری در توالی، باعث می شود که مدت زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن بیشتر شود.

### مهندسی بافت

از دست رفتن بافت به دلیل آسیب یا بیماری، زندگی را دشوار و هزینه بالایی اقتصادی و اجتماعی را بر فرد بیمار و خانواده او تحمیل می کند. فرض می کنیم که به علت سوختگی وسیع نیاز به پیوند پوست وجود داشته باشد. چنانچه اهداکننده پوست مناسب وجود نداشته باشد و یا به علت وسعت سوختگی، برداشت پوست از بدن بیمار ممکن نباشد، بهترین راه، کشت بافت و پیوند پوست است. ثابت شده است که در پوست یاخته هایی وجود دارد که توانایی تکثیر زیاد و تمایز به انواع یاخته های پوست را دارند. امروزه در **مهندسی بافت** از این یاخته ها، به طور موفقیت آمیزی استفاده می شود.

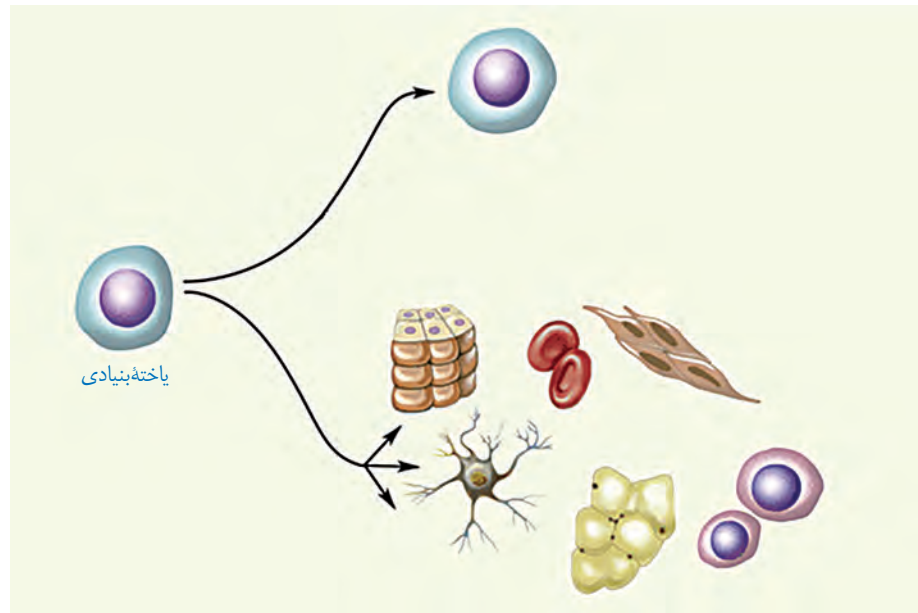
متخصصان مهندسی بافت، در زمینه تولید و پیوند اعضا نیز فعالیت می کنند. برای نمونه، جراحان بازسازی کننده چهره می توانند به کمک روش های مهندسی از بافت غضروف برای بازسازی لاله گوش و بینی استفاده کنند. در این روش، یاخته های غضروفی را در محیط کشت روی داربست مناسب تکثیر و غضروف جدید را برای بازسازی اندام آسیب دیده تولید می کنند (شکل ۷).



شکل ۷- مهندسی بافت غضروف گوش انسان: عکس گوش طبیعی (چپ) تصویر رقمی (دیجیتالی) (وسط) و غضروف گوش ساخته شده با روش مهندسی بافت بعد از دو هفته (راست)

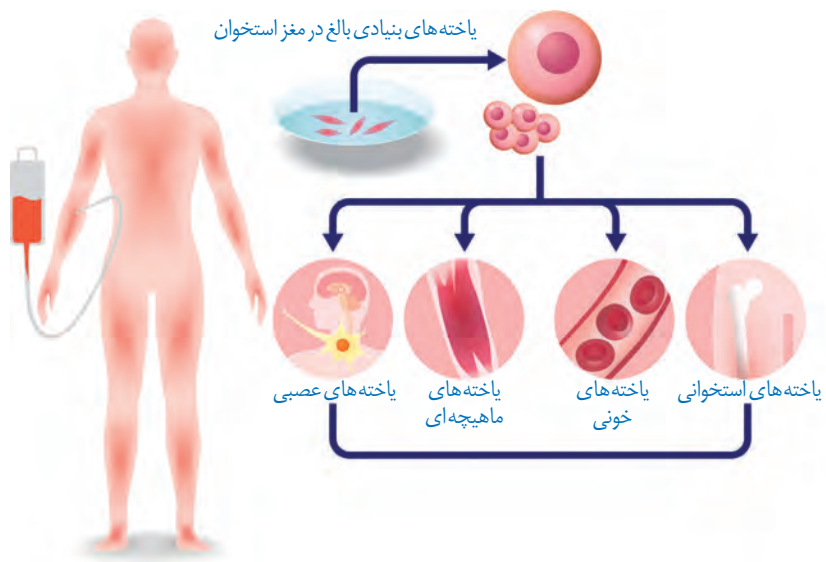
**یاخته های بنیادی و مهندسی بافت:** یاخته های تمایز یافته ای مانند یاخته های ماهیچه ای در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می شوند و یا اصلاً تکثیر نمی شوند. به همین دلیل، در چنین مواردی از منابع یاخته ای که سریع تکثیر می شوند مثل یاخته های بنیادی جنینی یا یاخته های بنیادی بالغ استفاده می کنند. یاخته های بنیادی جنینی، همان توده یاخته ای درونی هستند. یاخته های بنیادی بالغ در

بافت‌ها یافت می‌شوند. یاخته‌های بنیادی می‌توانند تکثیر و به انواع متفاوت یاخته تبدیل شوند (شکل ۸).



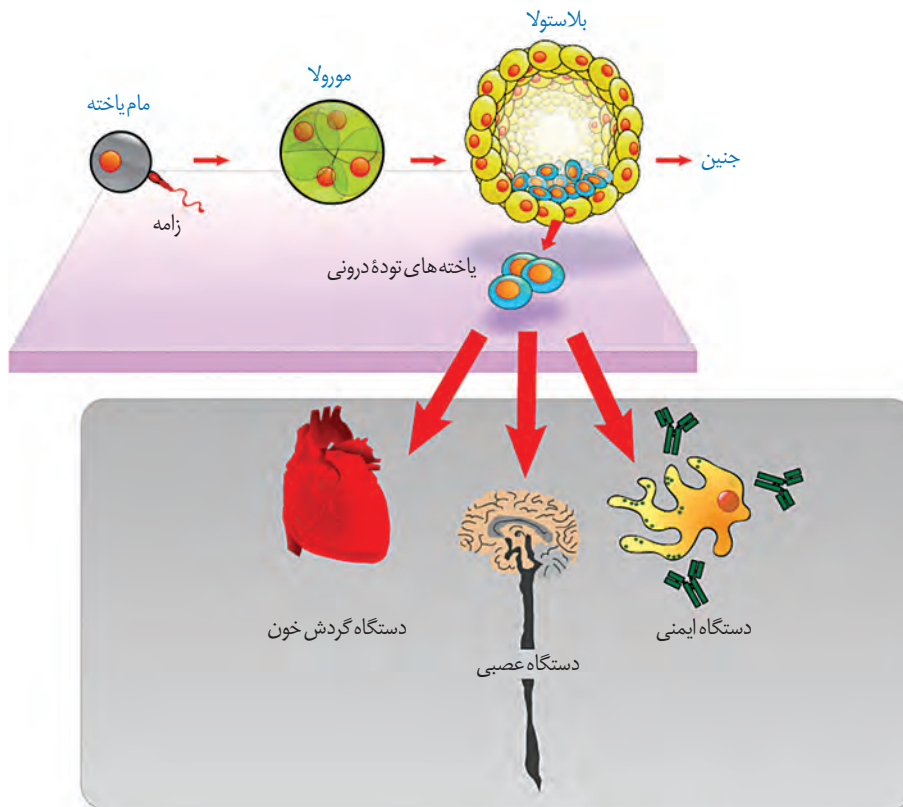
شکل ۸- یاخته‌های بنیادی توانایی تکثیر و به‌وجود آوردن یاخته‌های مشابه خود؛ و نیز توانایی تبدیل شدن به سایر یاخته‌ها را دارند.

**یاخته‌های بنیادی بالغ:** در بافت‌های مختلف بدن یاخته‌های بنیادی وجود دارند که در محیط کشت تکثیر می‌شوند. به‌عنوان مثال یاخته‌های بنیادی کبد می‌توانند تکثیر شوند و به یاخته کبدی یا یاخته مجرای صفراوی تمایز پیدا کنند. با دو نوع از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان قبلاً آشنا شده‌اید. آیا آنها را به یاد دارید؟ انواع دیگری از یاخته‌های بنیادی در مغز استخوان وجود دارند که می‌توانند به رگ‌های خونی، ماهیچه اسکلتی و قلبی تمایز پیدا کنند. این یاخته‌ها از فرد بالغ برداشته و کشت داده می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹- یاخته‌های بنیادی مغز استخوان به انواع مختلف یاخته‌ها و بافت‌ها تمایز پیدامی‌کنند.

**یاخته‌های بنیادی جنینی:** چنین یاخته‌هایی نه تنها قادر به تشکیل همه بافت‌های بدن جنین هستند، بلکه اگر در مراحل اولیه جنینی جداسازی شوند، می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند. این یاخته‌ها بعد از جداسازی کشت داده و برای تشکیل بسیاری از انواع یاخته‌ها تحریک می‌شوند (شکل ۱۰). اما تمایز چنین یاخته‌هایی هنوز نمی‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که بتوانند همه انواع یاخته‌هایی را که در بدن جنین تولید می‌کنند در شرایط آزمایشگاهی نیز به وجود بیاورند.



شکل ۱۰- الف) یاخته‌های بنیادی مورولا به همه انواع یاخته‌های جنینی و خارج جنینی (جفت و پرده‌ها) متمایز می‌شوند.  
ب) یاخته‌های بنیادی توده یاخته‌ای درونی به انواع یاخته‌های بدن جنین متمایز می‌شوند.

همان طور که در گفتار قبلی دیدید زیست فناوری در زمینه‌های متفاوتی کاربرد دارد. اکنون می‌خواهیم بدانیم چگونه می‌توان از این شاخه علمی برای بهبود کیفیت زندگی انسان و حفظ محیط زیست بهره برد.

### کاربرد زیست فناوری در کشاورزی

تحول در کشاورزی نوین توانست افزایش چشمگیری در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت ایجاد کند. استفاده از کودها و سموم شیمیایی، کشت انواع محصول، استفاده از ماشین‌ها در کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت از نتایج این تحول بود. اما در کنار آن شاهد عواقب زیانباری همچون آلودگی محیط زیست، کاهش تنوع ژنی و تخریب جنگل‌ها و مراتع نیز بوده‌ایم. امروزه نمی‌توان برای افزایش محصولات به هر روشی متوسل شد. بنابراین، شاید فناوری‌های جدید زیستی بتوانند تا حدودی مشکلات بشر را در این زمینه حل کنند.

یکی از کاربردهای زیست فناوری، تولید گیاهان مقاوم در برابر بعضی آفت‌ها هستند. این روش توانسته است مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش دهد. به عنوان مثال برخی از باکتری‌های خاکزی، پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که حشرات مضر برای گیاهان زراعی را می‌کشند. این باکتری‌ها در مرحله‌ای از رشد خود نوعی پروتئین سمی می‌سازند که ابتدا به صورت مولکولی غیرفعال است. این مولکول در بدن حشره فعال شده، حشره را از بین می‌برد. چرا این سم نمی‌تواند خود باکتری را از بین ببرد؟

پیش‌سم غیرفعال، تحت تأثیر آنزیم‌های گوارشی موجود در لوله گوارش حشره شکسته و فعال می‌شود. سم فعال شده باعث تخریب یاخته‌های لوله گوارش و سرانجام مرگ حشره می‌شود.

برای تولید گیاه مقاوم به آفت، ابتدا ژن مربوط به این سم از ژنوم باکتری جداسازی و پس از همسانه‌سازی به گیاه مورد نظر انتقال داده می‌شود. تاکنون با این روش چند نوع گیاه مقاوم مثل ذرت، پنبه و سویا تولید شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۱۱ می‌بینید نوزاد کرمی شکل (لارو) به درون غوزه نارس پنبه نفوذ می‌کند، بنابراین برای از بین بردن این آفت سم پاشی‌های متعدد لازم است، زیرا آفت در معرض سم قرار نمی‌گیرد. از سوی دیگر، استفاده زیاد سم برای محیط زیست مضر است. امروزه با کمک فناوری زیستی و تولید پنبه‌های مقاوم، نیاز به سم‌پاشی مزارع پنبه تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده است. حشره در اثر خوردن گیاه مقاوم شده از بین می‌رود و فرصت ورود به درون غوزه را از دست می‌دهد. بنابراین، نیاز به سم‌پاشی مزرعه کاهش می‌یابد.

شکل ۱۱- آلوده شدن غوزه گیاه پنبه به آفت را نشان می‌دهد. گیاه سالم (سمت چپ)، ورود آفت به درون غوزه (وسط) و گیاه آلوده (سمت راست)

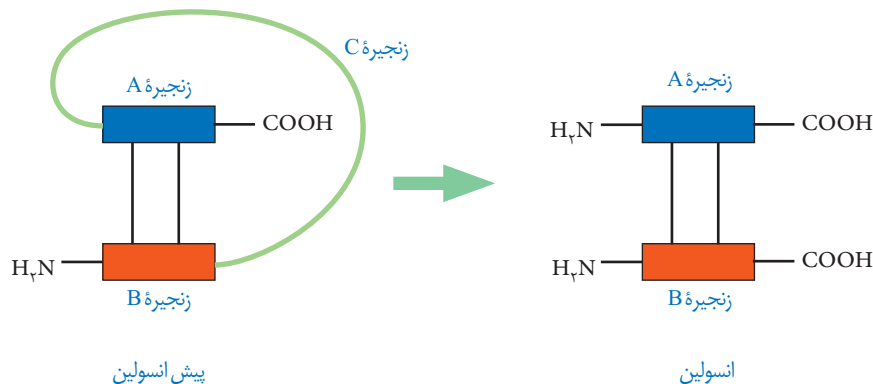




زیست فناوری علاوه بر تولید گیاهان مقاوم در برابر آفت‌ها، کاربردهای زیادی در زمینه کشاورزی دارد. اصلاح بذر برای تولید گیاهان مطلوب، تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری، تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها و افزایش ارزش غذایی محصولات نیز با انجام روش‌های مهندسی ژنتیک ممکن شده است. تولید گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش‌ها نیز از دیگر دستاوردهای این فناوری است.

## کاربرد زیست فناوری در پزشکی

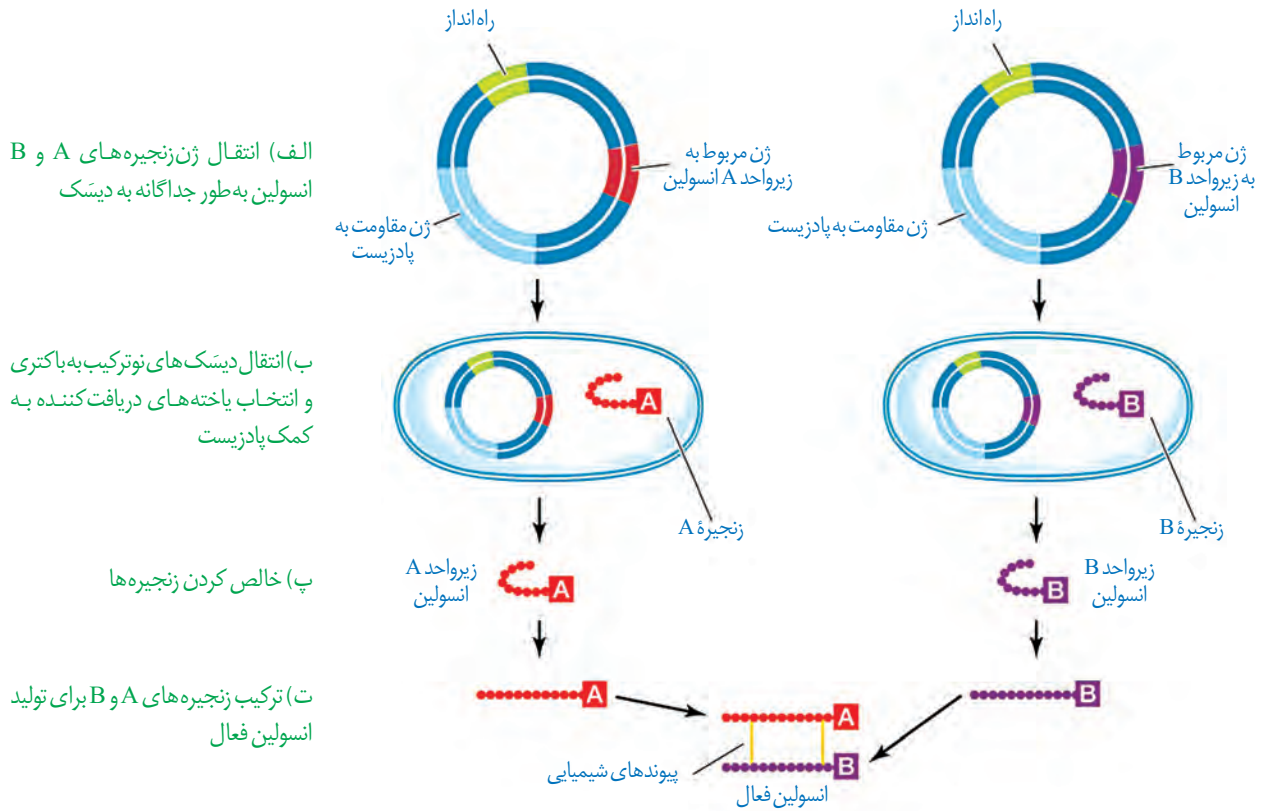
**۱- تولید دارو:** فناوری دنا نوترکیب به علت تولید داروهای مطمئن و مؤثر، جایگاه ویژه‌ای در صنعت داروسازی دارد. این داروها، برخلاف فرآورده‌های مشابهی که از منابع غیرانسانی تهیه می‌شوند، پاسخ‌های ایمنی ایجاد نمی‌کنند. انسولین یکی از داروهایی است که توسط این فناوری تولید می‌شود. دیابت نوع یک را می‌توان به وسیله دریافت انسولین کنترل کرد. به نظر شما چگونه می‌توان نیاز افراد نیازمند به این ماده را تأمین کرد؟ یکی از روش‌های تهیه انسولین جداسازی و خالص کردن آن از لوزالمعده جانورانی مثل گاو است. روش دیگر، استفاده از مهندسی ژنتیک است. می‌دانیم که باکتری در صورت داشتن ژن انسولین انسانی می‌تواند آن را بسازد. مولکول انسولین فعال، از دو زنجیره کوتاه پلی‌پپتیدی به نام‌های A و B تشکیل شده است که به یکدیگر متصل هستند. در پستانداران از جمله انسان انسولین به صورت یک مولکول پیش‌هورمون ساخته می‌شود.



شکل ۱۲- جدا شدن زنجیره C و تبدیل پیش‌انسولین به انسولین

همان‌طور که در شکل ۱۲ می‌بینید، پیش‌هورمون به صورت یک زنجیره پلی‌پپتیدی است و با جدا شدن بخشی از توالی به نام زنجیره C به هورمون فعال تبدیل می‌شود. مهم‌ترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک، تبدیل انسولین غیرفعال به انسولین فعال است، زیرا تبدیل پیش‌هورمون به هورمون در باکتری انجام نمی‌شود. در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار دو توالی دنا به صورت جداگانه برای رمز کردن زنجیره‌های A و B انسولین تولید و توسط دیسک به نوعی

باکتری منتقل شدند. سپس، زنجیره‌های پلی‌پپتیدی ساخته شده جمع‌آوری و در آزمایشگاه به وسیله پیوندهایی به یکدیگر متصل شدند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- مراحل ساخت انسولین در مهندسی ژنتیک



**۲- تولید واکسن:** روش‌های قبلی تولید واکسن شامل ضعیف کردن میکروب‌ها، کشتن آنها و یا غیرفعال کردن سموم خالص شده آنها با روش‌هایی خاص بود. واکسن تولید شده باید بتواند دستگاه ایمنی را برای مقابله با عامل بیماری‌زا تحریک کند، اما منجر به ایجاد بیماری نشود. چنانچه در مراحل تولید واکسن خطایی رخ دهد، احتمال بروز بیماری در اثر مصرف آن وجود دارد. واکسن‌های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک چنین خطری ندارند. در این روش، ژن مربوط به پادگین (آنتی‌ژن) سطحی عامل بیماری‌زا به یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا منتقل می‌شود. واکسن نو ترکیب ضد هیپاتیت B با این روش تولید شده است.

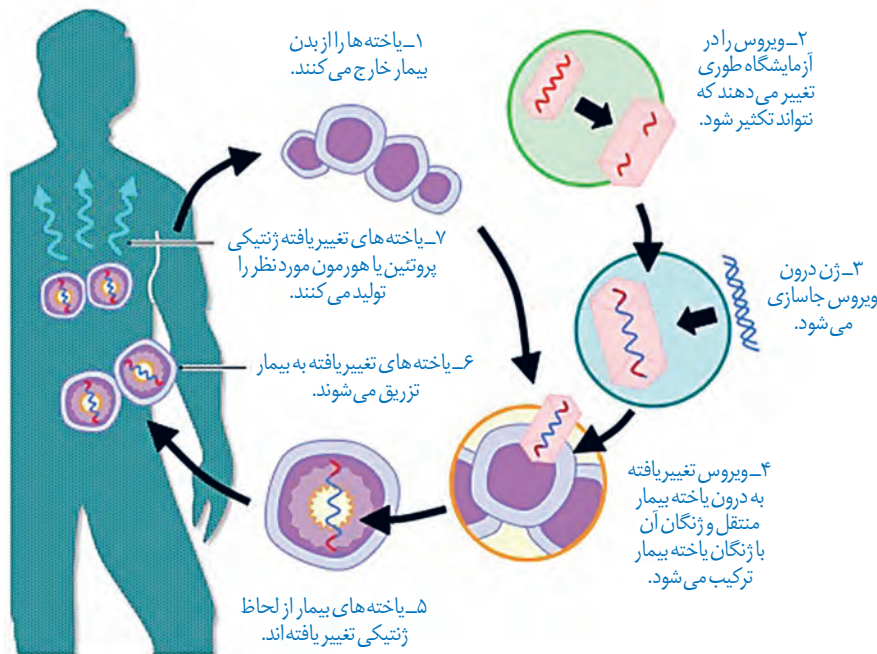
**انقراض گونه‌ها و مهندسی ژنتیک**

در سال ۲۰۰۸ با تعیین توالی ژنی یک ماموت، برای اولین بار ژنگان کامل یک گونه جانوری منقرض شده مشخص شد. این موفقیت پژوهشگران را به نجات گونه‌های در خطر انقراض امیدوار کرده است. یکی دیگر از کاربردهای این فناوری در جلوگیری از انقراض گونه‌ها، روش شبیه‌سازی است. در ایران نیز طرح‌های تحقیقاتی در حال انجام است و تاکنون موفقیت‌هایی در این زمینه به دست آمده است. به عنوان مثال می‌توان به موفقیت پژوهشکده رویان در شبیه‌سازی قوچ وحشی اشاره کرد.

**۳- ژن درمانی: آیا می‌توان افرادی را که با بیماری ارثی متولد می‌شوند درمان کرد؟**

پاسخ به این سؤال مشکل است ولی یکی از روش‌های جدید درمان بیماری‌های ژنتیکی، ژن درمانی است که خود مجموعه‌ای از روش‌هاست. ژن درمانی یعنی قرار دادن نسخه سالم یک ژن در یاخته‌های فردی که دارای نسخه‌ای ناقص از همان ژن است. در این روش یاخته‌هایی را از بدن بیمار خارج و ژن سالم را با کمک ناقل وارد آنها می‌کنند. سپس یاخته تغییر یافته را به بدن بیمار باز می‌گردانند. اولین ژن درمانی موفقیت‌آمیز در سال ۱۹۹۰ برای یک دختر بچه ۴ ساله، دارای نوعی نقص ژنی، انجام شد. این ژن جهش یافته نمی‌توانست یک آنزیم مهم دستگاه ایمنی را بسازد. برای درمان آن ابتدا لنفوسیت‌ها را از خون بیمار جدا کردند و در خارج از بدن کشت دادند. سپس نسخه‌ای از ژن کارآمد را به لنفوسیت‌ها منتقل و آنها را وارد بدن بیمار کردند. اگرچه این یاخته‌ها توانستند آنزیم مورد نیاز بدن را بسازند ولی چون قدرت بقای زیادی ندارند، لازم بود بیمار به طور متناوب لنفوسیت‌های مهندسی شده را دریافت کند (شکل ۱۴).

برای درمان این افراد می‌توان از روش‌هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد.



شکل ۱۴- مراحل ژن درمانی

**۴- تشخیص بیماری: برای درمان موفقیت‌آمیز یک بیماری، تشخیص اولیه و شناخت دقیق**

آن بسیار مهم است. علاوه بر روش‌های تشخیصی مثل آزمایش خون و ادرار، روش‌های دیگری مثل فناوری‌های مبتنی بر دنا در تشخیص بیماری نقش مهمی دارند. تشخیص بیماری وقتی که علائم آن در بدن ظاهر شده باشد ساده است، اما وقتی که هنوز علائم ظاهر نشده‌اند و میزان عامل بیماری‌زا در بدن پایین است مشکل است. امروزه با کمک روش‌های زیست فناوری و شناسایی نوکلئیک اسید عامل بیماری‌زا می‌توان به وجود آن در بدن پی برد.

همان طور که می دانید ایدز بیماری خطرناکی است و هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری زار را از دست می دهد. برای تشخیص ایدز در مراحل اولیه، دمای موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می کنند. دمای استخراج شده شامل دمای یاخته های بدن خود فرد و احتمالاً دمای ساخته شده از رنای ویروس است. سپس با استفاده از روش های زیست فناوری دمای ویروس تشخیص داده می شود. تشخیص زودهنگام آلودگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد زیرا باعث می شود که بدون اتلاف وقت اقدامات درمانی و پیشگیری لازم برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد صورت گیرد.

زیست فناوری در تشخیص ژن های جهش یافته در بیماران مستعد به سرطان، در مسائل پزشکی قانونی و تحقیقاتی همچون مطالعه در مورد دمای فسیل ها نیز کاربرد دارد.

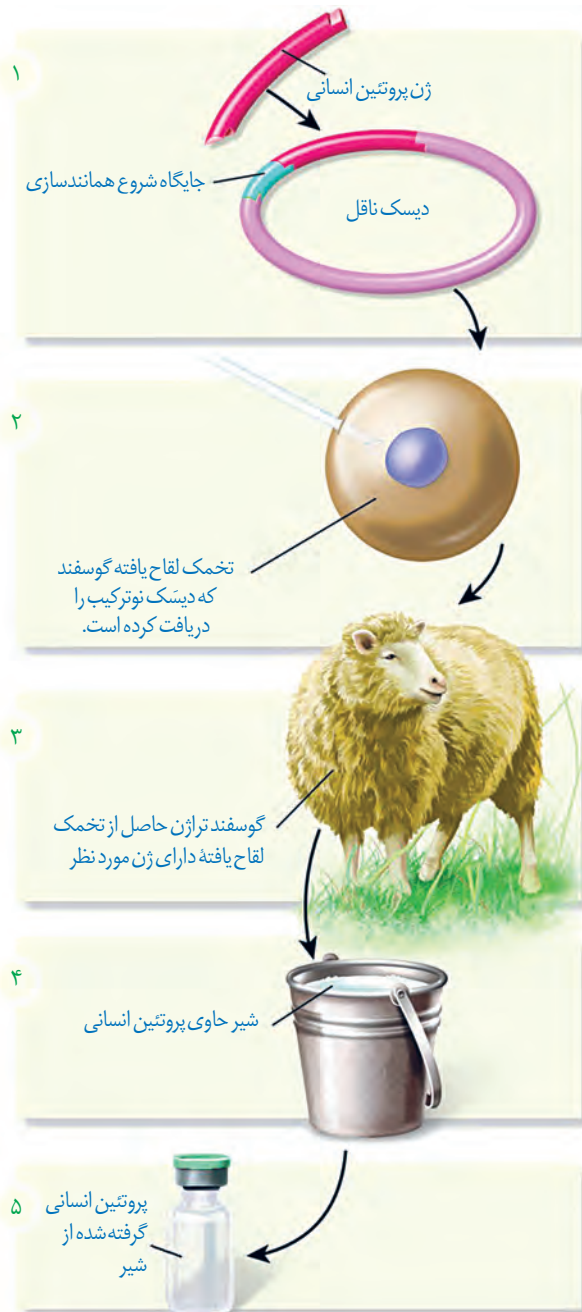
### اهمیت تولید جانوران تراژنی در زیست فناوری

دلایل متعددی برای طراحی و تولید این جانوران وجود دارد که می توان به چند مورد اشاره کرد:

- مطالعه عملکرد ژن های خاص در بدن مثل ژن های عوامل رشد و نقش آنها در رشد بهتر دام ها
- کاربرد آنها به عنوان مدلی برای مطالعه بیماری های انسانی از قبیل انواع سرطان، آلزایمر و بیماری ام.اس
- تولید پروتئین های انسانی یا داروهای خاص در بدن آنها، به عنوان مثال دام های تراژنی می توانند، شیر غنی از نوعی پروتئین انسانی تولید کنند که برای انسان نسبت به شیر طبیعی دام ها مناسب تر است (شکل ۱۵).

### زیست فناوری و اخلاق

مانند همه دستاوردهای بشر، استفاده از این دستاورد علمی نیز باید با ملاحظاتی همراه باشد. این ملاحظات جنبه های مختلف اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی را دربر می گیرند. ایمنی زیستی شامل مجموعه ای از تدابیر، مقررات و روش هایی برای تضمین بهره برداری از این فناوری است. قانون ایمنی زیستی به منظور استفاده مناسب از مزایای زیست فناوری و پیشگیری از خطرات احتمالی آن، در همه کشورها از جمله ایران تدوین و به تصویب رسیده است.



شکل ۱۵- تولید پروتئین های انسانی با استفاده از دام های تراژنی



همواره سؤال‌های متعددی در مورد نتایج انواع کاربردهای زیست فناوری مطرح بوده و هست. برای پاسخ به این سؤالات، پژوهش‌های زیادی در حال انجام است. نتایج به دست آمده از چنین پژوهش‌هایی از طرف مجموعه‌ای از دانشمندان با تخصص‌های مختلف داوری و صدور مجوز نهایی توسط دستگاه‌های نظارتی انجام می‌شود. تاکنون از نتایج تحقیقات انجام شده هیچ‌گونه گزارشی مبتنی بر شواهد و داده‌های علمی در مورد آثار جانبی کاربرد این فناوری، محصولات به دست آمده و خطرناک بودن آنها ارائه نشده است. لذا با توجه به حساسیت موضوع، این تحقیقات باید ادامه یابند و نتایج با دقت فراوان مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

### بیشتر بدانید

ایران از جمله کشورهایی است که فناوری تولید جانوران تراژن مدل را دارد. موش‌های تراژن به عنوان مدل، کاربردهای متفاوتی در تحقیقات مربوط به ژنتیک، داروسازی و پزشکی دارند. موش سمت چپ موش تراژنی است که در پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری ایران برای ایجاد مدل‌های تحقیقاتی تولید شده است. چشم‌ها و بخش‌هایی از بدن این موش به علت وجود پروتئین GFP (پروتئین با فلورسانس سبز) در برابر پرتو فرابنفش درخشش سبز دارد. این موش حاصل رشد تخمی است که ژن پروتئین GFP در زئوم تخمک آن جاگذاری شده است.



موش معمولی (راست) و موش تراژن (چپ)



پرواز گروهی سارها

## فصل ۸

# رفتارهای جانوران

هزاران سال است که انسان رفتارهای جانوران را مشاهده می کند و در پی یافتن علت این رفتارها و چگونگی بروز آنهاست. زندگی انسان به داشتن اطلاعات درباره رفتار جانوران وابسته است. دانستن درباره چگونگی زادآوری یک حشره آفت، می تواند به یافتن راه هایی برای مبارزه با آن منجر شود. دانستن درباره مهاجرت یا تغذیه یک جانور در معرض خطر انقراض، می تواند به راه هایی برای حفظ آن گونه و حفاظت از تنوع زیستی بینجامد. در این فصل انواعی از رفتارهای جانوران، چگونگی انجام آنها و علت این رفتارها را از دیدگاه انتخاب طبیعی بررسی می کنیم.



قمری‌های خانگی با جمع‌آوری شاخه‌های نازک درختان برای خود لانه ساخته و زادآوری می‌کنند. گوزن‌ها از شکارچی‌ها می‌گریزند. خرس‌های قطبی خواب زمستانی دارند. سارها برای زمستان‌گذرانی به مناطق گرم‌تر مهاجرت می‌کنند. اینها نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران است. رفتار، واکنش یا مجموعه واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌ها انجام می‌دهد. محرک‌هایی مانند بو، رنگ، صدا، تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز موجب بروز رفتارهای گوناگون در جانوران می‌شوند.

### رفتار غریزی

جوجه‌های برخی از پرندگان برای غذای مورد نیازشان به والد (یا والدین) خود متکی هستند. مثلاً جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زند و والد بخشی از غذای خورده شده را برمی‌گرداند تا جوجه آن را بخورد. دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمیت دارد. جوجه پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند به منقار والد نوک بزند (شکل ۱).



شکل ۱- رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی

منشأ رفتار جوجه کاکایی چیست؟ جوجه پرنده پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند رفتار درخواست غذا را انجام دهد، پس آیا این رفتار همانند ویژگی‌های بدنی جانور ژنی است؟ برای پاسخ به این سؤال یک پژوهش را بررسی می‌کنیم.

پژوهشگران ارتباط یک ژن را با رفتار مراقبت از زاده‌ها در موش ماده بررسی کرده‌اند. این ژن را ژن **B** می‌نامیم. موش ماده طبیعی اجازه نمی‌دهد بچه موش‌ها از او دور شوند؛ اگر بچه موش‌ها دور شوند، مادر آنها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد (شکل ۲). موش مادر ابتدا نوزادان را واری می‌کند و اطلاعاتی از راه حواس به مغز آن ارسال می‌شود؛ در نتیجه ژن **B** در باخته‌هایی در مغز موش مادر فعال



### بیشتر بدانید

آنچه ما آن را ژن B نامیدیم به اختصار ژن FosB نام دارد. این ژن در بخشی از زیر نهنج (هیپوتالاموس) مغز موش مادر که در رفتار مادرانه آن نقش حیاتی دارد، بیان می‌شود.

می‌شود و دستور ساخت پروتئینی را می‌دهد که آنزیم‌ها و ژن‌های دیگری را فعال می‌کند. در مغز جانور فرایندهای پیچیده‌ای به راه می‌افتد که در نتیجه آنها، موش ماده رفتار مراقبت مادری را نشان می‌دهد. پژوهشگران با ایجاد جهش در ژن B آن را غیر فعال کردند. موش‌های ماده‌ای که ژن‌های جهش یافته داشتند، ابتدا بچه موش‌های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آنها را نادیده گرفتند و رفتار مراقبت نشان ندادند. به این ترتیب، مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش اساس ژنی دارد.



شکل ۲- الف) مراقبت مادری موش  
مادر دارای ژن طبیعی

ب) نبود مراقبت مادری در موش مادر  
دارای ژن جهش یافته B



### بیشتر بدانید

رفتارشناسی، علم مطالعه رفتارهای جانوران در آزمایشگاه و یا طبیعت است. سه دانشمند به نام‌های نیکولاس تین برگن<sup>۱</sup> هلندی، کُنراد لورنز<sup>۲</sup> و کارل فون فریش<sup>۳</sup> اثری در مشاهده رفتار جانوران در طبیعت نقش مهمی ایفا کردند. این تلاش‌ها جایزه نوبل رشته کار اندام‌شناسی (فیزیولوژی) و پزشکی سال ۱۹۷۳ را برای آنان به ارمغان آورد. در دهه‌های اخیر رویکرد اصلی زیست‌شناسان در بررسی رفتار جانوران، بوم‌شناسی رفتاری است. بوم‌شناسی رفتاری علم بررسی رفتار جانوران در محیط طبیعی و از دیدگاه انتخاب طبیعی است.

۱- Nikolaas Tinbergen

۲- Konrad Lorenz

۳- Karl Von Frisch

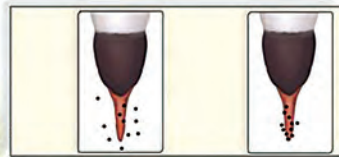
رفتار موش مادر در مراقبت از فرزندان رفتاری غریزی<sup>۱</sup> است. اساس رفتار غریزی در همه افراد یک گونه یکسان است، زیرا ژنی و ارثی است. رفتار جوجه کاکایی برای به دست آوردن غذا، لانه‌سازی پرنده‌ها و رفتار مکیدن در شیرخواران نمونه‌های دیگری از رفتارهای غریزی‌اند. خواهید دید همه رفتارهای غریزی به طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد نشده‌اند.

### یادگیری و رفتار

در رفتار درخواست غذا، نوک زدن‌های جوجه کاکایی به منقار والد در ابتدا دقیق نیست ولی به تدریج و با تمرین، این رفتار دقیق‌تر می‌شود. هرچه جوجه دقیق‌تر نوک بزند، والد سریع‌تر به درخواست آن برای غذا پاسخ می‌دهد. به این ترتیب جوجه می‌آموزد تا دقیق‌تر نوک بزند (شکل ۳). بنابراین، جوجه کاکایی تجربه به دست می‌آورد و رفتار غریزی آن تغییر می‌کند و اصلاح می‌شود.

۱- Instinctive Behavior





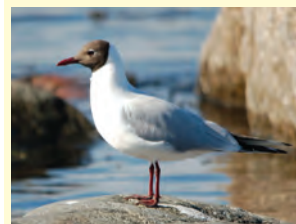
نوک زدن جوجه تازه از تخم خارج شده

نوک زدن جوجه دو روزه

شکل ۳- اصلاح رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی: پس از دو روز جوجه می آموزد تا دقیق تر نوک بزند. نقطه های سیاه رنگ محل نوک زدن را نشان می دهند.

### بیشتر بدانید

چندین گونه از خانواده کاکایی ها از جمله کاکایی پازرد (خزری) و کاکایی سر سیاه، در کشور ما زندگی می کنند. بیشتر آزمایش ها و بررسی های این فصل درباره کاکایی سر سیاه انجام شده است.



کاکایی سر سیاه (*Larus ridibundus*)



کاکایی خزری (*Larus cachinnans*)

جانوران در محیط تجربه های گوناگونی پیدا می کنند که رفتارهای آنها را تغییر می دهد. تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر تجربه به وجود می آید **یادگیری** نام دارد. یادگیری انواع گوناگونی دارد که با آنها آشنا می شوید.

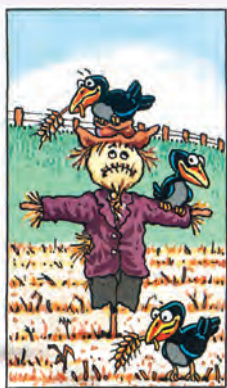
**خوگیری (عادی شدن):** جوجه پرنده ها با خوردن اجسام گوناگونی مانند برگ های در حال افتادن را در بالای سر خود می بینند. در ابتدا جوجه ها با پایین آوردن سر خود و آرام ماندن به این محرک ها پاسخ می دهند، اما با دیدن مکرر اجسام در حال حرکت، یاد می گیرند آنها برایشان خطر یا فایده ای ندارند. در نتیجه، جوجه ها دیگر به این محرک ها پاسخ نمی دهند. این یادگیری را **خوگیری** می نامند. در این یادگیری، پاسخ جانور به یک محرک تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدا می کند و جانور می آموزد به برخی محرک ها پاسخ ندهد. جانوران در معرض محرک های متعددی قرار دارند که پاسخ به همه آنها، نیازمند صرف انرژی زیادی است. خوگیری موجب می شود جانور با چشم پوشی از محرک های بی اهمیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت های حیاتی حفظ کند.

### فعالیت ۱

الف) شکل روبه رو یادگیری خوگیری را

نشان می دهد. آن را توضیح دهید.

ب) در برخی کشتزارها قوطی های فلزی را به مترسک آویزان می کنند، این کار چه فایده ای دارد؟



(۱)



(۲)



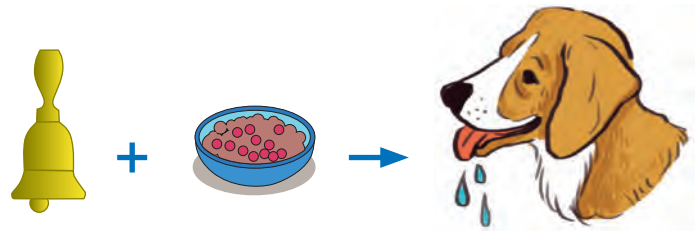
(۳)

**شرطی شدن کلاسیک:** وقتی جانوری مانند سگ غذا می بیند و یا بوی آن را احساس می کند، بزاق او ترشح می شود. غذا محرک و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است. دانشمندی به نام پاولوف آزمایش های متعددی در این باره انجام داد. او متوجه شد بزاق سگ، با دیدن فرد غذا دهنده و قبل از دریافت غذا نیز ترشح می شود. پاولوف آزمایشی طراحی کرد و در آن هم زمان با دادن پودر گوشت به سگ گرسنه، زنگی را به صدا درآورد. با تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقرار کرد، طوری که بزاق آن با شنیدن صدای زنگ و حتی بدون دریافت غذا نیز ترشح می شد. صدای زنگ در ابتدا یک محرک بی اثر بود ولی وقتی با محرک طبیعی یعنی غذا همراه شد، سبب بروز پاسخ ترشح بزاق شد (شکل ۴). صدای زنگ یک **محرک شرطی** است زیرا در صورتی می تواند موجب بروز پاسخ شود که با یک محرک طبیعی همراه شود. این نوع یادگیری **شرطی شدن کلاسیک**<sup>۱</sup> نام دارد.

شکل ۴- الف) وقتی محرک شرطی (صدای زنگ) با محرک طبیعی (غذا) همراه شود.  
ب) محرک شرطی به تنهایی می تواند سبب پاسخ ترشح بزاق شود.



(ب)



(الف)

### بیشتر بدانید

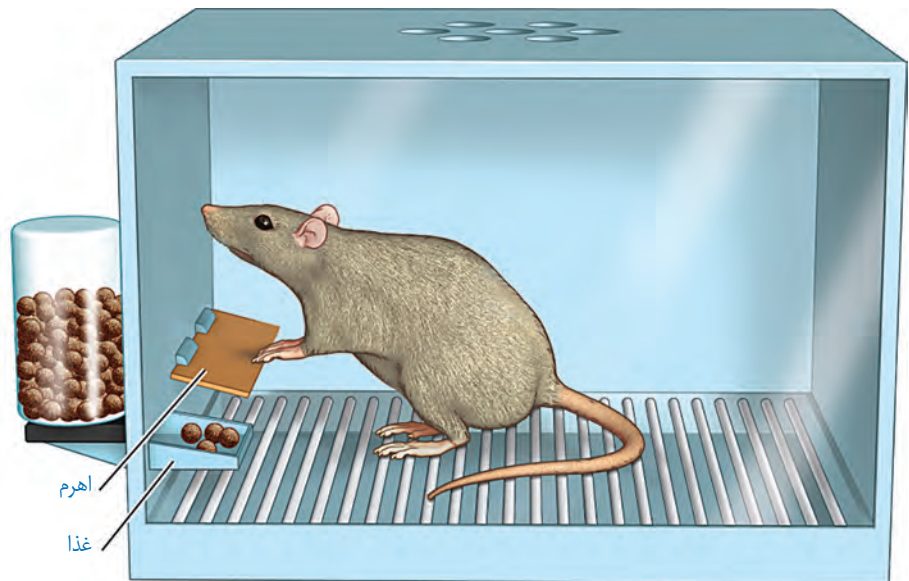
#### تاریخ علم

ایوان پتروویچ پاولوف (۱۸۴۹-۱۹۳۶) کار اندام شناس (فیزیولوژیست) روسی است که در سال ۱۹۰۴ برنده جایزه نوبل کار اندام شناسی و پزشکی شد. او بیشتر به علت پژوهش درباره بازتاب شرطی مشهور است (نفر دوم از راست).



شکل ۵- موش در جعبه اسکینر

**شرطی شدن فعال:** نوعی دیگر از شرطی شدن، **شرطی شدن فعال**<sup>۲</sup> یا یادگیری با آزمون و خطا نام دارد. در نخستین آزمایش های مربوط به این نوع یادگیری، دانشمندی به نام اسکینر موش گرسنه ای را در جعبه ای قرار داد که درون آن اهرمی وجود داشت و موش می توانست آن را فشار دهد (شکل ۵). موش درون جعبه حرکت می کرد و به طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می داد. در نتیجه، تکه ای



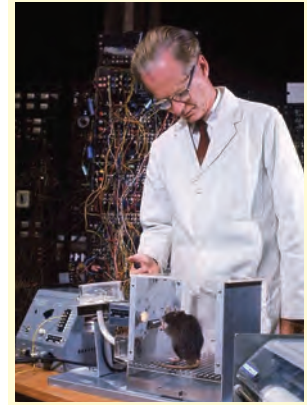
۱- Classical Conditioning

۲- Operant Conditioning

## بیشتر بدانید

### تاریخ علم

بوروس فردریک اسکینر (۱۹۰۴-۱۹۹۰) روان‌شناس آمریکایی و از بنیان‌گذاران یادگیری از دیدگاه رفتارگرایی است. دستگاهی را که او برای بررسی رفتار شرطی شدن فعال جانوران به کار می‌برد و جعبه اسکینر نام دارد، از اختراعات خود اوست.



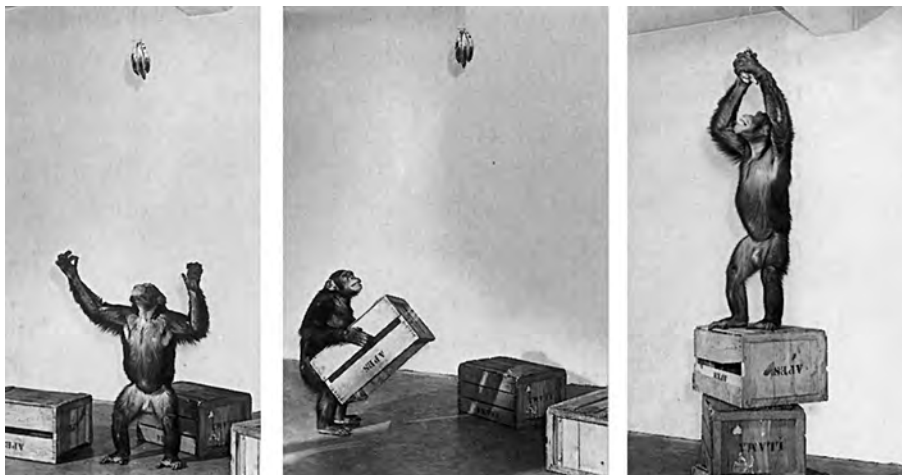
غذا به درون جعبه می‌افتاد و موش غذا دریافت می‌کرد. پس از چندبار تکرار این رفتار، موش به ارتباط بین فشار دادن اهرم و پاداش یعنی به دست آوردن غذا پی برد. موش پس از آن به طور عمدی، اهرم را فشار می‌داد تا غذا به دست آورد. در شرطی شدن فعال، جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیهی که دریافت می‌کند، ارتباط برقرار کرده و در آینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری می‌کند.

## فعالیت ۲

پرنده‌ای که در شکل زیر می‌بینید، پروانه مونارک را بلعیده و دچار تهوع شده است. پس از چنین تجربه‌هایی پرنده می‌آموزد، این حشره را نباید بخورد. چگونگی آموختن این رفتار را بر اساس یادگیری شرطی شدن توضیح دهید.



**حل مسئله:** برخی از جانوران می‌توانند از تجربه‌های قبلی خود برای حل مسئله‌ای که با آن روبه‌رو شده‌اند، استفاده کنند. در یکی از آزمایش‌های مربوط به این رفتار، شامپانزه‌ای را در اتاقی گذاشتند که تعدادی موز از سقف آن آویزان بود و چند جعبه چوبی هم در اتاق وجود داشت. شامپانزه پس از چند بار بالا پریدن و تلاش ناموفق برای رسیدن به موزها، جعبه‌ها را روی هم قرار داد، از آنها بالا رفت و به موزها دست یافت (شکل ۶). در رفتار حل مسئله، جانور بین تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آنها برای حل مسئله جدید، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.



شکل ۶- حل مسئله در شامپانزه





شکل ۷- حل مسئله در کلاغ: کلاغ با جمع کردن نخ تکه گوشت را بالا می کشد.

رفتارشناسان حل مسئله جانوران را در محیط طبیعی نیز بررسی کرده اند. شامپانزه ها برگ های شاخه نازک درختان را جدا می کنند و آن را درون لانه موربانه ها فرو می برند تا موربانه ها را بیرون بیاورند و بخورند. این جانوران از تکه های چوب یا سنگ به شکل سندان و چکش استفاده می کنند تا پوسته سخت میوه را بشکنند. کلاغ سیاهی که در شکل ۷ می بینید، کشف کرده است که چگونه تکه گوشت آویزان به انتهای نخ را به دست آورد. جانور هر بار بخشی از نخ را با منقار خود بالا می کشد و پنجه پای خود را روی آن قرار داده و سرانجام به گوشت دست پیدا می کند.

**نقش پذیری:** جوجه غازها پس از بیرون آمدن از تخم، نخستین جسم متحرکی را که می بینند، دنبال می کنند. جسم متحرک معمولاً مادر آنهاست (شکل ۸). این دنبال کردن موجب پیوند جوجه ها با مادر می شود. پیوند جوجه غازها و مادرشان در نتیجه نوعی یادگیری به نام **نقش پذیری** ایجاد می شود. نقش پذیری نوعی یادگیری است که در دوره مشخصی از زندگی جانور انجام می شود. نقش پذیری جوجه غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می دهد. این زمان، دوره حساسی است که در آن نقش پذیری با بیشترین موفقیت انجام می شود. جوجه غازها با نقش پذیری مادر خود را می شناسند. این شناسایی برای بقای جوجه ها حیاتی است، بدون آن جوجه ها تحت مراقبت مادر قرار نمی گیرند و ممکن است بمیرند. افزون بر آن، جوجه ها با نقش پذیری، رفتارهای اساسی مانند جست و جوی غذا را نیز از مادر یاد می گیرند. نقش پذیری در پستانداران نیز دیده می شود، مثلاً بره هایی که مادر خود را از دست داده اند و انسان آنها را پرورش داده است، دنبال او راه می افتند و تمایلی برای ارتباط با گوسفندهای دیگر نشان نمی دهند.

امروزه پژوهشگران می کوشند از نقش پذیری در حفظ گونه های جانوران در خطر انقراض استفاده کنند. مثلاً آنها برای پرورش جوجه پرنده هایی که والدین خود را از دست داده و تحت مراقبت انسان به دنیا آمده اند، صدای پرندگان همان گونه را پخش می کنند. افرادی که از این جوجه ها نگهداری می کنند، ظاهر خود را شبیه آن پرنده کرده و مانند آنها رفتار می کنند.



شکل ۸- نقش پذیری جوجه غازها نسبت به مادر خود

۱- Imprinting



بررسی نقش‌پذیری در غازها از پژوهش‌های کنراد لورنز اتریشی (۱۹۰۳-۱۹۸۹) است. لورنز در آزمایش خود جوجه‌غازهایی را در دستگاه جوجه‌کشی پرورش داد، لورنز نخستین جسمی بود که جوجه‌ها پس از بیرون آمدن از تخم دیدند. آنها او را دنبال کردند و نسبت به او نقش‌پذیر شدند.



## برهم کنش غریزه و یادگیری

بیشتر رفتارهای جانوران محصول برهم کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند. همان‌طور که در رفتار درخواست‌غذای جوجه کاکایی دیدیم، این رفتار غریزی به‌طور کامل در جوجه‌ای که از تخم بیرون می‌آید، بروز پیدا نمی‌کند. برای شکل‌گیری کامل آن، برهم کنش جوجه و والدین و کسب تجربه لازم است. جانور اساس ژنی لازم برای انجام این رفتار را دارد و همچنان که رشد می‌کند از آموخته‌های خود از محیط تجربه به‌دست می‌آورد و آنها را برای تغییر و اصلاح رفتار قبلی به کار می‌برد. یادگیری برای بقای جانوران لازم است، زیرا محیط جانوران همواره در حال تغییر است. برای آنکه جانوران بتوانند در این شرایط در حال تغییر زندگی کنند، باید بتوانند به تغییرات پاسخ‌های مناسبی بدهند. به این ترتیب، برهم کنش ژن‌ها و یادگیری امکان‌سازگار شدن جانور با این تغییرات را فراهم می‌آورد.

## فعالیت ۳

الف) شقایق دریایی با تحریک مکانیکی (تماس)، بازوهای خود را منقبض می‌کند



اما به حرکت مداوم آب پاسخی نمی‌دهد. چرا؟

ب) رام‌کنندگان جانوران چگونه انجام حرکات نمایشی در سیرک را به آنها می‌آموزند؟

پژوهشگران در بررسی یک رفتار تلاش می‌کنند به دو نوع پرسش پاسخ دهند. پرسش نوع اول اینکه جانور چگونه رفتاری را انجام می‌دهد؟ برای پاسخ به این پرسش پژوهشگران فرایندهای ژنی، رشد و نمو و عملکرد بدن جانور را بررسی می‌کنند. پرسش نوع دوم این است که چرا جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟ پرسش دوم به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است. مثال زیر را بخوانید.

پرندۀ کاکایی پس از آنکه جوجه‌هایش از تخم بیرون می‌آیند، پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند. جوجه‌ها و تخم‌های کاکایی در میان علف‌های اطراف آشیانه به خوبی استتار می‌شوند (شکل ۹). البته رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته بسیار مشخص است.



شکل ۹- الف) جوجه‌های کاکایی  
ب) تخم‌های کاکایی



الف)

ب)

چرا کاکایی پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش، پژوهشگری آزمایشی را طراحی کرد. او تخم‌های مرغ خانگی را شبیه تخم‌های کاکایی رنگ آمیزی کرد و آنها را در محل آشیانه‌سازی کاکایی‌ها، قرار داد. پژوهشگر در کنار تعدادی از این تخم‌ها، پوسته تخم‌های شکسته کاکایی را نیز قرار داد. او مشاهده کرد کلاغ‌ها بیشتر تخم مرغ‌هایی را که کنار پوسته‌های تخم کاکایی قرار داشتند، پیدا کرده و آنها را خوردند. رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته، راهنمای کلاغ‌ها بود. پژوهشگر نتیجه گرفت کاکایی‌ها رفتار دور انداختن پوسته تخم‌های شکسته از لانه را برای کاهش احتمال شکار شدن و افزایش احتمال بقای جوجه‌ها انجام می‌دهند. کاکایی‌ها زمان بسیار کوتاهی را برای بیرون بردن پوسته تخم‌ها صرف می‌کنند اما این رفتار در بقای زاده‌های آنها نقشی حیاتی دارد. این رفتار کاکایی‌ها سازگارکننده است زیرا احتمال دسترسی شکارچی به زاده‌ها کاهش و احتمال بقای آنها را افزایش می‌دهد و به سود پرندۀ و زاده‌های آن است. رفتارهای سازگارکننده با سازوکار انتخاب طبیعی، برگزیده می‌شوند.

در رفتارشناسی با دیدگاه انتخاب طبیعی، پژوهشگران برای پاسخ به پرسش چرایی رفتارها و اثر انتخاب طبیعی در شکل دادن به آنها پژوهش می‌کنند. آنها نقش سازگارکنندگی رفتارهای گوناگون و به عبارتی نقش رفتارها را در بقا و زادآوری بیشتر جانوران بررسی می‌کنند. این کار با بررسی سود و هزینه رفتار برای جانور، انجام می‌شود.

در پژوهش درباره رفتار بیرون انداختن پوسته تخم در کاکایی‌ها:

الف) پژوهشگر چه فرضیه‌ای را دنبال می‌کرد؟

ب) چرا پژوهشگر فقط در کنار تعدادی از تخم مرغ‌های رنگ آمیزی شده، پوسته تخم کاکایی قرار داد؟

### زادآوری (تولیدمثل)

داشتن بیشترین تعداد زاده‌های سالم، معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است. جانوران برای دستیابی به موفقیت در زادآوری (تولید مثل)، رفتارهای زادآوری انجام می‌دهند. **انتخاب جفت** یکی از این رفتارهاست. در رفتار انتخاب جفت، جانور ابتدا ویژگی‌های جفت را بررسی می‌کند و بعد تصمیم می‌گیرد با آن جفت‌گیری کند یا نه. برای مثال انتخاب جفت را در طاووس بررسی می‌کنیم. ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر و ماده متفاوت است. در فصل زادآوری دم طاووس نر، پره‌های پر نقش و نگاری پیدا می‌کند. طاووس نر برای جلب جفت، دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند تا بهتر در معرض دید جانور ماده قرار گیرد. طاووس ماده دم طاووس‌های نر را بررسی می‌کند و نری را به عنوان جفت انتخاب می‌کند که رنگ درخشان و لکه‌های چشم مانند بیشتری روی پره‌های دم خود داشته باشد (شکل ۱۰).



### بیشتر بدانید

#### تاریخ علم

بررسی رفتار بیرون انداختن پوسته‌های تخم در کاکایی از پژوهش‌های نیکولاس تین برگن (۱۹۰۷-۱۹۸۸) است.



شکل ۱۰- لکه‌های چشم مانند دم طاووس نر

در جانوران، ماده‌ها بیشتر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهند. چرا چنین است؟ در جانوران هر یک از والدین باید انرژی و مدت زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده‌ها صرف کنند. جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیشتری صرف می‌کنند. برای مثال نگهداری از تخم‌ها و جوجه‌ها در پرندگان و بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران فعالیت‌های پرهزینه‌ای هستند که جانوران ماده آنها را انجام می‌دهند. بنابراین، تولیدمثل برای آنها هزینه بیشتری دارد. پس جانوران ماده باید جفت انتخاب کنند تا موفقیت تولیدمثلی آنها تضمین شود.

شاید برای شما این پرسش مطرح شده باشد که پره‌های زینتی دم طاووس نر با موفقیت زادآوری جانور ماده چه ارتباطی دارد؟ پژوهش‌ها نشان داده‌اند، جانوران ماده در انتخاب جفت به ویژگی‌های ظاهری نرها توجه می‌کنند. درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی‌هایی است که نشانه سلامت و



کیفیت رژیم غذایی آن است. جفت‌گیری با نری که این نشانه را دارد، سلامت جانور ماده و زاده‌هایش را تضمین می‌کند. ویژگی‌های ظاهری جانور نر نشانه‌ای از داشتن ژن‌های مربوط به صفات سازگارکننده نیز هستند؛ یعنی گرچه دم بلند و زینتی طاووس نر ممکن است حرکت جانور را دشوار و آن را در مقابل شکارچی‌ها آسیب‌پذیرتر کند و احتمال بقای آن را کاهش دهد، اما بقای جانوری با این ویژگی هنگام تولیدمثل، سازگارتر بودن آن را نشان می‌دهد. در نتیجه در صورت انتخاب آن، زاده‌ها علاوه بر ویژگی ظاهری، ژن‌های صفات سازگارتر را نیز به ارث می‌برند. ویژگی‌های ظاهری مانند دم زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر از صفات ثانویه جنسی جانوران نر هستند که هنگام جفت‌یابی و رقابت با نرهای دیگر به کار می‌روند.

البته در گونه‌های مختلف جانوران، انتخاب جفت را فقط جانوران ماده انجام نمی‌دهند. در نوعی جیرجیرک، جانور نر هزینه بیشتری در تولیدمثل می‌پردازد و بنابراین جفت را انتخاب می‌کند. جیرجیرک نر زامه‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند. جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشدونمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نیاز دارد (شکل ۱۱). این کیسه بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد. جانور نر، جیرجیرک ماده‌ای را انتخاب می‌کند که بزرگ‌تر باشد، زیرا بزرگ‌تر بودن جیرجیرک ماده نشانه آن است که تخمک‌های بیشتری دارد و می‌تواند زاده‌های بیشتری تولید کند. در این جانوران جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.



شکل ۱۱- جیرجیرک ماده‌ای که کیسه دارای اسپرم و مواد مغذی (بخش سفیدرنگ) را دریافت کرده است.

رفتار تولیدمثلی دیگر در جانوران، نوع **نظام جفت‌گیری** آنهاست. طاووس نر نظام جفت‌گیری **چند همسری** دارد. در این نظام یکی از والدین پرورش و نگهداری زاده‌ها را انجام می‌دهد. طاووس نر در نگهداری زاده‌ها نقشی ندارد، البته می‌تواند با نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی‌ها، به طور غیرمستقیم به ماده‌ها کمک کند. در نتیجه، موفقیت تولیدمثلی هر دو جانور



نر و ماده افزایش می‌یابد. بیشتر پستانداران نظام چندهمسری دارند و بیشتر پرندگان مثل قمری خانگی تک‌همسراند. در این نظام هر دو والد هزینه‌های پرورش زاده‌ها را می‌پردازند. همچنین، در این نظام جانور نر و ماده در انتخاب جفت سهم مساوی دارند.

## غذایابی

رفتار **غذایابی**<sup>۱</sup> مجموعه رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به دست آوردن غذاست. غذاهایی که جانوران می‌خورند معمولاً اندازه‌های متفاوتی دارند. غذاهای بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما ممکن است فراوانی آنها کمتر و به دست آوردن آنها دشوارتر باشد. بنابراین، برای جانوران میزان سود یعنی میزان انرژی موجود در غذا و هزینه به دست آوردن غذا و مصرف آن اهمیت دارد. موازنه بین محتوای انرژی غذا و هزینه به دست آوردن آن، **غذایابی بهینه**<sup>۲</sup> نام دارد. براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی ای برگزیده می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد یعنی اینکه جانور در هر بار غذایابی، بیشترین انرژی خالص را دریافت کند. برای مثال خرچنگ‌های ساحلی صدف‌های با اندازه متوسط را ترجیح می‌دهند زیرا آنها بیشترین انرژی خالص را تأمین می‌کنند. صدف‌های بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما برای شکستن آنها باید انرژی بیشتری صرف شود.

هنگام غذایابی ممکن است جانور خود در خطر شکار شدن یا آسیب دیدن قرار گیرد. بنابراین رفتار برگزیده باید موازنه‌ای بین کسب بیشترین انرژی و کمترین خطر را نیز نشان دهد. به همین علت است که هنگام وجود شکارچی یا رقیب، جانوران رفتارهای غذایابی خود را تغییر می‌دهند و در حالتی آماده و گوش به زنگ به غذایابی مشغول می‌شوند.

گاهی جانوران غذایی را مصرف می‌کنند که محتوای انرژی چندانی ندارد اما مواد موردنیاز آنها را تأمین می‌کند. برای مثال طوطی‌هایی که در شکل ۱۲ می‌بینید خاک رس می‌خورند تا مواد سمی حاصل از غذاهای گیاهی را در لوله گوارش آنها خنثی کند.



شکل ۱۲- تغذیه طوطی‌ها از خاک رس

۱- Foraging

۲- Optimal Foraging



شکل ۱۳- قلمروخواهی در قو، سرخورد  
مازندران

**قلمروخواهی:** قلمرو یک جانور، بخشی از محدوده جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می‌کند. جانوران در برابر افراد هم‌گونه یا افراد گونه‌های دیگر از قلمرو خود دفاع می‌کنند. این رفتار **قلمروخواهی** نام دارد. جانور با رفتارهایی مانند اجرای نمایش و یا تهاجم به جانوران دیگر اعلام می‌کند که قلمرو متعلق به آن است. مثلاً یک پرنده با آواز خواندن سعی می‌کند از ورود پرنده مزاحم به قلمرو خود جلوگیری کند. اگر آواز مؤثر نباشد، ممکن است پرنده صاحب قلمرو برای بیرون راندن مزاحم به آن حمله کند (شکل ۱۳). این فعالیت‌ها نیازمند صرف زمان و مصرف انرژی است. تهاجم ممکن است به آسیب دیدن پرنده صاحب قلمرو هم بینجامد. آواز خواندن ممکن است موقعیت پرنده را برای شکارچی آشکار کند. چرا پرنده هزینه‌های دفاع از قلمرو را می‌پذیرد؟ قلمروخواهی برای جانوران فایده‌هایی دارد: استفاده اختصاصی از منابع قلمرو می‌تواند غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش دهد. امکان جفت‌یابی جانور و دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از شکارچی نیز افزایش می‌یابد.

**مهاجرت:** هر ساله با آغاز فصل پاییز پرنده‌گان مهاجر از سیبری و اروپا به تالاب‌ها و آبگیرهای شمال ایران مهاجرت می‌کنند. این پرنده‌ها پس از زمستان‌گذرانی، در اوایل بهار به سرزمین خود باز می‌گردند.



شکل ۱۴- پرنده‌گان مهاجر به پناهگاه  
حیات وحش میانکاله مازندران

جابه‌جایی طولانی و رفت و برگشتی جانوران **مهاجرت** نام دارد. تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط و کاهش منابع مورد نیاز، جانوران را وادار می‌دارد به سوی زیستگاه‌های مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری مهاجرت کنند. مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد. بررسی مهاجرت سارها نشان داده است سارهایی که تجربه مهاجرت دارند بهتر از آنهایی که برای نخستین بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.

در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آنجاها نبوده‌اند. پس آنها چگونه در این محیط‌های نا آشنا، راه خود را پیدا می‌کنند؟ جانوران برای جهت‌یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند. مثلاً جهت‌یابی هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌ها در آسمان انجام می‌شود. وقتی هوا ابری است جانوران چگونه مسیر حرکت را تشخیص می‌دهند؟ آیا میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی جانوران نقش دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، پژوهشگران در یک روز ابری آهنربای کوچکی را روی سر کبوتر خانگی قرار دادند. با وجود این آهنربا، پرنده نتوانست مسیر درست را بیابد و به لانه باز گردد. پژوهشگران نتیجه گرفتند کبوتر خانگی می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان مغناطیسی زمین احساس و با استفاده از آن جهت‌یابی کند. پژوهشگران در سر بعضی از پرنده‌ها ذرات

## بیشتر بدانید

آهن مغناطیسی شده نیز یافته‌اند. لاک‌پشت‌های دریایی ماده پس از طی مسافت‌های طولانی، برای تخم‌گذاری به ساحل دریا می‌آیند و پس از تخم‌گذاری دوباره به دریا باز می‌گردند. به نظر می‌رسد میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی لاک‌پشت‌ها نیز نقش دارد.

## خواب زمستانی و رکود تابستانی

برخی جانوران برای بقاء، در زمستان، خواب زمستانی<sup>۱</sup> دارند. در این حالت جانور به خواب عمیقی فرو می‌رود و یک دوره کاهش فعالیت را طی می‌کند که در آن دمای بدن، مصرف اکسیژن، تعداد تنفس جانور و نیاز جانور به انرژی کاهش می‌یابد. پیش از ورود به خواب زمستانی، جانور مقدار زیادی غذا مصرف می‌کند و در بدن آن چربی لازم به مقدار کافی ذخیره می‌شود تا هنگام خواب به مصرف برسد. رکود تابستانی<sup>۲</sup> نیز یک دوره کاهش فعالیت است که در آن سوخت‌وساز جانور کاهش پیدا می‌کند. رکود تابستانی در جانورانی دیده می‌شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می‌کنند. این جانوران در پاسخ به نبود غذا یا دوره‌های خشک سالی، رکود تابستانی انجام می‌دهند.

## بیشتر بدانید



عکس از حسین خانمی

خرس قهوه‌ای در پناهگاه حیات وحش دودانگه و چهاردانگه مازندران

خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) در ایران زندگی می‌کند. برخی از این جانوران حالتی شبیه خواب زمستانی دارند و گاهی وقتی هوا گرم‌تر است از خواب بیدار می‌شوند. این خرس‌ها معمولاً از انسان دوری می‌کنند ولی خرس‌هایی که از خواب بیدار شده‌اند، ممکن است رفتاری تهاجمی داشته باشند...

لاک‌پشت‌های دریایی منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) به شدت در خطر انقراض قرار دارند. این جانوران در طول فصل زادآوری یعنی از اسفند تا تیرماه برای تخم‌گذاری به آب‌های منطقه خلیج فارس و دریای عمان مهاجرت می‌کنند. پناهگاه حیات وحش و تالاب بین‌المللی شیدور و جزیره هندورابی در استان هرمزگان و جزایر ام‌الکرم و نخیلو در استان بوشهر مهم‌ترین مناطق لانه‌سازی این جانور است.

پروژه دریایی ماهواره‌ای مهاجرت لاک‌پشت‌های دریایی در منطقه خلیج فارس و دریای عمان به پیشنهاد و حمایت مالی دفتر منطقه‌ای صندوق جهانی حیات وحش و بنیاد تحقیقات دریایی آژانس حفاظت محیط‌زیست ابوظبی و با مشارکت کشورهای ایران، قطر، امارات و عمان در فروردین سال ۱۳۸۹ بانصب پنج ردیاب روی لاک‌پشت‌های منقار عقابی در جزیره شیدور در ایران انجام شد.



عکس از ناصر مبارکی

لاک‌پشت منقار عقابی با ردیاب رادیویی

## فعالیت ۵



لاک‌پشتی که در شکل روبه‌رو می‌بینید، حتی وقتی در آزمایشگاه قرار دارد و غذا و آب کافی دریافت می‌کند، رکود تابستانی را نشان می‌دهد. چرا رکود تابستانی را رفتاری ژنی می‌دانند؟

علائم دریافتی از ردیاب ماهواره‌ای ضمن کمک در شناسایی مسیرهای مهاجرت و مکان‌های تغذیه این جانوران، اطلاعات بسیار مهمی درباره رفتارهای تولیدمثلی و مهاجرتی آنها فراهم می‌سازد.



نمای کلی از مسیر حرکت لاک‌پشت‌های ایران و نقاط تجمع و تغذیه لاک‌پشت‌های ردیابی شده

۱- Hibernation

۲- Aestivation



برخی از جانوران زندگی گروهی دارند. برای زندگی در گروه، جانوران باید بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند.

### ارتباط بین جانوران

می‌دانید بعضی جانوران مانند زنبورها با استفاده از فرمون با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. جوجه کاکایی با لمس منقار والد با او ایجاد ارتباط و غذا درخواست می‌کند. جانوران از راه‌های گوناگون مانند تولید صدا، علامت‌های دیداری، بو و لمس کردن با یکدیگر ارتباط برقرار ساخته و اطلاعات مبادله می‌کنند. در نتیجه این ارتباط، رفتار آنها تغییر می‌کند. صدای جیرجیرک نر، اطلاعاتی مانند گونه و جنسیت را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند. برقراری ارتباط برای یافتن غذا را در زنبورهای عسل بررسی می‌کنیم.

**ارتباط در زنبورهای عسل:** زنبورهای کارگر شهد و گرده گل‌ها را جمع‌آوری کرده و به کندو می‌آورند. وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می‌کند و به کندو باز می‌گردد، خیلی طول نمی‌کشد که تعداد زیادی زنبور کارگر در محل آن منبع غذایی دیده می‌شوند. چرا چنین است؟

زنبور یابنده پس از بازگشت، اطلاعات خود درباره منبع غذایی را به زنبورهای دیگر ارائه می‌کند. این زنبور با انجام حرکات ویژه‌ای اطلاعات خود را به زنبورهای دیگر نشان می‌دهد. زنبورهای کارگر با مشاهده این حرکات، فاصله تقریبی کندو تا محل منبع غذا و جهتی را که باید پرواز کنند، درمی‌یابند. برای مثال هرچه این حرکات طولانی‌تر باشد، منبع غذایی دورتر است. افزون بر آن هنگام انجام حرکات، زنبور یابنده صدای وز وز متفاوتی نیز دارد. زنبورهای کارگر با استفاده از اطلاعات کلی که از زنبور یابنده درباره منبع غذایی دریافت کرده‌اند، به سمت آن پرواز و به کمک بویایی خود، محل دقیق غذا را پیدا می‌کنند. این روش برقراری ارتباط چه مزیتی برای زنبورها دارد؟ وقتی زنبورهای کارگر قبل از جست‌وجو درباره محل منبع غذا اطلاعات داشته باشند، با صرف انرژی کمتر و در زمان کوتاه‌تری محل دقیق آن را پیدا می‌کنند.

#### بیشتر بدانید

کشف روش ارتباط در زنبورهای عسل از پژوهش‌های کارل فون فریش (۱۸۸۶-۱۹۸۲) است.



#### بیشتر بدانید

زنبور یابنده با انجام حرکات در زاویه‌ای مشخص با خط عمود، زاویه بین منبع غذا، کندو و خورشید را نشان می‌دهد. مثلاً همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، منبع غذا در سمت راست خورشید با زاویه‌ای ۳۰ درجه قرار دارد.





## زندگی گروهی

برخی جانوران مانند مورچه و گرگ به شکل گروهی زندگی می‌کنند و با هم همکاری دارند. زندگی گروهی برای این جانوران چه فایده‌ای دارد؟ جانوران از زندگی گروهی سود می‌برند. برای مثال احتمال شکار شدن جانور در گروه کمتر است زیرا نگهبان‌های گروه، محیط اطراف را زیر نظر می‌گیرند. دسترسی به منابع غذایی نیز ممکن است افزایش یابد زیرا همان‌طور که در زنبورهای عسل دیدید، جانور می‌تواند درباره محل منبع غذا از جانوران دیگر گروه اطلاعات کسب کند. شکار گروهی نیز موفقیت بیشتری دارد زیرا افراد یک گروه می‌توانند شکار بزرگ‌تری را به دام بیندازند.

اجتماع مورچه‌ها از گروه‌هایی تشکیل شده است که در اندازه، شکل و کارهایی که انجام می‌دهند تفاوت دارند. مثلاً در اجتماع مورچه‌های برگ‌بُر، کارگرها اندازه‌های متفاوتی دارند. تعدادی از آنها برگ‌ها را برش می‌دهند و به لانه حمل می‌کنند و گروهی دیگر کار دفاع را انجام می‌دهند (شکل ۱۵). این مورچه‌ها قطعه‌های برگ را به عنوان کود برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می‌کنند، به کار می‌برند.



شکل ۱۵- مورچه بزرگ‌تر کارگری است که برگ را به لانه حمل و مورچه‌های کوچک‌تر از آن دفاع می‌کنند.

## رفتار دگرخواهی

در بین جانورانی که زندگی گروهی دارند، افراد نگهبانی هستند که با تولید صدا حضور شکارچی را به دیگران هشدار می‌دهند تا به موقع فرار کنند. البته آنها با این کار توجه شکارچی را به خود جلب کرده، احتمال بقای خود را کاهش می‌دهند (شکل ۱۶). زنبورهای عسل کارگر، نازا هستند و نگهداری و پرورش زاده‌های ملکه را انجام می‌دهند. جانوران نگهبان و زنبورهای عسل کارگر رفتار **دگرخواهی**<sup>۱</sup> دارند. دگرخواهی رفتاری است که در آن یک جانور بقا و موفقیت تولیدمثلی جانور دیگری را با هزینه کاسته شدن

۱- Altruism



شکل ۱۶- این دم عصایی (meerkat) در حال نگهبانی است. او در هنگام احساس وجود شکارچی دیگران را با فریاد آگاه می‌کند.

از احتمال بقا و تولیدمثل خود، افزایش می‌دهد. چرا جانوران رفتار دگرخواهی انجام می‌دهند؟ افراد نگهبان در گروه جانوران و یا زنبورهای عسل، رفتار دگرخواهی را نسبت به خویشاوندان خود انجام می‌دهند. آنها با خویشاوندانشان، ژن‌های مشترکی دارند. بنابراین اگرچه این جانوران خود زاده‌ای نخواهند داشت، ولی خویشاوندان آنها می‌توانند زادآوری کرده و ژن‌های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند. به همین علت است که براساس انتخاب طبیعی، رفتار دگرخواهی برگزیده شده است. در نمونه‌ای دیگر از دگرخواهی جانوران با یکدیگر گروه همکاری تشکیل می‌دهند. برای

مثال خفاش‌های خون‌آشام به‌طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می‌کنند. غذای آنها خون پستانداران بزرگ مثل دام‌هاست (شکل ۱۷). این خفاش‌ها خونی را که خورده‌اند با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. خفاشی که غذا خورده است کمی از خون خورده شده را برمی‌گرداند تا خفاش گرسنه آن را بخورد. در غیر این صورت خفاش گرسنه خواهد مرد. خفاشی که غذا دریافت کرده، کار خفاش دگرخواه را در آینده جبران می‌کند. اگر جبران انجام نشود، این خفاش از اشتراک غذا کنار گذاشته می‌شود.



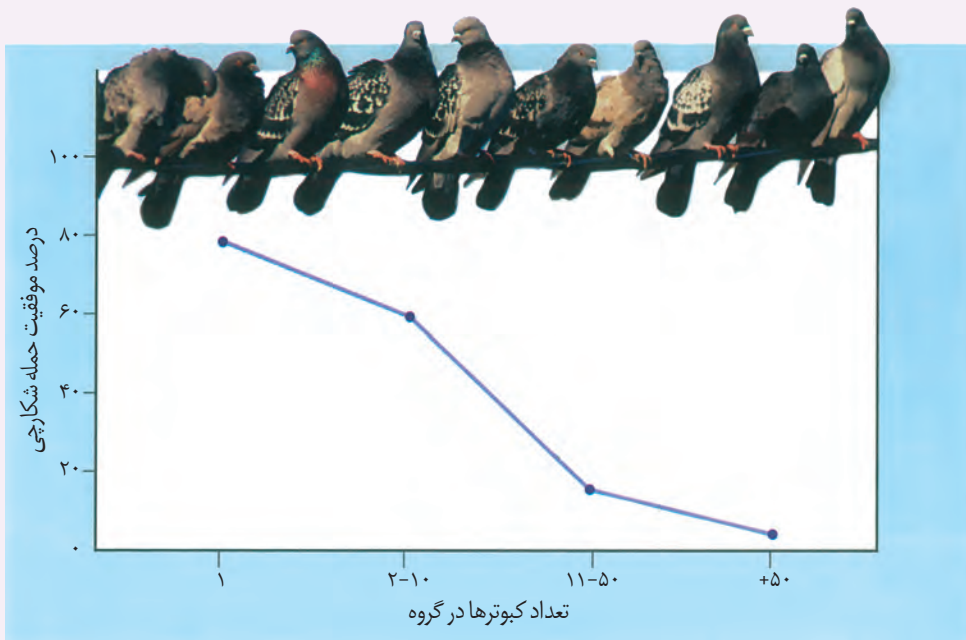
شکل ۱۷- خفاش خون‌آشام از خون پستانداران تغذیه می‌کند.

خفاش‌هایی که دگرخواهی انجام می‌دهند، لزوماً خویشاوند نیستند. در واقع، رفتار دگرخواهی که در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده، به بقای آنها منجر می‌شود.

گاهی دگرخواهی، رفتاری به نفع خود فرد است. در میان پرندگان، افراد یاریگری هستند که در پرورش زاده‌ها به والدین آنها یاری می‌رسانند. مشخص شده است وجود این یاریگرها احتمال بقای زاده‌ها را افزایش می‌دهد. یاریگرها اغلب پرنده‌های جوانی‌اند که با کمک به والدین صاحب لانه، تجربه کسب می‌کنند و هنگام زادآوری می‌توانند از این تجربه‌ها برای پرورش زاده‌های خود استفاده کنند یا با مرگ احتمالی جفت‌های زادآور، قلمرو آنها را تصاحب و خود زادآوری کنند.

## فعالیت ۶

نمودار زیر مزیت زندگی گروهی را نشان می‌دهد، آن را تفسیر کنید.



- Mason Kenneth, Duncan Tod, Johnson George, Losos Jonathan, Singer Susan, Understanding Biology, 2end Edition, McGraw-Hill, 2018.
- Raven Peter, Mason Kenneth, Losos Jonathan, Singer Susan, Biology, 11th Edition, McGraw-Hill,2017.
- Neil. Campbell Urry Lisa , Reece Jane, Cain Michael, Wasserman Steven, Minorsky Peter, Campbell, Biology, 11 th Edition , Pearson, 2017.
- Benjamin A. Pierce , Genetics: A Conceptual Approach, 6th Edition, Freeman, W. H. & Company, 2016.
- Solomon Eldera ,Berg Linda, Martin Diana, Biology, 10 Th Edition, Thomson, 2015.
- Mader Sylvia &Windelspecht Michael, Biology,11Th Edition,McGraw-Hill, 2013.
- Russel Hertz Mcmillan, Biology The Dynamic Science, 2end Edition, Broks/Cole, Cengage Learning, 2011.
- D. Peter Snustad , Michael J. Simmons,Principles of Genetics,6 th Edition, John Wiley and Sons, 2011.
- Alison M.Smith & et.al,plant Biology,Garland Science, 2010.
- Bernard R.Glick,Jack J. Pasternak ,Cheryl L. Patten, Molecular Biotechnology Principles and Applications of Recombinant DNA, 4 Th Edition, ASM Press, 2010
- Linda Berg,Introductory Botany ,Plants , People and Environment.Thomson Brooks, 2008.
- James D. Watson, Tania A. Baker, Stephen P. Bell, Alexander Gann, Michael Levine, Richard Losick. Molecular biology of the gene, 5th Edition, Pearson/Benjamin Cummings, 2004.
- Taiz & Zeiger, Plant Physiology, 3th Edition, Sinauer Association, 2003.
- Alcock John,Animal Behavior:An Evolutionary Approach, 7th Edition, sinauer associates Inc, 2001.





واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی در کتاب  
زیست‌شناسی (۳) پایه دوازدهم

واژه بیگانه	واژه مصوب	واژه به انگلیسی
اگزون	بیانه	Exon
الل	دگره	Allele
اینترون	میانه	Intron
آنتی کدون	پادرمزه	Anticodon
پروکاریوت	پیش‌هسته‌ای	Prokaryote
پلازمید	دیسک	Plasmid
پلی‌پلوئیدی	چندلادی	Polyploidy
تتراد	چهارتایه	Tetrad
دیجیتال	رقمی	Digital
دایمر	دوپار	Dimer
ریبوزوم	رنتان	Ribosome
ژنوتیپ	ژن‌نمود	Genotype
ژنوم	ژنگان	Genome
سانتریفوژ	گریزانه	Centrifuge
فعالیت پلی‌مرازی	فعالیت بسپارازی	Polymerization
فنوتیپ	رخ‌نمود	Phenotype
فیزیولوژی	کاراندام‌شناسی	Physiology
کپسول	پوشینه	Capsule
کدون	رمزه	Codon
کراسینگ اور	چلیپایی شدن	Crossing over
کروموزوم	فام‌تن	Chromosome
گلیکولیز	قند کافت	Glycolysis
یوکاریوت	هوهسته‌ای	Eukaryote

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

### اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب زیست شناسی ۳ - کد ۱۱۲۲۱۶

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	بتول جلیلی	خراسان جنوبی	۳۲	علی محمد نوری	کرمانشاه
۲	حسن توانایی بلوکی	هرمزگان	۳۳	خدیجه صوفیان	مرکزی
۳	پرویز بصیری	همدان	۳۴	مجتبی سیاوشی	همدان
۴	پروین غفاری	کردستان	۳۵	مهرزاد یزدانپناه	کهگیلویه و بویراحمد
۵	علی افتخاری	قزوین	۳۶	ناهید منور	خراسان شمالی
۶	مهران داوری فر	گلستان	۳۷	ملیحه رجب پور	سیستان و بلوچستان
۷	گیتی عزیززاده مقدم	اصفهان	۳۸	حسن باقری	قم
۸	حمیده ملیخان	قزوین	۳۹	سکینه طیبی	البرز
۹	سیده سحر سلیمانیان	گلستان	۴۰	فاطمه گورکانی	سمنان
۱۰	مجید اخلاصی	چهارمحال و بختیاری	۴۱	محمدحسین محمدی آبندانشی	مازندران
۱۱	زهرا ضیاء	فارس	۴۲	آزاده اسراری	قم
۱۲	علیرضا تیموری	اصفهان	۴۳	مختار حیدری	چهارمحال و بختیاری
۱۳	فریبا زرایی	شهرتهران	۴۴	غلامحسن ویسکرمی	لرستان
۱۴	ابوالفضل یاسائی	کردستان	۴۵	عارفه منظمی	زنجان
۱۵	ابراهیم نبئی	مرکزی	۴۶	مهرانوش صفاریور	شهرستان‌های تهران
۱۶	علی اکبر رحیمولوی مرجانی	آذربایجان شرقی	۴۷	مریم قاسم زاده دهکردی	خوزستان
۱۷	علی اصغر صفدری	خوزستان	۴۸	فرهاد حیدری	اردبیل
۱۸	فرانک نصیریپور	آذربایجان شرقی	۴۹	مهرداد فرخی	کرمانشاه
۱۹	شیوا خیرجوئی	آذربایجان غربی	۵۰	سیدرضا جعفری	کرمان
۲۰	علی صدق آمیز	گیلان	۵۱	مریم خدادادی	مازندران
۲۱	علی مقدم	گیلان	۵۲	مهدیه تقدیسی سیار	یزد
۲۲	مسعود پارسامجد	قزوین	۵۳	جعفر پورااکرمی	یزد
۲۳	ملیحه نظام دوست	خراسان جنوبی	۵۴	ثریا جلیلیان	اردبیل
۲۴	راضیه دانا	بوشهر	۵۵	آرش یار محمدی	شهرتهران
۲۵	شهرام سلطانی	فارس	۵۶	مریم ستوده	کهگیلویه و بویراحمد
۲۶	نجف سزاوار	کرمانشاه	۵۷	ماشاله درویشی	بوشهر
۲۷	فاطمه مالکی	خراسان رضوی	۵۸	مهناز شفیعی زرنه	ایلام
۲۸	پریسا جاویدمهر	خوزستان	۵۹	مریم نبی زاده	هرمزگان
۲۹	مریم کاملی	شهرتهران	۶۰	الهه صفاریه	سمنان
۳۰	آیت الله رستمی	ایلام	۶۱	محمد باراج	سیستان و بلوچستان
۳۱	شبنم کیاکجوری	البرز	۶۲	علی اکبر عابدی	خراسان رضوی

معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴، گروه درسی مربوطه و یا پیام نگار (Email) [talif@talif.sch.ir](mailto:talif@talif.sch.ir) ارسال نمایند.

دفتر تألیف کتاب های درسی عمومی و متوسطه نظری

زیست‌شناسی ۳

# • فصل ۲ (تغییر در اطلاعات وراثی)

• گفتار ۱: تغییر در ماده وراثی جانداران

• گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها

• گفتار ۳: تغییر در گونه‌ها

• تست‌کده

مؤلف: دکتر زهرا اسادات‌هایونی



## فصل ۴

### گفتار ۱: تغییر در ماده وراثتی

- پایداری اطلاعات در سامانه های زنده، یکی از ویژگی های ماده وراثتی است.
- تغییرپذیری محدود ماده وراثتی ← باعث ایجاد گوناگونی ← با تغییر شرایط توان بقای جمعیت ها را افزایش می دهد ← زمینه تغییرگونه فراهم می شود.
- تغییرپذیری ماده وراثتی ← پیامدهای مختلفی دارد. (مفید، مضر یا خنثی)
- تعریف جهش ← تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می نامند.
- جهش به طور مستقیم در تولید رنا و پروتئین می تواند تأثیرگذار باشد.
- جهش به طور غیرمستقیم با اختلال در آنزیمها، می تواند در تولید لیپیدها و کربوهیدرات ها اختلال ایجاد کند.
- جهش در ژن پروتئین D ← اختلال در گروه خونی Rh
- جهش در ژن تولید آنزیم A ← اختلال در گروه خونی ABO ← تولید کربوهیدرات A دچار مشکل می شود.

مقرمه

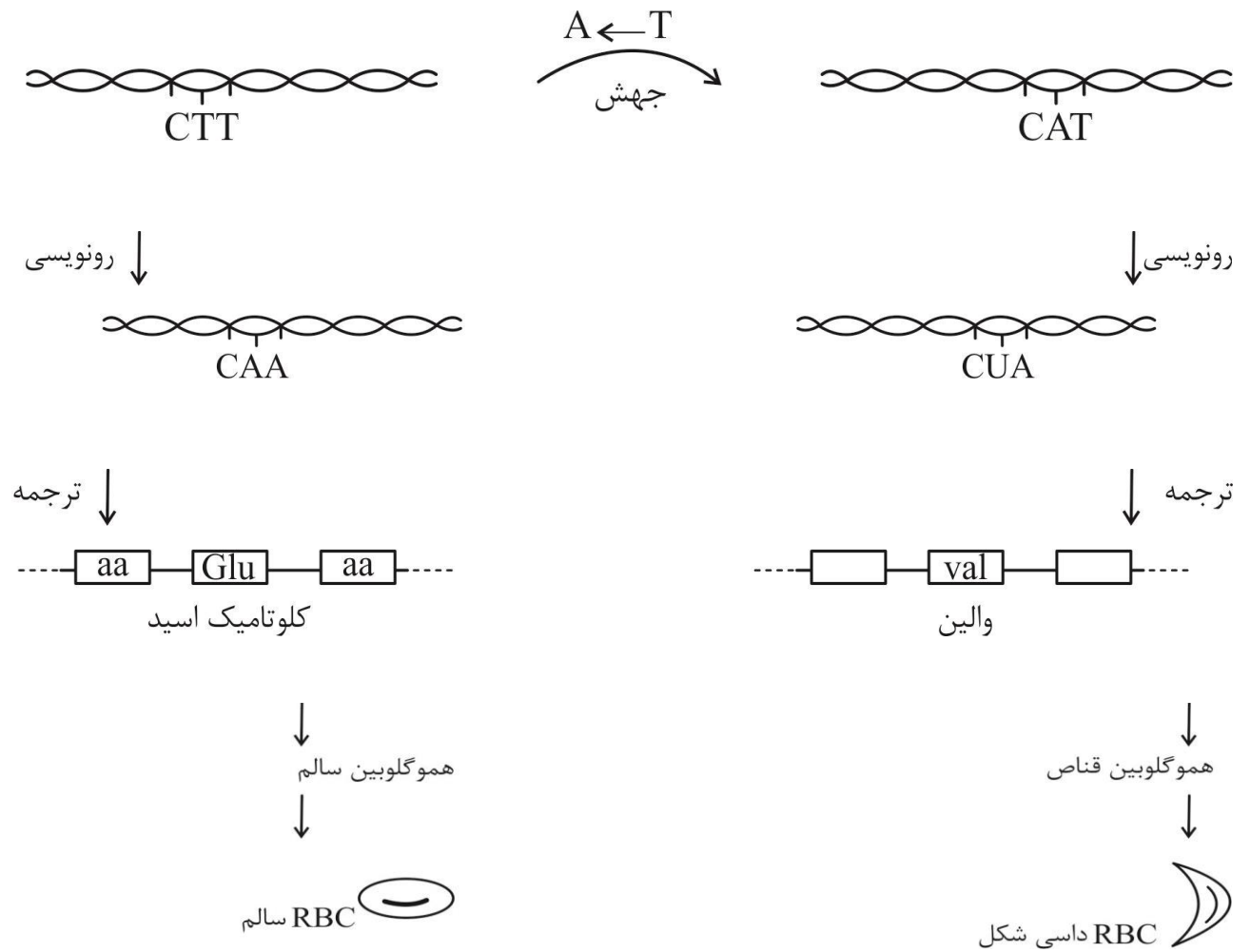
- علت ← تغییر شکل در مولکول های هموگلوبین است.
- علت تغییر شکل هموگلوبین: تغییر جانشینی در ششمین آمینواسید از زنجیره بتا نسبت به نوع سالم انجام شده است.
- در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است.
- در افراد بیمار، آمینواسید گلوتامیک اسید رشته بتای هموگلوبین به والین تبدیل شده است (CTT ← CAT)
- بیماری ارثی مستقل از جنس نهفته می باشد.
- افراد در حالت سالم ناخالص  $Hb^A Hb^S$  و بیماران  $Hb^S Hb^S$ ، نسبت به مالاریا مقاوم می باشند.

کم فونی ناشی از  
گویچه های قرمز داسی شکل

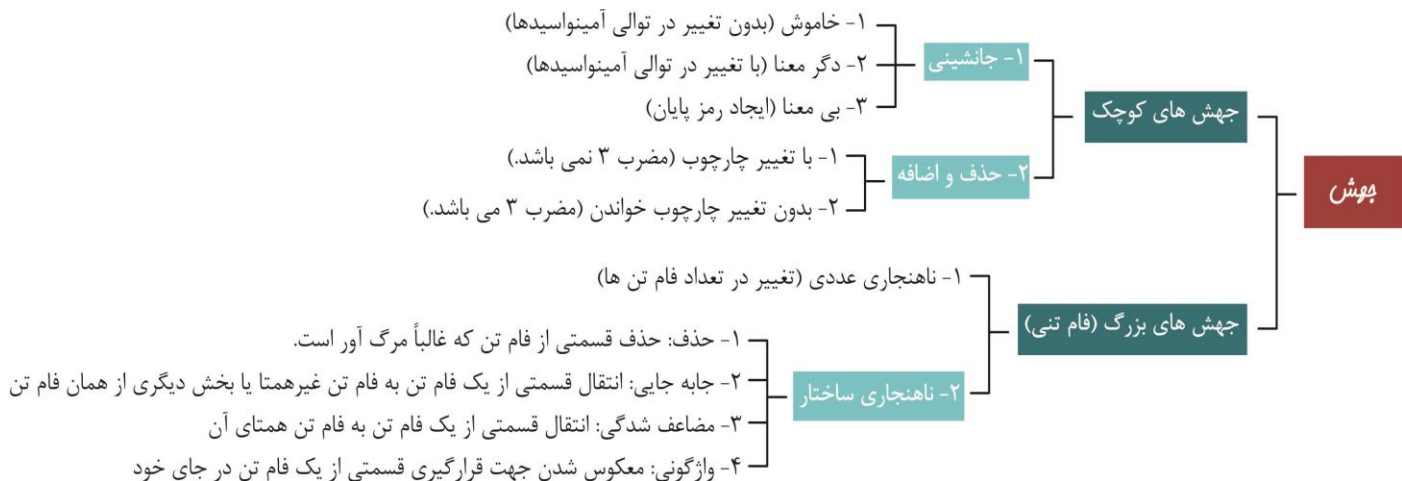


مولف: دکتر زهرا سادات همایونی

\* در بیماری کم فونی داسی شکل ← جهش ژنی ← جهش کوچک جانشینی



مولف: دکتر زهرا سادات هایونی

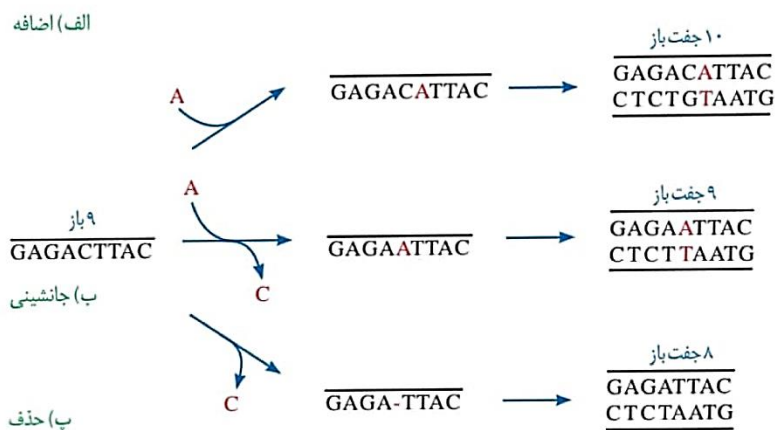


نکته

در افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل در ساختار اول پروتئین هموگلوبین، تغییر کوچکی ایجاد می شود که این فرایند سبب بروز تغییر در تمام ساختارهای دیگر پروتئین هموگلوبین می گردد.

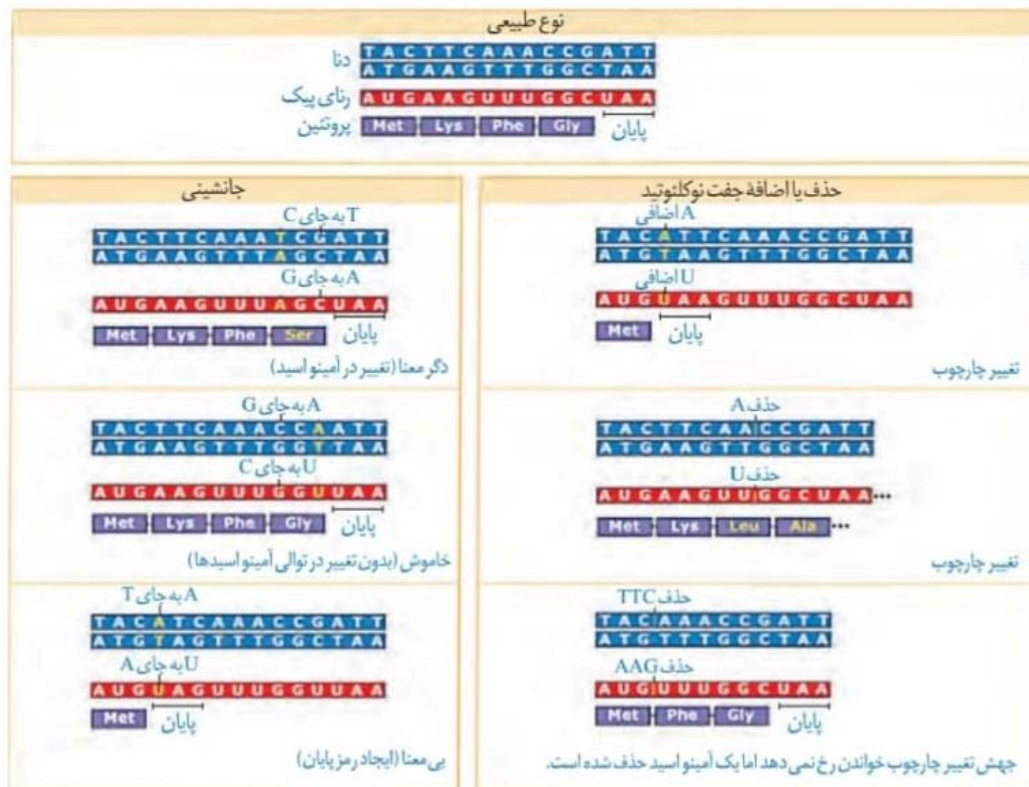
نکته

به علت وجود رابطه مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می شود.



جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها نمی‌شود. چون گاهی جهش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند. این نوع جهش تأثیری بر پروتئین نخواهد گذاشت. چنین جهشی را جهش خاموش می‌نامند.

این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی‌پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد. به این جهش، جهش بی‌معنا می‌گویند.





## جهش های کوچک



از جهش‌های جانشینی بگم برات:

- ۱- در همه انواع جهش‌های جانشینی، در ساختار دنا و رنا تغییر ایجاد می‌شود اما ساختار پروتئین، می‌تواند بدون تغییر باقی بماند.
- ۲- در همه انواع جهش‌های جانشینی، طول دنا و رنا و تعداد نوکلئوتیدها و پیوندهای فسفودی‌استر آنها بدون تغییر باقی می‌ماند اما طول پروتئین، می‌تواند تغییر یابد.
- ۳- در جهش خاموش، دنا و رنا تغییر می‌کند اما پروتئین بدون تغییر باقی می‌ماند بعلاوه در این جهش‌ها، طول دنا، رنا و پروتئین تغییر نمی‌کند.
- ۴- در جهش دگرمعنا، دنا، رنا و پروتئین، تغییر می‌کنند اما طول هیچکدام دستخوش تغییر نمی‌شود.
- ۵- در جهش بی‌معنا، دنا، رنا و پروتئین، تغییر می‌کنند اما طول دنا و رنا تغییر نمی‌کند ولی طول پروتئین و تعداد پیوندهای پپتیدی و تعداد آمینواسیدهای آن تغییر می‌کند.
- ۶- در جهش‌های دگرمعنا و بی‌معنا، دنا، رنا و پروتئین تغییر می‌کنند و طول دنا و رنا بدون تغییر باقی می‌ماند با این فرق که در جهش دگرمعنا، طول پروتئین نیز تغییر نمی‌کند اما در جهش بی‌معنا، طول پروتئین، تغییر می‌کند.

جهش‌های حذف و اضافه‌ای که مضر ۳ نمی‌باشند و به جهش‌های تغییر چارچوب معروف‌اند می‌توانند سبب بروز تغییرات شدید در اندازه پلی‌پپتید حاصله شوند اما جهش‌های حذف یا اضافه‌ای که با تغییر چارچوب خواندن همراه نیستند به تعداد  $\frac{1}{3}$  از نوکلئوتیدهای حذف یا اضافه شده، تغییر در تعداد آمینواسیدها خواهند داشت به طوریکه اگر فقط سه نوکلئوتید متوالی بر اثر جهش حذف، از دنا کم شود پروتئین حاصله در یک آمینواسید با پروتئین طبیعی دارای تفاوت خواهد بود.

هر ۳ نوکلئوتیدی حذف یا اضافه‌شده ← ۱ حذف یا اضافه

در بین جهش‌های کوچک، جهش‌های خاموش که نوعی از جهش جانشینی‌اند تأثیری بر روی پروتئین نخواهند گذاشت و جهش‌های تغییر چارچوب بیشترین تأثیر مخرب را روی پروتئین دارند ضمناً در بین جهش‌های تغییر چارچوب نیز هرچه محل تغییر به ابتدای ژن نزدیکتر باشد تأثیر مخرب جهش روی پروتئین حاصله بیشتر است.

در جهش‌های خاموش ← نوکوتید مضرب 3 کردن تغییر می‌دهد



← محل جهش مهم است

دکتر محمد طاهری

مضرب 3 عدد

نوکلئوتید فنواژ حذف یا افزودن

← در جهش‌های تغییر چارچوب → کل جهش مهم است

تغییر چارچوب







**بریم از ریزنکات جهش‌های کوچک بگیریم:**

• جهش کوچک جانشینی:

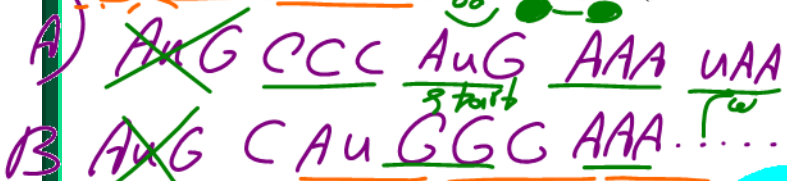
۱- در صورتی که جهش ایجاد شده تغییر در کدون آغاز و پایان ایجاد نکرده باشند و طی اون جهش کدون یک aa به یک کدون دیگر همان aa تبدیل شده باشد. این جهش تأثیری روی Pro ندارد و بهش جهش خاموش می‌گوئیم.

۲- در صورتی که جهش ایجاد شده تغییری در کدون آغاز و پایان ایجاد نکرده و طی آن جانشینی کدون یک aa به کدون یک آمینواسید دیگر تبدیل شده باشد ← Pro تغییر کرده و به آن دگر معنا می‌گوئیم.

۳- در صورتی که کدون آغاز تغییر نکند اما کدون پایان تغییر بکند (A) پلی پپتید کوتاه می‌شود. (B) پلی پپتید بلند می‌شود.

۴- کدون پایان ثابت باشد اما کدون آغاز تغییر کند (A) در همان چارچوب قبل کدون آغاز باشد (B) در چارچوب متفاوتی کدون آغاز باشد.

تبدیل به نوزید به نوزید (بی‌معنا)  
کدون پایان معنی داره  
پلی پپتید کوتاه می‌شود  
پلی پپتید بلند می‌شود



• جهش کوچک حذف و اضافه:

اگر ۳ تایی نوکلئوتیدها حذف یا اضافه شوند ممکن است پیامد کمتر یا بی‌پیامد باشد.

\* جهش در صورتی که چارچوب خواندن نوکلئوتیدها را تغییر دهد ← جهش تغییر چارچوب

۱- کدون آغاز تغییر نکرده ولی کدونی طی جهش به کدون پایان تبدیل شده ← تغییر

چارچوب رخ می‌دهد پلی پپتید کوتاه می‌شود. نوساز

۲- کدون آغاز تغییر نکرده و مضرب غیر از ۳ کدون حذف یا اضافه شود. ← تغییر چارچوب از

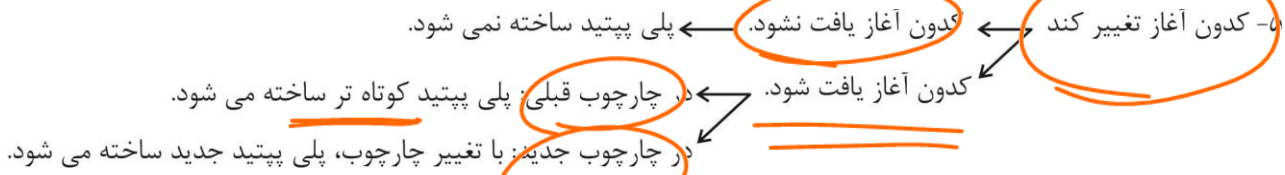
محل تغییر ممکن است پلی پپتید کوتاه یا بلند شود. دبیل کردن بیان در جهش

۳- کدون آغاز تغییر نکرده و مضرب ۳ کدون حذف یا اضافه شود. ← تغییر چارچوب رخ

نمی‌دهد اما در صورت اضافه شدن هر ۳ نوکلئوتید یک aa اضافه و در صورت حذف آن،

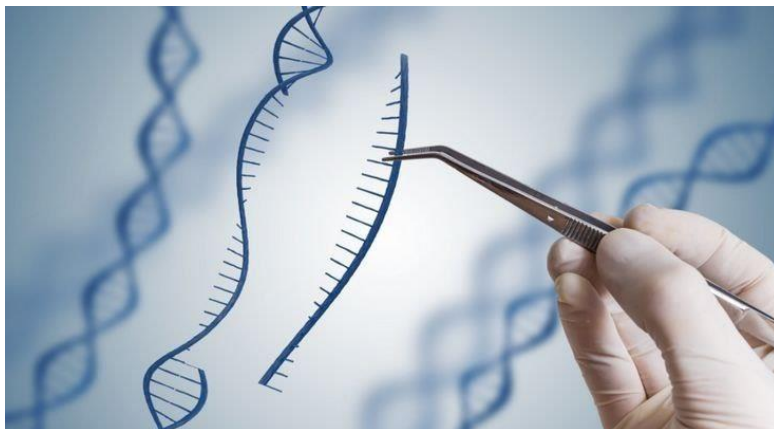
یک aa حذف می‌شه.

۴- کدون آغاز تغییر نکند. کدون پایان تغییر کند به کدونی غیر از کدون پایان. ← بدون تغییر چارچوب پلی پپتید بلند می شود.



### نکته بازی:

- ✓ طی جهش های جانشینی فاصله نقطه تغییر یافته از دو سر ژن نمی تواند تغییر کننده میزان تأثیر جهش باشد.
- ✓ جهش جانشینی اگر در نوکلئوتید سوم یک کدون رخ دهد، اثر مخرب کمتری دارد.
- ✓ جهش جانشینی اگر سبب تغییر کدون آغاز یا تغییر کدون پایان یا تبدیل کدونی دیگر به کدون پایان شود باعث تغییر طول پلی پپتید می شود.
- ✓ جهش حذف و اضافه تغییر چارچوب هر چه به کدون پایان نزدیک تر باشد، اثر مخربش کمتر است.
- ✓ در جهش حذف و اضافه، حذف هر یک از نوکلئوتیدهای اول تا سوم یک کدون اثر مشابهی دارد. چیزی که مهم است اینه که تعداد نوکلئوتید حذف یا اضافه شده مضرب ۳ باشد یا خیر.
- ✓ اگر  $3n$  نوکلئوتید از mRNA حذف یا به آن اضافه شود،  $n$  آمینواسید از پلی پپتید مربوطه کم یا به آن اضافه می شود. (به شرط عدم تغییر کدون آغاز و پایان)



**پوش های بزرگ (ناهنجاری های فام تنی)**

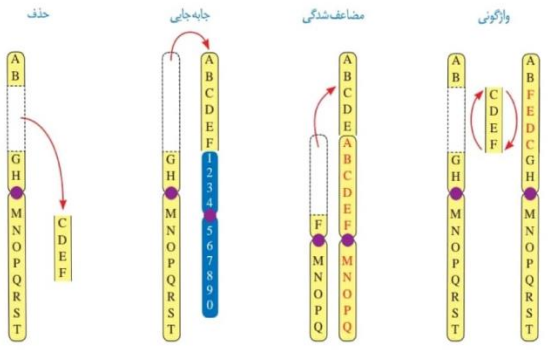
**انواع**

**ناهنجاری های عددی**

در هنگام تقسیم یاخته، با مشاهده کاربوتیپ می توانند از وجود برخی از چنین ناهنجاری های آگاه شوند.  
 به دلیل اشکال در جداسدن کروموزوم، تعداد کروموزوم ها عادی نمی باشد.  
 به طور مثال در نشانگان داون، یک فام تن ۲۱ اضافی دارند.  
 تغییر در تعداد فام تن را ناهنجاری عددی فام تنی می نامند.

**ناهنجاری های ساختاری**

حذف: ممکن است قسمتی از فام تن از دست برود که معمولاً باعث مرگ می شود.  
 جابه جایی: قسمتی از یک فام تن به فام تن غیرهتا یا حتی بخش دیگر از همان فام تن منتقل می شود.  
 مضاعف شدگی: قسمتی از یک فام تن به فام تن همتا جابه جا می شود و آن گاه در فام تن همتا، دو نسخه دیده می شود.  
 بین کروموزوم X و Y مردان، جهش مضاعف شدگی رخ نمی دهد.  
 واژگونی: جهت قرارگیری قسمتی از یک فام تن در جای خود معکوس می شود.  
 واژگونی  
 انواعی که طول فام تن را تغییر نمی دهد — جابه جایی در همان کروموزوم  
 ممکن است با کاربوتیپ مشاهده نشوند.



**پوش در یافته های مختلف**

**در یاخته های پیکری**

در کروموزوم جنسی با غیرجنسی احتمال دارد ← به نسل بعد جاندار منتقل نمی شود.  
 اگر یاخته فاقد قدرت تقسیم باشد ← فعالیت همان یاخته آسیب می بیند.  
 اگر یاخته قدرت تقسیم داشته باشد ← به یاخته های حاصل از آن در همان بافت منتقل می شود. — در بقای همان فرد مؤثر است.

**در یاخته های جنسی**

در کروموزوم جنسی یا غیرجنسی آن می تواند رخ دهد ← اگر آن گامت در لقاح شرکت کند، جهش به نسل بعد منتقل می شود.  
 جهش در میتوکندری اسپرم برخلاف میتوکندری تخمک به نسل بعد منتقل نمی شود.

**اینجا !!**

**ژنگان**

**برابر است با**

تعریف: به کل محتوای ماده وراثتی گفته می شود ← شامل ژن ها، توالی های بین ژنی و توالی های تنظیمی می شود.  
 معادل مجموعه ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام تن های همتا می باشد.  
 ژنگان هسته ای — در انسان: ۲۲ فام تن غیرجنسی + فام تن جنسی (Y+X)  
 در هسته اسپرمانوسیت اولیه (۲n) بر خلاف اووسیت اولیه وجود دارد ← چون اووسیت، کروموزوم Y ندارد.  
 ژنگان سیتوپلاسمی — دمای راکیزه، ژنگان، سیتوپلاسمی انسان و سایر جانوران را تشکیل می دهد.  
 در گیاهان می تواند راکیزه و سیزدپسه باشد.  
 ژن ها فقط بخشی از ژنگان هستند ← ژن ها در تولید RNA و پروتئین مؤثرند.

**پیامرهای جهش — به عوامل مختلفی از جمله محل وقوع در ژنوم بستگی دارد**

**در توالی درون ژنی**

اگر جهش سبب تغییر در جایگاه فعال آنزیم (چه پروتئینی و چه از نوع RNA) شود ← احتمال تغییر در عملکرد آن بسیار زیاد است.  
 اگر جهش سبب تغییر در جایی دور از جایگاه فعال شود، به طوری که بر آن اثری نگذارد ← احتمال تغییر در عملکرد آنزیم، کم و یا حتی صفر می شود.  
 اگر جهش در توالی های اینترون ژن یوکاریوتی رخ دهد ← نوعی جهش خنثی می باشد و در پروتئین سازی و فعالیت یاخته نقشی ندارد.

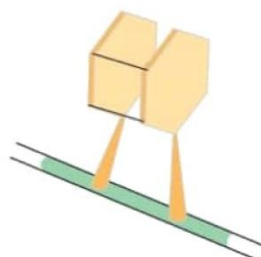
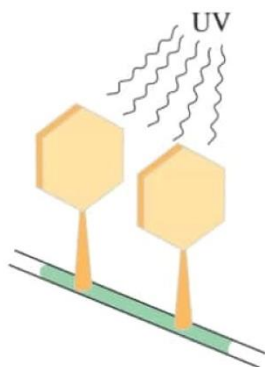
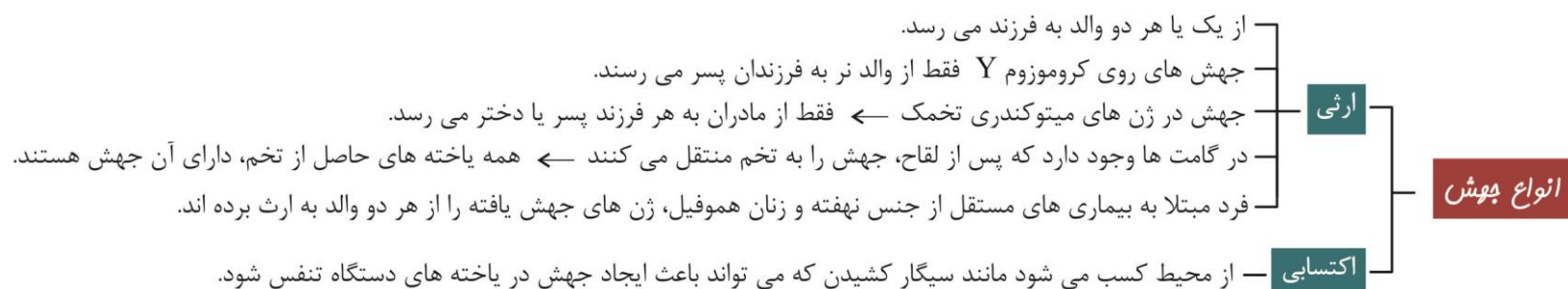
**در توالی بین ژنی**

این توالی ها شامل ژن ها و بخش تنظیمی مثل راه انداز، افزایشنده، اپراتور و جایگاه فعال کننده نمی باشد.  
 این توالی ها در تولید ردیف و مقدار RNA و پروتئین تأثیری ندارند.  
 ژن ها فقط بخشی از ژنگان اند و جهش ممکن است در توالی های بین ژنی رخ دهد.  
 اثری بر محصول یا مقدار رنا و پروتئین ندارد ← نوعی جهش خنثی محسوب می شوند.

**در توالی تنظیمی**

به طور مثال در راه انداز، افزایشنده یا در اپراتور یا توالی اختصاصی فعال کننده پروکاریوت ها رخ می دهد.  
 بر توالی رونوشت RNA و پروتئین اثری ندارد بلکه بر مقدار تولید آن ها تأثیر می گذارد.  
 جهش در راه انداز ممکن است آن را به راه اندازی قوی تر یا ضعیف تر تبدیل کند و میزان رونویسی را زیاد یا کم کند.  
 جهش مفید یا مضر، قطعاً درون ژن یا بخش تنظیمی رخ داده است ولی جهش خنثی ممکن است در هر قسمتی از ژنوم رخ دهد.

**مولف: دکتر زهرا سادات همایونی**



سدیم نیتريت سبب ماندگاری بیشتر این مواد می شود.  
سدیم نیتريت در بدن به ترکیباتی تبدیل می شود ← تحت شرایطی سرطان زایی می کنند.



### نکته

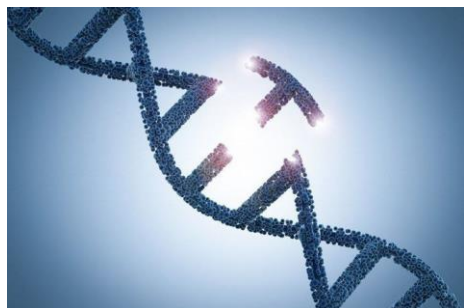
ژنگان به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام-تن‌ها در نظر می‌گیرند.

### نکته

ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی X و Y است. دنای راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.

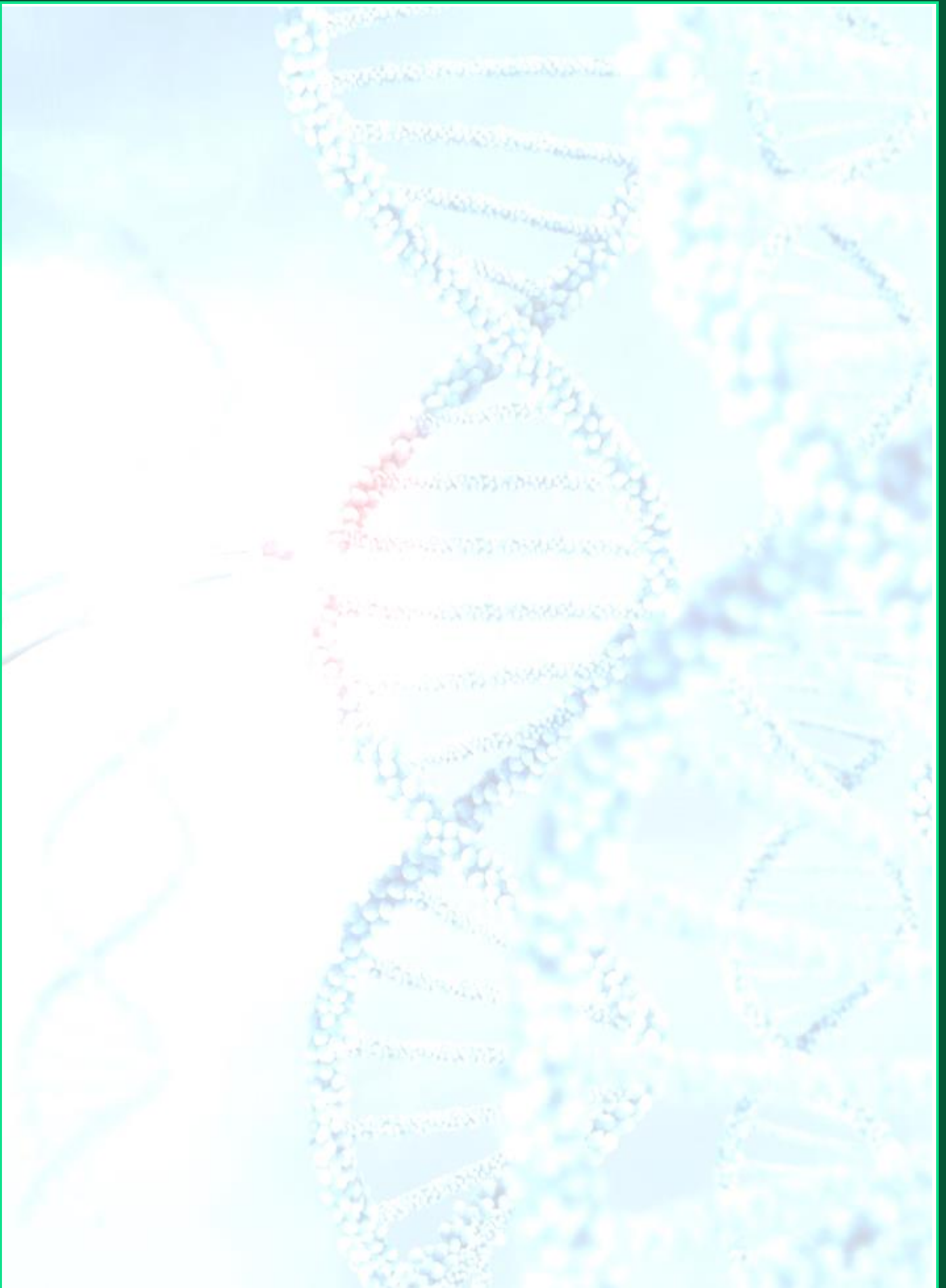
### نکته

ژن‌ها فقط بخشی از ژنگان‌اند. ممکن است جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش درون ژن رخ دهد، آن گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در آنزیم کم یا حتی صفر است.



گاهی جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی رخ می‌دهد، مثلاً در راه‌انداز یا افزایشنده. این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می‌گذارد. جهش در راه‌انداز، ممکن است آن را به راه‌اندازی قوی‌تری یا ضعیف‌تر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از آن، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

از آنجا که ژنگان (ژنوم) به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود ژنگان انسان شامل ۲۵ فام‌تن است یعنی ۲۲ فام‌تن غیرجنسی، فام‌تن‌های جنسی X و Y و دنای راکیزه.



## فصل ۴ گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها

پادزیست‌ها (انتهی بیوتیک‌ها) یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا است. مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از امثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند». همه افراد یک گونه در جمعیت، علی‌رغم ویژگی‌های مشترک، تفاوت‌های فردی نیز دارند. تعریف جمعیت: به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.

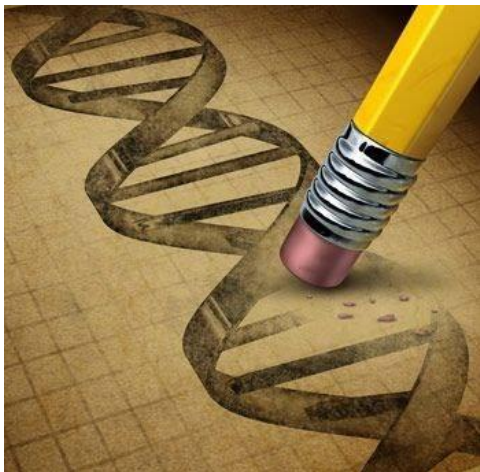
**برون**

**تغییر جمعیت در گذر زمان** - در هر جمعیت ویژگی‌های افراد در اثر عوامل

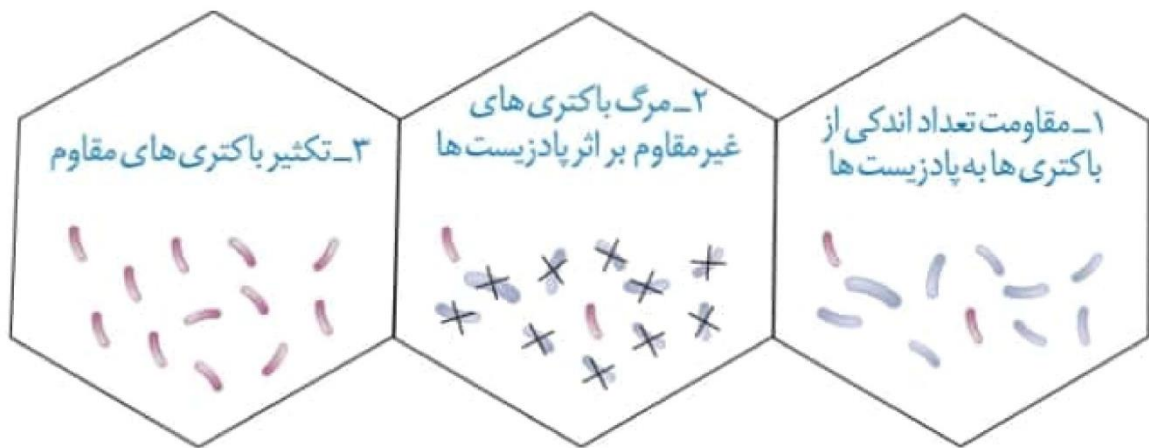
افراد سازگارتر ← در طبیعت انتخاب می‌شوند و شانس بقا و زادآوری بیشتری دارند ← فرآوری آنها در نسل بعد بیشتر می‌شود. - به تدریج ویژگی‌های جمعیت در محیطی متفاوت است ← با تغییر شرایط محیط

افراد ناسازگارتر ← در طبیعت انتخاب نمی‌شوند و شانس بقا و زادآوری کمتری دارند ← فرآوری آنها در نسل بعد کمتر می‌شود. - اثر انتخاب طبیعی تغییر می‌کند.

- شرایط محیط، تعیین کننده سازگاری یا ناسازگاری هر صفت در یک زمان می‌باشد.
- در جامعه‌ای که بین افراد تفاوت فردی وجود نداشته باشد، انتخاب طبیعی و تکامل رخ نمی‌دهد.
- در حقیقت باید دقت کرد که تفاوت‌های فردی جمعیت، در نهایت به کمک انتخاب طبیعی، سبب تغییر در جمعیت نسل بعد می‌شود ← یعنی انتخاب طبیعی در خود فرد تغییری ایجاد نمی‌کند.







ترکیب کنیم

## خزانه ژن

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست شناسان جمعیت را براساس صفات ظاهری توصیف می کردند. با شناخت ژن ← زیست شناسان، جمعیت را براساس ژن های آن توصیف کردند.

تعریف خزانه ژن یک جمعیت

مجموع همه دگره های موجود در همه جایگاه های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه آن جمعیت می نامند.

دقت کنید که در تعریف خزانه ژن، فقط توالی های درون ژنی مربوط به ساخت صفات بررسی می شود ← خزانه ژنی به بررسی توالی های تنظیمی و بین ژنی نمی پردازد (برخلاف ژنوم).

دقت کنید که دو فرد یا دو جمعیت مختلف از یک گونه، خزانه ژنی متفاوتی دارند ولی ژنوم آن ها یکسان است.

## تعادل در جمعیت

اگر در جمعیتی، فراوانی نسبی دگره ها یا ژن نمونها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن گاه می گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.

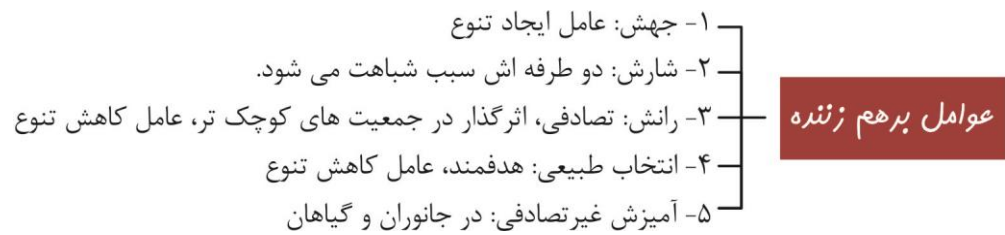
تا وقتی جمعیت در حال تعادلی ژنی است

تغییر در جمعیت، مورد انتظار نیست.

تغییر در افراد در اثر جهش مورد انتظار است.

اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش می گیرد.

تعداد ژنی: فراوانی نسبی ال‌ها در ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌ها در نسل‌های پی‌درپی ثابت باشد.



اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست. اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است.



### رانش دگره ای

فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره ای بر اثر رویدادهای تصادفی می شود.

برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی انجامد.

در صورت رانش بسیار بزرگ و حذف برخی دگره ها از جمعیت اولیه ← جمعیت آینده فقط بخشی از دگره های جمعیت بزرگ اولیه را دارد.

تغییری که در فراوانی الل می دهد، تصادفی است و ارتباطی با سازگاری آن ها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

هرچه اندازه یک جمعیت کوچک تر باشد، رانش دگره ای اثر بیشتری دارد.

برای اینکه جمعیتی در حال تعادل باشد، باید جمعیت اندازه بزرگی داشته باشد (تعداد افراد زیادی داشته باشد).

رانش، الل جدید ایجاد نمی کند.

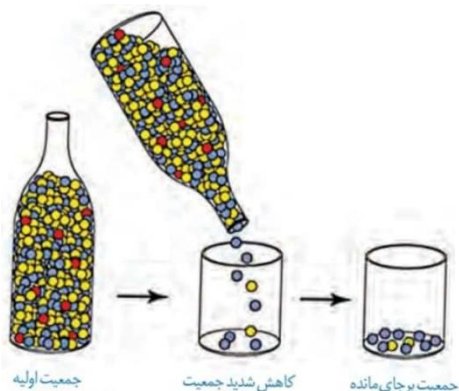
خزانه ژنی جمعیت می شود.

اندازه جمعیت اولیه می شود.

تنوع جمعیت می شود.

تفاوت افراد نسل بعد می شود ← چون تنوع الل ها در جمعیت اولیه کاهش یافته است.

### رانش، سبب کاهش در



وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می کنند، در واقع تعدادی از دگره های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می کنند.

اگر شارش دوطرفه (دو سویه) و به طور پیوسته ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می شود.

سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره های هر دو جمعیت می شود.

همانند جهش، سبب غنی تر شدن تنوع الل ها و خزانه ژنی یک جمعیت (گیرنده) شده و گوناگونی را زیاد می کند.

### شارش ژن

آمیزش تصادفی، آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد.

اگر آمیزش به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد، آمیزش غیرتصادفی است.

فراوانی نسبی دگره ها را تغییر می دهد.

جانوران جفت خود را براساس ویژگی های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می کنند ← در حقیقت در جمعیت ها، آمیزش ها اغلب غیرتصادفی رخ می دهد ← پس همواره جامعه در حال دگرگونی است.

### آمیزش غیرتصادفی



### انتخاب طبیعی

فراوانی دگره ها را در خزانه ژنی تغییر می دهد ← روی فنوتیپ اثر می گذارد و انتخاب می کند.

افراد سازگارتر با محیط را برمی گزیند و از فراوانی دیگر افراد می کاهد.

خزانه ژنی نسل آینده به صورت هدفمند دستخوش تغییر می شود.

مثال: در سرمای شدید ← آن هایی که سرما را تحمل می کنند زنده می مانند ← این افراد بیشتر از دیگران تولید مثل می کنند ← انتقال صفت تحمل سرما به نسل بعد ← با ادامه سرما

تعداد افرادی که سرما را تحمل می کنند در مقایسه با جمعیت اول بیشتر است. → این افراد شانس بیشتری برای تولید مثل و انتقال صفت به نسل های بعد

← یعنی: تغییر در جمعیت ایجاد می شود نه فرد

مثال بالا مثالی از تغییر جمعیت است که یکی از شرایط آن وجود تفاوت های فردی است.

شرایط محیط، تعیین کننده صفات بهتر است که این بهتر بودن صفت، همیشگی نیست.

زیست شناسان به جای صفت بهتر، از صفت سازگارتر با محیط استفاده می کنند.

این محیط است که تعیین می کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند.

انتخاب طبیعی، جمعیت را تغییر می دهد نه فرد را!

تفاوت های فردی و در نتیجه گوناگونی جمعیت را کاهش می دهد ← توان بقای جمعیت را کاهش می دهد.

به اندازه جمعیت ارتباطی ندارد ← معمولاً به دلیل تغییر محیط، به حذف کامل الل ناسازگار نمی انجامد.

برخلاف رانش، همواره به سازگاری جامعه می پردازد.

همانند رانش، سبب کاهش گوناگونی افراد در جامعه می شود.

### عوامل برهم زننده تعادل در جامعه

خزانه ژنی جمعیت را تغییر می دهند ← خزانه ژنی محدود است.

ژنوم جمعیت ها و گونه ها را تغییر نمی دهد ← ژنوم به بررسی جایگاه توالی ها می پردازد.

## تعاریف یادت نره

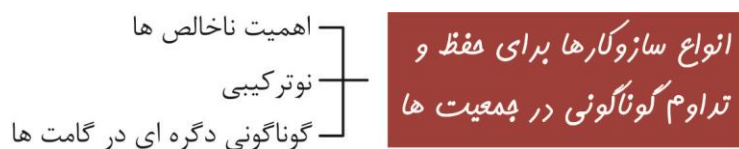
جمعیت: مجموع افرادی که به یک گونه تعلق داشته و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.  
خزانه ژن: مجموع همه دگره‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

تعادل ژنی جمعیت: اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آنگاه می‌گویند آن جمعیت در حال تعادل ژنی است و تا زمانیکه یک جمعیت در حال تعادل است تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

اندازه جمعیت: منظور از اندازه جمعیت تعداد افراد جمعیت است و برای آنکه جمعیتی در حال تعادل ژنی باشد باید اندازه بزرگی داشته باشد.

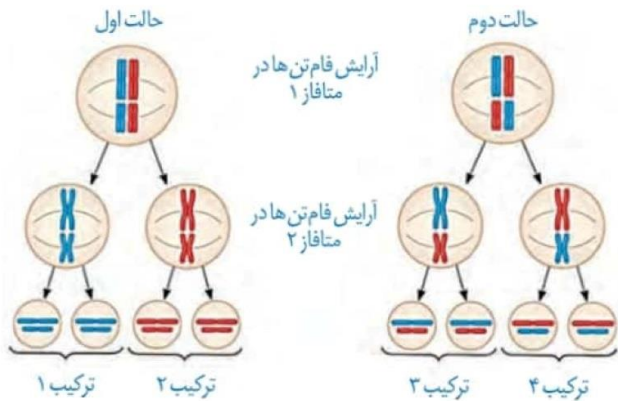
عوامل برهم زننده تعادل ژنی در جمعیت‌ها: عواملی مثل جهش، رانش دگره‌ای، شارش ژن، آمیزش غیرتصادفی و انتخاب طبیعی‌اند که باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.  
رانش دگره‌ای: به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. این فرایند فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

شارش ژن: وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند در واقع تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند که به این پدیده شارش ژن می‌گویند.



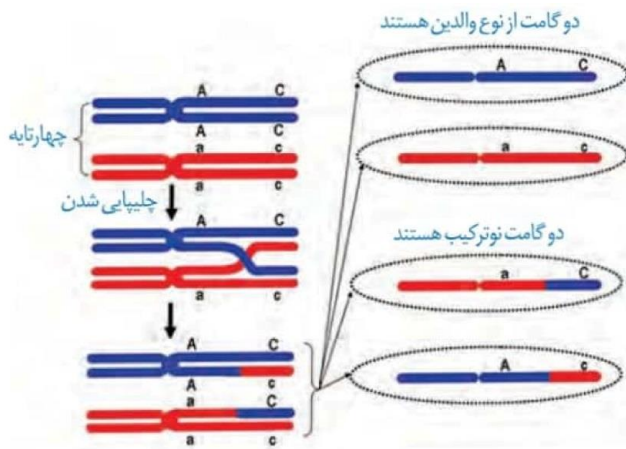
**گوناگونی دگره ای در گامت ها**

ویژه جانداران دارای میوز و تولیدمثل جنسی می باشد.  
 آرایش های متفاوت چهارتایه (تتراد) در متافاز میوز ۱ که به ایجاد گامت های مختلف می انجامد.  
 این عمل بدون نیاز به جهش، سبب تنوع در تولید مثل جنسی می شود.  
 اگر فردی در همه صفات خالص باشد (aaBB...) ← گوناگونی دگره ای آن فقط در اثر جهش ایجاد می شود.  
 هرچه تعداد صفات ناخالص در افراد بیشتر باشد ← تنوع دگره ای و گامتی بیشتری دارد.  
 الل جدیدی در خزانه ژنتیکی جمعیت ایجاد نمی کند.



نوعی فرایند عادی در پروفاز میوز ۱ می باشد که جهش نمی باشد.  
 در پروفاز میوز ۱ هنگام جفت شدن فام تن های همتا، فرایند چلیپایی شدن آغاز می شود.  
 چلیپایی شدن (کراسینگ اوور): قطعه ای از فام تن بین فامینک های غیرخواهاری در کروموزوم های همتا مبادله می شود.  
 طی این فرایند در دو کروماتید غیرخواهاری از تتراد، پیوندهای فسفودی استری، شکسته و تشکیل می شوند.  
 فامینک های نو ترکیب: اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره های در این دو فامینک به وجود می آید.  
 گامت نو ترکیب: گامت هایی که فامینک های نو ترکیب را دریافت می کنند، گامت های نو ترکیب نامیده می شوند.  
 این فرایند برخلاف جهش، سبب ایجاد الل جدید نمی شود.  
 این فرایند همانند گوناگونی دگره ها ← تغییری در خزانه ژنتیکی نمی دهد  
 این فرایند، سبب ایجاد ترکیب جدیدی از الل ها در یک کروموزوم، طی میوز می شود.  
 طی این فرایند، امکان دارد در یک میوز، چهار یاخته با ژنوتیپ متفاوت ایجاد شود (مثلاً ۴ نوع اسپرم از یک اسپرماتوسیت اولیه ایجاد می شود).  
 طی این فرایند، در بخش هایی، دو کروماتید خواهاری می توانند ژن های متفاوتی داشته باشند.

**نو ترکیبی**



**اهمیت ناخالص ها**

اگر شانس بقا و زادآوری ناخالص ها در صفتی از سایر افراد بیشتر باشد، سبب حفظ تنوع در آن صفت می شود.

مثال آن بیماری کم خونی داسی شکل است

$Hb^A Hb^A$  : سالم  
 $Hb^A Hb^S$  : فقط در هنگام کاهش اکسیژن، گویچه های آن ها داسی می شود.  
 $Hb^S Hb^S$  : در سنین پایین معمولاً می میرند.

مالاریا: بیماری ناشی از نوعی انگل تک یاخته ای آغازی است که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه های قرمز می گذارند. فراوانی دگره  $Hb^S$  در مناطقی که مالاریا شایع است، بسیار بیشتر از سایر مناطق است.

در مناطق مالاریا خیز

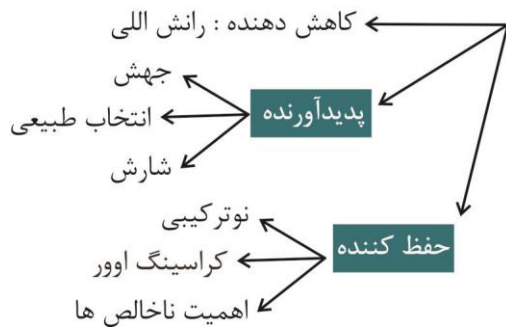
افراد سالم ( $Hb^A Hb^A$ ): در معرض ابتلا (حساس) به بیماری مالاریا هستند ← این افراد، حساس به مالاریا هستند و در صورت ابتلا می میرند.  
 افراد ناخالص سالم ( $Hb^A Hb^S$ ): در این افراد، عامل مالاریا نمی تواند بیماری ایجاد کند (مقاوم).  
 افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل  $Hb^S Hb^S$ : در اثر کم خونی داسی شکل، معمولاً می میرند.

اگر به مالاریا مبتلا شوند ← به مالاریا مقاوم هستند و در اثر مالاریا نمی میرند.

دگره  $Hb^S$  در این مناطق باعث بقای جمعیت می شود.

مثال خوبی است که نشان می دهد شرایط محیط، تعیین کننده صفتی است که حفظ می شود.

**\* نیروهای مؤثر بر تنوع**



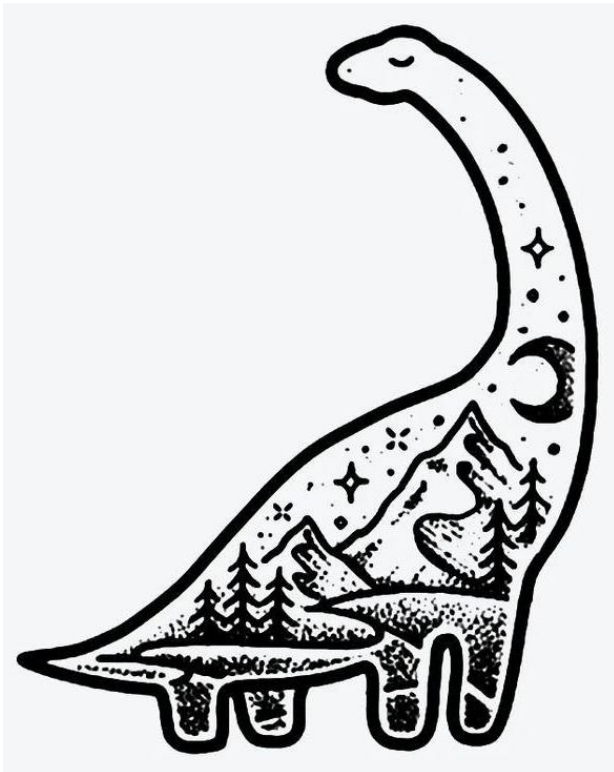




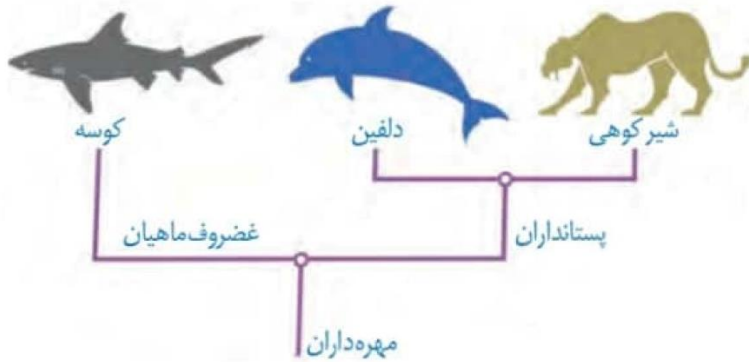
## فصل ۴ گفتار ۳: تغییر در گونه ها

• شواهدی که نشان دهنده تغییر گونه ها است:

- ۱- سنگواره ها
- ۲- تشریح مقایسه ای
- ۳- مطالعات مولکولی



مؤلف: دکتر زهرا سادات همایونی



**تشریح مقایسه ای**

در تشریح مقایسه ای، اجزای پیکر جانداران گونه های مختلف با یکدیگر مقایسه می شود. نشان می دهد که ساختار بدنی بعضی گونه ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد.

**اندام ها یا ساختارهای همتا**

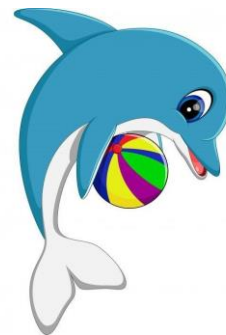
اندام هایی را که طرح ساختاری آن ها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند. مثال هایی برای ساختار همتا: دست انسان، بال پرند، باله دلفین و دست گربه نیای مشترکی دارند، یعنی در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده اند. گونه هایی را که نیای مشترکی دارند، گونه های خویشاوند می گویند. زیست شناسان برای رده بندی جانداران استفاده می کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می دهند. مثلاً شیرکوهی و دلفین ویژگی های شبیه تری به هم دارند ولی با کوسه ماهی نیز نیای مشترک دارند.

**ساختارهای آنالوگ**

ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند. مثال: بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ اند. هر دو برای پرواز کردن اند (کار یکسان) ساختارهای متفاوتی دارند. برای پاسخ به یک نیاز (پرواز) به روش های مختلفی سازش پیدا کرده اند.

**ساختارهای وستیجیال (رد یا)**

ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهایی وستیجیال می نامیم. بقایای پا در لگن به صورت وستیجیال موجود است. این ساختار نشان از رابطه ای میان آن گونه و دیگر مهره داران است. شواهد متعددی نشان می دهد که مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده اند. با سوسمار خویشاوند است و نیای مشترک به همراه اندام های همتا دارند. رد پای تغییر گونه ها هستند.



مقایسه گونه ها در تراز ژنگان (ژنوم) است که ژنگان گونه های مختلف با یکدیگر مقایسه می شوند.

کدام ژن ها در بین گونه مشترک اند.

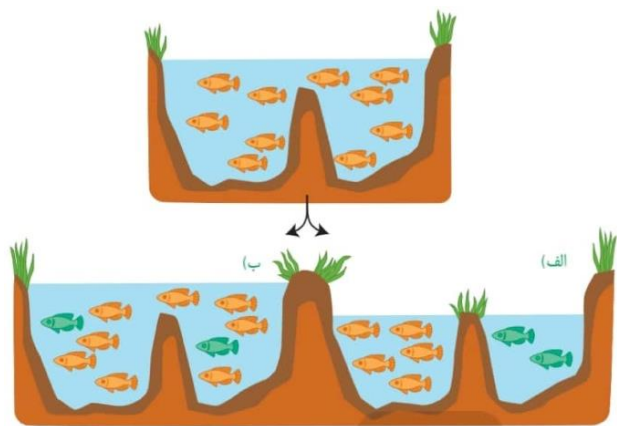
کدام ژن ها ویژگی های خاص یک گونه را باعث می شوند.

از مقایسه بین دنای جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن ها استفاده می شود.

اطلاعات به دست آمده از ژنوم شناسی مقایسه ای

هرچه دو جاندار شباهت بیشتری بین دنای آن ها وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک تری دارند و می توان به تاریخچه تغییر آن ها پی برد ← ژن های شیرکوهی و دلفین به هم شبیه تر از کوسه ماهی می باشد.

توالی هایی از دنا را که در بین گونه های مختلف دیده می شوند، توالی های حفظ شده می نامند.





**گونه:** از تعاریف رایج توسط ارنست مایر برای جاندارانی کاربرد دارد که تولید مثل جنسی دارند. گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا بوجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند. زیستا: جاندارای که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد. آمیزش موفقیت‌آمیز: آمیزشی که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر شود.

- در صورتی که در یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد ← خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود.

عواملی که مانع آمیزش بعضی افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شود.

← هم میهنی : که جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

← دگر میهنی : جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد.

\* سازوکارهای گونه زایی



**انواع آن پراساس سازوکار ایپار**

**دگر میهنی**

جدایی جغرافیایی رخ می دهد مانند کوه زایی، ایجاد کوه، دره و یا دریاچه ← سبب جدایی تولیدمثلی برخی افراد می شود. گاهی بر اثر وقوع رخداد‌های زمین شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت به دو قسمت جداگانه تقسیم می شود. ارتباط دو قسمت از جمعیت اولیه قطع می شود و شارش بین آنها متوقف می گردد. به تدریج دو جمعیت متفاوت می شوند.

پدیده هایی که وقوع آن ها در این حالت نیز ادامه دارد

- جهش ← ایجاد ال‌های جدید
- نو ترکیبی ← ایجاد ترکیب جدید ال‌ها در گامت ها
- انتخاب طبیعی ← انتخاب افراد سازگارتر با تغییرات محیط
- رانس ← در صورتی مؤثر است که جمعیت جدا شده اولیه از سایر افراد، تعداد کم یا اندازه کوچک داشته باشد.

تفاوت میان دو قسمت به تدریج زیاد می شود تا جایی که حتی اگر دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آن ها رخ نخواهد داد. اگر در حالتی که کنار هم قرار گرفتند به دلیل عواملی مثل تفاوت در زمان تولید، نتوانند با هم آمیزش کنند ← حالا به آن ها دو گونه مختلف گفته می شود.

**هم میهنی**

در یک زیستگاه جدایی تولیدمثل اتفاقی می افتد و در نتیجه گونه جدیدی حاصل می شود. جدایی جغرافیایی رخ نمی دهد.

در این گونه زایی نیز جهش، رانس و انتخاب طبیعی نقش دارند.

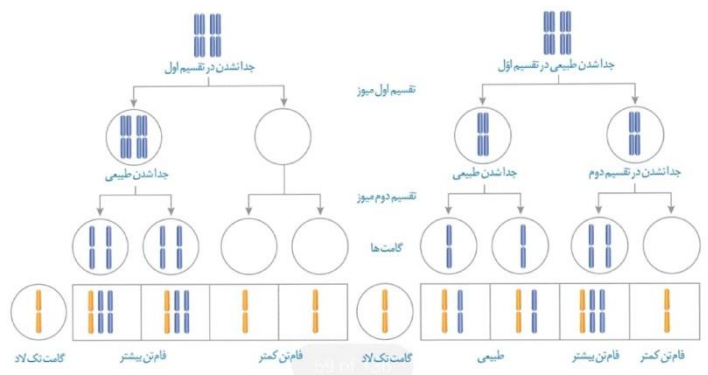
مثال: پیدایش گیاهان چند لادی (پلی پلوئیدی)

چند لادی به تولید گیاهانی منجر می شود که زیستا و زایا هستند ← ولی در آمیزش با افراد هم گونه نیایی خود، زاده های زیستا و زایا پدید نمی آورند. گیاهان چند لادی بر اثر خطای میوزی ایجاد می شوند.

مثلاً ایجاد گونه  $4n$  که زیستا و زایا باشد.

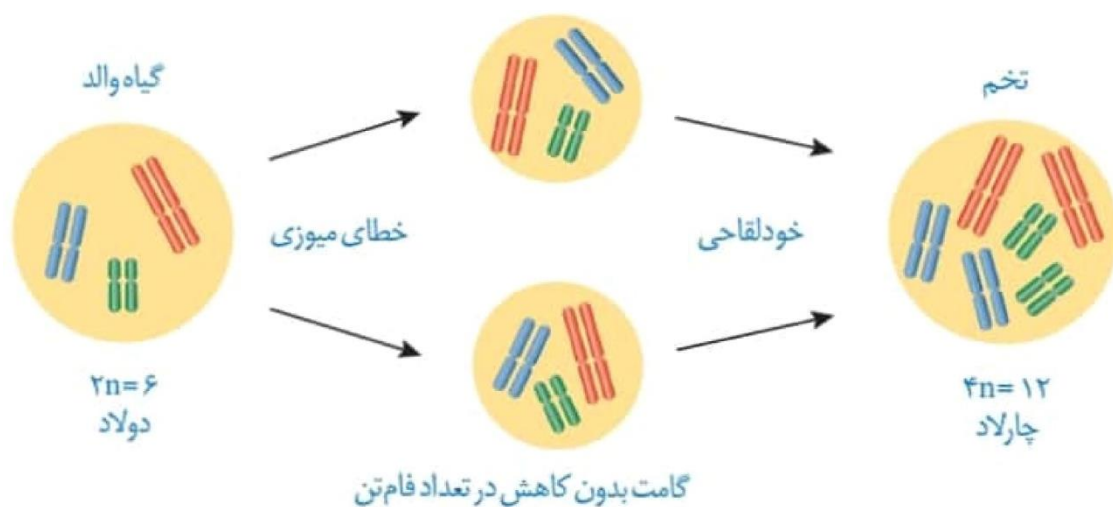
در اثر خطای میوزی در گونه نیایی  $2n$  ایجاد شده اند. یک گونه جدید است. زیستا و زایا می باشد. گامت های  $2n$  و دارای کروموزوم همتا ایجاد می کنند. اگر با گونه  $2n$  اولیه لقاح کنند ← زاده  $4n$  نازا می سازند. ممکن است اصلاً با گونه  $2n$  اولیه لقاح نکند.

اگر گامت طبیعی با گامت هایی با عدد فام تنی غیرطبیعی لقاح کند، تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد.



مؤلف: دکتر زهرا سادات هایونی

با گیاهان گل مغربی ( $2n = 14$ ) کار می کرد ← در هر مجموعه خود ۷ کروموزوم غیرهمتا دارند.  
 در آمیزش عادی، گامت های  $n = 7$  ایجاد می کردند.  
 دورری، ابتدا متوجه ایجاد یک گل مغربی با ظاهری متفاوت شد.  
 گیاه جدید با ظاهر متفاوت، چارلاد (تتراپلوئید) ( $4n$ ) بود.  
 گیاه جدید به جای ۱۴ فام تن، ۲۸ فام تن داشت.  
 این گیاه در اثر خطای میوزی در آنافاز ۱ والدین ایجاد شده بود.  
 گامت تولیدکننده آن ها، دو یاخته  $2n = 14$  بوده است.  
 گامت های گیاه  $4n = 28$ ، از نوع  $2n = 14$  و واجد کروموزوم های همتا می باشد.  
 اگر گامت های این گیاه با گامت طبیعی که تک لادند ( $n$ ) آمیزش کنند، تخم ( $3n$ ) حاصل می شود.  
 تخم  $3n$  نازاست و زاده آن ها نمی تواند یک گونه جدید به حساب بیاید.  
 اگر گیاه چارلاد خودلقاحی کند یا با گیاه مانند خود دگرلقاحی کند، یاخته  $4n$  حاصل می شود.  
 گیاه  $4n$  زیستا و زایاست ولی با گیاه  $2n$  نمی تواند آمیزش موفقیت آمیز کند، بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد.









## تست کده

۱- در مناطقی که عارضه گویچه‌های قرمز داسی شایع است شانس بقا و لقاح .....

در هنگام شیوع مالاریا نسبت به قبل از آن ..... (سراسری - ۸۷)

(۱) افراد ناخالص - بیشتر می‌شود.

(۲) خالص‌های نهفته - کمتر می‌شود.

(۳) خالص‌های بارز و نهفته - کمتر می‌شود.

(۴) خالص‌های نهفته و ناخالص‌ها تغییر نمی‌کند.

۲- گیاه گل مغربی تتراپلوئید، ..... (سراسری - ۸۷)

(۱) قادر به انجام تقسیم میوز نمی‌باشد.

(۲) در گامت‌های خود چهار مجموعه فامتن دارد.

(۳) در هنگام میوز ۱۴ چهارتایه تشکیل می‌دهد.

(۴) در اثر خطای میتوزی والدین خود ایجاد شده است.

۳- از عوامل تغییردهنده ساختار ژنی جمعیت‌ها به ترتیب کدام معمولاً می‌تواند به کاهش

تنوع و کدام به ایجاد تنوع در جمعیت بیانجامد؟ (سراسری خارج از کشور با تغییر - ۸۷)

(۱) جهش، خودلقاحی (۲) آمیزش غیرتصادفی - خودلقاحی

(۳) شارش ژن، رانش ژن (۴) رانش ژن، جهش

۴- از عوامل مؤثر در برقرار ماندن تعادل ژنی در یک جمعیت این است که .....

(سراسری خارج از کشور - ۸۸)

(۱) انتخاب طبیعی رخ دهد.

(۲) آمیزش‌ها غیرتصادفی باشد.

(۳) فراوانی دگره‌ها نسبتاً ثابت بماند.

(۴) مهاجرت به درون جمعیت صورت بگیرد.

۵- بروز هر جهش کوچک در درون یک ژن، همواره تغییری در ..... ایجاد می- کند. (سراسری - ۹۱)

(۱) ترتیب آمینواسیدها

(۲) تعداد منومرهای mRNA

(۳) طول مولکول‌های حاصل از ترجمه

(۴) مولکول‌های حاصل از رونویسی

۶- هر جهش ..... است. (سراسری - ۹۲)

(۱) کوچک، نوعی جهش جانشینی

(۲) کوچک، بر بیان ژن تأثیرگذار

(۳) جانشینی، بر مولکول حاصل از رونویسی بی‌تأثیر

(۴) تغییر چارچوب، نوعی جهش کوچک

۷- گیاهی به طور معمول گامت‌های  $2n$  فام‌تنی تولید می‌کند، این گیاه قطعاً ..... . (سراسری خارج از کشور - ۹۲)

(۱) نمی‌تواند گامت‌های  $4n$  فام‌تنی ایجاد نماید.

(۲) از یاخته تخم  $2n$  فام‌تنی ایجاد شده است.

(۳) نمی‌تواند والدین  $2n$  فام‌تنی داشته باشد.

(۴) از یک تخم  $4n$  فام‌تنی به وجود آمده است.

۸- در ژن پروتئین‌ساز باکتری مولد سینه‌پهلو، جهش کوچک از نوع جانشینی روی داده است. در این باکتری، قطعاً تغییری در کدام مورد صورت نمی‌گیرد؟ (سراسری - ۹۴)

(۱) اندازه رونوشت اولیه ژن

(۲) فعالیت محصول ژن

(۳) اندازه عامل تغییر شکل‌دهنده باکتری فاقد پوشینه

(۴) تنظیم بیان ژن

۹- هر عاملی که بر ..... جمعیت مؤثر است، قطعاً ..... (سراسری خارج

از کشور - ۹۴)

(۱) فراوانی دگره‌های ناسازگار - می‌تواند باعث پیدایش دگره‌های جدید شود.

(۲) تغییر ساختار ژنی - در تعیین جهت تغییر گونه‌ها بی‌تأثیر است.

(۳) تنوع افراد - در تغییر خزانه ژنی جمعیت، نقش اساسی دارد.

(۴) تغییر چهره - باعث حذف کامل دگره‌های نامطلوب می‌شود.

۱۰- کدام عبارت، درباره ملخ‌های یک جمعیت درست است؟ (سراسری - ۹۵)

(۱) هر صفت جهش یافته‌ای از والدین به همه زاده‌ها منتقل می‌شود.

(۲) فرایند چلیپایی شدن می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.

(۳) به دنبال هر جهش، تغییری در تعداد نوکلئوتیدهای یک ژن رخ می‌دهد.

(۴) هر یاخته با داشتن دو مجموعه فام‌تن می‌تواند گامت نوترکیب ایجاد کند.

۱۱- کدام عبارت، درباره جمعیت‌های کوچک طبیعی، نادرست است؟ (سراسری خارج

از کشور - ۹۵)

(۱) نیروهای تغییردهنده گونه‌ها فعال می‌باشند.

(۲) امکان آمیزش میان افرادی با رخ‌نمود یکسان وجود دارد.

(۳) احتمال وقوع تغییرات شدید در فراوانی نسبی دگره‌ها وجود دارد.

(۴) در پاسخ به هر تغییر محیطی، شانس بقا و زادآوری افراد افزایش می‌یابد.

۱۲- کدام عبارت، نادرست است؟ (سراسری - ۹۷)

(۱) رانش ژن در جمعیت‌های مختلف، تأثیرات گیریکسانی دارد.

(۲) شارش ژن می‌تواند سبب افزایش ویژگی‌های مشترک دو جمعیت شود.

(۳) شارش ژن همانند جهش، با تغییر در ماده ژنتیک افراد، تنوع جمعیت را افزایش می‌دهد.

(۴) رانش ژن برخلاف آمیزش غیرتصادفی، فراوانی ال‌ها را در خزانه ژنی یک جمعیت تغییر

می‌دهد.



۱۳- کدام عبارت، صحیح است؟ (سراسری خارج از کشور با تغییر - ۹۷)

- (۱) رانش ژن برخلاف جهش، فراوانی ال‌ها را در خزانه ژنی یک جمعیت تغییر می‌دهد.
- (۲) آمیزش‌های غیرتصادفی منجر به افزایش فراوانی افراد ناخالص می‌شود.
- (۳) جهش برخلاف شارش ژن، با تغییر در ماده ژنتیک افراد، جمعیت را دستخوش تغییر می‌نماید.
- (۴) هیچ عاملی کاهنده تنوع در جمعیت، به سمت سازش سیر نمی‌کند.

۱۴- کدام گزینه، در مورد رانش دگرهای نادرست است؟ (سراسری - ۹۸)

- (۱) در اثر حوادث طبیعی رخ می‌دهد.
- (۲) باعث خارج شدن جمعیت از حالت تعادل می‌شود.
- (۳) در جمعیت‌هایی با اندازه کوچک‌تر تأثیر بیشتری دارد.
- (۴) باعث سازگاری باقی‌مانده جمعیت با محیط می‌شود.

۱۵- کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۸)

- (۱) اندکی از جهش‌ها، تأثیری فوری بر رخ‌نمود دارند.
- (۲) انتخاب طبیعی، ضامن بقای همه زاده‌های فرد سازگار با محیط است.
- (۳) نوعی عامل تغییردهنده فراوانی دگرها، خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر می‌سازد.
- (۴) فراوانی دگرهای یک جمعیت می‌تواند بر اثر رویدادهای تصادفی تغییر نماید.

۱۶- کدام عبارت، در ارتباط با ناهنجاری‌های فام‌تنی در سطح وسیع و از نوع مضاف-

شدگی، نادرست است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۸)

- (۱) از طریق کاریوتیپ قابل مشاهده و شناسایی است.
- (۲) در پی وقوع بعضی جهش‌های جابه‌جایی رخ می‌دهد.
- (۳) باعث تغییر در تعداد فام‌تن‌های یاخته می‌شود.
- (۴) می‌تواند منجر به تشکیل یاخته‌های حسی غیرطبیعی گردد.

۱۷- در ارتباط با همه سازوکارهایی که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شود، کدام مورد

به طور حتم صادق است؟ (سراسری - ۹۹)

(۱) به وجود آمدن گامه (گامه‌هایی متفاوت (از نظر محتوی ژنی) با گامه (گامه‌های طبیعی والدین الزامی است.

(۲) انتخاب طبیعی با ایجاد تغییر در افراد فراوانی دگره‌های جمعیت را تغییر می‌دهد.

(۳) در ابتدا رانش دگره‌ای به شدت بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

(۴) مانع جغرافیایی از شارش ژن جلوگیری می‌کند.

۱۸- کدام عبارت در ارتباط با زیست‌شناسان صحیح است؟ (سراسری - ۹۹)

(۱) افراد دارای ساختارهای همتا را دارای یک نیای مشترک می‌دانند.

(۲) ساختاری‌های آنالوگ را به عنوان شواهدی برای تغییر گونه‌ها در نظر می‌گیرند

(۳) توالی‌های آمینواسیدی حفظ شده پروتئین‌ها را فقط خاص افراد یک گونه می‌دانند.

(۴) معتقدند، اندام‌های وستیجیال در همه جانداران تکامل یافته، دارای نقش بسیار جزئی است.

۱۹- چند مورد، در ارتباط با انسان صحیح است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۹)

الف) عملکرد هر آنزیم، تحت تأثیر جهش دستخوش تغییر می‌گردد.

ب) نوعی جهش می‌تواند هر دو فام‌تن (کروموزوم) همتا را تحت تأثیر قرار دهد.

ج) در پی وقوع نوعی جهش در رمز (کدون) پایان، بر طول فراورده ژن افزوده می‌شود.

د) در هر جهش کوچک، همواره نوکلئوتید یا نوکلئوتیدهایی اضافه، حذف و جانشین می‌گردد.

(۱) ۱ مورد

(۲) ۲ مورد

(۳) ۳ مورد

(۴) ۴ مورد

۲۰- چند مورد در ارتباط با زیست‌شناسان صحیح است؟ (سراسری خارج از کشور-)

(۹۹)

الف) نیای مشترکی برای جانوران دارای ساختارهای هم‌تا در نظر می‌گیرند.

ب) معتقدند، اندام‌های وستیجیال در همه جانداران تکامل یافته نقش بسیار جزئی دارند.

ج) ساختارهای آنالوگ، را به عنوان شواهدی برای تغییر گونه‌ها می‌شناسند.

د) معتقدند، بعضی از گونه‌ها نسبت به هم، از نظر توالی آمینواسیدی پروتئین‌های خود، تفاوت کمتری دارند.

(۱) مورد

(۲) مورد

(۳) مورد

(۴) مورد

۲۱- با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر تغییر جمعیت‌ها، کدام عبارت درست بیان شده است؟ (سراسری-۱۴۰۰)

(۱) عاملی که افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند، ممکن است ژنوتیپ فرد را در جمعیت تغییر دهد.

(۲) عاملی که خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر می‌سازد، ممکن است توان بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا ببرد.

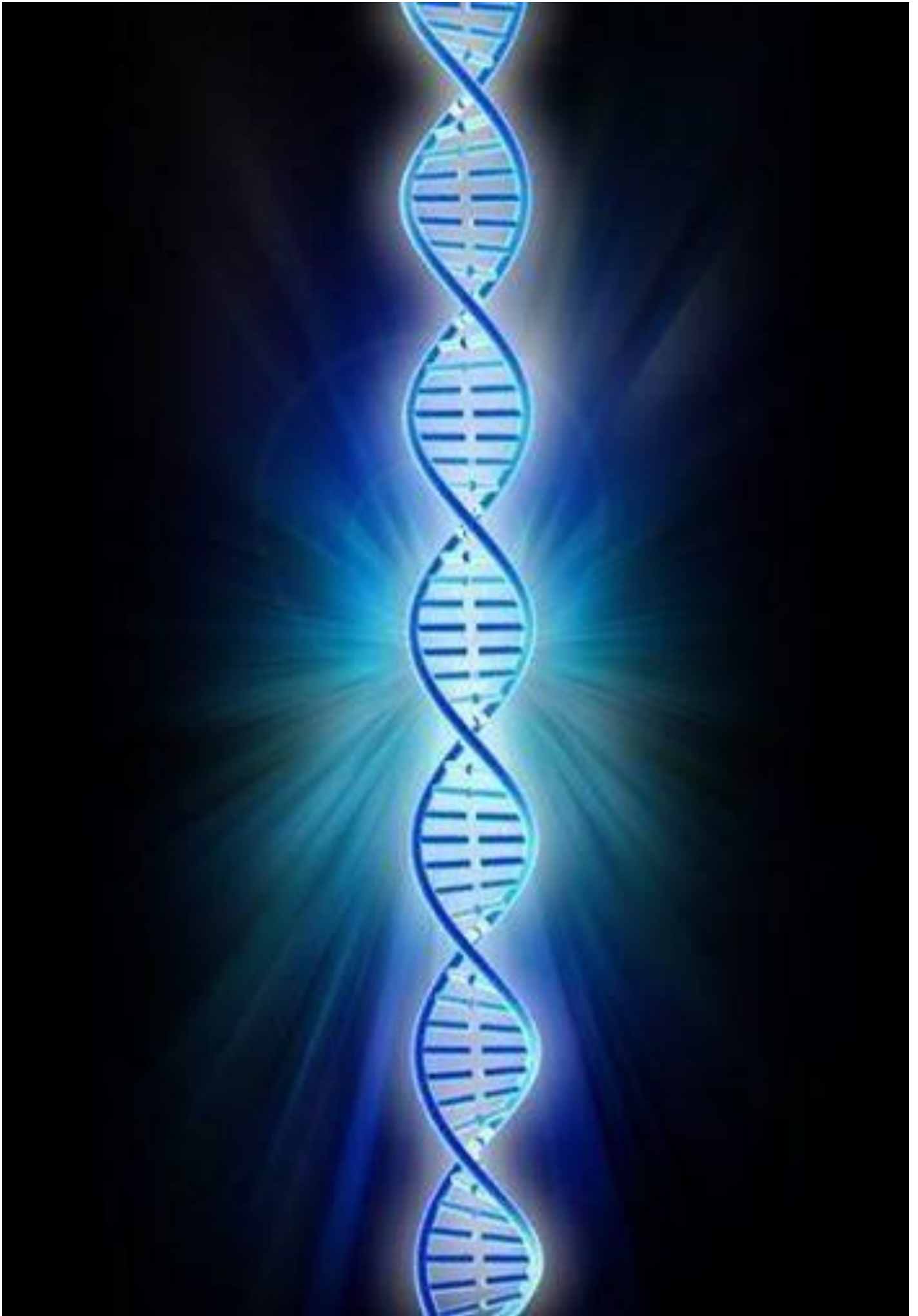
(۳) عاملی که خزانه ژنی دو جمعیت را شبیه به هم می‌کند، به طور حتم تعادل ژنی را در هر دو جمعیت برقرار می‌سازد.

(۴) عاملی که فراوانی دگره‌ای (اللی) جمعیت را بر اثر رویدادهای تصادفی تغییر می‌دهد، به طور حتم در جمعیت‌های بزرگ بیشترین تأثیر را دارد.

## پاسخنامه

- ۴ (۱)
- ۳ (۲)
- ۴ (۳)
- ۳ (۴)
- ۴ (۵)
- ۴ (۶)
- ۴ (۷)
- ۳ (۸)
- ۳ (۹)
- ۲ (۱۰)
- ۴ (۱۱)
- ۳ (۱۲)
- ۳ (۱۳)
- ۴ (۱۴)
- ۲ (۱۵)
- ۳ (۱۶)
- ۱ (۱۷)
- ۱ (۱۸)
- ۱ (۱۹)
- ۲ (۲۰)
- ۲ (۲۱)





زیست‌شناسی ۲

# فصل ۳ ( انتقال اطلاعات در نسل ۴ )

• گفتار ۱: مفاهیم پایه

• گفتار ۲: انواع صفات

• تست‌کده

مولف: دکتر زهراسادات همایونی

## فصل ۳ گفتار ۱: مفاهیم پایه

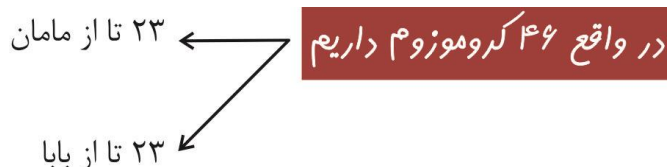
خب خب رسیدیم به سرفصل جذاب دوست‌داشتنی من  
یه سرفصل پرهیجان و کاربردی که پا به پام بیای تقریباً میشه ساده‌ترین مبحث زیست‌شناسی!!  
تو این که ویژگی‌های پدر و مادر به بچه‌ها منتقل می‌شه که شکی نیست ...  
در تولید مثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند (گامت‌زایی رو یادت میاد؟!)  
ویژگی‌های هر یک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در DNA موجود در گامت‌ها وجود دارد  
منتقل می‌شود.  
اینم می‌دونیم که طی گامت‌زایی در واقع نصف DNAها یعنی نصف صفات وجود دارد.  
تصور گذشتگانمون درباره قانون وراثت:  
صفات فرزندان آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسط آنهاست!!  
(همون داستان مانان ژاپنی، بابا چینی ← بیچاره نی‌ی)  
← آخرای قرن ۱۹ (یعنی قبل اون دانشمندایی که خوندیم، که هنوز ساختار و عمل DNA و ژن  
معلوم نبود)  
گریگور مندل از راه رسید ← قوانین بنیادی وراثت را کشف کرد ← که مفاهیم پایه و ماجراهایش  
رو میگم بهت...

\* ویژگی‌های یک جاندار ← ارثی: که از والدین خود به ارث بردیم (صفت) مثل رنگ چشم، رنگ مو، گروه خونی  
اکتسابی: تحت تأثیر محیط ایجاد و تغییر می‌کند.

- در علم ژن‌شناسی شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.
- صفت: در علم ژن‌شناسی ویژگی‌های ارثی جانداران را صفت می‌گویند.
- هر یک از افراد جمعیت، ویژگی‌هایی دارد که ممکن است این ویژگی‌ها به نسل بعد منتقل شوند.

مؤلف: دکتر زهرا سادات هاپونی

- به انواع مختلف یک صفت ← شکل‌های آن صفت می‌گویند.
- در انسان ۲۳ جفت کروموزوم همتا وجود دارد که در هر جفت یکی از آنها را از مادر و دیگری را از پدر به ارث بردیم.



- در این کروموزوم‌های همتا، در هر کدام مکان یک صفت خاص ثابت و مشترک است اما اطلاعات آن صفت در دو کروموزوم همتا می‌تواند مشترک باشد، می‌تواند هم متفاوت باشد. به این جایگاه‌های ژنی که بیان‌کننده یک صفت خاص هست دگره یا الل می‌گویند.
- اگر فردی الل‌های مربوط به یک صفت در هر دو کروموزوم یکسان باشد ← اون فرد تو اون

خالص  
صفت هموزیگوت

Ex: فرد بالا در صفت رنگ مو هر دو کروموزوم الل A دارد ← AA (خالص)

- اگر در فردی الل‌های مربوط به یک صفت در هر کروموزوم متفاوت باشد ← اون فرد توی اون

ناخالص  
صفت هتروزیگوت

Ex: رنگ چشم Bb حالت مو MN

- الل‌های یک صفت گاهی از رابطه غالب و مغلوبی تبعیت می‌کنند. یعنی در صورتی که هر دو نوع الل وجود داشته باشد یکی از آنها (غالب) نمایان می‌شود. (رابطه بارز و نهفتگی) به صورت حرف بزرگ و کوچک

Ex: رنگ چشم رنگ چشم آبی  $B > b$  رنگ چشم مشکی

رنگ چشم مشکی می‌شه  $Bb \rightarrow B$  رنگ چشم آبی می‌شه  $bb \rightarrow b$  رنگ چشم‌ها مشکی می‌شه  $BB \rightarrow B$

- رابطه الل‌ها گاهی با هم به صورت بارزیت ناقص است. یعنی در صورت وجود دو الل حد واسط آن دو مشاهده می‌شود. الل‌ها را به صورت دو حرف بزرگ می‌نویسیم.

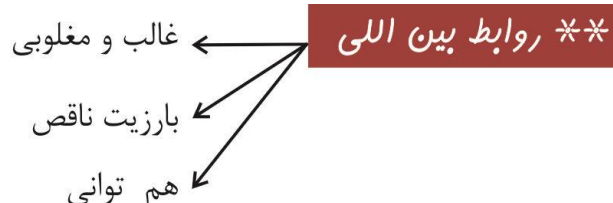


Ex: حالت مو موجدار  $MN \rightarrow MN$  فر  $NN \rightarrow N$  صاف  $MM \rightarrow M$

رنگ گلبرگ‌های گل میمونی صورتی  $RW \rightarrow RW$  سفید  $WW \rightarrow W$  قرمز  $RR \rightarrow R$

- نوعی دیگر از رابطه بین الل‌ها ← هم‌توانی می‌باشد. یعنی در صورت وجود هر دو الل هر دو بروز می‌کنند به صورت دو حرف بزرگ می‌نویسیم.

Ex: گروه خونی AB - اسب ابرش (خال خال)



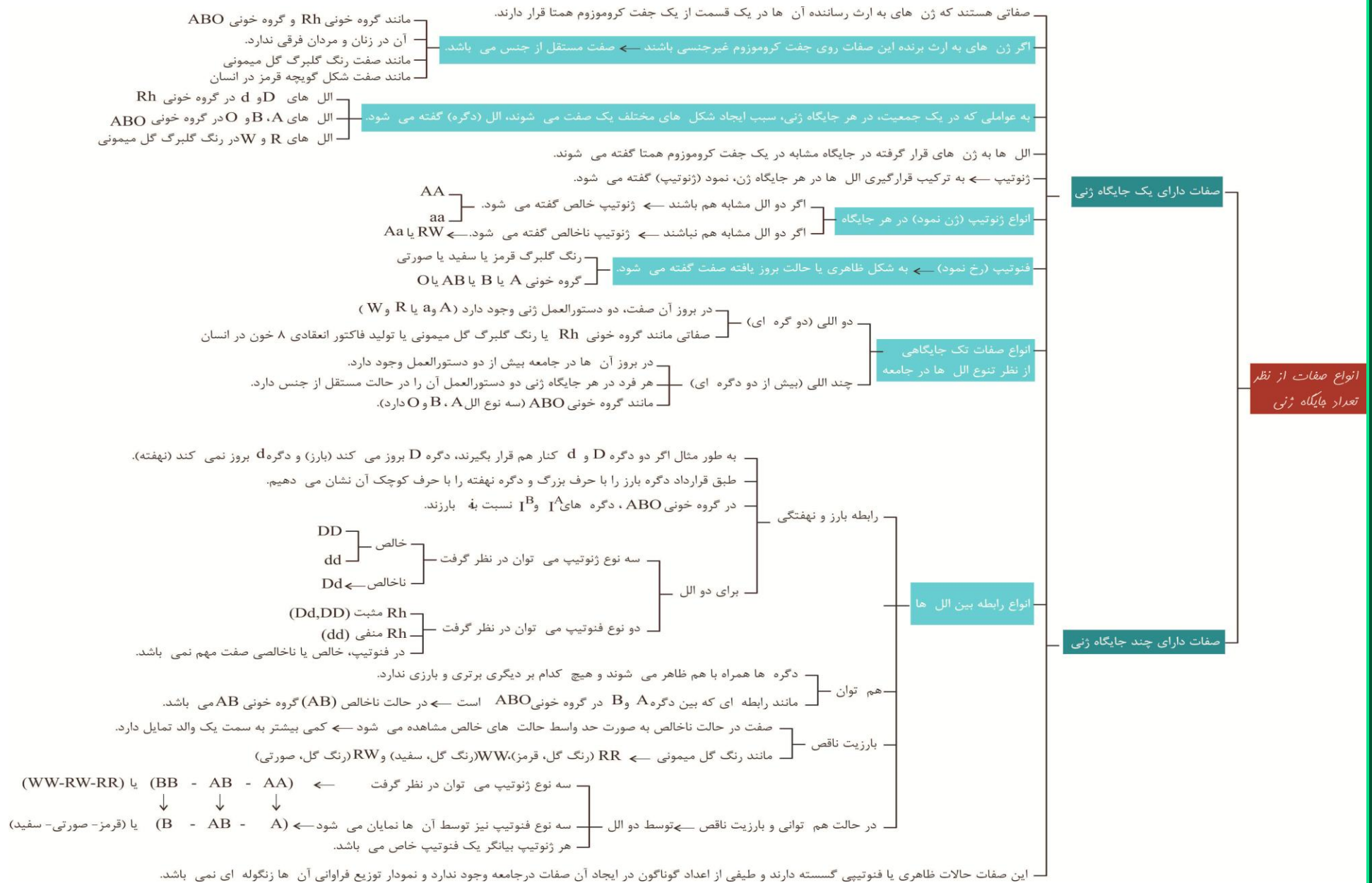
- ژنوتیپ (ژن نمود) ← ترکیب دگره‌ها در فرد
- فنوتیپ (رخ نمود) ← شکل ظاهری یا حالت بروز یافته

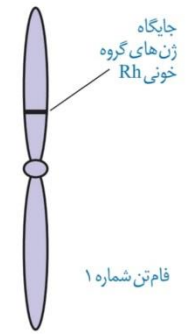
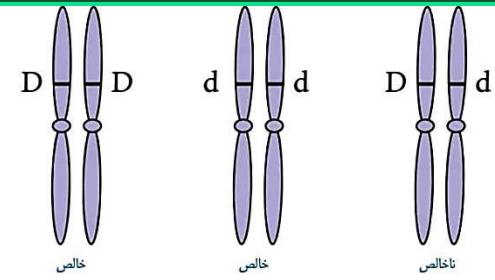
ژنوتیپ	فنوتیپ
خالص AA	A
ناخالص Aa	A
خالص RR	R
ناخالص Rr	Rr
خالص aa	a

گالب و مغلوب

بارزیت ناقص

با هم‌توانی





**ABO**

**گروه های قوئی**

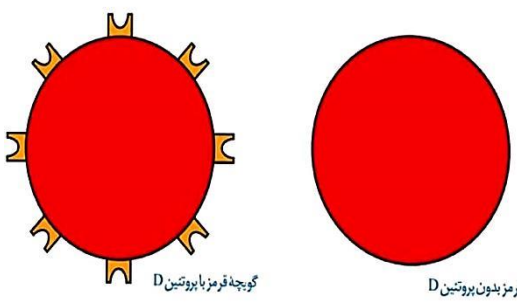
**Rh**

	گروه خونی A	گروه خونی B	گروه خونی AB	گروه خونی O
گویچه قرمز				
نوع کربوهیدرات گویچه قرمز	A	B	A و B	هیچ کدام

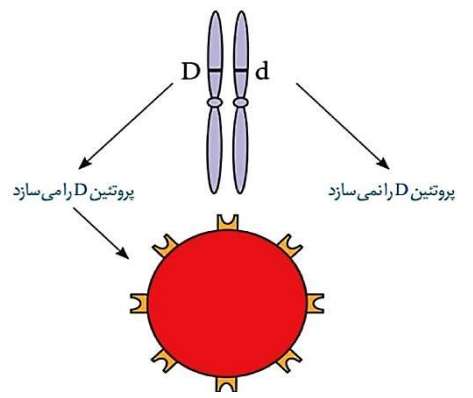
یک صفت تک جایگاهی غیرجنسی است که در جامعه توسط سه نوع ال A، B و O کنترل می شود.  
 به چهار گروه A، B، AB و O گروه بندی می شود.  
 گروه بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام های A و B در غشای گویچه های قرمز است.  
 اضافه شدن کربوهیدرات های A و B به غشای گویچه قرمز یک واکنش آنزیمی است.  
 دو نوع آنزیم برای آن وجود دارد، یکی برای اضافه کردن کربوهیدرات A به غشا و یکی برای B.  
 دگره ای که آنزیم A را می سازد ( $A=I^A$ )  
 دگره ای که آنزیم B را می سازد ( $B=I^B$ )  
 دگره ای که هیچ آنزیمی نمی سازد ( $O=i$ )

سه نوع ال (دگره) در جامعه وجود دارد

جایگاه ژنی آن در فام تن ۹ قرار دارد ← هر فرد در هر یاخته ۲ خود دو ال برای این صفت دارد.  
 انواع ژن نمود  
 خالص AA - BB - OO  
 ناخالص AO - BO - AB



ال های A و B با هم به صورت هم توان هستند ولی هر دو نسبت به ال O بارز می باشند.  
 انواع رخ نمود  
 A ← ژن نمود AO - AA  
 B ← ژن نمود BO - BB  
 O ← ژن نمود OO  
 AB ← ژن نمود AB



صفتی تک جایگاهی غیرجنسی است که تحت کنترل دو ال D و d با رابطه بارز و نهفتگی می باشد.  
 به دو گروه  $Rh^+$  و  $Rh^-$  گروه بندی می شود.  
 بر مبنای بودن یا نبودن پروتئین D است ← دقت کنید پروتئین d وجود ندارد.  
 دو دگره وجود دارد  
 دگره ای که می تواند پروتئین D را بسازد (D) ← دگره بارز  
 دگره ای که نمی تواند پروتئین D را بسازد (d) ← دگره نهفته  
 انواع ژن نمود  
 DD ← رخ نمود D (مثبت)  
 dd ← رخ نمود d (منفی)

هر دو دگره جایگاه ژنی یکسانی دارند که هر یک روی فام تن ۱ و در بالای سانترومر قرار دارند.  
 در بررسی هم زمان آن ها، فرد دارای گروه خونی  $A^+$ ، چهار نوع ژنوتیپ می تواند باشد.  
 AODD  
 AODd  
 AADD  
 AADd

در هر چهار حالت، فاقد کربوهیدرات B در غشای گویچه قرمز می باشد.  
 در هر چهار حالت، واجد کربوهیدرات A و پروتئین D در غشای گویچه قرمز می باشد.

مولف: دکتر زهرا سادات هایونی

## گروه خونی ABO:

یک صفت چند اللی بوده یعنی چند دستور و الل برای آن وجود دارد و از آنجا که ما موجودی ۲n هستیم هر فرد تنها دو دستور آن را می‌تواند دریافت کند.

گروه خونی ABO نوعی صفت ۳ اللی می‌باشد و ۳ دستور برای آن می‌توان در کروموزوم ۹ باشد:

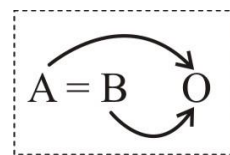
۱- الل A ← باعث ساخت آنزیم A می‌شود ← کربوهیدرات A را به غشا RBC اضافه می‌کند.

۲- الل B ← باعث ساخت آنزیم B می‌شود ← کربوهیدرات B را به غشا RBC اضافه می‌کند.

۳- الل O ← هیچ آنزیمی نمی‌سازد.

✓ در بروز صفت ABO در گروه خونی Pro نقش دارد (آنزیم‌ها) اما Pro به RBC متصل نمی‌شود.

✓ اضافه شدن کربوهیدرات A و B به غشا یک واکنش آنزیمی است.



✓ رابطه این الل‌ها ←

A و B هم‌توان و هر دو بر O غالب بوده.

✓ الل‌های A و B و O را به ترتیب  $I^A, I^B, i$  نیز نشان می‌دهند.

✓ فردی که فقط الل A داشته باشد (یعنی هر دو کروموزوم ۹ الل A داشته باشند) روی

غشا RBC فقط کربوهیدرات A دارند و گروه خونی آنها A می‌باشد.

✓ فردی که فقط الل B داشته باشد روی غشا RBC فقط کربوهیدرات B دارند و گروه

خونی آنها B می‌باشد.

✓ فردی که یکی از کروموزوم الل O و کروموزوم دیگر نیز O باشد روی غشا هیچ

کربوهیدرات وجود ندارد و گروه خونی O

✓ فردی که یکی از کروموزوم‌های الل A و کروموزوم دیگر B باشد روی غشا هم

کربوهیدرات A و B وجود دارد و گروه خونی AB

• گروه خونی ABO دارای ۶ نوع ژنوتیپ (OO, AB, BO, BB, AO, AA) و ۴ نوع فنوتیپ

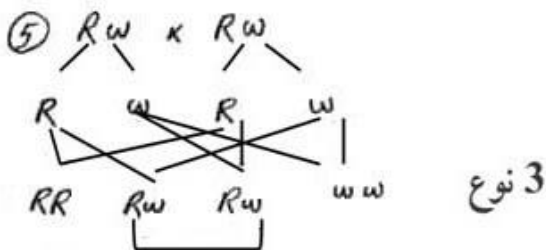
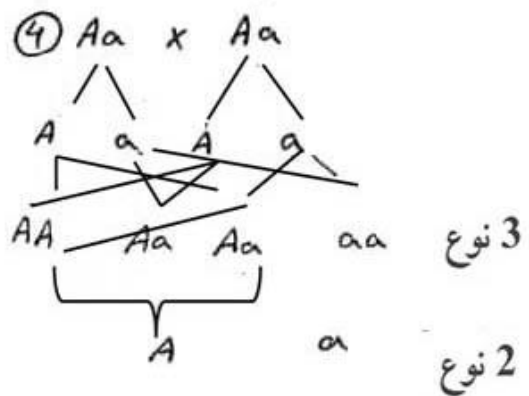
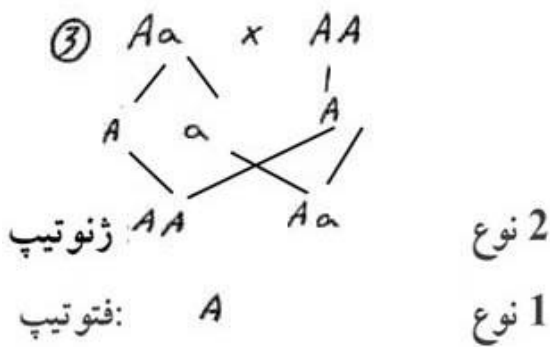
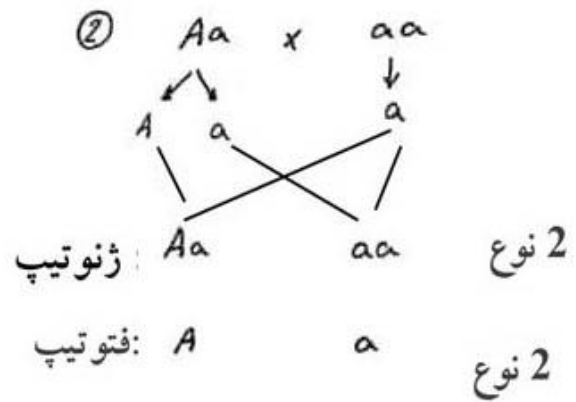
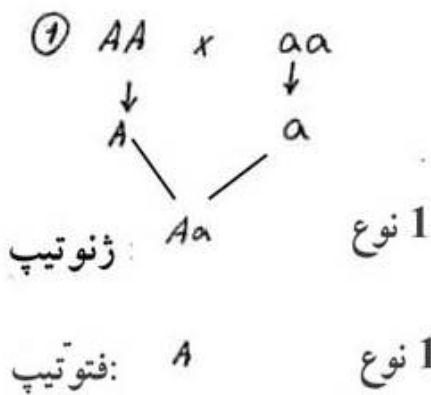
(AB, O, B, A) می‌باشد.



## مسأله

### تیب ۱:

صورت سؤال میاد آمیزش پدر و مادر رو تو چند صفت خاص در نظر می گیره و از تو می خواد که بتونی انواع ژنوتیپ و فنوتیپ را بدست بیاری واسه این تیب مسئله باید اول آمیزش دادن بلد باشی که تو هر مدل صفت با روابط بین اللی متفاوت چطوریه بعد بریم جلو ...



✓ از آمیزش  $AabbRw \times AaBbRw$  به ترتیب چند نوع رخ نمود و چند نوع ژن نمود حاصل می آید؟

- ۱) ۱۸-۸ (۱)      ۲) ۲۷-۱۲ (۲)      ۳) ۱۸-۱۲ (۳)      ۴) ۸-۱۸ (۴)

✓ از آمیزش  $aaBbDd \times AabbDD$  به ترتیب چند نوع رخ نمود و چند نوع ژنوتیپ حاصل می آید؟

- ۱) ۲۷-۴ (۱)      ۲) ۸-۸ (۲)      ۳) ۱۸-۱۲ (۳)      ۴) ۸-۱۸ (۴)

✓ تنوع ژنتیکی در زاده‌های کدام آمیزش بیشتر است؟

- ۱)  $AaBB \times AABb$  (۱)      ۲)  $AaBb \times aaBb$  (۲)  
 ۳)  $AaBB \times aaBb$  (۳)      ۴)  $AaBb \times aabb$  (۴)

✓ اگر خود تمامی در گیاهی ناخالص در دو جفت ژن که هر دو از رابطه بارز و نهفتگی ژنها تبعیت می کنند صورت گیرد چند نوع رخ نمود میان زاده‌ها مشاهده می شود؟

- ۱) ۳ (۱)      ۲) ۴ (۲)      ۳) ۸ (۳)      ۴) ۹ (۴)

## ← تیپ ۲:

نسبت رو با نوع اشتباه‌نگیری‌ها، مثلاً تو آمیزش  $Aa \times Aa$ ، ۳ نوع ژنوتیپ داریم ( $AA, Aa, aa$ ) که  $\frac{1}{4}$  آنها  $AA$  و  $\frac{1}{2}$  آنها  $Aa$  و  $\frac{1}{4}$   $aa$  می باشد. ۲ نوع فنوتیپ  $a$  و  $A$  می باشد که  $\frac{1}{4}$  آنها  $a$  و  $\frac{3}{4}$  فنوتیپ  $A$  دارند.

✓ از آمیزش  $AaddRw \times AaDdRw$  احتمال ایجاد ژنوتیپ  $AaDdRR$  در بین فرزندان چقدر است؟

- ۱)  $\frac{1}{8}$  (۱)      ۲)  $\frac{3}{8}$  (۲)      ۳)  $\frac{1}{16}$  (۳)      ۴)  $\frac{3}{16}$  (۴)

✓ اگر رخ نمود احتمالی گروه خونی ABO، در بین فرزندان به صورت  $\frac{1}{4}A, \frac{1}{2}B, \frac{1}{4}AB$

باشد، کدام گزینه، نشان دهنده گروه خونی والدین است؟

(۱)  $AO \times BO$

(۲)  $AB \times BO$

(۳)  $AB \times AB$

(۴)  $AB \times AO$

پاسخ:

حاصل آمیزش در هر یک از گزینه‌ها به صورت زیر است:

۱)  $AO \times BO \rightarrow \frac{1}{4}AB, \frac{1}{4}A, \frac{1}{4}B, \frac{1}{4}O$

۲)  $AB \times BO \rightarrow \frac{1}{4}AB, \frac{1}{2}B, \frac{1}{4}A$

۳)  $AB \times AB \rightarrow \frac{1}{4}A, \frac{1}{2}AB, \frac{1}{4}B$

۴)  $AB \times AO \rightarrow \frac{1}{4}B, \frac{1}{2}A, \frac{1}{4}AB$

بنابراین گزینه دو صحیح است.

✓ اگر رخ نمود احتمالی گروه خونی ABO، در بین فرزندان به صورت  $\frac{1}{4}A, \frac{1}{2}AB, \frac{1}{4}B$

باشد، کدام گزینه نشان دهنده گروه خونی والدین است؟

(۱)  $AO \times BO$       (۲)  $AB \times BO$       (۳)  $AB \times AB$       (۴)  $AB \times AO$

پاسخ:

۱)  $AO \times BO \rightarrow \frac{1}{4}AB, \frac{1}{4}A, \frac{1}{4}B, \frac{1}{4}O$

۲)  $AB \times BO \rightarrow \frac{1}{4}AB, \frac{1}{2}B, \frac{1}{4}A$

۳)  $AB \times AB \rightarrow \frac{1}{4}A, \frac{1}{2}AB, \frac{1}{4}B$

۴)  $AB \times AO \rightarrow \frac{1}{4}B, \frac{1}{2}A, \frac{1}{4}AB$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

✓ در هسته هر یاخته فرد سالم و بالغ، دگره‌های گروه‌های خونی ..... جایگاه از .....  
فام‌تن را به خود اختصاص داده‌اند.

(۱) ۲-۲

(۲) ۴-۲

(۳) ۲-۴

(۴) ۴-۴

پاسخ:

دو نوع گروه خونی ABO و Rh که به ترتیب دارای جایگاه‌هایی روی فام‌تن‌های ۱ و ۹ اند در هر فرد سالم و بالغ وجود دارد بنابراین می‌توان گفت دگره‌های گروه خونی ۴ جایگاه از ۴ فام‌تن را به خود اختصاص داده و پاسخ صحیح گزینه چهارم است.

✓ از خود لقاحی فردی با ژن نمود Aa (طبق قوانین احتمالات) در نسل اول:

(۱)  $\frac{1}{4}$  از زاده‌های با رخ نمود بارز، خالص هستند.

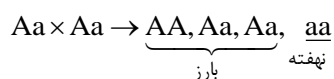
(۲)  $\frac{1}{4}$  افراد خالص، رخ نمود نهفته دارند.

(۳)  $\frac{3}{4}$  زاده‌ها از نظر ژن نمود و رخ نمود به والد خود شباهت دارند.

(۴)  $\frac{2}{3}$  از زاده‌هایی که رخ نمود بارز دارند، ناخالص می‌باشند.

پاسخ:

سؤال بسیار جالبیه! به این آمیزش دقت کنید!



حالا بفرمایید، چند تا رخ نمود بارز داریم؟ آفرین ۳ تا، حالا بگید چند تا از این ۳ تا، ناخالص‌اند؟  
بازم آفرین ۲ تا، یعنی  $\frac{2}{3}$  از زاده‌هایی که رخ نمود بارز دارند، ناخالص‌اند. بنابراین پاسخ صحیح  
گزینه چهارم است.



✓ از آمیزش  $AaBBdD \times aaBBdD$  که مطالعه همزمان سه صفت را نشان می‌دهد. احتمال

ایجاد رخ نمود  $aBD$  در بین افراد حاصل از این آمیزش کدام گزینه است؟

$\frac{9}{64}$  (۴)       $\frac{9}{16}$  (۳)       $\frac{3}{8}$  (۲)       $\frac{27}{64}$  (۱)

✓ از آمیزش  $aaBbRw \times AabbRw$  چه نسبتی از افراد در هر سه صفت حالت ناخالص

خواهند داشت؟

$\frac{3}{32}$  (۴)       $\frac{1}{8}$  (۳)       $\frac{3}{8}$  (۲)       $\frac{1}{16}$  (۱)

✓ از آمیزش  $AaBB \times Aabb$  چه نسبتی از نسل حاصل در هر دو صفت حالت بارز خواهند

داشت؟

$\frac{1}{8}$  (۴)       $\frac{3}{8}$  (۳)       $\frac{3}{4}$  (۲)       $\frac{1}{4}$  (۱)

✓ از آمیزش  $AaBbDd \times Aabbdd$  چقدر احتمال دارد زاده‌ای حاصل آید که حداقل در دو

صفت حالت نهفته را نشان دهد؟

$\frac{3}{16}$  (۴)       $\frac{3}{4}$  (۳)       $\frac{3}{8}$  (۲)       $\frac{1}{2}$  (۱)

✓ از آمیزش  $AaBb \times Aabb$  چقدر احتمال دارد زاده‌ای حاصل آید که در یک صفت حالت

بارز و در صفت دیگر حالت نهفته را نشان دهد؟

$\frac{1}{2}$  (۴)       $\frac{1}{4}$  (۳)       $\frac{3}{8}$  (۲)       $\frac{1}{8}$  (۱)



### تیپ ۳: ←

#### گروه خونی:

✓ والدینی با گروه خونی  $B^+, A^+$ ، دختری با گروه خونی  $O^-$  دارند. چقدر احتمال دارد این زوج صاحب پسری با گروه خونی  $AB^-$  شوند؟

$$\frac{1}{8} \text{ (۱)} \quad \frac{1}{16} \text{ (۲)} \quad \frac{3}{16} \text{ (۳)} \quad \frac{1}{32} \text{ (۴)}$$

✓ اگر گروه خونی زن و شوهری به ترتیب  $B^+, A^+$  باشد، گروه خونی یکی از فرزندان  $O^-$  باشد. احتمال فرزندی  $O^+$  چقدر است؟

$$\frac{1}{16} \text{ (۱)} \quad \frac{3}{16} \text{ (۲)} \quad \frac{1}{8} \text{ (۳)} \quad \frac{3}{8} \text{ (۴)}$$

✓ مردی با گروه خونی  $AB^-$  همسری با گروه خونی  $A^+$  دارد. اگر بدانیم که گروه خونی مادر همسر مرد  $B^-$  است، چقدر احتمال دارد این خانواده صاحب دختری با گروه خونی  $A^-$  شود؟

$$\frac{1}{4} \text{ (۱)} \quad \frac{1}{8} \text{ (۲)} \quad \frac{3}{8} \text{ (۳)} \quad \frac{1}{16} \text{ (۴)}$$

✓ با در نظر گرفتن وضعیت  $^{(-,+)}RH$  و نوع گروه‌های خونی تعداد زن نمودهای احتمالی کدام رخ نمود بیشتر است؟

$$A^+ \text{ (۱)} \quad A^- \text{ (۲)} \quad AB^+ \text{ (۳)} \quad AB^- \text{ (۴)}$$



هر چه صفات غالب بیشتر باشد در فنوتیپ، ژنوتیپ احتمالی فنوتیپ بیشتر است.  
ژنوتیپ احتمالی متعلق به فنوتیپ‌های  $B^+, A^+$  (۴تا) بیشترین و  $AB^-, O^-$  (!) کمترین نوع ژنوتیپ را دارد.

✓ والدین با  $Rh^+$  که احتمال ایجاد هر نوع (هر چهار نوع) گروه خونی در بین فرزندان آنها وجود دارد. صاحب پسری با گروه خونی AB شده‌اند. تعیین کنید در این خانواده احتمال ایجاد دختری با گروه خونی  $A^+$  چقدر است؟

$$\frac{3}{16} \quad (1) \qquad \frac{1}{8} \quad (2) \qquad \frac{1}{16} \quad (3) \qquad \frac{3}{32} \quad (4)$$

والدین با گروه خونی  $AO \times BO$  احتمال ایجاد هر چهار نوع گروه خونی را دارد و احتمال هر چهار نوع گروه خونی در فرزندان آنها برابر  $\frac{1}{4}$  است.

✓ اگر پدر دارای کربوهیدرات A و پروتئین D و مادر دارای کربوهیدرات B و پروتئین D و برای هر صفت ناخالص باشند، چه نسبتی از فرزندانشان گروه خونی  $B^+$  خواهند داشت؟

$$\frac{1}{8} \quad (1) \qquad \frac{1}{4} \quad (2) \qquad \frac{3}{4} \quad (3) \qquad \frac{3}{16} \quad (4)$$

✓ اگر نسبت گروه خونی فرزندان به صورت  $\frac{1}{4}A, \frac{1}{2}B, \frac{1}{4}AB$  باشد، ژنوتیپ والدین در گروه خونی چگونه است؟

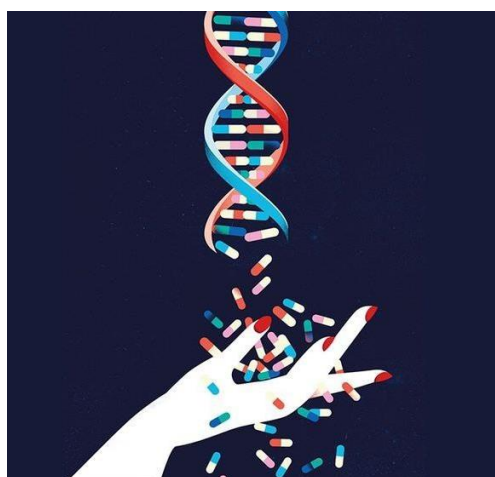
AO×AB (۴)      BO×AB (۳)      BB×BO (۲)      AB×OO (۱)

✓ اگر فردی با گروه خونی A<sup>+</sup> حداکثر نوع گامت را تولید کند، برای گروه خونی چند عامل Pro و کربوهیدراتی دارد؟

۴ (۴)      ۳ (۳)      ۲ (۲)      ۱ (۱)

✓ از ازدواج مردی دارای RBC با یک نوع کربوهیدرات برای گروه خونی و یک Pro برای RH، با زنی دارای کربوهیدرات متفاوت برای گروه خونی و فاقد Rh Pro، دختری فاقد عوامل کربوهیدراتی و پروتئینی بر روی RBC متولد شود. چقدر احتمال دارد فرزندی دارای ۳ نوع عامل کربوهیدراتی و پروتئینی روی غشا RBC متولد شود؟

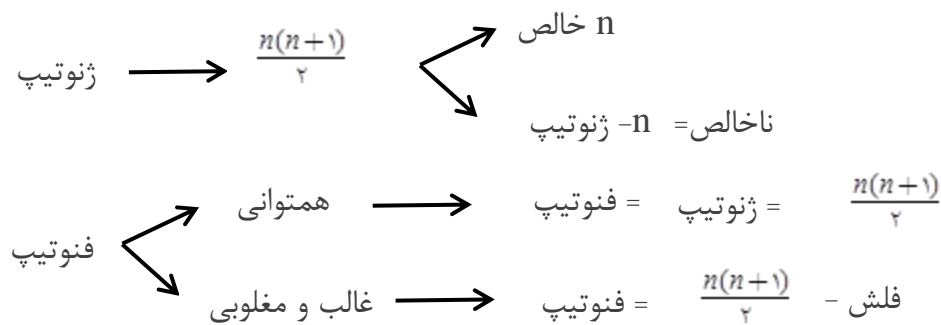
$\frac{1}{16}$  (۴)       $\frac{1}{8}$  (۳)       $\frac{1}{4}$  (۲)       $\frac{1}{2}$  (۱)





## ← تیپ ۴:

روش محاسبه تعداد ژنوتیپ و فنوتیپ در صفات چند اللی غیرجنسی (اتوزوم):  
 اگر صفت  $n$  الل داشته باشد در جامعه  $\frac{n(n+1)}{2}$  ژنوتیپ قابل تصور است که  $n$  تای آن خالص است. برای محاسبه فنوتیپ اگر تمام الل‌های صفت نسبت به هم هم‌توان باشد ژنوتیپ و فنوتیپ برابر بوده  $(\frac{n(n+1)}{2})$  اما اگر رابطه غالب و مغلوبی برقرار باشد تعداد ژنوتیپ بدست بیاریم بعد تعداد روابط غالب و مغلوبی رو ازش کم کنیم که من بهشم می‌گم فلش



✓ صفتی تحت کنترل ۴ الل  $A, B, C, D$  است که در آن الل  $A$  بر سایر الل‌ها و الل  $B$  نسبت به  $C$  و  $D$  بارز است و سایر الل‌ها هم‌توان هستند. در این جامعه برای این صفت چند نوع رخ نمود و چند نوع ژن نمود قابل تصور است؟

- (۱) ۶-۱۰ (۲) ۲۵-۵ (۳) ۱۰-۵ (۴) ۱۰-۶

✓ برای صفتی که تحت کنترل ۵ دگره  $E, D, C, B, A$  است. در این دگره‌های  $A$  و  $D$  نسبت به دگره‌های  $B$  و  $C$  و  $E$  بارز هستند و سایر دگره‌ها هم‌توان‌اند. در جامعه چند نوع فنوتیپ و چند نوع ژنوتیپ خالص قابل تصور است؟

- (۱) ۱۰-۹ (۲) ۵-۹ (۳) ۱۵-۱۰ (۴) ۵-۱۰

$$n \leq \frac{n(n+1)}{2}$$

تعداد انواع فنوتیپ یک صفت  $n$  الی  $n \leq$

✓ صفتی دارای ۵ آل است. این صفت حداقل و حداکثر می‌توان دارای چند نوع فنوتیپ باشد؟

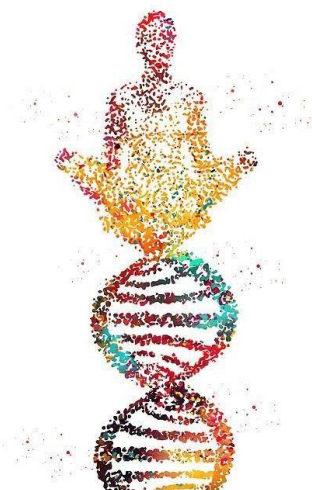
- (۱) ۵-۵      (۲) ۱۵-۵      (۳) ۵-۳      (۴) ۱۵-۱۵

✓ صفتی دارای ۷ دگره است. این صفت حداقل و حداکثر دارای چند نوع فنوتیپ می‌تواند باشد؟

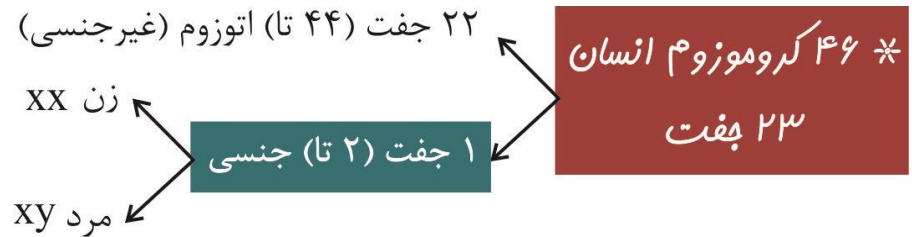
- (۱) ۲۱-۷      (۲) ۷-۳      (۳) ۲۸-۷      (۴) ۲۸-۲۸

✓ صفتی با ۸ دگره مفروض است. کدامیک از گزینه‌های زیر نمی‌تواند به هیچ وجه تعداد انواع فنوتیپ این صفت باشد؟

- (۱) ۱۰      (۲) ۲۸      (۳) ۳۶      (۴) ۴۵



## فصل ۳ گفتار ۲: انواع صفات



- صفاتی که جایگاه ژنی آنها در یکی از کروموزوم‌های غیر جنسی باشد صفات مستقل از جنس یا اتوزوم بوده و به نحوه ارث رسیدن آنها در زنان و مردان یکسان است.
- صفاتی که جایگاه ژنی آنها در یکی از کروموزوم‌های جنسی باشد، صفات وابسته به جنس می‌گویند که اگر در کروموزوم X باشد صفات وابسته به X می‌گویند مثل هموفیلی.
- برای صفات اتوزوم از حروف انگلیسی به تنهایی استفاده می‌کنیم:  
مثل تالاسمی

SS	Ss	ss
سالم خالص	سالم	بیمار

**انواع صفات**

**از نظر فام تن**

**مستقل از جنس**

صفات را که جایگاه ژنی آنها در یکی از فام تن های غیرجنسی قرار داشته باشد. هر یک از پدر و مادر، از هر جفت فام تن همتا تنها یکی را از طریق گامت به نسل بعد منتقل می کند. ژن نمود فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت ها از پدر و مادر با یکدیگر لقاح پیدا می کنند. ژن نمود فرزندان را می توان با روشی به نام مربع پانت به دست آورد. مانند صفات گروه خونی، فنیل کتونوری و کم خونی داسی شکل.

**وابسته به جنس**

صفات را که جایگاه ژنی آن ها در یکی از دو فام تن جنسی قرار داشته باشد، وابسته به جنس می گویند. گاهی ژن صفتی را که بررسی می کنیم در فام تن X قرار دارد که به چنین صفتی، وابسته به X می گویند. مانند هموفیلی که یک بیماری وابسته به X نهفته است. صفات وابسته به X در هموفیلی فرآیند لخته شدن خون دچار اختلال می شود و شایع ترین نوع هموفیلی به فقدان عامل انعقادی VIII (هشت) مربوط است. صفات وابسته به فام تن Y — ژن آن ها فقط از پدر به پسران منتقل می شود. جایگاه برای دگره های وابسته به X مثل هموفیلی در آن ها وجود ندارد. صفاتی که فقط از مادران به هر فرزندی منتقل می شوند — ژن آن روی ژنوم سیتوپلاسمی یا دناى راکیزه تخمک مادر بوده است.

**از نظر کمیت**

پیوسته — صفاتی مانند اندازه قد که طیف اعداد گوناگونی دارد — نمودار توزیع آن ها در جامعه به صورت زنگوله ای می باشد. گسسته — صفاتی مانند Rh که تنها دو شکل مثبت و منفی دارد — طیفی از فنوتیپ های به هم پیوسته ندارند — حالت مو صفتی گسسته است.

**از نظر تعداد جایگاه**

**تک جایگاهی**

صفاتی که یک جایگاه ژن در فام تن دارند، مثل گروه خونی ABO که یک جایگاه ژنی در فام تن ۹ دارد. در بروز آن ها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد — در هر جایگاهی ژنی آن دو الل را به ارث می برند.

**چند جایگاهی**

چند جایگاه ژنی مختلف در بروز نهایی صفت مؤثر هستند. ژن های هر جایگاه با جایگاه دیگر، الل (دگره) نمی باشند. چند ژن مختلف، یک صفت را به ارث می رسانند که برخی با هم الل و برخی غیرالل هستند. طیفی از فنوتیپ های مختلف دیده می شود. صفات فنوتیپ پیوسته از نظر عدد و کمیتی دارند. نمودار توزیع فراوانی فنوتیپ ها، شبیه زنگوله می باشد. اغلب آن ها مثل طول قد و وزن تحت تأثیر محیط قرار می گیرند.

رنگ ذرت مثالی از این صفت است که هفت طیف رنگ از سفید تا قرمز دارد. رنگ ذرت: ۳ جایگاه ژنی دارد که هر کدام دو دگره ای هستند — بین الل های هر جایگاه، رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد. رخ نموده های دو آستانه طیف، قرمز و سفید هستند. در رخ نموده های دارای جایگاه ناخالص، هر چه تعداد دگره های بارز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است. در ذرت هر باخته پیکری دیپلوئید، ۶ ژن از صفت رنگ را دارد — ژن ها دو تا دو تا با هم الل هستند.

AabbCC فنوتیپ مشابه با AaBBcc , AaBbCc دارد. چون هر سه ژنوتیپ بالا دارای سه ژن بارز می باشند. فنوتیپ ذرت های AaBbCc با AABbCc متفاوت است — اولی سه ژن بارز دارد. دومی چهار ژن بارز دارد.

**مولف: دکتر زهرا سادات همایونی**



گاهی برای بروز یک رخ نمود تنها وجود ژن کافی نیست (رنگ گلبرگ گل ادریس).  
 ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن به نور هم نیاز دارد.  
 تغذیه و ورزش می تواند روی اندازه قد انسان اثر بگذارد.

اثر محیط

مثال

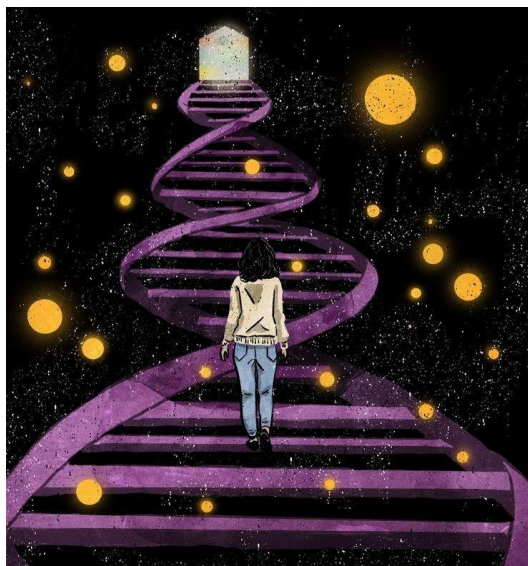
### تعاریف زیر را به خاطر بسپارید:

**صفات مستقل از جنس:** صفاتی که جایگاه ژنی آنها در یکی از فام‌تن‌های غیرجنسی قرار داشته باشد.

**صفات وابسته به جنس:** صفاتی که جایگاه ژنی آنها در یکی از دو فام‌تن جنسی قرار داشته باشد.  
**مربع پانت:** روشی است که به کمک آن می‌توان ژن‌نمود فرزندان را به دست آورد و توسط دانشمندی به نام پانت پیشنهاد شده است. در روش مربع پانت گامت‌های والدین را به طور جداگانه در سطر و ستون یک جدول می‌نویسند سپس خانه‌های جدول را با کنار هم قرار دادن کامه‌های سطر و ستون متناظر هم پر می‌کنند.

**صفت وابسته به X:** صفتی است که ژن آن در فام‌تن X قرار دارد مثل هموفیلی که یک بیماری وابسته به X و نهفته است.

**ناقل:** فردی که بیمار نیست اما ژن بیماری دارد و می‌تواند بیماری را به نسل بعد منتقل کند.

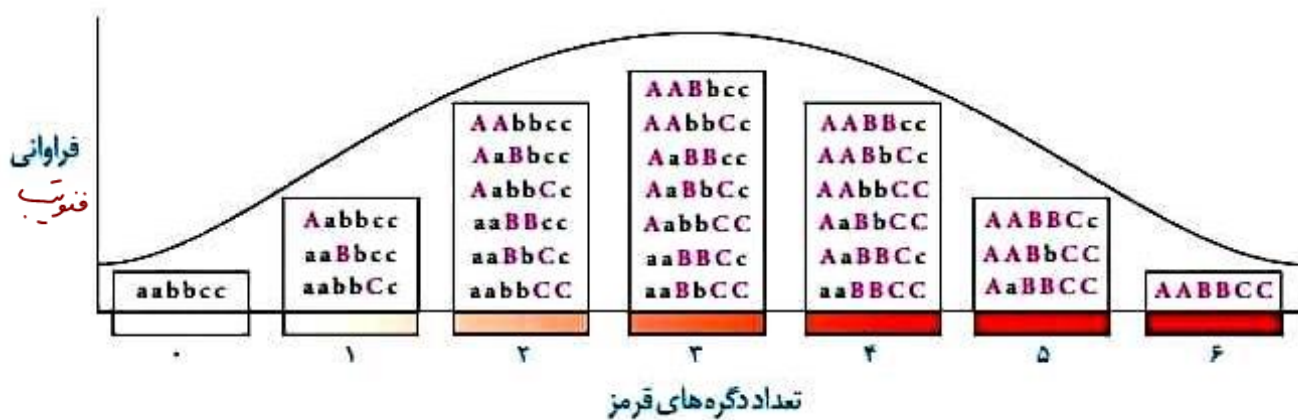


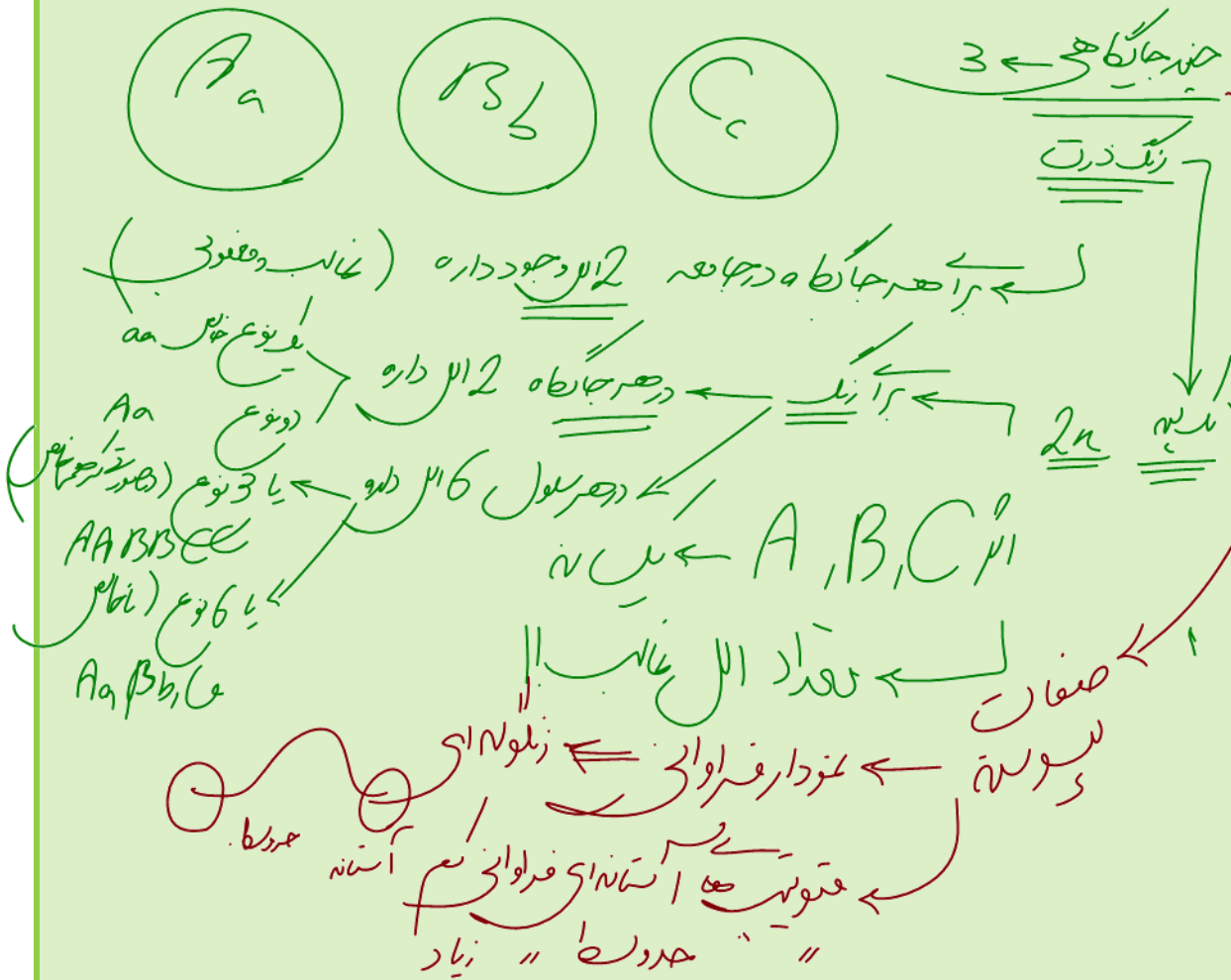


aa bb cc



AA BB CC





## مهار بیماری های ژنتیکی

بیماری های ژنتیکی در موارد معدودی درمان پذیرند.

گاهی می توان با تغییر عوامل محیطی، عوارض بیماری های ژنی را مهار کرد.

در این بیماری مستقل از جنس نهفته، آنزیمی که آمینواسید فنیل آلانین را می تواند تجزیه کند، وجود ندارد و ساخته نمی شود. تجمع فنیل آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می شود ← مغز آسیب می بیند. با تغذیه نکردن از خوراکی هایی که فنیل آلانین دارند می توان مانع بروز اثرات این بیماری شد.

### فنیل کتونوری

در ابتدای تولد، علائم آشکاری ندارد.

تغذیه نوزاد مبتلا با شیرخشک هایی که فاقد فنیل آلانین است باید صورت بگیرد.

شیر مادر پر از فنیل آلانین است ← به یاخته های مغزی آن آسیب می رساند.

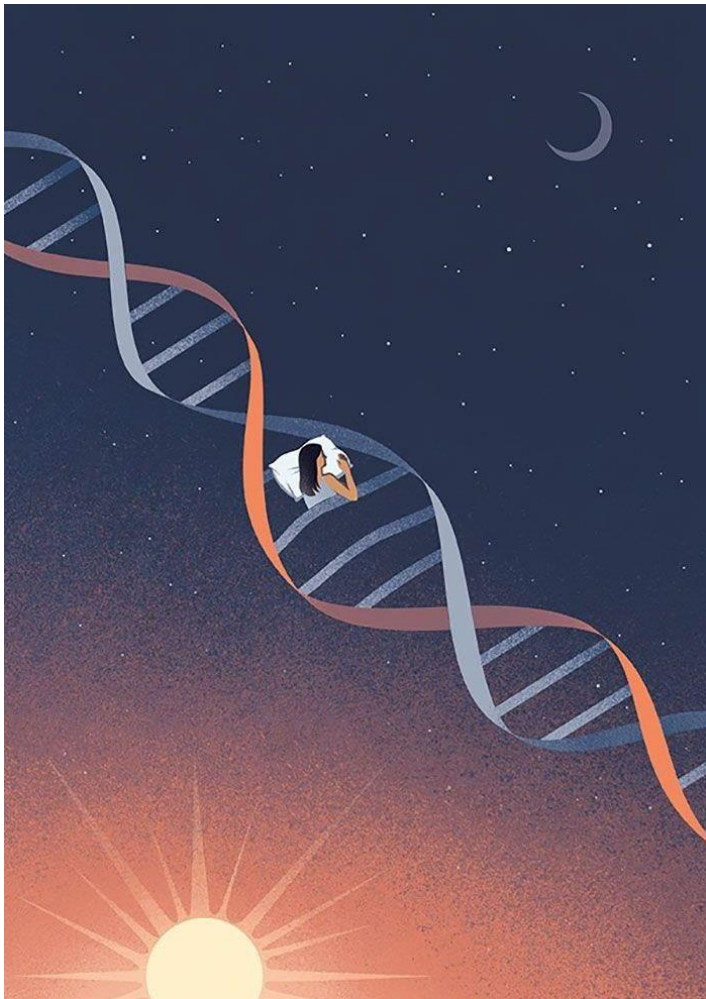
در بدو تولد از نظر ابتلا به آن آزمایش خون می شوند.

### نوزاد

### تغذیه افراد مبتلا به فنیل کتونوری

بزرگسال - تغذیه با رژیم هایی بدون (یا کم) فنیل آلانین

### بزرگسال



مؤلف: دکتر زهرا سادات هایونی



نمونه به ارث رسیدن بیماری های وراثتی

بیماری های مستقل از جنس

بیماری مستقل از جنس بارز (A)

افراد بیمار به صورت خالص AA یا ناخالص Aa هستند.  
 کلمه ناقل در این بیماری ها معنی ندارد.  
 افراد سالم به صورت خالص aa و فاقد الی بیماری می باشند.  
 از آمیزش والدین بیمار ناخالص (Aa) ← امکان به دنیا آمدن دختر یا پسر سالم (aa) وجود دارد.

بیماری مستقل از جنس نهفته (a)

فرد بیمار به صورت خالص aa می باشد (فنیل کتونور و کم خون داسی شکل).  
 افراد سالم خالص به صورت AA می باشند.  
 افراد ناخالص به عنوان ناقل Aa در مردان و زنان دیده می شوند.  
 از آمیزش والدین سالم ناقل (Aa) می توان فرزند دختر یا پسر بیمار (aa) متولد شود.

بیماری های وابسته به X

وابسته به X بارز (X<sup>A</sup>)

در زنان شایع تر از مردان می باشد.  
 مردان دارای دو نوع فنوتیپ و ژنوتیپ بیمار (X<sup>A</sup>Y) و سالم (X<sup>a</sup>Y) می باشند.  
 زنان دارای سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ بیمار و سالم هستند.  
 $X^A X^A$  زن بیمار خالص  
 $X^A X^a$  زن بیمار ناخالص  
 $X^a X^a$  زن سالم خالص  
 فرد ناقل در این صفت معنی ندارد (ناقل باید ناخالص با فنوتیپ سالم باشد).  
 قطعاً مادر بیمار داشته است ( $X^A X^A$  یا  $X^A X^a$ ).  
 پسر بیمار (X<sup>A</sup>Y) قطعاً همه دختران آینده او نیز بیمار می شوند. چون X<sup>A</sup> را از وی دریافت می کنند.  
 از والدین بیمار آن ها ← در صورتی که مادر ناخالص (X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>) باشد ← ممکن است پسر سالم X<sup>a</sup>Y به دنیا بیاید.

وابسته به X نهفته (X<sup>a</sup>)

مثل بیماری هموفیلی است ← شایع ترین نوع آن، در اثر فقدان عامل انعقادی ۸ خون می باشد.  
 در مردان شایع تر از زنان می باشد.  
 مردان دو نوع ژنوتیپ و فنوتیپ دارند  
 مرد سالم = X<sup>A</sup>Y  
 مرد بیمار = X<sup>a</sup>Y  
 مرد ناقل وجود ندارد.  
 زنان دارای سه نوع ژنوتیپ و دو نوع فنوتیپ می باشند.  
 $X^A X^A$  زن سالم خالص  
 $X^A X^a$  زن سالم ناخالص = زن ناقل (حامل)  
 $X^a X^a$  زن بیمار  
 قطعاً پدر بیمار (X<sup>a</sup>Y) داشته است.  
 قطعاً در آینده، هر پسر وی بیمار خواهد شد (X<sup>a</sup>Y)  
 از والدین سالم آن ها ← اگر مادر ناقل (X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>) باشد ← احتمال به دنیا آمدن پسر بیمار (X<sup>a</sup>Y) وجود دارد.

## مسأله

با اجازه من ۶ تا کلید بدم خدمتون بعد بریم مسأله حل کنیم:

❗ (۱) در بیماری‌های اتوزوم مغلوب اگر والد یا والدین سالم، صاحب فرزند بیمار شوند، لزوماً والد یا والدین ناقلند.

❗ (۲) تو بیماری‌های اتوزوم حواست باشد احتمال دختر بودن و پسر بودن رو باید حساب کنی  $\left(\frac{1}{2} \times\right)$  اما واسه بیماری‌های وابسته به جنس لازم نیست.

❗ (۳) اگر درباره کسی هیچ اطلاعی بهت نداده بود و فقط می‌دونستی سالمه، ژنوتیپش رو خالص بگیر (خوش‌بین باش)

❗ (۴) در بیماری‌های وابسته به X، اگر زن سالم، پسر بیمار داشته باشد، حتماً ناقله ... زن بیمار حتماً پدر و پسر بیمار خواهد داشت.

❗ (۵) از نیمی از فرزندان پسر زن سالم مبتلا به نوعی بیماری وابسته به جنس مغلوب (هموفیلی) و نیمی دیگر از پسران ولی قبلاً به نوعی دیگر از بیماری وابسته به جنس مغلوب (دوشن) باشن، زن ژنوتیپ  $X^hX^r$  داره ولی اگر نیمی از پسران هموفیل و دوشن باشن و نیمی دیگر سالم، ژنوتیپ زن  $X^H X$  می‌باشد.

❗ (۶) اگر سئوالی احتمالی خواسته شده فقط بین دختران یا پسران مورد نظر بود:

← اگر بیماری وابسته به جنس نبود نیاز به  $\frac{1}{4} \times$  نیست.

← اگر بیماری وابسته به جنس بود احتمال خواسته شده را تنها در XX یا XY در نظر بگیرید.

✓ از آمیزش مرد و زن سالم، دختری مبتلا به فنیل کتونوریا و کم‌خونی داسی شکل متولد شده است. احتمال تولد پسر سالم؟

$$\frac{3}{16} \text{ (۴)} \quad \frac{9}{32} \text{ (۳)} \quad \frac{9}{64} \text{ (۲)} \quad \frac{3}{32} \text{ (۱)}$$

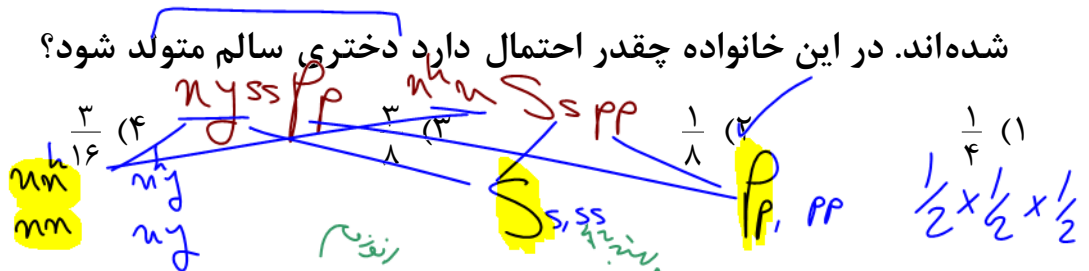


✓ از آمیزش مردی هموفیل با زنی مبتلا به فنیل کتونوریا، دختری مبتلا به کم‌خونی داسی شکل و پسری هموفیل متولد شده است. چقدر احتمال دارد پسری سالم متولد شود؟

$$\frac{1}{2} \text{ (۴)} \quad \frac{3}{32} \text{ (۳)} \quad \frac{3}{16} \text{ (۲)} \quad \frac{1}{8} \text{ (۱)}$$



✓ از آمیزش مردی مبتلا به کم‌خونی داسی شکل با زنی مبتلا به فنیل کتونوریا، دختری مبتلا به کم‌خونی داسی شکل و پسری مبتلا به فنیل کتونوریا و هموفیلی متولد شده‌اند. در این خانواده چقدر احتمال دارد دختری سالم متولد شود؟



✓ از آمیزش مردی هموفیل با زنی مبتلا به فنیل کتونوریا، پسری مبتلا به کورنگی (وابسته به X مغلوب) و دختری مبتلا به فنیل کتونوریا متولد شده‌اند. چه نسبتی از

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

فرزندان این خانواده، پسرای سالم خواهند بود؟

$$\frac{1}{8} \text{ (۴)}$$



دختر سالم زنی هموفیلی دیگر زنی  
مولف: دکتر زهراسادات هایونی  
دختر سالم زنی هموفیلی

✓ از آمیزش مردی هموفیل با زنی به ظاهر سالم یک پسر مبتلا به هموفیل و فنیل کتونوریا و یک پسر مبتلا به دوشن و کم خونی داسی شکل متولد شده‌اند. چه نسبتی

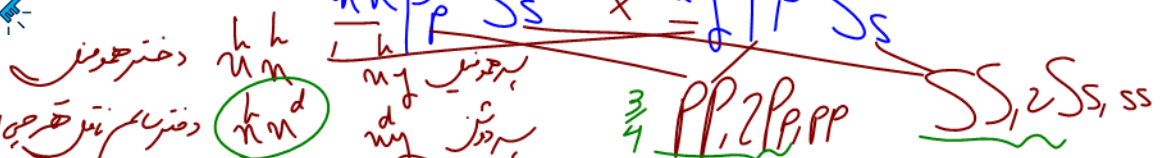
$n^u \quad n^i$

از فرزندان این خانواده دخترانی سالم‌اند؟

$\frac{9}{128} \quad (4)$

$\frac{3}{32} \quad (3)$

$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$   
 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$   
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$   
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$



✓ از آمیزش مردی هموفیل با زنی به ظاهر سالم، پسری مبتلا به بیماری‌های

دیستروفی عضلانی دوشن، هموفیلی و فنیل کتونوریا متولد شده است. در این

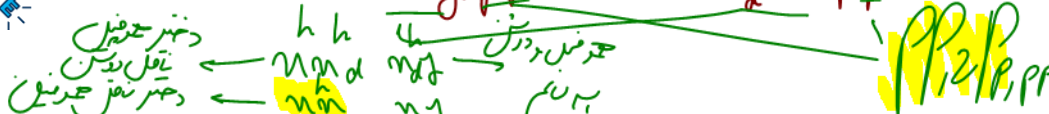
خانواده چه نسبتی از فرزندان، دخترانی سالم خواهند داشت؟  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

$\frac{1}{4} \quad (4)$

$\frac{3}{16}$

$\frac{1}{8} \quad (2)$

$\frac{3}{32} \quad (1)$



✓ از آمیزش مردی سالم با زنی مبتلا به کم خونی داسی شکل پسری مبتلا به فنیل

کتونوریا و دختری مبتلا به کم خونی داسی شکل متولد شده‌اند. در این خانواده چه

$PP \quad SS \quad \times \quad Pp \quad Ss$

نسبتی از دختران، سالم خواهند شد؟

$\frac{3}{16}$

$\frac{3}{8}$

$\frac{3}{16}$

$\frac{3}{32}$

$\frac{1}{4}$



✓ دختری سالم و مادرش مبتلا به فاویسم (صفت وابسته به X مغلوب) است. اگر این

دختر با مردی مبتلا به فاویسم ازدواج کند، چه نسبتی از فرزندانیش، دخترانی مبتلا

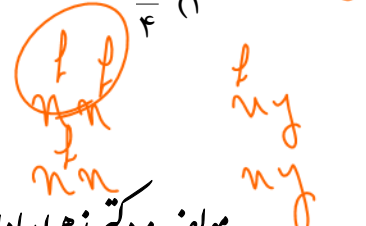
به فاویسم خواهد شد؟

$\frac{3}{4} \quad (4)$

$\frac{1}{2} \quad (3)$

$\frac{1}{4} \quad (2)$

$\frac{1}{8} \quad (1)$





✓ اگر مردی هموفیل با گروه خونی O با زنی سالم و گروه خونی A که برای هر دو صفت ناخالص است ازدواج کند، با توجه به قوانین احتمالات، چه نسبتی از فرزندان آنها پسرانی هموفیل با گروه خونی A خواهند بود؟

- (۱)  $\frac{1}{2}$       (۲)  $\frac{1}{4}$       (۳)  $\frac{1}{8}$       (۴)  $\frac{1}{16}$

✓ اگر مردی کوررنگ با انعقاد خون طبیعی با زنی ناخالص نسبت به این دو صفت ازدواج کند در افراد نسل اول:

- (۱) پسران همگی کوررنگ و هموفیل  
 (۲) نیمی از فرزندان کوررنگ  
 (۳) نیمی از دختران هموفیل  
 (۴) همگی فرزندان دارای انعقاد خون طبیعی

✓ مردی سالم که پدرش مبتلا به فنیل کتونوریا بوده با زنی مبتلا به این بیماری که والدینش سالم بوده‌اند، ازدواج می‌کند. احتمال اینکه فرزند اول آنها، پسری مبتلا به فنیل کتونوریا شود چند درصد است؟

- (۱)  $\frac{1}{5}$  یا ۲۰٪      (۲) ۲۵٪      (۳) ۵۰٪      (۴) ۷۵٪

✓ اگر مردی با گروه خونی AB که به هموفیلی کتونوریا مبتلا است به خانمی با گروه خونی O که برای دو صفت هموفیلی و کم‌خونی داسی شکل ناخالص است، ازدواج کند. چه نسبتی از فرزندان آنها دخترانی با گروه خونی B و فقط مبتلا به یک بیماری خواهند بود؟

- (۱)  $\frac{1}{4}$       (۲)  $\frac{1}{8}$       (۳)  $\frac{1}{16}$       (۴)  $\frac{1}{32}$

✓ با توجه به مسأله زیر به دو سؤال بعدی پاسخ دهید:

اگر مردی ناقل فنیل کتونوریا و کم‌خونی داسی‌شکل و مبتلا به بیماری هموفیلی، با زنی ظاهراً سالم که ناقل هر سه صفت است ازدواج کند.

الف) چه نسبتی از فرزندان، دختران هموفیل و دارای اختلال در تجزیه فنیل آلانین خواهند شد؟

$$\frac{1}{4} \quad (1) \quad \frac{1}{8} \quad (2) \quad \frac{1}{16} \quad (3) \quad \frac{3}{16} \quad (4)$$

ب) چه نسبتی از فرزندان، پسرانی کم‌خون و مبتلا به فنیل کتونوریا خواهند شد؟

$$\frac{3}{8} \quad (1) \quad \frac{1}{16} \quad (2) \quad \frac{1}{32} \quad (3) \quad \frac{9}{32} \quad (4)$$

✓ یک بیماری وابسته به X مغلوب هیچ‌گاه از ..... منتقل نمی‌شود.

(۱) مادر سالم و پدر بیمار به فرزند دختر (۲) مادر بیمار و پدر سالم به فرزند پسر

(۳) پدر سالم و مادر بیمار به فرزند دختر (۴) پدر بیمار و مادر سالم به فرزند پسر

✓ با توجه به مسأله زیر به دو سؤال بعدی پاسخ دهید.

مردی هموفیل و مبتلا به دوشن با گروه خونی AB با زنی سالم که پدری مبتلا به هر دو بیماری و مادری سالم و خالص داشته است. و گروه خونی AB دارد ازدواج می‌کند با توجه قوانین احتمال:

الف) چه نسبتی از فرزندان این زوج مبتلا به هر دو بیماری و دارای گروه خونی B خواهند شد؟

$$\frac{1}{4} \quad (1) \quad \frac{1}{8} \quad (2) \quad \frac{1}{16} \quad (3) \quad \frac{1}{32} \quad (4)$$

ب) چه نسبتی از دختران این زوج، ژن نمودی مانند مادر خود خواهند داشت؟

$$\frac{1}{4} \quad (1) \quad \frac{1}{8} \quad (2) \quad \frac{1}{16} \quad (3) \quad \frac{1}{32} \quad (4)$$

✓ از ازدواج مردی با گروه خونی  $A^+$  و زنی با گروه خونی  $B^+$  (هر دو به ظاهر سالم)، پسری مبتلا به هموفیلی با گروه خونی  $O^-$  و دختری ناقل فنیل کتونوریا متولد شده است. در این خانواده احتمال تولد دختری با گروه خونی  $B^+$  و مبتلا به فنیل کتونوریا کدام می‌تواند باشد؟ (سراسری ۹۶)

$$\frac{3}{128} \text{ (۴)}$$

$$\frac{3}{64} \text{ (۳)}$$

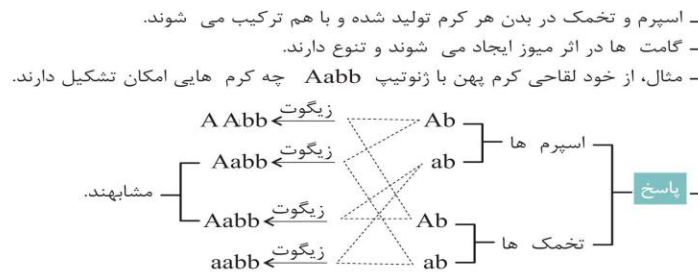
$$\frac{1}{128} \text{ (۲)}$$

$$\frac{1}{64} \text{ (۱)}$$



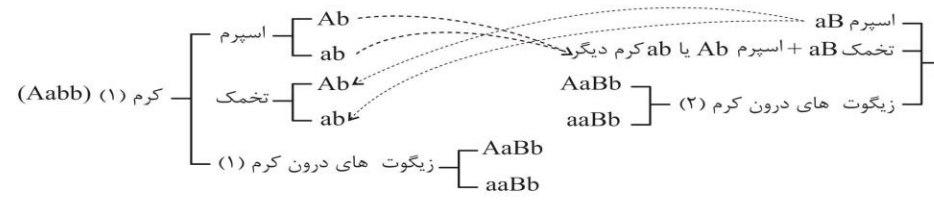
**ژنتیک در پانوران**

**کرم های پهن تر ماده خود لقاح**



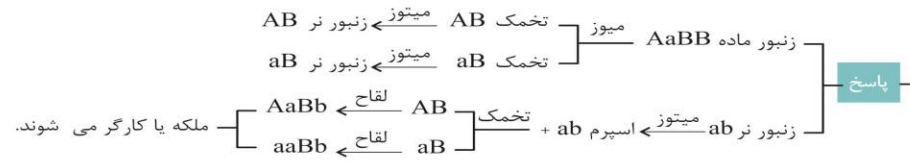
**نرماده دگرلقاح**

هر کرم هم اسپرم و هم تخمک ایجاد می کند.  
 اسپرم های هر کرم، تخمک کرم دیگر را بارور می کند.  
 مثال: از آمیزش کرم خاکی (۱) با ژنوتیپ  $Aabb$  و کرم (۲) با ژنوتیپ  $aaBB$  در بدن هر کرم چه زیگوت هایی ایجاد می شود؟



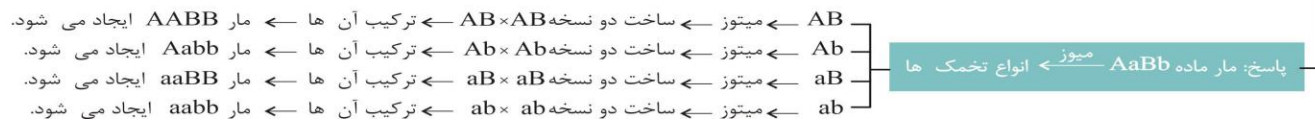
**بکرزایی یا لقاح زنبور عسل**

با لقاح اسپرم ها و تخمک ها ← زنبور ماده  $2n$  ایجاد می شود ← کارگر  $2n$  نارا  
 از بکرزایی زنبور عسل ملکه ← با میتوز تخمک ها ← بدون لقاح ← زنبور نر هاپلوئید ایجاد می شود.  
 مثال: اگر ژنوتیپ ملکه به صورت  $AaBB$  و زنبور نر به صورت  $ab$  باشد، ژنوتیپ زنبورهای نسل بعد کدام است؟



**بکرزایی مار ماده**

برخی از آن ها پس از تولید تخمک ← از تخمک خود با میتوز ← دو نسخه می سازند ← کروموزوم های تخمک را با هم ترکیب کرده ← زیگوت  $2n$  خالص در همه صفات می سازند.  
 در این حالت مارهای حاصله مانند مار ماده، دیپلوئیدی باشند.  
 مارهای حاصله در همه صفات خود خالص می باشند.  
 مثال: اگر مار ماده بکرزایی کننده، ژنوتیپ  $AaBb$  داشته باشد، چند نوع مار در فرزندان حاصل از بکرزایی آن دیده می شود؟





✓ کدامیک از ژن نموده‌های مربوط به رنگ ذرت، در میانه نمودار توزیع فراوانی آن قرار می‌گیرند؟

(۱)  $aaBbcc, AABBCc$

(۲)  $aaBbcc, AABbCc$

(۳)  $AABbcc, AaBbCc$

(۴)  $aabbCc, aaBBCc$

✓ ژن نمود کدامیک از کاملاً مشخص است؟

(۱) گل میمونی صورتی با اندازه برگ بزرگ

(۲) نوزاد مبتلا به فنیل کتونوری با انعقاد خون طبیعی

(۳) مرد فاقد فاکتور انعقادی هشت و فاقد کربوهیدرات‌های A و B و پروتئین D

(۴) زن دارای کربوهیدرات A و پروتئین D در غشای گویچه قرمز

✓ هر فرد با تنها ۲ نوع ژن بارز مربوط به گروه‌های خونی .....

(۱) می‌تواند صاحب فرزند فاقد دگره بارز برای این صفات شود.

(۲) دارای پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز خود است.

(۳) حداقل در ژن نمود یکی از والدینش، دگره D دارد.

(۴) حداقل دارای یک دگره A یا B بر روی یکی از جایگاه‌های ژنی کروموزوم شماره ۹ خود است.

✓ در کدام گزینه تعداد انواع ژن نموده‌های بیشتری را می‌توان برای فرد مورد سؤال، در نظر گرفت؟

(۱) فرد دارای دگره هموفیلی و  $A^+$

(۲) زن سالم از نظر هموفیلی و  $B^+$

(۳) زن ناقل هموفیلی و  $AB^-$

(۴) مرد دارای هموفیلی و  $O^+$

✓ در خانواده‌ای والدینی با فنوتیپ غالب برای گروه خونی (ABO) زاده‌ای مبتلا به فنیل کتونوری با گروه خونی O و زاده‌ای سالم با گروه خونی AB دارند.

گزینه صحیح در ارتباط با این خانواده کدام است؟

- (۱) هر زاده سالم ۴ نوع ال برای صفات مورد سؤال دارد.
- (۲) هر زاده بیمار ۳ نوع ال برای صفات مورد سؤال دارد.
- (۳) هر زاده با ۳ نوع ال برای صفات مورد سؤال سالم است یا گروه خونی O دارد.
- (۴) هر زاده سالم با گروه خونی غالب، ۴ ال برای صفات مورد سؤال دارد.

✓ چند مورد جمله زیر را به شکل نادرستی تکمیل می‌کند؟

«در زاده‌های حاصل از هر آمیزش لزوماً ..... است.»

- الف) تعداد انواع رخ‌نمودها کمتر از تعداد انواع ژن‌نمودها
- ب) تعداد انواع رخ‌نمودهای هم‌توان بیشتر از تعداد انواع ژن‌نمودهای خالص
- ج) تعداد انواع رخ‌نمودها برابر یا بیشتر از تعداد انواع دگره‌ها
- د) تعداد انواع ژن‌نمودها برابر یا بیشتر از تعداد انواع دگره‌ها

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱- اگر احتمال تولد دختری مبتلا به فنیل کتونوری در خانواده‌ای سالم، وجود داشته باشد، به طور قطع ..... (سراسری - ۸۰)

(۱) والدین آن قطعاً ناقل بیماری بوده‌اند.

(۲) یکی از والدین آن‌ها ناقل و دیگری سالم خالص بوده است.

(۳) هر دو والد این فرد، ژن نمود خالص داشته است.

(۴) ژن بیماری روی فام تن X قرار دارد.

۲- مردی که مادرش موی موج‌دار و پدرش موی صاف دارد با خانمی که پدرش موی فرفری ولی مادرش موی صاف دارد ازدواج می‌کند. در این صورت اگر فرزندی با موی ..... به دنیا بیاید، قطعاً ..... (سراسری - ۸۱)

(۱) موج‌دار - پدر وی نیز موجی مودار داشته است.

(۲) فرفری - والدین حالت موی یکسانی داشته‌اند.

(۳) صاف - ژن نمود والدین وی یکسان بوده است.

(۴) ناخالص - مادر وی حالت مویی مشابه پدر خود داشته است.

۳- به طور معمول، در نحوه وراثت کدام صفت، ممکن است والدین، هر دو بیمار باشند، ولی دخترانی سالم داشته باشند؟ (سراسری - ۸۵)

(۱) مستقل از جنس بارز (۲) مستقل از جنس نهفته

(۳) وابسته به X بارز (۴) وابسته به X نهفته

۴- اگر صفتی مستقل از جنس در انسان، سه دگره‌ای باشد، زمانی تعداد رخ‌نمودها و ژن‌نمودها می‌توانند برابر باشند، که ..... (سراسری - ۸۶)

(۱) دو دگره هم‌توان و دیگری نسبت به آن‌ها نهفته باشد.

(۲) یک دگره بر دوتای دیگر بارز باشد.

(۳) یکی از ال‌ها بر بقیه بارز و یکی بر بقیه نهفته باشد.

(۴) هر سه دگره هم‌توان باشند.

۵- به طور معمول فردی که ناقل هموفیلی است و گروه خونی  $A^+$  دارد، در هر بار میوز می تواند ..... بسازد. (سراسری - ۹۱)

- (۱) یک نوع گامت  
(۲) حداکثر چهار گامت  
(۳) حداقل دو نوع گامت  
(۴) هشت نوع گامت

۶- در انسان صفتی دو دگره‌ای و وابسته به جنس (X) با رابطه‌ای بارز و نهفتگی مفروض است. هنگامی پسران، رخ نمود نهفته را نشان می‌دهند که ..... آن‌ها قطعاً ..... باشد. (سراسری - ۹۱ با تغییر)

- (۱) مادر - دارای دگره نهفته  
(۲) پدر - فاقد دگره نهفته  
(۳) پدر - دارای دگره نهفته  
(۴) مادر - خالص نهفته

۷- یک بیماری وابسته به جنس نهفته هیچ‌گاه از ..... منتقل نمی‌شود. (سراسری خارج از کشور - ۹۱)

- (۱) مادر سالم و پدر بیمار به فرزند دختر  
(۲) مادر بیمار و پدر سالم به فرزند پسر  
(۳) پدر سالم و مادر بیمار به فرزند دختر  
(۴) پدر بیماری و مادر سالم به فرزند پسر

۸- از ازدواج مردی کوررنگ با گروه خونی B و زنی سالم با گروه خونی A، پسری کوررنگ و فاقد زائده‌های گروه‌های خونی متولد گردید. در این خانواده، احتمال تولد ..... (کوررنگی صفتی وابسته به X و نهفته است). (سراسری خارج از کشور - ۹۶)

- (۱) فرزندی بیمار با دو صفت خالص وجود دارد.  
(۲) فرزند سالم ناقل با گروه خونی B وجود ندارد.  
(۳) دختری با فنوتیپ هر دو صفت فوق مثل پدر وجود ندارد.  
(۴) پسری سالم با گروه خونی A خالص وجود دارد.



۹- با توجه به اینکه صفت رنگ در نوعی ذرت، صفتی با سه جایگاه ژنی است و هر جایگاه دو دگره دارد و دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته، رنگ سفید را به وجود می‌آورند و رخ‌نمودهای دو آستانه طیف که قرمز و سفید هستند به ترتیب ژن‌نمودهای AABbCC و aabbcc را دارند. بنابراین ذرت‌هایی که از آمیزش دو ذرت با ژن‌نمودهای AAbbcc و aaBBCC به وجود می‌آیند. از نظر رنگ به کدام ذرت شباهت بیشتری دارند؟ (سراسری - ۹۸)

(۱) aaBbCC      (۲) AABbCc      (۳) AaBBCC      (۴) AABbCC

۱۰- با قرار گرفتن دانه گرده گل میمونی سفید (WW) بر روی کلاه گل میمونی صورتی (RW)، در یک دانه، کدام رخ‌نمود برای رویان و کدام ژن‌نمود برای درون دانه (آندوسپرم) مورد انتظار است؟ (سراسری - ۹۸)

(۱) صورتی - WWR      (۲) صورتی - RRR

(۳) سفید - WRR      (۴) سفید - WWW

۱۱- در یک خانواده، مادر گروه خونی AB دارد و علاوه بر داشتن پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز خود، می‌تواند عامل انعقادی شماره ۸ را بسازد و پدر گروه خونی B و پروتئین D دارد و فاقد عامل انعقادی شماره ۸ است. اگر دختر این خانواده، فاقد عامل انعقادی شماره ۸ و فاقد پروتئین D باشد و بتواند فقط کربوهیدرات A گروه خونی را بسازد، در این صورت، تولد کدام فرزند غیرممکن است؟ (سراسری - ۹۸)

(۱) پسری دارای یک نوع کربوهیدرات گروه خونی و دارای پروتئین D و سالم از نظر فرایند لخته شدن خون

(۲) پسری با اختلال در فرایند لخته شدن خون و دارای یک نوع کربوهیدرات گروه خونی و فاقد پروتئین D

(۳) دختری دارای هر دو نوع کربوهیدرات‌های گروه خونی و دارای پروتئین D و سالم از نظر فرایند لخته شدن خون

(۴) دختری با اختلال در فرایند لخته شدن خون و فاقد هر دو نوع کربوهیدرات‌های گروه خونی و دارای پروتئین D

۱۲- در یک خانواده پدر و مادری به ترتیب گروه خونی A و B را دارند و هر دو علاوه بر داشتن پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز خود، می‌توانند عامل انعقادی شماره ۸ را بسازند. اگر پسر این خانواده، فاقد عامل انعقادی شماره ۸ باشد و نتواند کربوهیدرات‌های گروه خونی و نیز پروتئین D را بسازد. در این صورت، تولد کدام فرزند در این خانواده غیرممکن است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۸)

(۱) دختری دارای عامل انعقادی شماره ۸ و دارای پروتئین D و فاقد هر دو نوع کربوهیدرات‌های گروه خونی

(۲) پسری دارای عامل انعقادی شماره ۸ و با توانایی تولید یک نوع کربوهیدرات گروه خونی و فاقد پروتئین D

(۳) پسری با اختلال در فرایند لخته شدن خون و دارای فقط یک نوع کربوهیدرات گروه خونی و فاقد پروتئین D

(۴) دختری با اختلال در فرایند لخته شدن خون و دارای هر دو نوع کربوهیدرات‌های گروه خونی و دارای پروتئین D

۱۳- با توجه به اینکه صفت رنگ و نوعی ذرات دارای سه جایگاه ژنی است و هر کدام دو دگره دارند و دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته، رنگ سفید را به وجود می‌آورند و رخ‌نمودهای دو آستانه طیف یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژن‌نمود AABbCC و aabbcc را دارند، بنابراین ذرت‌هایی که از آمیزش دو ذرت با ژن-نمودهای AABbCC و aabbcc به وجود می‌آیند. از نظر رنگ به کدام ذرت شباهت بیشتری دارند؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۸)

(۱) AABbCC

(۲) AaBBcc

(۳) AaBBCC

(۴) AABbCC

۱۴- در خانواده‌ای که والدین هر دو سالم‌اند. دختری فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل-آلانین با گروه خونی B و پسر بی‌فاقد عامل انعقادی شماره ۸ با گروه خونی A متولد گردید. یا فرض یکسان بودن گروه خونی والدین، تولد کدام فرزند در این خانواده ممکن است؟ (سراسری - ۹۹)

- ۱) پسر بی‌گروه خونی O و فاقد عامل انعقادی شماره ۸ و دارای آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین
- ۲) پسر بی‌گروه خونی AB، دارای عامل انعقادی شماره ۸ و فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین
- ۳) دختری بی‌گروه خونی O، فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین و دارای عامل انعقادی شماره ۸
- ۴) دختری بی‌گروه خونی AB و فاقد عامل انعقادی شماره ۸ و دارای آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین

۱۵- کدام عبارت در ارتباط با انسان صحیح است؟ (سراسری - ۹۹)

- ۱) در همه افراد، بروز یک ویژگی خاص همواره ناشی از حضور دو دگره (الل) است.
- ۲) اثر دو دگره (الل) مربوط به دوفام‌تن (کروموزوم) غیرجنسی، می‌تواند همراه با هم ظاهر شود.
- ۳) دو نوع کربوهیدرات، با حضور دو نوع دگره (الل) موجود در غشای گویچه‌های قرمز تولید می‌شوند.
- ۴) وجود پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز به طور حتم وابسته به حضور دو دگره (الل) یکسان است.

۱۶- با توجه به صفت چندجایگاهی مربوط به رنگ نوعی ذرت، کدام مورد از نظر رخ-نمود (فنوتیپ) به ذرتی با ژن‌نمود (ژنوتیپ)  $aaBBCC$  شباهت کمتری دارد؟

(سراسری - ۹۹)

۱)  $AAbbCc$

۲)  $AABBCC$

۳)  $aaBbCc$

۴)  $Aabbcc$

۱۷- در همه بیماری‌های مطرح شده در بخش ژنتیک (فصل سوم) کتاب درسی، با فرض اینکه پدر بیمار و مادر سالم باشد، وجود کدام مورد غیرممکن خواهد بود؟  
(سراسری - ۹۹)

- ۱) فرزندی با ژن‌نمود (ژنوتیپ) پدر
- ۲) دختری بیمار و پسر سالم
- ۳) فرزندی با ژن‌نمود (ژنوتیپ) مادر
- ۴) دختری سالم با ژن‌نمود (ژنوتیپ) خالص

۱۸- کدام عبارت، در ارتباط با انسان نادرست است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۹)

- ۱) دو نوع کربوهیدرات، توسط دو نوع دگره (الل) موجود در غشای گویچه‌های قرمز تولید می‌شوند.
- ۲) اثر هر دو دگره (الل) مربوط به فام‌تن (کروموزوم)‌های غیرجنسی، می‌تواند هم‌زمان ظاهر شود.
- ۳) تشکیل پروتئین D بر غشای گویچه‌های قرمز به حضور دو دگره (الل) نیازمند است.
- ۴) بروز یک ویژگی خاص می‌تواند فقط ناشی از وجود یک دگره (الل) باشد.

۱۹- فقط در نوعی از بیماری‌های مطرح شده در بخش ژنتیک (فصل سوم) کتاب درسی، با فرض اینکه پدر بیمار و مادر سالم باشد، تولد ..... ممکن خواهد بود.  
(سراسری خارج از کشور - ۹۹)

- ۱) فرزندی با ژن‌نمود (ژنوتیپ) ناخالص
- ۲) دختر بیمار و پسر سالم
- ۳) دختری با ژن‌نمود (ژنوتیپ) متفاوت با مادر
- ۴) پسر با ژن‌نمود (ژنوتیپ) یکسان با مادر



۲۰- در خانواده‌ای که والدین هر دو سالم‌اند، دختری فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل-آلانین با گروه خونی B و پسر بی‌فاقد عامل انعقادی شماره ۸ با گروه خونی A متولد گردید. با فرض یکسان بودن گروه خونی والدین، تولد کدام مورد زیر، در این خانواده ممکن است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۹)

- ۱) دختری با گروه خونی AB و فاقد عامل انعقادی شماره ۸ و دارای آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین
  - ۲) پسر بی‌گروه خونی AB، دارای عامل انعقادی شماره ۸ و فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین
  - ۳) دختری با گروه خونی O و فاقد آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین و دارای عامل انعقادی شماره ۸
  - ۴) پسر بی‌گروه خونی O و فاقد عامل انعقادی شماره ۸ و دارای آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین
- ۲۱- با توجه به مطلب کتاب درسی، در یک منطقه مالاریا خیز، پدر خانواده به سبب شکل گویچه‌های قرمز خود، در معرض خطر ابتلا به بیماری مالاریا قرار دارد، در حالی که مادر خانواده نسبت به این بیماری مقاوم است. تولد کدام فرزند در این خانواده غیرممکن است؟ (سراسری - ۱۴۰۰)

- ۱) پسر بی‌گویچه‌های قرمز کاملاً غیرطبیعی و در معرض خطر مرگ و میر در سنین پائین.
- ۲) پسر بی‌گویچه‌های قرمز طبیعی و در معرض خطر ابتلا به بیماری مالاریا
- ۳) دختری حساس نسبت به کمبود اکسیژن محیط
- ۴) دختری مقاوم نسبت به انگل مالاریا

۲۲- با در نظر گرفتن این که ژن نمود (ژنوتیپ) درون دانه (آندوسپرم) گل میمونی WWR است. کدام ژن نمود (ژنوتیپ) به ترتیب برای دانه‌گرده و گل‌گل میمونی، مورد انتظار نیست؟ (سراسری - ۱۴۰۰)

RR,RW (۱)

RW,RR (۲)

WW,RW (۳)

RW,RW (۴)

۲۳- چند مورد را می‌توان درباره مردی با گروخ خونی  $O^+$  و درگیر با مشکل انعقاد خون، با قاطعیت بیان داشت؟ (سراسری - ۱۴۰۰)

الف- بر روی فام‌تن (کروموزوم) شماره ۹، فاقد هرگونه دگره (الل) گروه خونی است.

ب- بر روی نوعی فام‌تن (کروموزوم) جنسی آن، دگره‌ای (اللی) نهفته قرار گرفته است.

ج- بر روی یکی از بلندترین فام‌تن (کروموزوم)های موجود در کاریوتیپ آن، ژن D واقع شده است.

د- گویچه‌های قرمز کربوهیدرات‌دار آن، از یاخته‌هایی با توانایی تولید چندین نوع یاخته ایجاد شده‌اند.

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۲۴- با توجه به بیماری‌های هموفیلی و داسی شدن گلبول‌های قرمز، در صورت ازدواج

هر زن و مرد سالمی با یکدیگر، تولد چند مورد زیر ممکن است؟ (سراسری - ۱۴۰۰)

الف- پسری سالم

ب- پسری بیمار

ج- دختری بیمار و خالص

د- دختری سالم و ناخالص

۱ (۱)

۲ (۲)

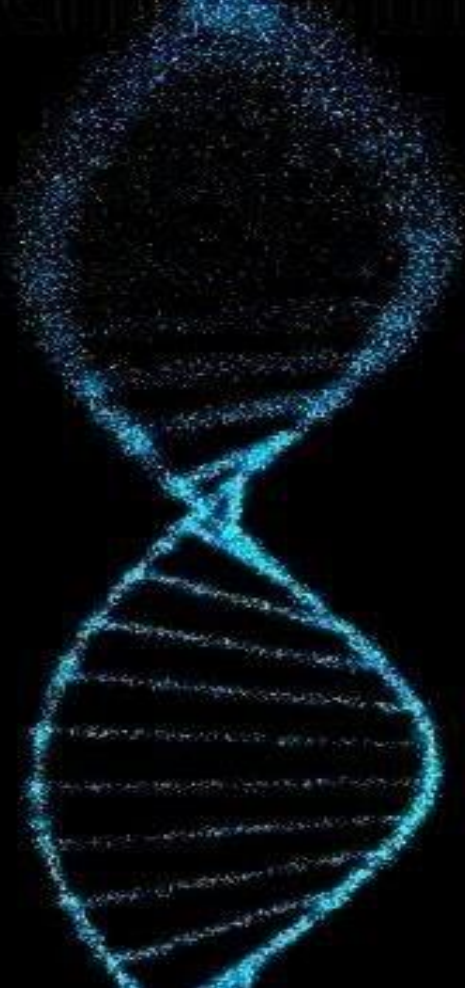
۳ (۳)

۴ (۴)

## پاسخنامه

۲ (۱۳)	۱ (۱)
۲ (۱۴)	۲ (۲)
۲ (۱۵)	۱ (۳)
۴ (۱۶)	۴ (۴)
۴ (۱۷)	۱ (۵)
۱ (۱۸)	۱ (۶)
۴ (۱۹)	۳ (۷)
۲ (۲۰)	۱ (۸)
۱ (۲۱)	۱ (۹)
۱ (۲۲)	۴ (۱۰)
۲ (۲۳)	۴ (۱۱)
۱ (۲۴)	۴ (۱۲)

dreamstime

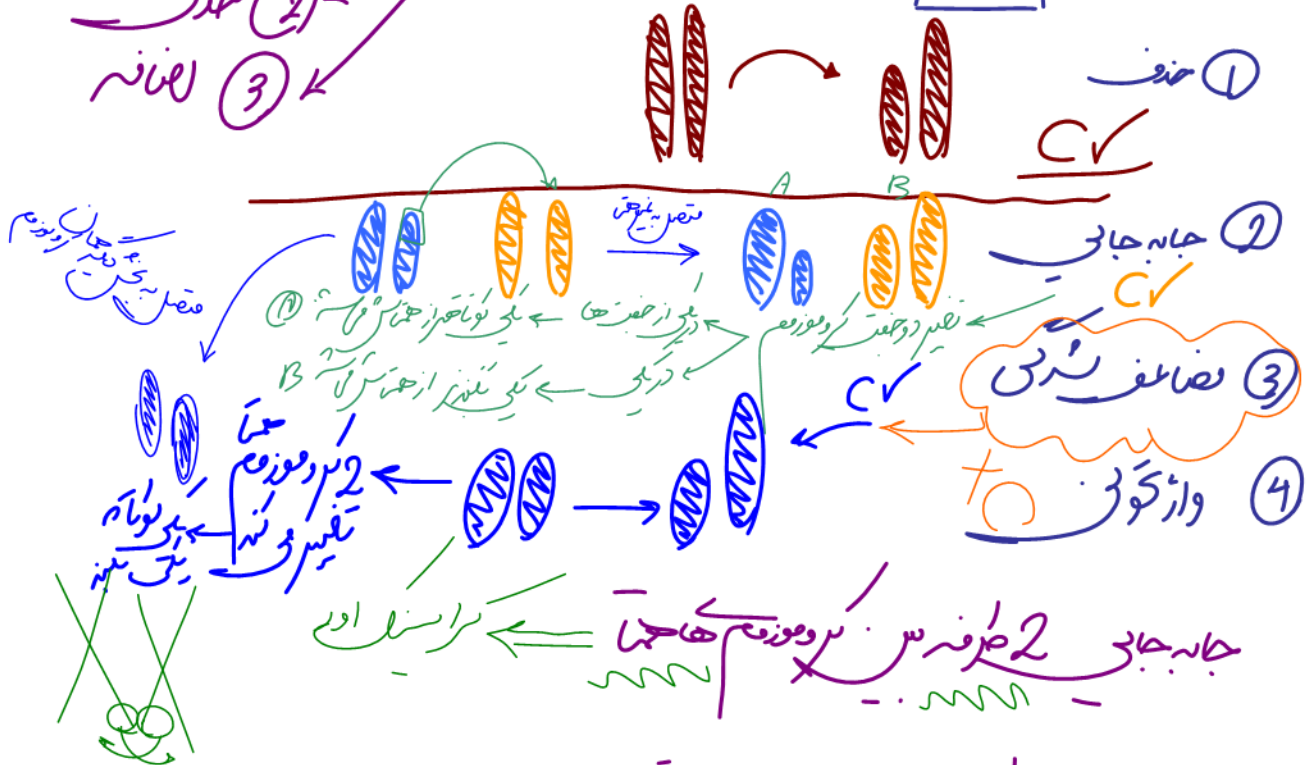


# حشر ← تغییر یا لایه در ماده وراثتی

حشر ← ۱۰٪ تغییر PVA ← ۱۰۰٪ تغییر RNA



حشر بزرگ ← تعداد  $\sqrt{C}$  → سختار → alt → Before



جانبی 2 طرفه من پروتوزوم ها حتما ← حشر و صفای شدن

صفای شدن ← حشر بزرگ ← حشر جانبی

سیاه ها ← حشر بزرگ ← حشر کوچک

حشر جانبی

حشر تعداد کمی → حذف



همزة وصل

جائزہ = یہ نوصوتتید می رہہ !!  
یہ نوصوتتید میاد !!

حذف : ! یا چند نوصوتتید میرہ !!

لا رفاضہ : انا ... میاد !!











بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

## زیست شناسی (۲)

رشته علوم تجربی

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه



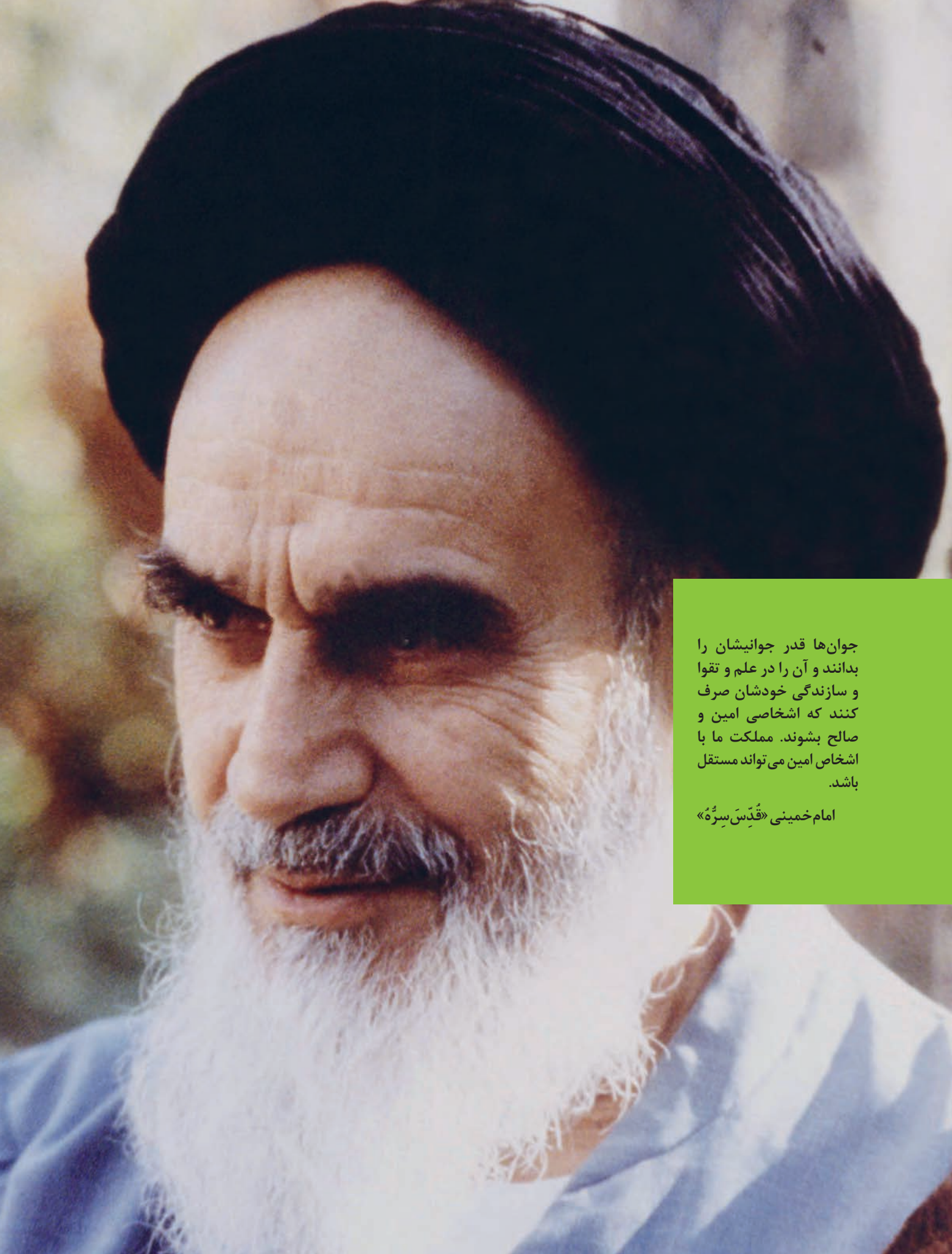


وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

زیست‌شناسی (۲) - پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۱۶  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری  
علی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، علیرضا ساری، الهه علوی، اعظم غلامی و بهمن فخریان  
(اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
علی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، الهه علوی و بهمن فخریان (اعضای گروه تألیف) - بهمن فخریان (ویراستار علمی) - محمد کاظم بهنیا (ویراستار ادبی)  
اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی  
احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - احسان رضوانی (طراح گرافیک، طراح جلد و صفحه‌آرا) - عزیز عذار (عکاس تشریح اندام‌ها) - فاطمه باقری مهر، فاطمه گیتی جبین، زهرا رشیدی مقدم، فاطمه پزشکی، فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد (امور آماده‌سازی)  
تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۹۲۶۶۰۸۸۳، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir) و [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir)  
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)  
تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹  
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ پنجم ۱۴۰۰

نام کتاب:  
پدیده‌آورنده:  
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:  
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:  
مدیریت آماده‌سازی هنری:  
شناسه افزوده آماده‌سازی:  
نشانی سازمان:  
ناشر:  
چاپخانه:  
سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۸۵-۶  
ISBN: 978-964-05-2785-6



جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و تقوا  
و سازندگی خودشان صرف  
کنند که اشخاصی امین و  
صالح بشوند. مملکت ما با  
اشخاص امین می‌تواند مستقل  
باشد.

امام خمینی «قُدَسِ سِرَّة»



۱	<b>فصل ۱ - تنظیم عصبی</b>
۲	گفتار ۱ - یاخته‌های بافت عصبی
۹	گفتار ۲ - ساختار دستگاه عصبی
۱۹	<b>فصل ۲ - حواس</b>
۲۰	گفتار ۱ - گیرنده‌های حسی
۲۳	گفتار ۲ - حواس ویژه
۳۳	گفتار ۳ - گیرنده‌های حسی جانوران
۳۷	<b>فصل ۳ - دستگاه حرکتی</b>
۳۸	گفتار ۱ - استخوان‌ها و اسکلت
۴۵	گفتار ۲ - ماهیچه و حرکت
۵۳	<b>فصل ۴ - تنظیم شیمیایی</b>
۵۴	گفتار ۱ - ارتباط شیمیایی
۵۶	گفتار ۲ - غده‌های درون‌ریز
۶۳	<b>فصل ۵ - ایمنی</b>
۶۴	گفتار ۱ - نخستین خط دفاعی: ورود ممنوع
۶۶	گفتار ۲ - دومین خط دفاعی: واکنش‌های عمومی اما سریع
۷۲	گفتار ۳ - سومین خط دفاعی: دفاع اختصاصی
۷۹	<b>فصل ۶ - تقسیم یاخته</b>
۸۰	گفتار ۱ - فام‌تن (کروموزوم)
۸۴	گفتار ۲ - رشتیمان (میتوز)
۹۲	گفتار ۳ - کاستمان (میوز) و تولیدمثل جنسی
۹۷	<b>فصل ۷ - تولیدمثل</b>
۹۸	گفتار ۱ - دستگاه تولیدمثل در مرد
۱۰۲	گفتار ۲ - دستگاه تولیدمثل در زن
۱۰۸	گفتار ۳ - رشد و نمو جنین
۱۱۵	گفتار ۴ - تولیدمثل در جانوران
۱۱۹	<b>فصل ۸ - تولیدمثل نهان دانگان</b>
۱۲۰	گفتار ۱ - تولیدمثل غیر جنسی
۱۲۴	گفتار ۲ - تولیدمثل جنسی
۱۳۰	گفتار ۳ - از یاخته تخم تا گیاه
۱۳۷	<b>فصل ۹ - پاسخ گیاهان به محرک‌ها</b>
۱۳۸	گفتار ۱ - تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان
۱۴۶	گفتار ۲ - پاسخ به محیط
۱۵۳	<b>فهرست منابع</b>



کتاب زیست‌شناسی ۲ دومین کتاب زیست‌شناسی دوره دوم متوسطه است که برای پایه یازدهم رشته علوم تجربی تألیف و چاپ شده است. این کتاب ادامه اجرای برنامه ۱۲ ساله حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی در موضوع زیست‌شناسی است که از دوره ابتدایی آغاز و در سه سال اول متوسطه در قالب کتاب‌های علوم تجربی ادامه یافته و با کتاب زیست ۱ پایه دهم به دوره دوم متوسطه رسید.

برنامه درسی زیست‌شناسی براساس برنامه درسی حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی و در چارچوب برنامه درسی ملی تدوین شده است. اهداف این برنامه مطابق با برنامه درسی ملی در سه عرصه ارتباطی انسان یعنی ارتباط با خود، خلق و خلقت که بر ارتباط انسان با خداوند متعال مبتنی است، تعریف شده و در جهت تقویت پنج عنصر (تفکر و تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق) پیش می‌رود. بر این اساس مهم‌ترین شایستگی‌های مدنظر حوزه علوم تجربی که درس زیست‌شناسی تلاش می‌کند در دانش‌آموز تحقق یابد در زیر فهرست شده‌اند. انتظار می‌رود دانش‌آموز بتواند:

نظام مندی طبیعت را به عنوان بخشی از خلقت، براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده‌های طبیعی به عنوان آیات الهی کشف و گزارش کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه دهد و به کار گیرد.

با ارزیابی رفتارهای متفاوت در ارتباط با خود و دیگران در موقعیت‌های گوناگون زندگی، رفتارهای سالم را انتخاب کند، گزارش کند و به کار گیرد.

با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به کارگیری این علم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده)، تحلیل و محدودیت‌ها و توانمندی‌های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش کند. با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، بتواند ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی را برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت فعالی داشته باشد.

کتاب زیست‌شناسی ۲ در ادامه کتاب زیست‌شناسی ۱ به معرفی سازوکارهای مهم در انسان و سایر جانداران برای تنظیم فعالیت‌های زیستی و نیز حفظ و پایداری نسل می‌پردازد. دانش‌آموزان با مطالعه این کتاب با فرایندها و ساختارهایی آشنا می‌شوند که با وجود تنوع در دنیای زنده از اصول ثابتی پیروی می‌کنند. محتوای این کتاب در تم و زمینه «تنظیم و پایداری» در نه فصل، ارائه شده است.

محتوای این نه فصل شامل تنظیم عصبی و شیمیایی، حس و حرکت، ایمنی، تقسیم یاخته ای، تولیدمثل در انسان، جانوران و گیاهان نهاندانه و پاسخ گیاهان به محرک هاست که در قالب متن، تصویر و فعالیت های گوناگون سازماندهی شده است.

مفاهیم اساسی در این کتاب با توجه به بازخوردهای حاصل از آموزش های قبلی، اصلاح و متناسب با یافته های جدید در علم زیست شناسی، به روز شده است.

انتخاب و سازماندهی محتوا در این کتاب با محور قرار دادن انسان انجام شده است. نقطه شروع ارائه محتوا در این کتاب مانند کتاب زیست شناسی ۱ آموخته های دانش آموزان در دوره اول متوسطه بوده است. در ارائه محتوا، اولویت با آنهایی است که دانش آموز در زندگی با آن مواجه می شود. همچنین بر اساس تجربیات به دست آمده از آموزش مفاهیم زیست شناسی، سعی شده تا حد امکان از محتواهای صرفاً دانشی پرهیز شود.

آموزش این کتاب مستلزم به کار گیری ظرفیت دانش آموزان در کلاس درس و مشارکت هر چه بیشتر آنها در امر یادگیری است. معلم در این جایگاه نقش تسهیل گر آموزش و نه انتقال دهنده دانش را ایفا می کند.

در تألیف این کتاب چند نکته مدنظر مؤلفان و شورای تألیف بوده است:

- حجم کتاب با ساعت اختصاص یافته به آن (۴ ساعت در هفته) متناسب باشد.
- مباحث مطرح شده در دوره اول متوسطه در این کتاب کامل تر شده و به صورت تخصصی تر به آن پرداخته شده است، البته سعی شده از تکرار مطالب دوره اول خودداری شود.
- در بعضی از قسمت های کتاب تصاویری از دوره اول متوسطه آمده است. هدف از این کار یادآوری آموخته های قبلی است.
- در بیشتر قسمت های کتاب بحث با طرح سؤالاتی شروع می شود هدف از این روش درگیر کردن دانش آموز با مبحث، بارش فکری و تا حدی مفهوم سازی توسط خود دانش آموز است.
- سعی شده مباحث گیاهی و جانوری جداگانه مطرح شوند تا دانش آموزان انگیزه بیشتری برای یادگیری داشته باشند.

### گروه زیست شناسی

■ دفتر تألیف کتاب های درسی عمومی و متوسطه نظری

■ مطالب «بیشتر بدانید» و «واژه شناسی» در این کتاب، صرفاً جنبه آگاهی بخشی

دارد و نباید در ارزشیابی، آزمون ها و کنکور مورد پرسش قرار گیرد.

■ طرح پرسش ها و مسئله های عددی و محاسباتی از مطالب این کتاب در

ارزشیابی آزمون ها و کنکور ممنوع است.





## فصل ۱

# تنظیم عصبی

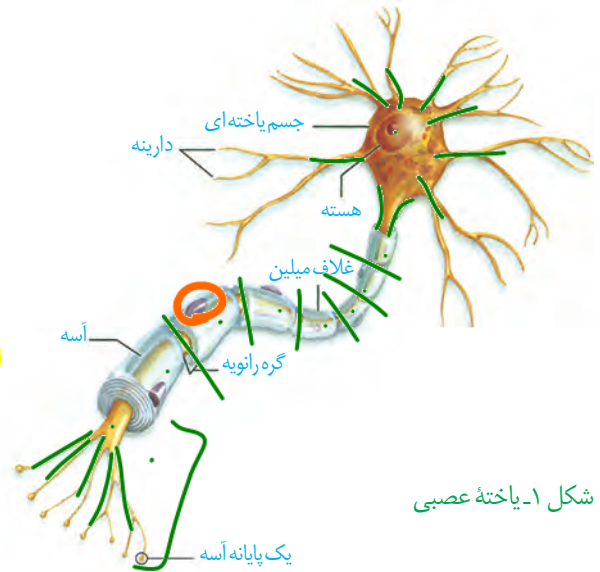
متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شده یاخته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است. چگونه در یاخته‌های عصبی، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود؟ جریان الکتریکی در فعالیت این یاخته‌ها چه نقشی دارد؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها باید با ساختار یاخته‌های عصبی و دستگاه عصبی بیشتر آشنا شویم.



می‌دانید بافت عصبی از **یاخته‌های عصبی** و **یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها)** تشکیل شده است. شکل ۱، یک **یاخته عصبی** را نشان می‌دهد. این **یاخته عصبی** از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟

**یاخته‌های عصبی** سه عملکرد دارند: این **یاخته‌ها تحریک پذیرند** و **پیام عصبی** تولید می‌کنند؛ آنها این **پیام را هدایت** و به **یاخته‌های دیگر منتقل** می‌کنند.

**دارینه (دندریت)** رشته‌ای است که پیام‌ها را دریافت و به جسم **یاخته عصبی** وارد می‌کند. **آسه (آکسون)** رشته‌ای است که پیام عصبی را از جسم **یاخته عصبی** تا انتهای خود که **پایانه آسه** نام دارد، هدایت می‌کند. پیام عصبی از محل **پایانه آسه** یک **یاخته عصبی** به **یاخته** دیگر منتقل می‌شود. **جسم یاخته‌ای محل قرار گرفتن هسته** و انجام **سوخت و ساز یاخته‌های عصبی** است و می‌تواند پیام نیز دریافت کند. **یاخته عصبی** که در شکل ۱ می‌بینید، پوششی به نام **غلاف میلین** دارد. **غلاف میلین**، رشته‌های آسه و دارینه بسیاری از **یاخته‌های عصبی** را می‌پوشاند و آنها را عایق بندی می‌کند. **غلاف میلین پیوسته نیست** و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود. این بخش‌ها را **گره رانویه** می‌نامند که با نقش آنها در ادامه درس، آشنا خواهید شد.

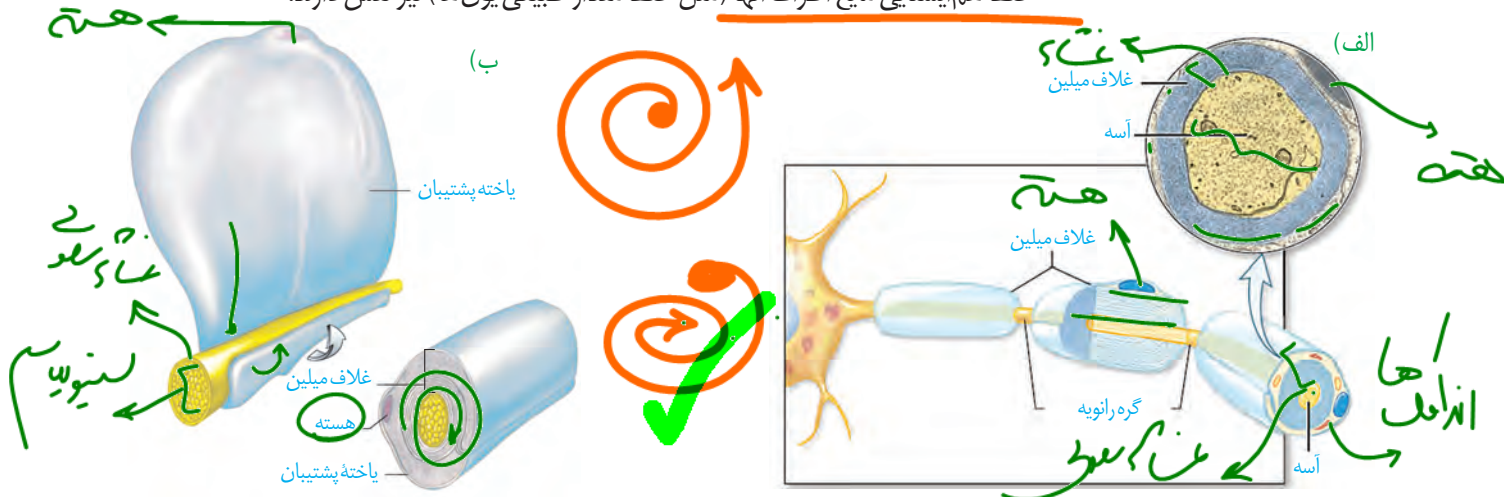


شکل ۱- یاخته عصبی

**غلاف میلین** را **یاخته‌های پشتیبان بافت عصبی** می‌سازند. شکل ۲ را ببینید، **یاخته پشتیبان** به دور رشته عصبی می‌پیچد و **غلاف میلین** را به وجود می‌آورد.

تعداد **یاخته‌های پشتیبان** چند برابر **یاخته‌های عصبی** است و انواع گوناگونی دارند. این **یاخته‌ها** **داربست‌هایی** را برای **استقرار یاخته‌های عصبی** ایجاد می‌کنند؛ آنها در دفاع از **یاخته‌های عصبی** و **حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف آنها** (مثل حفظ مقدار طبیعی یون‌ها) نیز نقش دارند.

شکل ۲- الف) غلاف میلین  
ب) چگونگی ساخت آن





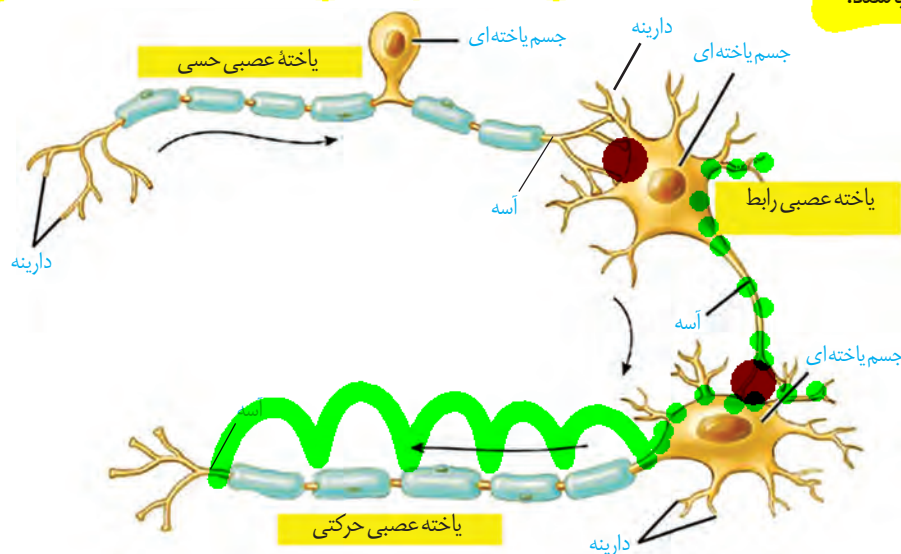
## انواع یاخته‌های عصبی

### واژه‌شناسی

آسه (axon / آکسون) هر دو کلمه به معنی محور است. آسه از کلمه آس گرفته شده است که به محور سنگ آسیا گفته می‌شود.

دارینه (dendrite / دندریت) هر دو کلمه به معنی درخت و درخت‌وار است. دارینه از کلمه دار به معنی درخت و (ینه) که پسوند شباهت است ساخته شده که در کل، آنچه شبیه درخت است معنی می‌دهد.

شکل ۳، انواع یاخته‌های عصبی را نشان می‌دهد. **یاخته‌های عصبی حسی** پیام‌ها را به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می‌آورند. **یاخته‌های عصبی حرکتی** پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام‌ها (مانند ماهیچه‌ها) می‌برند. نوع سوم یاخته‌های عصبی شکل ۳، **یاخته‌های عصبی رابط** اند که در مغز و نخاع قرار دارند. این یاخته‌ها ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کنند. هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلیون‌ها یا بدون میلیون باشند.



شکل ۳- انواع یاخته‌های عصبی

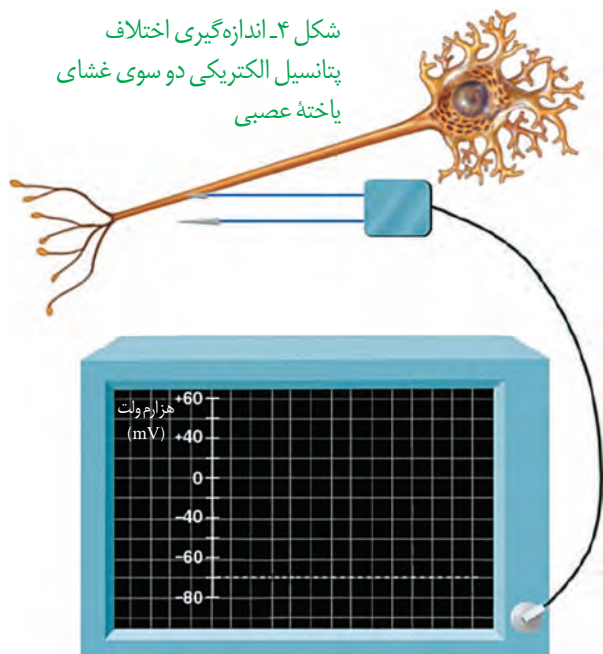
## فعالیت ۱

ساختار و کار سه نوع یاخته عصبی را که در شکل ۳ می‌بینید، مقایسه کنید.

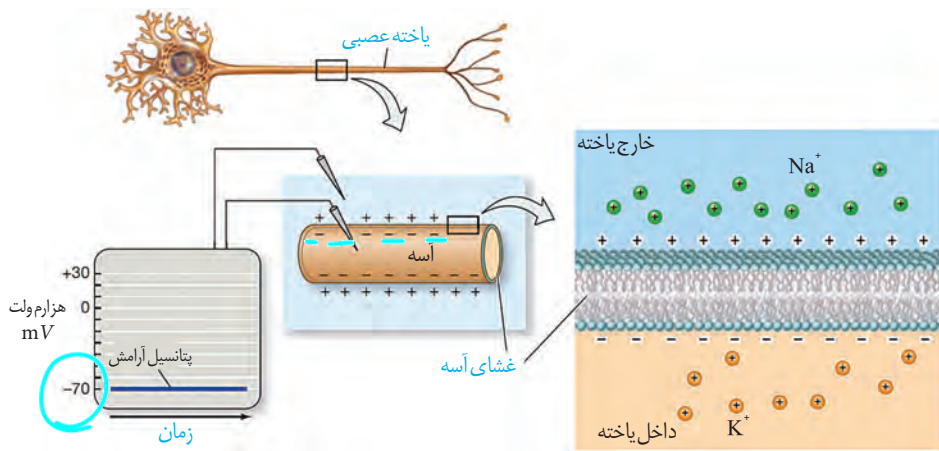
### پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

پیام عصبی در اثر تغییر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاخته عصبی به وجود می‌آید. از آنجا که مقدار یون‌ها در دو سوی غشا، یکسان نیستند، بار الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی، متفاوت است و در نتیجه بین دو سوی آن، اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد. شکل ۴، اندازه‌گیری این اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد.

شکل ۴- اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی



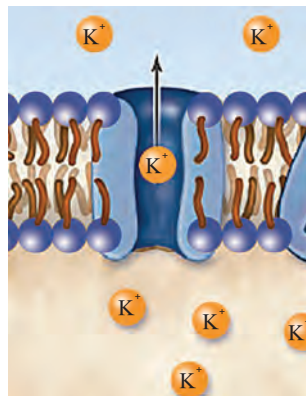
**پتانسیل آرامش:** وقتی یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد (حالت آرامش)، در دو سوی غشای آن اختلاف پتانسیلی در حدود ۷۰- میلی‌ولت برقرار است (شکل ۵). این اختلاف پتانسیل را **پتانسیل آرامش** می‌نامند. چگونه این اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود؟ برای پاسخ به این پرسش، درباره یاخته‌های عصبی باید بیشتر بدانیم.



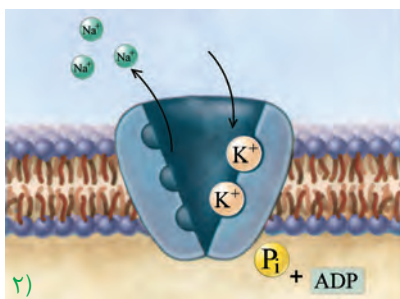
شکل ۵- پتانسیل آرامش. در شکل، یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون یاخته نشان داده نشده‌اند.

در حالت آرامش، مقدار یون‌های سدیم در بیرون یاخته عصبی زنده از داخل آن بیشتر است و در مقابل، مقدار یون‌های پتاسیم درون یاخته، از بیرون آن بیشتر است. در غشای یاخته‌های عصبی، مولکول‌های پروتئینی وجود دارند که به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می‌کنند. یکی از این پروتئین‌ها، **کانال‌های نشتی** هستند که یون‌ها می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده از آنها عبور کنند (شکل ۶- الف). از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم، خارج و یون‌های سدیم به درون یاخته عصبی وارد می‌شوند. تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است؛ زیرا غشا به این یون، نفوذپذیری بیشتری دارد.

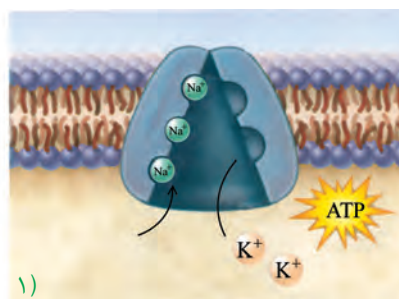
**پمپ سدیم - پتاسیم**، پروتئین دیگری است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. در هر بار فعالیت این پمپ، سه یون سدیم از یاخته عصبی خارج و دو یون پتاسیم وارد آن می‌شوند. این پمپ از انرژی مولکول ATP استفاده می‌کند (شکل ۶- ب).



(الف)



۲)



۱)

(ب)

شکل ۶- الف) کانال نشتی که عبور یون‌های پتاسیم از آن نشان داده شده است. ب) چگونگی کار پمپ سدیم-پتاسیم

در گروه خود درباره پرسش‌های زیر گفت و گو و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

۱- کار پمپ سدیم-پتاسیم و کانال‌های نشستی را با هم مقایسه کنید.

۲- چرا در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته‌های عصبی از بیرون آنها کمتر است؟

### بیشتر بدانید

در دهه ۱۹۵۰ دو دانشمند به نام‌های هاجکین<sup>۱</sup> و هاگسلی<sup>۲</sup> برای بررسی تغییرات الکتریکی غشای یاخته‌های عصبی از آسه<sup>۳</sup> قطور نرم‌تن مرکب استفاده کردند. آنان پتانسیل الکتریکی غشای آسه را اندازه‌گیری و ترکیب شیمیایی درون آسه و اثر یون‌های سدیم و پتاسیم بر فعالیت‌های الکتریکی آن را نیز بررسی کردند. حاصل کار آنها یافته‌های جدیدی درباره عملکرد غشای تحریک‌پذیر یاخته عصبی به دنیای علم عرضه و جایزه نوبل رشته فیزیولوژی - پزشکی سال ۱۹۶۳ را نصیب این دانشمندان کرد.

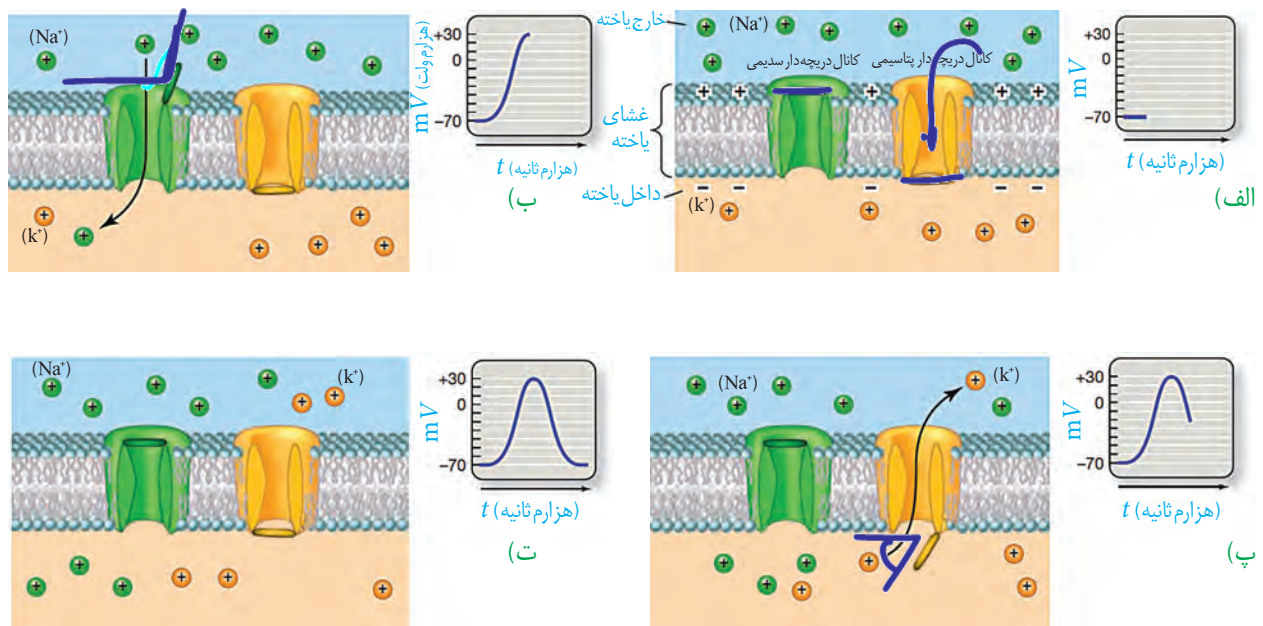
۱- Alan Lloyd Hodgkin

۲- Andrew Fielding Huxley

**پتانسیل عمل:** دانستید که در حالت آرامش، بار مثبت درون یاخته عصبی از بیرون آن کمتر است. وقتی یاخته عصبی تحریک می‌شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن به طور ناگهانی تغییر می‌کند؛ داخل یاخته از بیرون آن، مثبت‌تر می‌شود و پس از زمان کوتاهی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، دوباره به حالت آرامش برمی‌گردد. این تغییر را **پتانسیل عمل** می‌نامند. هنگام پتانسیل عمل، در یاخته عصبی چه اتفاقی می‌افتد؟

در غشای یاخته‌های عصبی، پروتئین‌هایی به نام **کانال‌های دریچه‌دار** وجود دارند که با تحریک یاخته عصبی باز می‌شوند و یون‌ها از آنها عبور می‌کنند. وقتی غشای یاخته تحریک می‌شود، ابتدا **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی** باز می‌شوند و یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته و بار الکتریکی درون آن، مثبت‌تر می‌شود. پس از زمان کوتاهی این کانال‌ها بسته می‌شوند و **کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی** باز و یون‌های پتاسیم خارج می‌شوند. این کانال‌ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می‌شوند (شکل ۷). به این ترتیب، دوباره پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش (-۷۰) بر می‌گردد.

فعالیت بیشتر پمپ سدیم-پتاسیم موجب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش باز گردد.



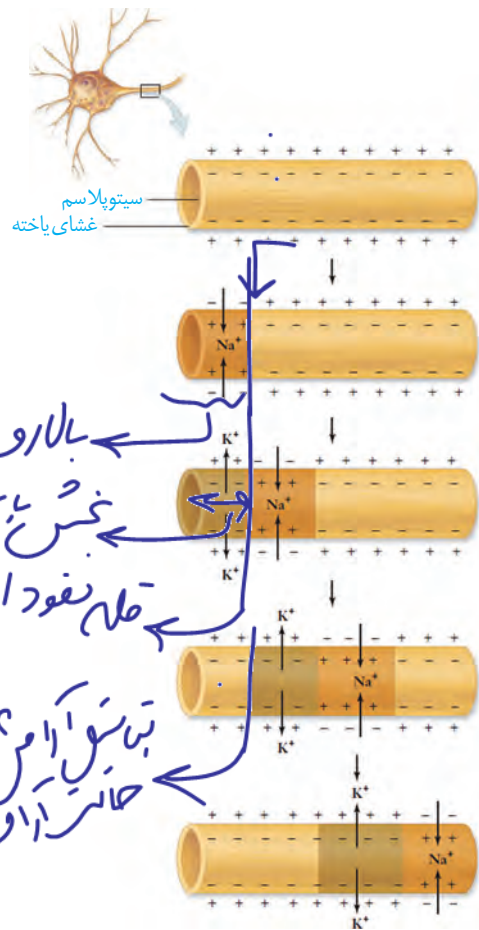
شکل ۷- چگونگی ایجاد پتانسیل عمل؛ در شکل یون‌های پتاسیم بیرون و یون‌های سدیم درون یاخته، نشان داده نشده‌اند.



وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد. این جریان را پیام عصبی می‌نامند (شکل ۸). رشته عصبی آسه یا دارینه بلند است.

### گره‌های رانویه چه نقشی دارند؟

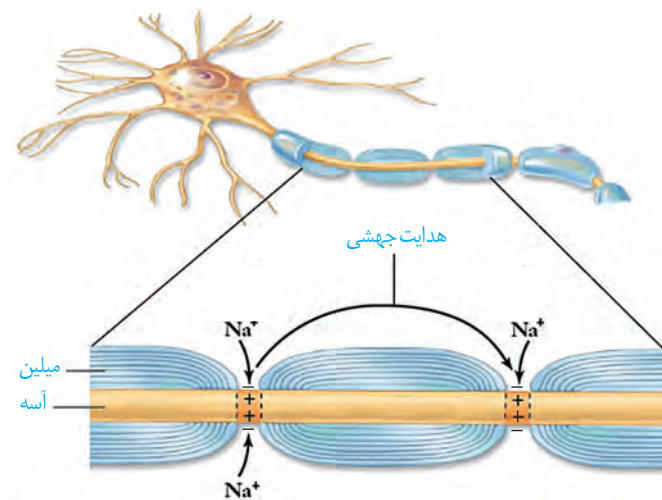
هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین دار از رشته‌های بدون میلین هم قطر سریع‌تر است؛ درحالی که میلین عایق است و از عبور یون‌ها از غشا جلوگیری می‌کند. دانستید در یاخته‌های عصبی میلین دار، گره‌های رانویه وجود دارد. در محل این گره‌ها، میلین وجود ندارد و رشته عصبی با محیط بیرون از یاخته ارتباط دارد. بنابراین در این گره‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و پیام عصبی درون رشته عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می‌شود. در این حالت به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می‌جهد. به همین علت، این هدایت را هدایت جهشی می‌نامند (شکل ۹). در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت ارسال پیام اهمیت زیادی دارد. بنابراین، نورون‌های حرکتی آنها میلین دار است. کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می‌شود؛ مثلاً در بیماری ام.اس (مالتیپل اسکلروزیس) یاخته‌های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند. در نتیجه ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود. بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود.



شکل ۸- هدایت پیام عصبی

### بیشتر بدانید

سرعت هدایت پیام در رشته‌های عصبی از  $0.2 \text{ m/s}$  در رشته‌های نازک بدون میلین تا  $120 \text{ m/s}$  در رشته‌های میلین دار قطور متفاوت است.



شکل ۹- هدایت جهشی در نورون میلین دار

پژوهشگران بر این باورند که در گره‌های رانویه، تعداد زیادی کانال دریچه‌دار وجود دارد، ولی در فاصله بین گره‌ها، این کانال‌ها وجود ندارند. این موضوع با هدایت جهشی چه ارتباطی دارد؟

### یاخته‌های عصبی، پیام عصبی را منتقل می‌کنند

### بیشتر بدانید

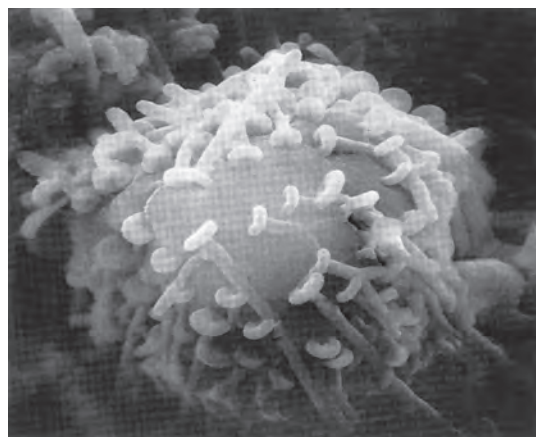
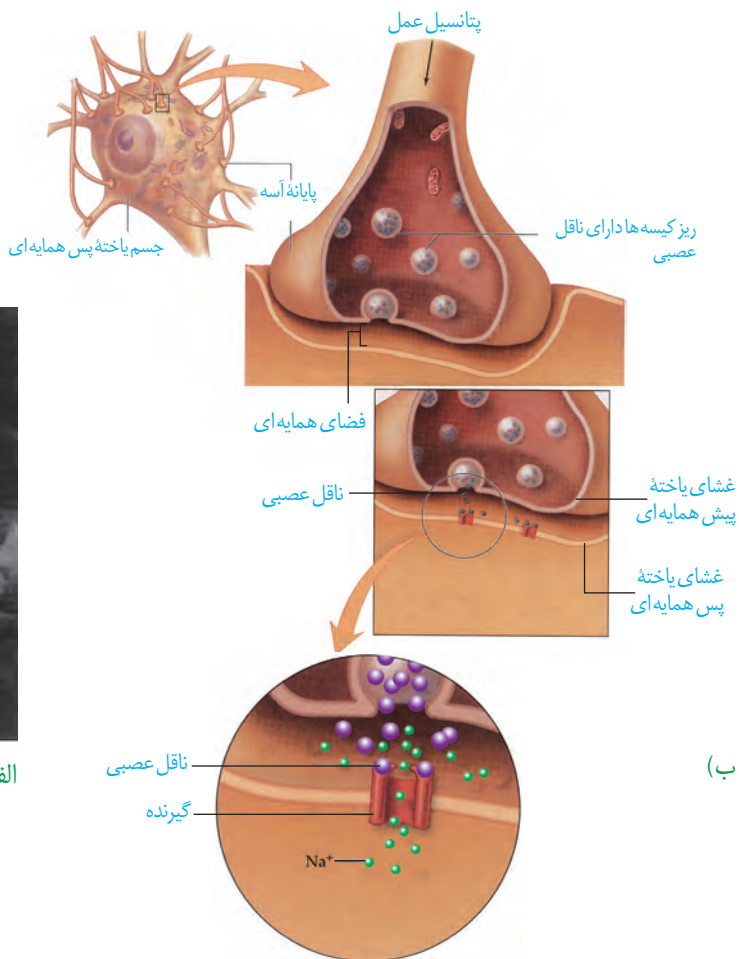
برخی موادمی‌توانند از باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و در نتیجه هدایت پیام عصبی، جلوگیری کنند. این مواد، بی‌حس‌کننده‌های موضعی نام دارند.

### واژه‌شناسی

همایه (synapse / سیناپس) هر دو کلمه به معنای به هم پیوستن و به هم متصل شدن هستند. همایه از فعل به هم آمدن و در معنای به هم پیوستن ساخته شده است.

دانستید پیام عصبی در طول آسه هدایت می‌شود تا به پایانه آن برسد. همان طور که در شکل ۱۰ می‌بینید، یاخته‌های عصبی به یکدیگر نجسبیده‌اند؛ پس چگونه پیام عصبی از یک یاخته عصبی به یاخته دیگر منتقل می‌شود؟

یاخته‌های عصبی با یکدیگر ارتباط ویژه‌ای به نام **همایه (سیناپس)** برقرار می‌کنند. بین این یاخته‌ها در محل همایه، فضایی به نام **فضای همایه‌ای** وجود دارد. برای انتقال پیام از یاخته عصبی انتقال دهنده یا یاخته عصبی **پیش همایه‌ای**، ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** در فضای همایه آزاد می‌شود. این ماده بر یاخته دریافت کننده، یعنی یاخته **پس همایه‌ای** اثر می‌کند. ناقل عصبی در یاخته‌های عصبی ساخته و درون ریز کیسه‌ها ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها در طول آسه هدایت می‌شوند تا به پایانه آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانه آسه می‌رسد، این کیسه‌ها با برون رانی، ناقل را در فضای همایه آزاد می‌کنند (شکل ۱۰). یاخته‌های عصبی با یاخته‌های ماهیچه‌ای نیز همایه دارند و با ارسال پیام موجب انقباض آنها می‌شوند.



شکل ۱۰- الف) تصویر همایه با میکروسکوپ الکترونی  
ب) آزاد شدن ناقل عصبی و اثر آن بر یاخته پس همایه‌ای

(الف)

(ب)



## بیشتر بدانید

در بخش‌های مختلف دستگاه عصبی، مواد گوناگونی به عنوان ناقل عصبی فعالیت می‌کنند. دوپامین، سروتونین، هیستامین، آمینو اسیدهایی مانند گاما آمینو بوتیریک اسید، گلوتامات، گلیسین و گاز نیتریک اکساید از این موادند. معمولاً گاما آمینو بوتیریک اسید و گلیسین، مهارکننده و گلوتامات تحریک‌کننده‌اند.

ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاختهٔ پس‌همایه‌ای، به پروتئینی به نام گیرنده متصل می‌شود. این پروتئین همچنین کانالی است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود. به این ترتیب، ناقل عصبی با تغییر نفوذپذیری غشای یاختهٔ پس‌همایه‌ای به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته را تغییر می‌دهد. براساس اینکه ناقل عصبی تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاختهٔ پس‌همایه‌ای تحریک، یا فعالیت آن مهار می‌شود.

پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده، باید از فضای همایه‌ای تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. این کار با جذب دوبارهٔ ناقل به یاختهٔ پیش‌همایه‌ای انجام می‌شود، همچنین آنزیم‌هایی ناقل عصبی را تجزیه می‌کنند. تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی از دلایل بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است.

## بیشتر بدانید

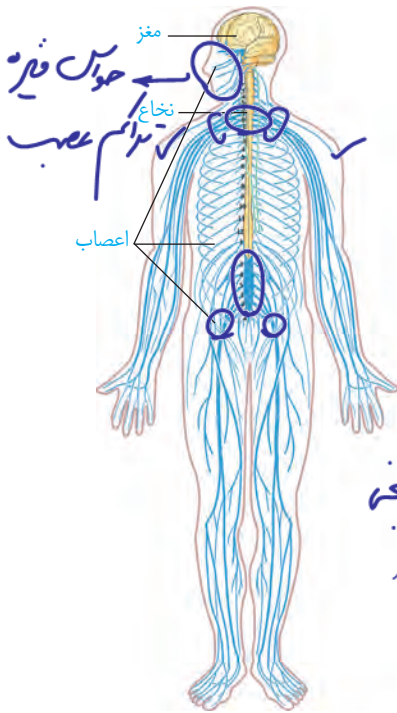
**رعشه (پارکینسون):** در این بیماری، یاخته‌های بخشی از مغز که ناقل عصبی دوپامین ترشح می‌کنند، تخریب می‌شوند. در نتیجه ماهیچه‌های بدن سفت و حرکات کند می‌شود؛ دست و پای فرد در حالت استراحت لرزش دارند. برای بهبود اختلال‌های حرکتی این بیماری، دارویی تجویز می‌کنند که در مغز به ناقل عصبی دوپامین تبدیل می‌شود.

**آلزایمر:** بیماری آلزایمر یک نوع اختلال پیش‌رونده، تحلیل‌برنده و کشندهٔ مغز است که به زوال عقل و ناتوانی فرد در انجام فعالیت‌های روزانه منجر می‌شود. در این بیماری، یاخته‌های عصبی مغز بر اثر تجمع نوعی پروتئین تخریب می‌شوند و میزان ناقل عصبی استیل‌کولین کاهش می‌یابد. فراموشی، ناتوانی در تکلم، اختلال در حس به‌ویژه در بینایی و راه رفتن، از عوارض بیماری آلزایمر است. با پیشرفت بیماری، فرد نیازمند مراقبت مداوم خواهد بود. تجویز دارویی تواند پیشرفت بیماری را آهسته کند. فعالیت بدنی و ورزش منظم، تغذیه سالم، معاشرت با دیگران، فعالیت‌های فکری مانند حفظ کردن شعر، آموختن یک زبان جدید به پیشگیری از بیماری آلزایمر کمک می‌کند.

## ثبت نوار مغزی

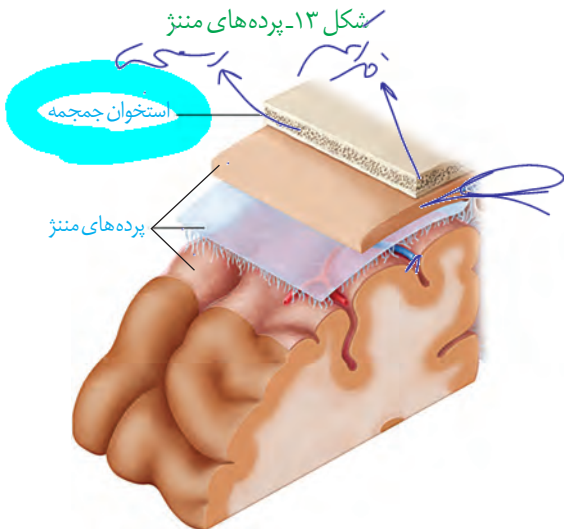
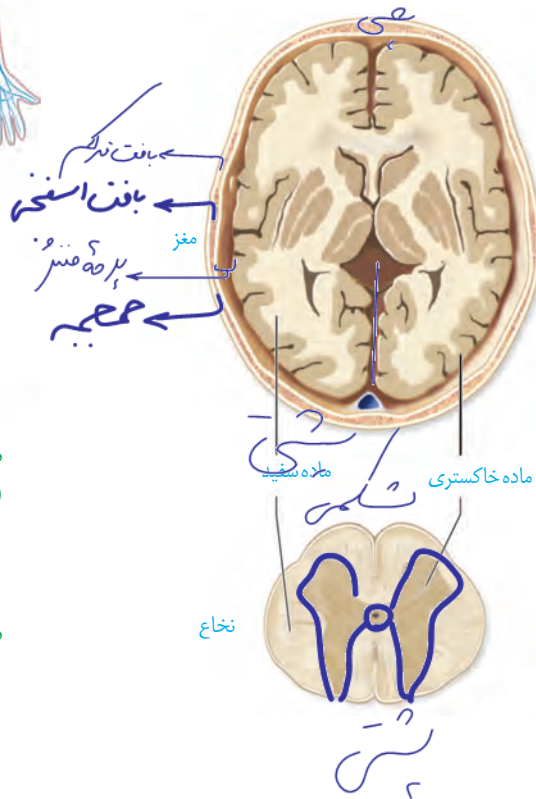
**(الکتروانسفالوگرافی):** فعالیت الکتریکی مغز را می‌توان با دستگاه الکتروانسفالوگراف ثبت و بررسی کرد. الکترودهای دستگاه را به پوست سر متصل می‌کنند. جریان الکتریکی مغز به شکل منحنی‌های نوار مغز (الکتروانسفالوگرام) روی نوار کاغذی، یا صفحه نمایش دستگاه ثبت می‌شود. متخصصان از این منحنی‌ها برای بررسی فعالیت‌های مغز و تشخیص بیماری‌های آن استفاده می‌کنند.

۱ - Electro Encephalo Graphy (EEG)



شکل ۱۱- دستگاه عصبی مرکزی (رنگ زرد) و محیطی (رنگ آبی)

شکل ۱۲- برش عرضی مغز و نخاع



در گذشته آموختید که دستگاه عصبی دو بخش مرکزی و محیطی دارد (شکل ۱۱). به نظر شما چرا دو بخش این دستگاه را مرکزی و محیطی نامیده‌اند؟

### دستگاه عصبی مرکزی

دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است که مراکز نظارت بر فعالیت‌های بدن‌اند. این دستگاه، اطلاعات دریافتی از محیط و درون بدن را تفسیر می‌کند و به آنها پاسخ می‌دهد. مغز و نخاع از دو بخش ماده خاکستری و ماده سفید تشکیل شده‌اند. شکل ۱۲ را ببینید و محل قرار گرفتن ماده خاکستری و ماده سفید در مغز و نخاع را مقایسه کنید. ماده خاکستری شامل جسم یاخته‌های عصبی و رشته‌های عصبی بدون میلین و ماده سفید، اجتماع رشته‌های میلین دار است.

### حفاظت از مغز و نخاع: علاوه بر استخوان‌های جمجمه

و ستون مهره، سه پرده از نوع بافت پیوندی به نام پرده‌های مننژ از مغز و نخاع حفاظت می‌کنند (شکل ۱۳). فضای بین پرده‌ها را مایع مغزی-نخاعی پر کرده است که مانند یک ضربه گیر، دستگاه عصبی مرکزی را در برابر ضربه حفاظت می‌کند.

در سال گذشته با انواع مویرگ‌ها آشنا شدید. مویرگ‌های دستگاه عصبی مرکزی از کدام نوع‌اند و چه ویژگی دارند؟ یاخته‌های بافت پوششی مویرگ‌های مغز و نخاع به یکدیگر چسبیده‌اند و بین

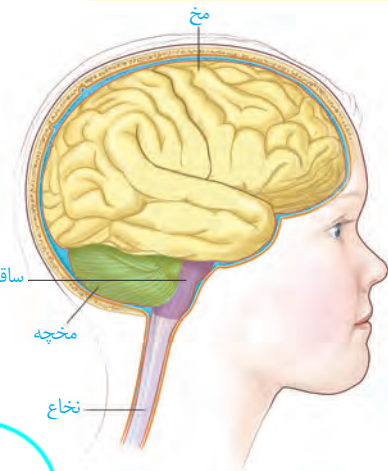
## بیشتر بدانید

**مننژیت:** التهاب پرده‌های مننژ، مننژیت نام دارد و از علامت‌های آن سردرد، تب و خشکی گردن است. مننژیت در اثر عفونت‌های ویروسی یا باکتریایی ایجاد می‌شود.

آنها منفذی وجود ندارد. در نتیجه بسیاری از مواد و میکروب‌ها در شرایط طبیعی نمی‌توانند به مغز وارد شوند. این عامل حفاظت کننده در مغز، **سد خونی-منژی** و در نخاع **سد خونی-نخاعی** نام دارد. البته مولکول‌هایی مثل اکسیژن، گلوکز و آمینواسیدها و برخی داروها می‌توانند از این سدها عبور کنند.

## مغز

می‌دانید مغز از سه بخش اصلی مخ، مخچه و ساقه مغز تشکیل شده است (شکل ۱۴). در ادامه با ساختار و کار بخش‌های تشکیل دهنده مغز بیشتر آشنا می‌شوید.



شکل ۱۴- سه بخش اصلی مغز

**نیمکره‌های مخ:** در انسان بیشتر حجم مغز را مخ تشکیل می‌دهد. دو نیمکره مخ با رشته‌های عصبی به هم متصل‌اند. ارتباط‌های سفید رنگ به نام **رابط پینه‌ای** و **سه گوش** از این رشته‌های عصبی‌اند که هنگام تشریح مغز آنها را می‌بینید. دو نیمکره به طور هم‌زمان از همه بدن، اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کنند تا بخش‌های مختلف بدن به طور هماهنگ فعالیت کنند. هر نیمکره کارهای اختصاصی نیز دارد؛ مثلاً بخش‌هایی از نیمکره چپ به توانایی در ریاضیات و استدلال مربوط‌اند و نیمکره راست در مهارت‌های هنری تخصص یافته است.

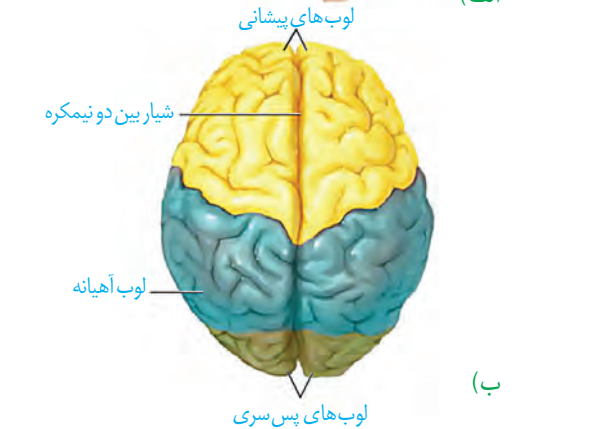
بخش خارجی نیمکره‌های مخ، یعنی قشر مخ از ماده خاکستری است و سطح وسیعی را با ضخامت چند میلی‌متر تشکیل می‌دهد. قشر مخ، چین خورده است و شیارهای متعددی دارد. شکل ۱۵ را ببینید، شیارهای عمیق هر یک از نیمکره‌های مخ را به چهار **لوب پس سری**، **گیجگاهی**، **آهیانه** و **پیشانی** تقسیم می‌کنند. قشر مخ شامل بخش‌های **حسی**، **حرکتی** و **ارتباطی** است. بخش‌های حسی، پیام‌های حسی را دریافت می‌کنند. بخش‌های حرکتی به ماهیچه‌ها و غده‌ها، پیام می‌فرستند. بخش‌های ارتباطی بین بخش‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند. قشر مخ، جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز است که نتیجه آن یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه است.

**ساقه مغز:** ساقه مغز از مغز میانی، پل مغزی و بصل النخاع تشکیل شده است (شکل ۱۶).

**مغز میانی:** در بالای پل مغزی قرار دارد و یاخته‌های عصبی آن، در فعالیت‌های مختلف از جمله شنوایی، بینایی و حرکت نقش دارند. برجستگی‌های چهارگانه بخشی از مغز میانی‌اند که در فعالیت تشریح مغز می‌توانید آنها را ببینید.



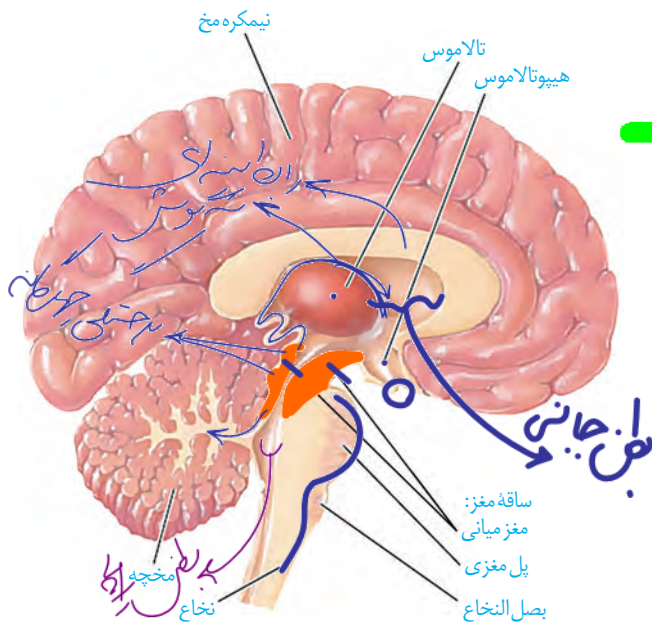
(الف)



(ب)

شکل ۱۵- لوب‌های مخ (الف) از نیم‌رخ (ب) از بالا

ساقه مغز - پل مغزی



شکل ۱۶ - نیمه چپ مغز

**پل مغزی:** در تنظیم فعالیت‌های مختلف از جمله تنفس،

ترشح بزاق و اشک نقش دارد.

**بصل النخاع:** پایین‌ترین بخش مغز است که در بالای نخاع قرار

دارد. بصل النخاع، فشار خون و ضربان قلب را تنظیم می‌کند و مرکز انعکاس‌هایی مانند عطسه، بلع، سرفه و مرکز اصلی تنظیم تنفس است.

**مخچه:** مخچه در پشت ساقه مغز قرار دارد و شامل دو نیمکره

و بخشی به نام **کرینه** در وسط آنهاست. مخچه مرکز تنظیم

وضعیت بدن و تعادل آن است. مخچه به طور پیوسته از بخش‌های

دیگر مغز، نخاع و اندام‌های حسی، مانند گوش‌ها پیام را دریافت و

بررسی می‌کند تا فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن را در حالت‌های

گوناگون به کمک مغز و نخاع هماهنگ کند.

## فعالیت ۵

با استفاده از آنچه آموختید در گروه خود درباره پرسش‌های زیر گفت‌وگو و پاسخ را به کلاس گزارش کنید.

۱- هنگام ورزش چگونه تعادل خود را حفظ می‌کنید؟

۲- هنگام راه رفتن با چشمان بسته، چه تغییری در راه رفتن ایجاد می‌شود؟ علت تغییر را توضیح دهید.

۳- چگونه ممکن است با وجود سلامت کامل چشم‌ها، فرد قادر به دیدن نباشد؟

## ساختارهای دیگر مغز

**تالاموس**ها محل پردازش اولیه و تقویت اطلاعات حسی **ند**. اغلب پیام‌های حسی در تالاموس

گرد هم می‌آیند تا به بخش‌های مربوط در قشر مخ، جهت پردازش نهایی فرستاده شوند.

**هیپوتالاموس** که در زیر تالاموس قرار دارد، **دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشار خون،**

تشنگی، گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند.

**سامانه کناره‌ای (لمبیک)** که با قشر مخ، تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد، **سالمه**

کناره‌ای، حافظه، احساساتی مانند ترس، خشم و لذت نقش ایفا می‌کند (شکل ۱۶).

**اسبک مغز (هیپوکامپ)** یکی از اجزای سامانه کناره‌ای است که در تشکیل حافظه و یادگیری

نقش دارد. حافظه افرادی که اسبک مغز آنان آسیب دیده، یا با جراحی برداشته شده است، دچار

اختلال می‌شود. این افراد نمی‌توانند نام افراد جدید را حتی اگر هر روز با آنها در تماس باشند، به خاطر

بسیارند. نام‌های جدید، حداکثر فقط برای چند دقیقه در ذهن این افراد باقی می‌مانند. البته آنان برای

به یاد آوردن خاطرات مربوط به قبل از آسیب دیدگی، مشکل چندانی ندارند. پژوهشگران بر این باورند

که اسبک مغز در ایجاد حافظه کوتاه مدت و تبدیل آن به حافظه بلند مدت نقش دارد؛ مثلاً وقتی شماره

تلفنی را می‌خوانیم، یا می‌سوییم، ممکن است پس از زمان کوتاهی آن را از یاد ببریم، ولی وقتی آن

تلفنی را می‌خوانیم، یا می‌سوییم، ممکن است پس از زمان کوتاهی آن را از یاد ببریم، ولی وقتی آن

### بیشتر بدانید

**استخراج مایع مغزی - نخاعی:**

متخصصان می‌توانند با استفاده از سرنگ مقداری از مایع مغزی-نخاعی را از بین مهره‌های کمر خارج کنند و با بررسی آن بیماری‌های احتمالی دستگاه عصبی را تشخیص دهند یا از این راه، داروهای مورد نیاز را به بدن وارد کنند.

### واژه‌شناسی

کناره‌ای (Limbic/لیمبیک) این کلمه

از ریشه فرانسوی Limbe به معنای

حاشیه و کناره گرفته شده است و واژه

کناره‌ای همان معنا را می‌دهد.



## بیشتر بدانید

**کُما:** کما حالت بیهوشی عمیق است که در آن، فرد زنده است، ولی نمی‌تواند حرکت کند و به محرک‌های محیطی پاسخ هدفمند بدهد. کُما معمولاً با آسیب وسیع مغز به ویژه بخش‌هایی از آن که با حفظ هوشیاری در ارتباط اند همراه است. فرد در حالت کما ممکن است بهبود پیدا کند، یا به حالت زندگی نباتی برود.

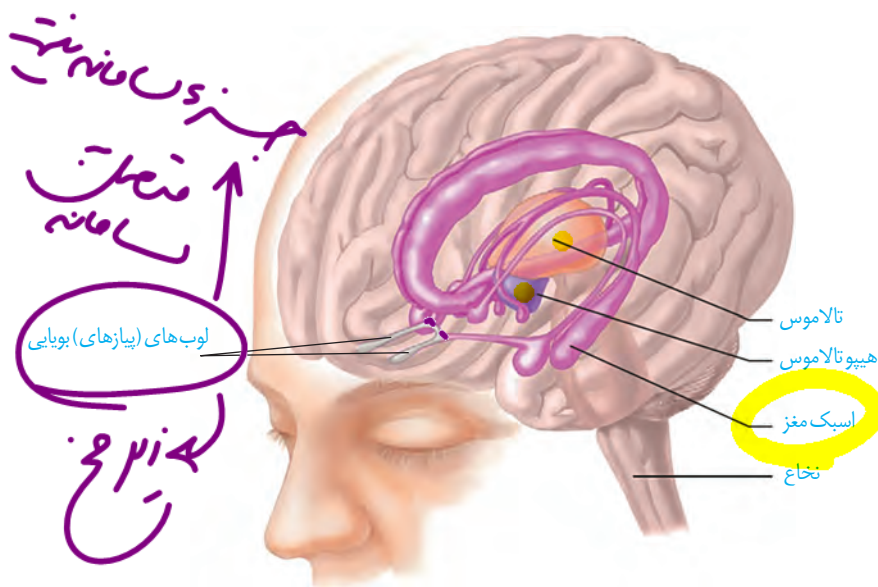
شکل ۱۷- سامانه کناره‌ای (بخش‌های بنفش رنگ)

## بیشتر بدانید

**زندگی نباتی:** در زندگی نباتی بخش خودمختار مغز فعالیت دارد؛ ضربان قلب، تنفس و فشار خون تنظیم می‌شود و فرد حرکات غیرارادی نیز نشان می‌دهد؛ اما به محرک‌های محیطی پاسخ معناداری نمی‌دهد؛ صداهایی تولید می‌کند ولی نمی‌تواند سخن بگوید؛ فعالیتی انجام دهد و نیازهای خود را برآورده کند.

## بیشتر بدانید

**مرگ مغزی:** چهار رگ اصلی به مغز خون‌رسانی می‌کنند، اگر این رگ‌ها بسته شوند، خون‌رسانی به مغز مختل می‌شود و اکسیژن‌رسانی به آن انجام نمی‌شود، در نتیجه مغز به‌طور غیر قابل برگشتی تخریب می‌شود. در نوار مغزی هیچ علامتی از فعالیت مغز دیده نمی‌شود. فرد به محرک‌ها هیچ پاسخی نمی‌دهد؛ حتی بدون دستگاه تنفس مصنوعی نمی‌تواند نفس بکشد. البته در این حالت، اندام‌های دیگر بدن مانند قلب، کبد و کلیه‌ها برای مدتی فعال اند که در صورت اهدای آنها زندگی افراد دیگری نجات پیدا می‌کند.



**اعتیاد:** اعتیاد وابستگی به مصرف یک ماده، یا انجام یک رفتار است که ترک آن مشکلات جسمی و روانی برای فرد به وجود می‌آورد. وابستگی به اینترنت یا بازی‌های رایانه‌ای نیز نمونه‌ای از اعتیاد‌های رفتاری‌اند. مواد گوناگون مانند الکل، کوکائین، نیکوتین، هروئین، مورفین و حتی کافئین قهوه اعتیاد آورند.

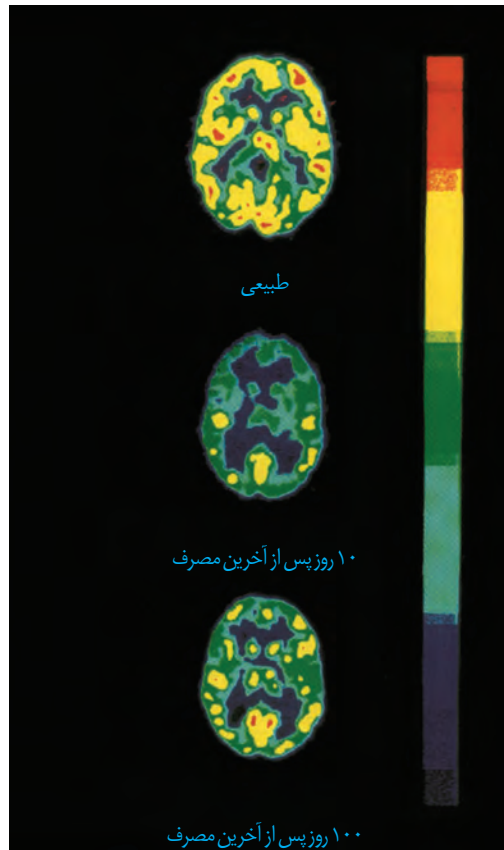
اعتیاد نه فقط سلامت جسمی و روانی فرد مصرف‌کننده، بلکه سلامت خانواده او و نیز افراد دیگر اجتماع را به خطر می‌اندازد.

## مواد اعتیادآور و مغز: نخستین تصمیم برای مصرف مواد اعتیادآور در اغلب افراد اختیاری

است، اما استفاده مکرر از این مواد، تغییراتی را در مغز ایجاد می‌کند که فرد دیگر نمی‌تواند با میل شدید برای مصرف مقابله کند. این تغییرات ممکن است دائمی باشند. به همین علت، اعتیاد را بیماری برگشت‌پذیر می‌دانند که حتی سال‌ها پس از ترک مواد، فرد در خطر مصرف دوباره قرار دارد. مواد اعتیادآور بر سامانه کناره‌ای اثر می‌گذارند و موجب آزاد شدن ناقل‌های عصبی از جمله دوپامین می‌شوند که در فرد احساس لذت و سرخوشی ایجاد می‌کند. در نتیجه فرد، میل شدیدی به مصرف دوباره آن ماده دارد. با ادامه مصرف، دوپامین کمتری آزاد می‌شود و به فرد احساس کسالت، بی‌حوصلگی و افسردگی دست می‌دهد. برای رهایی از این حالت و دستیابی به سرخوشی نخستین، فرد مجبور است، ماده اعتیادآور بیشتری مصرف کند. مواد اعتیادآور بر بخش‌هایی از قشر مخ نیز تأثیر می‌گذارند و توانایی قضاوت، تصمیم‌گیری و خودکنترلی فرد را کاهش می‌دهند. این اثرات به‌ویژه در مغز نوجوانان شدیدتر است؛ زیرا مغز آنان در حال رشد است. مصرف مواد اعتیادآور ممکن است تغییرات برگشت‌ناپذیری را در مغز ایجاد کند. شکل ۱۸ اثر یک ماده اعتیادآور بر فعالیت مغز را با بررسی مصرف‌کننده در آن نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ - تصویرها مصرف گلوکز را در مغز فرد سالم و فرد مصرف کننده کوکائین نشان می دهند. رنگ های آبی تیره و روشن مصرف کم گلوکز و رنگ زرد و قرمز مصرف زیاد آن را نشان می دهند. توجه کنید بهبود فعالیت مغز به زمان طولانی نیاز دارد؛ بخش پیشین مغز بهبود کمتری را نشان می دهد.



### بیشتر بدانید

مصرف الکل، زمان واکنش به محرک را افزایش می دهد؛ بنابراین، رانندگی پس از مصرف الکل، جان خود و دیگران را به خطر می اندازد. وجود الکل را در خون، ادرار و هوای بازدمی می توان سنجید.

### بیشتر بدانید

در گذشته تصور می کردند تولید یاخته های عصبی فقط در دوران جنینی انجام می شود. اما نتایج پژوهش های آتنمن در دهه هفتاد میلادی، این باور را تغییر داد. پژوهش روی پستانداران بالغ نشان داده است که در بخش هایی از اسبک مغز تولید یاخته های عصبی رخ می دهد. تولید یاخته های عصبی شامل تکثیر، مهاجرت و تمایز یاخته های بنیادی به یاخته های عصبی است. الکل بر تکثیر یاخته ای و بقای یاخته ها اثر نامطلوب دارد. در افراد معتاد به الکل حجم اسبک مغز کاهش پیدا می کند.

**اعتیاد به الکل:** مقدار الکل (اتانول) در نوشیدنی های الکلی متفاوت است؛ حتی مصرف کمترین مقدار الکل، بدن را تحت تأثیر قرار می دهد. الکل در دستگاه گوارش به سرعت جذب می شود. الکل از غشای یاخته های عصبی بخش های مختلف مغز عبور و فعالیت های آنها را مختل می کند. الکل علاوه بر دوپامین، بر فعالیت انواعی از ناقل های عصبی تحریک کننده و بازدارنده تأثیر می گذارد؛ و عامل کاهش دهنده فعالیت های بدنی، ایجاد ناهماهنگی در حرکات بدن و اختلال در گفتار است. الکل فعالیت مغز را کند می کند و در نتیجه زمان واکنش فرد به محرک های محیطی افزایش پیدا می کند. مشکلات کبدی، سکته قلبی و انواع سرطان از پیامدهای مصرف بلند مدت الکل است.

نبرد کبد ← فعالیت ۶  
چهره زنا ←

در بارهٔ درستی یا نادرستی عبارت های زیر اطلاعاتی را جمع آوری کرده و به کلاس ارائه کنید.

● استفاده از قلیان به اندازهٔ سیگار خطرناک نیست.

● فرد با یک بار مصرف مادهٔ اعتیادآور، معتاد نمی شود.

● مصرف تنباکو با سرطان دهان، حنجره و شش ارتباط مستقیم دارد.

● مصرف مواد اعتیادآوری که از گیاهان به دست می آیند، خطر چندان ندارد.

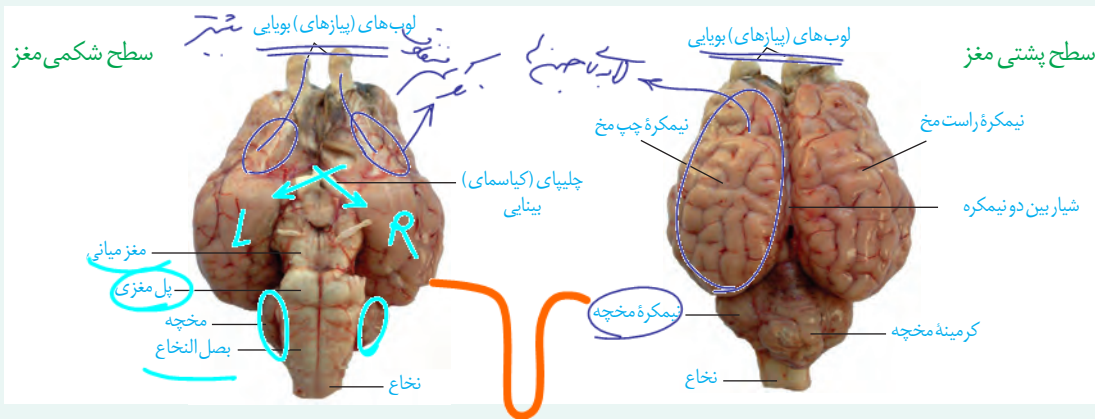
مواد و وسایل لازم: مغز سالم گوسفند (یا گوساله)، وسایل تشریح، دستکش

با کمک معلم مغز را برای تشریح آماده کنید.

۱- بررسی بخش های خارجی مغز

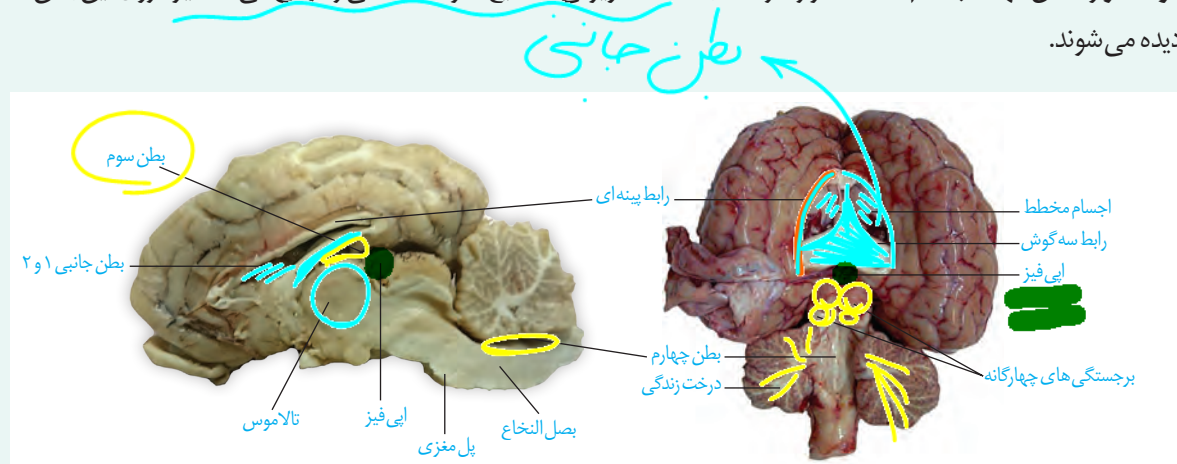
**الف) مشاهده سطح پشتی:** مغز را مانند شکل در ظرف تشریح قرار دهید. روی مغز بقایای پرده مننژ وجود دارد. آنها را جدا کنید تا شیارهای مغز بهتر دیده شوند. کدام بخش های مغز را با مشاهده سطح پشتی آن می توانید ببینید؟

**ب) مشاهده سطح شکمی مغز:** مغز را برگردانید، باقیمانده مننژ را به آرامی جدا کنید و بخش های مغز را در این سطح مشاهده کنید.



۲- **مشاهده بخش های درونی مغز:** مغز را طوری در ظرف تشریح قرار دهید که سطح پشتی آن را ببینید. با انگشتان شست، به آرامی دو نیمکره را از محل شیار بین آنها از یکدیگر فاصله دهید و بقایای پرده های مننژ را از بین دو نیمکره خارج کنید تا نوار سفید رنگ رابط پینه ای را ببینید.

در حالی که نیمکره های مخ از هم فاصله دارند، بانوک چاقوی جراحی، در جلوی رابط پینه ای، برش کم عمقی ایجاد کنید و به آرامی فاصله نیمکره ها را بیشتر کنید تا رابط سه گوش را در زیر رابط پینه ای مشاهده کنید. دو طرف این رابط ها، فضای بطن های ۱ و ۲ مغز و داخل آنها، اجسام مخطط قرار دارند. شبکه های مویرگی که مایع مغزی-نخاعی را ترشح می کند نیز درون این بطن ها دیده می شوند.



در مرحله بعد به کمک چاقوی جراحی در رابط سه گوش، برش طولی ایجاد کنید تا در زیر آن، تالاموس ها را ببینید. دو تالاموس با یک رابط به هم متصل اند و با کمترین فشار از هم جدا می شوند.

در عقب تالاموس ها، **بطن سوم** و در لبه پایین این بطن، **اپی فیز** را ببینید. در عقب اپی فیز برجستگی های چهارگانه قرار دارند.

در مرحله بعدی **کرمینه مخچه** را در امتداد شیار بین دو نیمکره برش دهید تا درخت زندگی و **بطن چهارم** مغز را ببینید.

### نخاع: نخاع درون ستون مهره ها از بصل النخاع تا دومین مهره کمر کشیده شده است. نخاع، مغز را

به دستگاه عصبی محیطی متصل می کند و مسیر عبور پیام های حسی از اندام های بدن به مغز و ارسال

پیام ها از مغز به اندام ها است. علاوه بر آن،

نخاع مرکز برخی انعکاس های بدن است.

هر عصب نخاعی دو ریشه دارد

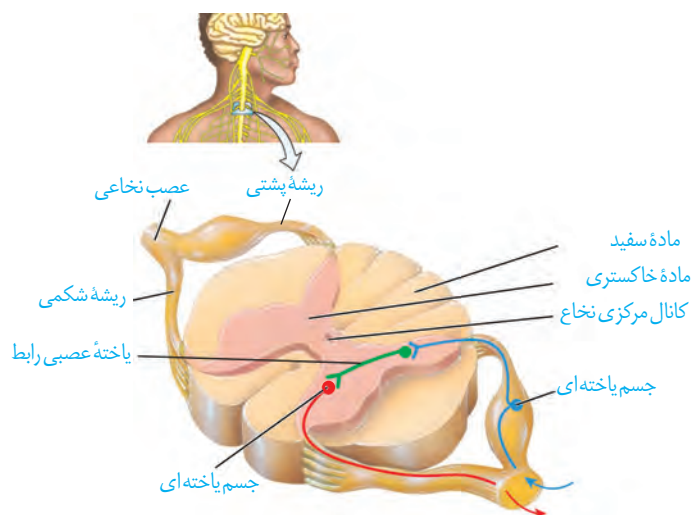
(شکل ۱۹). **ریشه پشتی** عصب نخاعی

حسی و **ریشه شکمی** آن حرکتی است.

ریشه پشتی، اطلاعات حسی را به نخاع

وارد و ریشه شکمی پیام های حرکتی را از

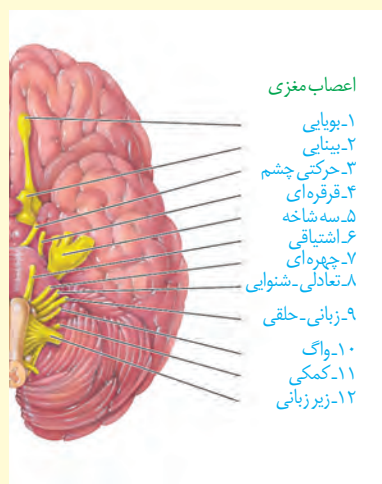
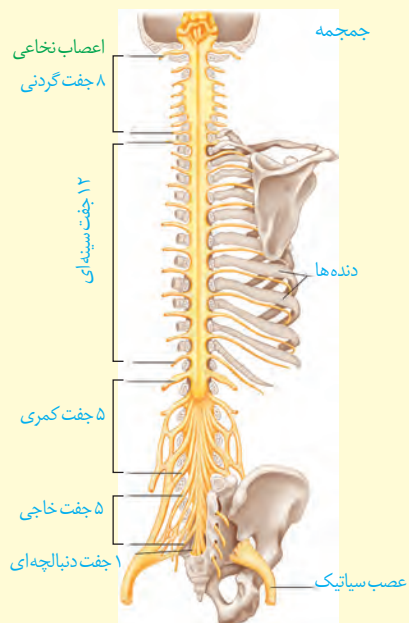
نخاع خارج می کند.



شکل ۱۹- عصب نخاعی

### بیشتر بدانید

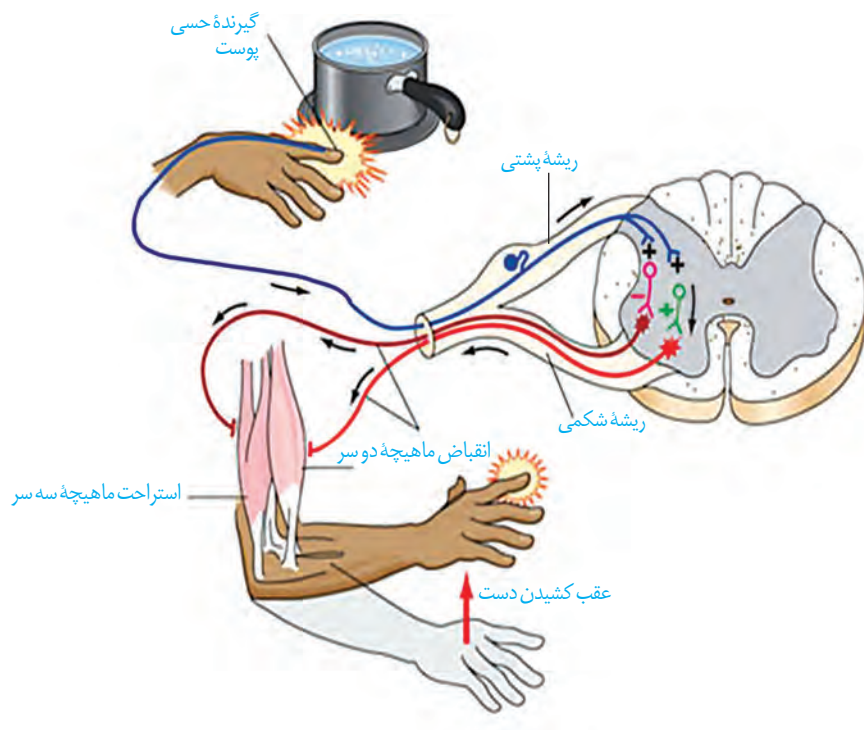
اعصاب مغزی و نخاعی را در شکل های زیر ببینید.



## دستگاه عصبی محیطی

بخشی از دستگاه عصبی که مغز و نخاع را به بخش‌های دیگر مرتبط می‌کند، **دستگاه عصبی محیطی** نام دارد. ۱۲ جفت عصب مغزی و ۳۱ جفت عصب نخاعی، دستگاه عصبی مرکزی را به بخش‌های دیگر بدن، مانند اندام‌های حس و ماهیچه‌ها مرتبط می‌کنند. هر عصب مجموعه‌ای از رشته‌های عصبی است که درون بافت پیوندی قرار گرفته‌اند. دستگاه عصبی محیطی شامل دو بخش حسی و حرکتی است. با بخش حسی این دستگاه در فصل بعد آشنا خواهید شد. بخش حرکتی این دستگاه پیام عصبی را به اندام‌های اجرا کننده مانند ماهیچه‌ها می‌رساند. بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی، خود شامل دو بخش **پیکری و خودمختار** است.

**بخش پیکری:** این بخش پیام‌های عصبی را به ماهیچه‌های اسکلتی می‌رساند. فعالیت این ماهیچه‌ها به شکل ارادی و غیر ارادی تنظیم می‌شود. وقتی تصمیم می‌گیرید کتاب را از روی میز بردارید، یاخته‌های عصبی بخش پیکری، دستور مغز را به ماهیچه‌های دست می‌رسانند. فعالیت ماهیچه‌های اسکلتی به شکل انعکاسی نیز تنظیم می‌شود. می‌دانید انعکاس پاسخ سریع و غیر ارادی ماهیچه‌ها در پاسخ به محرک‌هاست. همان‌طور که در شکل ۲۰ می‌بینید، دست فرد با برخورد به جسم داغ، به عقب کشیده می‌شود. مرکز تنظیم این انعکاس نخاع است.



شکل ۲۰- انعکاس عقب کشیدن دست (اندازه‌های شکل واقعی نیستند)



## فعالیت ۸

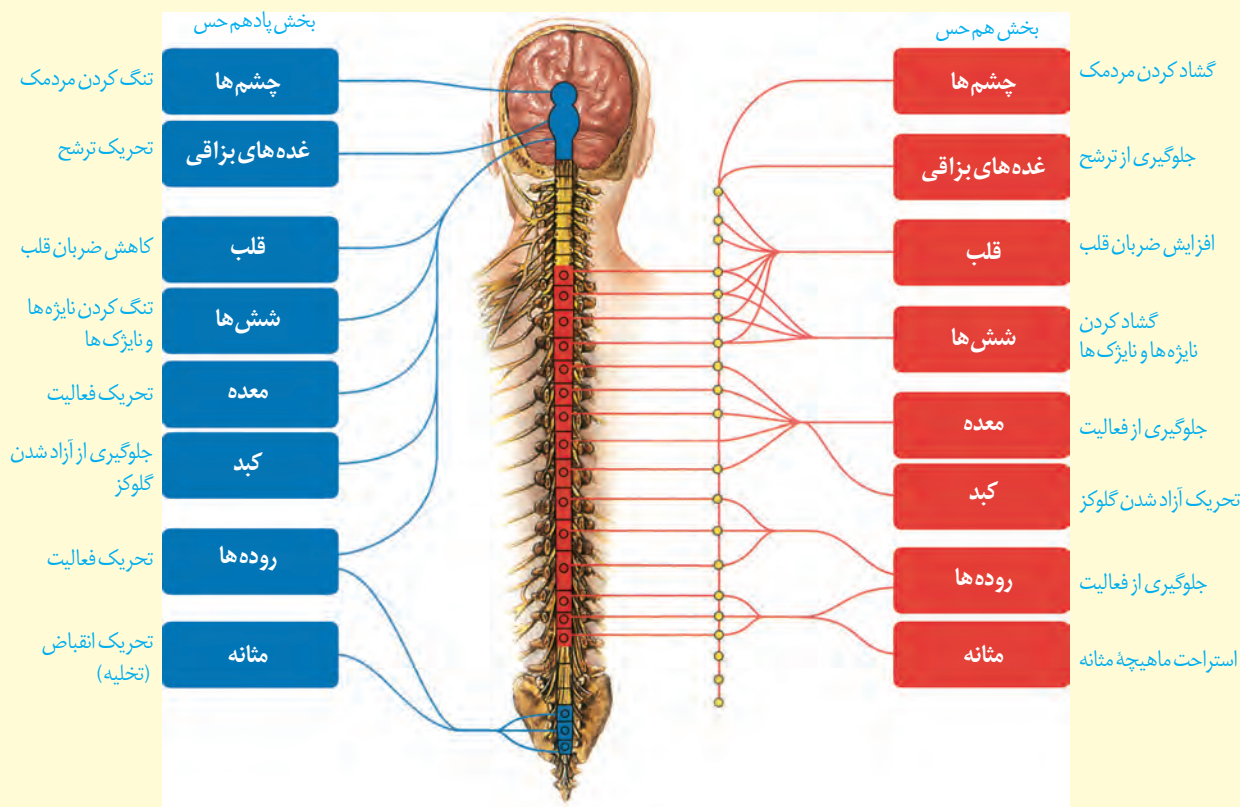
با استفاده از شکل ۲۰ به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

- ۱- پس از احساس درد، چه رویدادهایی رخ می‌دهد تا فرد دست خود را عقب بکشد؟
- ۲- در مسیر عقب کشیدن دست، کدام سیناپس‌ها تحریک کننده و کدام مهارکننده‌اند؟

**بخش خود مختار:** بخش خودمختار دستگاه عصبی محیطی، کار ماهیچه‌های صاف، ماهیچه قلب و غده‌ها را به صورت ناآگاهانه تنظیم می‌کند و همیشه فعال است. این دستگاه از دو بخش **هم حس (سمپاتیک)** و **پادهم حس (پاراسمپاتیک)** تشکیل شده است که معمولاً برخلاف یکدیگر کار می‌کنند تا فعالیت‌های حیاتی بدن را در شرایط مختلف تنظیم کنند. فعالیت بخش پادهم حس باعث برقراری حالت آرامش در بدن می‌شود. در این حالت، فشار خون کاهش یافته، ضربان قلب کم می‌شود. بخش هم حس هنگام هیجان بر بخش پادهم حس غلبه دارد و بدن را در حالت آماده‌باش نگه می‌دارد. ممکن است این حالت را هنگام شرکت در مسابقه ورزشی تجربه کرده باشید. در این وضعیت، بخش هم حس سبب افزایش فشار خون، ضربان قلب و تعداد تنفس می‌شود و جریان خون را به سوی قلب و ماهیچه‌های اسکلتی هدایت می‌کند.

## بیشتر بدانید

در شکل زیر، نقش دستگاه هم حس و پادهم حس را در بخش‌های مختلف بدن می‌بینید.





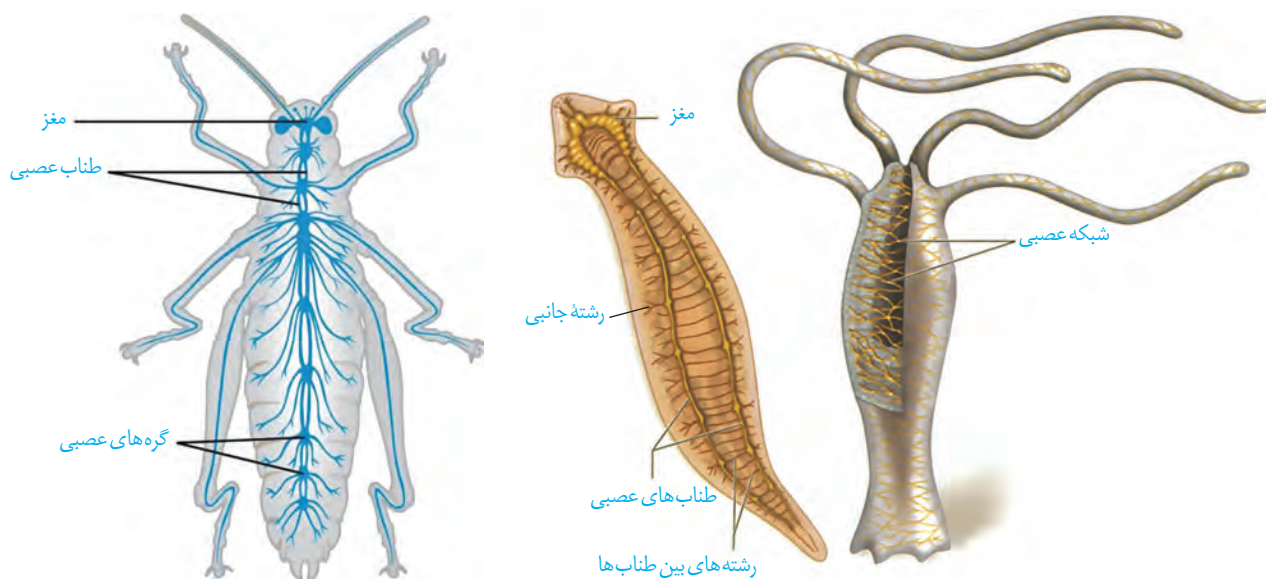
### دستگاه عصبی جانوران

ساده‌ترین ساختار عصبی، شبکه عصبی در هیدر است. شبکه عصبی مجموعه‌ای از یاخته‌های عصبی پراکنده در دیواره بدن هیدر است که با هم ارتباط دارند. تحریک هر نقطه از بدن جانور در همه سطح آن منتشر می‌شود. شبکه عصبی یاخته‌های ماهیچه‌ای بدن را تحریک می‌کند. در پلاناریا دو گره عصبی در سر جانور، مغز را تشکیل داده‌اند. هر گره مجموعه‌ای از جسم یاخته‌های عصبی است. دو طناب عصبی متصل به مغز که در طول بدن جانور کشیده شده‌اند، با رشته‌هایی به هم متصل‌اند و ساختار نردبان مانند را ایجاد می‌کنند. این مجموعه بخش مرکزی دستگاه عصبی جانور است. رشته‌های جانبی متصل به آن نیز، بخش محیطی دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.

مغز حشرات از چند گره به هم جوش خورده تشکیل شده است. یک طناب عصبی شکمی که در طول بدن جانور کشیده شده است، در هر بند از بدن، یک گره عصبی دارد. هر گره فعالیت ماهیچه‌های آن بند را تنظیم می‌کند (شکل ۲۱).

در مهره داران طناب عصبی پشتی است و بخش جلویی آن برجسته شده و مغز را تشکیل می‌دهد. طناب عصبی درون سوراخ مهره‌ها و مغز درون جمجمه‌ای غضروفی، یا استخوانی جای گرفته است. در مهره داران نیز مانند انسان، دستگاه عصبی شامل دستگاه عصبی مرکزی و محیطی است. در بین مهره داران اندازه نسبی مغز پستانداران و پرندگان نسبت به وزن بدن از بقیه بیشتر است.

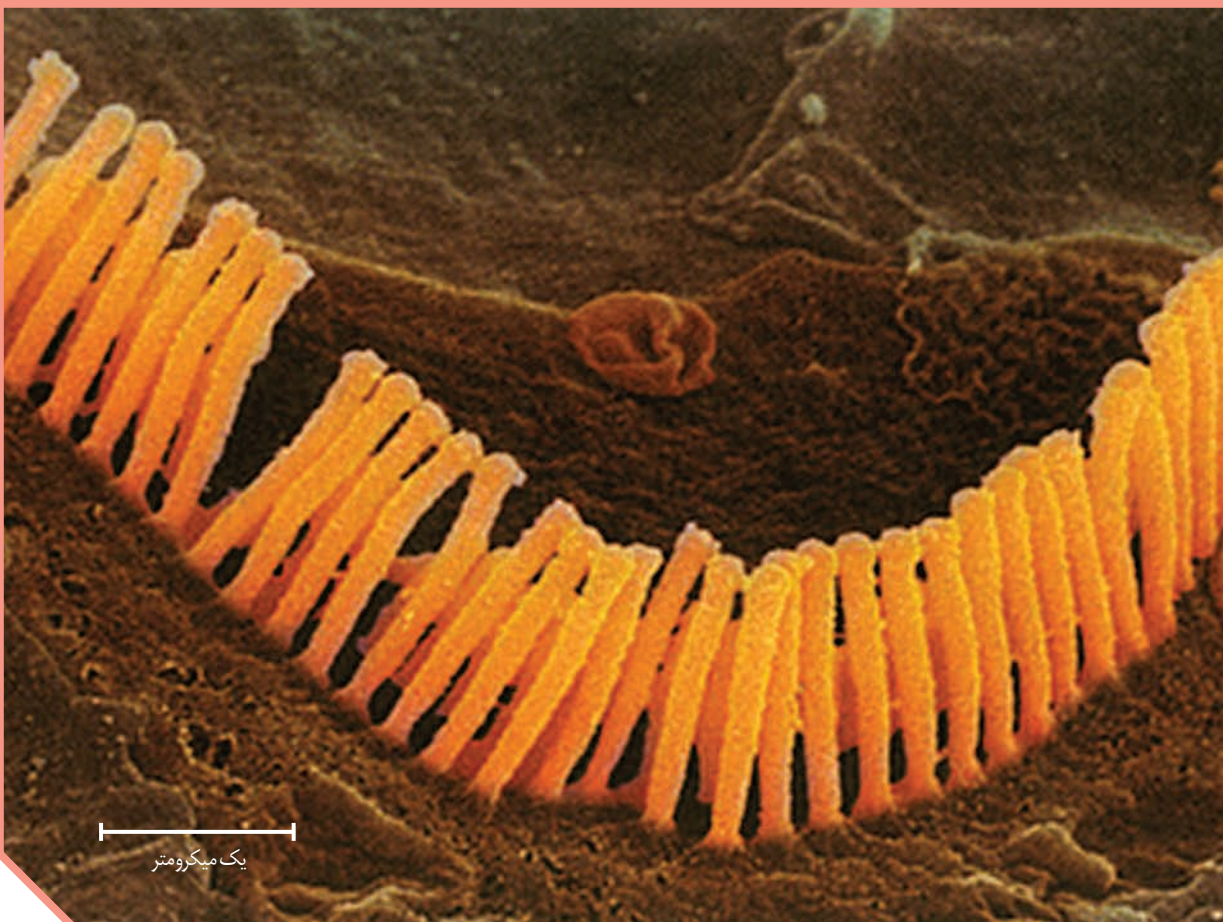
شکل ۲۱- ساختارهای عصبی چند جانور



پ) ملخ

ب) پلاناریا

الف) هیدر



## فصل ۲

# حواس

اکنون که این متن را می‌خوانید، چشم‌های شما، پیام‌های بینایی را به مغز ارسال می‌کنند. وقتی به صفحه کتاب دست می‌زنید، اطلاعاتی از پوست به دستگاه عصبی مرکزی می‌رسد. در این حالت، دستگاه عصبی از وضعیت نشستن شما و میزان اکسیژن خون شما نیز آگاه است. بدن چگونه اطلاعات گوناگون را دریافت می‌کند و به آنها پاسخ می‌دهد؟ چرا گاهی تماس ساعت یا عینک با پوست خود را احساس نمی‌کنیم؟ چرا فردی که تحت عمل جراحی قرار دارد، دردی احساس نمی‌کند؟ چرا برخی جانوران می‌توانند اطلاعاتی را دریافت کنند که ما بدون استفاده از ابزار مناسب، نمی‌توانیم آنها را درک کنیم؟

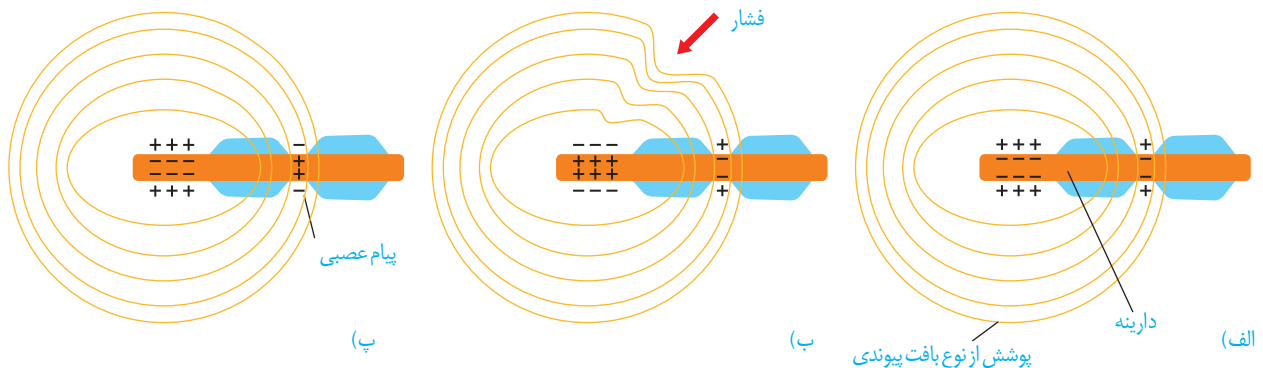
تصویر مژک‌های یاخته‌گیرنده شنوایی با میکروسکوپ الکترونی



گیرنده حسی، یاخته یا بخشی از آن است که اثر محرک را دریافت می‌کند و اثر محرک در آن به پیام عصبی تبدیل می‌شود. صدا، فشار، اکسیژن، گرما و نور نمونه‌هایی از این محرک‌ها هستند که هر کدام گیرنده ویژه‌ای را در بدن تحریک می‌کنند. گیرنده‌های حسی انسان گوناگون‌اند؛ ولی می‌توان آنها را براساس نوع محرک، در پنج دسته کلی طبقه‌بندی کرد: گیرنده‌های مکانیکی، شیمیایی، دمايي، نوری و درد. در ادامه درس با این گیرنده‌ها آشنا می‌شوید.

### کار گیرنده‌های حسی

گیرنده چگونه اثر محرک را دریافت و به پیام عصبی تبدیل می‌کند؟ در فصل قبل با چگونگی ایجاد پیام عصبی در یاخته‌های عصبی آشنا شدید. عوامل گوناگونی مانند تغییر شکل در اثر فشار، مواد شیمیایی و تغییر دما، نفوذپذیری غشای گیرنده به یون‌ها و در نتیجه پتانسیل غشای آن را تغییر می‌دهند. شکل ۱، یک گیرنده فشار پوست را نشان می‌دهد. این گیرنده انتهای دارینه یک نورون حسی است که درون پوششی چند لایه و انعطاف‌پذیر از نوع بافت پیوندی قرار دارد. فشرده شدن این پوشش، رشته دارینه را تحت فشار قرار می‌دهد و در آن تغییر شکل ایجاد می‌کند. در نتیجه کانال‌های یونی غشای گیرنده، باز و پتانسیل الکتریکی غشا تغییر می‌کند. به این ترتیب در دارینه، پیام عصبی ایجاد و به دستگاه عصبی مرکزی ارسال می‌شود.



شکل ۱- ایجاد پیام عصبی به وسیله گیرنده فشار.

(الف) ساختار گیرنده.

(ب) وارد آمدن تحریک (فشار).

(پ) تبدیل اثر محرک به پیام عصبی (هدایت پیام عصبی)

### گیرنده‌ها سازش پیدا می‌کنند

شاید توجه کرده باشید که بوی غذا یا عطر را پس از گذشت مدتی، دیگر احساس نمی‌کنیم. در این حالت، آیا مولکول‌های بودار در محیط کم می‌شوند، یا گیرنده‌های بو درست کار نمی‌کنند؟ وقتی گیرنده‌ها مدتی در معرض محرک ثابتی قرار گیرند، پیام عصبی کمتری ایجاد می‌کنند، یا اصلاً پیامی ارسال نمی‌کنند. این پدیده را سازش گیرنده‌ها می‌نامند. سازش گیرنده‌ها چه فایده‌ای دارد؟

پدیده‌ی سازش گیرنده‌های فشار در پوست، موجب می‌شود وجود لباس را روی بدن حس نکنیم. در این حالت، اطلاعات کمتری به مغز ارسال می‌شود. در نتیجه مغز می‌تواند اطلاعات مهم‌تری را پردازش کند. مثال‌های دیگری از سازش گیرنده‌ها را که تجربه کرده‌اید، بیان کنید.

## فعالیت ۱

گیرنده‌های زیر را در پنج گروه گیرنده که با آنها آشنا شدید، طبقه‌بندی کنید.  
گیرنده‌های چشایی روی زبان، گیرنده‌ی میزان اکسیژن در ائورت، گیرنده‌های شبکیه چشم، گیرنده گرم، گیرنده فشار پوست، گیرنده بویایی بینی، گیرنده فشار خون دیواره رگ‌ها

### بیشتر بدانید

**اندام خیالی:** مغز ممکن است احساس‌ها را اشتباه درک کند. اندام خیالی حالتی است که فرد در اندام از دست رفته بدنش، درد احساس می‌کند. در گذشته پژوهشگران فکر می‌کردند این احساس از اعصاب آسیب‌دیده در اندام قطع شده، ایجاد می‌شود. اما امروز آنان بر این باورند که بخشی از قشر مخ که اطلاعات اندام از دست رفته را پردازش می‌کند، اکنون از بخش‌های دیگر بدن اطلاعاتی دریافت و این پیام‌ها را به عنوان پیام اندام از دست رفته تلقی می‌کند.

### حواس را به دو گروه تقسیم می‌کنند

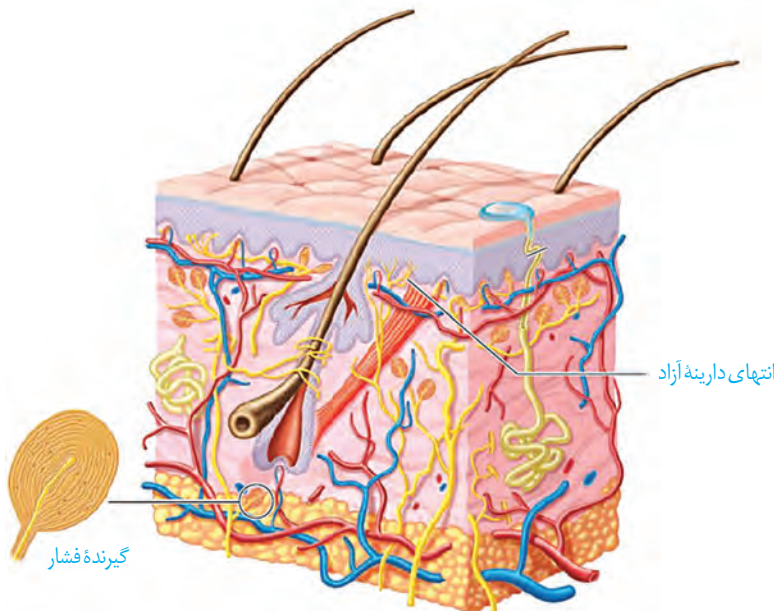
گروهی از گیرنده‌ها مانند گیرنده‌های دما در بخش‌های گوناگون بدن پراکنده‌اند و گروهی از گیرنده‌های بدن ما در اندام‌های ویژه‌ای قرار دارند؛ مانند گیرنده‌های بینایی در چشم. از این رو، حواس را به دو گروه **حواس پیکری** و **حواس ویژه** تقسیم کرده‌اند. در ادامه درس با کار هر گروه از این حواس آشنا می‌شوید.

### حواس پیکری

در بخش‌های گوناگون بدن مانند پوست، ماهیچه‌های اسکلتی و زردپی‌ها، گیرنده‌هایی به نام گیرنده‌های حس‌های پیکری وجود دارند. حس‌های پیکری شامل حس **تماس**، **دما**، **وضعیت و درد**ند. انتهای داربته آزاد، مانند گیرنده‌های درد، یا انتهای داربته‌هایی درون پوششی از بافت پیوندی مانند گیرنده فشار در پوست، نمونه‌هایی از گیرنده‌های حواس پیکری‌اند (شکل ۱).

**گیرنده‌های تماسی**، گیرنده‌های مکانیکی‌اند که با تماس، فشار یا ارتعاش تحریک می‌شوند (شکل ۲). این گیرنده‌ها، مثلاً در پوست وجود دارند. تعداد گیرنده‌های تماس در پوست بخش‌های گوناگون بدن متفاوت است و بخش‌هایی که تعداد گیرنده‌های بیشتری دارند، مانند نوک انگشتان و لب‌ها، حساس‌ترند.

**گیرنده‌های دمایی** در بخش‌هایی از درون بدن، مانند برخی سیاهرگ‌های بزرگ و پوست جای دارند. گیرنده‌های دمایی درون بدن به تغییرات



شکل ۲- گیرنده‌های پوست

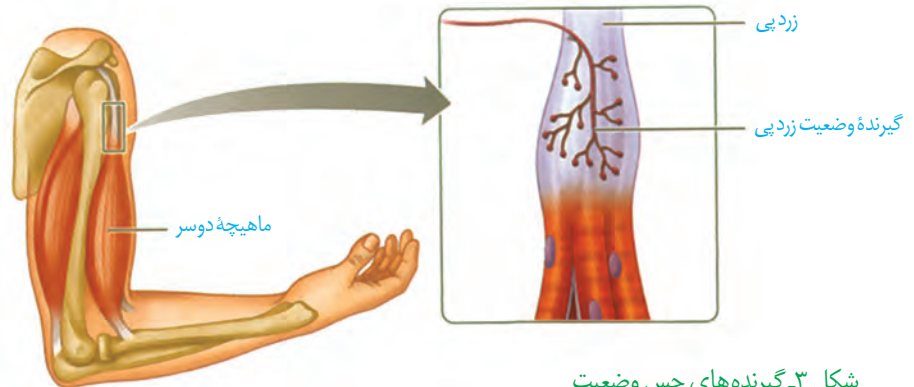


### بیشتر بدانید

تزریق موادی مانند هیستامین که از بافت‌های تخریب شده خارج می‌شوند، در زیر پوست، درد شدیدی را ایجاد می‌کنند. به این ترتیب، مشخص شده است که برخی موادی که در بدن تولید می‌شوند، گیرنده‌های درد را تحریک می‌کنند.

دمای درون بدن و گیرنده‌های دمایی پوست به تغییرات دمای سطح بدن حساس‌اند؛ در نتیجه سرما یا گرما را دریافت می‌کنند.

فعالیت گیرنده‌های مکانیکی **حسّ وضعیت** موجب می‌شود که مغز از چگونگی قرارگیری قسمت‌های مختلف بدن نسبت به هم، هنگام سکون و حرکت اطلاع یابد. گیرنده‌های حسّ وضعیت در ماهیچه‌های اسکلتی، زردپی‌ها و کپسول پوشاننده مفصل‌ها قرار دارند و به کشیده شدن حساس‌اند. مثلاً وقتی دست خود را حرکت می‌دهید، گیرنده‌های درون ماهیچه کشیده و تحریک می‌شوند.



شکل ۳- گیرنده‌های حس وضعیت در زردپی

**گیرنده‌های درد** در پوست و برخی بخش‌های دیگر بدن مانند دیواره سرخرگ‌ها قرار دارند. گیرنده‌های درد به آسیب بافتی پاسخ می‌دهند. آسیب بافتی در اثر عوامل مکانیکی مثل بریدگی، سرما یا گرمای شدید و برخی مواد شیمیایی مثل لاکتیک اسید ایجاد می‌شود. گیرنده‌های درد سازش پیدا نمی‌کنند. در نتیجه، این پدیده کمک می‌کند مادامی که محرک آسیب‌رسان وجود دارد، فرد از وجود محرک اطلاع داشته باشد.

درد یک سازوکار حفاظتی است. هرگاه یاخته‌ها در معرض تخریب قرار گیرند، درد ایجاد و موجب می‌شود که فرد برای برطرف کردن عامل ایجاد درد، واکنش مناسب نشان دهد؛ مثلاً نشستن طولانی مدت ممکن است موجب آسیب دیدن پوست در محل نشیمن گاه شود. بنابراین، فرد به طور ناخودآگاه تغییر وضعیت می‌دهد؛ در غیر این صورت، پوست در نقاط تحت فشار تخریب می‌شود.

### بیشتر بدانید

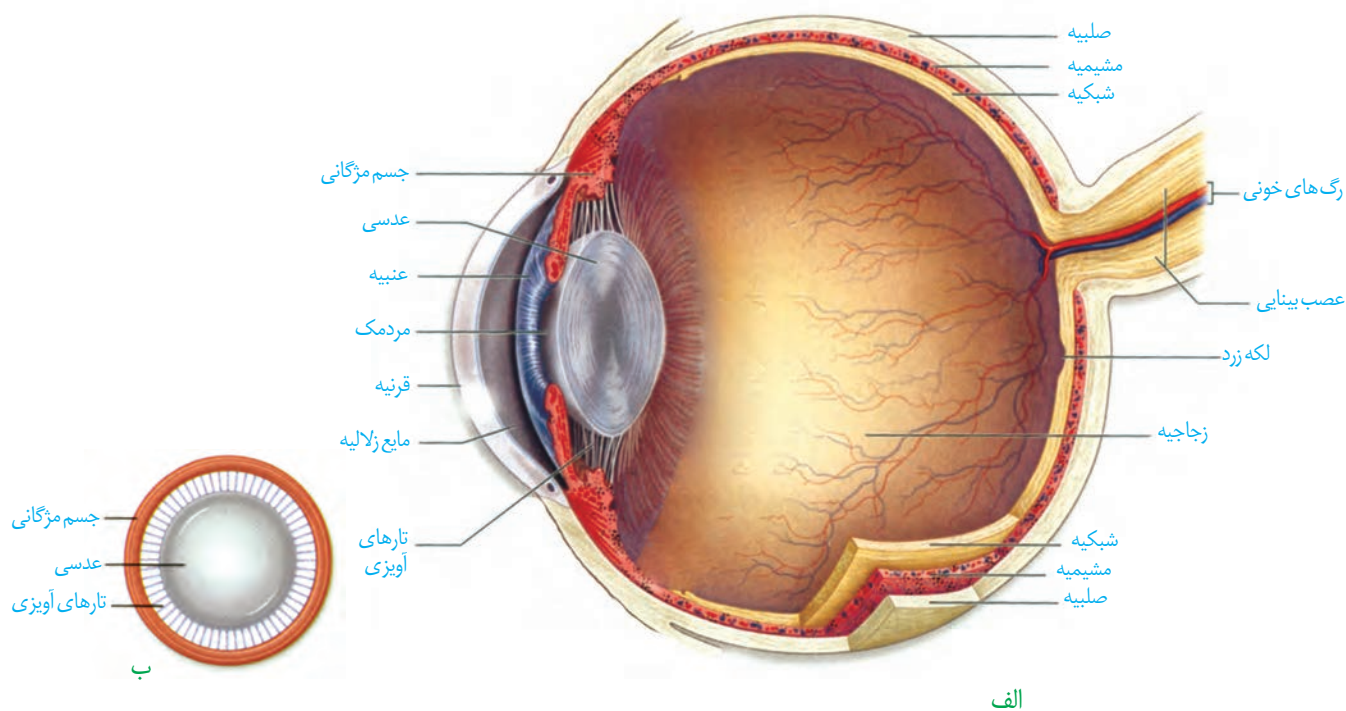
تحریک برخی گیرنده‌های تماسی، از انتقال پیام عصبی درد از آن بخش بدن جلوگیری می‌کند. به همین علت مالش پوست در نزدیک محل دردناک، در تسکین درد تأثیر دارد.



گیرنده‌های حواس ویژه شامل گیرنده‌های حس بینایی، شنوایی، تعادل، بویایی و چشایی اند که در اندام‌های حسی قرار دارند. این گیرنده‌ها در کدام بخش هر یک از این اندام‌ها قرار دارند؟

### بینایی

بیشتر اطلاعات محیط پیرامون را از راه دیدن و به کمک اندام حس بینایی، یعنی چشم دریافت می‌کنیم. کره چشم در حفره استخوانی کاسه چشم قرار دارد. ماهیچه‌هایی که به کره چشم متصل اند، آن را حرکت می‌دهند. این ماهیچه‌ها را در فعالیت تشریح چشم می‌توانید ببینید. پلک‌ها، مژه‌ها، بافت چربی روی کره چشم و اشک از چشم حفاظت می‌کنند. در شکل ۴ ساختار کره چشم را می‌بینید.



الف

ب

شکل ۴- الف) بخش‌های تشکیل دهنده کره چشم چپ از بالا ب) عدسی چشم از روبه‌رو

می‌دانید نوری را که از اجسام بازتاب پیدا می‌کند، گیرنده‌های نوری شبکیه دریافت می‌کنند. نور برای رسیدن به این یاخته‌ها از چه مسیری عبور می‌کند؟

**ساختار کره چشم:** خارجی‌ترین لایه کره چشم از صلیبه و قرنیه تشکیل شده است. صلیبه پرده‌ای سفید رنگ، محکم و قرنیه پرده شفاف جلوی چشم است. لایه میانی چشم شامل مشیمیه، جسم مزگانی و عنبیه است. مشیمیه لایه‌ای رنگدانه‌دار و پر از مویرگ‌های خونی است.

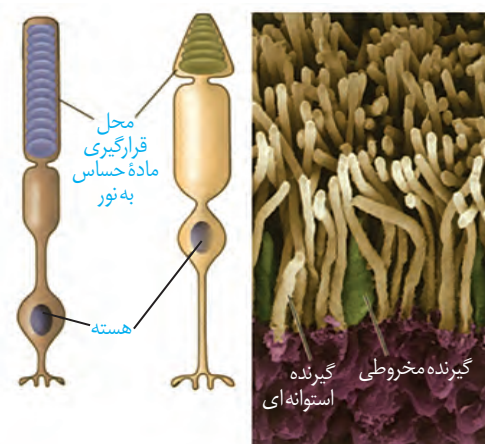
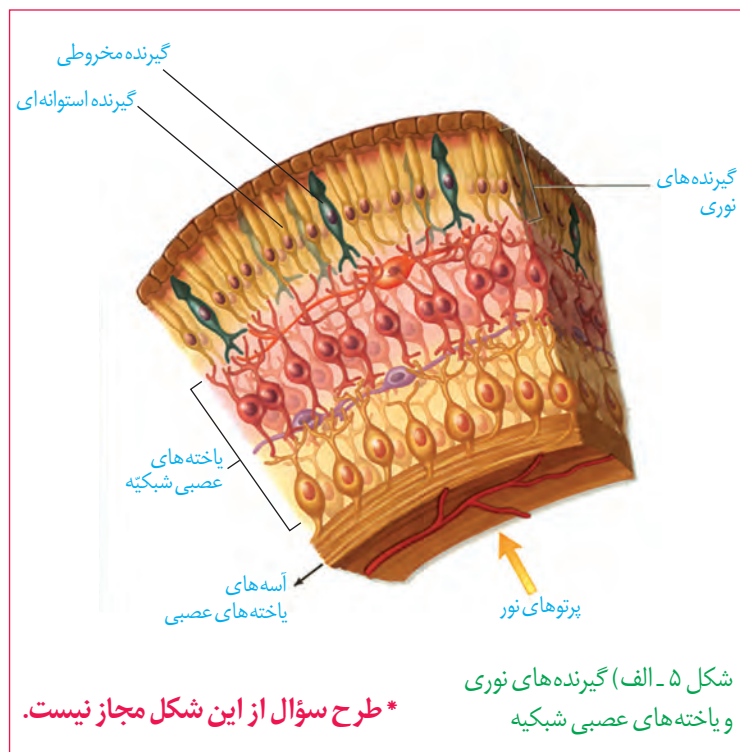
## بیشتر بدانید

**ابن هیثم** که اروپاییان او را الحازن (Alhazan) می‌نامند، دانشمند مسلمان قرن چهارم هجری است. او کسی است که برای نخستین بار در کتاب المناظر خود، بخش‌های چشم را با نام‌های صلیبه، زجاجیه و... نام‌گذاری کرد؛ او همچنین چگونگی دیدن اجسام را توضیح داد. تا قبل از آن بر طبق نظر اقلیدس، تصور می‌کردند که نور از چشم بیننده به اجسام می‌تابد و باعث دیدن آنها می‌شود، ولی ابن هیثم با استدلال تجربی ثابت کرد نور پس از تابیدن بر اجسام و بازتاب از آنها وارد عدسی چشم می‌شود و عدسی، تصویر اجسام را روی پرده شبکیه می‌اندازد. ابن هیثم دریافت که پرده شبکیه از راه عصب بینایی با مغز ارتباط دارد. بعدها ابن سینا، ابوریحان بیرونی و دیگران نظر او را پذیرفتند. ترجمه کتاب او برای سال‌ها، یکی از کتاب‌های درسی دانشگاه‌های اروپا بود.

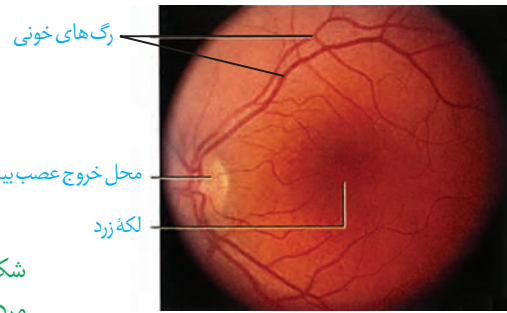
جسم مژگانی، حلقه‌ای بین مشیمیّه و عنیبّه و شامل ماهیچه‌های مژگانی است. عنیبّه بخش رنگین چشم در پشت قرنیه است که در وسط آن، سوراخ **مردمک** قرار دارد. دو گروه ماهیچه صاف عنیبّه، مردمک را (در نور زیاد) تنگ و (در نور کم) گشاد می‌کنند. ماهیچه‌های تنگ‌کننده را اعصاب پادهم حس و ماهیچه‌های گشادکننده را اعصاب هم حس عصب‌دهی می‌کنند.

عدسی چشم همگرا، انعطاف‌پذیر و با رشته‌هایی به نام **تارهای آویزی** به جسم مژگانی متصل است (شکل ۴- ب). مایعی شفاف به نام **زلالیه** فضای جلوی عدسی چشم را پر کرده است که از مویرگ‌ها ترشح می‌شود. زلالیه مواد غذایی و اکسیژن را برای عدسی و قرنیه فراهم و مواد دفعی آنها را جمع‌آوری می‌کند و به خون می‌دهد. ماده‌ای ژله‌ای و شفاف به نام **زجاجیه** در فضای پشت عدسی قرار دارد که شکل کروی چشم را حفظ می‌کند.

**شبکیه** داخلی‌ترین لایه چشم است که گیرنده‌های نوری، یعنی **یاخته‌های مخروطی و استوانه‌ای** و نیز یاخته‌های عصبی در آن قرار دارند (شکل ۵- الف). آسه‌ی یاخته‌های عصبی، **عصب بینایی** را تشکیل می‌دهند که پیام‌های بینایی را به مغز می‌برد. محل خروج عصب بینایی از شبکیه، **نقطه کور** نام دارد. درون گیرنده‌های نوری ماده حساس به نور وجود دارد (شکل ۵- ب).



**اثر نور بر شبکیه:** پرتوهای نور از قرنیه می‌گذرند و به علت انحنای آن همگرا می‌شوند. این پرتوها از زلالیه، سوراخ مردمک، عدسی و زجاجیه عبور می‌کنند. عدسی، پرتوهای نور را روی شبکیه و گیرنده‌های نوری آن متمرکز می‌کند.



شکل ۵ - پ) مشاهده شبکیه از مردمک با دستگاه ویژه

### بیشتر بدانید

**رنگ چشم:** در عنیبه دانه‌های رنگی وجود دارد که حاوی ملانین‌اند. تراکم این دانه‌ها، رنگ چشم را تعیین می‌کند.

رنگدانه سیاه ملانین موجود در یاخته‌های مشیمیه و شبکیه، برای جلوگیری از بازتاب نور و دید واضح، لازم است. افراد زال به‌طور ژنتیکی فاقد رنگدانه‌اند و پرتوهای نور درون کره چشم این افراد در جهت‌های گوناگون بازتاب پیدا می‌کنند. در نتیجه این افراد، دید واضحی ندارند.

یاخته‌های استوانه‌ای در نور کم و یاخته‌های مخروطی در نور زیاد تحریک می‌شوند. گیرنده‌های مخروطی، تشخیص رنگ و جزئیات اجسام را امکان‌پذیر می‌کنند. بخشی از شبکیه را که در امتداد محور نوری کره چشم قرار دارد، **لکه زرد** می‌نامند. این بخش در دقت و تیزبینی اهمیت دارد؛ زیرا گیرنده‌های مخروطی در آن فراوان‌ترند.

با برخورد نور به شبکیه، ماده حساس به نور، درون گیرنده‌های نوری تجزیه می‌شود و واکنش‌هایی را به راه می‌اندازد که به ایجاد پیام عصبی منجر می‌شود. ویتامین A برای ساخت ماده حساس به نور لازم است.

شکل ۶- تطابق برای دیدن اجسام (الف) نزدیک



(ب) دور



**تطابق:** با تغییر همگرایی عدسی چشم، می‌توان اجسام دور و نزدیک را واضح دید. هنگام دیدن اشیای نزدیک، با انقباض ماهیچه‌های جسم مژگانی، عدسی ضخیم می‌شود. وقتی به اشیای دور نگاه می‌کنیم با استراحت این ماهیچه‌ها، عدسی باریک‌تر می‌شود. به این ترتیب، تصویر در هر حالت روی شبکیه تشکیل می‌شود. این فرایندها **تطابق** نام دارد (شکل ۶).

با استفاده از شکل ۶، تغییرات چشم هنگام تطابق برای دیدن جسم دور و نزدیک را مقایسه کنید.

## فعالیت ۲

### بیماری‌های چشم

برای دیدن درست اجسام، قرنیه، عدسی و کره چشم باید شکل ویژه‌ای داشته باشند. تا پرتوهای نور به‌طور دقیق روی شبکیه متمرکز شوند.

**نزدیک بینی و دور بینی:** در افراد نزدیک بین، کره چشم بیش از اندازه بزرگ است و پرتوهای نور

اجسام دور، در جلوی شبکیه متمرکز می‌شوند. در نتیجه فرد، اجسام دور را واضح نمی‌بیند. در فرد دوربین، کره چشم از اندازه طبیعی کوچک‌تر است و پرتوهای نور اجسام نزدیک در پشت شبکیه متمرکز می‌شوند و فرد این اجسام را واضح نمی‌بیند.



الف) چشم نزدیک بین و اصلاح آن



ب) چشم دوربین و اصلاح آن

شکل ۲- اصلاح نزدیک بینی و دوربینی

### فعالیت ۳

- با استفاده از شکل ۲ بگویید نزدیک بینی و دوربینی با استفاده از کدام عدسی اصلاح می‌شوند؟  
- در برخی افراد، علت نزدیک بینی و دوربینی، تغییر همگرایی عدسی چشم است. با استفاده از آنچه آموختید، بگویید تغییر همگرایی عدسی در چشم، چگونه موجب نزدیک بینی و دوربینی می‌شود؟

#### بیشتر بدانید

**عدسی (لنز) تماسی:** امروز استفاده از عدسی تماسی برای اصلاح دید افراد متداول شده است. لایه نازک اشک، فضای بین عدسی تماسی و قرنیه چشم را پر می‌کند و آن را در جای خود محکم نگه می‌دارد. استفاده از عدسی تماسی به ویژه وقتی شکل غیرطبیعی قرنیه، عامل اختلال در همگرا شدن پرتوهای نور است، از عینک کارآمدتر است.

**آستیگماتیسم:** اگر سطح عدسی یا قرنیه کاملاً کروی و صاف نباشد، پرتوهای نور به طور نامنظم به هم می‌رسند و روی یک نقطه شبکیه متمرکز نمی‌شوند. در نتیجه تصویر واضحی تشکیل نمی‌شود. در این حالت، چشم دچار آستیگماتیسم است (شکل ۸). برای اصلاح دید این فرد از عینکی استفاده می‌کنند که عدسی آن عدم یکنواختی انحنای قرنیه یا عدسی را جبران می‌کند.  
**پیر چشمی:** با افزایش سن، انعطاف پذیری عدسی چشم کاهش پیدا می‌کند و تطابق دشوار می‌شود. این حالت را پیر چشمی می‌گویند که به کمک عینک‌های ویژه اصلاح می‌شود.

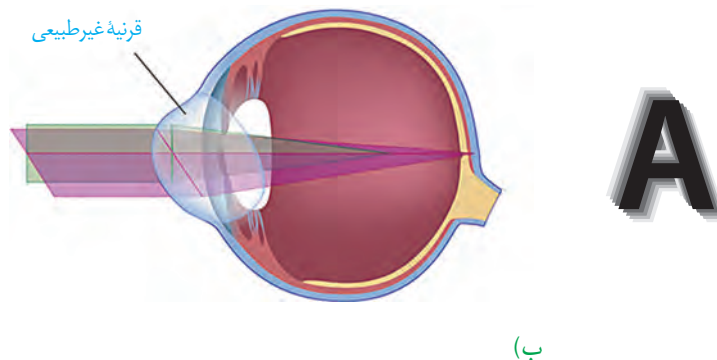
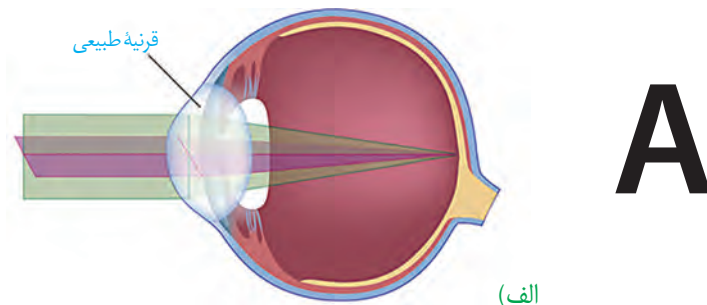
#### بیشتر بدانید

**آب مروارید<sup>۱</sup>:** گاهی در عدسی چشم افراد مسن رنگدانه‌های قهوه‌ای تجمع می‌یابند و شفافیت آن را کاهش می‌دهند. در این حالت، عدسی کدر شده، آب مروارید به وجود می‌آید. زیاد قرار گرفتن در معرض پرتوهای فرابنفش خورشید نیز، ممکن است به آب مروارید منجر شود.

۱- Cataract



شکل ۸- مقایسه تشکیل تصویر در  
الف) چشم طبیعی  
ب) چشم آستیگمات و تصویری که  
هر کدام می بینند.



### بیشتر بدانید

**بیماری آب سیاه:** مایع زلالیه به طور مرتب تولید می شود و به طور معمول از منافذ کوچک دور عنبیه به خون وارد می شود. اگر به علتی مسیر تخلیه این مایع مسدود شود، فشار مایع داخل چشم افزایش می یابد، بیماری آب سیاه ایجاد می شود. افزایش فشار داخل چشم به تحلیل عصب بینایی و کاهش بینایی منجر می شود.

۱- Glaucoma

## فعالیت ۴

### تشریح چشم

**مواد و وسایل لازم:** چشم سالم گاو به همراه ماهیچه های آن، وسایل تشریح، دستکش برای هر گروه.

برای آماده کردن چشم از دبیر خود راهنمایی بخواهید.



شکل ۱- بالا و پایین چشم



شکل ۲- چشم راست

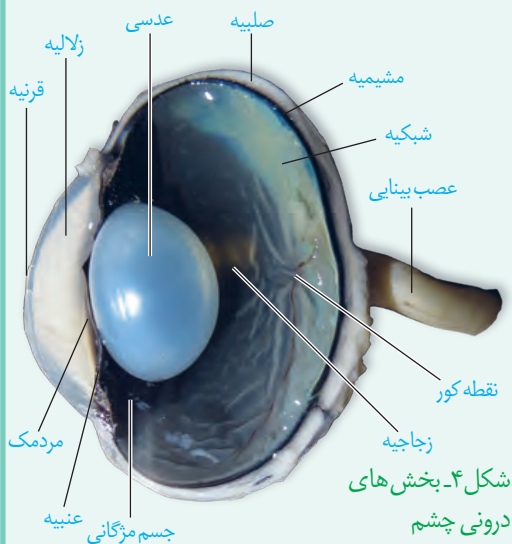
**۱- بررسی ویژگی های ظاهری چشم:** برای تشخیص بالا و پایین چشم، فاصله عصب بینایی تا قرنیه را در نظر بگیرید. سطحی از کره چشم که در آن فاصله عصب تا روی قرنیه بیشتر است، سطح بالایی چشم و سطح دیگری، سطح پایینی آن است (شکل ۱). برای تشخیص چپ یا راست بودن چشم، آن را طوری در دست بگیرید که سطح بالایی آن رو به بالا باشد. قرنیه به شکل تخم مرغ دیده می شود و بخش پهن تر آن به سمت بینی و بخش باریک تر آن به سمت گوش قرار دارد (شکل ۲). راه دیگر، بررسی عصب بینایی است. این عصب پس از خروج از چشم به سمت مخالف، خم می شود. در ادامه، بافت های چربی بین ماهیچه ها و کره چشم را جدا و ماهیچه های آن را مشاهده کنید. برای مشاهده دقیق ماهیچه ها از مولژ چشم استفاده کنید.

**۲- تشریح:** ماهیچه ها را با قیچی از کره چشم جدا کنید. چشم را روی ظرف تشریح قرار دهید و با چاقوی جراحی، صلبیه را در فاصله یک سانتی متری از قرنیه سوراخ کنید و با قیچی دورتا دور قرنیه را در این فاصله برش دهید. دقت کنید قیچی را خیلی درون کره چشم فرو نبرید تا زجاجیه آسیب نبیند (شکل ۳). پس از برش





شکل ۳- کره چشم برش خورده



شکل ۴- بخش‌های درونی چشم

می‌توانید سه لایه چشم و بخش‌های تشکیل دهنده آنها و نقطه کور را ببینید. لایه شبکیه بسیار نازک است، دقت کنید هنگام کار جمع نشود. به طرز قرار گرفتن عدسی توجه کنید. در کنار عدسی، جسم مزگانی، و تارهای آویزی که عدسی را احاطه کرده‌اند، دیده می‌شوند. عدسی را به آرامی خارج کنید. مایع زلالیه و زجاجیه ژله‌ای را مشاهده کنید. در این حالت، زلالیه به طور کامل شفاف نیست؛ زیرا مقداری از دانه‌های سیاه ملانین از بخش‌های دیگر چشم در آن رها شده‌اند.

جسم مزگانی به شکل حلقه‌ای دور محل استقرار عدسی قرار دارد. درون این حلقه، عنبیه قرار دارد که نازک‌تر و شامل ماهیچه‌های صاف حلقوی (تنگ کننده مردمک) و شعاعی (گشادکننده مردمک) است. سوراخ وسط عنبیه همان مردمک است. جسم مزگانی و عنبیه به آسانی جدا می‌شوند و قرنیه شفاف و برآمده دیده می‌شود.

پس از انجام تشریح و با استفاده از مشاهده‌های خود، به این پرسش‌ها پاسخ دهید.

الف) ویژگی‌های هر یک از سه لایه چشم و بخش‌های تشکیل دهنده آنها را بیان کنید.

ب) زجاجیه و زلالیه را با یکدیگر مقایسه کنید. از فعالیت خود گزارش تهیه کنید و به معلم ارائه دهید.

### بیشتر بدانید

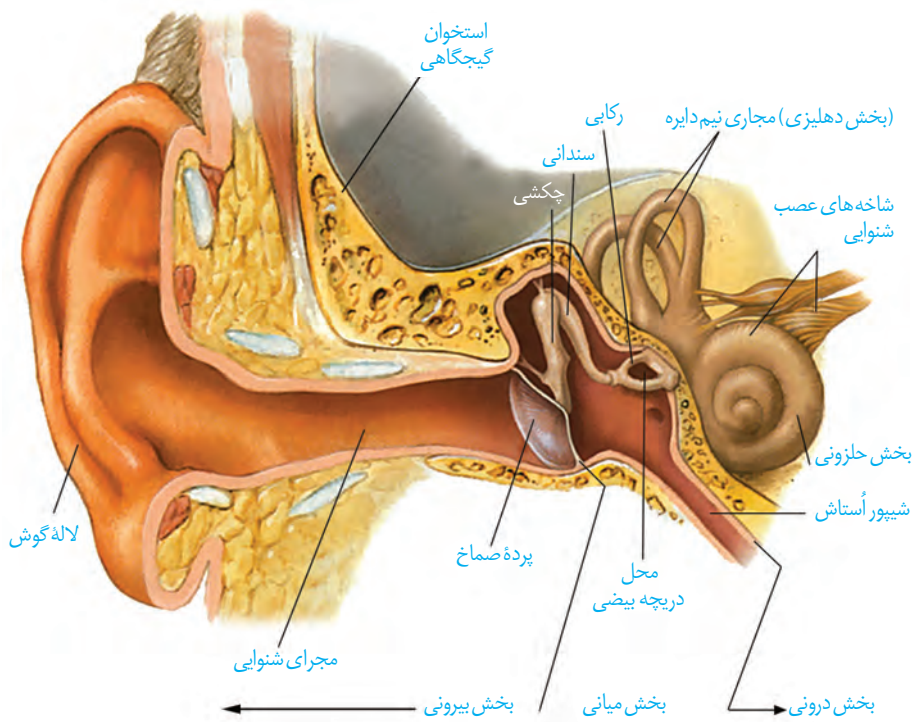
در پشت شبکیه چشم بسیاری از مهره‌داران، لایه‌ای درخشان وجود دارد که پرتوهای نور را باز می‌تاباند تا گیرنده‌ها، نور بیشتری دریافت کنند. این موضوع به دید بهتر جانور در شب کمک می‌کند. همچنین موجب درخشندگی چشم این جانوران در شب می‌شود.



لایه درخشان در چشم گاو

### شنوایی و تعادل

گیرنده‌های مکانیکی درون گوش، در شنیدن و حفظ تعادل بدن نقش دارند. این گیرنده‌ها در کدام بخش‌های گوش قرار گرفته‌اند؟ همان‌طور که آموخته‌اید، گوش از سه بخش بیرونی، میانی و درونی تشکیل شده است (شکل ۹).



شکل ۹- بخش های تشکیل دهنده گوش

## فعالیت ۵

با استفاده از شکل ۹ و مولاژ گوش به پرسش های زیر پاسخ دهید.

- بین بخش بیرونی و میانی گوش کدام ساختار قرار دارد؟
- استخوان های کوچک در کدام بخش گوش قرار دارند؟
- حلزون گوش در کدام بخش آن قرار دارد؟

**ساختار گوش:** لاله گوش و مجرای آن بخش بیرونی گوش را تشکیل می دهند. لاله گوش امواج صوتی را جمع آوری و مجرای شنوایی، آنها را به بخش میانی منتقل می کند. موهای کرک مانند درون مجرا و موادی که غده های درون مجرا ترشح می کنند، نقش حفاظتی دارند. انتهای مجرا و بخش های میانی و درونی گوش را استخوان گیجگاهی حفاظت می کند.

### بیشتر بدانید

آسیب دیدن حلزون گوش، عصب شنوایی، یا اختلال در ساختارهای هدایت کننده صدا به بخش حلزونی، مانند استخوان های کوچک گوش میانی به ناشنوایی منجر می شود.

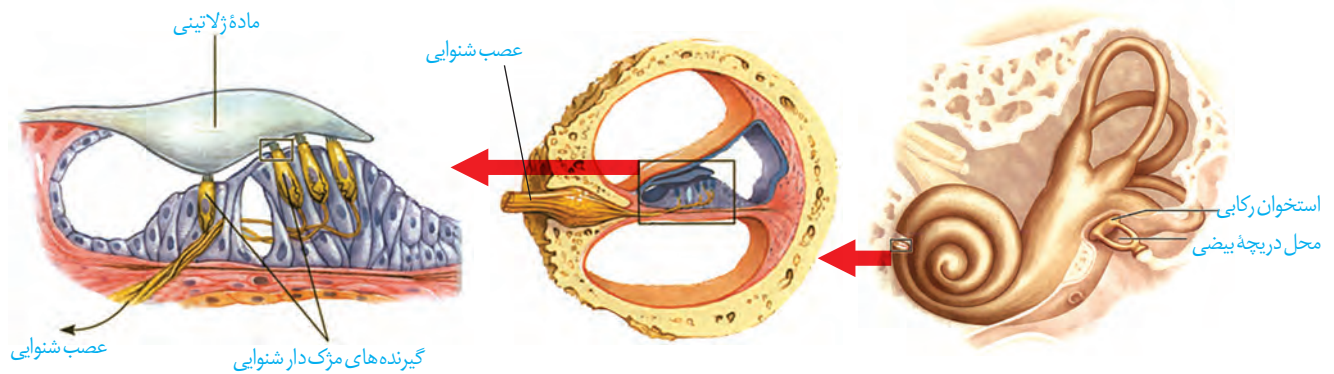
کاشت حلزون روشی برای بازگرداندن شنوایی است. این دستگاه را با جراحی در زیر پوست پشت گوش قرار می دهند. دستگاه امواج صوتی را جمع آوری کرده، به جریان الکتریکی تبدیل و الکترودهای آن عصب شنوایی را به طور مستقیم تحریک می کنند.

**پرده صماخ** در انتهای مجرای شنوایی و بین گوش بیرونی و میانی قرار دارد. گوش میانی محفظه استخوانی پر از هواست. درون گوش میانی و پشت پرده صماخ سه استخوان کوچک **چکشی، سندان** و **رکابی**، به ترتیب قرار دارند و به هم مفصل شده اند. همان طور که در شکل ۹ می بینید، بخشی به نام **شیپور استاش**، حلق را به گوش میانی مرتبط می کند. هوا از این مجرا به گوش میانی منتقل می شود، تا فشار آن در دو طرف پرده صماخ یکسان شود و پرده به درستی بلرزد. گوش درونی از دو **بخش حلزونی و دهلیزی** تشکیل شده است. بخش حلزونی در شنوایی و بخش دهلیزی در تعادل نقش دارد.

**تبدیل صدا به پیام عصبی:** امواج صوتی پس از عبور از مجرای شنوایی، به پرده صماخ برخورد می کنند و آن را به ارتعاش درمی آورند. دسته استخوان چکشی روی پرده صماخ چسبیده و با ارتعاش

آن می لرزد و استخوان های سندان و رکابی را نیز به ارتعاش درمی آورد. کف استخوان رکابی طوری روی دریچه ای به نام **دریچه بیضی** قرار گرفته است که لرزش آن، دریچه را می لرزاند. این دریچه پرده ای نازک است که در پشت آن، بخش حلزونی گوش قرار دارد. بخش حلزونی را مایعی پر کرده است. لرزش دریچه بیضی، مایع درون حلزون را به لرزش درمی آورد.

همان طور که در شکل ۱۰ می بینید، در بخش حلزونی یاخته های مژک داری قرار دارند که مژک هایشان با پوششی ژلاتینی تماس دارند. این یاخته ها، گیرنده های مکانیکی اند که با لرزش مایع درون بخش حلزونی، مژک های آنها خم می شود. در نتیجه کانال های یونی غشای آنها باز و این یاخته ها تحریک می شوند. در نتیجه بخش شنوایی عصب گوش پیام عصبی ایجاد شده را به مغز می برد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- یاخته های مژک دار حلزون گوش

در باره نقش حفاظتی موها و مواد ترشحاتی در مجرای شنوایی گوش اطلاعات جمع آوری و به کلاس ارائه کنید.

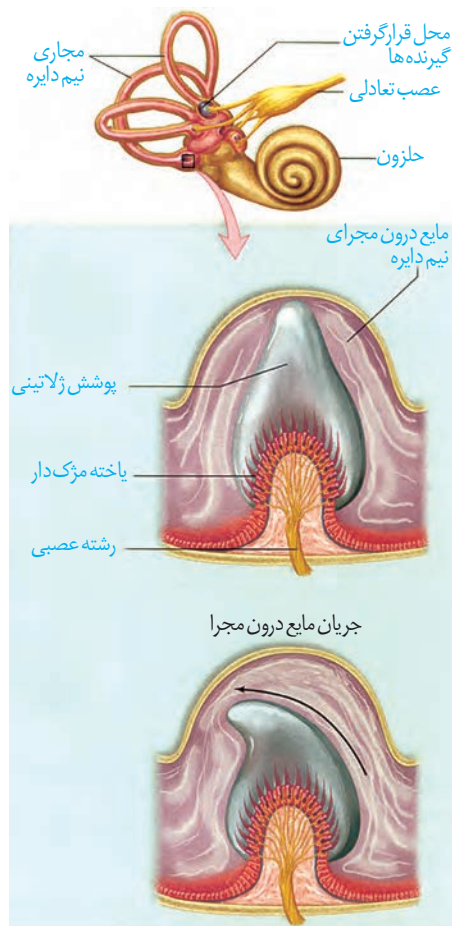
## فعالیت ۶

### حفظ تعادل

در بخش دهلیزی گوش داخلی سه **مجرای نیم دایره ای** شکل عمود برهم (در سه جهت فضا) وجود دارد که یاخته های مژک دار حس تعادل درون آنها قرار گرفته اند. حرکت سر، این یاخته ها را تحریک می کند. شکل ۱۱ یاخته های گیرنده تعادل در یک مجرای نیم دایره را نشان می دهد. درون مجرای نیم دایره از مایعی پر شده است و مژک های یاخته های گیرنده نیز در ماده ای ژلاتینی قرار دارند. با چرخش سر، مایع درون مجرا به حرکت درمی آید و ماده ژلاتینی را به یک طرف خم می کند. مژک های یاخته های گیرنده، خم و این گیرنده ها تحریک می شوند. آسه یاخته های عصبی حس که شاخه دهلیزی (تعادلی) عصب گوش را تشکیل می دهند، پیام را به مغز و به ویژه منحنی می برند و آن را از موقعیت سر آگاه می کنند. برای حفظ تعادل بدن، مغز از گیرنده های دیگر مانند گیرنده های وضعیت نیز پیام دریافت می کند.

### بیشتر بدانید

بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۳۹۳ (۲۰۱۵ میلادی) ۱/۱ میلیارد نفر نوجوان و جوان در جهان در خطر از دست دادن شنوایی قرار داشته‌اند. استفاده نایمن از وسایل صوتی شخصی و یا قرار گرفتن در مکان‌های تفریحی پر سروصدا این خطر را به وجود آورده است. این سازمان توصیه کرده است برای حفظ شنوایی باید صدای وسایل صوتی شخصی و زمان استفاده از این وسایل را به کمتر از یک ساعت در روز کاهش داد. همچنین هنگام استفاده از این دستگاه‌ها، از نرم‌افزارهایی استفاده کنند که سطح ایمن شنوایی را نشان می‌دهند و معاینه شنوایی را نیز به طور منظم انجام دهند.

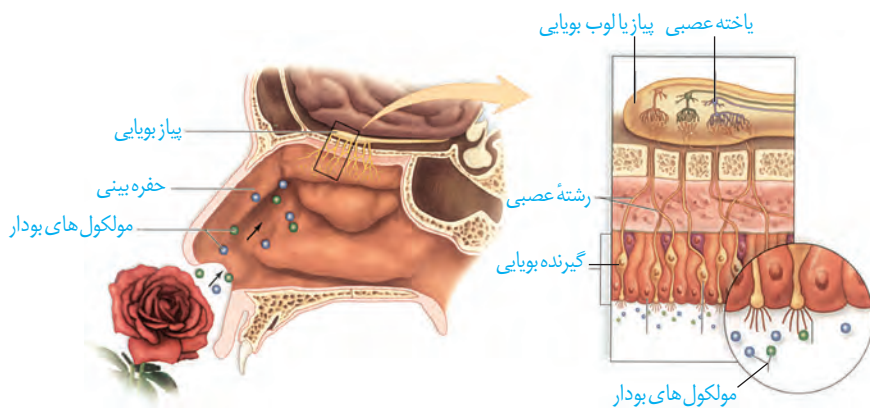


شکل ۱۱- چگونگی تحریک گیرنده‌های تعادلی در مجاری نیم دایره

## فعالیت ۷

در باره شغل شنوایی سنجی و بینایی سنجی گزارشی تهیه و به کلاس ارائه کنید.

### بویایی



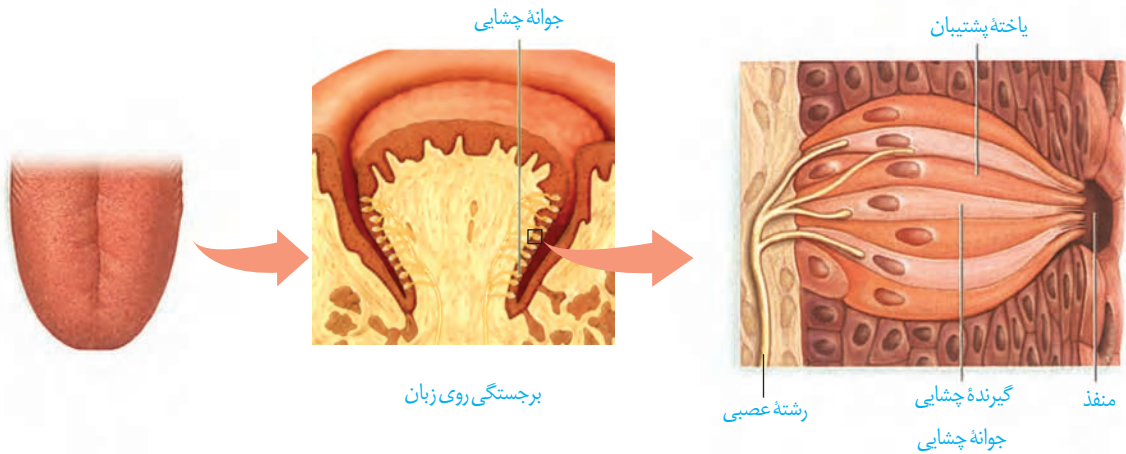
شکل ۱۲- گیرنده‌های بویایی

گیرنده‌های بویایی در سقف حفره بینی قرار دارند. مولکول‌های بودارِ هوای تنفسی این یاخته‌ها را تحریک می‌کنند. این یاخته‌ها پیام‌های بویایی را به لوب‌های (پیازهای) بویایی مغز که در تشریح مغز آنها را مشاهده کردید، می‌برند. پیام بویایی سرانجام به قشر مخ ارسال می‌شود (شکل ۱۲).



## چشایی

در دهان و برجستگی‌های زبان **جوانه‌های چشایی** و درون این جوانه‌ها **گیرنده‌های چشایی** قرار گرفته‌اند. ذره‌های غذا در بزاق حل می‌شوند و یاخته‌های گیرنده چشایی را تحریک می‌کنند. (شکل ۱۳).

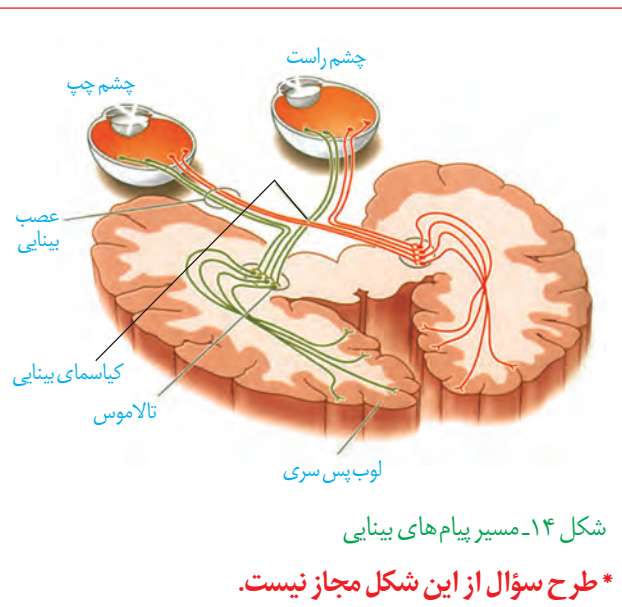


شکل ۱۳- گیرنده‌های چشایی زبان

انسان پنج مزه اصلی شیرینی، شوری، ترشی، تلخی و مزه اومامی را احساس می‌کند. **اومامی**، کلمه‌ای ژاپنی به معنای لذیذ است که برای توصیف یک مزه مطلوب که با چهار مزه دیگر تفاوت دارد، به کار می‌رود، اومامی مزه غالب غذاهایی است که آمینواسید گلوتمات دارند، مانند عصاره گوشت. حس بویایی در درک درست مزه غذا تأثیر دارد؛ مثلاً وقتی سرماخورده و دچار گرفتگی بینی شده ایم، مزه غذاها را به درستی تشخیص نمی‌دهیم.

## پردازش اطلاعات حسی

با وجود یکسان بودن ماهیت پیام عصبی که از گیرنده‌های گوناگون بدن به دستگاه عصبی مرکزی می‌رسند، مغز چگونه آنها را به شکل‌های متفاوتی مانند صدا، تصویر، یا مزه تفسیر می‌کند؟ پیام‌هایی که هر نوع از گیرنده‌های حسی ارسال می‌کنند، به بخش یا بخش‌های ویژه‌ای از دستگاه عصبی مرکزی وقشر مخ وارد می‌شوند. شکل ۱۴ مسیر ارسال پیام‌های بینایی را نشان می‌دهد. **چلیبای (کیاسمای) بینایی** که در فعالیت تشریح مغز آن را مشاهده کردید، محلی است که بخشی از آسه‌های عصب بینایی یک چشم به نیمکره مخ مقابل می‌روند. پیام‌های بینایی سرانجام به **لوب‌های پس سری** قشر مخ وارد و در آنجا پردازش می‌شوند. پیام‌های بینایی قبل از رسیدن به قشر مخ از بخش‌های دیگری از مغز مانند تالاموس می‌گذرند.



شکل ۱۴- مسیر پیام‌های بینایی

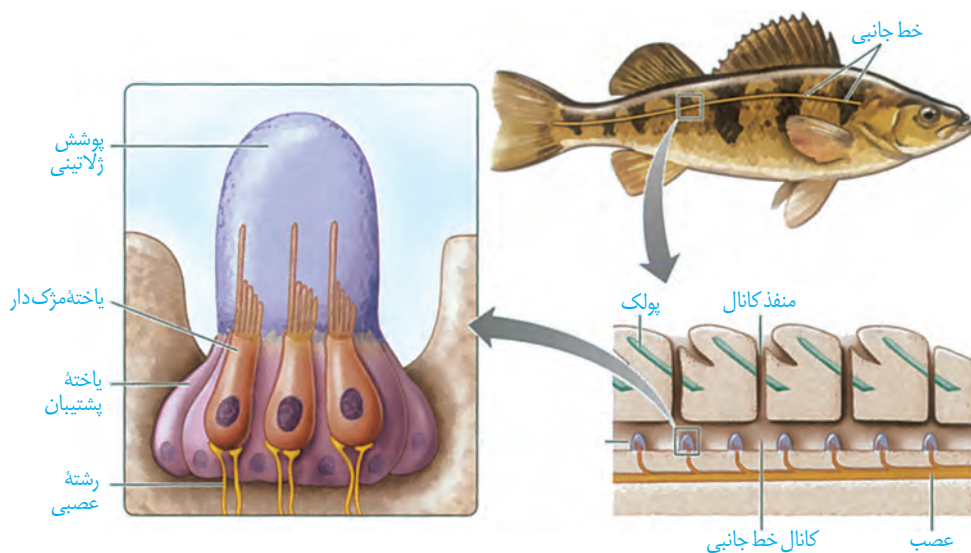
\* طرح سؤال از این شکل مجاز نیست.



گیرنده‌های حسی انسان می‌توانند محرک‌های گوناگون محیط را دریافت کنند. اما محرک‌هایی مانند پرتوهای فرابنفش نیز وجود دارد که انسان به کمک دستگاه‌های ویژه‌ای می‌تواند آنها را دریافت کند؛ در حالی که برخی جانوران گیرنده‌های دریافت‌کننده آنها را دارند. در ادامه به برخی گیرنده‌های حسی در جانوران می‌پردازیم.

**گیرنده‌های مکانیکی خط جانبی:** در دو سوی بدن ماهی‌ها ساختاری به نام **خط جانبی** وجود دارد. این ساختار، کانالی در زیر پوست جانور است که از راه سوراخ‌هایی با محیط بیرون ارتباط دارد. درون کانال، یاخته‌های مژک‌داری قرار دارند که به ارتعاش آب حساس‌اند. مژک‌های این

یاخته‌ها در ماده‌ای ژلاتینی قرار دارند. جریان آب در کانال، ماده ژلاتینی را به حرکت در می‌آورد. حرکت ماده ژلاتینی، یاخته‌های گیرنده را تحریک می‌کند و ماهی به کمک خط جانبی از وجود اجسام و جانوران دیگر (شکار و شکارچی) در پیرامون خود آگاه می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- ساختار خط جانبی در ماهی

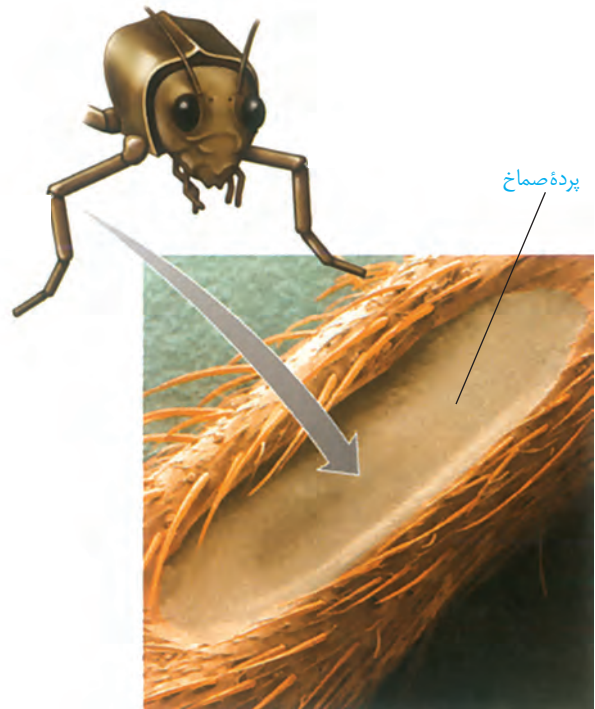


### گیرنده‌های شیمیایی در پا:

در مگس، گیرنده‌های شیمیایی در موهای حسی روی پاهای آن قرار دارند. مگس‌ها به کمک این گیرنده‌ها انواع مولکول‌ها را تشخیص می‌دهند (شکل ۱۶).

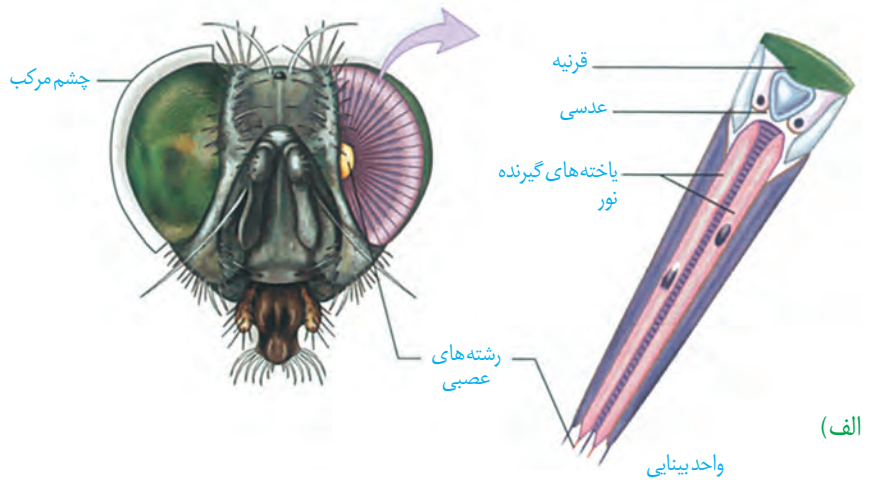
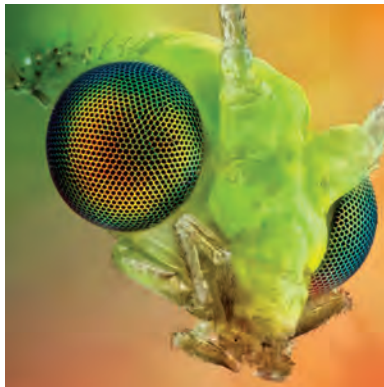
شکل ۱۶- گیرنده شیمیایی در مگس

**گیرنده مکانیکی صدا در پا:** روی هر یک از پاهای جلویی جیرجیرک یک محفظه هوا وجود دارد که پرده صماخ روی آن کشیده شده است. لرزش پرده در اثر امواج صوتی، گیرنده‌های مکانیکی را که در پشت پرده صماخ قرار دارند، تحریک و جانور صدا را دریافت می‌کند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- پرده صماخ در جیرجیرک

**گیرنده‌های نوری چشم مرکب:** چشم مرکب که در حشرات دیده می‌شود، از تعداد زیادی واحد بینایی تشکیل شده است. هر واحد بینایی، یک قرنیه، یک عدسی و تعدادی گیرنده نوری دارد. هر یک از این واحدها تصویر کوچکی از بخشی از میدان بینایی را ایجاد می‌کنند. دستگاه عصبی جانور، این اطلاعات را یکپارچه و تصویری موزاییکی ایجاد می‌کند (شکل ۱۸). گیرنده‌های نوری برخی حشرات مانند زنبور، پرتوهای فرابنفش را نیز دریافت می‌کنند.



(الف)

### بیشتر بدانید



بیشتر حشرات سه چشم ساده روی سر خود دارند. شواهد نشان می‌دهند، زنبور عسل از چشم ساده خود برای تشخیص شدت نور و طول روز استفاده می‌کند؛ اما این چشم، تصویری ایجاد نمی‌کند.

چشم‌های ساده  
چشم‌های مرکب

تصویر چشم‌های زنبور با میکروسکوپ الکترونی



(ب)

شکل ۱۸- الف) چشم مرکب حشرات و ب) تصویر موزاییکی در مقایسه با تصویری که چشم انسان می‌بیند.

### بیشتر بدانید

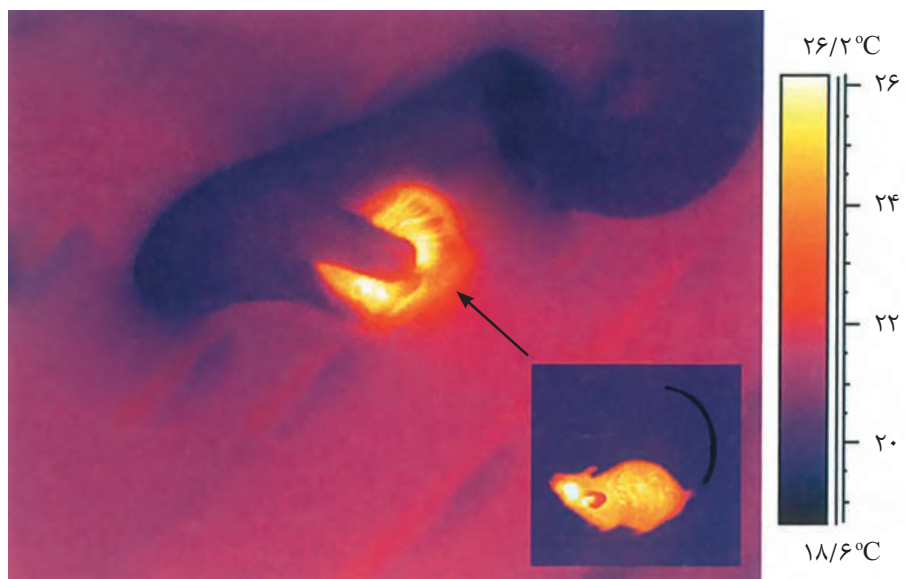
#### گیرنده‌های مغناطیسی:

جانورانی مانند لاک‌پشت‌های دریایی که هنگام مهاجرت مسافت‌های طولانی را می‌پیمایند، گیرنده‌های مغناطیسی دارند که به کمک آنها جهت و موقعیت خود را به درستی تشخیص می‌دهند؛ زیرا الگوی میدان مغناطیسی زمین، در نواحی مختلف کره زمین متفاوت و تقریباً در طول زمان ثابت است و با تغییر آب و هوا و شب و روز تغییر نمی‌کند.

شکل ۱۹-الف) محل گیرنده فروسرخ در مار زنگی

ب) تصویر مار در حال شکار که با دوربین حساس به پرتوهای فروسرخ گرفته شده است.

**گیرنده فروسرخ مار زنگی:** برخی مارها می‌توانند پرتوهای فروسرخ را تشخیص دهند. همان طور که در شکل ۱۹ می‌بینید، در جلو و زیر هر چشم مار زنگی سوراخی است که گیرنده‌های پرتوهای فروسرخ در آن قرار دارند. به کمک این گیرنده‌ها، مار پرتوهای فروسرخ تابیده از بدن شکار را دریافت می‌کند و محل آن را در تاریکی تشخیص می‌دهد.

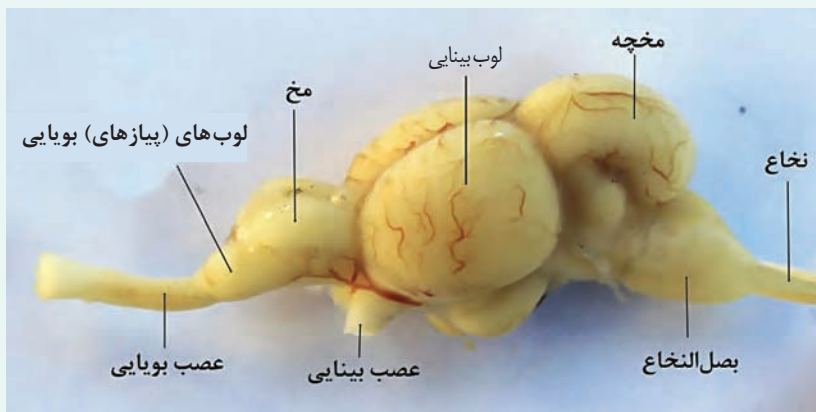


### بیشتر بدانید

#### گیرنده‌های الکتریکی:

بسیاری از کوسه‌ها و برخی از پستانداران مانند پلاتی پوس (نوک اردکی)، گیرنده‌هایی دارند که میدان‌های الکتریکی را تشخیص می‌دهند. این جانوران از گیرنده‌های الکتریکی برای یافتن شکار و جهت‌یابی استفاده می‌کنند. برخی از ماهی‌ها برای ایجاد ارتباط با هموعان این گیرنده‌ها را به کار می‌برند.

۱- طرح زیر مغز ماهی را نشان می دهد.



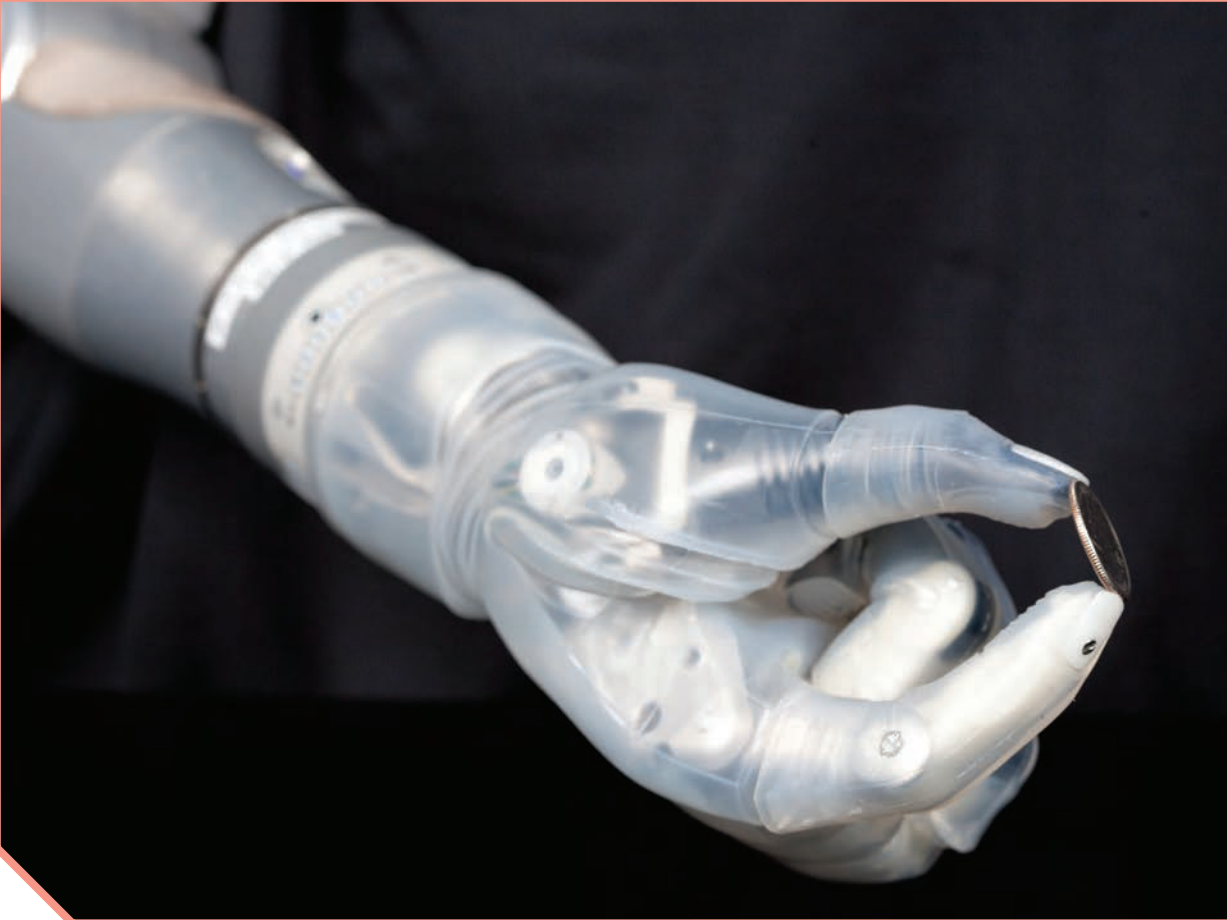
لوب های (پیازهای) بویایی ماهی نسبت به کل مغز جانور از لوب های بویایی انسان بزرگ تر است.

این مطلب چه واقعیتی را درباره حس بویایی ماهی نشان می دهد؟

۲- ساختار و عملکرد چشم مرکب و چشم انسان را مقایسه کنید.

۳- خط جانبی در ماهی ها با کدام ساختارها در انسان شباهت دارد؟





## فصل ۳

# دستگاه حرکتی

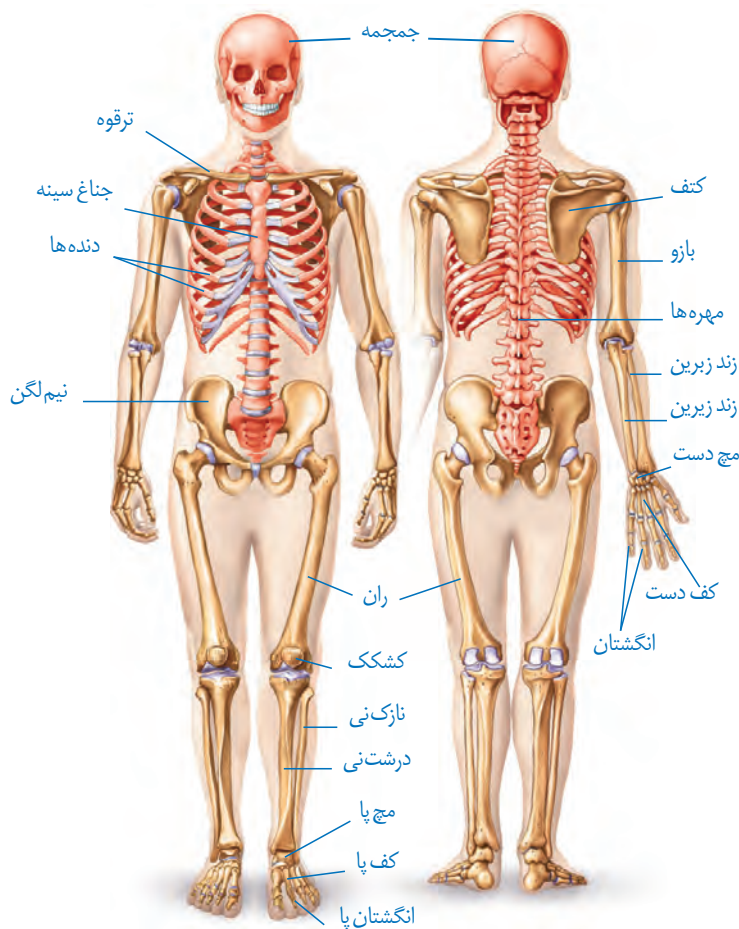
استفاده ما از دست و پا به قدری است که تصور زندگی بدون آنها برایمان بسیار سخت است. خوشبختانه امروزه افراد دارای نقص عضو نیز می‌توانند با استفاده از اعضای مصنوعی تاحدودی بر محدودیت‌های حرکتی چیره شوند. مطالعات دقیق ساختار ماهیچه‌ها، مفاصل و استخوان‌ها، به همراه پیشرفت در علوم مربوط به مواد و الکترونیک، مهندسان را قادر ساخته تا اندام‌های پیچیده را جایگزین بخش‌های آسیب‌دیده یا ناقص کنند. کارآمدی بعضی اندام‌های مصنوعی آن قدر بالاست که در پارالمپیک برای جلوگیری از رقابت نابرابر، قوانین سختگیرانه‌ای برای استفاده از این اندام‌ها وضع شده است.

اندام‌های حرکتی از چه بخش‌هایی تشکیل شده‌اند؟ نحوه عملکرد این بخش‌ها چگونه است؟ چه آسیب‌های احتمالی اندام‌های حرکتی را تهدید می‌کند؟ به چه روش‌هایی می‌توان این اجزا را از آسیب حفظ کرد؟





استخوان‌ها بخشی از اسکلت انسان را تشکیل می‌دهند. اسکلت انسان شامل دو بخش **محوری** و **جانبی** است. بخش محوری همان طور که از نامش مشخص است، محور بدن را تشکیل می‌دهد و از ساختارهایی مانند مغز و قلب حفاظت می‌کند؛ گرچه بخش‌هایی از آن هم در جویدن، شنیدن، صحبت کردن و حرکات بدن نیز نقش دارند. استخوان‌های دست و پا از اجزای اسکلت جانبی‌اند. این استخوان‌ها نسبت به اسکلت محوری، نقش بیشتری در حرکت بدن دارند. بخش‌های مختلف اسکلت در شکل ۱ دیده می‌شوند.



شکل ۱- اسکلت انسان

### اعمال استخوان‌ها

استخوان‌ها علاوه بر حفاظت و پشتیبانی اندام‌ها، اعمال دیگری هم انجام می‌دهند؛ مثلاً استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن دقیق مؤثرند. همچنین استخوان‌ها به کمک ماهیچه‌ها موجب حرکت بدن می‌شوند. سایر اعمال استخوان‌ها در جدول یک خلاصه شده است.

جدول ۱-وظایف اسکلت استخوانی در انسان

وظیفه	توضیح
پشتیبانی	استخوان‌ها شکل بدن را تعیین و نیز چارچوبی را ایجاد می‌کنند تا اندام‌ها روی آنها مستقر شوند.
حرکت	اتصال ماهیچه‌های اسکلتی به استخوان‌ها و انقباض آنها باعث انتقال نیروی ماهیچه به استخوان و حرکت آن می‌شود.
حفاظت اندام‌های درونی	اسکلت استخوانی، بخش‌های حساسی، مانند نخاع، قلب، مغز و شش‌ها را حفاظت می‌کند.
تولید یاخته‌های خونی	بسیاری از استخوان‌ها مغز قرمز دارند که یاخته‌های خونی را تولید می‌کند.
ذخیره مواد معدنی	استخوان‌ها محل ذخیره مواد معدنی، مانند فسفات و کلسیم‌اند.
کمک به شنیدن، تکلم و اعمال دیگر	استخوان‌های کوچک گوش در شنیدن و استخوان‌های آرواره در تکلم و جویدن نقش دارند.



استخوان‌هایی از جمجمه



استخوان مهره



استخوان‌های مچ دست



استخوان ران

شکل ۲-انواع استخوان (از بالا به پایین): پهن، نامنظم، کوتاه، دراز (در تصاویر مقیاس رعایت نشده است.)

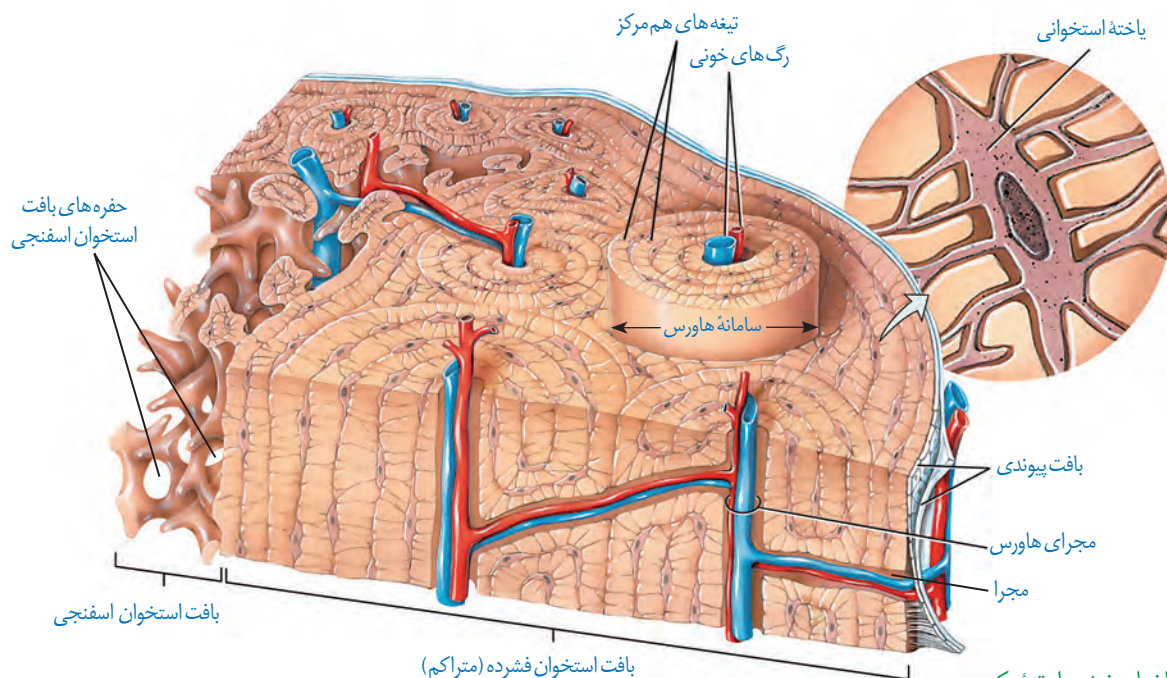
## انواع استخوان

استخوان‌ها اشکال مختلفی دارند. استخوان ران و بازو از انواع استخوان‌های **درازند**، در حالی که استخوان‌های مچ از انواع استخوان‌های **کوتاه‌اند**. استخوان جمجمه از استخوان‌های **پهن** هستند. استخوان‌های ستون مهره از نوع استخوان‌های **نامنظم‌اند** (شکل ۲). استخوان‌های بدن اندازه‌های متفاوتی دارند، از استخوان‌های کوچک گوش میانی تا استخوان بزرگ لگن.

**ساختار استخوان:** هر استخوان از دو نوع بافت استخوانی **فشرده** و **اسفنجی** تشکیل شده است. میزان و محل قرارگیری هر نوع بافت استخوانی در استخوان‌های مختلف متفاوت است. مثلاً بافت استخوانی فشرده در طول استخوان ران، به صورت واحدهایی به نام **سامانه‌هاورس** قرار گرفته است (شکل ۳). این سامانه‌ها به صورت استوانه‌هایی هم مرکز از تیغه‌های استخوانی‌اند که از یاخته‌های استخوانی، ماده زمینه‌ای و کلاژن در اطراف آنها تشکیل شده است. ماده زمینه‌ای از پروتئین‌ها و مواد معدنی تشکیل شده است. اعصاب و رگ‌های درون مجرای مرکزی هر سامانه، ارتباط بافت زنده را با بیرون برقرار می‌کنند. سطح درونی تنه این استخوان نیز بافت اسفنجی دارد. سطح خارجی این استخوان، توسط بافت پیوندی احاطه شده است و رگ‌ها و اعصاب از راه مجراهایی به بیرون ارتباط دارند.

انتهای برآمده استخوان ران از بافت اسفنجی پر شده است. بافت استخوانی اسفنجی، از میله‌ها و صفحه‌های استخوانی تشکیل شده است که بین آنها حفره‌هایی وجود دارد که توسط رگ‌ها و مغز استخوان پر شده‌اند. مغز استخوان در دو نوع زرد و قرمز وجود دارد. مغز زرد بیشتر از چربی تشکیل

شده است و مجرای مرکزی استخوان‌های دراز را پر می‌کند. مغز قرمز استخوان در بافت استخوانی اسفنجی دیده می‌شود. در کم‌خونی‌های شدید، مغز زرد می‌تواند به مغز قرمز تبدیل شود.



شکل ۳- ساختار بخشی از تنه یک استخوان دراز و اجزای آن

سال گذشته با ساختار بافت پیوندی و اجزای آن آشنا شدید. الف) با توجه به اطلاعات قبلی هر بافت پیوندی از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟ ب) ماده زمینه‌ای استخوان توسط چه بخشی ساخته می‌شود؟

## فعالیت ۱

### تشکیل و تخریب استخوان

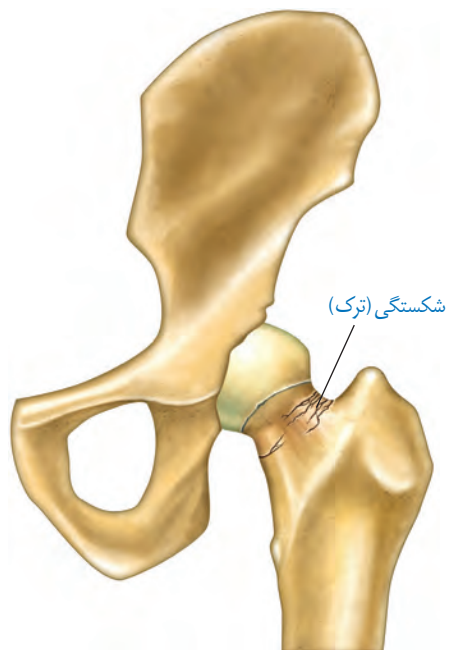
در دوران جنینی، استخوان‌ها از بافت‌های نرمی تشکیل و به تدریج با افزودن نمک‌های کلسیم سخت می‌شوند. یاخته‌های استخوانی تا اواخر سن رشد، ماده زمینه‌ای ترشح می‌کنند و بنابراین، توده استخوانی و تراکم آن افزایش پیدا می‌کند. با افزایش سن، یاخته‌های استخوانی کم‌کار می‌شوند و توده استخوانی به تدریج کاهش پیدا می‌کند. در همه این مراحل، تغییرات استخوانی در حال انجام است. استخوان‌ها در اثر فعالیت بدنی مانند ورزش، یا با افزایش وزن ضخیم، متراکم‌تر و محکم‌تر می‌شوند و استخوان‌هایی که کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، ظریف‌تر می‌شوند. مشابه این حالت، در فضاوردان دیده می‌شود که در محیط بی‌وزنی تراکم استخوانشان کاهش می‌یابد. استخوان‌های بدن به طور پیوسته دچار شکستگی‌های میکروسکوپی می‌شوند که نتیجه حرکات معمول بدن‌اند. شکستگی‌های دیگر می‌توانند ناشی از ضربه یا برخورد باشند (شکل ۴).

در این حالت، یاخته‌های نزدیک به محل شکستگی، یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس از چند هفته آسیب بهبود پیدا می‌کنند.



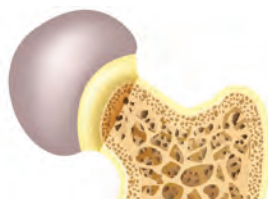
(ب)

شکل ۴- الف) شکستگی ناشی از صدمه در سر استخوان ران و ب) تصویر رادیوگرافی از استخوان شکسته ران

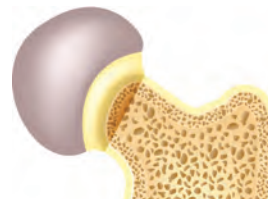


(الف)

تراکم توده استخوانی از عوامل مهم استحکام استخوان هاست و کاهش آن باعث پوکی استخوان می‌شود. در پوکی استخوان، تخریب استخوانی افزایش می‌یابد. در نتیجه استخوان‌ها ضعیف و شکننده می‌شوند (شکل ۵). کمبود ویتامین D و کلسیم غذا، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات با جلوگیری از رسوب کلسیم در استخوان‌ها، باعث بروز پوکی استخوان در مردان و زنان می‌شوند. اختلال در ترشح بعضی هورمون‌ها و مصرف نوشابه‌های گازدار نیز در کاهش تراکم استخوان نقش دارند.



استخوان مبتلا به پوکی



استخوان طبیعی

شکل ۵- مقایسه استخوان طبیعی با استخوان دچار پوکی

## فعالیت ۲

به طور کلی تراکم توده استخوانی در زنان و مردان با هم تفاوت دارد. جدول زیر تراکم استخوانی زنان و مردان را در سنین مختلف نشان می‌دهد.

میانگین تراکم استخوان		
سن	زن	مرد
۲۰	۰/۸۹۵	۰/۹۷۹
۳۰	۰/۸۸۶	۰/۹۳۶
۴۰	۰/۸۵۰	۰/۸۹۴
۵۰	۰/۷۹۷	۰/۸۵۱
۶۰	۰/۷۳۳	۰/۸۰۹
۷۰	۰/۶۶۷	۰/۷۶۶
۸۰	۰/۶۰۷	۰/۷۲۴

طرح پرسش از اعداد جدول در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

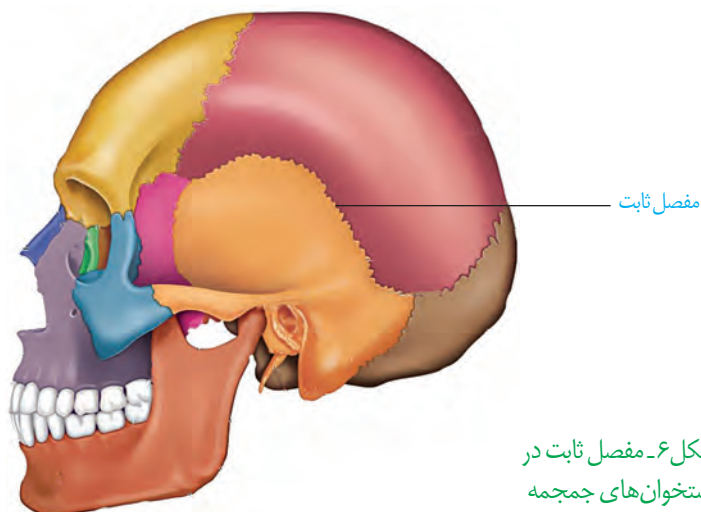
۱- منحنی تغییر تراکم توده استخوانی را در دو جنس رسم کنید.

۲- در کدام جنس تراکم استخوان بالاتر است؟

۳- بین سنین ۲۰ تا ۵۰ سالگی شدت تغییرات تراکم استخوان در مردان بیشتر است یا زنان؟

## مفصل

مفصل محل اتصال استخوان‌ها با هم است. در بعضی مفصل‌ها، استخوان‌ها حرکت نمی‌کنند. نمونه آن مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه است. جمجمه از چندین استخوان تشکیل شده است که در محل مفصل‌های ثابت لبه‌های دنداندار آنها در هم فرو رفته و محکم شده‌اند (شکل ۶).



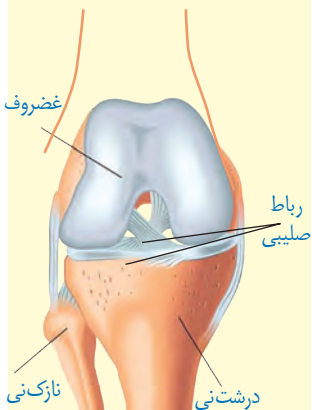
شکل ۶- مفصل ثابت در استخوان‌های جمجمه



## بیشتر بدانید

پارگی رباط صلیبی یکی از موارد شایع آسیب‌دیدگی در ورزشکاران است. این رباط که به دلیل شکل ظاهر آن به این نام خوانده می‌شود سبب نگره‌داشتن استخوان ران در مقابل استخوان درشتنی می‌شود. ممکن است فرد با پارگی رباط صلیبی سال‌ها بدون مشکل زندگی کند. تغییر ناگهانی وضعیت تنه روی زانو، ایستادن ناگهانی در حین دویدن، جهیدن و افتادن دوباره به زمین در وضعیت نامناسب و ضربات ناگهانی و شدید از جوانب زانو می‌توانند عامل ایجاد آسیب در این رباط باشد.

الف) شکل رباط صلیبی زانو و  
ب) نحوه آسیب دیدن آن.



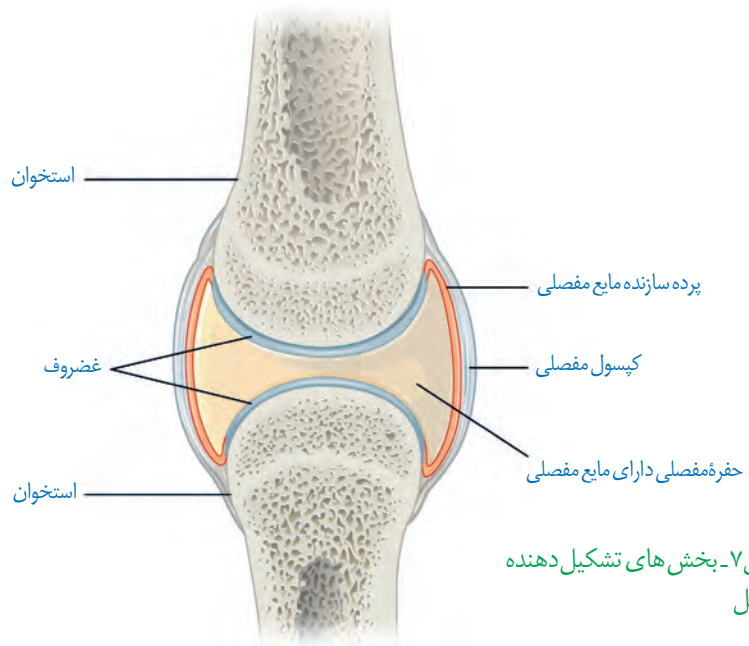
(الف)



نمای روبه‌رو

(ب)

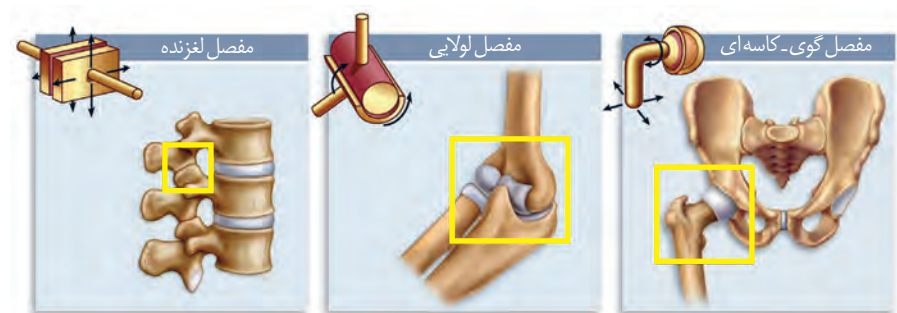
در بیشتر مفاصل‌ها، استخوان‌ها قابلیت حرکت دارند. سر استخوان‌ها در محل این مفاصل‌ها توسط بافت غضروفی پوشیده شده‌است. نمونه آن مفاصل‌های زانو، انگشتان و لگن است. استخوان‌ها در محل این نمونه‌ها توسط یک کپسول از جنس بافت پیوندی رشته‌ای احاطه شده‌اند که پر از مایع مفصلی لغزنده است. مایع مفصلی و سطح صیقلی غضروف به استخوان‌ها امکان می‌دهد که سالیان زیادی در مجاور هم لیز بخورند و اصطکاک چندانی نداشته باشند (شکل ۷).



شکل ۷- بخش‌های تشکیل دهنده مفصل

علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها هم به کنار یکدیگر ماندن استخوان‌ها کمک می‌کنند. رباط، بافت پیوندی رشته‌ای محکمی است که استخوان‌ها را به هم متصل می‌کند. بعضی انواع مفاصل‌های متحرک را در شکل ۸ مشاهده می‌کنید. با توجه به شکل نحوه حرکت هر نوع مفصل را مقایسه کنید.

بخش صیقلی غضروف‌ها در اثر کارکرد زیاد، ضربات، آسیب‌ها و بعضی بیماری‌ها تخریب می‌شود، ولی بدن دوباره آن را ترمیم می‌کند. اگر سرعت تخریب بیش از ترمیم باشد، می‌تواند باعث بیماری‌های مفصلی شود.



(پ)

(ب)

(الف)

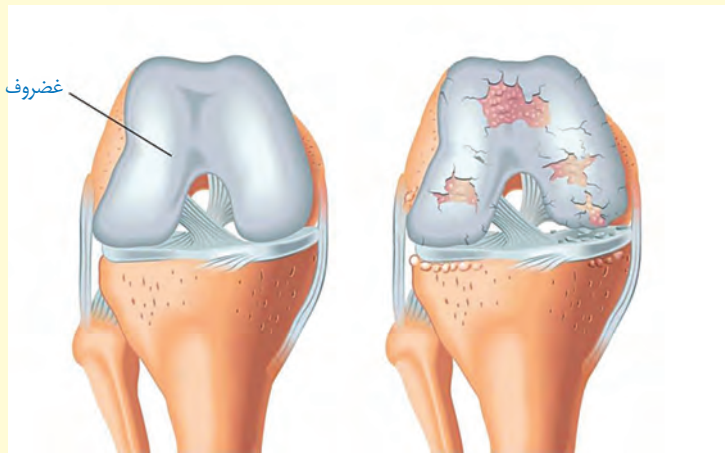
شکل ۸- انواعی از مفاصل‌های متحرک. الف) گوی-کاسه‌ای (ب) لولایی (پ) لغزنده.

با استفاده از مولاژهای موجود و نمونه‌های آماده میکروسکوپی آزمایشگاه مدرسه، انواع استخوان و بافت‌های استخوانی را مشاهده و با هم مقایسه کنید.

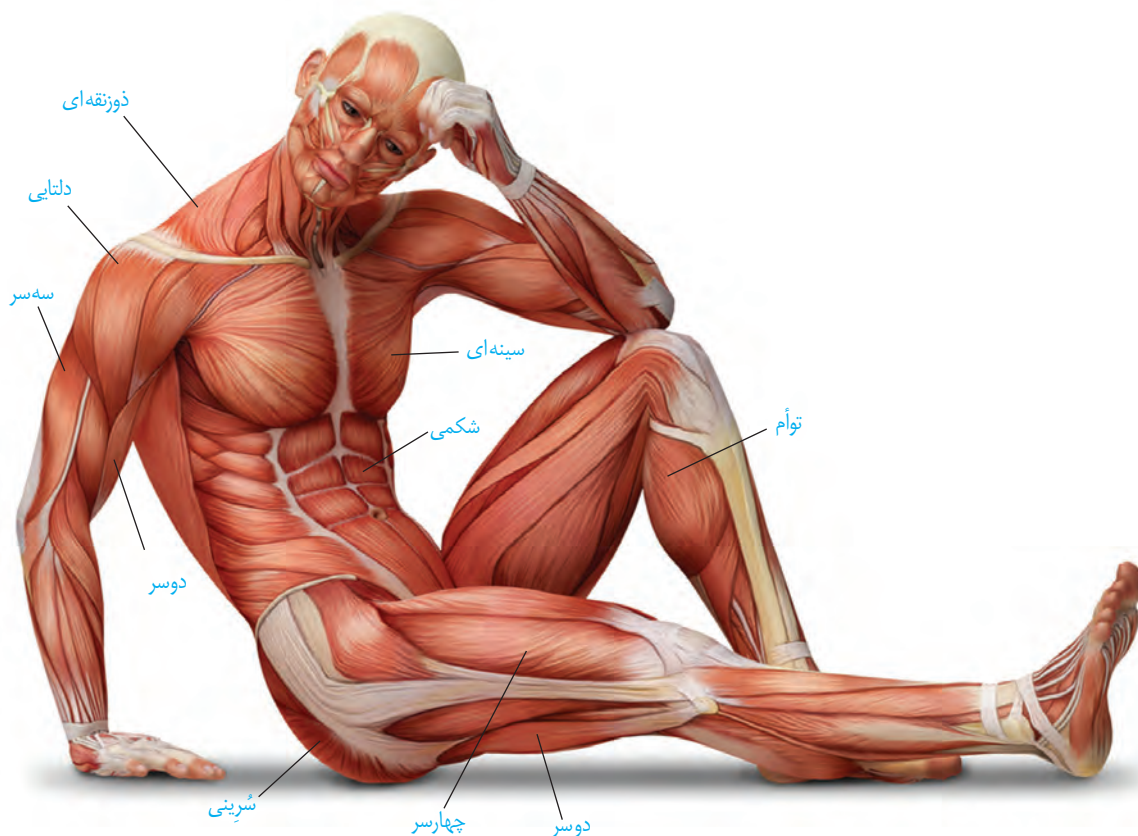
### بیشتر بدانید

#### روماتیسم مفصلی

روماتیسم مفصلی بیماری‌ای است که در آن پرده سازنده مایع مفصلی در زیر کیسول مفصلی، دچار التهاب می‌شود. با افزایش التهاب این پرده، ترشح مایع مفصلی هم افزایش می‌یابد که موجب تورم و التهاب در محل آسیب می‌شود. با پیشرفت بیماری، غضروف‌ها آسیب می‌بینند. التهاب مفصل معمولاً در اندام‌های دوطرف بدن به صورت متقارن بروز می‌کند. تداوم این بیماری ممکن است باعث ساییدگی استخوان در محل آسیب شود. گرچه علت دقیق بروز این بیماری کاملاً شناخته شده نیست، ولی عوامل ارثی، جنسیت، محیط و بعضی بیماری‌های میکروبی در بروز این بیماری مؤثرند. این بیماری در زنان شایع‌تر از مردان است که احتمالاً به دلیل هورمون‌های جنسی زنانه است. اثر مصرف دخانیات و آلودگی هوا نیز در بروز این بیماری، اثبات شده است. به دلیل دخالت عوامل متعدد در بروز این بیماری، هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. استفاده از داروهای کاهنده التهاب مانند مشتقات هورمون کورتیزول از پیشرفت بیماری می‌کاهد و علائم آن را تا حدی کاهش می‌دهد. در موارد شدید بیماری، ممکن است مفصل آسیب‌دیده با مفصل مصنوعی جایگزین شود.



بدن انسان بیش از ۶۰۰ ماهیه‌چه اسکلتی دارد که با انقباض خود بسیاری از حرکات بدن را ایجاد می‌کنند. با این ماهیه‌چه‌ها در سال‌های قبل آشنا شدید. شکل ۹ بعضی از این ماهیه‌چه‌ها را در بدن انسان نشان می‌دهد.

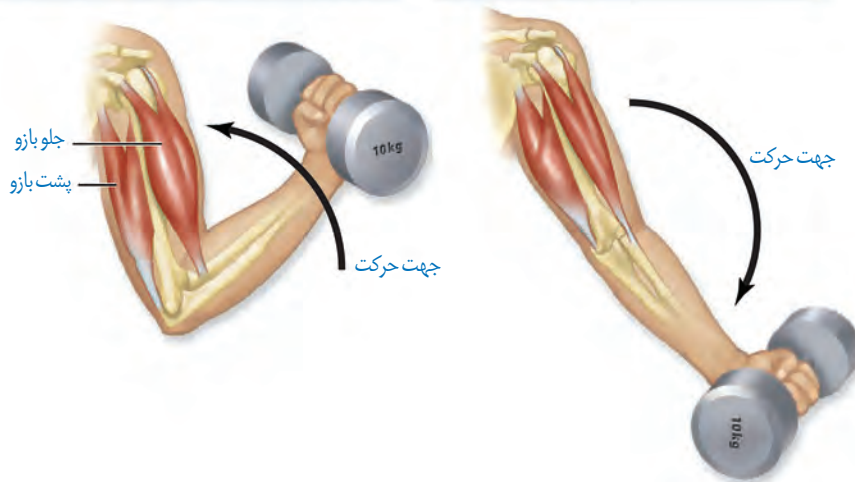


شکل ۹- ماهیه‌چه‌های اسکلتی بدن انسان

بسیاری از ماهیه‌چه‌ها به صورت جفت باعث حرکات اندام‌ها می‌شوند؛ زیرا ماهیه‌چه‌ها فقط قابلیت انقباض دارند. انقباض هر ماهیه‌چه فقط می‌تواند استخوانی را در جهتی خاص بکشد، ولی آن ماهیه‌چه نمی‌تواند استخوان را به حالت قبل برگرداند، این وظیفه بر عهده ماهیه‌چه متقابل آن است. برای مثال، ماهیه‌چه روی بازو می‌تواند ساعد را به سمت جلو یا بالا بیاورد، ولی نمی‌تواند آن را به حالت قبل برگرداند و این حرکت توسط ماهیه‌چه پشت بازو انجام می‌شود. بنابراین، هنگامی که یکی از جفت ماهیه‌چه‌های متقابل در حالت انقباض است، ماهیه‌چه دیگر در حال استراحت است (شکل ۱۰). همه ماهیه‌چه‌های اسکلتی باعث حرکت استخوان نمی‌شوند. شما چه ماهیه‌چه‌های اسکلتی را می‌شناسید که به استخوان متصل نیستند؟

ماهیچه جلوی بازو در حال انقباض و ماهیچه پشت بازو در حال استراحت

ماهیچه پشت بازو در حال انقباض و ماهیچه جلوی بازو در حال استراحت



شکل ۱۰ - عملکرد ماهیچه‌های متقابل

گرچه ماهیچه‌های اسکلتی تحت کنترل ارادی، هستند، ولی بعضی از این ماهیچه‌ها به صورت غیر ارادی هم منقبض می‌شوند. انقباض ماهیچه‌ها در اثر انعکاس نمونه‌ای از این انقباض‌هاست که با آنها در گذشته آشنا شدید. ماهیچه‌ها همچنین با انقباض خود در حفظ شکل و حالت بدن و ایجاد حرارت مؤثرند (جدول ۲).

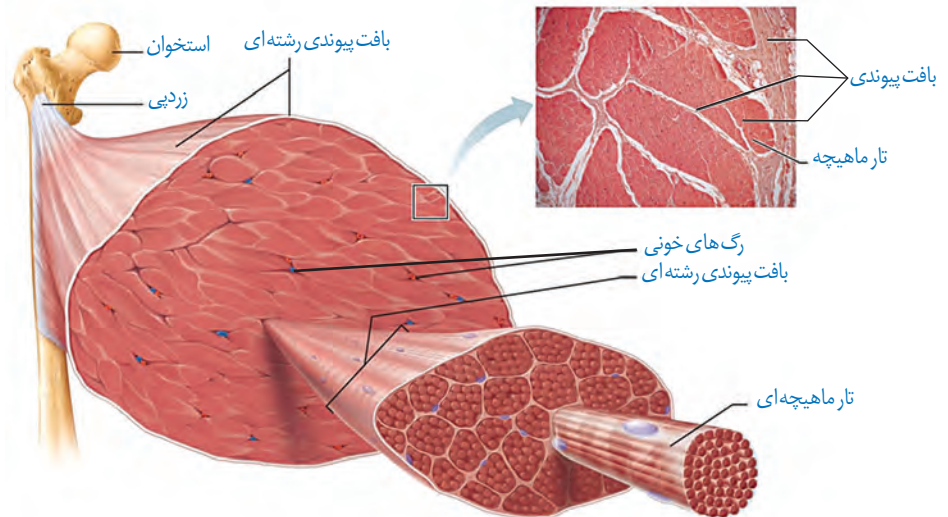
جدول ۲ - اعمال ماهیچه‌های اسکلتی

توضیح	وظیفه
ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها باعث ایجاد حرکت ارادی می‌شوند.	حرکات ارادی
ماهیچه‌های اسکلتی نوعی کنترل ارادی برای دهان، مخرج و پلک‌ها ایجاد می‌کنند.	کنترل دریچه‌های بدن
ماهیچه‌ها با اتصال به استخوان‌ها و انقباض خود باعث اتصال استخوان‌ها به هم و نگهداری بدن به صورت قائم می‌شوند.	حفظ حالت بدن
ماهیچه‌های اسکلتی با کمک به سخن گفتن، نوشتن یا رسم شکل و ایجاد حالات مختلف چهره، در برقراری ارتباط ایفای نقش می‌کنند.	ارتباطات
فعالیت‌های سوخت و ساز در یاخته‌های ماهیچه‌ای باعث ایجاد گرمای زیادی می‌شود که می‌تواند در حفظ دمای مناسب بدن مؤثر باشد.	حفظ دمای بدن

### ساختار ماهیچه اسکلتی

یک ماهیچه اسکلتی مانند آنچه که در شکل ۱۱ دیده می‌شود از چندین دسته تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است. هر دسته تار ماهیچه‌ای از تعدادی یاخته یا تار ماهیچه‌ای تشکیل شده است.

این دسته تارها با غلافی از بافت پیوندی رشته‌ای محکم احاطه شده است. این غلاف‌های پیوندی در انتها، به صورت طناب یا نواری محکم به نام **زردپی** در می‌آیند (شکل ۱۱). زردپی‌های دو انتهای ماهیچه، به استخوان‌های مختلف متصل می‌شوند. با انقباض ماهیچه، دو استخوان به طرف هم کشیده می‌شوند. نحوه اتصال ماهیچه به استخوان طوری است که معمولاً با تغییر کوتاهی در طول ماهیچه، استخوان به اندازه زیادی جابه‌جا می‌شود. مثلاً با کوتاه شدن حدود یک سانتی‌متر ماهیچه جلوی بازو، ساعد دست به اندازه زیادی حرکت می‌کند.

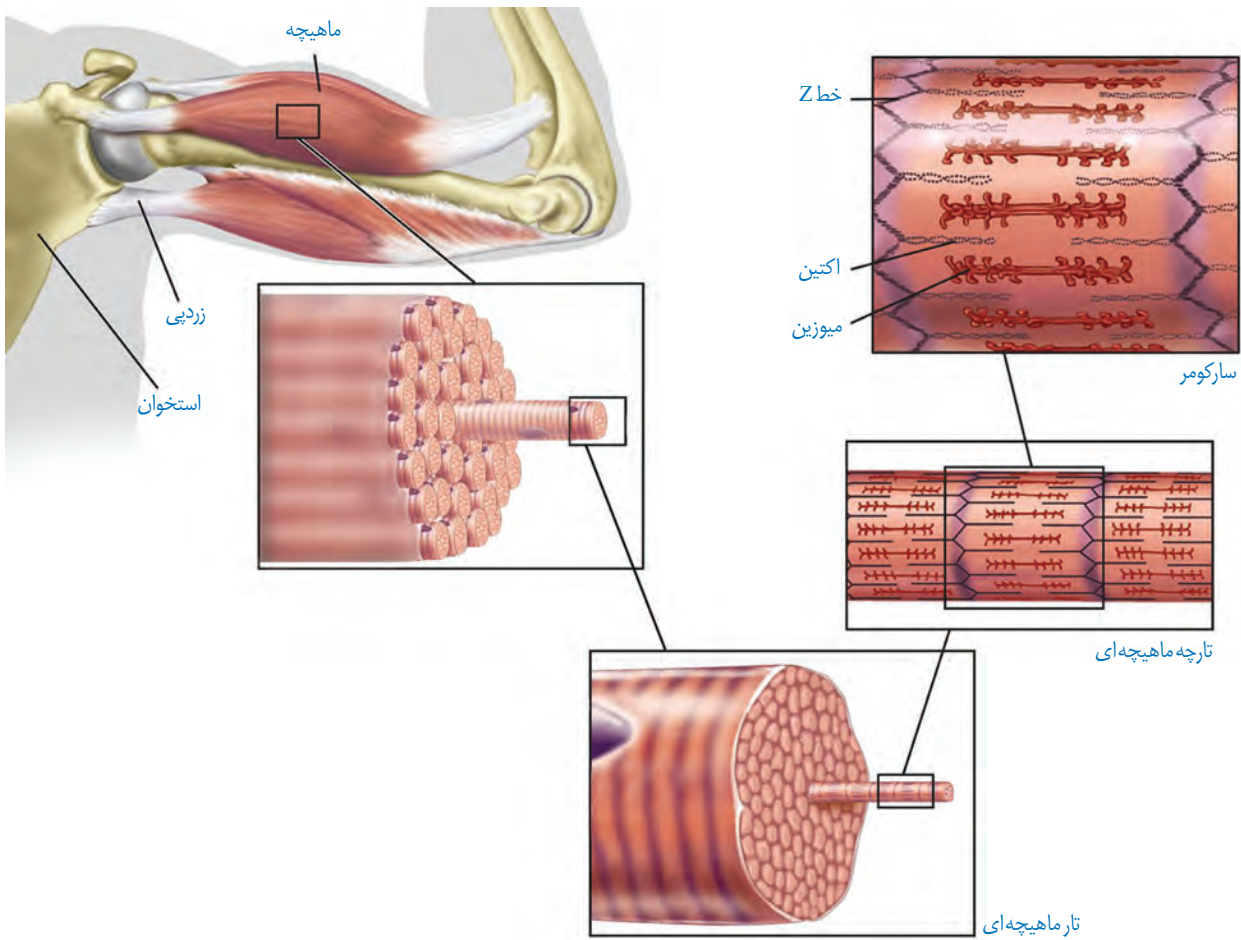


شکل ۱۱- ساختار ماهیچه اسکلتی

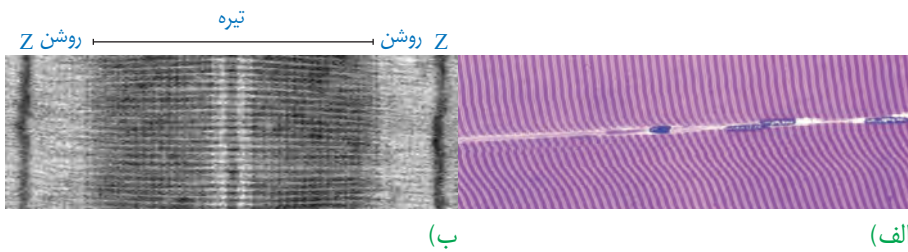
**یاخته (تار) ماهیچه اسکلتی:** در شکل ۱۲، یاخته‌های ماهیچه‌ای مانند استوانه‌ای با چندین هسته دیده می‌شوند. در واقع هر یاخته از به هم پیوستن چند یاخته در دوره جنینی ایجاد می‌شود و به همین علت چند هسته دارد. درون هر یاخته، تعداد زیادی رشته به نام **تارچه ماهیچه‌ای** وجود دارد که موازی هم در طول یاخته قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲).

تارچه‌ها از واحدهای تکراری به نام **سارکومر** تشکیل شده‌اند که به تار ماهیچه‌ای ظاهر مخطط (خط خط) می‌دهند. دو انتهای هر سارکومر خطی به نام **خط Z** دیده می‌شود. آیا با توجه به شکل ۱۲ می‌توانید علت این نام‌گذاری را حدس بزنید؟ ظاهر مخطط این یاخته‌ها به دلیل وجود دو نوع رشته پروتئینی اکتین و میوزین است که با آرایش خاصی در کنار هم قرار گرفته‌اند. رشته‌های اکتین نازک و از یک طرف به خط Z متصل‌اند. این رشته‌ها به درون سارکومر کشیده شده‌اند. رشته‌های میوزین، ضخیم و بین رشته‌های اکتین جا گرفته‌اند. این رشته‌ها سرهایی برای اتصال به اکتین دارند. آیا می‌توانید با توجه به شکل ۱۳ و نحوه قرارگیری رشته‌های اکتین و میوزین در شکل ۱۲، علت تیره و روشن دیده شدن این تارهای ماهیچه‌ای را بیان کنید؟





شکل ۱۲- اجزای یک تار و تارچه ماهیچه‌ای



شکل ۱۳- تصویر میکروسکوپی از الف) ساختار ماهیچه مختط و ب) سارکومر

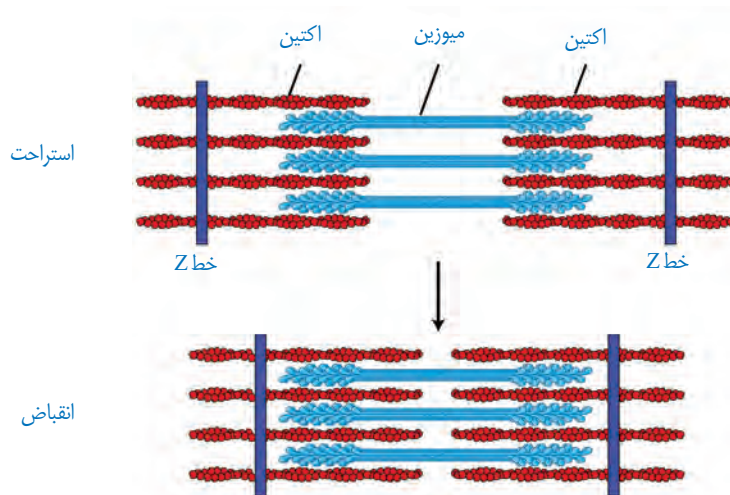


شکل ۱۴- بخش‌های مختلف مولکول میوزین

### مکانیسم انقباض ماهیچه

بارسیدن پیام از مراکز عصبی، تحریک از طریق همایه ویژه‌ای از یاخته عصبی به یاخته ماهیچه‌ای می‌رسد و ناقل عصبی از پایانه یاخته عصبی آزاد می‌شود. با اتصال این ناقلین به گیرنده‌های خود در

سطح یاخته ماهیچه‌ای، یک موج تحریکی در طول غشای یاخته ایجاد می‌شود. با تحریک یاخته ماهیچه‌ای، یون‌های کلسیم از شبکه آندوپلاسمی آن آزاد می‌شود. در نتیجه این عمل، سرهای پروتئین‌های میوزین به رشته‌های اکتین متصل می‌شوند. با اتصال پروتئین‌های میوزین به اکتین و تغییر شکل آن، خطوط Z سارکومر به هم نزدیک می‌شوند. نزدیک شدن خطوط Z باعث کوتاه شدن طول سارکومرها و در کل، کاهش طول ماهیچه می‌شود (شکل ۱۵).



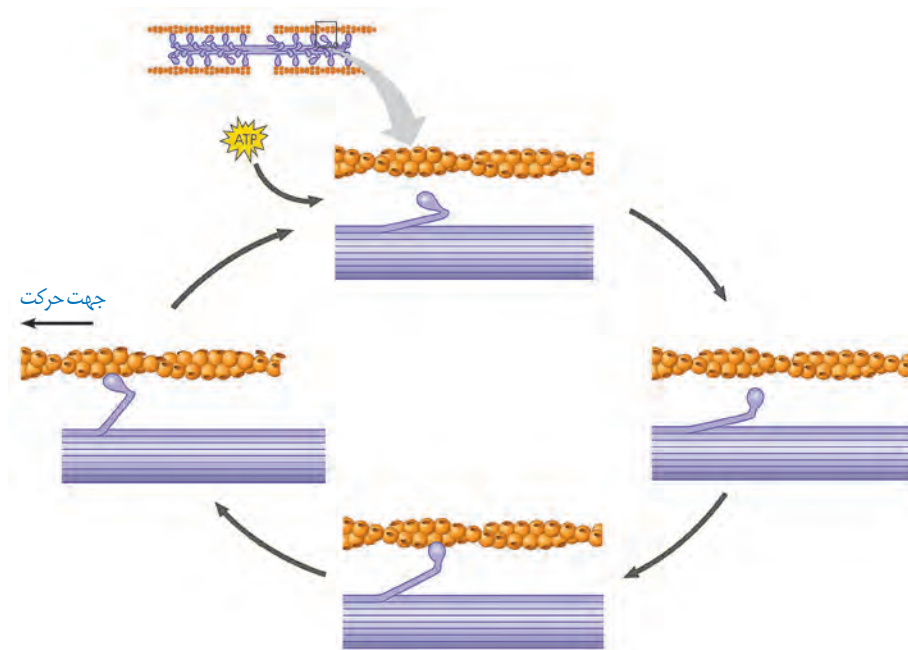
شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از انقباض سارکومرها

### بیشتر بدانید

بعضی عوامل بیماری‌زا می‌توانند در انقباض ماهیچه اختلال ایجاد کنند؛ مثلاً نوعی باکتری سمی خطرناک به نام بوتولینوم تولید می‌کند. این سم مانع از آزاد شدن استیل‌کولین از یاخته‌های عصبی حرکتی می‌شود، در نتیجه ماهیچه هیچ پیامی برای تحریک دریافت نمی‌کند. این سم که به بوتاکس نیز معروف است در مقادیر بسیار کم برای کاهش چین و چروک‌های ظاهری چهره استفاده می‌شود. تزریق مقادیر بسیار کم بوتاکس در اطراف چشم و پیشانی به طور موقت باعث فلج ماهیچه‌های چهره می‌شود و تا مدتی چروک‌های صورت رافع می‌کند، ولی از طرفی باعث بی‌حالت شدن چهره می‌شود که به چهره یخی یا بی‌روح معروف است.

لغزیدن میوزین و اکتین در مجاورت هم به انرژی نیاز دارد. برای این کار، باید پل‌های اتصال میوزین و اکتین دائماً تشکیل و با حرکتی مانند پارو زدن، خطوط Z به سمت هم کشیده شوند؛ سپس سرهای متصل جدا و به بخش جلوتر وصل شوند. این لیز خوردن، اتصال و جدا شدن سرهای میوزین صدها مرتبه در ثانیه تکرار و در نتیجه ماهیچه اسکلتی منقبض می‌شود (شکل ۱۶).

**توقف انقباض:** با توقف پیام عصبی انقباض، یون‌های کلسیم به سرعت با انتقال فعال به شبکه آندوپلاسمی بازگردانده و در نتیجه اکتین و میوزین از هم جدا می‌شوند. در این حال، سارکومر تا زمان رسیدن پیام عصبی بعدی در حالت استراحت می‌ماند.



شکل ۱۶- نحوه انقباض ماهیچه

### تأمین انرژی انقباض

بیشتر انرژی لازم برای انقباض ماهیچه‌ها از سوختن گلوکز به دست می‌آید. در ماهیچه‌ها گلیکوژن به صورت ذخیره وجود دارد و در صورت لزوم به گلوکز تجزیه می‌شود. در صورت وجود اکسیژن، تجزیه گلوکز می‌تواند تا چند دقیقه انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم کند. برای انقباض طولانی‌تر، ماهیچه‌ها از اسیدهای چرب استفاده می‌کنند. ماده دیگر کراتین فسفات است که طبق واکنش زیر می‌تواند با دادن فسفات خود، مولکول ATP را به سرعت بازتولید کند.



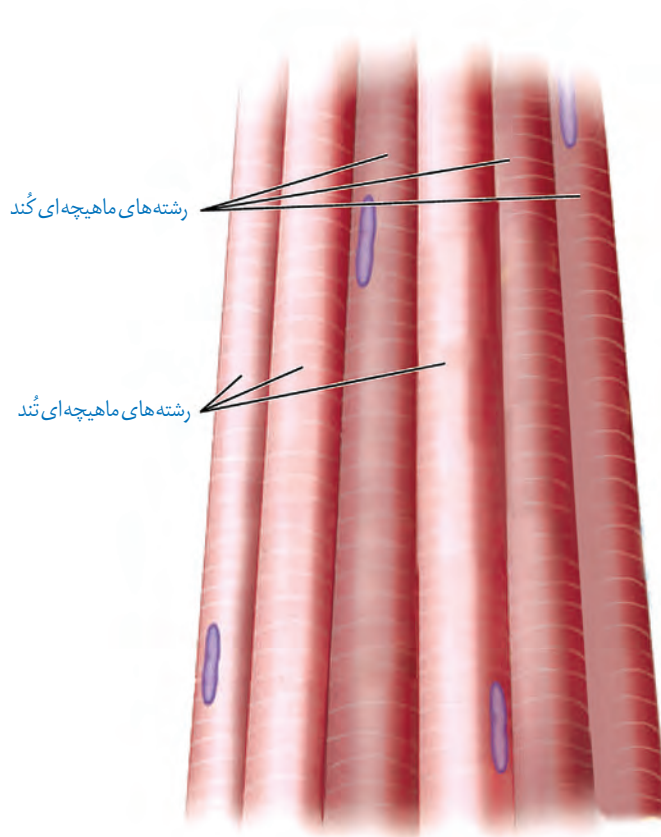
ماهیچه‌ها برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند. در فعالیت‌های شدید که اکسیژن کافی به ماهیچه‌ها نمی‌رسد، تجزیه گلوکز به صورت بی‌هوازی انجام می‌شود. در اثر این واکنش‌ها لاکتیک اسید تولید می‌شود که در ماهیچه انباشته می‌شود. انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی، باعث گرفتگی و درد ماهیچه‌ای می‌شود. لاکتیک اسید اضافی به تدریج تجزیه می‌شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه‌ای کاهش می‌یابد.

### انواع یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای

یاخته‌های ماهیچه‌ای را می‌توان به دو نوع یاخته‌های تند و کند تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی براساس سرعت انقباض است. بسیاری از ماهیچه‌های بدن هر دو نوع یاخته را دارند. تار ماهیچه‌ای نوع کند، برای حرکات استقامتی مانند شنا کردن ویژه شده‌اند. این تارها مقدار زیادی رنگ دانه قرمز به

نام **میوگلوبین** (شبيه هموگلوبين) دارند که می‌توانند مقداری اکسیژن را ذخیره کنند. این تارها بیشتر انرژی خود را به روش هوازی به دست می‌آورند (شکل ۱۷).

تارهای ماهیچه ای تند (یا سفید) سریع منقبض می‌شوند. این تارها مسئول انجام انقباضات سریع مثل دوی سرعت و بلند کردن وزنه‌اند. این تارها تعداد میتوکندری کمتری دارند و انرژی خود را بیشتر از راه تنفس بی‌هوازی به دست می‌آورند. مقدار میوگلوبین این تارها هم کمتر است. این تارها سریع انرژی خود را از دست می‌دهند و خسته می‌شوند. افراد کم‌تحرک، دارای تار ماهیچه ای تند بیشتری هستند که با ورزش، تارهای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شوند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- تارهای ماهیچه ای تند و کند

#### فعالیت ۴

الف) به نظر شما چه تفاوت‌هایی بین دوندگان دوی صدمتر و ماراتن از نظر تعداد و درصد تارهای ماهیچه ای تند و کند وجود دارد؟

ب) کدام گروه هنگام فعالیت ورزشی حرفه ای خود به اکسیژن نیاز بیشتری دارند؟

پ) مقدار میوگلوبین ماهیچه‌های مؤثر در ورزش حرفه ای این ورزشکاران چه تفاوتی دارد؟

## حرکت در جانوران

جانوران حداقل در بخشی از زندگی خود می‌توانند از جایی به جای دیگری حرکت کنند. شیوه‌های حرکتی در جانوران بسیار متنوع است. شناکردن، پروازکردن، دویدن و خزیدن، نمونه‌هایی از این حرکات اند. با این وجود، اساس حرکت در جانوران مشابه است؛ برای حرکت در یک سو، جانور باید نیرویی در خلاف آن وارد کند. برای انجام حرکت، جانوران نیازمند ساختارهای اسکلتی و ماهیچه‌ای هستند.

ساختار اسکلت در جانوران متفاوت است، ولی می‌توان انواع اسکلت در جانوران را به سه گروه آب‌ایستایی<sup>۱</sup>، بیرونی و درونی طبقه‌بندی کرد. اسکلت آب‌ایستایی در اثر تجمع مایع درون بدن به آن شکل می‌دهد. عروس دریایی اسکلت آب‌ایستایی دارد. ضمناً در این جانوران، با فشار جریان آب به بیرون، جانور به سمت مخالف حرکت می‌کند. این حالت مانند حرکت بادکنک هنگام خالی شدن هوای آن است و باعث رانده شدن بادکنک در خلاف جهت خروج هوا می‌شود.

حشرات و سخت‌پوستان نمونه‌هایی از جانوران دارای اسکلت بیرونی هستند. در این جانوران، اسکلت علاوه بر کمک به حرکت، وظیفه حفاظتی هم دارد. با افزایش اندازه جانور، اسکلت خارجی آن هم باید بزرگ‌تر و ضخیم‌تر شود. بزرگ بودن اسکلت خارجی، باعث سنگین‌تر شدن آن می‌شود که در حرکات جانور محدودیت ایجاد می‌کند. به همین علت، اندازه این جانوران از حد خاصی بیشتر نمی‌شود.

مهره‌داران اسکلت درونی دارند. در انواعی از ماهی‌ها مانند کوسه‌ماهی، جنس این اسکلت از نوع غضروفی است، ولی در سایر مهره‌داران استخوانی است که غضروف نیز دارد. ساختار استخوان در این جانوران بسیار شبیه ساختار استخوان انسان است.

با استفاده از منابع علمی تحقیق کنید هر یک از انواع اسکلت درونی یا بیرونی چه مزایا و محدودیت‌هایی دارند. نتایج تحقیق خود را به صورت گزارش در کلاس ارائه کنید.

### فعالیت ۵





## فصل ۴

# تنظیم شیمیایی

تصور کنید روزی تمام وسایل ارتباطی مثل تلفن، اینترنت و رادیو در یک شهر قطع شود. آیا اداره کردن آن شهر ممکن خواهد بود؟ آیا می‌توان بخش‌های مختلف شهر را که در فواصل دور یا نزدیک قرار دارند، با یکدیگر هماهنگ کرد؟ آیا می‌توان یک خبر را به اطلاع همهٔ مردم شهر رساند؟ در پریاختگان، یاخته‌ها نمی‌توانند از یکدیگر مستقل باشند. در فصل اول دیدیم که دستگاه عصبی، یکی از دستگاه‌های ارتباطی بدن است. اما دستگاه عصبی با تک‌تک یاخته‌های بدن ارتباط ندارد. در این فصل، با ارتباطات شیمیایی آشنا می‌شویم و خواهیم دید که چگونه بخش مهمی از فرایندهای بدن توسط آن انجام می‌شود.



## گفتار ۱ ارتباط شیمیایی

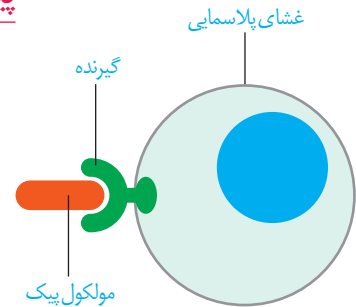
در فصل اول دیدیم که یاخته‌های عصبی ارتباط بین نقاط مختلف بدن را برقرار می‌کنند. در این گفتار، نقش مولکول‌ها را در برقراری ارتباط خواهیم دید.

### پیک شیمیایی

**پیک شیمیایی** مولکولی است که پیامی را منتقل می‌کند. یاخته‌ای که پیام را دریافت می‌کند **یاخته هدف** نام دارد.

پیک، چگونه یاخته هدف را از میان انبوه یاخته‌ها پیدا می‌کند و پیام را اشتباهی به یاخته دیگر نمی‌رساند؟ یاخته هدف، برای پیک گیرنده‌ای دارد (شکل ۱). مولکول پیک، تنها بر یاخته‌ای می‌تواند تأثیر بگذارد که گیرنده آن را داشته باشد و این یاخته، همان یاخته هدف است.

بر اساس مسافتی که پیک طی می‌کند تا به یاخته هدف برسد، پیک‌ها را به دو گروه **کوتاه‌برد** و **دور‌برد** تقسیم می‌کنند.



شکل ۱- پیک از طریق اثر برگیرنده اختصاصی خود در یاخته هدف در آن تغییر ایجاد می‌کند.

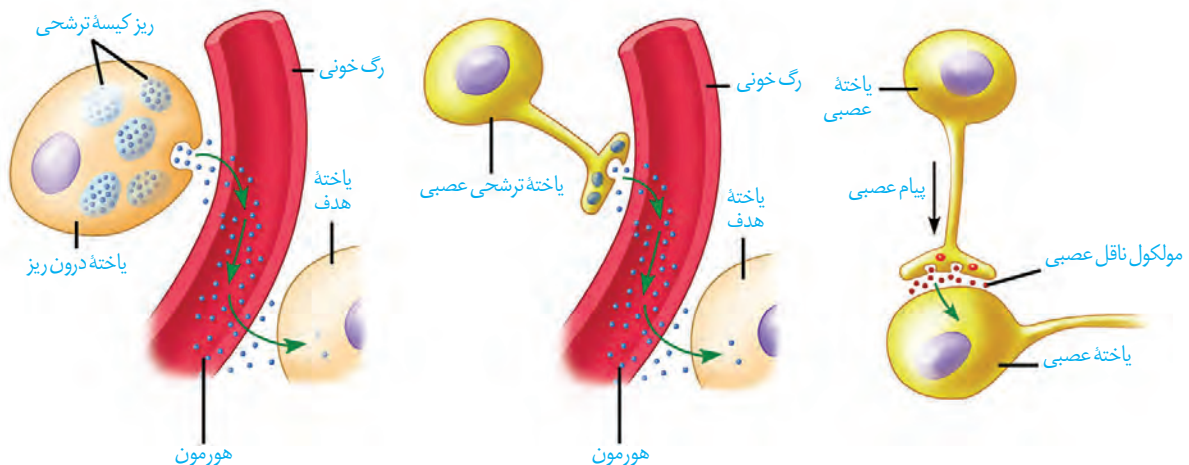
### پیک‌های کوتاه‌برد

پیک کوتاه‌برد، چنان‌که از نام آن پیداست، بین یاخته‌هایی ارتباط برقرار می‌کند که در نزدیکی هم‌اند و حداکثر چند یاخته با هم فاصله دارند. ناقل عصبی یک پیک کوتاه برد است. این پیک از یاخته پیش‌همایه‌ای ترشح و بر یاخته پس‌همایه‌ای اثر می‌کند.

### پیک‌های دور‌برد

پیک‌های دور‌برد پیک‌هایی هستند که به جریان خون وارد می‌شوند و پیام را به فاصله‌ای دور منتقل می‌کنند. **هورمون‌ها** پیک‌های دور‌بردند (شکل ۲).

شکل ۲- مقایسه هورمون و ناقل عصبی



گاهی یاخته‌های عصبی پیک شیمیایی را به خون ترشح می‌کنند؛ در این صورت، این پیک یک هورمون به شمار می‌آید، نه یک ناقل عصبی.

## غده‌های بدن

هورمون‌ها از یاخته‌های درون ریز ترشح می‌شوند. این یاخته‌ها ممکن است به صورت پراکنده در اندام‌ها دیده شوند. مثال این یاخته‌ها را قبلاً دیده ایم. مثلاً در سال گذشته خواندیم که یاخته‌های درون ریز در معده و دوازدهه به ترتیب، هورمون گاسترین و سکرترین را ترشح می‌کنند. همچنین ممکن است یاخته‌های درون ریز را به صورت مجتمع یافت که در این صورت، غده درون ریز را تشکیل می‌دهند. ترشحات غده درون ریز به خون وارد می‌شود، اما غده برون ریز ترشحات خود را از طریق مجرایی به سطح یا حفرات بدن می‌ریزد (شکل ۳).

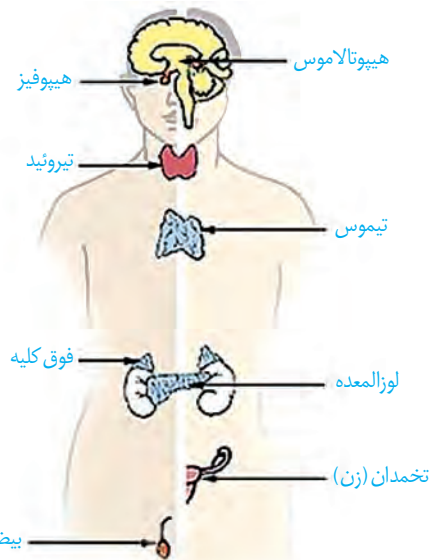
شکل ۳- غده درون ریز و برون ریز



### بیشتر بدانید

جنس مولکول گیرنده از نوع پروتئین است. در واقع یکی از وظایف پروتئین‌های غشایی، عملکردگیرنده‌ای است.

مجموع یاخته‌ها و غدد درون ریز و هورمون‌های آنها را **دستگاه درون ریز** می‌نامند. این دستگاه به همراه دستگاه عصبی، فعالیت‌های بدن را تنظیم می‌کنند و نسبت به محرک‌های درونی و بیرونی پاسخ می‌دهند. تعدادی از غدد دستگاه درون ریز را در شکل ۴ می‌بینید.

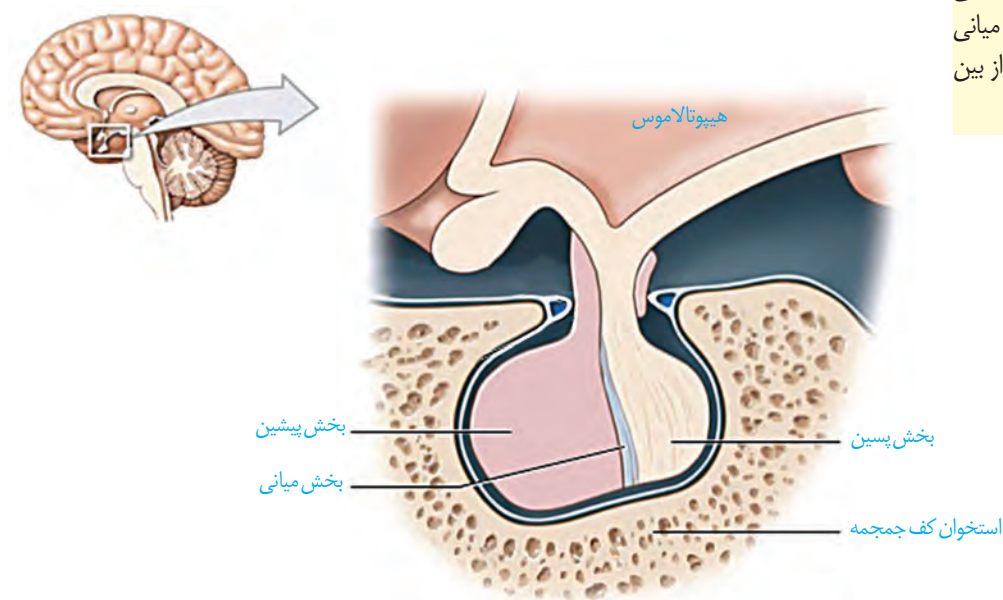


شکل ۴- تعدادی از غدد درون ریز

دستگاه درون ریز که غده‌ها بخش مهمی از آن‌اند، فعالیت‌های بدن را به وسیله هورمون‌ها تنظیم می‌کند. در این گفتار، غدد درون ریز و هورمون‌های آنها را در انسان بررسی می‌کنیم.

### هیپوفیز

غده هیپوفیز تقریباً به اندازه یک نخود است و با ساقه‌ای به هیپوتالاموس متصل است (شکل ۵). این غده درون یک گودی، در استخوانی از کف جمجمه جای دارد. غده هیپوفیز سه بخش دارد که پیشین، میانی و پسین نامیده می‌شوند. عملکرد بخش میانی در انسان به خوبی شناخته نشده است.



شکل ۵- غده هیپوفیز

### بیشتر بدانید

نقش بخش میانی غده هیپوفیز در ماهی‌ها و دوزیستان بهتر شناخته شده است. این بخش، هورمونی ترشح می‌کند که باعث تیره‌تر شدن یاخته‌های پوست در پاسخ به محرک‌های محیطی می‌شود. در انسان بالغ، بخش میانی بسیار کوچک می‌شود یا حتی از بین می‌رود.

### بخش پیشین

بخش پیشین تحت تنظیم هیپوتالاموس، شش هورمون ترشح می‌کند. هیپوتالاموس توسط رگ‌های خونی با بخش پیشین ارتباط دارد و هورمون‌هایی به نام **آزادکننده** و **مهارکننده** ترشح می‌کند که باعث می‌شوند هورمون‌های بخش پیشین ترشح شوند، یا اینکه ترشح آنها متوقف شود. به همین دلیل، غده هیپوتالاموس نقش مهمی در تنظیم ترشح سایر غده‌ها بر عهده دارد.

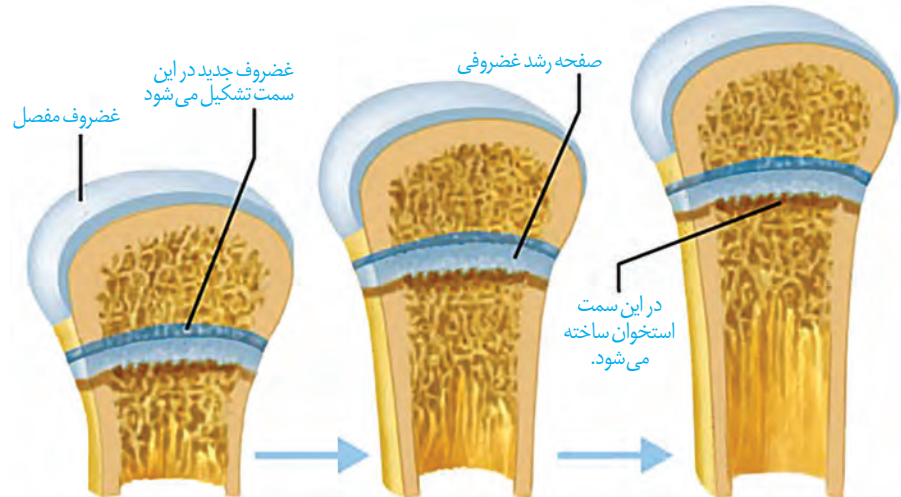
**هورمون رشد**، یکی از هورمون‌های بخش پیشین است که با رشد طولی استخوان‌های دراز، اندازه‌ی قدر را افزایش می‌دهد. در نزدیکی دو سر استخوان‌های دراز، دو صفحه غضروفی وجود دارد که **صفحات رشد** نام دارند (شکل ۶). یاخته‌های غضروفی در این صفحات تقسیم می‌شوند. همچنان

## بیشتر بدانید

اندازهٔ قد هر فرد علاوه بر ژنتیک به محیط هم بستگی دارد. ژن‌هایی که از والدین به فرزند می‌رسد تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ قد اوست. اندازهٔ قد به نژاد هم بستگی دارد (که آن هم موردی از ژنتیک است). به عنوان مثال، میانگین قد در آسیای جنوب شرقی کمتر از ایران است. محیط تأثیر غیر قابل انکاری بر اندازهٔ نهایی قد دارد. تغذیه، ورزش و حتی استراحت از عوامل مؤثر بر اندازهٔ قد هستند.

شکل ۶- صفحات رشد در استخوان‌های دراز و چگونگی رشد استخوان

که یاخته‌های جدیدتر پدید می‌آیند، یاخته‌های استخوانی جانشین یاخته‌های غضروفی قدیمی‌تر می‌شوند و به این ترتیب، استخوان رشد می‌کند. چند سال بعد از بلوغ، صفحات رشد از حالت غضروفی به استخوانی تبدیل می‌شوند. در این حالت، رشد استخوان متوقف می‌شود و می‌گویند «صفحات رشد بسته شده‌اند». تا زمانی که این صفحات بسته نشده‌اند، هورمون رشد می‌تواند قد را افزایش دهد.



**پرولاکتین** هورمون دیگر بخش پیشین است. پس از تولد نوزاد، این هورمون، غدد شیری را به تولید شیر وامی‌دارد. تا مدت‌ها تصور می‌شد که کار پرولاکتین تنها همین است. اما اکنون شواهد روزافزونی مبنی بر نقش این هورمون در دستگاه ایمنی و حفظ تعادل آب به دست آمده است. در مردان، این هورمون در تنظیم فرایندهای دستگاه تولیدمثل نیز نقش دارد.

**هورمون‌های محرک**، چهار هورمون باقی‌ماندهٔ بخش پیشین را تشکیل می‌دهند. بخش پیشین با ترشح این هورمون‌ها فعالیت سایر غدد را تنظیم می‌کنند. هورمون **محرک تیروئید**، فعالیت غدهٔ سپردیس (تیروئید) را تحریک می‌کند؛ هورمون **محرک فوق کلیه** روی غدهٔ فوق کلیه تأثیر می‌گذارد و هورمون‌های **محرک غده‌های جنسی** که **LH** و **FSH** نام دارند، کار غده‌های جنسی (تخمندان و بیضه) را تنظیم می‌کنند.

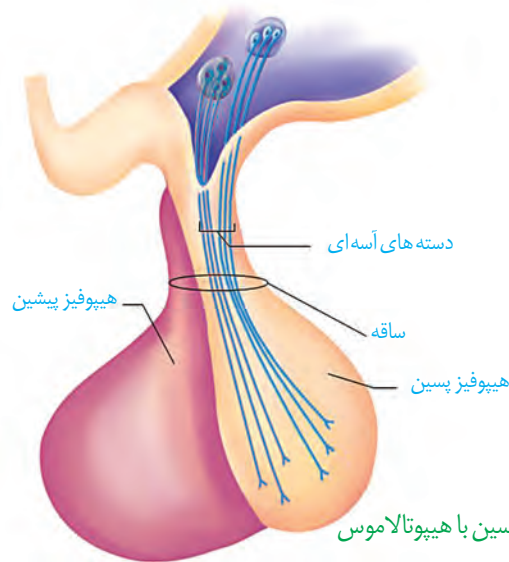
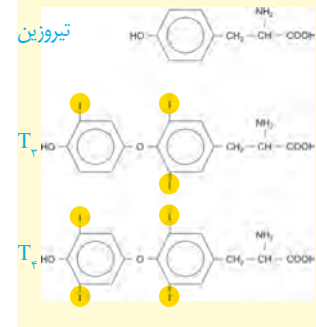
## بخش پسین

بخش پسین هیچ هورمونی نمی‌سازد. هورمون‌های بخش پسین در یاخته‌های عصبی هیپوتالاموس تولید می‌شوند. این هورمون‌ها که در جسم یاخته‌ای ساخته شده‌اند از طریق آسه‌ها به بخش پسین می‌رسند (شکل ۷). دو هورمون به نام‌های ضد‌ادراری، که در سال قبل با آن آشنا شدیم، و آکسی‌توسین، که در فصل ۷ با آن آشنا می‌شویم، در هیپوتالاموس ساخته و در بخش پسین، ذخیره و ترشح می‌شوند.



## بیشتر بدانید

هورمون‌های تیروئیدی از پیوستن دو مشتق آمینو اسید تیروزین پدید آمده‌اند. یکی از آنها سه اتم ید دارد و دیگری چهار اتم ید؛ به همین دلیل، آن دو را به ترتیب، با  $T_3$  و  $T_4$  نمایش می‌دهند.  $T_4$  که تیروکسین نیز نامیده می‌شود در مجاورت یاخته‌های هدف به  $T_3$  تبدیل می‌شود.

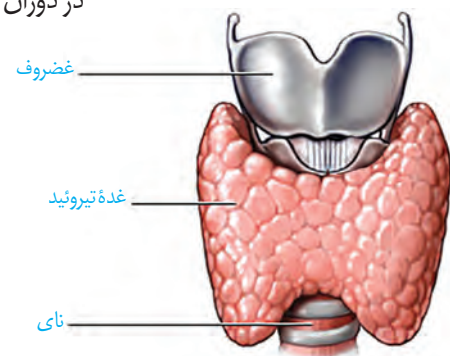


## غده تیروئید

غده تیروئید شکلی شبیه به سپر دارد و در زیر حنجره واقع است (شکل ۸). هورمون‌هایی که از این غده ترشح می‌شوند، عبارت‌اند از: هورمون‌های تیروئیدی و کلسی‌تونین. هورمون‌های تیروئیدی دو هورمون ید دار به نام‌های  $T_3$  و  $T_4$  هستند.

هورمون‌های تیروئیدی میزان تجزیه گلوکز و انرژی در دسترس را تنظیم می‌کنند. از آنجایی که تجزیه گلوکز در همه یاخته‌های بدن رخ می‌دهد پس همگی، یاخته هدف این هورمون‌ها هستند. در دوران جنینی و کودکی،  $T_3$  برای نمو دستگاه عصبی مرکزی لازم است؛ بنابراین، فقدان آن به اختلالات نمو دستگاه عصبی و عقب ماندگی ذهنی و جسمی جنین می‌انجامد. اگر ید در غذا به مقدار کافی نباشد، آن‌گاه هورمون تیروئیدی به اندازه کافی ساخته نمی‌شود. در این حالت غده هیپوفیز با ترشح هورمون محرک تیروئید، باعث رشد بیشتر غده می‌شود تا ید بیشتری جذب کند. فعالیت بیشتر غده تیروئید منجر به بزرگ شدن آن می‌شود که به آن **گواتر** می‌گویند.

ید در غذاهای دریایی فراوان است. مقدار ید موجود در فراورده‌های کشاورزی و دامی یک منطقه، به مقدار ید خاک بستگی دارد. با توجه به کمبود ید در خاک کشور ما، همچون بسیاری از دیگر کشورها، برنامه‌های غذایی متکی به فراورده‌های غیر دریایی نمی‌تواند فراهم کننده ید مورد نیاز بدن باشد.



نمای جلویی

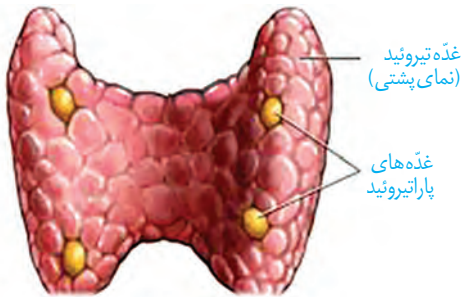
شکل ۸- غده تیروئید

استفاده از نمک ید دار می‌تواند ید مورد نیاز بدن را تأمین کند. تحقیق کنید که نمک‌های ید دار در چه شرایطی خواص خود را حفظ می‌کنند و چه غذاهایی مانع جذب ید می‌شوند؟

## فعالیت ۱

هورمون دیگر تیروئید، **کلسی‌تونین** است. زمانی که کلسیم در خوناب زیاد است، این هورمون از برداشت کلسیم از استخوان‌ها جلوگیری می‌کند.

## غده‌های پاراتیروئید



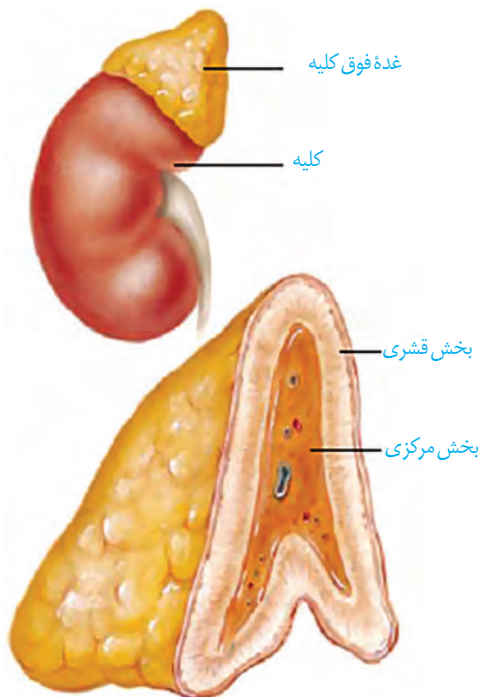
شکل ۹- غده‌های پاراتیروئید

غده‌های پاراتیروئید به تعداد چهار عدد در پشت غده تیروئید قرار دارند (شکل ۹). این غدد، **هورمون پاراتیروئیدی** ترشح می‌کنند.

هورمون پاراتیروئیدی در پاسخ به کاهش کلسیم خوناب ترشح می‌شود و در هم‌ایستایی کلسیم نقش دارد. این هورمون، کلسیم را از مادهٔ زمینهٔ استخوان جدا و آزاد می‌کند. همچنین باز جذب کلسیم را در کلیه افزایش می‌دهد.

یکی دیگر از کارهای هورمون پاراتیروئیدی اثر بر ویتامین D است. این هورمون، ویتامین D را به شکلی تبدیل می‌کند که می‌تواند جذب کلسیم از روده را افزایش دهد؛ بنابراین کمبود ویتامین D باعث کاهش جذب کلسیم از روده می‌شود.

## غده فوق کلیه



شکل ۱۰- غده فوق کلیه

غده فوق کلیه روی کلیه قرار دارد و از دو بخش قشری و مرکزی تشکیل شده است که از همدیگر مستقل‌اند (شکل ۱۰).

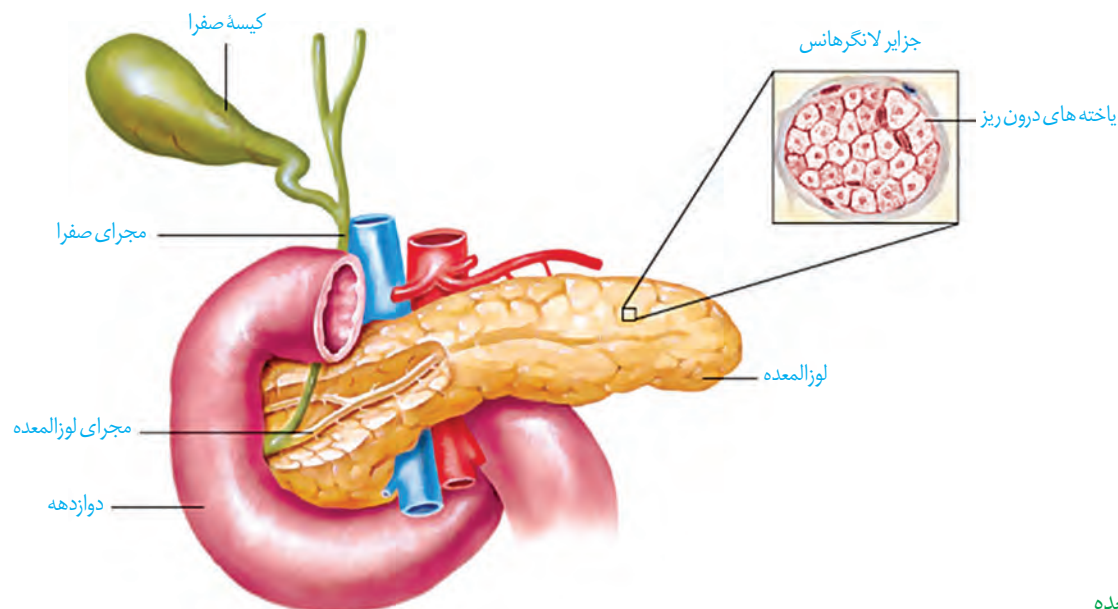
**بخش مرکزی** ساختار عصبی دارد. وقتی فرد در شرایط تنش قرار می‌گیرد، این بخش دو هورمون به نام‌های **اپی‌نفرین** و **نور اپی‌نفرین** ترشح می‌کند. این هورمون‌ها ضربان قلب، فشار خون و گلوکز خوناب را افزایش می‌دهند و نایزک‌ها را در شش‌ها باز می‌کنند. چنین تغییراتی بدن را برای پاسخ‌های کوتاه مدت آماده می‌کند.

**بخش قشری** به تنش‌های طولانی مدت، مثل غم از دست دادن نزدیکان، با ترشح **کورتیزول** پاسخ دیرپا می‌دهد. این هورمون گلوکز خوناب را افزایش می‌دهد. اگر تنش‌ها به مدت زیادی ادامه یابد، کورتیزول دستگاه ایمنی را تضعیف می‌کند. هورمون دیگر بخش قشری **آلدوسترون** است که بازجذب سدیم را از کلیه افزایش می‌دهد. به دنبال بازجذب سدیم، آب هم بازجذب می‌شود و در نتیجه فشار خون بالا می‌رود.

بخش قشری **هورمون جنسی** زنانه و مردانه را در هر دو جنس نیز ترشح می‌کند.

## غده لوزالمعده

غده لوزالمعده از دو قسمت برون ریز و درون ریز تشکیل شده است (شکل ۱۱). بخش برون ریز، آنزیم‌های گوارشی و بیکربنات ترشح می‌کند که در سال گذشته با آن آشنا شدیم. بخش درون ریز به صورت مجموعه‌ای از یاخته‌ها در بین بخش برون ریز است که **جزایر لانگرهانس** نام دارند.



شکل ۱۱- لوزالمعده

از بخش درون ریز لوزالمعده دو هورمون به نام‌های **گلوکاگون** و **انسولین** ترشح می‌شوند. گلوکاگون در پاسخ به کاهش گلوکز خون ترشح شده، باعث تجزیه گلیکوژن به گلوکز می‌شود و به این ترتیب، قند خون را افزایش می‌دهد. انسولین در پاسخ به افزایش گلوکز خون ترشح و باعث ورود گلوکز به یاخته‌ها می‌شود و به این ترتیب، قند خون را کاهش می‌دهد.

اگر یاخته‌ها نتوانند گلوکز را از خون بگیرند، غلظت گلوکز خون افزایش می‌یابد. به همین علت گلوکز و به دنبال آن آب وارد ادرار می‌شود. چنین وضعیتی به **دیابت شکر** معروف است.

در این نوع دیابت، یاخته‌ها مجبورند انرژی مورد نیاز خود را از چربی‌ها یا حتی پروتئین‌ها به دست آورند که به کاهش وزن می‌انجامد. بر اثر تجزیه چربی‌ها، محصولات اسیدی تولید می‌شود که اگر این وضعیت درمان نشود به اگما و مرگ منجر خواهد شد. علاوه بر آن، تجزیه پروتئین‌ها، مقاومت بدن را کاهش می‌دهد. بنابراین، افراد مبتلا به دیابت باید بهداشت را بیش از پیش رعایت کنند و مراقب زخم‌ها و سوختگی‌های هرچند کوچک باشند.

دیابت بر دو نوع است. در نوع **یک**، انسولین ترشح نمی‌شود یا به اندازه کافی ترشح نمی‌شود. این بیماری، یک بیماری خود ایمنی است که در آن دستگاه ایمنی یاخته‌های ترشح کننده انسولین در جزایر لانگرهانس را از بین می‌برد. این بیماری با تزریق انسولین تحت کنترل در خواهد آمد. در دیابت نوع دو اشکال در تولید انسولین نیست. در نوع دو انسولین به مقدار کافی وجود دارد، اما گیرنده‌های

### بیشتر بدانید

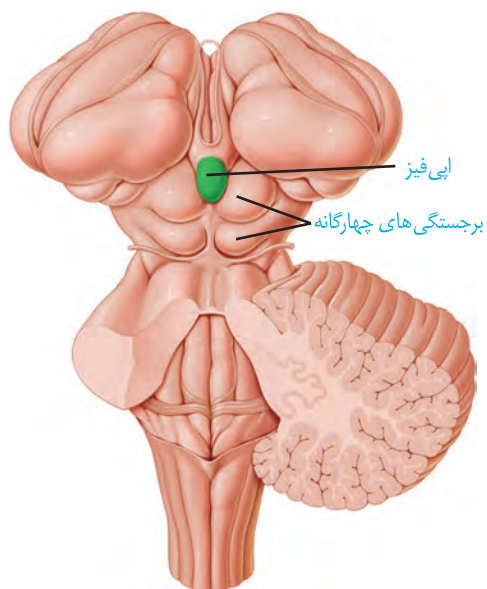
در زمان بارداری نیز ممکن است دیابت رخ دهد که به آن **دیابت بارداری** می‌گویند. دیابت بارداری برای جنین خطرناک است و باید بلافاصله تشخیص داده شود تا اقدامات لازم صورت گیرد؛ در غیر این صورت، جنین آسیب می‌بیند و حتی ممکن است سقط شود.

انسولین به آن پاسخ نمی‌دهند. دیابت نوع دو از سن حدود چهل سالگی به بعد، در نتیجه چاقی و عدم تحرک در افرادی که زمینه بیماری را دارند ظاهر می‌شود.

## فعالیت ۲

تحقیق کنید که برای پیشگیری از دیابت نوع دو چه باید کرد؟

### سایر غدد درون‌ریز



غده‌اپی‌فیزی یکی دیگر از غدد درون‌ریز مغز است که در بالای برجستگی‌های چهارگانه قرار دارد (شکل ۱۲) و هورمون **ملاتونین** ترشح می‌کند. مقدار ترشح این هورمون در شب به حداکثر و در نزدیکی ظهر به حداقل می‌رسد. عملکرد این هورمون در انسان به خوبی معلوم نیست، اما به نظر می‌رسد در تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی ارتباط داشته باشد.

غده **تیموس** هورمون **تیموسین** ترشح می‌کند که در تمایز لنفوسیت‌ها نقش دارد. با تمایز لنفوسیت‌ها در فصل ۵ بیشتر آشنا خواهیم شد. همچنین عملکرد **غده‌های جنسی** و هورمون‌های آنها را در فصل ۷ خواهید دید.

### گوناگونی پاسخ‌های یاخته‌ها به هورمون‌ها

شکل ۱۲- جایگاه غده‌اپی‌فیز

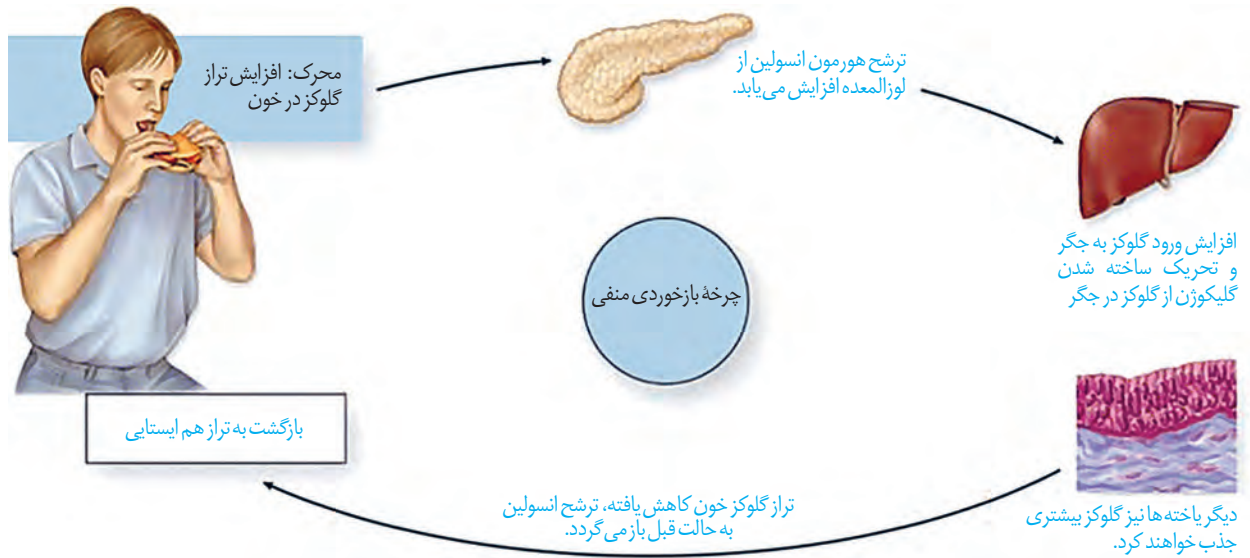
ممکن است یک یاخته چند هورمون را دریافت کند یا اینکه چند یاخته، یک هورمون را دریافت کنند. براساس نوع هورمون و نوع یاخته هدف، پیام پیک به عملکرد خاصی تفسیر می‌شود. مثلاً وقتی هورمون پاراتیروئیدی که کلسیم خون را افزایش می‌دهد به کلیه می‌رسد، بازجذب کلسیم را زیاد می‌کند، اما همان هورمون در استخوان باعث تجزیه استخوان می‌شود و کلسیم را آزاد می‌کند.

### تنظیم بازخوردی ترشح هورمون‌ها

هورمون‌ها در مقادیر خیلی کم ترشح می‌شوند، اما با همین مقدار کم، اثرات خود را برجای می‌گذارند. بنابراین، تغییر هرچند کم در مقدار ترشح هورمون‌ها اثرات قابل ملاحظه‌ای در پی خواهد داشت؛ به همین علت ترشح هورمون‌ها باید به‌دقت تنظیم شود.

**چرخه تنظیم بازخوردی** روش رایجی در تنظیم ترشح هورمون‌هاست که به دو صورت منفی و مثبت دیده می‌شود. در **تنظیم بازخوردی منفی**، افزایش مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث کاهش ترشح همان هورمون می‌شود و بالعکس. بیشتر هورمون‌ها توسط بازخورد منفی تنظیم می‌شوند. تنظیم انسولین، مثالی از یک بازخورد منفی است (شکل ۱۳).

در تنظیم بازخوردی مثبت، افزایش مقدار یک هورمون یا تأثیرات آن، باعث افزایش ترشح همان هورمون می‌شود. عملکرد اکسی‌توسین توسط چرخه بازخوردی مثبت تنظیم می‌شود که در فصل ۷ با آن آشنا خواهید شد.



شکل ۱۳- تنظیم بازخورد گلوکز با بازخورد منفی

### ارتباط شیمیایی در جانوران

در دنیای جانوران از ارتباط شیمیایی نه فقط برای ارتباط بین یاخته‌ها، بلکه برای ارتباط افراد با یکدیگر نیز استفاده می‌شود. فرومون‌ها موادی هستند که از یک فرد ترشح می‌شوند و در فرد یا افراد دیگری از همان‌گونه پاسخ‌های رفتاری ایجاد می‌کنند. مثلاً زنبور از فرومون‌ها برای هشدار خطر حضور شکارچی به دیگران استفاده می‌کند. مارها از فرومون‌ها برای جفت‌یابی و گربه‌ها از آن برای تعیین قلمرو خود استفاده می‌کنند.





## فصل ۵

### ایمنی

زمانی که میکروسکوپ، دنیای ناپیدای میکروب‌ها را آشکار کرد، تصور نمی‌شد که موجوداتی به این ریزی و سادگی، بتوانند جاننداری چون انسان را بیمار کنند. اما به تدریج شواهدی به دست آمد که به ارائه «نظریه میکروبی بیماری‌ها» در قرن نوزدهم انجامید. نظریه‌ای که بیان می‌کند میکروب‌ها می‌توانند بیماری‌زا باشند.

توانایی بدن انسان در بیمار نشدن یا بهبودی یافتن پس از ابتلا به بیماری‌های میکروبی نشان‌دهنده این واقعیت است که بدن می‌تواند در برابر میکروب‌ها از خود دفاع کند.

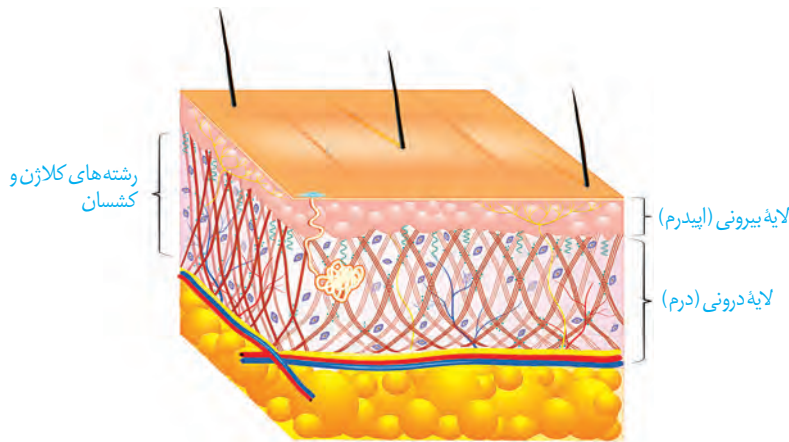
بدن ما چند خط دفاعی دارد که از ورود میکروب‌ها جلوگیری، یا با میکروب‌های وارد شده مبارزه می‌کند. در این فصل، با این خطوط دفاعی آشنا می‌شویم. اگر بدن ما توانایی دفاع دارد، چرا واکسن می‌زنیم؟ دستگاه ایمنی در برابر چه چیزهای دیگری به جز میکروب‌ها، دفاع می‌کند؟ اینها سؤالاتی است که در این فصل، پاسخ آنها را خواهیم یافت.



شاید بهترین راه در امان ماندن از میکروب‌ها، جلوگیری از ورود آنها به بدن باشد. واقعیت هم همین است. همان‌گونه که با دیوار کشیدن در گرداگرد یک شهر، می‌توان سدی در برابر حملهٔ بیگانگان ایجاد کرد، بدن ما به وسیلهٔ سدهایی در اطراف خود، محافظت می‌شود. پوست و مخاط، سد محکمی در برابر ورود میکروب‌ها ایجاد می‌کنند.

**پوست** یکی از اندام‌های بدن است که لایه‌های بیرونی و درونی آن در جلوگیری از ورود میکروب‌ها به بدن نقش دارند (شکل ۱).

لایهٔ بیرونی شامل چندین لایهٔ یاختهٔ پوششی است که خارجی‌ترین یاخته‌های آن مرده‌اند. یاخته‌های مرده به تدریج می‌ریزند و به این ترتیب، میکروب‌هایی را که به آن چسبیده‌اند، از بدن دور می‌کنند.



شکل ۱- لایه‌های مختلف پوست

در لایهٔ درونی، بافت پیوندی رشته‌ای وجود دارد که رشته‌ها در آن به طرز محکمی به هم تائیده‌اند. این لایه محکم و با دوام است. چرم که از پوست جانوران درست می‌شود مربوط به همین لایه است. لایهٔ درونی، عملاً سدی محکم و غیر قابل نفوذ است. پوست فقط یک سد ساده نیست؛ بلکه ترشحات مختلفی هم دارد. سطح پوست را ماده‌ای چرب می‌پوشاند. این ماده به علت داشتن اسیدهای چرب، خاصیت اسیدی دارد. محیط اسیدی برای زندگی میکروب‌های بیماری‌زا مناسب نیست.

## فعالیت ۱

تحقیق کنید که:

الف) چربی سطح پوست چه فواید دیگری دارد؟

ب) جوش‌های پوستی و شورهٔ سر چه ارتباطی با چربی پوست دارد؟

یکی دیگر از ترشحات سطح پوست، عرق است که نمک دارد. نمک برای باکتری‌ها مناسب نیست. عرق، آنزیم لیزوزیم هم دارد. آیا به خاطر دارید که لیزوزیم چه نقشی داشت؟ در سطح پوست ما میکروب‌هایی زندگی می‌کنند که با شرایط پوست، از جمله اسیدی بودن، سازش یافته‌اند. این میکروب‌ها از تکثیر میکروب‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند، چون در رقابت برای کسب غذا بر آنها پیروز می‌شوند.

با اینکه پوست سد محکمی است، اما همه جای بدن را نپوشانده است. دستگاه‌های تنفس، گوارش و ادراری - تناسلی با محیط بیرون در ارتباط اند و امکان نفوذ میکروب‌ها از طریق آنها وجود دارد. سطح مجاری این دستگاه‌ها را مخاط پوشانده است. به یاد دارید که مخاط از یک بافت پوششی با آستری از بافت پیوندی تشکیل شده است و ماده چسبناکی را به نام ماده مخاطی ترشح می‌کند. بافته‌های پوششی به هم چسبیده‌اند و سدّی را ایجاد می‌کنند. همچنین ماده مخاطی، که چسبناک است، میکروب‌ها را به دام می‌اندازد و از پیش‌روی آنها جلوگیری می‌کند. ترشحات مخاط، با داشتن لیزوزیم موجب کشته شدن باکتری‌ها می‌شود.

علاوه بر مخاط، در هر کدام از دستگاه‌های یادشده سازوکارهای دیگری هم برای مبارزه با میکروب‌ها وجود دارد. به عنوان مثال، مخاط مزکدار در دستگاه تنفس مانع نفوذ میکروب‌ها به بخش‌های عمیق‌تر می‌شود. در دستگاه گوارش، بزاق لیزوزیم دارد. همچنین اسید معده، میکروب‌های موجود در غذا را نابود می‌سازد. ساز و کارهایی مانند عطسه، سرفه، استفراغ، مدفوع و ادرار باعث بیرون راندن میکروب‌های مجاری می‌شود. اشک با داشتن نمک و لیزوزیم از چشم محافظت می‌کند.

## فعالیت ۲

مخاط مزکدار دستگاه تنفس چگونه مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؟  
چه عواملی به این بخش آسیب می‌زند؟

چنان‌که می‌بینیم میکروب‌ها، از هر نوعی که باشند، هنگام ورود به بدن، با خط اول دفاع بدن روبه‌رو می‌شوند. پوست و مخاط، در برابر نفوذ میکروب‌ها، بدون توجه به نوع آنها، سدّی ایجاد می‌کنند. به این نوع دفاع، **دفاع غیر اختصاصی** می‌گویند. در دفاع غیر اختصاصی، روش‌هایی به کار گرفته می‌شود که در برابر طیف وسیعی از میکروب‌ها مؤثر است. در مقابل، دستگاه ایمنی می‌تواند به طور اختصاصی نیز در برابر میکروب‌ها دفاع کند. در **دفاع اختصاصی** پاسخ دستگاه ایمنی فقط بر همان نوع میکروب مؤثر است و بر میکروب‌هایی از انواع دیگر اثری ندارد.

اگر میکروبی بتواند از نخستین خط دفاعی عبور کند، آیا یاخته‌های بدن ما می‌توانند با آن مبارزه کنند؟

### مشاهده یک دانشمند

کلید پاسخ به این سؤال، از مشاهده جانورشناسی به نام ایلیا مچنیکوف<sup>۱</sup> به دست آمد. او در حین مطالعه لارو ستاره دریایی، که شفاف است، به مشاهده شگفت‌انگیزی دست یافت. مچنیکوف برای نخستین بار، درون بدن لارو، یاخته‌هایی را دید که شبیه آمیب بودند؛ حرکت می‌کردند و مواد اطراف خود را می‌خوردند. در این هنگام فکری به ذهن او خطور کرد: شاید این یاخته‌ها میکروب‌ها و ذرات خارجی را هم می‌خورند و در دفاع نقش دارند. اگر چنین باشد باید بتوانند ذره‌ای را که از خارج به بدن لارو وارد شده است نابود کنند. او برای آزمودن این فرضیه، خرده‌های ریزی از خارهای گل رز را به زیر پوست لارو وارد کرد و مشتاقانه منتظر ماند. او درست حدس زده بود. تا صبح فردا، این یاخته‌های آمیبی شکل، اثری از خرده‌ها باقی نگذاشته بودند. مچنیکوف این یاخته‌ها را **بیگانه‌خوار** نامید. او بقیه عمر خود را به مطالعه نحوه دفاع بدن در برابر میکروب‌ها پرداخت و سرانجام موفق شد جایزه نوبل را به دست آورد.

### خودی و بیگانه

قبل از آنکه بیگانه‌خوارهای بدن ما به میکروب حمله کند، ابتدا باید «بیگانه بودن» آن را تشخیص دهد. دستگاه ایمنی هر فرد، یاخته‌های «خودی» را می‌شناسد و تنها در برابر آنچه که «بیگانه» تشخیص داده می‌شود پاسخ می‌دهد.

دومین خط دفاعی شامل ساز و کارهایی است که بیگانه‌ها را بر اساس ویژگی‌های عمومی آنها شناسایی می‌کند. بنابراین، از نوع دفاع غیر اختصاصی است. دومین خط دفاعی شامل بیگانه‌خوارها، گویچه‌های سفید، پروتئین‌ها، پاسخ التهابی و تب است.

### بیگانه‌خوارها (فاگوسیت‌ها)

در انسان انواع مختلفی از یاخته‌های بیگانه‌خوار شناسایی شده‌اند. بیگانه‌خوارها در جای‌جای بدن انسان حضور دارند. **درشت‌خوار** (ماکروفاژ) یکی از بیگانه‌خوارهاست (شکل ۲).

واژه درشت‌خوار برای شما آشناست. آیا درشت‌خوارهای حبابکی را در شش‌ها به یاد دارید؟ درشت‌خوارها در اندام‌های مختلف، از جمله گره‌های لنفاوی، حضور دارند



شکل ۲- درشت‌خوار در حال بیگانه‌خواری

۱- Metchnikoff (۱۸۴۵-۱۹۱۶)

و با میکروب‌ها مبارزه می‌کنند.

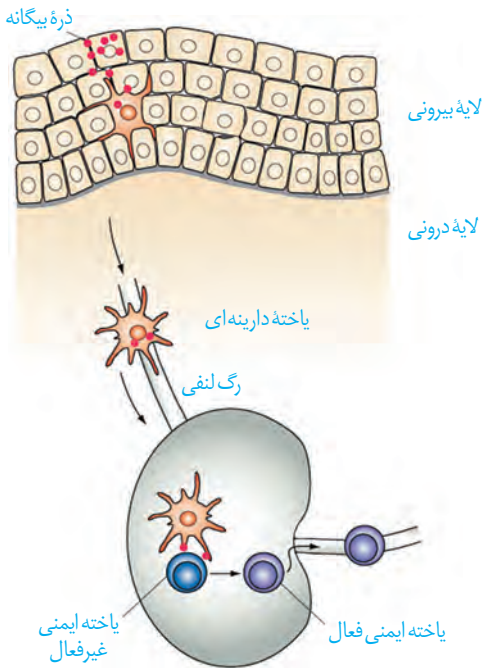
یکی دیگر از وظایف درشت‌خوار از بین بردن یاخته‌های مرده بافت‌ها یا بقایای آنهاست. از سال گذشته به یاد دارید که کبد و طحال گویچه‌های قرمز مرده را پاک‌سازی می‌کنند. می‌دانید چگونه؟ این کار به وسیله درشت‌خوارهای این اندام‌ها انجام می‌شود.

نوع دیگری از بیگانه‌خوارها یاخته‌های **دارینه‌ای** نام دارد. این یاخته‌ها را به علت داشتن انشعابات دارینه مانند، به این نام می‌خوانند. یاخته‌های دارینه‌ای در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط اند، مثل پوست و لوله گوارش، به فراوانی یافت می‌شوند. این یاخته‌ها علاوه بر بیگانه‌خواری، قسمت‌هایی از میکروب را در سطح خود قرار می‌دهند. سپس خود را به گره‌های لنفاوی نزدیک می‌رسانند، تا این قسمت‌ها را به یاخته‌های ایمنی ارائه کنند (شکل ۳). یاخته‌های ایمنی با شناختن این قسمت‌ها، میکروب مهاجم را شناسایی خواهند کرد.

بیگانه‌خوار دیگر **ماستوسیت** نام دارد. ماستوسیت‌ها مانند یاخته‌های دارینه‌ای در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط اند، به فراوانی یافت

می‌شوند. ماستوسیت‌ها ماده‌ای به نام **هیستامین** دارند. هیستامین رگ‌ها را گشاد و نفوذپذیری آنها را زیاد می‌کند. گشاد شدن رگ‌ها باعث افزایش جریان خون و حضور بیشتر گویچه‌های سفید می‌شود. نفوذ پذیری بیشتر رگ‌ها موجب می‌شود تا خوناب که حاوی پروتئین‌های دفاعی است بیش از گذشته به خارج رگ نشت کند.

**نوتروفیل**، بیگانه‌خوار دیگری است که از انواع گویچه‌های سفید است. نوتروفیل‌ها را در بخش گویچه‌های سفید بررسی می‌کنیم.



شکل ۳. نحوه عملکرد یاخته‌های دارینه‌ای

## واژه‌شناسی

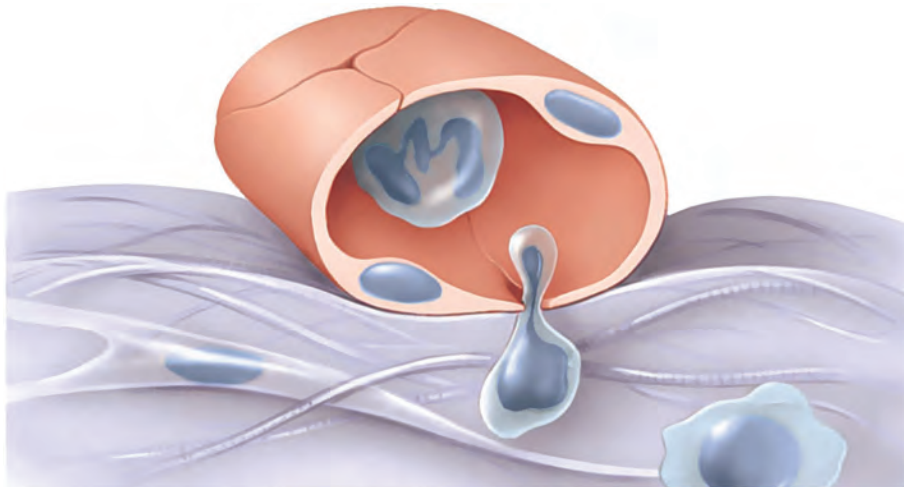
تراگذری (diapedesis/دی‌آپدز) دی‌آپدز به معنای از میان چیزی گذشتن است و تراگذری نیز از دو جزء ترا به معنی آن سو (طرف دیگر) و گذر به معنی عبور کردن تشکیل شده است.

## گویچه‌های سفید

یافته‌های اولیه نشان داد که در جریان بیماری‌های میکروبی، تعداد گویچه‌های سفید افزایش می‌یابد و به این ترتیب، مشخص شد که بین این گویچه‌ها و میکروب‌ها ارتباط وجود دارد. اما هنوز یک سؤال دیگر باقی‌مانده بود: گویچه‌های سفید در خون اند، اما میکروب‌ها همه جا می‌توانند باشند. گویچه‌های سفید چگونه با میکروب‌های خارج از خون مبارزه می‌کنند؟ آیا گویچه‌های سفید می‌توانند از خون خارج شوند؟

با پیشرفت روش‌های رنگ آمیزی و کار با میکروسکوپ، دانشمندان به کشفی دست یافتند که می‌توانست این معما را حل کند. دانشمندان مشاهده کردند که گویچه‌های سفید نه تنها در خون، بلکه در بافت‌های دیگر هم یافت می‌شوند. پس گویچه‌های سفید، توانایی خروج از خون را دارند. فرایند عبور گویچه‌های سفید را از دیواره مویرگ‌ها، **تراگذری** (دی‌آپدز) می‌نامند (شکل ۴). تراگذری از ویژگی‌های همه گویچه‌های سفید است.



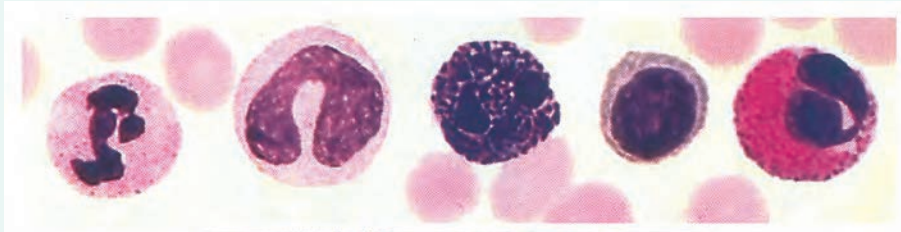


شکل ۴- تراگذری گویچه سفید

در سال گذشته دانستید گویچه‌های سفید انواع مختلفی دارند و به روش‌های مختلفی مبارزه می‌کنند. در این قسمت آنهایی را بررسی می‌کنیم که در دومین خط دفاعی نقش دارند. سایر گویچه‌های سفید را در قسمت‌های بعدی بررسی خواهیم کرد.

### فعالیت ۳

در شکل زیر، انواع گویچه‌های سفید نشان داده شده است (مقیاس گویچه‌ها نسبت به هم رعایت نشده است). با توجه به آنچه که در سال قبل خوانده‌اید:



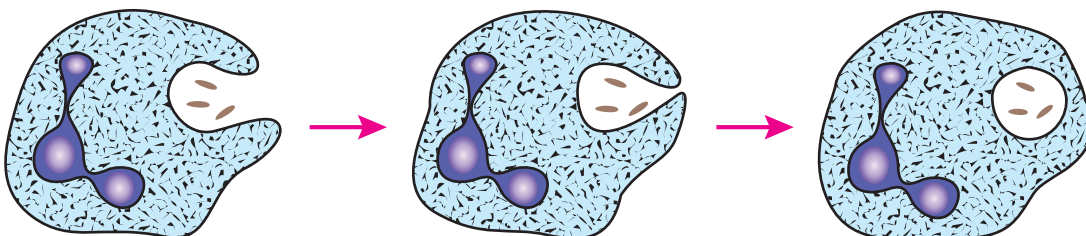
الف) نام هر یک را بیان کنید.

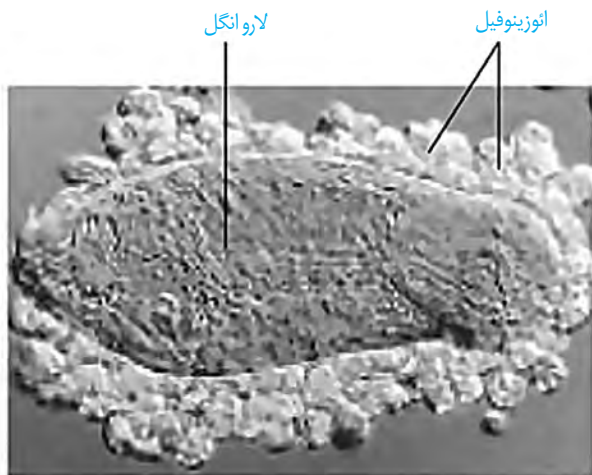
ب) سیتوپلاسم در کدام گویچه‌ها دانه دار و در کدام بدون دانه است؟

پ) تحقیق کنید که دانه‌ها از چه چیزی ساخته شده‌اند؟

**نوتروفیل‌ها** را می‌توان به «نیروهای واکنش سریع» تشبیه کرد. اگر عامل بیماری‌زا در بافت وارد شود، نوتروفیل‌ها با تراگذری خود را به آنها می‌رسانند و با بیگانه‌خواری آنها را نابود می‌کنند (شکل ۵). نوتروفیل‌ها مواد دفاعی زیادی حمل نمی‌کنند و چابک‌اند.

شکل ۵- بیگانه‌خواری نوتروفیل‌ها





شکل ۶- مئوزینوفیل‌ها لارو انگل را احاطه کرده‌اند.

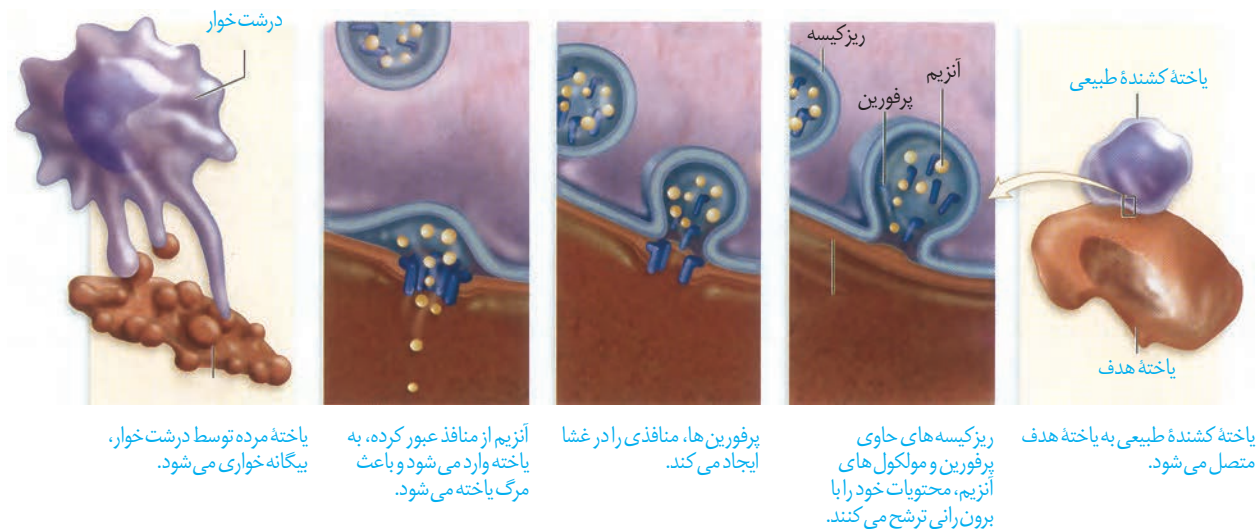
۱۵ میکرومتر

همه عوامل بیماری‌زا را نمی‌توان با بیگانه‌خواری از بین برد. در برابر عوامل بیماری‌زای بزرگ‌تری مثل کرم‌های انگل که قابل بیگانه‌خواری نیستند، **مئوزینوفیل‌ها** مبارزه می‌کنند. مئوزینوفیل‌ها محتویات دانه‌های خود را به روی انگل می‌ریزند (شکل ۶).

**بازوفیل‌ها**، به مواد حساسیت‌زا پاسخ می‌دهند. دانه‌های این یاخته‌ها هیستامین و ماده‌ای به نام **هیپارین** دارند. هیپارین ضد انعقاد خون است. **مونوسیت‌ها**، از خون خارج می‌شوند و پس از خروج، تغییر می‌کنند و به **درشت‌خوار** و یا **یاخته‌های دندریتی** تبدیل می‌شوند.

**لنفوسیت‌ها** انواع مختلفی دارند. لنفوسیتی را که در دفاع غیر اختصاصی نقش دارد، **یاخته‌کشنده طبیعی** می‌نامند که یاخته‌های سرطانی و آلوده به ویروس را نابود می‌کنند. یاخته‌کشنده طبیعی، به یاخته سرطانی متصل می‌شود، با ترشح پروتئینی به نام **پرفورین** منفذی در

غشا ایجاد می‌کند. سپس با وارد کردن آنزیمی به درون یاخته، باعث مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته می‌شود (شکل ۷). در یاخته‌ها، برنامه‌ای وجود دارد که در صورت اجرای آن، یاخته می‌میرد. این نوع مرگ را **مرگ برنامه‌ریزی شده** می‌نامند. لنفوسیت‌های دفاع اختصاصی را **لنفوسیت‌های B و T** می‌نامند و کمی بعد با آنها آشنا خواهیم شد.



یاخته مرده توسط درشت‌خوار، بیگانه‌خواری می‌شود.

آنزیم از منافذ عبور کرده، به یاخته وارد می‌شود و باعث مرگ یاخته می‌شود.

پرفورین‌ها، منافذی را در غشا ایجاد می‌کند.

ریزکیسه‌های حاوی پرفورین و مولکول‌های آنزیم، محتویات خود را با برون‌رانی ترشح می‌کنند.

یاخته‌کشنده طبیعی به یاخته هدف متصل می‌شود.

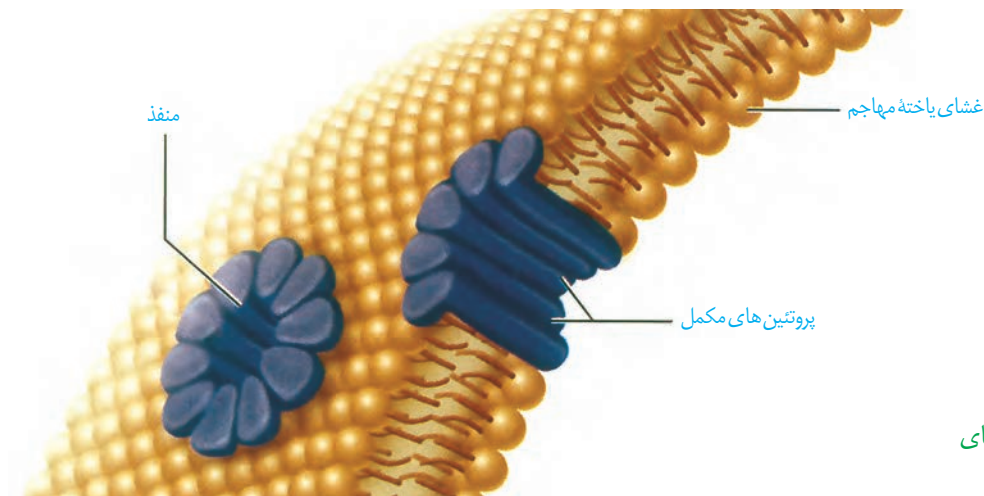
شکل ۷- نحوه عملکرد یاخته‌کشنده طبیعی

یک گسترش آماده خون را با میکروسکوپ مشاهده و انواع گویچه‌های سفید را در آن مشاهده کنید.

## فعالیت ۴

## پروتئین‌ها

علاوه بر یاخته‌ها، پروتئین‌ها هم در ایمنی بدن نقش دارند. پروتئین‌های مکمل، گروهی از پروتئین‌های خون (محلول در خوناب) اند. این پروتئین‌ها در فرد غیر آلوده به صورت غیرفعال اند، اما اگر میکروبی به بدن نفوذ کند، فعال می‌شوند. واکنش فعال شدن، به این صورت است که وقتی یکی از این پروتئین‌ها فعال می‌شود، دیگری را فعال می‌کند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد. پروتئین‌های فعال شده به کمک یکدیگر، با ایجاد ساختارهای حلقه‌مانند در غشای میکروب‌ها، منافذی به وجود می‌آورند. این منافذ عملکرد غشای یاخته‌ای میکروب را در کنترل ورود و خروج مواد از بین می‌برند و سرانجام یاخته بیگانه می‌میرد (شکل ۸). علاوه بر آن، قرارگرفتن پروتئین‌های مکمل روی میکروب، باعث می‌شود که بیگانه‌خواری آن آسان‌تر انجام شود.



شکل ۸- نحوه عملکرد پروتئین‌های مکمل

یکی دیگر از روش‌های دفاع، ترشح پروتئینی به نام اینترفرون است. اینترفرون نوع یک از یاخته آلوده به ویروس ترشح می‌شود و علاوه بر یاخته آلوده، بر یاخته‌های سالم مجاور هم اثر می‌کند و آنها را در برابر ویروس مقاوم می‌کند. اینترفرون نوع دو از یاخته‌های کشنده طبیعی و لنفوسیت‌های T ترشح می‌شود و درشت‌خوارها را فعال می‌کند. این نوع اینترفرون نقش مهمی در مبارزه علیه یاخته‌های سرطانی دارد.

## پاسخ التهابی

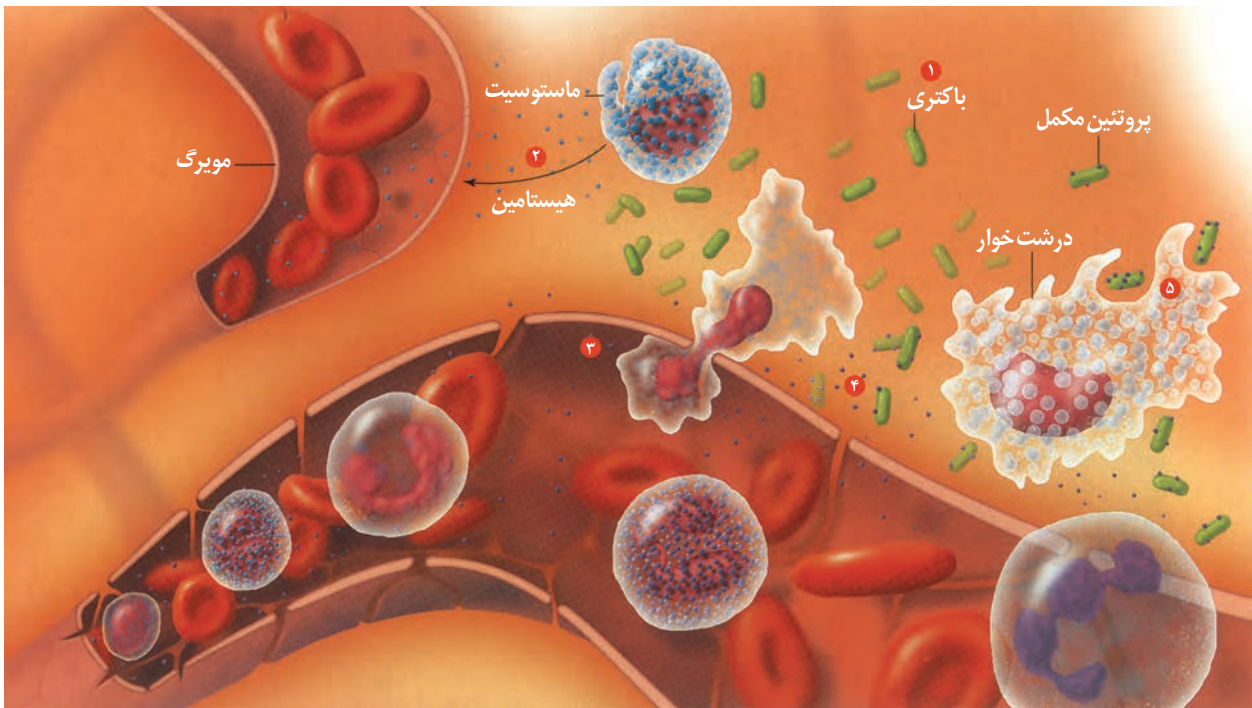
هر یک از ما به نوعی تجربه زخمی شدن یا بریدگی را داشته‌ایم. در این موارد، پوست آسیب می‌بیند و میکروب‌ها فرصتی برای نفوذ پیدا می‌کنند. قرمزی، تورم، گرما و درد که در موضع آسیب دیده مشاهده می‌شوند، نشانه‌های التهاب اند.

التهاب، پاسخی موضعی است که به دنبال آسیب بافتی بروز می‌کند. این پاسخ به از بین بردن میکروب‌ها، جلوگیری از انتشار میکروب‌ها و تسریع بهبودی می‌انجامد. التهاب چگونه ایجاد می‌شود؟ در التهاب، از ماستوسیت‌های آسیب دیده هیستامین رها می‌شود. به این ترتیب، گویچه‌های

سفید بیشتری به موضع آسیب هدایت می شوند و خوناب بیشتری به بیرون نشت می کند (شکل ۹).  
 یاخته‌های دیواره مویرگ‌ها و درشت خوارها با تولید پیک‌های شیمیایی، گویچه‌های سفید خون  
 را به محل آسیب فرا می خوانند.  
 نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها با تراگذاری از خون خارج می شوند. نوتروفیل‌ها بیگانه‌خواری می کنند  
 و مونوسیت‌ها به درشت خوار تبدیل می شوند.

## فعالیت ۵

الف) علت قرمزی، تورم و گرم شدگی موضع التهاب را چگونه توضیح می دهید؟  
 ب) خروج خوناب بیشتر در محل التهاب از رگ چه اهمیتی دارد؟  
 در رابطه با چرک و مواد موجود در آن تحقیق کنید.



شکل ۹- مراحل التهاب:

- ۱- ورود باکتری به بدن
- ۲- ماستوسیت‌های آسیب دیده هیستامین (نقاط آبی) رها می کنند.
- ۳- نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها از مویرگ خارج می شوند.
- ۴- پروتئین مکمل فعال شده به غشای باکتری متصل می شود.
- ۵- درشت خوارها ضمن تولید پیک شیمیایی باکتری‌ها را بیگانه‌خواری می کنند.

## تب

یکی از نشانه‌های بیماری‌های میکروبی، تب است. فعالیت میکروب‌ها در دماهای بالا کاهش می‌یابد، هیپوتالاموس در پاسخ به بعضی ترشحات میکروب‌ها، دمای بدن را بالا می‌برد.

## فعالیت ۶

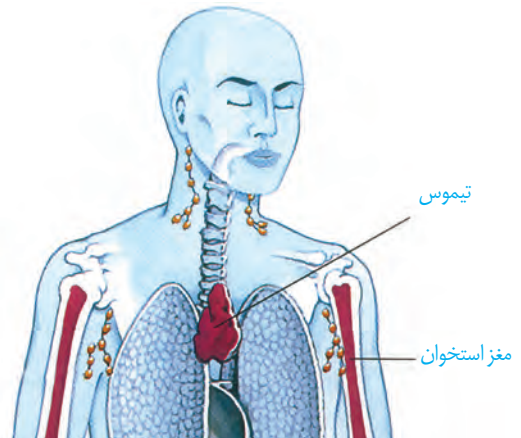
الف) تب چگونه بر فعالیت میکروب‌ها اثر می‌گذارد؟  
 ب) چرا تب‌های شدید خطرناک‌اند؟



دفاع اختصاصی چنان که از نام آن برمی آید به نوع عامل بیگانه بستگی دارد و تنها بر همان عامل مؤثر است. به عنوان مثال، پاسخی که علیه میکروب کزاز ایجاد می شود بر سایر میکروبها اثری ندارد. چگونه عامل غیر خودی به طور اختصاصی شناسایی می شود؟ این وظیفه برعهده لنفوسیتها است.

### لنفوسیتها و شناسایی پادگن

دفاع اختصاصی به وسیله لنفوسیتهای B و T انجام می شود. هر دو نوع لنفوسیت در مغز استخوان تولید می شوند و در ابتدا نابالغ اند؛ یعنی توانایی شناسایی عامل بیگانه را ندارند. لنفوسیتهای B در همان مغز استخوان اما لنفوسیتهای T در تیموس بالغ می شوند و به این ترتیب، توانایی شناسایی عامل بیگانه را به دست می آورند (شکل ۱۰). تیموس در دوران نوزادی و کودکی فعالیت زیادی دارد اما به تدریج از فعالیت آن کاسته می شود و اندازه آن تحلیل می رود.

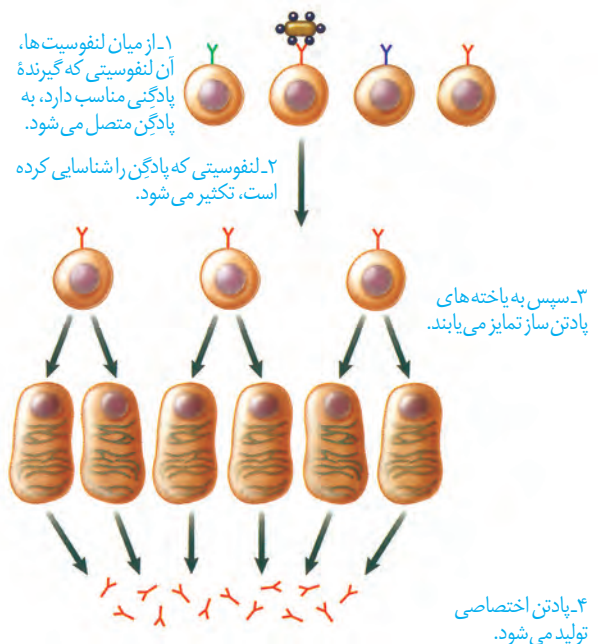


شکل ۱۰- محل بلوغ لنفوسیتها

مولکولهایی که این لنفوسیتها شناسایی می کنند، پادگن (آنتیژن) نام دارند. لنفوسیتها چگونه پادگن را شناسایی می کنند؟ هر لنفوسیت B یا T در سطح خود، گیرندههای پادگن دارد که همگی از یک نوع اند. هر گیرنده اختصاصی عمل می کند؛ یعنی فقط می تواند به یک نوع پادگن متصل شود و به این ترتیب، پادگن شناسایی می شود.

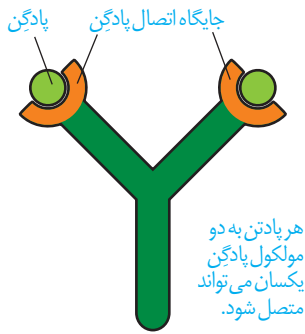
### نحوه عملکرد لنفوسیت B

لنفوسیت B پادگن سطح میکروبها یا ذرات محلول مثل سم میکروبها را شناسایی می کند. از میان لنفوسیتهای B با گیرندههای مختلف، آن لنفوسیتی که توانسته است پادگن را شناسایی کند به سرعت تکثیر می شود و یاختههایی به نام پادتن ساز (پلاسموسیت) را پدید می آورد (شکل ۱۱). یاخته پادتن ساز پادتن ترشح می کند. پادتن همراه مایعات بین یاخته ای، خون و لنف به گردش در می آید و هر جا با میکروب یا پادگنهای محلول برخورد کرد آن را نابود، یا بی اثر می سازد.



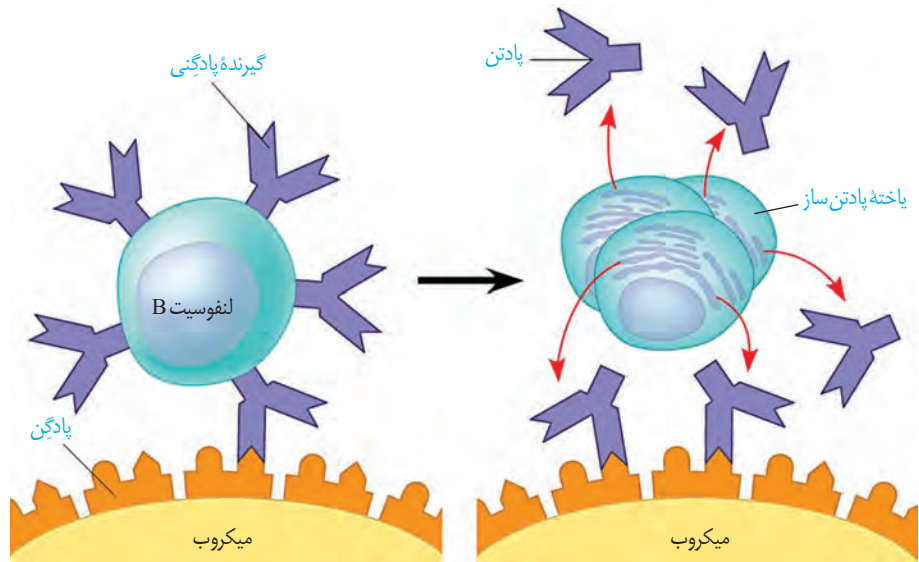
شکل ۱۱- نحوه عملکرد لنفوسیت B





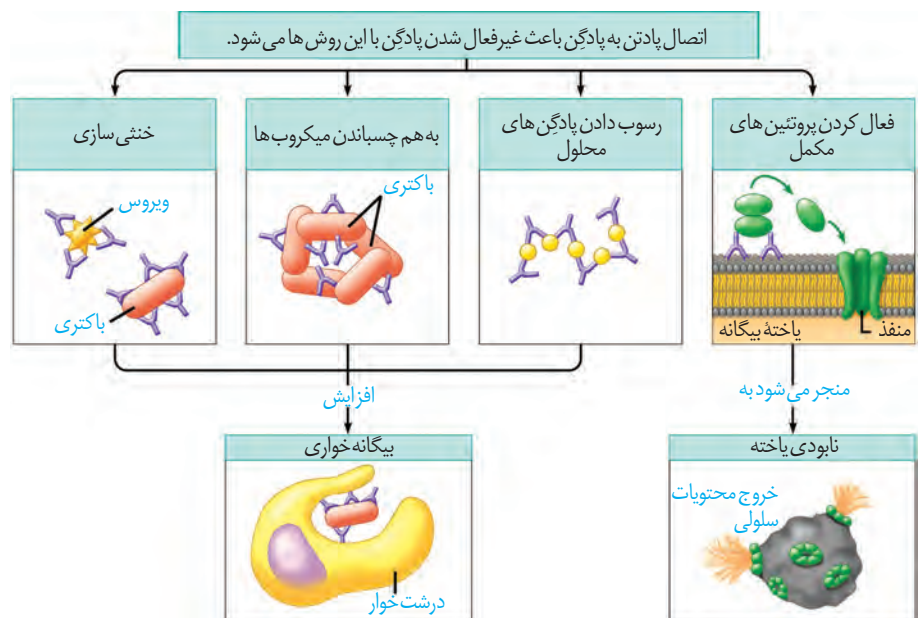
شکل ۱۲- مولکول پادتن

پادتن ها مولکول هایی Y شکل و از جنس پروتئین اند. هر پادتن دو جایگاه برای اتصال به پادگن دارد (شکل ۱۲). هر لنفوسیت B می تواند پس از تبدیل به پادتن ساز، پادتنی مشابه با گیرنده خود ترشح کند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- هر لنفوسیت فقط یک نوع گیرنده دارد که پس از تبدیل به پادتن ساز پادتنی مشابه با گیرنده خود را ساخته و ترشح می کند.

پادتن پادگن را با روش هایی که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، بی اثر یا نابود می کند. از پادتن ها می توان به عنوان دارو نیز استفاده کرد. پادتن آماده را سرم می نامند. به عنوان مثال، در زخم های شدید، که احتمال فعالیت باکتری کزاز وجود دارد، از سرم ضد کزاز استفاده می شود. همچنین پادزهر سم مار که بعد از مارگزیدگی استفاده می شود، حاوی پادتن هایی است که سم مار را خنثی می کنند.



شکل ۱۴- نحوه عملکرد پادتن

## نحوه عملکرد لنفوسیت T

لنفوسیت T، یاخته‌های خودی را که تغییر کرده‌اند، مثلاً سرطانی یا آلوده به ویروس شده است را نابود می‌کند. همچنین به یاخته‌های بخش پیوند شده حمله می‌کند. لنفوسیت T پس از شناسایی پادگن تکثیر می‌شود و لنفوسیت‌های T کشنده را پدید می‌آورد. لنفوسیت‌های T کشنده به یاخته هدف متصل می‌شوند و با ترشح پرفورین و آنزیم «مرگ برنامه‌ریزی شده» را به راه می‌اندازند.

### فعالیت ۷

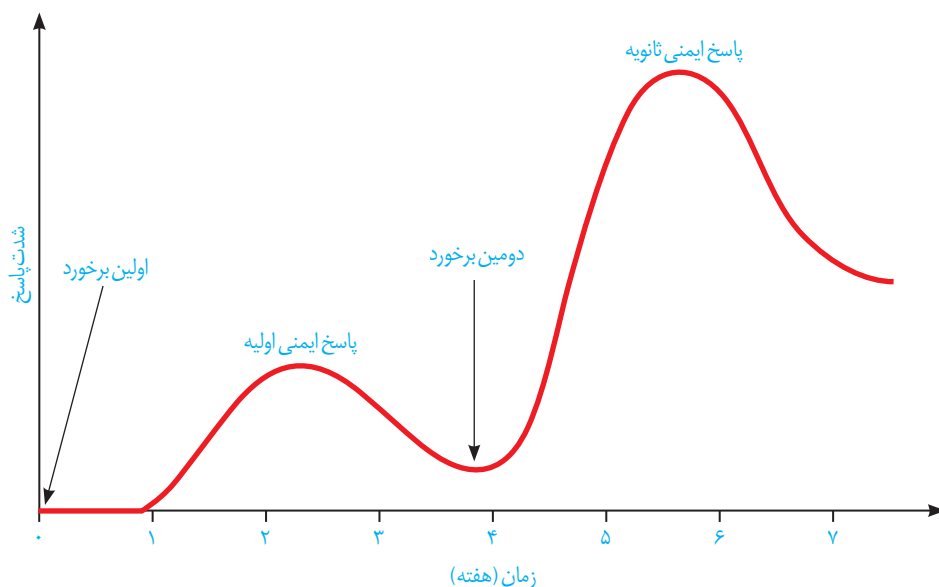
آنفلوآنزای پرندگان را ویروسی پدید می‌آورد که می‌تواند سایر گونه‌ها، از جمله انسان را نیز آلوده کند. این ویروس به شش‌ها حمله می‌کند و سبب می‌شود دستگاه ایمنی بیش از حد معمول فعالیت کند. بدین ترتیب، به تولید آنبوه و بیش از اندازه لنفوسیت‌های T می‌انجامد.

الف) علت مرگ بر اثر آلودگی با این ویروس را چگونه توجیه می‌کنید؟  
ب) چه راهی را برای کنترل این بیماری در جمعیت‌ها پیشنهاد می‌کنید؟

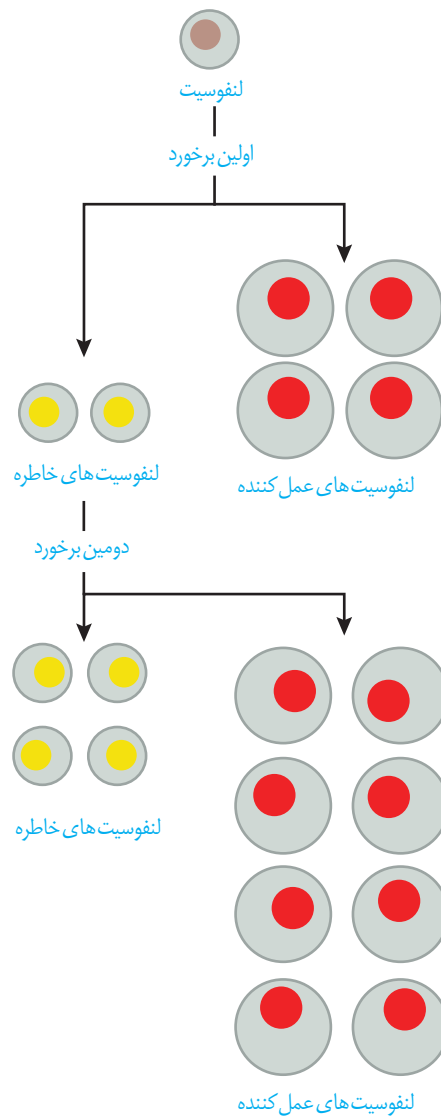
## پاسخ اولیه و ثانویه در ایمنی اختصاصی

دفاع اختصاصی، فرایندی است که برای شناسایی پادگن و تکثیر لنفوسیت‌ها به زمان نیاز دارد. از این رو، برخلاف دفاع غیر اختصاصی، دفاع سریعی نیست. اما اگر پادگنی که قبلاً به بدن وارد شده است دوباره به بدن وارد شود، پاسخ دفاع اختصاصی نسبت به قبل سریع‌تر و قوی‌تر است (شکل ۱۵):

چرا؟



شکل ۱۵- پاسخ اولیه و ثانویه



شکل ۱۶. لنفوسیت های خاطره

دستگاه ایمنی دارای «حافظه» است؛ یعنی وقتی با پادگنی برخورد کند، خاطره آن برخورد را نگه خواهد داشت. به این ترتیب، پادگنی که برای دفعات بعدی به بدن وارد می شود سریع تر شناسایی می شود. اما چگونه؟

وقتی لنفوسیت، پادگنی را شناسایی می کند تکثیر می شود و علاوه بر لنفوسیت های عمل کننده (پادتن ساز یا T کشنده) یاخته های دیگری به نام لنفوسیت های خاطره پدید می آید که تا مدت ها در خون باقی می ماند (شکل ۱۶).

وجود تعداد زیادی لنفوسیت خاطره در خون، باعث می شود تشخیص پادگن سریع تر صورت پذیرد و برای برخوردهای بعدی، تعداد بیشتری لنفوسیت خاطره پدید آید.

علت شدیدتر بودن پاسخ ایمنی در برخورد دوم نسبت به برخورد اول چیست؟

## فعالیت ۸

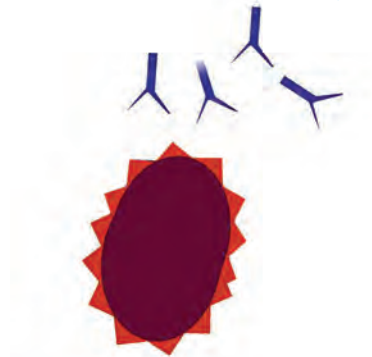
از خاصیت حافظه دار بودن دفاع اختصاصی، در واکسیناسیون استفاده می شود. کافی است یک بار میکروب را در شرایط کنترل شده به دستگاه ایمنی معرفی کنیم و به این طریق یاخته های خاطره را پدید آوریم. بدین ترتیب، اگر دوباره همان میکروب به بدن وارد شود، قبل از آنکه فرصت عمل پیدا کند، دستگاه ایمنی آن را از پای در می آورد.

واکسن، میکروب ضعیف شده، کشته شده، پادگن میکروب یا سم خنثی شده آن است که با وارد کردن آن به بدن، یاخته های خاطره پدید می آید (شکل ۱۷). به همین علت، ایمنی حاصل از واکسن را ایمنی فعال می نامند. در مقابل، ایمنی حاصل از سرم ایمنی غیر فعال است چون پادتن در بدن تولید نشده و یاخته خاطره ای نیز پدید نیامده است.



۱- هر میکروبی پادگن های مخصوص به خود را دارد.

۲- از میکروب کشته شده، ضعیف شده یا پادگن های آن به عنوان واکسن استفاده می شود.



۳- پادتن و لنفوسیت خاطر تولید می شود.

۴- وقتی میکروب واقعی به بدن وارد شود، یاخته خاطر و پادتن ها آمادگی مقابله با آن را دارند.

شکل ۱۷- نحوه عملکرد واکسن

## فعالیت ۹

الف) تحقیق کنید که کودکان ایرانی چه واکسن هایی را دریافت می کنند؟ در چه زمانی؟  
ب) چرا بعضی از واکسن ها را باید تکرار کرد؟

### ایدز، نگاهی دقیق تر به ایمنی اختصاصی

**نقص ایمنی اکتسابی** که به اختصار **ایدز (AIDS)** نامیده می شود، نوعی بیماری است که عامل آن ویروس است. ویروس این بیماری **HIV** نام دارد. در این بیماری عملکرد در دستگاه ایمنی فرد، دچار نقص می شود. به همین دلیل حتی ابتلا به کم خطرترین بیماری های واگیر ممکن است به مرگ منجر شود.

ویروس ایدز پس از ورود به بدن ممکن است بین ۶ ماه تا ۱۵ سال نهفته باقی بماند و بیماری ایجاد نکند. چنین فردی آلوده به HIV است، اما بیمار نیست و هیچ علامتی از ایدز را ندارد. تنها راه تشخیص آن، انجام آزمایش پزشکی است. فرد آلوده یا بیمار می تواند این ویروس را به دیگران منتقل کند. به این ترتیب، باعث انتشار ویروس شود.

HIV از طریق رابطه جنسی، خون و فرآورده های خونی آلوده و نیز استفاده از هر نوع اشیای تیز و برنده ای که به خون آلوده به ویروس آغشته باشد (مثل استفاده از سرنگ یا تیغ مشترک، خالکوبی و سوراخ کردن گوش با سوزن مشترک) و مایعات بدن منتقل می شود. مادری که آلوده به HIV است می تواند در جریان بارداری، زایمان و شیردهی، ویروس را به فرزند خود منتقل کند. دست دادن، روبوسی، نیش حشرات، آب و غذا، این ویروس را منتقل نمی کند. انتقال ویروس از طریق ترشحات

۱- Acquired Immune Deficiency Syndrome

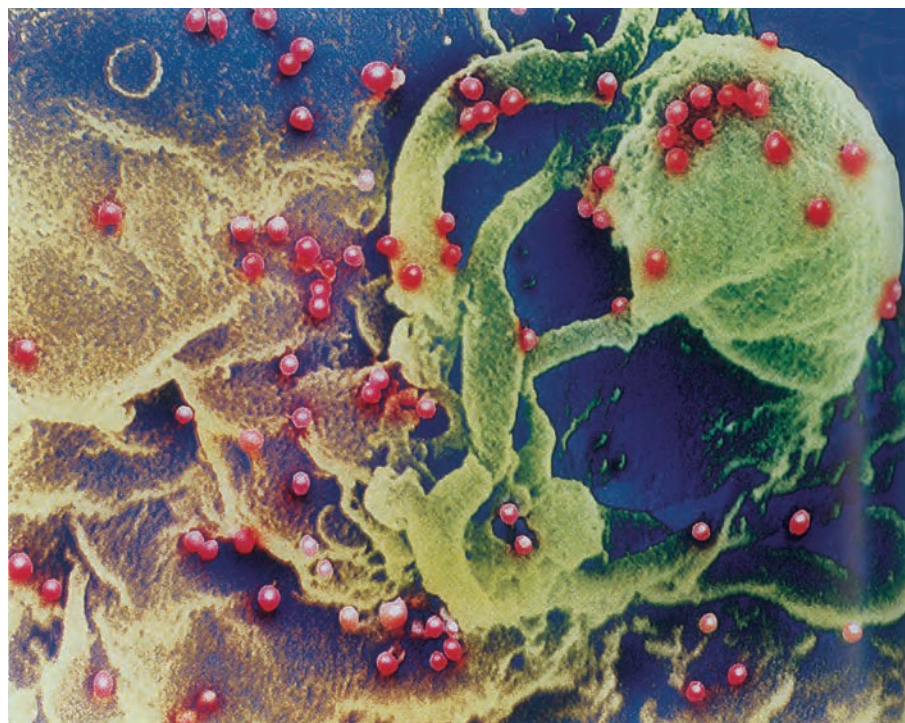
## بیشتر بدانید

تنها راه آگاهی از آلودگی به ویروس ایدز آزمایش است و هیچ علامتی را نمی‌توان برای آلوده بودن در نظر گرفت. آزمایش ایدز به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. اگر جواب آزمایش‌های اولیه، وجود ویروس را نشان دهد، از آزمایش‌های تکمیلی برای تأیید آن استفاده می‌شود. آزمایش اولیه بر مبنای سنجش پادتنی است که علیه ویروس تولید می‌شود. بنابراین، زمانی این آزمایش انجام می‌شود که پادتن ساخته شده باشد. حداقل دو هفته طول می‌کشد تا مقدار پادتن به اندازه قابل سنجش برسد.

بر مبنای روش آزمایش و دقت آن می‌توان سه هفته بعد از زمانی که احتمال آلودگی می‌رود نسبت به انجام آزمایش اقدام کرد. اما چون ممکن است در این مدت بدن هنوز به اندازه کافی پادتن نساخته باشد؛ لذا این آزمایش باید ۳ و ۶ ماه بعد دوباره انجام شود.

آزمایش ایدز در شمار آزمایش‌های رایج نیست. بنابراین، فرد باید به‌طور مشخص این آزمایش را درخواست کند. انجام این آزمایش در مراکز مشاوره بیماری‌های رفتاری (ایدز) رایگان و نتیجه آن محرمانه است.

بینی، بزاق، خلط، عرق و اشک، یا از طریق ادرار و مدفوع ثابت نشده است. تاکنون درمانی قطعی برای ایدز یافت نشده است و بهترین راه مقابله با آن، پیشگیری و افزایش آگاهی عمومی است. دستگاه ایمنی چگونه در ایدز آسیب می‌بیند؟ زیست‌شناسان دریافته‌اند که علت بیماری ایدز، حمله ویروس به لنفوسیت‌های T و از پای درآوردن آنهاست (شکل ۱۸). این مشاهده بلافاصله پرسشی را مطرح می‌کند: چرا از بین رفتن لنفوسیت‌های T به تضعیف کل دستگاه ایمنی، حتی لنفوسیت‌های B می‌انجامد؟ فعالیت لنفوسیت T چه ارتباطی با لنفوسیت B دارد؟



شکل ۱۸- HIV ویروس مسبب ایدز. در این شکل، ویروس با رنگ قرمز نشان داده شده است. ویروس‌ها در حال آزاد شدن از یاخته آلوده‌اند. این ویروس چنان ریز است که نزدیک به ۲۰۰ میلیون عدد از آنها را می‌توان در نقطه پایان این جمله جای داد.

پاسخ به این سؤال، به درک مدل دقیق‌تری از نحوه عمل دستگاه ایمنی انجامید. مشاهدات بیشتر نشان داد که HIV نه به همه لنفوسیت‌های T، بلکه به نوع خاصی از آنها حمله می‌کند. در واقع فعالیت لنفوسیت‌های B و دیگر لنفوسیت‌های T به کمک این نوع خاص انجام می‌شود؛ لذا آن را **لنفوسیت T کمک‌کننده** نامیدند. ویروس با از بین بردن این لنفوسیت‌ها، عملکرد لنفوسیت‌های B و T و در نتیجه سیستم ایمنی را مختل می‌کند.

## حساسیت

دستگاه ایمنی به همه مواد خارجی پاسخ نمی‌دهد. مثلاً دستگاه ایمنی به حضور میکروب‌های مفید در دستگاه گوارش پاسخ نمی‌دهد. به عدم پاسخ دستگاه ایمنی در برابر عامل‌های خارجی **تحمل ایمنی** می‌گویند.



**بیماری MS**

عوامل مسبب بیماری MS هنوز به طور قطع مشخص نیستند. علائم این بیماری متفاوت است اما غالباً با اختلالات دید (تاری و دوبینی) و اختلالات حسی و حرکتی (مثل اختلال در راه رفتن) همراه است.

در اطراف ما مواد گوناگونی وجود دارد که بی‌خطرند و دستگاه ایمنی نسبت به آنها تحمل دارد. اما در فردی ممکن است دستگاه ایمنی به این مواد بی‌خطر واکنش نشان دهد و پاسخ ایمنی ایجاد شود. در چنین حالتی می‌گوییم که این فرد نسبت به آن ماده حساسیت دارد. ماده‌ای را که باعث حساسیت شده است، **حساسیت‌زا** می‌نامند.

پاسخ دستگاه ایمنی به ماده حساسیت‌زا، ترشح هیستامین از ماستوسیت‌ها و بازوفیل‌هاست. در نتیجه ترشح هیستامین علائم شایع حساسیت مثل قرمزی و آبریزش از بینی ایجاد می‌شود.

**بیماری‌های خود ایمنی**

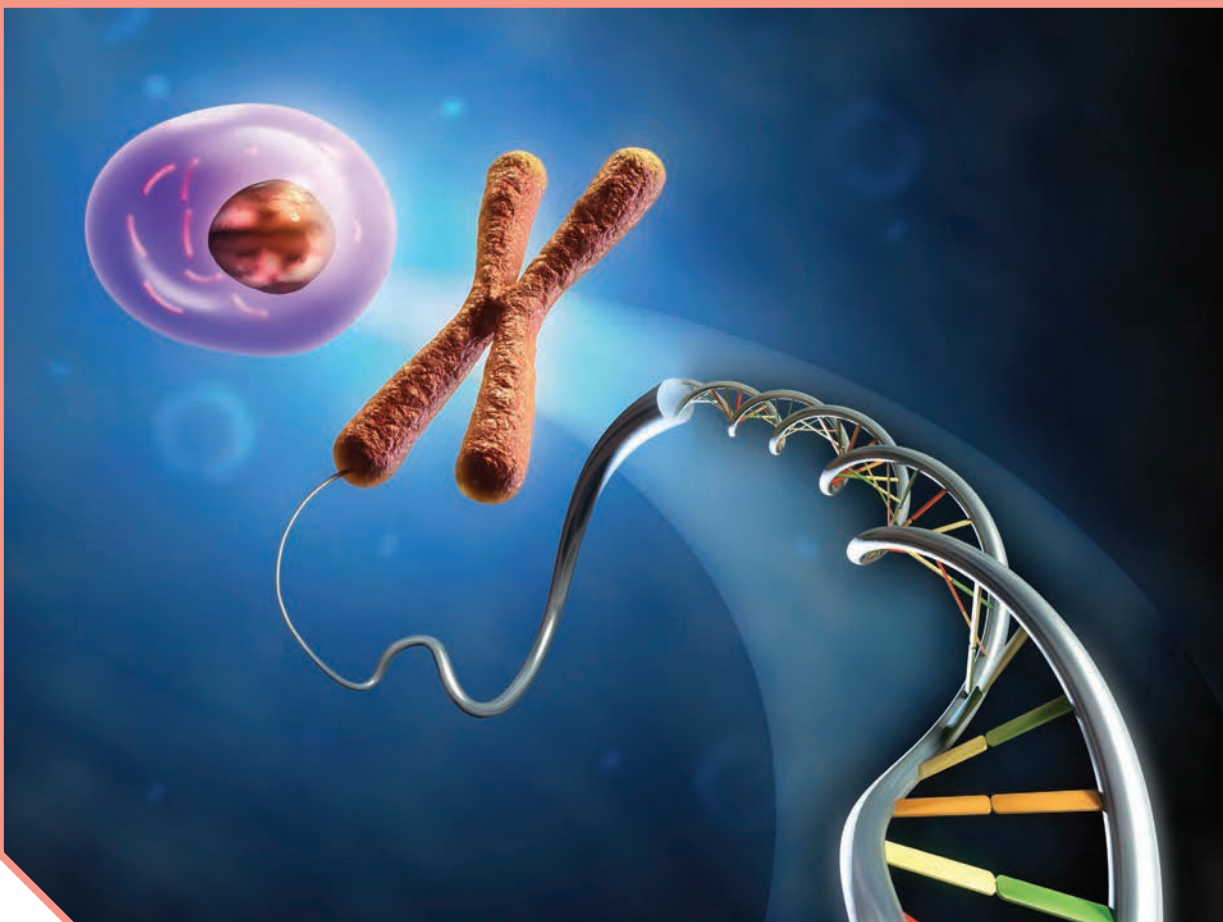
گاهی دستگاه ایمنی یاخته‌های خودی را به عنوان غیرخودی شناسایی و به آنها حمله می‌کند و باعث بیماری می‌شود؛ به این نوع بیماری‌ها، بیماری **خودایمنی** می‌گویند. دیابت نوع یک، مثالی از بیماری خود ایمنی است. در این بیماری، دستگاه ایمنی به یاخته‌های تولیدکننده انسولین حمله می‌کند و آنها را از بین می‌برد.

اِم.اس. بیماری خودایمنی دیگری است که در آن میلین اطراف یاخته‌های عصبی در مغز و نخاع مورد حمله دستگاه ایمنی قرار می‌گیرد و در قسمت‌هایی از بین می‌رود. بدین ترتیب، در ارتباط دستگاه عصبی مرکزی با بقیه بدن اختلال ایجاد می‌شود.

**ایمنی در جانوران**

همه جانوران ایمنی غیر اختصاصی دارند، اما ایمنی اختصاصی اساساً در مهره‌داران دیده می‌شود. با وجود این، سازوکارهایی در بی‌مهرگان یافت شده است که مشابه ایمنی اختصاصی عمل می‌کنند. به عنوان مثال، در مگس میوه، مولکولی کشف شده است که می‌تواند به صدها شکل مختلف درآید و پادگن‌های مختلفی را شناسایی کند.

مطالعات دانشمندان درباره دستگاه ایمنی بی‌مهرگان در سال‌های اخیر، شباهت‌های بیشتری با مهره‌داران را نشان داده است. این‌گونه مطالعات ما را در درک بهتر نحوه پیدایش ایمنی اختصاصی یاری خواهد کرد.



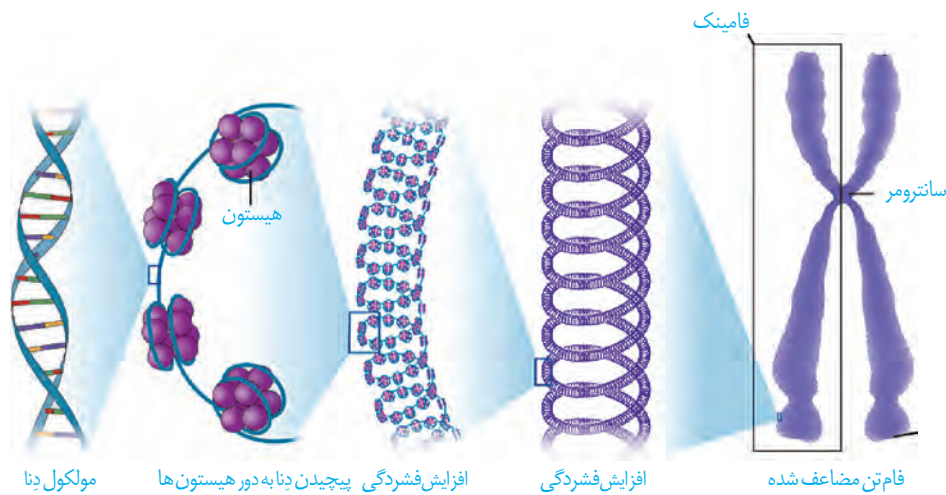
## فصل ۶

# تقسیم یاخته

زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه به نوزادی با میلیاردها یاخته تبدیل می‌شود. روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، به طوری که تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد. این افزایش شگفت‌انگیز با تقسیمات پیاپی یاخته‌ها صورت می‌پذیرد. با توجه به مطالبی که در سال‌های گذشته فراگرفتید، چه انواعی از تقسیم در بدن یک فرد بالغ را می‌شناسید؟ هر نوع از این تقسیم‌ها در چه نوع یاخته‌هایی، انجام می‌شود؟ نتیجه هر نوع از تقسیم چیست؟ آیا همه یاخته‌های بدن، تقسیم می‌شوند؟

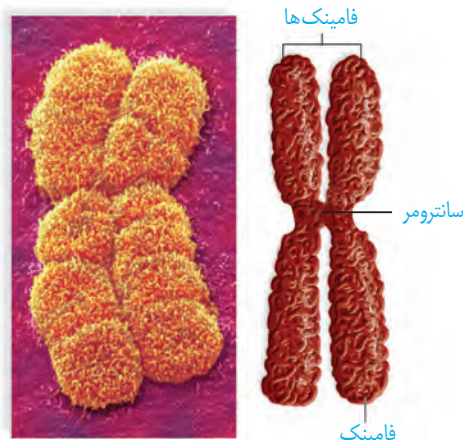


همان طور که می‌دانید فام تن از دنا (DNA) و پروتئین تشکیل شده است. به شکل ۱ توجه کنید. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فام تن‌های هسته، کمتر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می‌گویند. هر رشته فامینه دارای واحدهای تکراری به نام **هسته تن (نوکلئوزوم)** است. در هر هسته تن، مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام **هیستون** پیچیده است. ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت فامینه است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های فامینه دو برابر و در حین تقسیم یاخته فشرده می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۱- مراحل فشرده شدن فام تن

شکل ۲، تصویر یک فام تن را در حداکثر فشردگی نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، این فام تن از دو بخش همانند به نام **فامینک (کروماتید)** تشکیل شده است. به این فام تن‌ها، فام تن‌های **مضاعف شده** می‌گویند. فامینک‌های هر فام تن مضاعف از نظر نوع ژن‌ها یکسان اند و به آنها فامینک‌های **خواهری** گفته می‌شود. فامینک‌های خواهری در محلی به نام **سانترومر** به هم متصل‌اند.



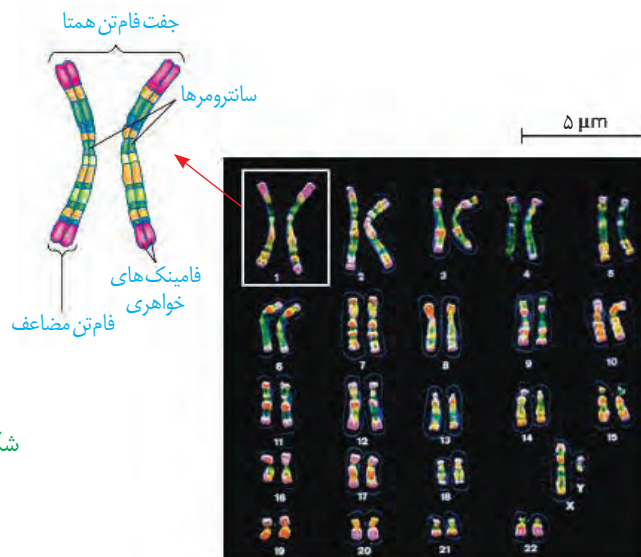
شکل ۲- ساختار یک فام تن مضاعف شده

فامینه (chromatin/ کروماتین)  
 فامینک (chromatid/ کروماتید)  
 فام تن (chromosome/ کروموزوم)  
 فام و کروم هر دو به معنای رنگ هستند که در کلمات متفاوتی به کار رفته، وقتی به صورت توده رنگ پذیر دیده می‌شوند فامینه، به صورت اجسام رنگ پذیر فام تن و جزء کوچکتر اینها همراه با پسوند صغیر (ک) به کار رفته و فامینک خوانده می‌شود.

هرگونه از جانداران، تعداد معینی فام تن در یاخته‌های پیکری خود دارند که به آن **عدد فام تنی** می‌گویند. یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های غیرجنسی جاندارند. ممکن است تعداد فام تن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ فام تن وجود دارد، ولی به طور مسلم زن‌های آنها بسیار متفاوت اند. تعداد فام تن‌های جانداران مختلف (به جز باکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.

### یاخته‌های پیکری انسان، دولا (دیپلوئید) هستند

برای تعیین تعداد فام تن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فام تنی، **کاریوتیپ** تهیه می‌شود. کاریوتیپ تصویری از فام تن‌ها با حداکثر فشردگی است که براساس اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومرها، مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳- کاریوتیپ انسان

### بیشتر بدانید

#### جدول ۱- عدد فام تنی برخی جانداران

تعداد فام تن	نام جاندار
۱۲	مگس خانگی
۲۰	ذرت
۲۴	گوجه فرنگی
۳۰	زرافه
۳۸	گره
۴۰	موش
۴۶	انسان
۴۸	شامپانزه
۴۸	سیب زمینی
۶۴	اسب
۷۸	سگ
۱۲۶۰	نوعی سرخس

با توجه به جدول آیا بین ساده و پیچیده بودن جاندار و تعداد فام تن‌ها می‌تواند ارتباطی وجود داشته باشد؟

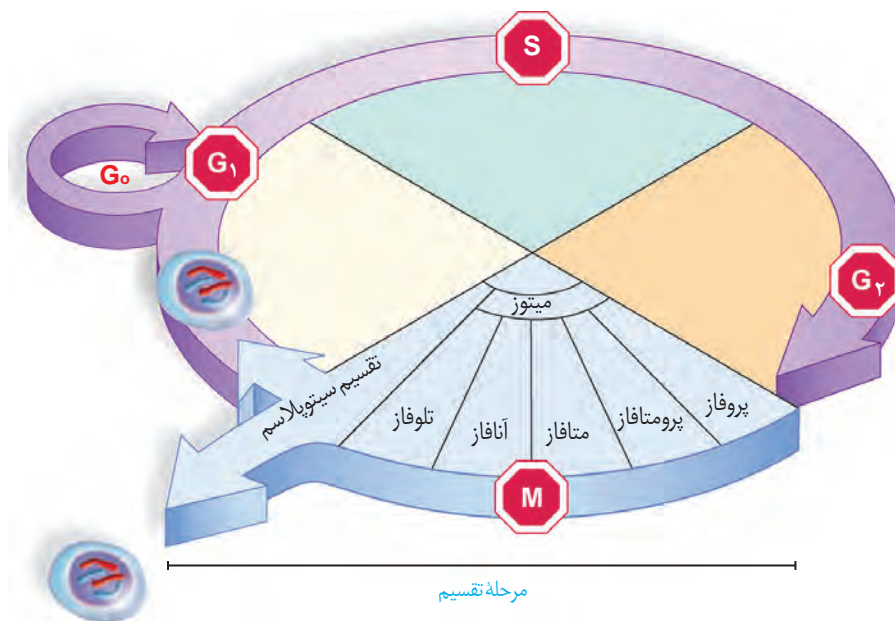
با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فام تن دارای یک فام تن شبیه خود است که به این فام تن‌ها، **همتا** گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آنها از هر فام تن دو نسخه داشته باشند، **دولا** می‌گویند. در این یاخته‌ها، دو مجموعه فام تن وجود دارد که دو به دو به یکدیگر شبیه‌اند؛ یک مجموعه فام تن از والد مادری و یک مجموعه از والد پدری دریافت شده است. این یاخته‌ها را با نماد کلی «۲n» نشان می‌دهند.

در انسان و بعضی جانداران، فام تن‌هایی وجود دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فام تن‌ها، فام تن جنسی گفته می‌شود. فام تن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. نمونه این فام تن‌ها را در کاریوتیپ شکل ۳ مشاهده می‌کنید. فام تن‌های جنسی در انسان را با نماد X و Y نشان می‌دهند. هسته یاخته‌های پیکری زنان دو فام تن X و مردان یک فام تن X و یک فام تن Y دارند.

بعضی یاخته‌ها مانند یاخته جنسی انسان، **تک‌لاد (هاپلوئید)** هستند؛ یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند. یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی «n» نشان می‌دهند. «n» تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان  $n=23$  است. در یک مجموعه فام‌تنی، هیچ فام‌تنی با فام‌تن دیگر هم‌تا نیست.

### چرخه یاخته‌ای

مراحل که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را **چرخه یاخته‌ای** می‌گویند. این چرخه، شامل مراحل **اینترفاز** و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است (شکل ۴).



شکل ۴- مراحل مختلف چرخه یاخته

### اینترفاز:

یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود. اینترفاز شامل مراحل  $G_1$ ، S و  $G_2$  است.

**مرحله وقفه اول یا  $G_1$ :** مرحله رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این یاخته‌ها به طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام  $G_0$  وارد می‌شوند. یاخته عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.



**مرحله S:** دوبرابر شدن دِنای (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجه همانندسازی است. همانندسازی دِنای فرایندی است که طی آن از یک مولکول دِنای، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود.

**مرحله وقفه دوم یا G<sub>۲</sub>:** این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است و در آن، یاخته‌ها آماده مرحله تقسیم می‌شوند. در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کنند و یاخته‌ها آماده تقسیم می‌شوند.

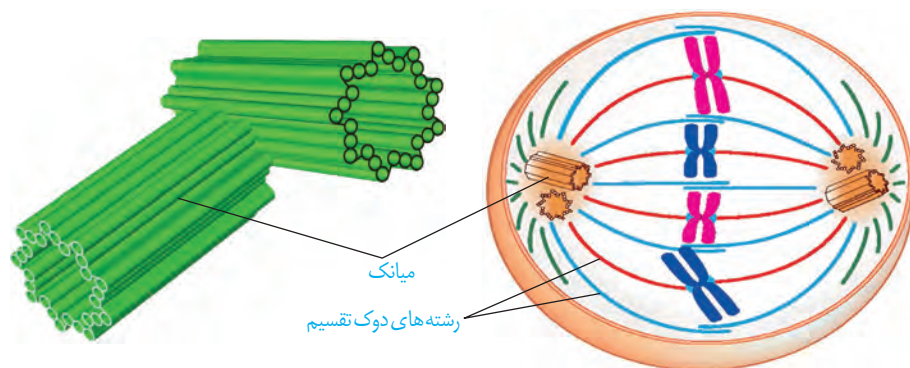
### **تقسیم یاخته:**

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشته‌مان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. در سال‌های گذشته تا حدودی با این فرایندها آشنا شدید. با تقسیم سیتوپلاسم، در نهایت یاخته‌های جدید ایجاد می‌شود.

در ریشتمان ماده ژنتیک، که در مرحله S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد. فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به‌طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند. برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام **دوک تقسیم** ایجاد می‌شود (شکل ۵-الف). دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و سانترومر فام‌تن به آن متصل می‌شود. با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند.

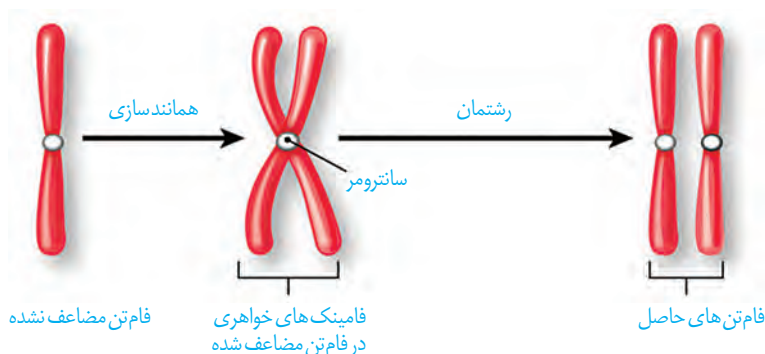
در یاخته‌های جانوری، **میانک‌ها (سانتریول‌ها)** ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.

میانک‌ها، یک جفت استوانه عمود برهم‌اند که در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دوبرابر می‌شوند. هر یک از این استوانه‌ها، از تعدادی لوله کوچک‌تر پروتئینی تشکیل شده‌است. ساختار میانک‌ها در شکل ۵ نشان داده شده‌است.



شکل ۵-الف) دوک تقسیم  
ب) جفت میانک

ریشتمان، فرایندی پیوسته است، ولی زیست‌شناسان برای سادگی، آن را مرحله‌بندی می‌کنند. طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در ریشتمان را در شکل ۶ مشاهده می‌کنید.



شکل ۶- طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در ریشتمان

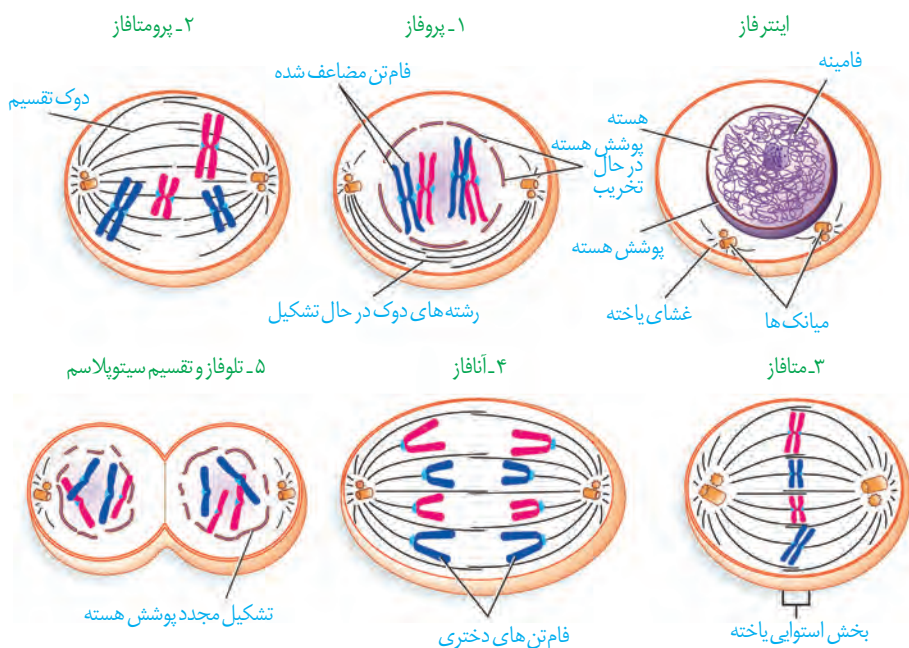
**پروفاز:** در این مرحله، رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. به طوری که به تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشرده شدن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

**پرومتافاز:** در این مرحله، پوشش هسته و شبکه آندوپلازمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. در همین حال سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

**متافاز:** فام‌تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند.

**آنافاز:** در این مرحله، با تجزیه پروتئین اتصالی در ناحیه سانترومر، فامینک‌ها از هم جدا می‌شوند. فاصله گرفتن فامینک‌ها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به فام‌تن انجام می‌شود. فام‌تن‌ها که اکنون تک فامینکی‌اند، به دو سوی یاخته (قطب) کشیده می‌شوند.

**تلوفاز:** رشته‌های دوک تخریب شده و فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد. مراحل تقسیم رشتمان در شکل ۷ نشان داده شده است.

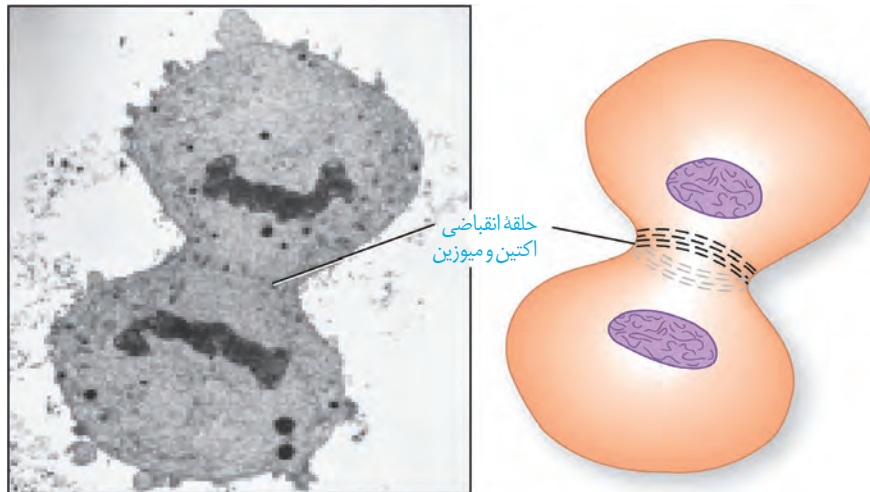


شکل ۷- طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم رشتمان

### تقسیم سیتوپلاسم

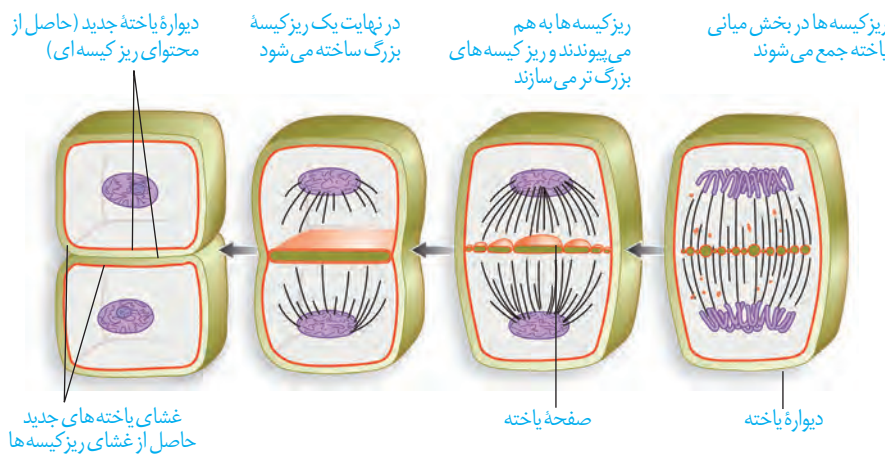
پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاخته جدید تشکیل می‌شود.

در یاخته‌های جانوری تقسیم سیتوپلاسم با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمر بندی در سیتوپلاسم قرار می‌گیرد و به غشا متصل است. با تنگ شدن این حلقه انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند (شکل ۸).



شکل ۸- تقسیم سیتوپلاسم در یک یاخته جانوری

در یاخته‌های گیاهی، حلقه انقباضی تشکیل نمی‌شود. در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام **صفحه یاخته‌ای** در محل تشکیل دیواره جدید، ایجاد می‌شود. این صفحه با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به هم پیوستن آنها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته‌اند. با اتصال این صفحه به دیواره یاخته مادری دو یاخته جدید از هم جدا می‌شوند (شکل ۹). ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم که سال گذشته با آنها آشنا شدید در هنگام تشکیل دیواره جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.

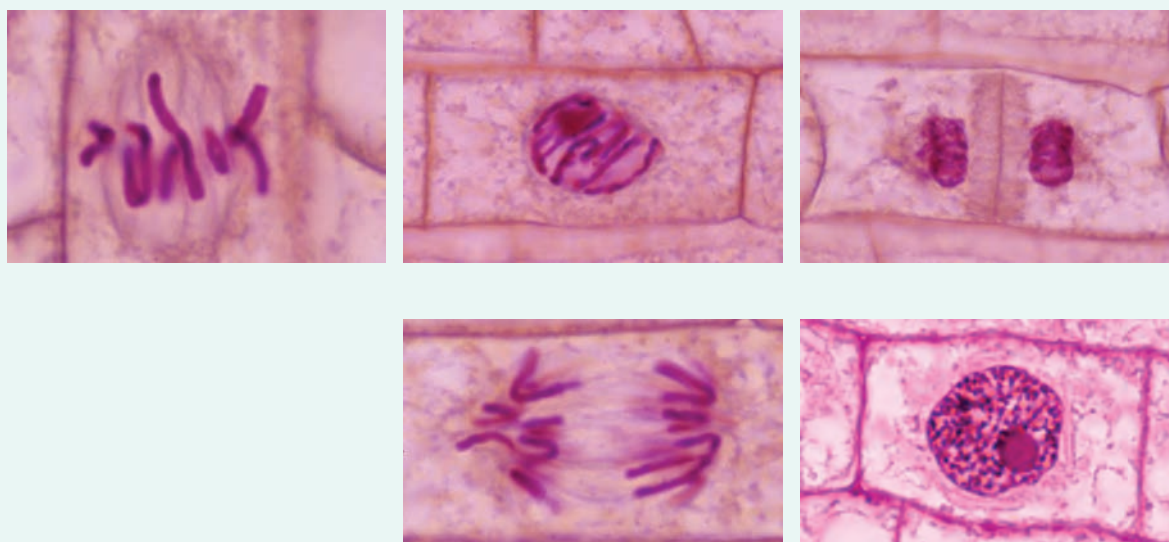


شکل ۹- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته گیاهی

در دنیای جانداران یاخته‌های چندهسته‌ای به روش‌های مختلفی ایجاد می‌شوند. در سال گذشته با بعضی از این یاخته‌ها آشنا شدید. آیا می‌توانید بعضی از آنها را نام ببرید؟ در مورد نحوه تشکیل این نوع از یاخته‌ها تحقیق کنید و نتیجه آن را به کلاس ارائه دهید.

## فعالیت ۱

با توجه به آنچه دربارهٔ چرخه یاخته‌ای فراگرفته‌اید تصاویر میکروسکوپی زیر را بر اساس مراحل آن، با شماره‌گذاری مرتب کنید.



### تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده است

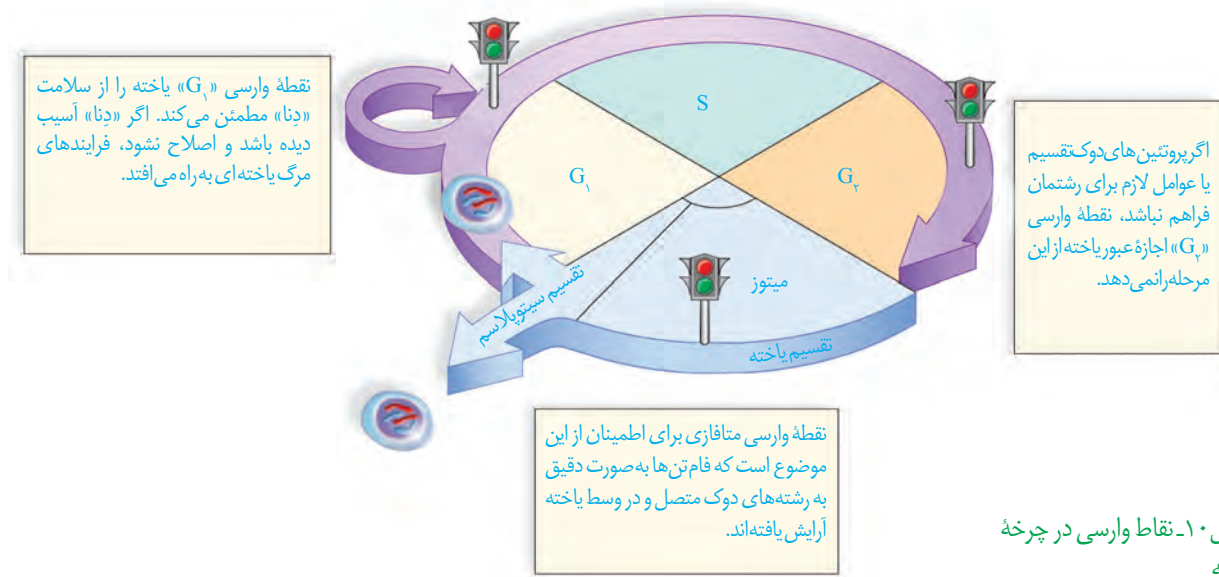
بعضی یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های مریستمی گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند. همین یاخته‌ها در شرایط خاصی، مثلاً شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حد تعداد یاخته‌ها، تقسیم خود را کاهش می‌دهند و یا متوقف می‌کنند. برعکس، یاخته‌های عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند. این یاخته‌ها چگونه تشخیص می‌دهند در چه زمان یا به چه مقداری باید تقسیم شوند؟ چه عواملی تنظیم‌کنندهٔ سرعت و تعداد تقسیم یاخته‌اند؟ چگونه تعداد چرخه‌های یاخته تنظیم می‌شوند و چرا این تنظیم در برخی یاخته‌ها به هم می‌خورد؟

### عوامل تنظیم‌کنندهٔ تقسیم یاخته

یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند. انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند. این پروتئین‌ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می‌کنند؛ یا در گیاهان در محل آسیب دیده، نوعی عامل رشد تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، تودهٔ یاخته ایجاد کنند. این تودهٔ یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؛ یا نوعی عامل رشد، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد. مثال دیگر این مواد، اریتروپویتین است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. با توجه به آنچه آموختید این ماده بر کدام بخش بدن اثر می‌گذارد و نتیجهٔ آن چیست؟



در چرخه یاخته‌ای، چند نقطه واریسی وجود دارد. نقاط واریسی مراحل از چرخه یاخته‌اند که به آن اطمینان می‌دهند که مرحله قبل کامل شده است و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده‌اند. در شکل ۱۰ بعضی از این نقاط را می‌بینید.



شکل ۱۰- نقاط واریسی در چرخه یاخته

## واژه‌شناسی

دگر نشینی (metastasis/متاستاز) «متا» به معنی دگر و «استاز» به معنی ایستادن و تثبیت است. دگر نشینی نیز به معنای برخاستن از یک بافت یا اندام و نشستن در بافت یا اندام دیگر است.

## تقسیم بی‌رویه یاخته

یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم بخورد، چه وضعی پیش می‌آید؟ نتیجه می‌تواند ایجاد یک تومور باشد. تومور، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می‌شود. تومورها به دو نوع خوش خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند. نوع خوش خیم رشدی کم دارد و یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً آن قدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند. البته در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند. لیپوما یکی از انواع تومورهای خوش خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و توده یاخته ایجاد می‌کند (شکل ۱۱- الف).



(ب)

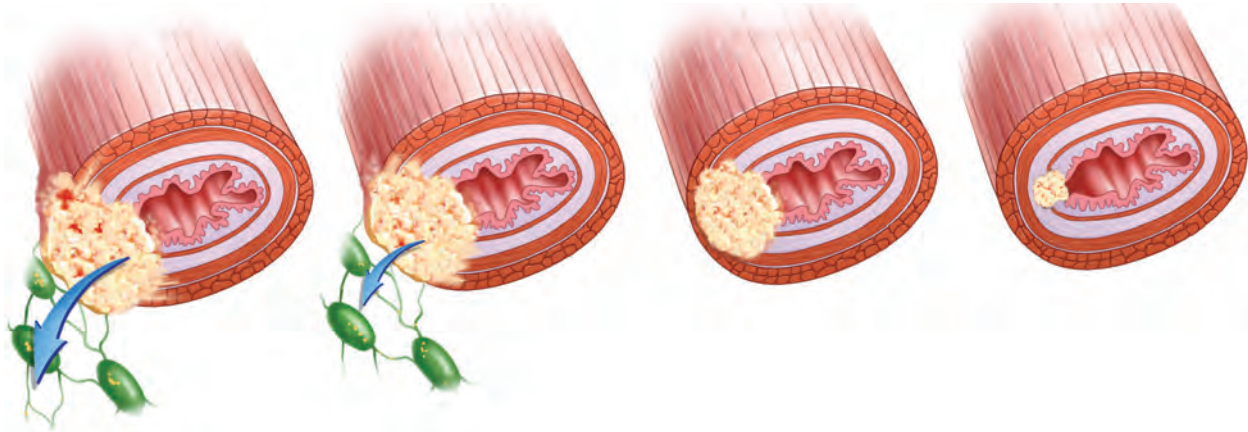


(الف)

تصویر ۱۱- الف) تومور خوش خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج  
 ب) ملانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه دار پوست

تومور بدخیم یا سرطان به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی **دگرنشینی (متاستاز)** دارد؛ یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون، یا به ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند (شکل ۱۲). علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود (شکل ۱۱-ب).

شکل ۱۲- مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی



۱- یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.

۲- یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.

۳- یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.

۴- یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.

## تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. **بافت‌برداری** روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود. آزمایش خون به این شناسایی کمک می‌کند.

روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است. در پرتودرمانی، یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به طور مستقیم تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. شیمی‌درمانی با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش نیز آسیب برسانند. مرگ این یاخته‌ها از عوارض جانبی شیمی‌درمانی است که باعث ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود. حتی بعضی افراد که تحت تأثیر تابش‌های شدید یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.

## بیشتر بدانید

یاخته‌های سرطانی در صورت وجود ماده غذایی و فضای کافی می‌توانند به طور دائم تقسیم شوند. یاخته‌های سرطانی زنی سیاه‌پوست به نام هنریتا لکس Henrietta Lacks که در سال ۱۹۵۱ در اثر همین بیماری درگذشت، همچنان در حال تقسیم در محیط آزمایشگاهی بسیاری از نقاط جهان است. محققان زیادی از یاخته‌های هلا (مخفف نام هنریتا لکس) در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی استفاده می‌کنند. این یاخته‌ها می‌توانند در مجاورت یاخته‌های دیگر، آنها را به حالت سرطانی در بیاورند.

۱- Biopsy

## بیشتر بدانید

یاخته‌های سرطانی و یاخته‌های عادی در چند ویژگی با هم تفاوت دارند:

۱- یاخته‌های سرطانی، تقسیمات بدون کنترل دارند.

۲- شکل یاخته‌های سرطانی با یاخته‌های عادی تفاوت دارد. همچنین ممکن است یاخته‌های سرطانی، چند هسته‌ای شوند.

۳- بسیاری از یاخته‌های سرطانی نامیرا هستند؛ یعنی برخلاف یاخته‌های عادی بعد از چند تقسیم نمی‌میرند.

۴- یاخته‌های عادی در حضور عوامل رشد تقسیمات خود را شروع می‌کنند و با اتمام آن، پایان می‌دهند. بسیاری از یاخته‌های سرطانی حتی بدون حضور عوامل رشد، می‌توانند تقسیم شوند.

۵- در یاخته‌های عادی در محیط کشت، با تکثیر و رسیدن لبه یاخته‌ها به هم، تقسیم متوقف می‌شود. در ضمن، یاخته‌های عادی در محیط کشت نیازمند سطح جامد برای اتصال اند. یاخته‌های سرطانی هیچ کدام از این خصوصیات را ندارند. این موضوع، علت توانایی دگرنشینی یاخته‌های سرطانی را نشان می‌دهد.

۶- یاخته‌های عادی در اثر آسیب دیدگی، دچار خزان یاخته‌ای می‌شوند، ولی یاخته‌های سرطانی نمی‌میرند.

۷- یاخته‌های سرطانی موادی را تولید می‌کنند که باعث ایجاد رگ‌های جدید خونی می‌شوند تا فرایند غذارسانی و دفع مواد زاید به راحتی انجام شود (شکل مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی).

## وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

پروتئین‌ها، تنظیم‌کننده چرخه یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها محصول عملکرد ژن‌ها هستند. بنابراین، مشخص است که در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند. ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان مؤثرند. علت شیوع بیشتر بعضی سرطان‌ها در بعضی جوامع، همین مسئله است.

عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند. پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دِنَا» آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

### فعالیت ۳

با استفاده از منابع علمی بررسی کنید که کدام نوع از سرطان‌ها در کشور ما شیوع بیشتری دارند. چرا بعضی انواع سرطان در بخش‌های خاصی از کشور ما شایع‌ترند؟

## بیشتر بدانید

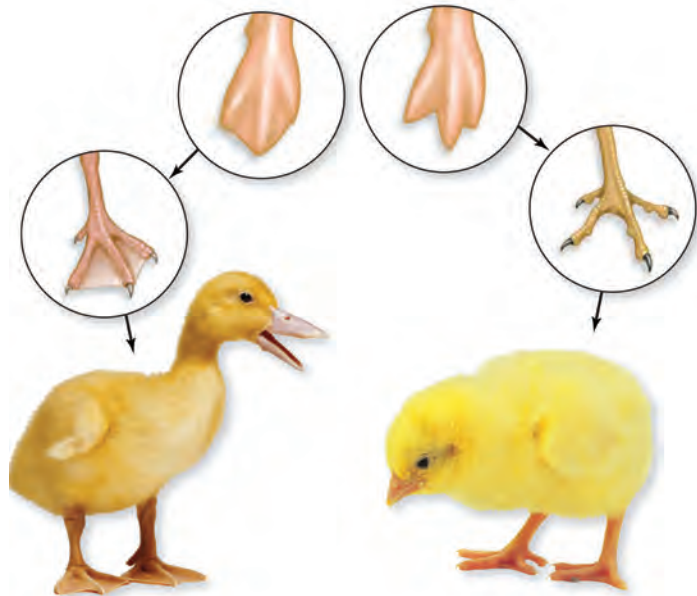
جدول ۲- برخی عوامل مؤثر بر بروز سرطان

عوامل ژنی	هورمون	ویروس‌ها	خوراکی و آشامیدنی‌ها	عوامل شیمیایی	پرتوها
ژن‌های مؤثر در بروز رتینوبلاستوما سرطان پروستات سرطان معده سرطان پوست سرطان خون سرطان رحم	● قرص‌های ضد بارداری	● هپاتیت ب ● هرپس سیمپلکس ● پاپیلوما	● نوشیدنی‌های الکلی ● گوشت و ماهی دودی ● غذاهای نیترات‌دار	● دخانیات ● نیکل ● آرسنیک ● بنزن ● دیوکسین ● آزبست (پشم‌شیشه) ● اورانیوم ● پلی‌وینیل کلراید PVC	● پرتو X ● پرتو گاما ● پرتو فرابنفش (سولاریوم - آفتاب‌سوختگی)

## مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی باشد؛ مثلاً در بریدگی، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، **بافت مردگی** گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای شامل یک سری فرایندهای دقیقاً برنامه‌ریزی شده است که در بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایند با رسیدن علایمی به یاخته شروع می‌شود. به دنبال این رخداد، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

حذف یاخته‌های پیر یا آسیب‌دیده، مانند آنچه در آفتاب‌سوختگی اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعه فرابنفش اند آفتاب‌سوختگی می‌تواند سبب آسیب به «دنا» یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب‌دیده، آنها را حذف می‌کند. مثال دیگر، حذف یاخته‌های اضافی از بخش‌های عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه‌ریزی شده

### فعالیت ۴

با استفاده از خمیر بازی (چند رنگ) و بارعایت موارد بهداشتی، مراحل تقسیم رشتمان را طراحی کنید. برای این کار، عدد فام‌تنی یاخته فرضی را ۴ یا ۶ در نظر بگیرید. هر مجموعه فام‌تن را با یک رنگ انتخاب

کنید و با توجه به این فعالیت به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

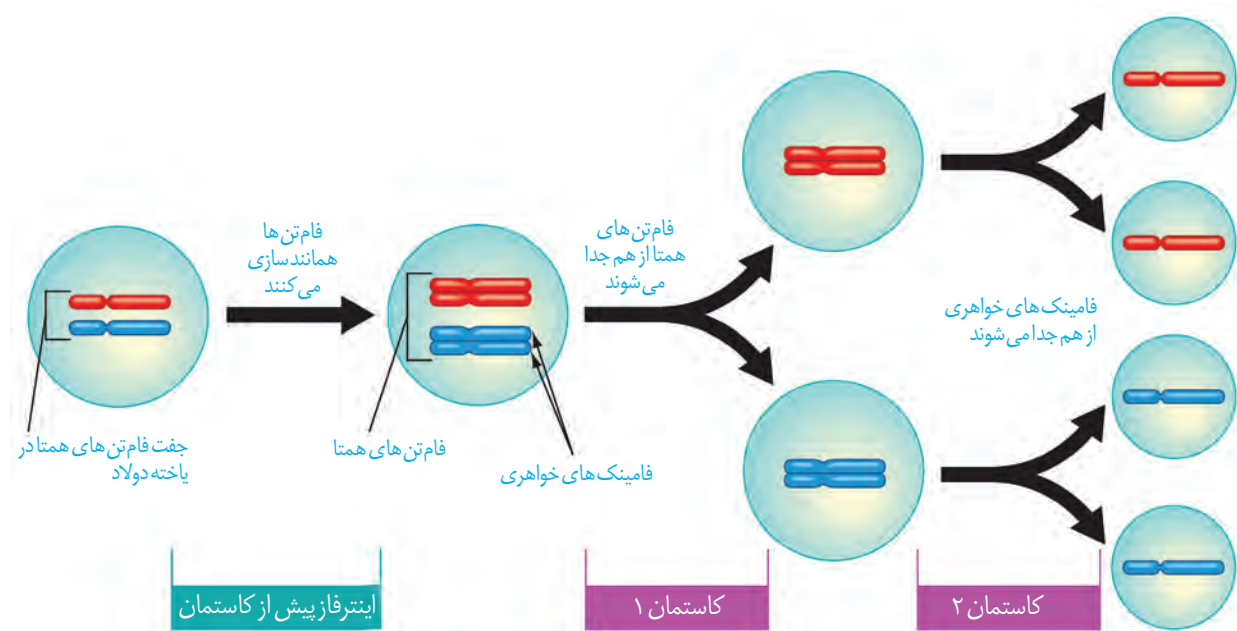
- (الف) در متافاز فام‌تن‌های هم‌تا نسبت به هم چگونه روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند؟  
(ب) با توجه به عدد فام‌تنی انتخابی، تعداد فام‌تن‌ها و فامینک‌ها را قبل و بعد از رشتمان تعیین کنید.

در گذشته با تولیدمثل جنسی و غیرجنسی آشنا شدید. با توجه به آنچه آموخته‌اید، چه تفاوت‌های اصلی در این دو نوع تولیدمثل وجود دارد؟ هریک از این روش‌ها چه مزایایی دارد؟ چه روش‌های تولیدمثل غیرجنسی را می‌شناسید؟ کدام نوع تقسیم با تولیدمثل جنسی ارتباط بیشتری دارد؟

کاستمان (meiosis/میوز) کاستمان به معنی کاستن است. کاست از مصدر کاستن همراه با (مان) واژه کاستمان را می‌سازد که به فرایند کاسته شدن تعداد فام‌تن‌ها در حین تقسیم اشاره دارد.

### کاستمان، کاهش تعداد فام‌تن‌ها

در تولیدمثل جنسی، دو یاخته جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آنها با هم ادغام می‌شوند. یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهش می‌یابند. به نام کاستمان ایجاد می‌شوند. به نظر شما اهمیت این نوع تقسیم در جانداران چیست؟ کاستمان از دو مرحله کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود (شکل ۱۴). پیش از این تقسیم نیز، مانند رشتمان، اینترفاز رخ می‌دهد.



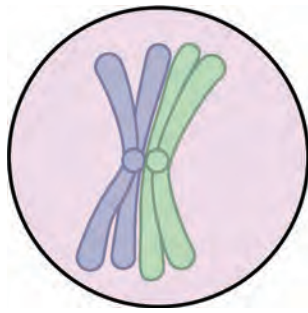
### کاستمان ۱

شکل ۱۴- طرح ساده‌ای از تقسیم کاستمان

در این مرحله از تقسیم کاستمان، عدد فام‌تنی نصف می‌شود. این بخش از کاستمان چهار مرحله دارد که عبارت‌اند از: پروفاز ۱، متافاز ۱، آنافاز ۱ و تلوفاز ۱ (شکل ۱۶).

**پروفاز ۱:** فام‌تن‌های هم‌تا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. به این ساختار چهار فامینکی، **چهارتایه (تتراد)** گفته می‌شود. چهارتایه از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. سایر وقایع این مرحله، شبیه پروفاز و پرومتافاز رشتمان است (شکل ۱۵).





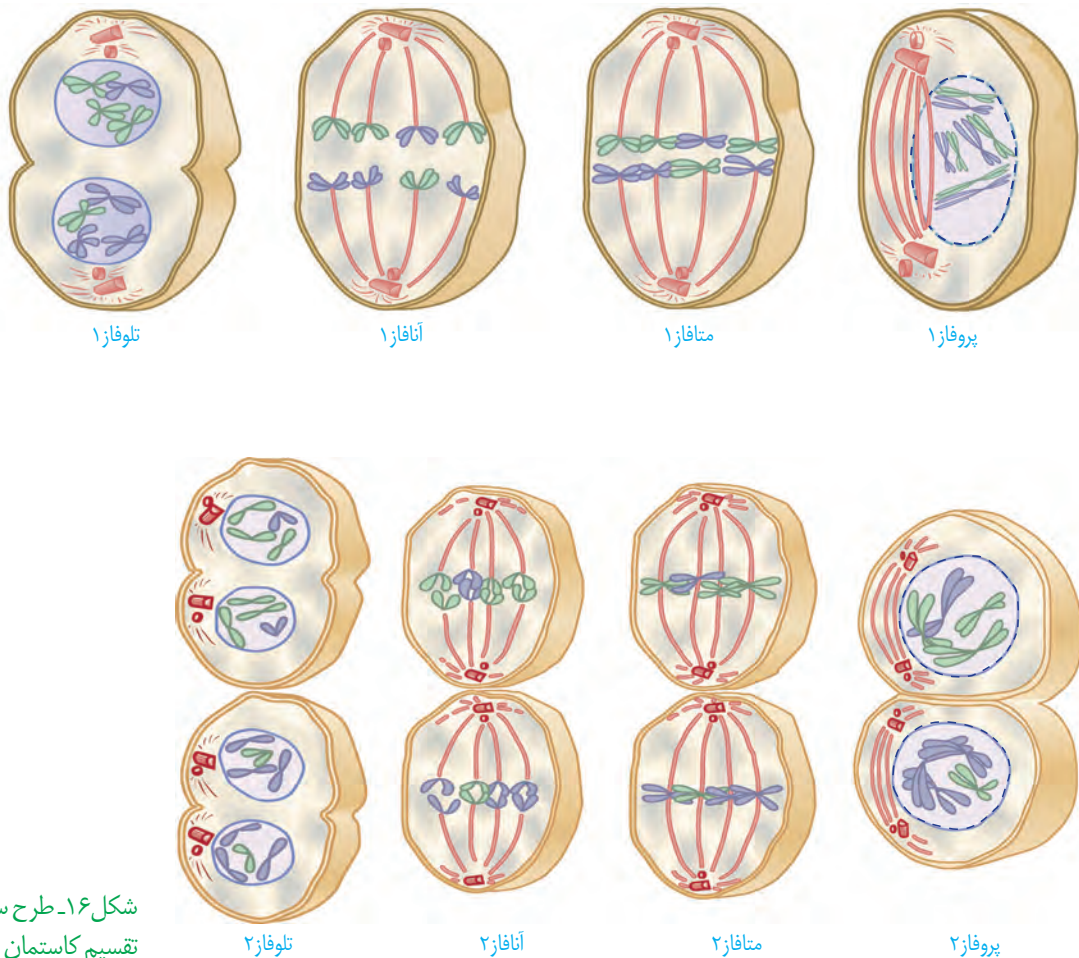
**متافاز ۱:** چهار تاییه‌ها در استوای یاخته، روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند.  
**آنافاز ۱:** فام‌تن‌های هم‌تا که مضاعف شده‌اند، از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند. نحوه کوتاه‌شدن رشته‌های دوک، شبیه فرایند رشتمان است.  
**تلوفاز ۱:** با رسیدن فام‌تن‌ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.  
 معمولاً در پایان کاستمان ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. نتیجه کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است (شکل ۱۶).

با توجه به شکل ۱۶ می‌توانید بگویید عدد فام‌تنی یاخته‌های حاصل، چه تفاوتی با یاخته مادری دارد؟

شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از یک چهار تاییه

## کاستمان ۲

در این مرحله یاخته‌های حاصل از کاستمان ۱، مراحل پروفاز ۲، متافاز ۲، آنافاز ۲ و تلوفاز ۲ را می‌گذرانند. وقایع کاستمان ۲ بسیار شبیه رشتمان است و در پایان آن، از هر یاخته دو یاخته شبیه هم ایجاد می‌شود که نصف فام‌تن‌های یاخته‌های مادر را دارند. این فام‌تن‌ها مضاعف نیستند. در پایان کاستمان ۲، تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. در مجموع و با پایان تقسیم کاستمان از یک یاخته  $2n$ ، چهار یاخته  $n$  فام‌تنی حاصل می‌شود.



شکل ۱۶- طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان

۱- تقسیم کاستمان ۱ از نظر نحوه آرایش فام‌تن‌ها و جدا شدن آنها تفاوت اساسی با تقسیم رشتمان دارد.

آیا می‌توانید با توجه به شکل‌های رشتمان و کاستمان، این تفاوت‌ها را بیان کنید؟

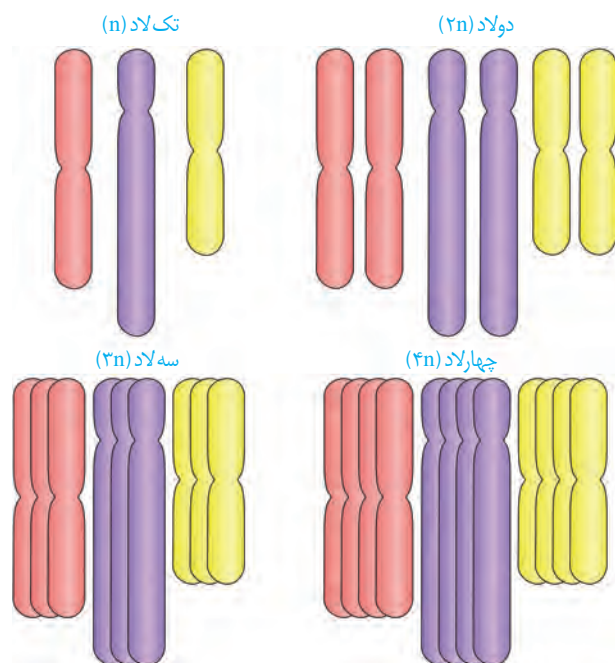
۲- تقسیم کاستمان ۲ را با تقسیم رشتمان مقایسه کنید. چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی بین این دو فرایند وجود دارد؟

۳- با استفاده از خمیر بازی و بارعایت موارد بهداشتی، طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان را بسازید. برای این کار، عدد فام‌تنی یاخته فرضی را ۴، ۶ و یا ۸ در نظر بگیرید. بهتر است که هر مجموعه از فام‌تن‌ها با یک رنگ انتخاب شوند.

### تغییر در تعداد فام‌تن‌ها

گرچه تقسیم یاخته‌ای با دقت زیاد انجام می‌شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد. **چندلادی (پلی‌پلوئیدی)** شدن و با هم ماندن فام‌تن‌ها، نمونه‌هایی از این خطاهای کاستمانی هستند. اشتباه در تقسیم می‌تواند، هم در تقسیم رشتمان و هم در تقسیم کاستمان رخ دهد، ولی چون یاخته‌های حاصل از کاستمان در ایجاد نسل بعد دخالت مستقیم دارند، از اهمیت بیشتری برخوردارند.

**چندلادی شدن:** اگر در مرحلهٔ آنافاز همهٔ فام‌تن‌ها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر فام‌تن خواهد داشت و یاختهٔ دیگر فاقد فام‌تن خواهد بود. در آزمایشگاه می‌توان با تخریب رشته‌های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- طرح ساده‌ای از تعداد فام‌تن‌ها

به یاخته یا جاننداری که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فام‌تن داشته باشد، چندلاد گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی ۶n و موز ۳n است (شکل ۱۷).

**با هم ماندن فام‌تن‌ها:** در این حالت، یک یا چند فام‌تن در مرحلهٔ آنافاز (رشتمان و کاستمان) از هم جدا نمی‌شوند. بنابراین، در یاخته‌های حاصل، کاهش یا افزایش یک یا چند فام‌تن مشاهده می‌شود (شکل ۱۸). نمونهٔ این حالت، **نشانگان داون** است. به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت **نشانگان** می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ فام‌تن دارند (شکل ۱۸). فام‌تن اضافی مربوط به شمارهٔ ۲۱ است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد ۳ فام‌تن شمارهٔ ۲۱ دارند. علت بروز این حالت آن است که یکی از یاخته‌های جنسی ایجادکنندهٔ فرد، به جای یک فام‌تن شمارهٔ ۲۱، دارای دو فام‌تن ۲۱ بوده است. بالا بودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای کاستمانی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود. علت این موضوع را در فصل‌های آینده خواهید آموخت.

عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم کاستمان شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدا شدن فام‌تن‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.



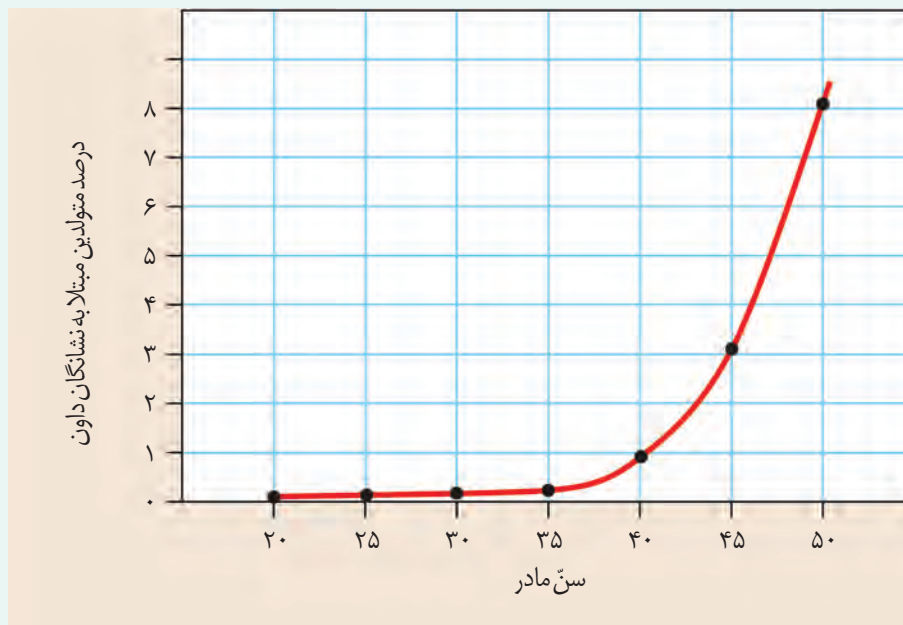
شکل ۱۸- کاریوتیپ یک فرد مبتلا به داون. آیا می‌توانید جنسیت این فرد را تشخیص دهید؟

## فعالیت ۶

با استفاده از منابع علمی، با انواع دیگری از بیماری‌های ناشی از باهم ماندن فام‌تن‌ها آشنا شوید و گزارش این بررسی را در کلاس ارائه کنید.

## فعالیت ۷

منحنی زیر، رابطه بین سنّ مادر در هنگام بارداری و احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به نشانگان داون را نشان می‌دهد. منحنی را تفسیر کنید.







## فصل ۷

# تولیدمثل

در سال‌های گذشته با انواع تولیدمثل غیرجنسی و جنسی آشنا شدید. فرایند تولیدمثل جنسی با تولید یاخته‌های جنسی (گامت) همراه است. در این فصل با دستگاه تولیدمثل آشنا می‌شوید که با بقیه دستگاه‌های بدن تفاوت دارد. اگر این دستگاه درست کار نکند و حتی بخشی از آن را از بدن خارج کنیم، زندگی فرد به خطر نمی‌افتد.

- به نظر شما اهمیت تولیدمثل در چیست؟

- دستگاه تولیدمثل در انسان شامل چه بخش‌هایی است و با دستگاه تولیدمثل بقیه جانوران چه تفاوت‌هایی دارد؟

- نقش جانور نر و ماده در تولیدمثل چیست؟

اینها بخشی از پرسش‌هایی است که با مطالعه این فصل، به پاسخ آنها می‌رسیم.





زامه (sperm/اسپرم)

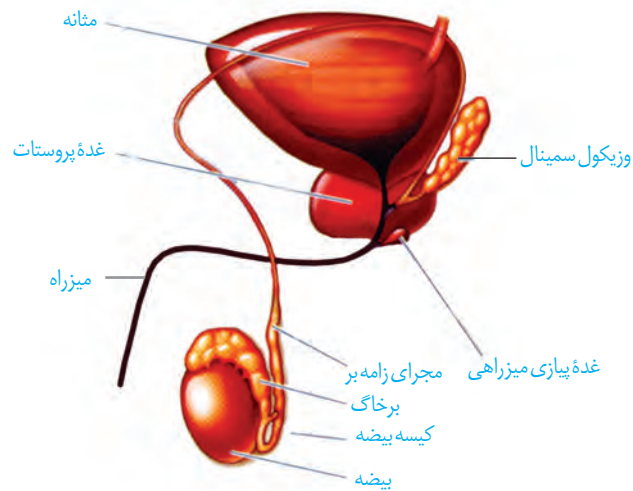
زامه از کلمه زام به معنی ازدواج کردن یا زاماد (زوماد) برای نشان دادن نر، گرفته شده است. با استفاده از آن واژه‌های زامه‌زایی، زامه‌زاه، زام‌یاختک و زام‌یاخته ساخته و معنی پیدا می‌کنند.

اجزای دستگاه تولیدمثلی مرد را در شکل ۱ می‌بینید. مجموعه اندام‌های این دستگاه وظایف متعددی دارند از جمله:

- ۱- تولید زامه (اسپرم)
- ۲- ایجاد محیطی مناسب برای نگهداری از زامه‌ها
- ۳- انتقال زامه‌ها به خارج از بدن
- ۴- تولید هورمون جنسی مردانه (تستوسترون)

کار اصلی این دستگاه، تولید یاخته جنسی نر یا زامه است. زامه‌ها در یک جفت خاگ (بیضه) یا همان غده جنسی نر تولید می‌شوند. بیضه‌ها درون کیسه بیضه قرار دارند. محل طبیعی کیسه بیضه خارج و پایین محوطه شکمی است. قرارگیری کیسه بیضه خارج از محوطه شکمی باعث می‌شود دمای درون آن حدود سه درجه پایین‌تر از دمای بدن قرار گیرد. این دما برای فعالیت بیضه‌ها و تمایز صحیح زامه‌ها ضروری است. علاوه بر این، وجود شبکه‌ای از رگ‌های کوچک در کیسه بیضه نیز به تنظیم این دما کمک می‌کند.

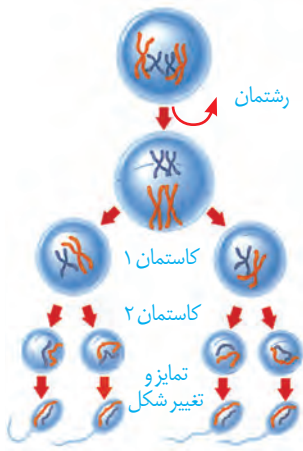
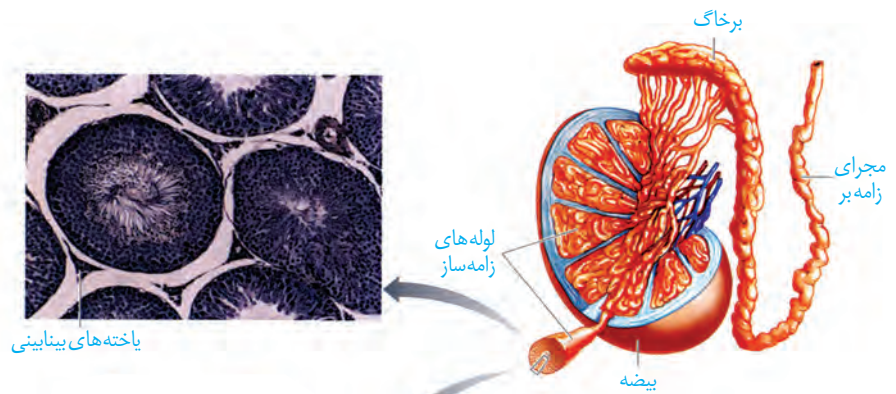
در بیضه‌ها تعداد زیادی لوله‌های پر پیچ‌وخم به نام لوله‌های زامه‌ساز وجود دارد. درون این لوله‌ها از هنگام بلوغ تا پایان عمر، زامه تولید می‌شود. مراحل تولید زامه یا زامه‌زایی را در شکل ۲ می‌بینید. در بین لوله‌های زامه‌ساز یاخته‌های بینابینی قرار دارند که نقش ترشح هورمون جنسی نر را برعهده دارند.



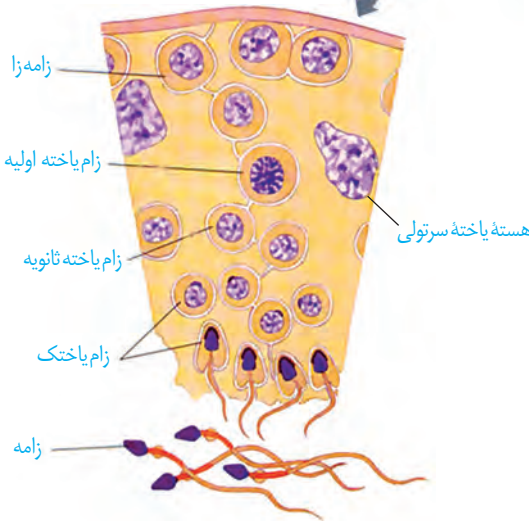
شکل ۱- اندام‌های دستگاه تولیدمثل در مرد (مثانه جزء آن نیست)

## فعالیت ۱

- با توجه به شکل ۲ در مورد پرسش‌های زیر با هم گفت‌وگو کنید.
- (الف) به چه دلیل ابتدا تقسیم رشتمان و سپس کاستمان رخ می‌دهد؟
  - (ب) در انسان زام یاخته اولیه، ثانویه و زام یاختک از لحاظ فام‌تنی با هم چه تفاوت‌هایی دارند؟
  - (پ) زام یاختک و زامه با هم چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی دارند؟



شکل ۲- بیضه و مراحل تولید زامه



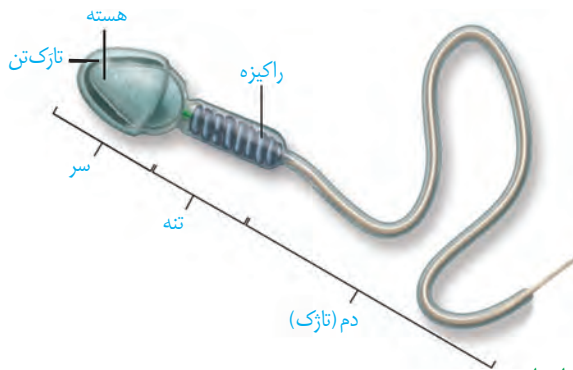
## زامه (اسپرم‌زایی)

دیواره لوله‌های زامه‌ساز، یاخته‌های زاینده‌ای دارد که به این یاخته‌ها زامه‌زا (اسپرماتوگونی) گفته می‌شود. این یاخته‌ها که نزدیک سطح خارجی لوله‌ها قرار گرفته‌اند، ابتدا با رشته‌مان تقسیم می‌شوند. یکی از یاخته‌های حاصل از هر بار رشته‌مان در لایه زاینده می‌ماند که لایه زاینده حفظ شود. یاخته دیگر که زام یاخته (اسپرماتوسیت) اولیه نام دارد، با تقسیم کاستمان ۱ دو یاخته به نام زام یاخته ثانویه تولید می‌کند. این یاخته‌ها تک‌لادند، ولی فام‌تن‌های آن مضاعف شده‌اند.

هر کدام از این یاخته‌ها با انجام کاستمان ۲، دو زام یاختک (اسپرماتید) ایجاد می‌کند. این یاخته‌ها نیز تک‌لادند اما فام‌تن‌های آنها مضاعف شده نیستند. بنابراین، از یک یاخته زام یاخته اولیه، چهار زام یاختک حاصل می‌شود. تمایز زامه‌ها در دیواره لوله از خارج به سمت وسط لوله انجام می‌شود. همه یاخته‌های زاینده به همین صورت عمل می‌کنند تا تعداد زیادی زامه درون لوله‌های زامه‌ساز تولید شود.

در حین حرکت زام یاختک‌ها به سمت وسط لوله‌های زامه‌ساز تمایزی در آنها رخ می‌دهد تا به زامه تبدیل شوند. به این صورت که یاخته‌ها از هم جدا و تاژک دار می‌شوند؛ سپس مقدار زیادی از سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهند. هسته آن فشرده شده در سر زامه به صورت مجزا قرار می‌گیرد و یاخته حالت کشیده پیدا می‌کند. یاخته‌های سرتولی که در دیواره لوله‌های زامه‌ساز وجود دارند با ترشحات خود تمایز زامه‌ها را هدایت می‌کنند. این یاخته‌ها در همه مراحل زامه‌زایی، پشتیبانی و تغذیه یاخته‌های جنسی و نیز بیگانه‌خواری باکتری‌ها را بر عهده دارند (شکل ۲).

زامه‌ها سه قسمت سر، تنه و دم دارند (شکل ۳). سر دارای یک هسته بزرگ، مقداری سیتوپلاسم و کیسه‌ای پر از آنزیم به نام **تازک تن** (آکروزوم) است. تازک تن کلاه مانند و در جلوی هسته قرار دارد. آنزیم‌ها به زامه کمک می‌کنند تا بتواند در لایه‌های حفاظت‌کننده گامت ماده (تخمک) نفوذ کند. در تنه یا قطعه میانی تعداد زیادی راکیزه (میتوکندری) وجود دارد. به نظر شما وجود راکیزه زیاد در اینجا چه اهمیتی دارد؟ دم با حرکات خود، زامه را به جلو می‌راند.



شکل ۳- ساختار زامه انسان

### اندام‌های ضمیمه (کمکی)

پس از تولید زامه در لوله‌های زامه‌ساز، آنها از بیضه خارج و به درون لوله‌ای پیچیده و طولی به نام **برخاگ (اپیدیدیم)** منتقل می‌شوند. این زامه‌ها ابتدا قادر به حرکت نیستند و باید حداقل ۱۸ ساعت در آنجا بمانند تا توانایی حرکت در آنها ایجاد شود.

سپس زامه‌ها وارد مجرای طولی به نام **زامه بر (اسپرم بر)** می‌شوند. از هر بیضه یک مجرای زامه بر خارج و وارد محوطه شکمی می‌شود. هر کدام از مجراهای زامه بر در حین عبور از کنار و پشت مثانه ترشحات غده **وزیکول سمینال** را دریافت می‌کند. این غدد، مایعی غنی از فروکتوز را به زامه‌ها اضافه می‌کنند. فروکتوز انرژی لازم برای فعالیت زامه‌ها را فراهم می‌کند.

دو مجرای زامه بر در زیر مثانه وارد غده **پروستات** شده و به میزراه متصل می‌شوند. غده پروستات با ترشح مایعی شیری رنگ و قلیایی به خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر عبور زامه به سمت گامت ماده، کمک می‌کند.

بعد از پروستات، یک جفت غده به نام **پیاژی میزراهی** نیز به میزراه متصل می‌شوند. این غده‌ها ترشحات قلیایی و روان‌کننده‌ای را به مجرا اضافه می‌کنند (شکل ۴). به مجموع ترشحات سه نوع غده یاد شده که زامه‌ها را از طریق میزراه به بیرون از بدن منتقل می‌کنند، **مایع منی** گفته می‌شود.

### دلایل عقیمی مردان:

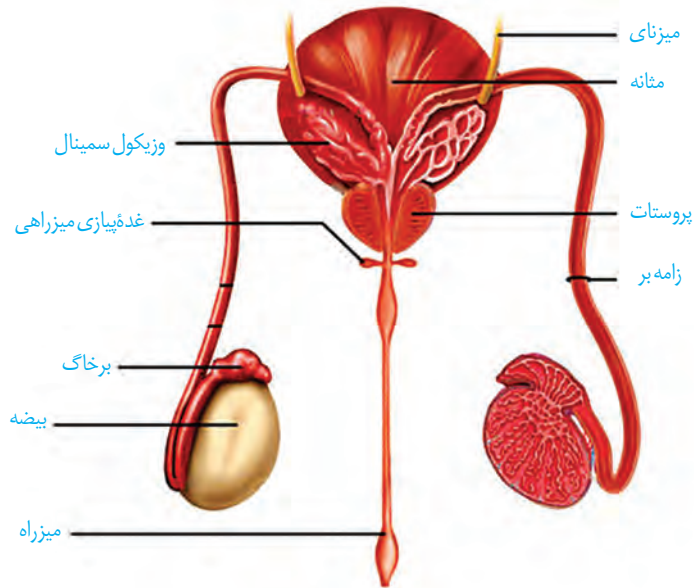
عوامل متعددی در بروز آن دخالت دارند:  
**- بیماری‌ها:** بیماری‌های عفونی مثل سل، سوزاک و اورپون و بیماری‌های دیگر مثل بالا قرار گرفتن بیضه‌ها، کوچک بودن بیضه‌ها، واریکوسل (واریس در رگ‌های بیضه)، اختلال در هورمون‌های هیپوفیز و سپردیس که با تغییر درجه حرارت بدن ممکن است زامه‌سازی را مختل کنند. استرس و افسردگی نیز باعث کاهش تستوسترون و کاهش تولید زامه می‌شوند.

**- عوامل محیطی:** داروهای هورمونی مثل تستوسترون که در باشگاه‌های ورزشی استفاده می‌شود مواد مخدر، الکل، سیگار و قلیان، اشعه‌های UV و X، استفاده زیاد از محیط‌های داغ مثل سونا و وان داغ همچنین استفاده از لباس‌های تنگ و پلاستیکی که باعث افزایش دما در اطراف بیضه‌ها می‌شود می‌تواند در روند زامه‌سازی اختلال ایجاد کند.

**سرطانی شدن پروستات** از بیماری‌های شایع است و از لحاظ فراوانی بعد از سرطان شش، رتبه دوم را دارد. در این بیماری، بزرگ شدن پروستات باعث بسته شدن میزراه شده و خروج ادرار و منی با مشکل مواجه می‌شود. بزرگ شدن پروستات به صورت خوش‌خیم در افراد مسن شایع است. **سرطان بیضه** که معمولاً در افراد کمتر از ۴۰ سال رخ می‌دهد کمیاب‌تر است. در این بیماری تقسیم یاخته‌ای در بیضه‌ها از کنترل خارج می‌شود و توده‌های غیرطبیعی در بیضه‌ها ایجاد می‌شود. برای پیشگیری از چنین بیماری‌هایی لازم است در مردان به‌ویژه بعد از ۴۵ سالگی کنترل دوره‌ای انجام شود.

## واژه‌شناسی

برخاک (epididymis/اپیدیدیم) به معنای روی و بر روی و didymos به معنای بیضه است. برخاک برگرفته از خاک به معنای بیضه و بر به معنای روی بیضه است و به ساختاری رشته‌مانند بر روی بیضه اشاره دارد.

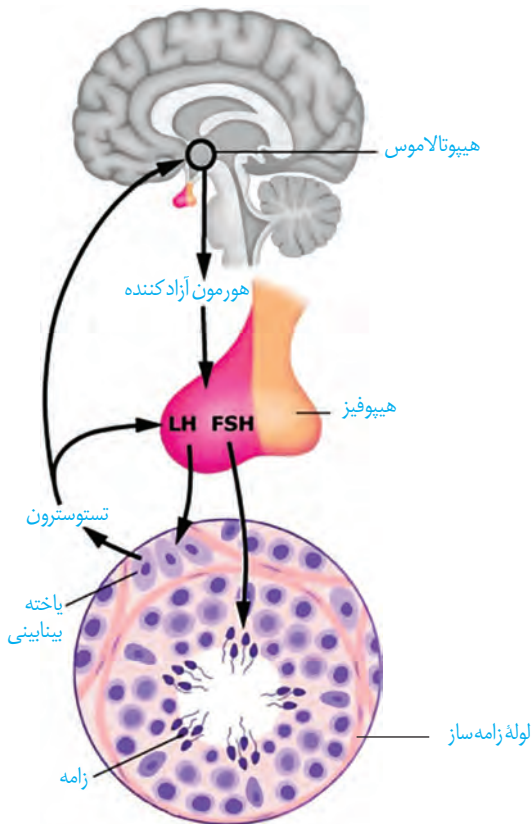


شکل ۴- مسیر عبور زامه (از نمای پشتی مئانه)

## فعالیت ۲

الف) با توجه به شکل ۴ مسیر عبور زامه را مشخص کنید.  
ب) با توجه به ترکیبات مایع منی و وجود تعداد زیادی زامه در آن، برای جلوگیری از بعضی از بیماری‌ها مثل عفونت، یا التهاب پروستات چه نکات بهداشتی را باید رعایت کرد؟ در این رابطه اطلاعاتی را جمع‌آوری و گزارش آن را در کلاس ارائه کنید.

## هورمون‌ها فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد را تنظیم می‌کنند.



شکل ۵- تنظیم فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد

همان‌طور که در فصل‌های قبل خواندید از بخش پیشین زیر مغزی، دو هورمون محرک غدد جنسی ترشح می‌شود: «FSH» و «LH». اگرچه نام این هورمون‌ها به فعالیت آنها در جنس ماده مرتبط است، اما وجود آنها برای فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد نیز ضروری است. در مردان، FSH یاخته‌های سرتولی را تحریک می‌کند تا تمایز زامه را تسهیل کنند و LH، یاخته‌های بینابینی را تحریک می‌کند تا هورمون تستوسترون را ترشح کنند. همان‌طور که می‌دانید تستوسترون ضمن تحریک رشد اندام‌های جنسی و زامه‌زایی باعث بروز صفات ثانویه در مردان می‌شود؛ مثل بم شدن صدا، رویدن مو در صورت و قسمت‌های دیگر بدن، رشد ماهیچه‌ها و استخوان‌ها. تنظیم میزان ترشح این هورمون‌ها با سازوکار بازخورد منفی انجام می‌شود (شکل ۵).

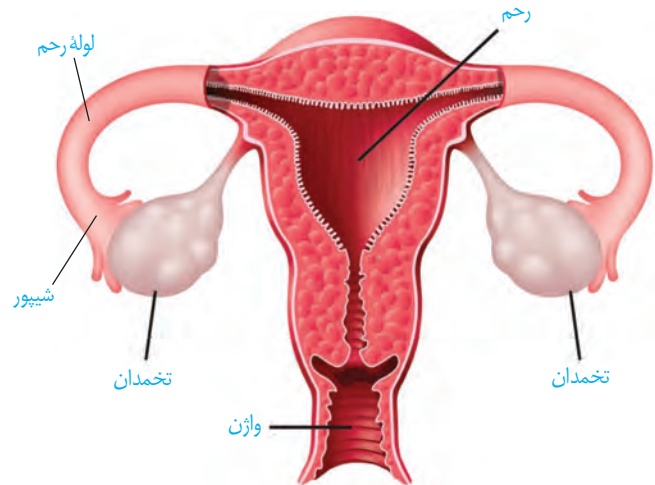
۱- Follicle Stimulating Hormone

۲- Luteinizing Hormone



همان طور که در شکل ۶ می‌بینید، این دستگاه شامل اندام‌هایی است که مجموعاً نقش‌های زیر را بر عهده دارند.

- ۱- تولید یاخته جنسی ماده (تخمک)
- ۲- انتقال یاخته‌های جنسی ماده به سمت رحم
- ۳- ایجاد شرایط مناسب برای لقاح زامه و تخمک
- ۴- حفاظت و تغذیه جنین در صورت تشکیل
- ۵- تولید هورمون‌های جنسی زنانه



**تخمدان‌ها:** غدد جنسی ماده‌اند که درون محوطه شکم قرار دارند و با کمک طنابی پیوندی و ماهیچه‌ای به دیواره خارجی رحم متصل‌اند.

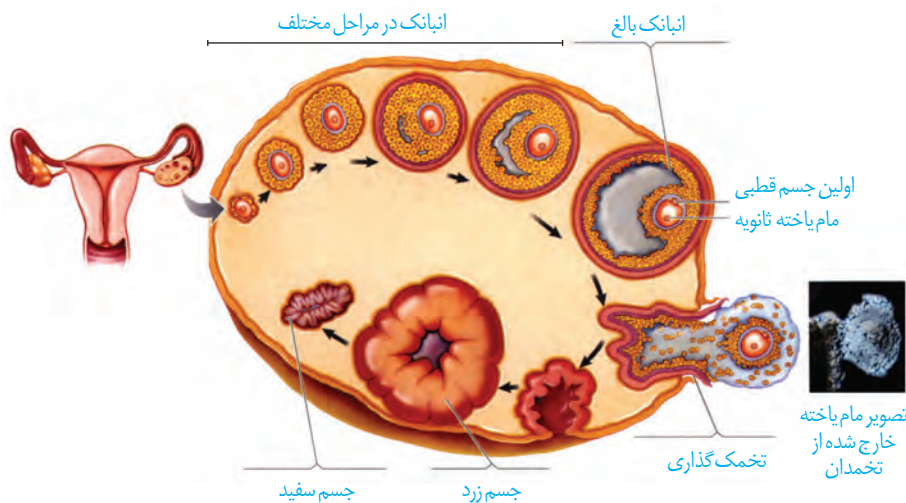
ساختار تخمدان با بیضه تفاوت دارد. درون آن لوله‌های

پیچ‌درپیچ وجود ندارد. درون هر تخمدان نوزاد دختر در حدود یک میلیون **مام یاخته (اووسیت)** اولیه وجود دارد. هر مام یاخته را یاخته‌های تغذیه‌کننده احاطه می‌کنند. به مجموعه آنها **انبانک فولیکول** گفته می‌شود. پس از تولد، تعداد انبانک افزایش نخواهد یافت و به دلایل نامعلومی تعداد زیادی از مام یاخته‌ها و یاخته‌های تغذیه‌کننده از بین می‌روند. تغییراتی را که در تخمدان رخ می‌دهد در شکل ۷ می‌بینید.

شکل ۶- دستگاه تولیدمثل در زن

### واژه‌شناسی

مام یاخته (oocyte/اووسیت) مامه و مام به معنای مادر برای نشان دادن تخمک ماده به کار می‌رود. مام یاخته به معنای یاخته‌ای که پس از تقسیم کاستمانی، مامه یا تخمک ایجاد می‌کند و واژه‌هایی مثل مامه‌زایی، مام یاختک و مامه‌زا از همین کلمه ساخته می‌شود.



شکل ۷- تخمدان و تغییرات آن در دوره جنسی



## بیشتر بدانید

احتمال بروز سرطان در غدد شیری سینه، گردن رحم و تخمدان‌ها زیاد است و در بین اینها سرطان سینه بیشترین فراوانی را در زنان دارد. علت این سرطان‌ها انجام تقسیم‌های یاخته‌ای غیر عادی در این قسمت‌ها است. در عین حال تقریباً همه سرطان‌های گردن رحمی به نوعی ویروس مرتبط است که با رعایت بهداشت احتمال بروز آن به شدت کاهش می‌یابد.

۱. Papillomavirus

## واژه‌شناسی

انبانک (follicle/فولیکول) انبانک با معنی حفره کوچک و گرد در میان بافت یا اندام و کیسه کوچک آمده است و واژه انبانک که از انبان به معنی کیسه به همراه (ک) علامت تصغیر تشکیل شده است همان معنی را می‌دهد.

بخش‌های دیگر دستگاه تولیدمثل در زن شامل رحم، لوله‌های رحم، گردن رحم و واژن هستند. رحم، اندام کیسه‌مانند، گلابی‌شکل و ماهیچه‌ای است که جنین درون آن، رشد و نمو می‌یابد. دیواره داخلی رحم، در دوران قاعدگی و بارداری دچار تغییراتی می‌شود. بخش پهن و بالای رحم به دو لوله متصل است که به آنها **لوله‌های رحم (لوله‌های فالوپ)** می‌گویند. انتهای این لوله‌ها، شیپورمانند و دارای زواندی انگشت‌مانند است. پوشش داخل لوله‌های رحم مخاطی و مژک‌دار است. زنش مژک‌های آن، مام یاخته را به سمت رحم می‌رانند.

بخش پایین رحم، باریک‌تر شده که به آن **گردن رحم** می‌گویند. این قسمت به داخل واژن باز می‌شود. **واژن** محل ورود یاخته‌های جنسی نر، خروج خون قاعدگی و در هنگام زایمان طبیعی، محل خروج جنین است.

## دوره جنسی در زنان

این دوره با قاعدگی یا عادت ماهانه شروع می‌شود که در آن دیواره داخلی رحم همراه با رگ‌های خونی تخریب و مخلوطی از خون و بافت‌های تخریب شده از بدن خارج می‌شود.

عادت ماهانه با بلوغ جنسی آغاز می‌شود ابتدا نامنظم، ولی کم‌کم منظم می‌شود. نظم آن مهم‌ترین شاخص کارکرد صحیح دستگاه تولیدمثل زن است.

معمولاً در زن‌های سالم بین ۴۵ تا ۵۰ سالگی عادت ماهانه متوقف می‌شود که این پدیده را **یائسگی** می‌نامند. علت یائسگی از کار افتادن تخمدان‌هاست که زودتر از بقیه دستگاه‌های بدن پیر می‌شوند. پس دوره باروری و تولیدمثل در زن حدود ۳۰ تا ۳۵ سال است. تغذیه نامناسب، کار زیاد و سخت، فشار روحی و جسمی به گونه‌ای چشمگیر از طول این مدت می‌کاهد.

## فعالیت ۳

شروع یائسگی همراه با علائمی است. در مورد علائم این دوره و روش‌های کاهش بروز این علائم، تحقیق کرده و گزارش آن را در کلاس ارائه کنید.

## تخمک‌زایی

فرایند تخمک‌زایی از یاخته دولا و زاینده‌ای به نام **مامه‌زا (اووگونی)**، قبل از تولد و از دوران جنینی شروع می‌شود. مراحل تولید تخمک در شکل ۸ دیده می‌شود.

## فعالیت ۴

با توجه به شکل ۸ درباره پرسش‌های زیر با هم گفت‌وگو کنید.  
 در انسان مام یاخته اولیه، ثانویه و تخمک از لحاظ فام‌تن‌ها چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟  
 اولین جسم قطبی با دومین اجسام قطبی چه تفاوتی دارند؟  
 مراحل تخمک‌زایی در این شکل را با مراحل زامه‌زایی (شکل ۲) مقایسه کنید. شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها را بنویسید.

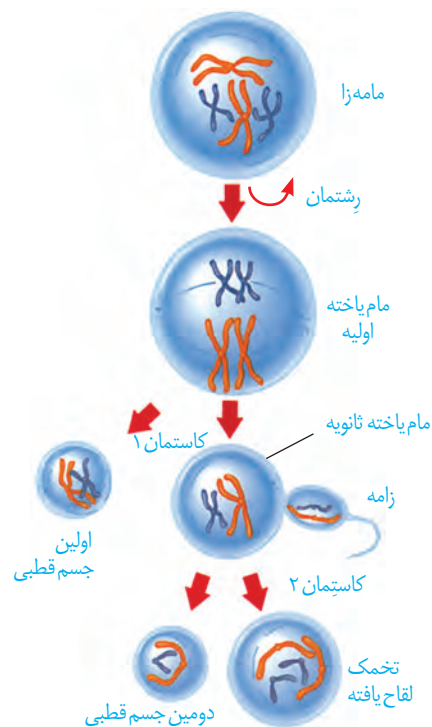
مراحل تخمک‌زایی در دوران جنینی آغاز و پس از شروع کاستمان در پروفاز ۱ متوقف می‌شود. با رسیدن به سن بلوغ هر ماه در یکی از انبانک‌ها، مام یاخته اولیه کاستمان را ادامه می‌دهد، ولی دوباره متوقف شده، یاخته حاصل به صورت مام یاخته ثانویه از تخمدان خارج می‌شود. حرکت زوائد انگشت‌مانند انتهایی لوله رحم در اطراف آن، مام یاخته ثانویه را به درون لوله رحم هدایت می‌کند. در صورتی تقسیم کاستمان کامل می‌شود که زامه به آن برخورد کند و فرایند لقاح آغاز شود. در این حالت، مام یاخته ثانویه تقسیم کاستمان را تکمیل می‌کند و تخمک ایجاد می‌کند که با زامه لقاح می‌یابد و تخم تشکیل می‌شود. اگر زامه با آن برخورد نکند یا لقاح آغاز نشود، مام یاخته ثانویه همراه با خون‌ریزی دوره‌ای از بدن دفع می‌شود.

از تفاوت‌های اساسی تخمک‌زایی با زامه‌زایی تقسیم نامساوی سیتوپلاسم است به این صورت که در تخمک‌زایی پس از هر بار تقسیم هسته در کاستمان تقسیم نامساوی سیتوپلاسم صورت می‌گیرد؛ در نتیجه یک یاخته بزرگ و یک یاخته کوچک‌تر به نام **جسم قطبی** به وجود می‌آید. این کار با هدف رسیدن مقدار بیشتری از سیتوپلاسم و اندامک‌ها به تخمک است تا بتواند در مراحل اولیه رشد و نمو جنین نیازهای آن را برآورده کند.

به ندرت ممکن است زامه با جسم قطبی نیز لقاح یابد و توده یاخته‌ای بی‌شکلی را ایجاد کند که پس از مدتی از بدن دفع می‌شود.

در جنس ماده، نوسانات هورمونی دو رویداد چرخه‌ای را پدید می‌آورد، این دو چرخه وابسته به هم در تخمدان‌ها و رحم انجام می‌شود. چرخه تخمدانی، زمان‌بندی بالغ شدن مام یاخته را در تخمدان تنظیم و چرخه رحمی، رحم را برای بارداری آماده می‌کند.

**چرخه تخمدانی:** پیش‌تر خواندید که در تخمدان مام یاخته به همراه یاخته‌های اطرافشان انبانک را تشکیل می‌دهند که از دوره جنینی در تخمدان‌ها وجود دارند. در هر دوره جنسی یکی از انبانک‌هایی که از همه رشد بیشتری پیدا کرده است، چرخه تخمدانی را آغاز و ادامه می‌دهد. لایه‌های یاخته‌ای این انبانک تکثیر و حجیم می‌شوند و از یک سو شرایط رشد و نمو مام یاخته درون انبانک را فراهم و از سوی دیگر هورمون استروژن را ترشح می‌کنند که با رشد انبانک میزان آن افزایش می‌یابد (شکل ۷).



شکل ۸- مراحل تخمک‌زایی



شکل ۹- الف) تخمک گذاری تخمدان

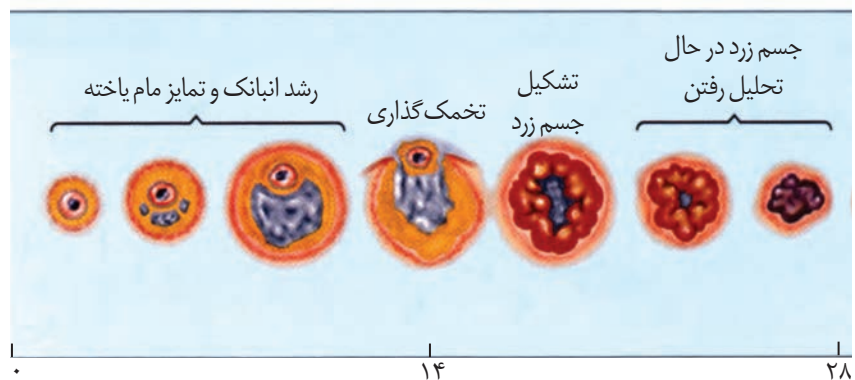


شکل ۹- ب) جسم زرد در تخمدان

چرخه تخمدانی با تأثیر هورمون های FSH و LH تنظیم و هدایت می شود. FSH سبب بزرگ و بالغ شدن انبانک می شود.

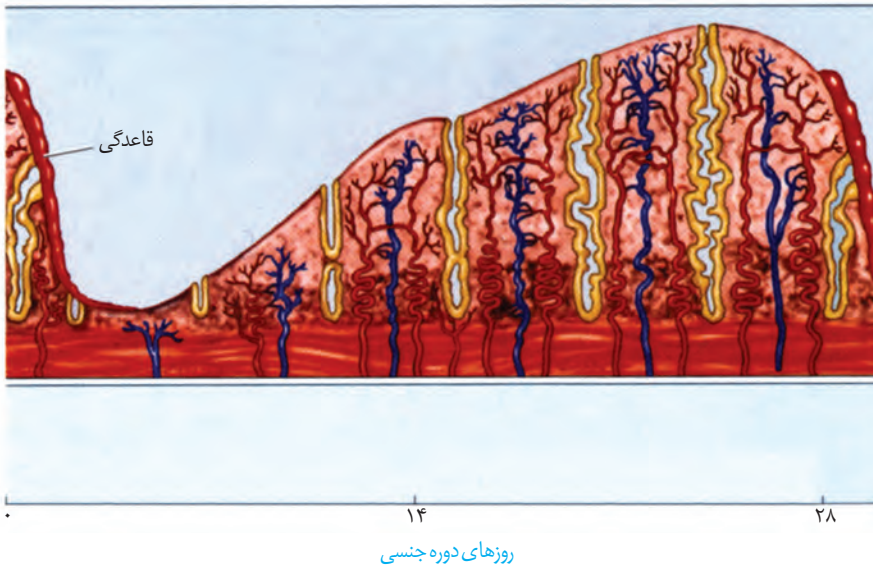
حدود روز چهاردهم دوره در انبانک بالغ شده ای که در این زمان به دیواره تخمدان چسبیده است **تخمک گذاری** انجام می شود (شکل ۹- الف). در این فرایند، مام یاخته ثانویه همراه با تعدادی از یاخته های انبانکی از سطح تخمدان خارج و وارد محوطه شکمی می شوند. یاخته های انبانکی چسبیده به مام یاخته در ادامه مسیر به تغذیه و محافظت از آن کمک می کنند. افزایش LH عامل اصلی تخمک گذاری است. به دنبال تخمک گذاری، باقی مانده انبانک در تخمدان به صورت توده یاخته ای در می آید که به آن **جسم زرد** می گویند (شکل ۹- ب). یاخته های جسم زرد با تأثیر هورمون LH فعالیت ترشخی خود را افزایش می دهند و دو هورمون استروژن و پروژسترون ترشح می کنند. اگر بارداری رخ دهد، جسم زرد به فعالیت خود تا مدتی ادامه می دهد و با این هورمون ها جدار رحم و در نتیجه جنین جایگزین شده در آن حفظ می شود. اگر بارداری رخ ندهد، جسم زرد در اواخر دوره جنسی تحلیل می رود و به جسمی غیرفعال به نام **جسم سفید** تبدیل می شود. غیر فعال شدن جسم زرد باعث کاهش استروژن و پروژسترون در خون می شود. کاهش این هورمون ها موجب ناپایداری جدار رحم و تخریب و ریزش آن می شود که علامت شروع دوره جنسی بعدی است (شکل ۱۰).

تغییرات در تخمدان



شکل ۱۰- چرخه تخمدانی

**چرخه رحمی:** قاعدگی در روزهای اول هر دوره رخ می دهد که به طور متوسط هفت روز طول می کشد. پس از آن، دیواره داخلی رحم مجدداً شروع به رشد و نمو می کند، ضخامت آن زیاد می شود و در آن چین خوردگی ها، حفرات و اندوخته خونی زیادی به وجود می آید. همان طور که در شکل ۱۱ می بینید، رشد و نمو دیواره داخلی تا بعد از نیمه دوره نیز ادامه می یابد. پس از آن، سرعت رشد آن کم می شود، ولی فعالیت ترشخی در آن افزایش می یابد. نتیجه این فعالیت ها آماده شدن جدار رحم برای پذیرش و پرورش جنین است.

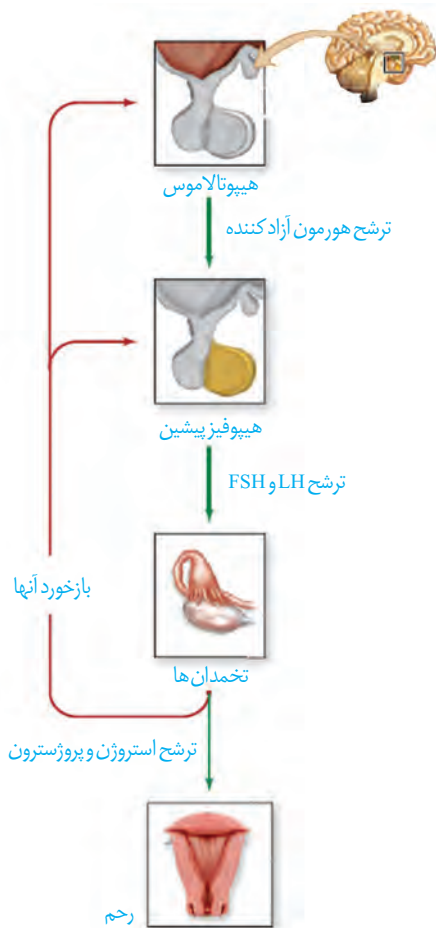


شکل ۱۱- چرخه رحمی.  
ریزش و رشد دیواره رحم

اگر در حدود نیمه دوره جنسی زامه در مجاورت مام یاخته ثانویه قرار گیرد، پس از تکمیل مراحل تخمک‌زایی لقاح صورت می‌پذیرد و تخم پس از انجام تقسیماتی در لوله رحمی، در یکی از فرورفتگی‌های جدار رحم جایگزین می‌شود. جایگزینی شامل نفوذ جنین به درون جدار رحم و ایجاد رابطه خونی و تغذیه‌ای با مادر است. اگر لقاح صورت نگیرد مام یاخته ثانویه بدون جایگزینی دفع می‌شود و حدود روز بیست و هشتم، تخریب دیواره داخلی و دفع خون (قاعدگی) آغاز می‌شود که شروع دوره جنسی و چرخه رحمی بعدی را نشان می‌دهد. تمام وقایع گفته شده با تأثیر هورمون‌های جنسی زنانه (استروژن و پروژسترون) که از تخمدان‌ها ترشح می‌شوند انجام می‌گیرد.

### تنظیم هورمونی دستگاه تولیدمثل در زن

هورمون‌های هیپوتالاموس، هیپوفیز پیشین و تخمدان‌ها زمان وقایع متفاوت در دستگاه تولیدمثلی زن را تنظیم می‌کنند. تنظیم میزان این هورمون‌ها به صورت بازخوردی (خودتنظیم) انجام می‌شود (شکل ۱۲). در ابتدای دوره مقدار دو هورمون جنسی استروژن و پروژسترون در خون کم است. این کمبود به هیپوتالاموس پیامی می‌دهد که هورمون آزادکننده‌ای ترشح کند. هورمون آزادکننده بخش پیشین هیپوفیز را تحریک می‌کند تا ترشح هورمون‌های FSH و LH را افزایش دهد. استروژن و پروژسترون باعث رشد دیواره داخلی رحم و ضخیم شدن آن می‌شود و با این کار، رحم را برای بارداری احتمالی آماده می‌کند. همچنین با تأثیر بر هیپوتالاموس با بازخورد منفی از ترشح هورمون آزادکننده FSH و LH می‌کاهند. این بازخورد از رشد و بالغ شدن انبانک‌های جدید در طول دوره جنسی جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۲- غدد و هورمون‌های مؤثر در تولیدمثل زن

در انتهای دوره، کاهش میزان این هورمون‌ها در خون به‌ویژه روی دیواره داخلی رحم تأثیر می‌گذارد. استحکام دیواره داخلی رحم کاهش می‌یابد و در طول چند روز بعد، تخریب می‌شود و قاعدگی رخ می‌دهد. کاهش پروژسترون و استروژن همچنین بر هیپوتالاموس اثر و ترشح مجدد هورمون آزادکننده، FSH و LH را آغاز می‌کند که همان شروع دوره جنسی بعدی است.

استروژن در واقع دو نقش متضاد را ایفا می‌کند؛ افزایش اندک آن از آزاد شدن FSH و LH ممانعت می‌کند (بازخورد منفی)، اما حدود روز چهاردهم دوره، افزایش یک‌باره آن، محرکی برای آزاد شدن مقدار زیادی FSH و LH از هیپوفیز پیشین می‌شود (بازخورد مثبت). این تغییر ناگهانی در مقدار هورمون‌ها، باعث می‌شود در تخمدان، باقی‌مانده انبانک به جسم زرد تبدیل شود.

## فعالیت ۵

در بعضی منابع، دوره جنسی تخمدان‌ها را به دو قسمت انبانکی و جسم زردی (لوتئال) تقسیم‌بندی می‌کنند. به نظر شما:

- ۱- هر قسمت مربوط به چه بخشی از دوره جنسی است؟
- ۲- در هر قسمت، چه هورمون‌هایی از هیپوفیز بیشتر روی تخمدان اثر می‌گذارند؟
- ۳- در هر قسمت چه هورمون‌هایی از تخمدان ترشح می‌شوند و چه تغییری در میزان این هورمون‌ها رخ می‌دهد؟
- ۴- جداکننده این دو بخش چه مرحله‌ای است؟



نوزاد آدمی، زندگی را به صورت یک یاخته تخم آغاز می‌کند. تخم با تقسیم‌های پی‌درپی و گذر از مراحل سرانجام به جنین و نوزاد متمایز می‌شود.

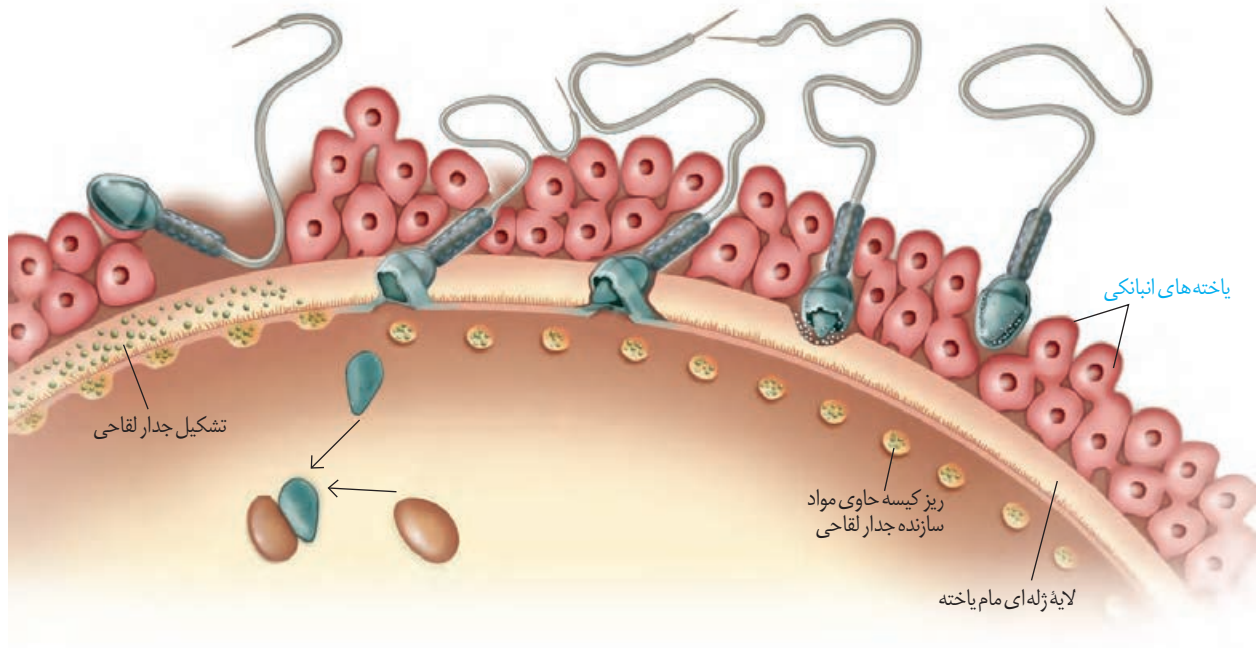
### لقاح

مام یاخته ثانویه پس از تخمک‌گذاری از طریق انتهای شیپور مانند (شیپور فالوپ) وارد لوله رحم می‌شود. حرکات زوائد انگشت مانند، انقباض دیواره و زنش مزک‌های دیواره لوله رحم، مام یاخته ثانویه را به سمت رحم حرکت می‌دهند. با ورود مایع منی به رحم، میلیون‌ها زامه به سمت مام یاخته ثانویه شنا می‌کنند، ولی فقط تعداد کمی از آنها در لوله رحم به آن می‌رسند. زامه‌ها برای ورود باید از دو لایه خارجی و داخلی اطراف مام یاخته ثانویه عبور کنند. لایه خارجی، باقی مانده یاخته‌های انبانکی و لایه داخلی، شفاف و ژله‌ای است (شکل ۱۳). در حین عبور زامه از لایه خارجی، تازکتن پاره می‌شود تا آنزیم‌های آن لایه داخلی را هضم کنند.

لقاح موقعی آغاز می‌شود که غشای یک زامه و غشای مام یاخته ثانویه با همدیگر تماس پیدا کنند. در این زمان، ضمن ادغام غشای زامه با غشای مام یاخته، تغییراتی در سطح مام یاخته اتفاق می‌افتد که باعث ایجاد پوششی به نام **جدار لقاحی** می‌شود. جدار لقاحی از ورود زامه‌های دیگر به مام یاخته ثانویه جلوگیری می‌کند.

شکل ۱۳- برخورد و نفوذ زامه در مام یاخته

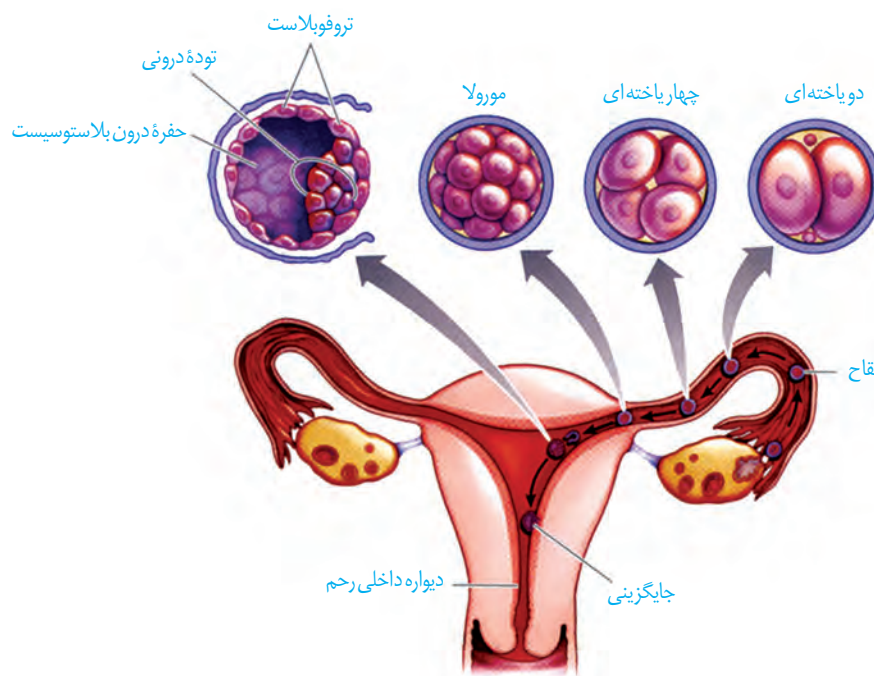
- ۱- زامه با فشار در بین یاخته‌های انبانکی وارد می‌شود تا به لایه ژله‌ای مام یاخته ثانویه برسد.
- ۲- در حین عبور زامه از لایه خارجی، تازکتن پاره شده، آنزیم‌های هضم‌کننده را آزاد تا لایه ژله‌ای را هضم کند.
- ۳- غشای زامه به غشای مام یاخته ثانویه ملحق می‌شود.
- ۴- هسته زامه وارد مام یاخته ثانویه شده با هسته آن ادغام می‌شود.
- ۵- تشکیل جدار لقاحی برای جلوگیری از ورود زامه‌های دیگر



با ورود سر زامه به مام یاخته، هسته آن به درون سیتوپلاسم وارد می‌شود. در همین حال، مام یاخته ثانویه، کاستمان را تکمیل می‌کند و به تخمک تبدیل می‌شود. هسته تخمک با هسته زامه ادغام می‌شود و یاخته تخم با ۲۳ جفت فام تن شکل می‌گیرد (شکل ۱۳).

## وقایع پس از لقاح

حدود ۳۶ ساعت پس از لقاح، یاخته تخم تقسیمات رشتمانی را شروع می‌کند. نتیجه آن، ایجاد توده یاخته‌ای است که تقریباً به اندازه تخم است؛ زیرا یاخته‌های حاصل از تقسیم رشد نکرده‌اند. این توده پریاخته‌ای توپر با نام **مورولا** در لوله رحم به سمت رحم حرکت می‌کند. پس از رسیدن به رحم به شکل کره توخالی درمی‌آید و درون آن با مایعات پر می‌شود. در این مرحله، به آن **بلاستوسیست** گفته می‌شود. بلاستوسیست، یک لایه بیرونی به نام **تروفوبلاست** دارد که در مراحل بعدی **برون شامه جنین (پرده کوریون)** را می‌سازد. برون شامه جنین به همراه بخشی از دیواره رحم **جفت** را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۴).



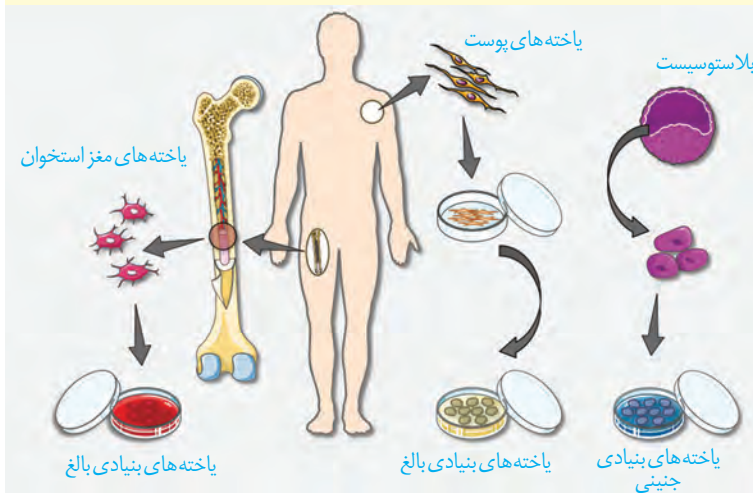
شکل ۱۴- مراحل اولیه رشد جنین

یاخته‌های درون بلاستوسیست **توده یاخته‌ای درونی** را تشکیل می‌دهند. این یاخته‌ها حالت بنیادی دارند و منشأ بافت‌های مختلف تشکیل دهنده جنین هستند. **یاخته‌های بنیادی**، یاخته‌هایی تخصص نیافته‌اند که توانایی تبدیل شدن به یاخته‌های متفاوتی را دارند. از توده درونی لایه‌های زاینده جنینی شکل می‌گیرند که هر کدام منشأ بافت‌ها و اندام‌های مختلف‌اند.

**یاخته‌های بنیادی:** جانوران عموماً دو دسته یاخته‌های بنیادی دارند:

جنینی و بالغ (شکل مقابل).

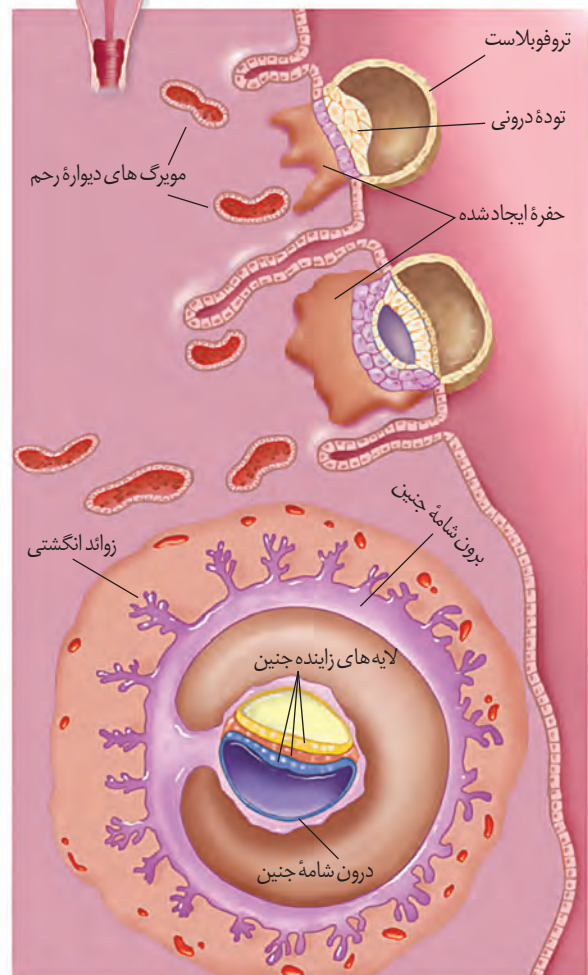
یاخته‌های بنیادی جنینی می‌توانند به تمامی یاخته‌های مورد نیاز بدن تبدیل شوند. انواع بالغ تا حدی تمایز یافته‌اند و توانایی محدودی در تولید یاخته‌های دیگر دارند. یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و پوست از این نوع‌اند. خون موجود در رگ‌های بند ناف، منبعی سرشار از یاخته‌های بنیادی جنینی است. در حال حاضر، یاخته‌های بنیادی در پژوهش‌های پزشکی و زیست‌شناسی، اهمیت زیادی دارند و پیش‌بینی می‌شود در آینده در درمان بسیاری از بیماری‌های علاج‌ناپذیر مثل صدمات نخاعی، پارکینسون، دیابت و بیماری‌های قلبی، مؤثر واقع شوند.



در ادامه یاخته‌های لایه بیرونی بلاستوسپست، آنزیم‌های هضم‌کننده‌ای را ترشح می‌کنند که یاخته‌های جدار رحم را تخریب و حفره‌ای ایجاد می‌کنند که بلاستوسپست در آن جای می‌گیرد. به این فرایند **جایگزینی** گفته می‌شود. یاخته‌های جنین در این مرحله مواد مغذی مورد نیاز خود را از این بافت‌های هضم‌شده به دست می‌آورند (شکل ۱۵).

بعد از جایگزینی، پرده‌های محافظت‌کننده در اطراف جنین تشکیل می‌شوند که مهم‌ترین آنها **درون شامه جنین (آمنیون)** و **برون شامه جنین (کورین)** هستند. درون شامه جنین در حفاظت و تغذیه جنین نقش دارد. برون شامه جنین در تشکیل جفت و بند ناف دخالت می‌کند. جفت رابط بین بند ناف و دیواره رحم است.

برون شامه جنین، هورمونی به نام  $HCG^1$  ترشح می‌کند که وارد خون مادر می‌شود و اساس تست‌های بارداری است. این هورمون سبب حفظ جسم زرد و تداوم ترشح هورمون پروژسترون از آن می‌شود. وجود این هورمون‌ها در خون از قاعدگی و تخمک‌گذاری مجدد جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۵- جایگزینی جنین در رحم

۱- Human Chorionic Gonadotropin

## تشکیل بیش از یک جنین

در حین تقسیمات اولیه تخم ممکن است یاخته‌های بنیادی از هم جدا شوند، یا توده درونی بلاستوسیست به دو یا چند قسمت تقسیم شود. در این حالت، بیش از یک جنین شکل می‌گیرند که این جنین‌ها همسان‌اند. اگر این جنین‌ها کاملاً از هم جدا نشوند، به هم چسبیده متولد می‌شوند. ممکن است تخمدان‌های یک فرد در یک دوره بیش از یک مام‌یاخته ثانویه آزاد کنند و دو یا چند لقاح انجام شود. در این حالت، اگر مراحل رشد و نمودر آنها کامل شود، دوقلو یا چندقلوهای ناهمسان متولد می‌شوند که ممکن است شباهتی به هم نداشته و حتی از لحاظ جنسیت هم متفاوت باشند (شکل ۱۶).

## واژه‌شناسی

درون شامه جنین (amnion/آمניون) برون شامه جنین (chorion/کورایون) شامه به معنی پرده و پوشش است، جنین توسط دو پرده محافظت می‌شود: یک پرده درونی تر به نام درون شامه و دیگری که بیرون قرار می‌گیرد به نام برون شامه.



شکل ۱۶- دوقلوهای الف (ناهمسان و ب) همسان



الف

ب

## فعالیت ۶

- ۱- دوقلوهای ناهمسان از لحاظ جنسیت می‌توانند مشابه یا متفاوت باشند، به نظر شما علت چیست؟
- ۲- دوقلوهای به هم چسبیده از لحاظ جنسیت و سایر صفات ظاهری نسبت به هم چگونه‌اند؟
- ۳- در مورد اثر انگشت دوقلوهای همسان و ناهمسان اطلاعاتی را جمع‌آوری و گزارش آن را در کلاس ارائه کنید.

از طرف دیگر ممکن است در بعضی از زنان یا مردان، یاخته جنسی تولید نشود یا به دلایلی بین زامه و تخمک، لقاح موفق انجام نشود. در این صورت، موضوع ناباروری مطرح می‌شود که با روش‌ها و کمک فناوری، بعضی از آنها را برطرف می‌کنند.

## کنترل ورود و خروج مواد در جفت

تمایز جفت از هفته دوم بعد از لقاح شروع می‌شود، ولی تا هفته دهم ادامه دارد. بند ناف رابط بین جنین و جفت است که در آن سرخرگ‌ها خون جنین را به جفت می‌برند و سیاهرگ، خون را از جفت به جنین می‌رساند. خون مادر و جنین در جفت به دلیل وجود برون شامه جنین، مخلوط نمی‌شود، ولی می‌تواند بین دو طرف این پرده مبادله مواد صورت گیرد (شکل ۱۷).

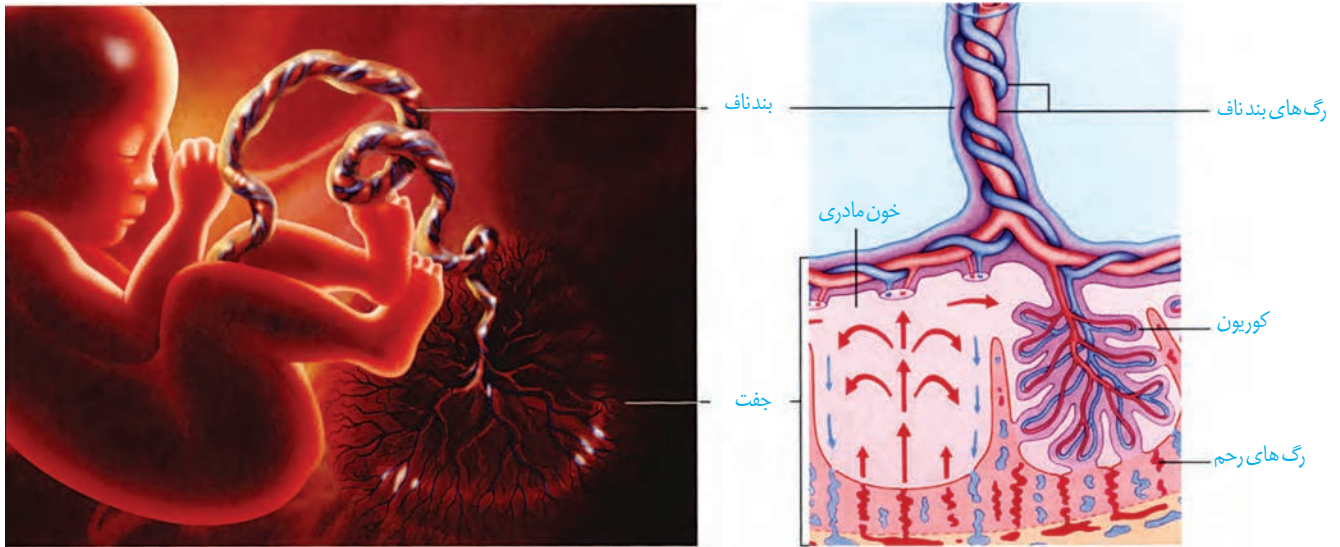
## بیشتر بدانید

بیش از نیمی از زنان، بارداری را در سه ماهه اول به صورت تهوع و استفراغ صبحگاهی نشان می‌دهند که ناشی از ورود مواد دفعی جنین به داخل خون مادر است. تمایل بیشتر یا عدم تمایل به بعضی غذاها نیز در بیشتر افراد بروز می‌کند که به آن ویار گفته می‌شود. علت آن تغییر مقدار هورمون‌های بدن و تغییر در حس چشایی و بویایی است. البته افزایش نیازهای غذایی بدن به دلیل بارداری نیز در آن مؤثر است.

مواد مغذی، اکسیژن و بعضی از پادتن‌ها از طریق جفت به جنین منتقل می‌شوند تا جنین تغذیه و محافظت شود و مواد دفعی جنین نیز از همین طریق به خون مادر منتقل می‌شود. در عین حال، عوامل بیماری‌زا و موادی مانند نیکوتین، کوکائین و الکل نیز می‌توانند از جفت عبور کنند و روی رشد و نمو جنین تأثیر سوء بگذارند.



با توجه به عبور مواد از جفت و تأثیر زیان‌آور بعضی از داروها روی رشد و نمو، زنان باردار باید از مصرف هرگونه دارو در دوران بارداری، به‌جز با تجویز پزشک متخصص، خودداری کنند.



شکل ۱۷- جفت و ارتباط آن با مادر و جنین

## فعالیت ۷

مادران باردار ممکن است تا پایان هفته چهارم بعد از لقاح هنوز از بارداری خود مطلع نباشند. با توجه به زمان‌های چرخه قاعدگی به نظر شما این مادران از نظر قاعدگی در چه وضعیتی هستند؟

همزمان با تشکیل جفت یاخته‌های توده درونی لایه‌های زاینده را تشکیل می‌دهند که از رشد و تمایز آنها بافت‌های مختلف جنین ساخته می‌شود. در انتهای ماه اول اندام‌های اصلی شروع به تشکیل شدن می‌کنند و ضربان قلب آغاز می‌شود. ابتدا رگ‌های خونی و روده شروع به نمو می‌کنند سپس جوانه‌های دست و پا ظاهر می‌شوند. در طی ماه دوم همه اندام‌ها شکل مشخص می‌گیرند. در انتهای سه ماه اول اندام‌های جنسی مشخص شده و جنین دارای ویژگی‌های بدنی قابل تشخیص می‌شود. در سه ماهه دوم و سوم، جنین به سرعت رشد می‌کند و اندام‌های آن شروع به عمل می‌کنند به طوری که در انتهای سه ماهه سوم قادر است در خارج از بدن مادر زندگی کند.

## صوت‌نگاری (سونوگرافی)

در این روش تشخیصی، از امواج صوتی با بسامد (فرکانس) بالا استفاده می‌کنند. این امواج برخلاف اشعه X که در رادیولوژی از آن استفاده می‌شود، برای جنین ضرری ندارد. امواج را با کمک دستگاهی به درون بدن می‌فرستند و بازتاب آنها را دریافت کرده به صورت تصویر ویدئویی نشان می‌دهند. تشخیص بارداری در ماه اول، اندازه‌گیری ابعاد جنین برای تعیین سن، جنسیت جنین، سالم بودن جنین از لحاظ حرکتی و عملکرد بعضی از اندام‌ها مثل قلب از جمله مواردی است که در صوت‌نگاری، مشخص می‌شود.

## بیشتر بدانید

### تشخیص ناهنجاری‌های ژنتیکی پیش از تولد

بسیاری از والدین قبل از تولد فرزندشان دغدغه و نگرانی بروز ناهنجاری‌های احتمالی را در فرزندشان دارند و دوست دارند از این نگرانی خارج شوند. تشخیص پیش از تولد، می‌تواند به این افراد کمک کند. برای این آزمایش‌ها، مقداری از مایع درون شامه جنین یا بخشی از زوائد انگشت مانند برون شامه جنین را خارج می‌کنند. یاخته‌های آنها را کشت می‌دهند و از آنها، کاربوتیپ تهیه می‌کنند. چون محتوای ژنتیک این یاخته‌ها با جنین یکسان است، می‌توان ناهنجاری‌های فام‌تی مثل نشانگان داون را در کاربوتیپ آنها تشخیص داد.



## فعالیت ۸

### تعیین زمان تولد

متخصصان زنان و زایمان در پیش بینی زمان تولد نوزاد ۲۸۴ روز را به زمان شروع آخرین قاعدگی مادر اضافه می‌کنند. در این رابطه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- چه ارتباطی بین قاعدگی و بارداری شخص وجود دارد؟

- چرا روز شروع آخرین قاعدگی را در نظر می‌گیرند؟

- گفته می‌شود مدت زمان بارداری ۹ ماه یا ۲۷۰ روز است. چرا پزشکان ۲۸۴ روز را مطرح می‌کنند؟

## تولد-زایمان

در ابتدا سر جنین به سمت پایین فشار وارد و کیسهٔ درون شامه را پاره می‌کند. در نتیجه، مایع درون شامه‌ای یک مرتبه به بیرون رانده می‌شود. خروج این مایع، نشانهٔ نزدیک بودن زایمان است. هورمون‌ها در این مرحله نقش اساسی دارند؛ از جمله اکسی‌توسین که ماهیچه‌های دیوارهٔ رحم را تحریک می‌کند، تا انقباض آغاز شود و در ادامه، دفعات و شدت انقباض را مرتباً بیشتر می‌کند. به همین دلیل، پزشکان برای سرعت دادن به زایمان اکسی‌توسین را به مادر تزریق می‌کنند. شروع انقباض ماهیچه‌های رحم با دردهای زایمان همراه است. دهانهٔ رحم در هر بار انقباض، بیشتر باز می‌شود و سر جنین بیشتر به آن فشار می‌آورد. با افزایش انقباضات ترشح اکسی‌توسین با بازخورد مثبت افزایش یافته و باعث می‌شود نوزاد آسان‌تر و زودتر از رحم خارج شود. به طور طبیعی ابتدا سر و سپس بقیهٔ بدن از رحم خارج می‌شود. در مرحلهٔ بعد با ادامهٔ انقباض رحم، جفت و اجزای مرتبط با آن، از رحم خارج می‌شود.

هورمون اکسی‌توسین، علاوه بر تأثیر در زایمان، ماهیچهٔ صاف غدد شیری را نیز منقبض می‌کند تا خروج شیر انجام شود. البته تحریک گیرنده‌های موجود در غدد شیری با مکیدن نوزاد، اتفاق می‌افتد و از طریق بازخورد مثبت، تنظیم می‌شود. مکیدن نوزاد باعث افزایش هورمون‌ها و افزایش تولید و ترشح شیر می‌شود.

## فعالیت ۹

علاوه بر زایمان طبیعی، تولد نوزاد با عمل جراحی (سزارین)

نیز انجام می‌شود. پزشکان زنان و زایمان، بیشتر توصیه می‌کنند که

زایمان به صورت طبیعی انجام شود. در مورد جنبه‌های مثبت و منفی جراحی سزارین، اطلاعاتی را جمع‌آوری کنید و نتایج به دست آمده را به صورت گزارش در کلاس ارائه کنید.

## بیشتر بدانید

### فناوری‌های کمک به رفع

#### ناباروری

#### - تلقیح مصنوعی

#### (Artificial Insemination):

در این روش، زامه سالم شوهر، توسط متخصص در مجرای تولیدمثلی زن، در کنار مام یاخته قرار داده می‌شود. زوج‌هایی که شوهر به دلیل تعداد کم زامه عقیم است یا زامه ناسالم زیاد دارند ممکن است متقاضی این روش باشند.

#### - لقاح آزمایشگاهی

#### (In Vitro Fertilization or IVF):

در این روش، زامه و تخمک در خارج از بدن زن، لقاح می‌یابند. در بعضی زنان ممکن است تخمدان و رحم سالم، ولی لوله‌های رحمی مسدود باشند، یا ممکن است شخصی بخواهد از تخمک‌های اهدایی به جای تخمک خود استفاده کند. در این روش، تخمک و زامه را با محیط کشت حاوی مایعات رحم مخلوط می‌کنند. تخم لقاح یافته، دو یا سه بار تقسیم می‌شود و به همین صورت آن را وارد رحم می‌کنند. در این روش دوقلو زایی و بیشتر، زیاد رخ می‌دهد. آیا می‌دانید چرا؟

## بیشتر بدانید

### سقط جنین (پایان بارداری قبل از زایمان):

عوامل مختلفی می‌تواند باعث سقط جنین شود. در این حالت، جنین کامل نشده از دیواره رحم جدا و از بدن مادر خارج می‌شود یا به عبارتی، بارداری به اتمام می‌رسد. سقط اگر در مراحل اولیه بارداری صورت گیرد بیشتر ناشی از وجود ناهنجاری‌های فام‌تنی شدید مثل پلی‌پلوئیدی در جنین است. اما اگر در سه ماهه دوم اتفاق بیفتد، عامل آن ممکن است از طرف مادر باشد؛ مثلاً در اثر دیابت، فشار خون بالا، ناهنجاری‌های هورمونی، بیماری‌های عفونی، مشکل رحمی، یا مصرف مواد اعتیادآور ممکن است سقط رخ دهد. اما دلیل بیشتر سقط‌های جنین مشخص نیست.

## بیشتر بدانید

### بیماری‌های مقاربتی

همان‌طور که می‌دانید یکی از راه‌های انتقال عوامل بیماری‌زا از فردی به فرد دیگر ارتباط جنسی است. به این بیماری‌ها مقاربتی گویند. بعضی از آنها عبارت‌اند از:

بیماری	بعضی از علائم و پیامدها	عامل
عفونت کلامیدیا	خروج ترشحات چرکی، خارش، التهاب ناحیه لگن، دفع ادرار با سوزش	باکتری
سوزاک	خروج ترشحات چرکی، خارش، التهاب ناحیه لگن، دفع ادرار با سوزش	باکتری
سیفلیس	زخم سفت بدون درد و خارش در پوست و اندام تناسلی، لکه‌های قرمز رنگ در کف دست و پا، تب	باکتری
هپاتیت B	زرد شدن پوست، علائم مشابه آنفلوانزا	ویروس
ایدز	ضعف سیستم ایمنی، مستعد شدن برای ابتلا به انواع بیماری	ویروس
هرپس تناسلی	تاول‌های دردناک در ناحیه تناسلی، ران یا باسن، افزایش احتمال بروز سرطان	ویروس
زگیل‌های تناسلی	بروز زگیل‌های دردناک در ناحیه تناسلی، افزایش احتمال بروز سرطان	ویروس
تریکوموناسیس	سوزش، خارش و ترشحات چرکی	آغازی

## بیشتر بدانید

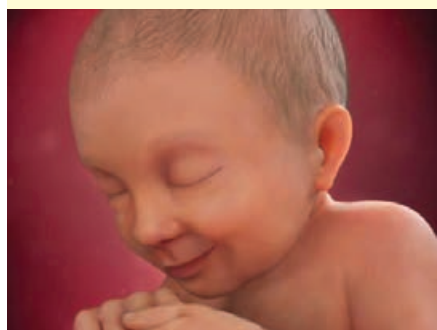
جنین در هفته‌های مختلف بعد از لقاح (بارداری)



هفته دوازدهم



هفته چهارم



هفته سی و هشتم



هفته بیست و هشتم

اساس تولیدمثل جنسی در همه جانوران مشابه است، ولی در چگونگی انجام، مراحل آن و حفاظت و تغذیه جنین، تفاوت‌هایی وجود دارد که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم.

### نحوه لقاح

در آبزیان مثل ماهی‌ها، دوزیستان و بی‌مهرگان آبزی لقاح خارجی دیده می‌شود. در این روش، والدین گامت‌های خود را در آب می‌ریزند و لقاح در آب صورت می‌گیرد. برای افزایش احتمال برخورد گامت‌ها، والدین تعداد زیادی گامت را هم‌زمان وارد آب می‌کنند. برای هم‌زمان شدن ورود یاخته‌های جنسی به آب عوامل متعددی دخالت دارد از جمله دمای محیط، طول روز، آزاد کردن مواد شیمیایی توسط نر یا ماده یا بروز بعضی رفتارها مثل رقص عروسی در ماهی‌ها (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- رقص عروسی ماهی‌ها

**لقاح داخلی** در جانوران خشکی‌زی و بعضی آبزیان دیده می‌شود. در این جانوران، زامه وارد دستگاه تولیدمثلی فرد ماده می‌شود و لقاح در بدن ماده انجام می‌شود. انجام این نوع لقاح، نیازمند دستگاه‌های تولیدمثلی با اندام‌های تخصص یافته است. در اسبک ماهی جانور ماده، تخمک را به درون حفره‌ای در بدن جنس نر منتقل می‌کند. لقاح در بدن نر انجام می‌شود و جنس نر، جنین‌ها را در بدن خود نگه می‌دارد، پس از طی مراحل رشد و نمو، نوزادان متولد می‌شوند.

## واژه‌شناسی

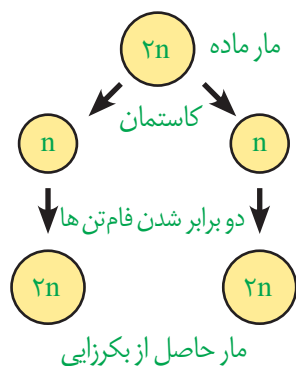
نرماده (Hermaphrodite)

هرمافرودیت)

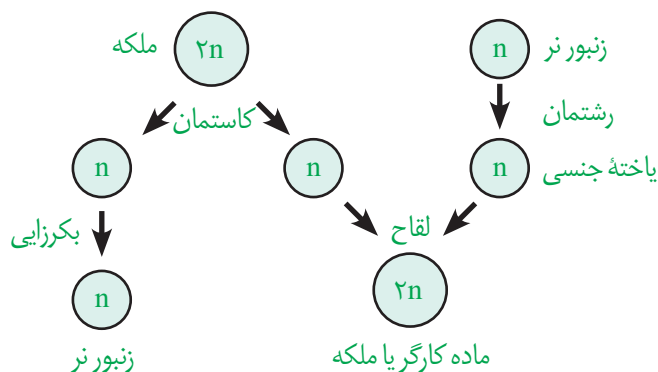
هرمافرودیت از دو کلمه Hermes به معنی مذکر و aphrodite به معنی مؤنث است و به موجودی اشاره دارد که هر دو اندام تناسلی نر و ماده را دارد. واژه نرماده نیز صورت صریح همین مفهوم است.

## بکرزایی

نوعی از تولیدمثل جنسی است و برای مثال، در زنبور عسل و بعضی مارها دیده می‌شود. در این روش، فرد ماده گاهی اوقات به تنهایی تولیدمثل می‌کند. در این حالت، یا تخمک بدون لقاح شروع به تقسیم می‌کند و موجود تک‌لاد را به وجود می‌آورد (شکل ۱۹-الف) یا از روی فام‌تن‌های تخمک یک نسخه ساخته می‌شود تا فام‌تن‌های تخمک دو برابر شوند و سپس شروع به تقسیم می‌کند و موجود دوالاد را به وجود می‌آورد (شکل ۱۹-ب).



(ب)



(الف)

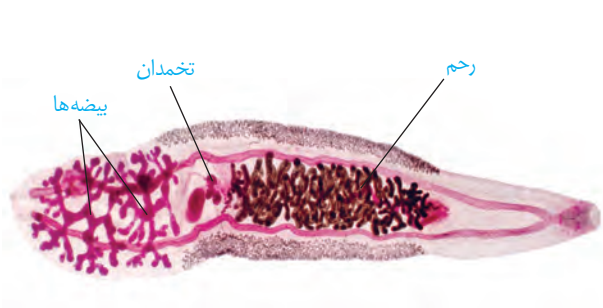
شکل ۱۹-الف و ب) انواع بکرزایی

## نرماده (هرمافرودیت)

در این جانوران، یک فرد هر دو نوع دستگاه تولیدمثلی نر و ماده را دارد. در کرم‌های پهن مثل کرم کبد، هر فرد تخمک‌های خود را بارور می‌کند (شکل ۲۰-الف). در مورد کرم‌های حلقوی، مثل کرم خاکی، لقاح دو طرفی انجام می‌شود؛ یعنی وقتی دو کرم خاکی در کنار هم قرار می‌گیرند، زامه‌های هر کدام تخمک‌های دیگری را بارور می‌سازد (شکل ۲۰-ب).



(ب)



(الف)

شکل ۲۰-الف) کرم کبد، ب) کرم خاکی



## تغذیه و حفاظت جنین

مواد غذایی مورد نیاز جنین تا چند روز پس از لقاح و تشکیل تخم از اندوخته غذایی تخمک تأمین می‌شود. این اندوخته مخلوطی از مواد مغذی متفاوت است. اندازه تخمک در جانوران مختلف بستگی به میزان اندوخته دارد. در جانوران تخم‌گذار اندوخته غذایی تخمک زیاد است؛ زیرا در دوران جنینی ارتباط غذایی بین مادر و جنین وجود ندارد. در پستانداران به دلیل ارتباط خونی بین مادر و جنین و در ماهی‌ها و دوزیستان به علت دوره جنینی کوتاه میزان این اندوخته کم است. در جانورانی که لقاح خارجی دارند تخمک دیواره‌ای چسبناک و ژله‌ای دارد که پس از لقاح، تخم‌ها را به هم می‌چسباند. این لایه ژله‌ای ابتدا از جنین در برابر عوامل نامساعد محیطی محافظت می‌کند و سپس به عنوان غذای اولیه مورد استفاده جنین قرار می‌گیرد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱ - لایه ژله‌ای اطراف تخم‌های قورباغه

در جانورانی که لقاح داخلی دارند، حفاظت جنین به صورت‌های متفاوتی انجام می‌شود. در جانوران تخم‌گذار وجود پوسته ضخیم در اطراف تخم از جنین محافظت می‌کند. البته برای محافظت بیشتر در خزندگانی مثل لاک‌پشت تخم‌ها با ماسه و خاک پوشانده می‌شوند. پرندگان روی تخم‌ها می‌خوابند و پستاندار تخم‌گذاری مثل پلاتی‌پوس، تخم را در بدن خود نگه می‌دارد و چند روز مانده به تولد نوزاد، تخم‌گذاری می‌کند و روی آنها می‌خوابد تا مراحل نهایی رشد و نمو طی شود (شکل ۲۲). در پستانداران کیسه‌دار، مثل کانگورو جنین ابتدا درون رحم ابتدایی مادر رشد و نمو را آغاز می‌کند. به دلیل مهیا نبودن شرایط به صورت نارس متولد می‌شود و خود را به درون کیسه‌ای که بر روی شکم مادر است می‌رساند. در آنجا ضمن حفاظت، از غدد شیری درون آن تغذیه می‌کند تا مراحل رشد و نمو را کامل کند.



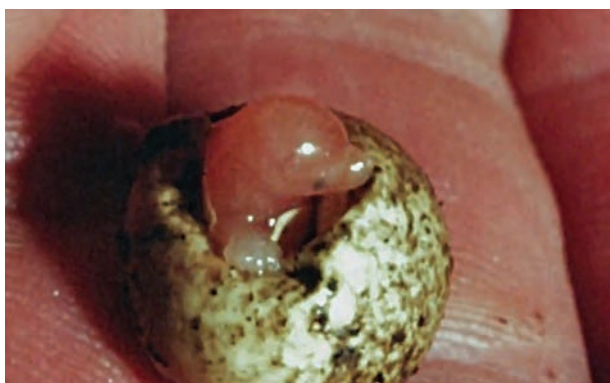
در پستانداران جفت‌دار، جنین درون رحم مادر رشد و نمو را آغاز و از طریق اندامی به نام جفت با خون مادر مرتبط می‌شود و از آن تغذیه می‌کند. نوزاد پس از تولد از غدد شیری مادر تغذیه می‌کند تا زمانی که بتواند به طور مستقل به زندگی ادامه دهد.



ب) تخم پرندۀ درآشیانه



شکل ۲۲- الف) تخم‌های لاک‌پشت



پ) تخم پلاتی‌بوس



## فصل ۸

# تولید مثل نهان دانگان

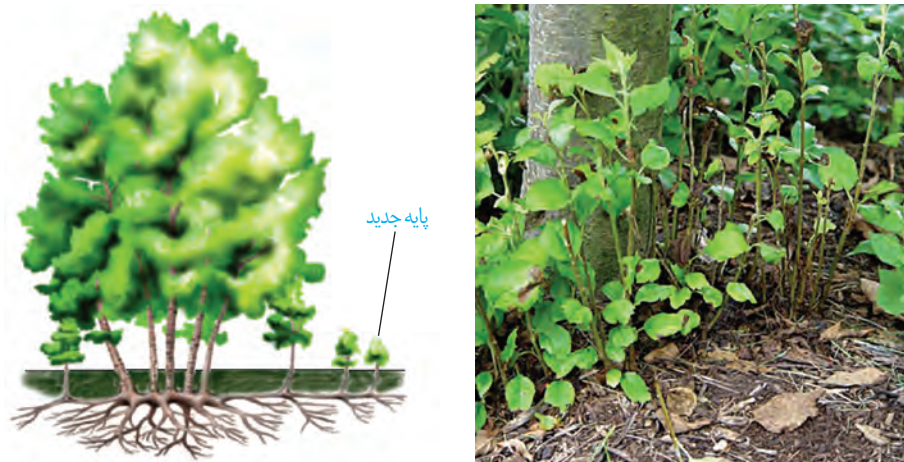
نهان دانگان تنها گروه از گیاهان اند که گل تولید می کنند. تولید گل برای گیاهان هزینه بر است؛ به ویژه تولید گل هایی که رنگ های گوناگون، ترکیبات معطر و شهد دارند. آیا می دانید چرا؟ با وجود این، گیاهان گل دار بیشترین گیاهان روی زمین اند و توانسته اند پهنه وسیعی از زمین را به خود اختصاص دهند. داشتن گل چه مزایایی دارد؟ چرا گوناگونی جانورانی مانند حشره ها در زیستگاهی با گیاهان گل دار بیشتر است؟ گل چه ساختاری دارد و چه فرایندهایی در آن انجام می شود؟



فرض کنید گیاهی مانند یک بوته گل سرخ یا یک درخت انگور دارید و می خواهید آن را تکثیر کنید. آیا صبر می کنید تا دانه تولید کنند و دانه های آنها را می کارید، یا روش دیگری به کار می برید؟

### تکثیر با بخش های رویشی

گیاهان می توانند به روش غیر جنسی و با استفاده از بخش های رویشی، یعنی ساقه، برگ و ریشه تکثیر یابند. مثلاً روی ریشه درخت آلبالو، جوانه هایی تشکیل می شود که از رشد آنها درخت های آلبالو ایجاد می شوند. چنین تولیدمثلی از نوع غیر جنسی، یا رویشی است. تولیدمثل غیرجنسی را چگونه توصیف می کنید؟



شکل ۱- تشکیل درخت های جدید از جوانه های روی ریشه.

### یادآوری

گیاهان را براساس صفت های داشتن یا نداشتن آوند، دانه و گل به طور کلی گروه بندی می کنند.

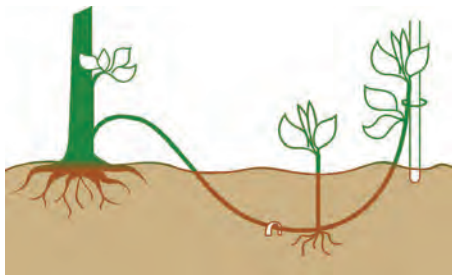
معمولاً برای تکثیر گیاهان از بخش های رویشی گیاه استفاده می کنیم. شاید شما هم با گذاشتن قطعه هایی از ساقه در خاک یا آب، گیاهی را تکثیر کرده باشید. در این حالت برای تکثیر گیاه، روش قلمه زدن را به کار برده اید (شکل ۲-الف). به نظر شما قطعه ای از ساقه که گیاه جدید ایجاد می کند، چه چیزی باید داشته باشد؟

**پیوند زدن** یکی دیگر از روش های تکثیر رویشی است. در این روش قطعه ای از یک گیاه مانند جوانه یا شاخه به نام **پیوندک**، روی تنه گیاه دیگری که به آن **پایه** می گویند، پیوند زده می شود (شکل ۲-ب). گیاه پایه ویژگی هایی مانند مقاومت به بیماری ها، سازگار با خشکی یا شوری دارد، در حالی که گیاهی که **پیوندک** از آن گرفته می شود، مثلاً میوه مطلوب دارد.

در روش **خوابانیدن** بخشی از ساقه یا شاخه را که دارای گره است، با خاک می پوشانند. بعد از مدتی از محل گره، ریشه و ساقه برگردار ایجاد می شود که با جدا کردن از گیاه مادر، پایه جدیدی ایجاد می شود (شکل ۲-پ).

گروه بندی گیاهان			
بدون آوند	خزه ها	سرخس ها	گل بدون گل
آوند دار	نهان دانگان	تک پدای ها	گل دار
		دو پدای ها	





(پ)



(ب)



(ف)

شکل ۲- روش های متفاوت تکثیر رویشی در گیاهان. الف) قلمه زدن، ب) پیوند زدن، پ) خوابانیدن.

با مراجعه به یک مرکز پرورش گل، یا گل فروشی درباره روش تکثیر رویشی گیاهان متفاوت، گزارش تصویری تهیه و در کلاس ارائه دهید.

## فعالیت ۱

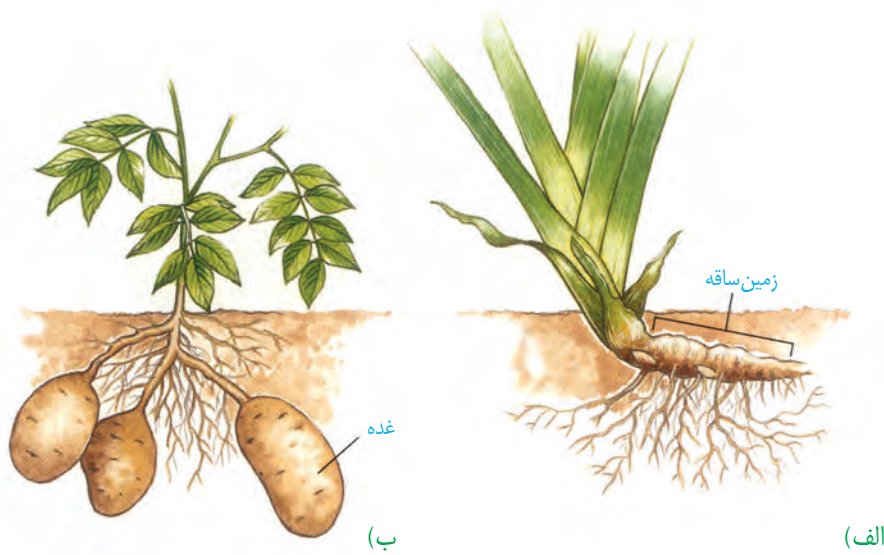
### تخصص یافته ها

انواعی از ساقه ها در گیاهان وجود دارند که برای تولیدمثل غیر جنسی ویژه شده اند. **زمین ساقه** (ریزوم<sup>۱</sup>)، غده، پیاز و ساقه رونده، نمونه هایی از ساقه های ویژه شده برای تولیدمثل غیر جنسی اند. **زمین ساقه**، به طور افقی زیر خاک رشد می کند و همانند ساقه هوایی جوانه انتهایی و جانبی دارد. این ساقه به موازات رشد افقی خود در زیر خاک، پایه های جدیدی در محل جوانه ها تولید می کند. زنبق از گیاهانی است که زمین ساقه دارد (شکل ۳- الف).

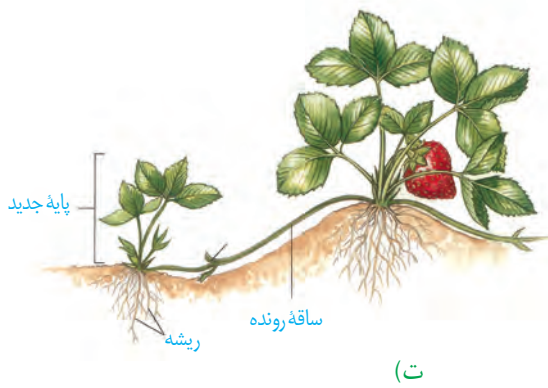
**غده**، ساقه ای زیرزمینی است که به علت ذخیره ماده غذایی در آن متورم شده است. سیب زمینی چنین ساقه ای است. هر یک از جوانه های تشکیل شده در سطح غده سیب زمینی، به یک گیاه تبدیل می شود (شکل ۳- ب). برای تکثیر سیب زمینی، آن را به قطعه های جوانه دار تقسیم می کنند و در خاک می کارند.

**پیاز**، ساقه زیرزمینی کوتاه و تکمه مانندی دارد که برگ های خوراکی به آن متصل اند (شکل ۳- پ). پیاز خوراکی چنین ساختاری است. نرگس و لاله نیز پیاز دارند. از هر پیاز تعدادی پیاز کوچک تشکیل می شود که هر کدام، یک گیاه ایجاد می کند.

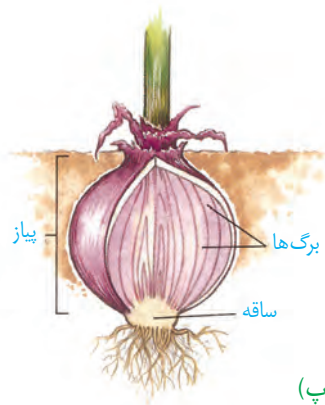
**ساقه رونده**، به طور افقی روی خاک رشد می کند (شکل ۳- ت). گیاه توت فرنگی ساقه رونده دارد. گیاهان توت فرنگی جدیدی در محل گره ها، ایجاد می شوند.



(الف)



(ب)



(پ)

شکل ۳- ساقه‌های تخصص یافته برای تولیدمثل غیرجنسی

(الف) نمونه‌هایی از ساقه‌های زیر زمینی را به کلاس بیاورید و در گروه خود مقایسه کنید.  
 (ب) شلغم و سیب زمینی را با هم مقایسه کنید. آیا شلغم همانند سیب زمینی ساقه است؟ چه استدلالی

برای پاسخ خود دارید؟

## فعالیت ۲

### بیشتر بدانید

### تثبیت خاک

گندمیانی مانند مرغ که زمین ساقه دارند، ضمن اشغال سطح وسیعی از خاک، در تثبیت آن نیز نقش دارند.





## فناوری و تکثیر گیاهان

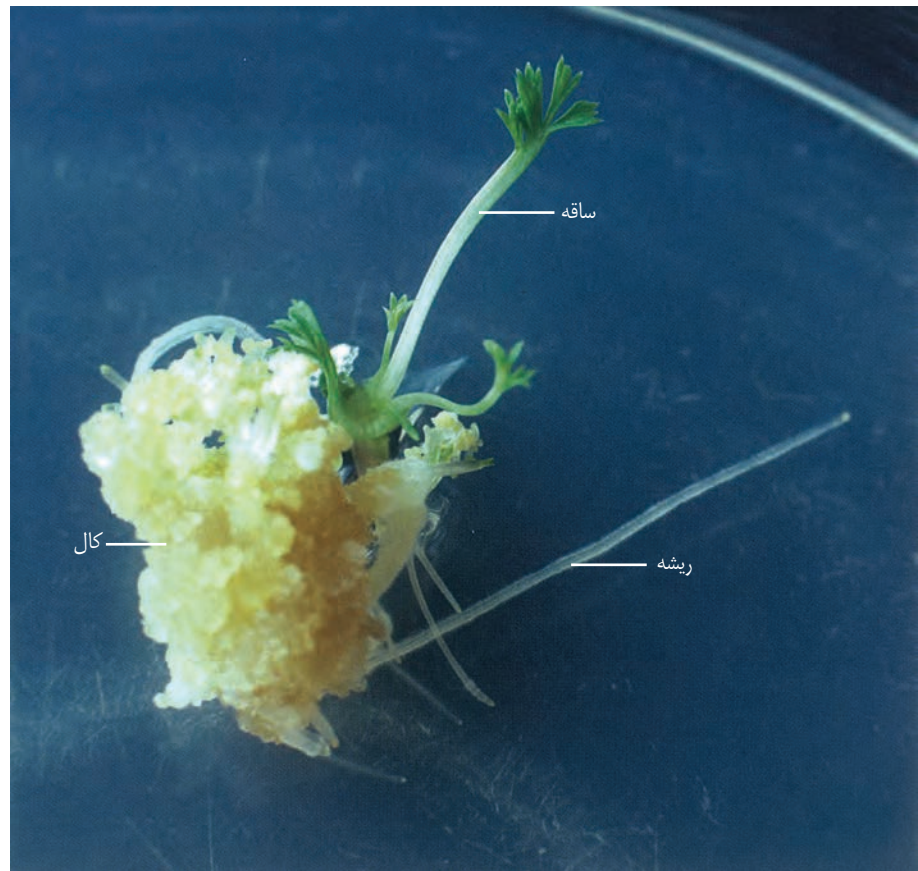
### بیشتر بدانید

#### گیاه در شیشه

با استفاده از فن کشت بافت می‌توان گیاهی گل‌دار را در ظرف‌های شیشه‌ای پرورش داد.



از فن کشت بافت برای تولید گیاهان با ویژگی‌های مطلوب و تولید انبوه آنها در آزمایشگاه استفاده می‌شود. در این فن، یاخته یا قطعه‌ای از بافت گیاهی در محیط کشت گذاشته می‌شود. این محیط دارای مواد مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه است. یاخته و بافت در شرایط مناسب، با تقسیم میتوز، توده‌ای از یاخته‌های هم شکل را به وجود می‌آورند که کال نامیده می‌شود. کال می‌تواند به گیاهانی تمایز یابد که از نظر ژنی یکسان‌اند. همهٔ مراحل کشت بافت در محیطی کاملاً سترون انجام می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- ایجاد گیاه از کال در کشت بافت.

### فعالیت ۳

فرض کنید از شما خواسته‌اند که با استفاده از یاخته‌های مجزای پارانشیمی، گیاهی را به روش کشت بافت تکثیر دهید. توضیح دهید این یاخته‌ها را از چه سامانهٔ بافتی جدا می‌کنید و چگونه این کار را انجام می‌دهید؟

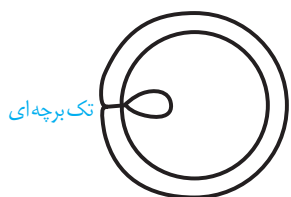
## گفتار ۲ تولیدمثل جنسی

با ساختار گل در سال‌های گذشته آشنا شده‌اید. می‌دانید گل بخش‌های متفاوتی دارد. نام بخش‌هایی از گل را که به یاد دارید، بنویسید. هر یک از این بخش‌ها چه کاری انجام می‌دهد؟

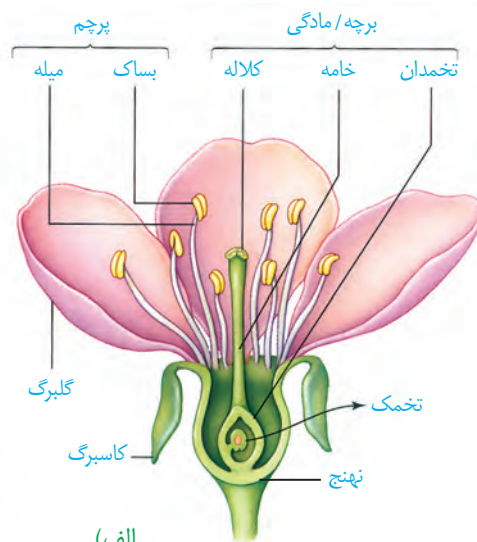
### هر گلی کامل نیست

گل ساختاری اختصاص یافته برای تولیدمثل جنسی است. گلی که در شکل ۵ می‌بینید دارای گلبرگ، کاسبرگ، پرچم و مادگی است که روی بخشی به نام نهنج قرار دارند. نهنج وسیع و ممکن است صاف، برآمده یا گود باشد.

اجزای گل در چهار حلقه هم مرکز تشکیل می‌شوند. کاسبرگ‌ها در خارجی‌ترین حلقه قرار می‌گیرند. گلبرگ‌ها در حلقه دوم و معمولاً به رنگ‌های متفاوت وجود دارند. آیا می‌دانید رنگی بودن گلبرگ‌ها چه اهمیتی دارد؟ پرچم‌ها در حلقه سوم و مادگی در چهارمین حلقه تشکیل می‌شوند. مادگی گل از یک یا تعدادی برچه ساخته شده است. در واقع پرچه واحد سازنده مادگی است. در مادگی‌های چند برچه‌ای، ممکن است فضای مادگی با دیواره برچه‌ها از هم جدا شوند (شکل ۵-ب).



(ب)



(الف)

شکل ۵- الف) گل در گیاه آلبالو، ب) مادگی تک برچه‌ای و چند برچه‌ای

### فعالیت ۴

چند نوع گل را با تعداد گلبرگ‌های چهار تا شش به کلاس بیاورید.

الف) تک لپه یا دولپه‌ای بودن آنها را مشخص کنید.

ب) تعداد هر یک از اجزای دیگر گل چیست؟ (پ) گل‌ها را به دقت با ذره بین مشاهده و ویژگی‌های هر یک از اجزا را یادداشت کنید.

ت) با استفاده از تیغ برش‌های طولی و عرضی از مادگی گل، تهیه و آنچه را می‌بینید یادداشت و ترسیم کنید.

ث) با استفاده از داده‌هایی که به دست آورده‌اید، ساختار هر گل را گزارش کنید.

آیا در همه گل‌ها این چهار حلقه تشکیل می‌شوند؟ مشاهده گل در گیاهان متفاوت نشان می‌دهد، چنین چیزی نیست. بنابراین، گل‌ها را بر اساس وجود هر چهار حلقه یا نبودن بعضی حلقه‌ها در دو گروه گل‌های کامل یا ناکامل قرار می‌دهند. همچنین گل‌هایی که هر دو حلقه پرچم و مادگی را داشته باشند، گل دو جنسی و آنهایی که فقط یکی از این حلقه‌ها را دارند، گل تک جنسی می‌نامند (شکل ۶).



شکل ۶- گل‌های تک جنسی در گیاه کدو

گل نر

گل ماده

## تشکیل یاخته‌های جنسی

می‌دانید که در تولیدمثل جنسی از لقاح یاخته جنسی نر با یاخته جنسی ماده، تخم ایجاد می‌شود. یاخته جنسی نر در گیاهانی مانند خزه، همانند یاخته جنسی نر در جانوران وسیله حرکتی دارد و می‌تواند در قطره‌های آب یا رطوبتی که سطح گیاه را پوشانده، شنا کند و خود را به یاخته جنسی ماده برساند. اما یاخته جنسی نر در گیاهان گل دار وسیله حرکتی ندارد. بنابراین، در این گیاهان برای انتقال یاخته جنسی نر ساختاری به نام لوله گرده تشکیل می‌شود.

## بیشتر بدانید

### چندین گل

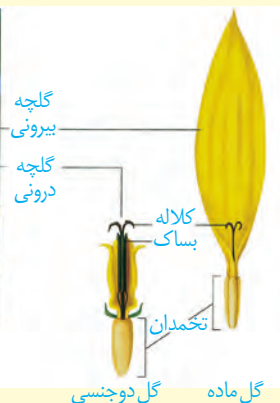
برخی گل‌ها مانند گل آفتاب‌گردان، اجتماعی از چندین گل کوچک یا گلچه‌اند. در گل آفتاب‌گردان گلچه‌های بیرونی ماده، و گلچه‌های درونی دو جنسی‌اند.



گل ژربرا



گل آفتاب‌گردان

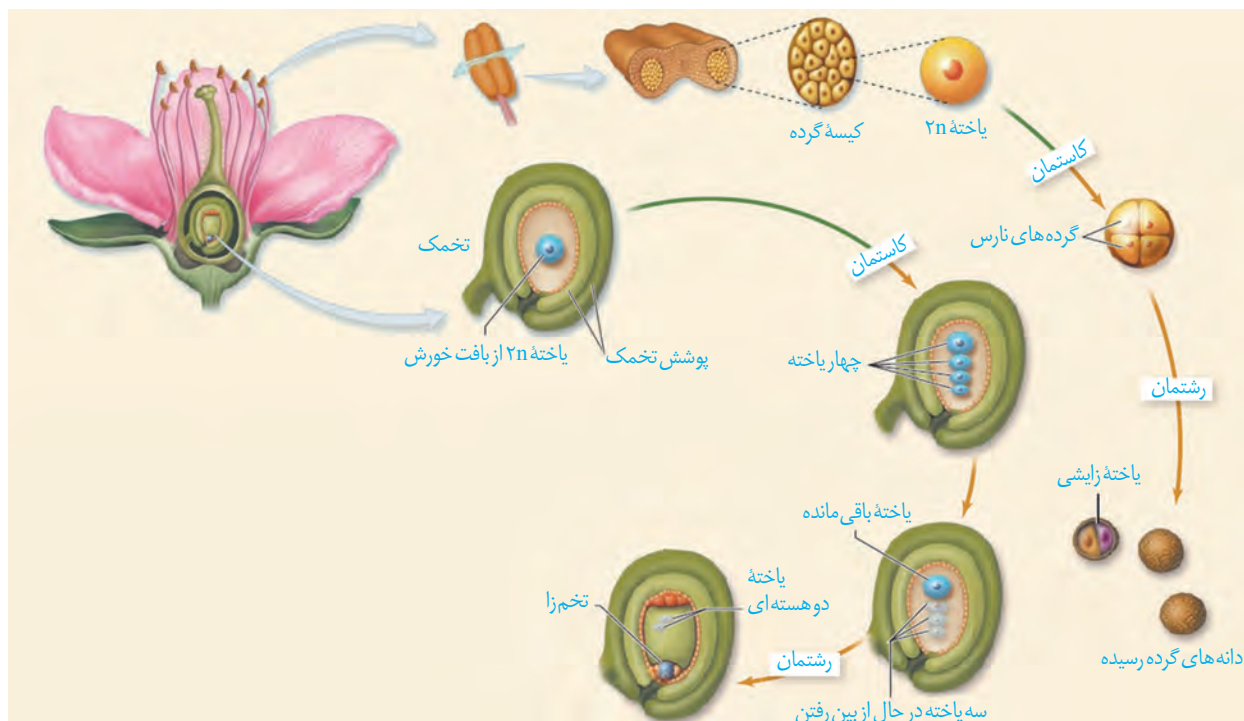


گل دو جنسی گل ماده



به شکل ۷ نگاه کنید. کیسه‌های گرده در بساک تشکیل می‌شوند و یاخته‌های دولاد دارند. از تقسیم کاستمان این یاخته‌ها، چهار یاخته تک‌لاد ایجاد می‌شود که در واقع **گرده‌های نارس** اند. هریک از این یاخته‌ها با انجام دادن تقسیم رشتمان و تغییراتی در دیواره به **دانه گرده رسیده** تبدیل می‌شود. دانه گرده رسیده یک دیواره خارجی، یک دیواره داخلی، یک **یاخته زایشی** و یک **یاخته زایشی** دارد. تخمدان که به صورت بخشی متورم در گل دیده می‌شود، محل تشکیل تخمک هاست. تخمک پوششی دو لایه‌ای دارد که یاخته‌های دولادی را در بر می‌گیرد. مجموع این یاخته‌ها، بافتی به نام **بافت خورش** را می‌سازند (شکل ۷).

یکی از یاخته‌های بافت خورش بزرگ می‌شود و با تقسیم کاستمان چهار یاخته تک‌لادی ایجاد می‌کند. از این چهار یاخته فقط یکی باقی می‌ماند که با تقسیم رشتمان، ساختاری به نام **کیسه رویانی** با تعدادی یاخته ایجاد می‌کند. **تخم‌زا و یاخته دو هسته‌ای** از یاخته‌های کیسه رویانی اند که در لقاح با یاخته‌های جنسی نر شرکت می‌کنند.



شکل ۷- تشکیل دانه‌های گرده و کیسه رویانی

### بیشتر بدانید

#### طلای سرخ

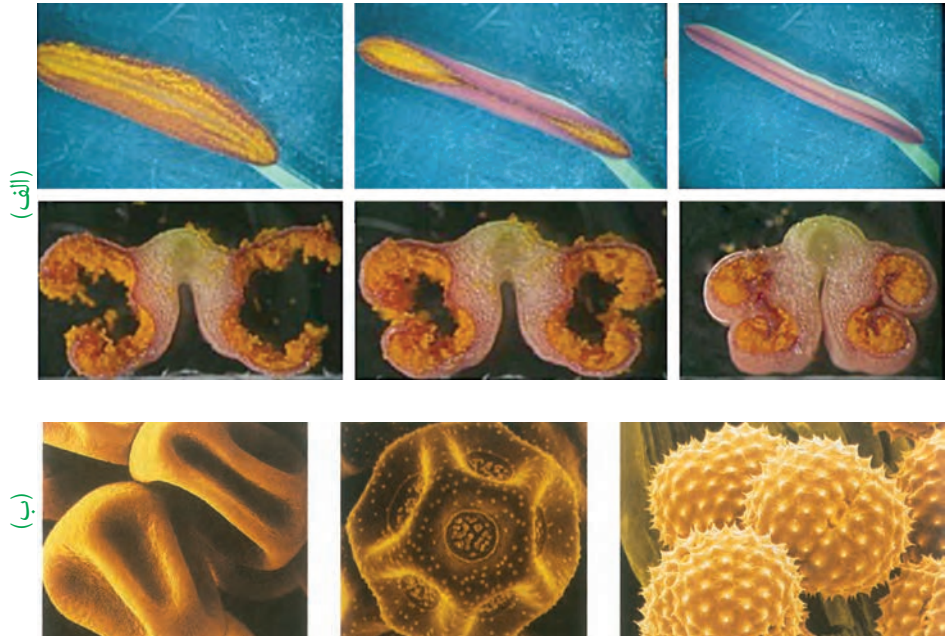
زعفران گیاهی تک لپه و چند ساله است. زعفران با نوعی ساقه زیرزمینی به نام بینه تکثیر می‌شود. در بینه برخلاف پیاز مواد غذایی در برگ‌ها ذخیره نمی‌شود؛ بلکه در ساقه تجمع می‌یابند. پوشش گل زعفران شش قسمتی است. کلاله سه‌رشته‌ای و قرمز رنگ آن برای مزه‌دار و معطر کردن خوراکی‌ها به کار می‌رود. زعفران از صادرات مهم ایران است.



## گرده افشانی و لقاح

با شکافتن دیوارهٔ بساک، گرده‌ها رها می‌شوند (شکل ۸-الف). دیوارهٔ خارجی دانه‌های گرده منفذدار و ممکن است صاف یا دارای تزییناتی باشد (شکل ۸-ب).

شکل ۸-الف) شکوفایی بساک و رها شدن دانه‌های گرده؛  
ب) انواعی از دانه‌های گرده در مشاهده با میکروسکوپ الکترونی



دانه‌های گرده به وسیلهٔ باد، آب و جانوران در محیط پراکنده و از گلی به گل دیگر منتقل می‌شوند. به انتقال دانهٔ گرده از بساک به کلاله **گرده افشانی** می‌گویند. در صورتی که کلاله گرده را بپذیرد، یاختهٔ رویشی رشد می‌کند و از رشد آن لولهٔ گرده تشکیل می‌شود. لولهٔ گرده به درون بافت کلاله و خامه نفوذ می‌کند و همراه با خود، دو زامه را که از تقسیم یاختهٔ زایشی در لولهٔ گرده ایجاد شده‌اند، به سمت تخمک و کیسهٔ رویانی می‌برد (شکل ۹).

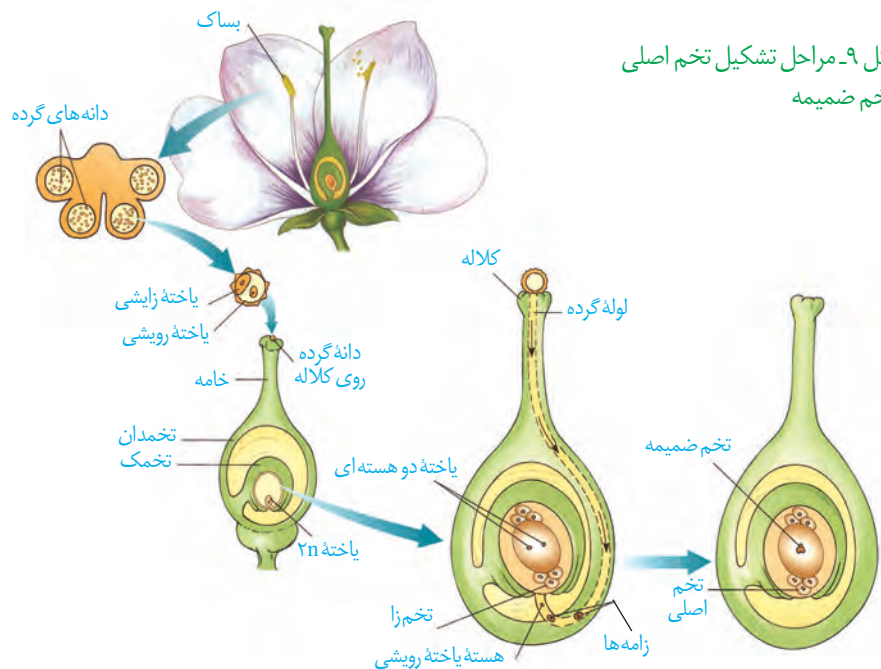
### بیشتر بدانید

#### گرده‌ها

کاروتنوئیدها از ترکیبات دیوارهٔ گرده‌اند؛ به همین علت دانه‌های گرده به رنگ‌های متفاوت زرد، یا نارنجی دیده می‌شوند. دانه‌های گرده به علت داشتن پروتئین و چربی، منبع غذایی جانوران گرده افشان نیز هستند. امروزه یکی از زمینه‌های پژوهشی در دنیای علم، شناسایی ترکیبات دانه‌های گرده و بررسی اثر آنها بر سلامت انسان است.



شکل ۹- مراحل تشکیل تخم اصلی و تخم ضمیمه





## واژه‌شناسی

درون دانه (endosperm/آندوسپرم) endo به معنای درون و sperm به معنی دانه است. بافت ذخیره‌ای درون دانه با این نام خوانده می‌شود که واژه درون دانه با تعریف علمی آن مطابقت دارد.

از آمیزش یکی از زامه‌ها با یاخته تخم‌زا، تخم اصلی تشکیل می‌شود. این تخم به رویان نمو می‌یابد. زامه دیگر با یاخته دو هسته‌ای آمیزش می‌یابد که نتیجه آن تشکیل تخم ضمیمه است. تخم ضمیمه با تقسیم‌های متوالی بافتی به نام درون دانه (آندوسپرم) را ایجاد می‌کند. این بافت از یاخته‌های پارانشیمی ساخته شده و ذخیره غذایی برای رشد رویان است (شکل ۹). همین‌طور که دیدید، دو لقاح رخ می‌دهد، به همین علت گفته می‌شود که نهاندانگان لقاح مضاعف یا دوتایی دارند. اگر هسته تخم ضمیمه تقسیم شود، اما تقسیم سیتوپلاسم انجام نگیرد، بافت درون دانه به صورت مایع دیده می‌شود. شیر نارگیل مثالی از چنین بافتی است. در حالی که بخش گوشتی و سفیدرنگ نارگیل، درون دانه‌ای است که در آن تقسیم سیتوپلاسم نیز انجام شده است (شکل ۱۰).

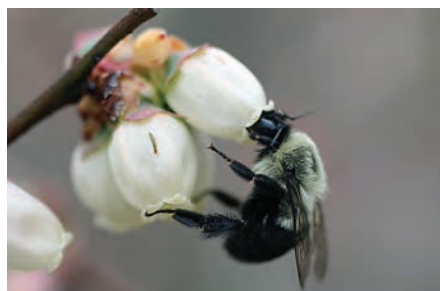


شکل ۱۰- درون دانه در نارگیل به حالت مایع و جامد است

## گل‌ها و گرده افشان‌ها

به نظر شما گل‌ها چه ویژگی‌هایی باید داشته باشند که جانوران را به سمت خود جلب کنند؟ جانورانی که گرده‌ها را از گلی به گل دیگر منتقل می‌کنند، گرده افشان نامیده می‌شوند. بیکر این جانوران، هنگام تغذیه از گل‌ها به دانه‌های گرده آغشته می‌شود و به این ترتیب، دانه‌های گرده را از

شکل ۱۱- گرده افشانی به وسیله جانوران



گلی به گل دیگر منتقل می کنند (شکل ۱۱). رنگ های درخشان، بوهای قوی و شهد گل ها از عوامل جذب جانوران به سمت گل ها هستند.

شکل ۱۳- گل در درخت بلوط که گرده افشانی آن را باد انجام می دهد. چرا تعداد گل در چنین گیاهانی فراوان است؟



زنبورهای عسل گلهایی را گرده افشانی می کنند که شهد آنها قند فراوانی داشته باشد؛ همچنین این گل ها علائمی دارند که فقط در نور فرابنفش دیده می شوند و زنبور را به سوی شهد گل هدایت می کنند (شکل ۱۲).

گرده افشانی بعضی گیاهان وابسته به باد است. این گیاهان تعداد فراوانی گل های کوچک تولید می کنند و فاقد رنگ های درخشان، بوهای قوی و شیره اند (شکل ۱۳).

شکل ۱۲- گل قاصد آن طور که ما می بینیم (الف) آن طور که زنبور می بیند (ب).



(ب)



(الف)

## فعالیت ۵

الف) بعضی گرده افشان ها، مانند خفاش در شب تغذیه می کنند. به نظر شما گل هایی که به وسیله این جانوران گرده افشانی می شوند، چه ویژگی هایی دارند؟ با مراجعه به منابع معتبر درستی نظر خود را بررسی و نتیجه را گزارش کنید.

ب) با توجه به ویژگی گل ها در گیاهانی که با جانوران یا باد گرده افشانی می شوند، نوع گرده افشانی را در گیاهان محیط پیرامون خود پیش بینی و گزارش کنید.

## بیشتر بدانید

### گل های فریب کار!

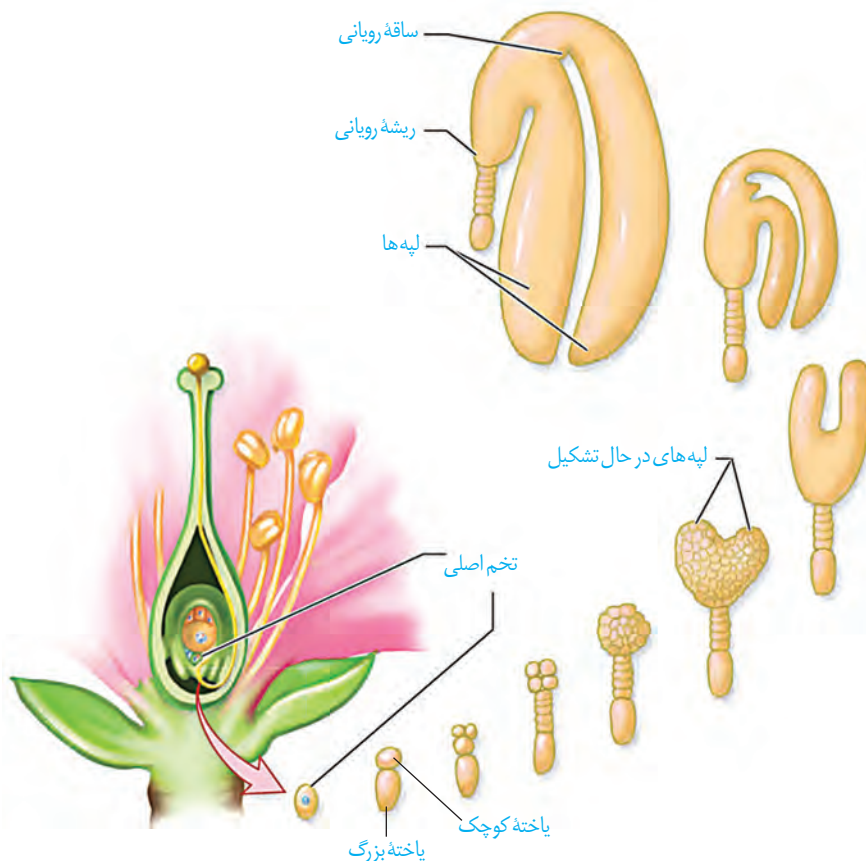
بعضی گل ها حشرات را فریب می دهند. مثلاً گل رافلزیا بوی گوشت گندیده می دهد و مگس ها را به سمت خود می کشاند. مگس ها چیزی گیرشان نمی آید، اما وقتی از روی گل بلند می شوند، گرده های آن را با خود به گل دیگر می برند.



گفتیم که تخم اصلی از لقاح یکی از زامه‌ها با یاخته تخم‌زا تشکیل می‌شود. تخم چه مرحله‌ای را طی می‌کند تا به یک گیاه جدید تبدیل شود؟ تشکیل گیاه جدید از یاخته تخم با ایجاد چه ساختارهایی همراه است؟

### تخم تقسیم می‌شود

رویوان از تقسیم بی‌درپی یاخته تخم تشکیل می‌شود. در نخستین تقسیم تخم، دو یاخته بزرگ و کوچک ایجاد می‌شود (این تقسیم از چه نوعی است؟). از تقسیم یاخته بزرگ، بخشی به وجود می‌آید که ارتباط بین رویوان و گیاه مادر را ایجاد می‌کند. یاخته کوچک منشأ رویوان است. مراحل تشکیل رویوان را در شکل ۱۴ می‌بینید. لپه‌ها بخشی از رویوان اند. ساقه و ریشه رویوانی نیز در دو انتهای رویوان تشکیل می‌شوند. پوسته تخمک نیز تغییر می‌کند و به پوسته دانه تبدیل می‌شود. بنابراین، دانه شامل پوسته، رویوان و ذخیره غذایی است (شکل ۱۴). ذخیره غذایی هنگام رشد رویوان به مصرف می‌رسد. با توجه به شکل، رویوان از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟



شکل ۱۴- تشکیل رویوان در دانه

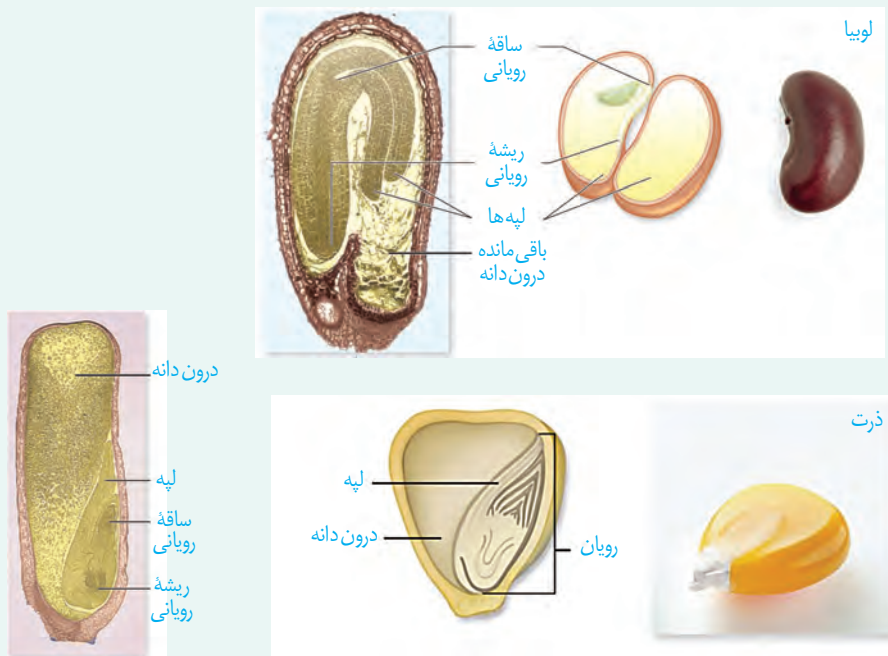


ممکن است درون دانه به عنوان ذخیره دانه باقی بماند، یا اینکه جذب لپه‌ها شود؛ مثلاً درون دانه، ذخیره دانه در ذرت است و نقش لپه، انتقال مواد غذایی از درون دانه به رویان در حال رشد است. در دانه لوبیا مواد غذایی درون دانه جذب لپه‌ها و در آنجا ذخیره می‌شوند، در نتیجه لپه‌ها که بزرگ شده‌اند، بخش ذخیره‌ای دانه را تشکیل می‌دهند. به لپه‌ها **برگ‌های رویانی** نیز می‌گویند؛ زیرا در بسیاری از گیاهان گل‌دار از خاک بیرون می‌آیند و به مدت کوتاهی فتوسنتز می‌کنند.

## فعالیت ۶

الف) دانه‌هایی مانند لوبیا و ذرت را در شرایط مناسب قرار دهید تا رویش یابند. این کار را چگونه انجام می‌دهید؟ با مشاهده دانه‌های در حال رویش، مشخص کنید ابتدا کدام یک از اندام‌های رویشی از دانه خارج می‌شوند. این مشاهده را برای انواعی از دانه‌های دیگر نیز انجام دهید. نتیجه را به صورت یک گزاره بنویسید.

ب) دانه‌های لوبیا و ذرت را در فواصل زمانی دو روزه، بعد از خیس خوردن از وسط نصف و با استفاده از شکل زیر آنچه را می‌بینید، نام‌گذاری کنید.



## رویش دانه

پوسته دانه‌ها معمولاً سخت است. به نظر شما پوسته دانه از چه نوع یاخته‌هایی تشکیل شده است؟ پوسته دانه، رویان را در برابر شرایط نامساعد محیط و صدمه‌های فیزیکی یا شیمیایی حفظ می‌کند و با جلوگیری از ورود آب و اکسیژن به دانه مانع از رشد سریع رویان می‌شود. بعد از تشکیل رویان، رشد آن تا مدتی متوقف می‌شود. رویان در شرایط مناسب رشد خود را از سر می‌گیرد و به صورت گیاهی کوچک که به آن **دانه‌رست** می‌گویند از دانه خارج می‌شود. در این حالت گفته می‌شود که دانه رویش یافته است.

دانه برای رویش به آب، اکسیژن و دمای مناسب نیاز دارد. دانه‌ها با جذب آب متورم می‌شوند و پوسته آنها شکاف برمی‌دارد. در نتیجه اکسیژن کافی به رویان می‌رسد. رویان با استفاده از ذخایر غذایی، رشد و نمو خود را از سر می‌گیرد.

تقسیم سریع یاخته‌های مریستمی به طول ساقه و ریشه می‌افزاید. سه سامانه بافتی نیز در ساقه و ریشه شکل می‌گیرند (آیا سه سامانه بافتی را به یاد دارید؟). در نهان دانگان بر اساس اینکه لپه‌ها درون خاک بمانند یا همراه با ساقه از خاک خارج شوند، به ترتیب **رویش زیر زمینی** و **رویش روزمینی** تعریف شده است (شکل ۱۵).

گیاهان گل دار بعد از مدت زمانی رشد رویشی، یعنی تولید برگ، شاخه و ریشه‌های جدید، گل، میوه و دانه تولید می‌کنند.



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۱۵- الف) رویش دانه ذرت زیرزمینی، ب) رویش دانه لوبیا و پیاز از نوع روزمینی است و پ) باقی مانده دانه پیاز در شکل دیده می‌شود.

### میوه

گفتیم که تخمک‌ها به دانه تبدیل می‌شوند. میوه از رشد و نمو بقیه قسمت‌های گل تشکیل می‌شود. میوه‌ای که از رشد تخمدان ایجاد شده، **میوه حقیقی** نامیده می‌شود (شکل ۱۶)؛ اگر در تشکیل میوه قسمت‌های دیگر گل نقش داشته باشند، **میوه کاذب** است. مانند میوه سیب که حاصل رشد نهنج است.



(ب)



(الف)

شکل ۱۶- الف) میوه درخت هلو حاصل رشد تخمدان و ب) میوه درخت سیب حاصل رشد نهنج است.





میوه سیب

رشد نهج

ریزش گلبرگ‌ها

گرده افشانی

## فعالیت ۷

برچه‌ها را در میوه‌ها نیز می‌توانیم تشخیص دهیم. در شکل زیر تعدادی میوه از عرض برش خورده‌اند. تعدادی میوه را انتخاب و به طور عرضی برش دهید. در کدام میوه فضای تخمدان با دیواره برچه‌ها به طور کامل تقسیم شده است؟



**پراکنش میوه‌ها:** میوه‌ها علاوه بر حفظ دانه‌ها در پراکنش آنها نقش دارند. بعضی میوه‌ها به پیکر جانوران می‌چسبند و با آنها جابه‌جا می‌شوند (شکل ۱۷). باد و آب نیز میوه‌ها و دانه‌ها را جابه‌جا می‌کنند. میوه‌های نارس معمولاً مزه ناخوشایندی دارند. در نتیجه دانه‌های نارس تا زمان رسیدگی میوه از خورده شدن به وسیله جانوران حفظ می‌شوند. از طرفی جانوران با خوردن میوه‌های رسیده، در پراکنش دانه‌ها نقش دارند. پوسته بعضی دانه‌ها چنان سخت و محکم است که حتی در برابر شیربه‌های گوارشی جانوران سالم می‌مانند. رنگ‌های درخشان میوه‌های رسیده جانوران را به خود جذب می‌کنند.

شکل ۱۷. پراکنش میوه‌ها.



شکل زیر انواعی میوه را نشان می‌دهد. ویژگی‌های هر یک از این میوه‌ها را فهرست و براساس این ویژگی‌ها پیش‌بینی کنید که پراکنش آنها با کمک چه عاملی (باد / جانور) انجام می‌شود. با مراجعه به منابع معتبر درستی نظر گروه را بررسی و نتیجه را گزارش کنید.



**میوه‌های بدون دانه:** شاید میوه بدون دانه را به میوه‌ای که دانه دارد، ترجیح دهید. اما چگونه میوه بدون دانه ایجاد می‌شود؟ آیا هر میوه‌ای که به آن بدون دانه می‌گوییم، واقعاً بدون دانه است؟ دانستیم بعد از لقاح تخم‌زا و زامه، دانه از رشد و نمو تخمک ایجاد می‌شود؛ بنابراین اگر لقاح انجام نشود، دانه‌ای نیز تشکیل نخواهد شد. پرتقال‌های بدون دانه به این روش ایجاد می‌شوند. برای تشکیل چنین میوه‌ای به تنظیم‌کننده‌های رشد نیاز داریم که در فصل بعد با آنها آشنا می‌شوید. حال اگر لقاح انجام شود، امارویان قبل از تکمیل مراحل رشد و نمو از بین برود، دانه‌های نارس تشکیل می‌شوند که ریزند و پوسته‌ای نازک دارند. به چنین میوه‌هایی نیز، میوه بدون دانه می‌گویند. موزهای بدون دانه از این نوع‌اند. به نظر شما تشکیل میوه‌های بدون دانه در طبیعت، پدیده‌ای رایج است؟



شکل ۱۸- در بعضی موزها دانه‌های ریز و نارس دیده می‌شوند.

### عمر گیاهان چقدر است؟

طول عمر گونه‌های متفاوت گیاهی فرق می‌کند و ممکن است از چند روز تا چند قرن باشد. معمولاً طول عمر درخت‌ها که مریستم‌پسین دارند از گیاهان علفی (غیر درختی) بیشتر است. گیاهان را بر اساس طول عمر به چندگروه تقسیم می‌کنند.

**گیاهان یک‌ساله:** این گیاهان در مدت یک سال یا کمتر، رشد و تولیدمثل می‌کنند و سپس از بین می‌روند. گیاه گندم و خیار از گیاهان یک‌ساله‌اند (شکل ۱۹- الف).



### بیشتر بدانید

#### درختان کهنسال

در مناطق متفاوت ایران درختان کهنسالی زندگی می کنند که طول عمر بعضی از آنها به هزاران سال هم می رسد. چنار ۱۵۰۰ ساله روستای نصرآباد در اطراف شهرستان تفت از استان یزد و گردوی ۱۴۰۰ ساله در روستای کدوکه از توابع فیروزکوه از این درختان اند.

**گیاهان دو ساله:** این گیاهان در سال اول رشد رویشی دارند و در سال دوم علاوه بر رشد رویشی با تولید گل و دانه رشد زایشی دارند؛ مثلاً گیاهانی مانند شلغم و چغندر قند در سال اول رشد رویشی دارند و مواد حاصل از فتوسنتز در ریشه آنها ذخیره می شوند. در سال دوم ساقه گل دهنده ایجاد می شود و مواد ذخیره شده در ریشه برای تشکیل گل و دانه به مصرف می رسند (شکل ۱۹-ب).

**گیاهان چند ساله:** این گیاهان سال ها به رشد رویشی خود ادامه می دهند. بعضی از آنها هر ساله می توانند گل، دانه و میوه تولید کنند. درخت ها و درختچه ها از گیاهان چند ساله اند که ممکن است حتی تا چند قرن نیز زندگی کنند. گیاهان علفی چندساله نیز وجود دارد. زنبق مثالی از چنین گیاهانی و دارای زمین ساقه است که در خاک باقی می ماند (شکل ۱۹-پ).



(ت)

(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۱۹-الف) خیار، ب) شلغم، پ و ت) زنبق. از رشد جوانه های رویش یافته از زمین ساقه، گیاهان جدیدی ایجاد می شوند.

### بیشتر بدانید

#### انواع میوه

میوه ها در دو گروه کلی آبدار و خشک قرار می گیرند. میوه های آبدار از گوشتی و آبدار شدن بافت های تشکیل دهنده میوه، ایجاد می شوند. مثلاً زردآلو میوه ای آبدار است. در میوه های خشک مانند فندق این اتفاق نمی افتد.



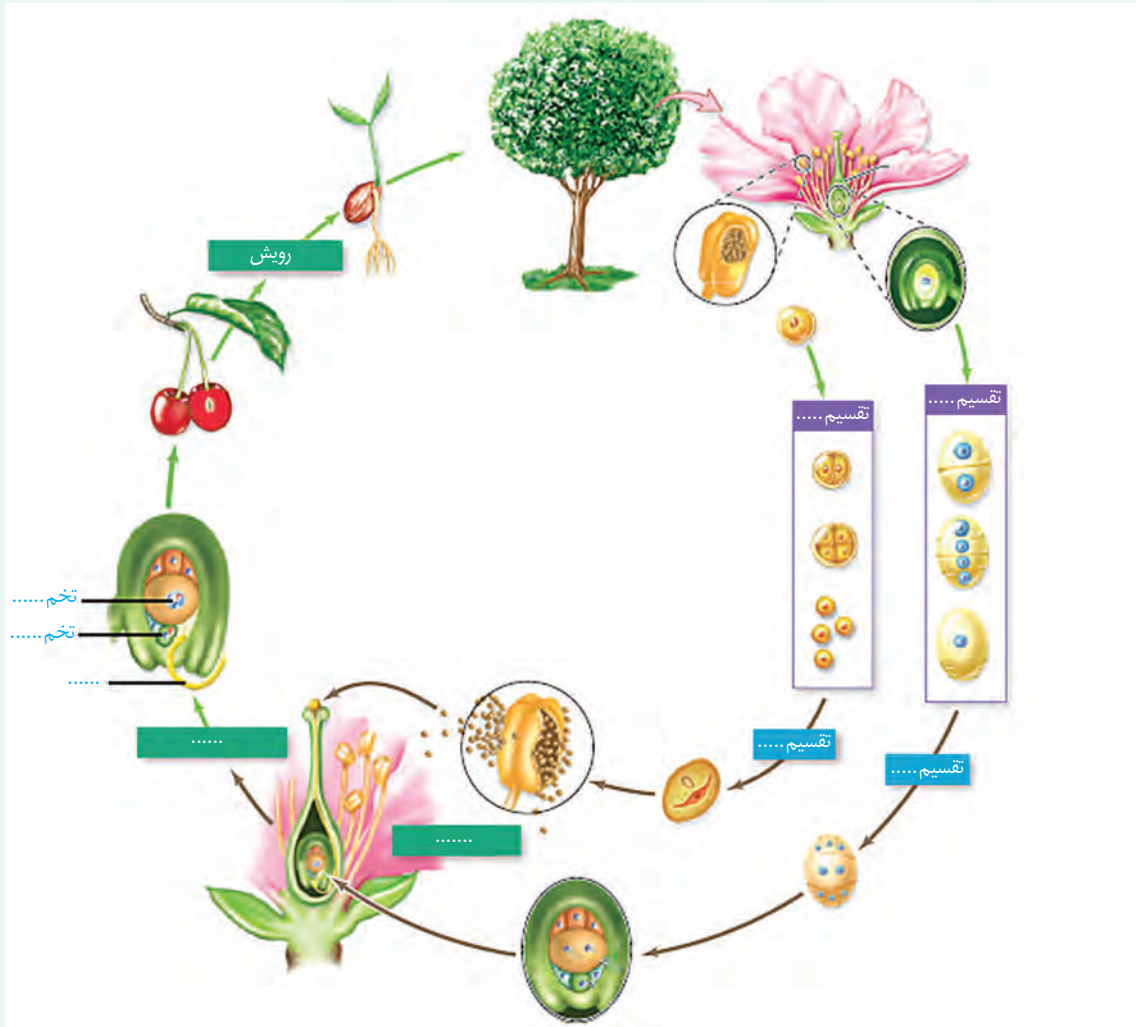
### بیشتر بدانید

#### میوه های مرکب

- آنچه به عنوان میوه توت فرنگی می شناسیم در واقع اجتماعی از میوه های کوچکی است که از رشد برچه های مجزای یک گل ایجاد شده اند. این میوه ها به صورت ذراتی سخت در نهنج آبدار توت فرنگی قرار دارند.
- انجیر تعدادی میوه کوچک است که از رشد مادگی گل های جداگانه ای تشکیل شده است که روی نهنجی مشترک قرار دارند.
- میوه آناناس از آبدار شدن محوری تشکیل شده است که گل ها روی آن قرار دارند.



الف) اکثر گرده افشان ها، حشره اند و گرده افشانی بسیاری از گیاهان کشاورزی و درختان میوه به کمک آنها انجام می شود. درباره عواملی که زندگی حشره های گرده افشان را تهدید می کند، تحقیق و نتیجه را گزارش کنید.  
 ب) شکل زیر چرخه زندگی یک گیاه نهان دانه را نشان می دهد. جاهای خالی را با کلمه های مناسب پر کنید.







## فصل ۹

# پاسخ گیاهان به محرک‌ها

شاید دیده باشید که ساقه به سمت نور و ریشه به سمت زمین رشد می‌کند. گیاهان با تغییر فصل و در نتیجه تغییر دما و طول روز گل می‌دهند، برگ‌های جدید به وجود می‌آورند یا اینکه برگ‌هایشان می‌ریزند. چه عواملی در این پدیده‌ها نقش دارند؟ آیا رشد و نمو گیاهان نیز همانند جانوران تنظیم می‌شود؟

آیا گیاهان به علائمی که از محیط دریافت می‌کنند، پاسخ می‌دهند؟ اگر چنین است، به چه عوامل محیطی واکنش نشان می‌دهند؟



به شکل ۱ نگاه کنید؛ احتمالاً وضعیتی مشابه این شکل را در پیرامون خود دیده‌اید. به نظر شما علت خم شدن گیاه به سمت نور چیست؟ در این حالت چگونه می‌توانیم مانع خم شدن ساقه‌ها شویم؟ آیا طول ساقه در بخش رو به نور با طول ساقه در بخش دور از نور یکسان است؟ خم شدن گیاه به سمت نور، چه تأثیری در ماندگاری گیاه دارد؟

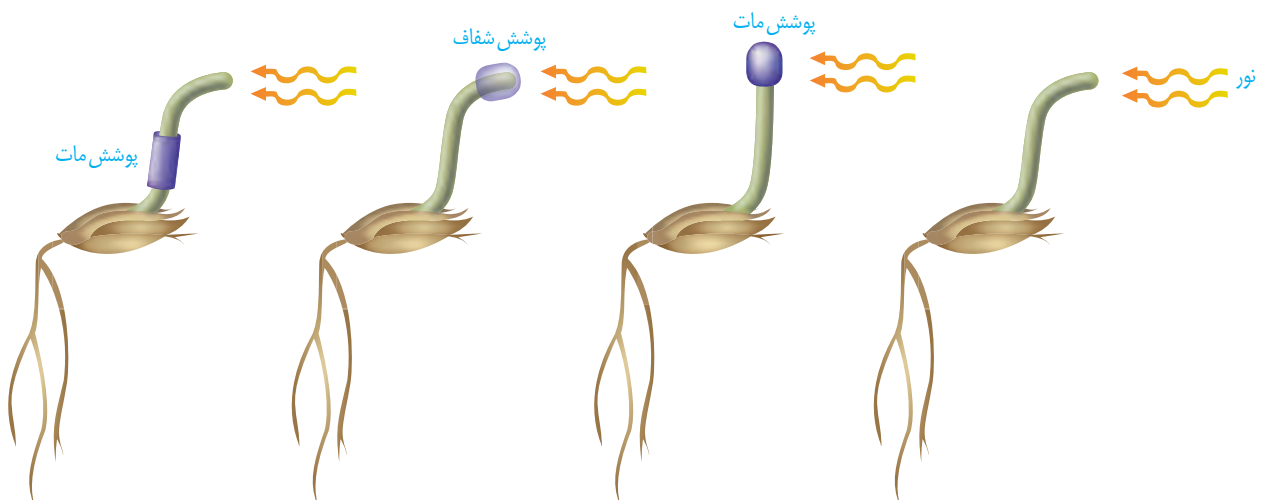


شکل ۱- خم شدن گیاهان به سمت نور.

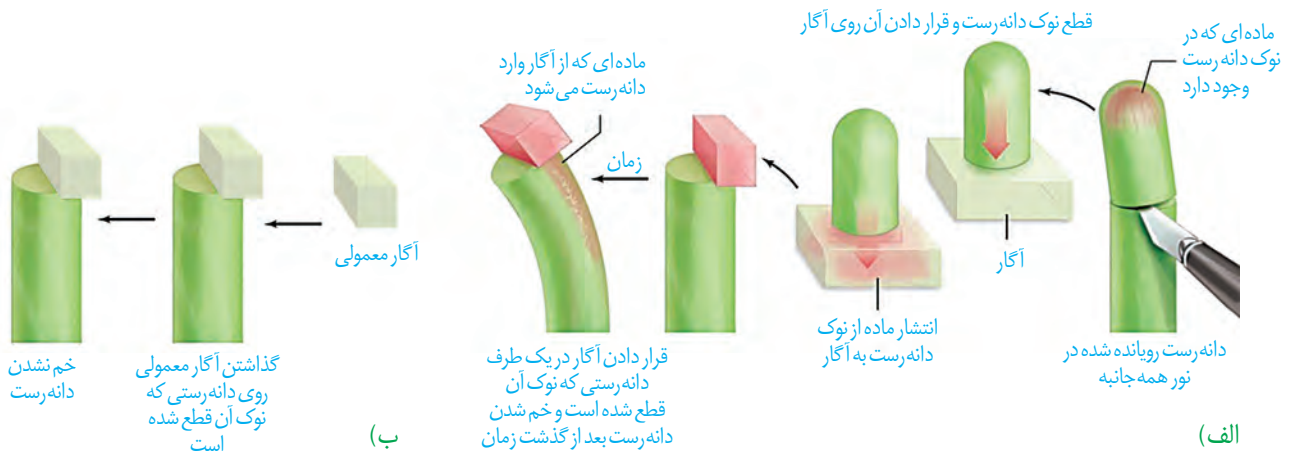
### اولین آزمایش

خم شدن گیاهان به سمت نور پدیده‌ای رایج در طبیعت است. چارلز داروین که به مطالعه پدیده حرکت در گیاهان علاقه‌مند بود، برای بررسی این موضوع، همراه با پسرش آزمایش‌هایی را با استفاده از دانه‌رُست نوعی گیاه از گندمیان، طراحی و اجرا کرد (شکل ۲). آنها دریافتند دانه‌رُست در صورتی به سمت نور یک جانبه (نوری که از یک طرف به گیاه می‌تابد)، خم می‌شود که نوک آن در برابر نور باشد. با توجه به خم شدن دانه‌رُست به سمت نور یک طرفه، به نظر شما کدام یک از سطوح داخلی یا بیرونی آن رشد بیشتری دارد؟

شکل ۲- آزمایش داروین‌ها با دانه‌رُست چمن. دانه‌رُست در نور همه جانبه به طور مستقیم رشد می‌کند.



بعدها محققان دیگری با انجام آزمایش هایی، نشان دادند که عامل خم شدن دانه رُست به سمت نور، ماده ای است که در نوک آن وجود دارد. به شکل ۳ توجه کنید! در این آزمایش، نوک دانه رُستی را که در نور همه جانبه رشد کرده است، بُریده و برای مدتی روی قطعه ای از آگار قرار داده اند. بعد از مدتی این قطعه آگار را روی لبه دانه رُستی قرار می دهند که نوک آن بریده شده؛ همین طور که می بینید دانه رُست خم شده است (شکل ۳- الف)، در حالی که قرار دادن آگار معمولی روی دانه رُست بدون نوک، سبب خم شدن آن نمی شود (شکل ۳- ب).

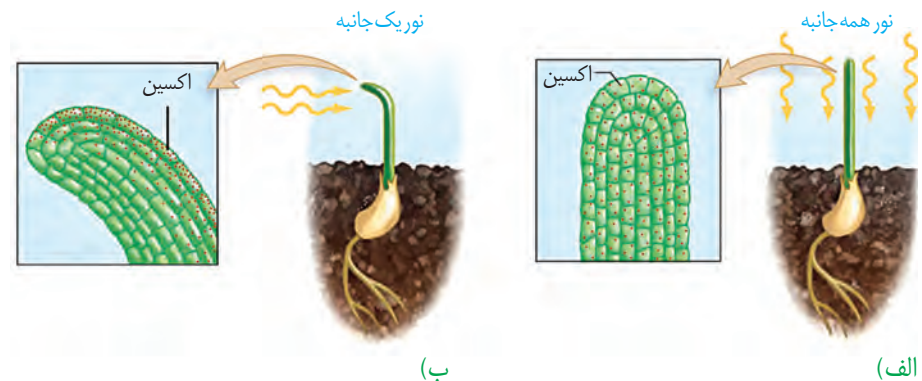


شکل ۳- ماده ای در نوک دانه رُست وجود دارد که عامل خم شدن آن در برابر نور یک جانبه است.

خم شدن دانه رُست به معنای اختلاف اندازه یاخته های دو طرف آن است. مشاهده های میکروسکوپی نیز نشان داد که رشد طولی یاخته ها در سمت سایه بیشتر از یاخته هایی است که در سمت رو به نور قرار دارند. نور یک جانبه باعث جابه جایی این ماده از سمت مقابل نور به سمت سایه (دور از نور) می شود. در نتیجه به علت تجمع این ماده در سمت سایه، رشد طولی یاخته ها در این سمت بیشتر از سمت رو به نور است و در نتیجه دانه رُست خم می شود (شکل ۴). رشد جهت دار اندام های گیاه در پاسخ به نور یک جانبه را **نورگرایی** نامیدند. سرانجام ترکیب شیمیایی این ماده شناسایی و **اکسین**، به معنای «رشد کردن» نامیده شد. پژوهش های بیشتر نشان داد که انواعی از ترکیبات مشابه اکسین در گیاهان متفاوت ساخته می شوند که اثرات مشابه دارند؛ بنابراین، نام اکسین ها را به این گروه از ترکیبات دادند.

### بیشتر بدانید

آگار ترکیبی است که از جلبک های قرمز به دست می آید و در ترکیب با آب، زله ایجاد می کند. از آگار در صنایع غذایی، دارویی، کشت بافت و یاخته و بسیاری صنایع دیگر استفاده می شود.



شکل ۴- تابش نور سبب تجمع اکسین در سمت سایه می شود.



## بیشتر بدانید

### کاربرد اکسین

دانه‌های در حال نمو اکسین تولید می‌کنند؛ بنابراین، در رشد میوه و درشت شدن آن نقش دارند. بعضی گوجه‌فرنگی‌های گلخانه‌ای، دانه‌های فراوانی تولید نمی‌کنند. در نتیجه میوه رشد چندانی ندارد. به همین علت با افشانه کردن اکسین روی گوجه‌فرنگی‌ها، رشد مطلوب را در آنها ایجاد می‌کنند.

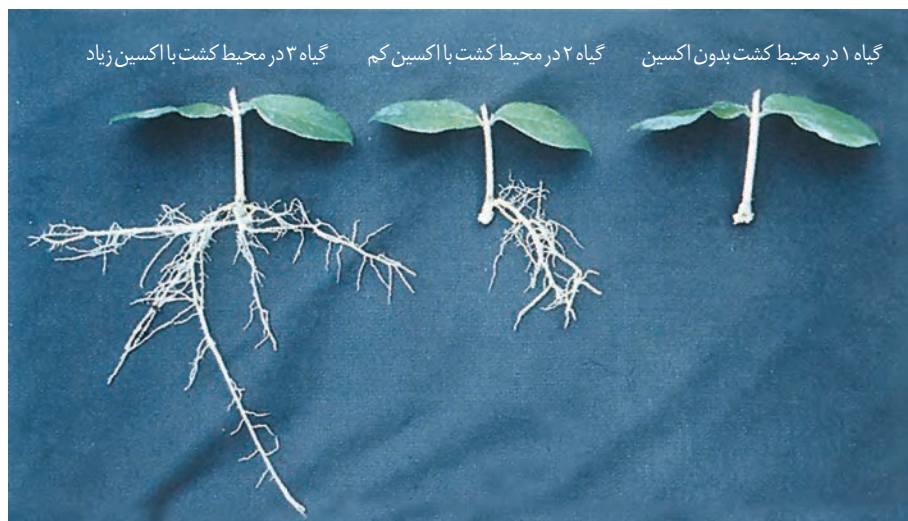
کشف اکسین سرآغازی برای شناسایی ترکیبات دیگری بود که رشد و فعالیت‌های گیاهان را تنظیم می‌کنند. این ترکیبات را **تنظیم‌کننده‌های رشد** یا **هورمون‌های گیاهی** نامیدند. انواعی از تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان تولید می‌شوند. اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، اتیلن و آبسیزیک اسید پنج تنظیم‌کننده رشد هستند که در ادامه با آنها آشنا می‌شوید.

### محرك‌های رشد

اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها در فرایندهای رشد مانند تحریک تقسیم یاخته، رشد طولی یاخته‌ها، ایجاد و حفظ اندام‌ها نقش دارند. گرچه این تنظیم‌کننده‌ها را به عنوان محرک رشد می‌شناسیم؛ اما بر اساس مقدار و محل اثر ممکن است نقش باز دارندگی نیز داشته باشند. در ادامه به عملکرد هر یک از این تنظیم‌کننده‌ها می‌پردازیم.

### اکسین‌ها

اکسین با افزایش رشد طولی یاخته‌ها، سبب افزایش طول ساقه می‌شود. اکسین ریشه‌زایی را تحریک می‌کند؛ بنابراین، برای تکثیر روبشی گیاهان با استفاده از قلمه به کار می‌رود (شکل ۵). اکسین‌ها را برای تشکیل میوه‌های بدون دانه و درشت کردن میوه‌ها نیز به کار می‌برند.



شکل ۵- تأثیر اکسین بر ایجاد ریشه

بعد از کشف ساختار شیمیایی اکسین‌ها، این ترکیبات به‌طور مصنوعی ساخته و پژوهش‌هایی برای شناسایی اثر آنها بر گیاهان انجام شدند. محققان دریافتند که بعضی از این ترکیبات، گیاهان دو لپه‌ای را از بین می‌برند؛ بنابراین، آنها را برای ساختن سموم کشاورزی به منظور از بین بردن گیاهان خودرو در مزارعی مانند مزرعه گندم، به کار بردند. **عامل نارنجی** که مخلوطی از اکسین‌ها بود، چنین اثری داشت. ایالات متحده آمریکا در جنگ با ویتنام به مدت ده سال عامل نارنجی را به کار برد. در نتیجه بخشی از جنگل‌های ویتنام که مخفی‌گاه مبارزان بود و نیز زمین‌های کشاورزی آنها از بین



## بیشتر بدانید

بعضی بر این باورند که نباید واژه هورمون را برای تنظیم کننده های رشد به کار ببریم؛ زیرا معمولاً هورمون در یک محل تولید و بر محلی دیگر تأثیر می گذارد، در حالی که ممکن است محل تولید و تأثیر تنظیم کننده های رشد در گیاهان یکی باشد. همچنین تنظیم کننده های گیاهی در غلظت های متفاوت می توانند یک فرایند را در اندامی مهار یا تحریک کنند. با این حال واژه هورمون گیاهی (Phytohormone) همچنان به کار می رود.

رفت. تولید عامل نارنجی با اتمام این جنگ، ممنوع شد؛ اما چند دهه طول کشید تا جنگل ها احیا شوند. سرطان و تولد نوزادان با نقص های مادرزادی از اثرهای این ماده بود.

## سیتوکینین ها: هورمون جوانی

سیتوکینین ها با تحریک تقسیم یاخته ای و در نتیجه ایجاد یاخته های جدید، پیر شدن اندام های هوایی گیاه را به تأخیر می اندازند. به همین علت با افشانه کردن سیتوکینین روی برگ و گل ها آنها را تازه نگه می دارند. سیتوکینین ها هورمون ساقه زایی نیز نامیده می شوند. به کارگیری این هورمون در کشت بافت، سبب ایجاد ساقه از یاخته های تمایز نیافته می شود.

## شاخه و برگ های بیشتر: برهم کنش دو تنظیم کننده

اگر بخواهید گیاهی پر شاخ و برگ تر داشته باشید، چه کار می کنید؟ احتمالاً سرشاخه ها را که محل جوانه های رأسی (انتهایی) اند، قطع می کنید. همان طور که در شکل ۶-ب می بینید با قطع جوانه رأسی، جوانه های جانبی رشد، و شاخه و برگ جدید ایجاد کرده اند. به اثر بازدارندگی جوانه رأسی بر رشد جوانه های جانبی، چیرگی رأسی می گویند. با قطع جوانه رأسی مقدار سیتوکینین در جوانه های جانبی افزایش و مقدار اکسین آنها کاهش می یابد، در نتیجه جوانه های جانبی رشد می کنند. اگر بعد از قطع جوانه رأسی، در محل برش، اکسین قرار دهیم؛ جوانه های جانبی رشد نمی کنند (شکل ۶-پ). این آزمایش نشان می دهد که اکسین از جوانه رأسی به جوانه های جانبی می رود و مانع از رشد آنها می شود.



شکل ۶- جوانه رأسی مانع از رشد جوانه های جانبی می شود.

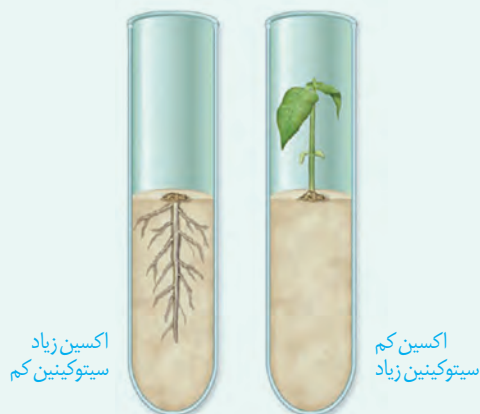
پ) حذف جوانه انتهایی

ب) ایجاد شاخه های جدید

الف) رشد کم جوانه های جانبی

## فعالیت ۱

شکل روبه‌رو تمایز ریشه و ساقه را از یک توده یاخته تمایز نیافته یا همان کال در حضور مقدار متفاوت اکسین و سیتوکینین، در محیط کشت نشان می‌دهد. از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



### جیبرلین‌ها: تلاش برای رفع مشکل

کشف جیبرلین‌ها حاصل تلاش دانشمندان ژاپنی در بررسی نوعی بیماری قارچی بود که دانه‌زست‌های برنج به آن مبتلا می‌شدند. آلودگی دانه‌زست‌ها به قارچ جیبرلا سبب می‌شد تا به سرعت رشد کنند. این دانه‌زست‌ها باریک و دراز بودند و بافت استحکامی کافی نداشتند، در نتیجه خم می‌شدند و روی زمین می‌افتادند. مسلماً چنین بیماری سبب کاهش محصول برنج و در نتیجه زیان‌های فراوان بود. دانشمندان با استخراج و شناسایی ترکیبات به دست آمده از قارچ جیبرلا، توانستند جیبرلین‌ها را شناسایی و معرفی کنند. پس از آن مشخص شد که جیبرلین‌ها در گیاهان نیز تولید می‌شوند و رشد و فعالیت‌های آنها را کنترل می‌کنند. این تنظیم‌کننده‌های رشد در افزایش طول ساقه از طریق تحریک رشد طولی یاخته و تقسیم آن، رشد میوه و رویش دانه‌ها نقش دارند؛ این هورمون گیاهی را برای تولید میوه‌های بدون دانه و درشت کردن میوه‌ها به کار می‌برند (شکل ۷).



ب) درشت شدن میوه

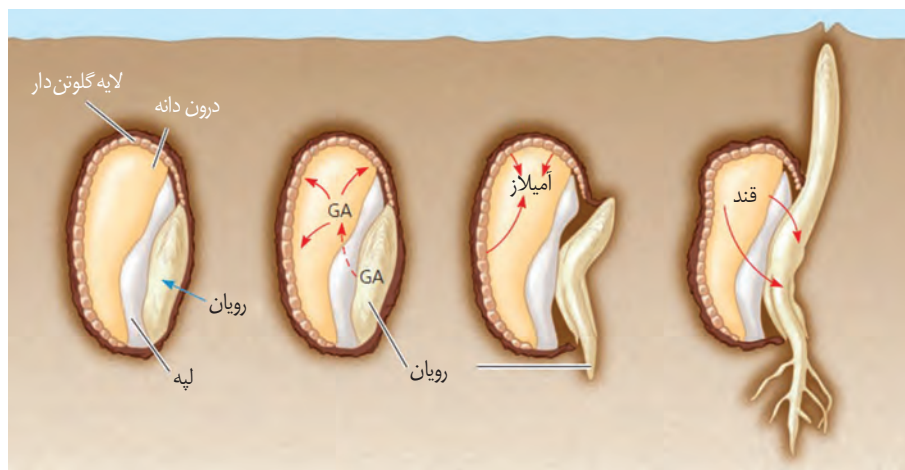


الف) افزایش طول ساقه

شکل ۷- اثر جیبرلین بر گیاهان  
بوته‌ای (الف) و میوه‌ها (ب).

**جیبرلین ها و رویش بذر غلات:** رویان غلات در هنگام رویش دانه، مقدار فراوانی جیبرلین می سازند. این هورمون بر خارجی ترین لایه درون دانه (لایه گلوتن دار) اثر می گذارد و سبب تولید و رهاسدن آنزیم های گوارشی در دانه می شود (شکل ۸). این آنزیم ها دیواره یاخته ها و ذخایر درون دانه را تجزیه می کنند. نشاسته یکی از این ذخایر است که بر اثر آنزیم آمیلاز تجزیه می شود.

شکل ۸- جیبرلین ها در تجزیه ذخایر رویان غلات نقش دارند. GA: جیبرلیک اسید



### بیشتر بدانید

#### نام گذاری نادرست

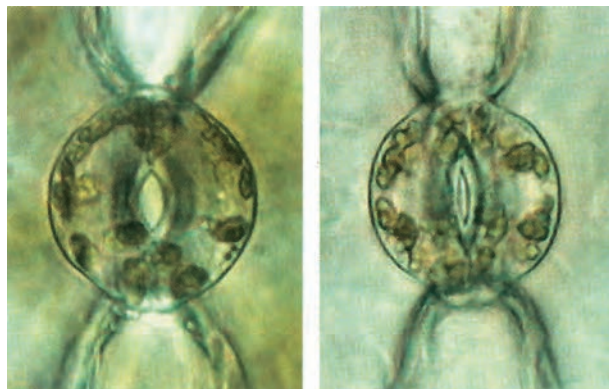
آبسیزیک اسید از واژه Abscission به معنای ریزش گرفته شده است. پژوهشگران ابتدا براین باور بودند که این ماده عامل ریزش برگ هاست. پژوهش های بیشتر نشان داد که این ترکیب نقشی در ریزش برگ ها ندارد؛ اما نام آبسیزیک اسید برای این تنظیم کننده رشد باقی ماند.

### بازدارنده های رشد

آبسیزیک اسید و اتیلن دو تنظیم کننده رشدند که در فرایندهای متفاوتی مانند مقاومت گیاه در شرایط سخت، رسیدگی میوه ها، ریزش برگ و میوه نقش دارند.

### آبسیزیک اسید: مقابله با شرایط نامساعد

فرض کنید محیط رطوبت کافی برای تأمین آب مورد نیاز برای رشد دانه رُست را نداشته باشد. اگر دانه در این شرایط رویش یابد، چه بر سر دانه رُست می آید؟ اگر گیاه در شرایط خشکی قرار گیرد و روزنه ها همچنان باز بمانند چه چیزی رُخ می دهد؟ شرایط نامساعد محیط مانند خشکی، تولید آبسیزیک اسید را در گیاهان تحریک می کند. آبسیزیک اسید سبب بسته شدن روزنه ها و در نتیجه حفظ آب گیاه و همچنین مانع رویش دانه و رشد جوانه ها در شرایط نامساعد می شود. به طور کلی این تنظیم کننده، رشد گیاهان را در پاسخ به شرایط نامساعد، کاهش می دهد (شکل ۹).



روزنه باز

روزنه بسته

شکل ۹- حفظ آب گیاه با بسته شدن روزنه ها.

### اتیلن: رسیدن میوه ها

شاید شما هم شنیده باشید که برای رسیدن میوه های نارس می توانید در پاکت میوه ها، یک سیب یا

## بیشتر بدانید

### تغییر در ژن‌ها

این گل‌های اطلسی در یک زمان چیده شده و به مدت ۱۸ ساعت در محیط اتیلن‌دار قرار گرفته‌اند. همان‌طور که می‌بینید بعضی پژمرده و بعضی همچنان شاداب‌اند. گل‌های شاداب متعلق به گیاهی است که با دستکاری ژنی، نسبت به اتیلن غیرحساس شده‌اند.



شکل ۱۰- گوجه فرنگی‌های هر دو جعبه در یک زمان چیده شده، اما گوجه فرنگی‌های سمت راست، سه روز در محیط اتیلن‌دار بوده‌اند.

موز رسیده قرار دهید. از میوه رسیده چه چیزی خارج می‌شود که باعث رسیدگی میوه‌های نارس می‌شود؟ دانشمندان در پژوهش‌های خود دریافتند که از میوه‌های رسیده اتیلن آزاد می‌شود و مقدار اتیلن با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. اتیلن گازی است که از سوخت‌های فسیلی نیز رها می‌شود. سال‌ها قبل از آنکه دانشمندان بدانند گیاهان اتیلن تولید می‌کنند، معلوم شده بود که اتیلن حاصل از سوخت‌های فسیلی باعث ریزش برگ درختان می‌شود. اتیلن در ریزش میوه نیز نقش دارد. بافت‌های آسیب دیده گیاهان نیز اتیلن تولید می‌کنند. گاهی میوه‌ها را نارس می‌چینند و زمانی که می‌خواهند آنها را در بازار پخش کنند، به مدت مشخصی، در محیط اتیلن‌دار قرار می‌دهند تا رسیده شوند (شکل ۱۰).



## ردپای اتیلن در چیرگی رأسی

دیدید که اکسین، عامل چیرگی رأسی است و مانع رشد جوانه‌های جانبی در حضور جوانه رأسی با انتهایی می‌شود. اکسین جوانه رأسی، تولید اتیلن در جوانه‌های جانبی را تحریک می‌کند و در نتیجه با افزایش اتیلن در جوانه‌های جانبی، رشد آنها متوقف می‌شود.

## ریزش برگ

برگ هنگامی می‌ریزد که ارتباط آن با شاخه قطع شده باشد. با توجه به شناختی که از ساختار یاخته‌ها و بافت‌های گیاهی دارید آیا می‌توانید تغییراتی را که در ساختار برگ رخ می‌دهد، پیش‌بینی کنید؟ اگر بنا باشد که ارتباط برگ با شاخه قطع شود باید یاخته‌ها از هم جدا شوند. مشاهدات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در قاعده دم‌برگ در محل اتصال به شاخه، لایه جداکننده تشکیل می‌شود. یاخته‌ها در این منطقه به علت فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده از هم جدا می‌شوند و به تدریج از بین می‌روند، در

## بیشتر بدانید

### تنظیم‌کننده‌های دیگر

انواع دیگری از ترکیبات تنظیم‌کننده در گیاهان وجود دارد. براسینوستروئیدها، جاسمونات‌ها و سالیسیلیک اسید از این ترکیبات‌اند.

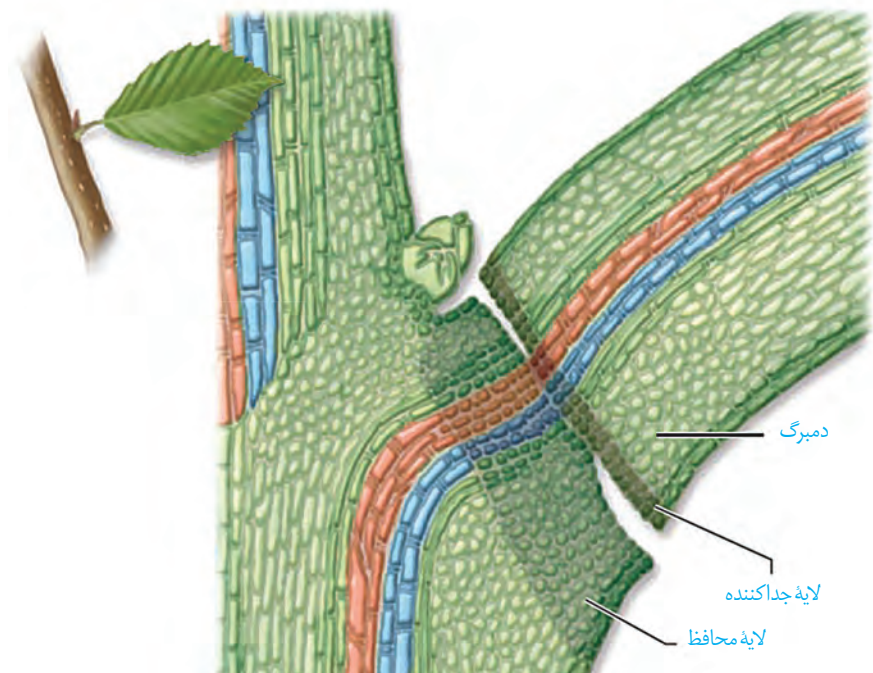


## بیشتر بدانید

### ترکیباتی مشابه هورمون‌های جانوری

ترکیباتی در سویا وجود دارد که شبیه هورمون‌های جنسی‌اند. یکی از آنها ترکیبات شبه استروژنی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سرطان پروستات در کشورهای شرق دور که استفاده فراوانی از فرآورده‌های غذایی سویا (لوبیای روغنی) دارند، کمتر از کشورهای دیگر است. همچنین از فرآورده‌های سویا داروهایی برای کاهش علائم یائسگی ساخته می‌شود.

نتیجه برگ از شاخه جدا می‌شود. با چوب پنبه‌ای شدن یاخته‌هایی از شاخه که در محل اتصال به دمبرگ قرار دارند، لایه محافظی در برابر محیط بیرون ایجاد می‌شود (شکل ۱۱). مشخص شده است که برگ در پاسخ به افزایش نسبت اتیلن به اکسین، آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره را تولید می‌کند.



شکل ۱۱- ریزش برگ با تشکیل لایه جداکننده.

## فعالیت ۲

یکی از دلایل خراب شدن میوه‌ها هنگام ذخیره یا انتقال، تولید اتیلن در آنهاست. برای رفع این مشکل، ترکیباتی به کار می‌برند که با اتصال به گیرنده‌های اتیلن که در یاخته وجود دارند، سبب توقف فرایند رسیدگی می‌شوند. اکنون زیست‌شناسان در تلاش‌اند با تغییر در ژن، گیاهان را نسبت به اتیلن غیر حساس کنند. به نظر شما این ایده برای گیاهان میوه‌دار مناسب است؟ برای پاسخ خود دلیل ارائه دهید.

## فعالیت ۳

با توجه به اینکه فرمول شیمیایی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده است، این ترکیبات به طور مصنوعی ساخته می‌شوند و برای تولید و نگهداری محصولات کشاورزی به کار می‌روند. به نظر شما آیا این ترکیبات می‌توانند سلامت انسان و محیط زیست را تهدید کنند؟

شاید توجه کرده باشید که درختان با کاهش سرما گل می‌دهند، یا اینکه گلبرگ‌های بعضی گیاهان در شب بسته می‌شوند. آیا می‌توانید مثال‌های دیگری نیز دربارهٔ پاسخ گیاهان به شرایط محیطی ارائه دهید؟ در ادامه انواعی از این پاسخ‌ها را بررسی می‌کنیم.

### پاسخ به نور

دیدیم که ساقه به سمت نور یک جنبه خم می‌شود. آیا پاسخ ریشه به نور یک جنبه، همانند ساقه است؟ می‌دانید که نقش نور در گیاهان، حیاتی است؛ اما نور افزون بر نقشی که در فتوسنتز دارد، فرایندهای متفاوتی را در گیاهان تنظیم می‌کند. گل‌دهی یکی از این فرایندهاست که در ادامه به آن می‌پردازیم.

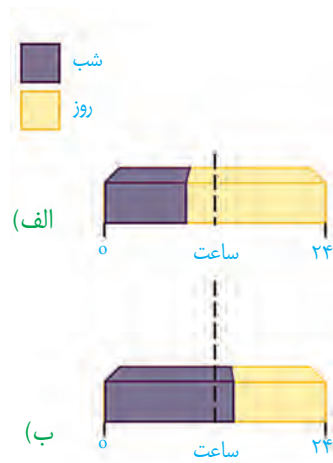
### فعالیت ۴

الف) پیش‌بینی می‌کنید که پاسخ ریشه به نور یک جنبه چه باشد؟  
 ب) برای بررسی درستی پیش‌بینی خود، آزمایشی طراحی کنید.  
 پ) آزمایشی را که طراحی کرده‌اید با چند گیاه انجام و نتیجه را گزارش دهید.

### گل‌دهی در گیاهان

گیاهانی که در محل زندگی خود می‌بینید، در چه فصل یا فصل‌هایی گل می‌دهند؟ چرا بعضی گیاهان در فصلی خاص و بعضی در همهٔ فصل‌ها گل می‌دهند؟ اگر بخواهیم گیاهی را که در تابستان گل می‌دهد، مثلاً در پاییز و آذر به گل‌دهی کنیم، آن را باید در چه شرایطی قرار دهیم؟ گیاه هنگامی گل می‌دهد که مریستم رویشی که در جوانه قرار دارد، به مریستم گل یا زایشی تبدیل شود. این تبدیل به شرایط محیطی مانند دما و طول روز و شب وابسته است. گیاهان را براساس نیاز به نور، برای گل‌دهی در سه دستهٔ **روز کوتاه، روز بلند و بی‌تفاوت** قرار می‌دهند. گیاه داوودی در روزهای کوتاه پاییز گل می‌دهد. در واقع این گیاه برای گل دادن به شب‌های طولانی نیاز دارد و زمانی گل می‌دهد که طول شب از حدی کمتر نباشد. شبدر که در تابستان گل می‌دهد، روز بلند است. این گیاه برای گل دادن به شب‌های کوتاه نیاز دارد و زمانی گل می‌دهد که طول شب از حدی بیشتر نباشد (شکل ۱۲). آگاهی از تأثیر نور بر گل‌دهی به پرورش‌دهندگان گل امکان داد تا با ایجاد شرایط نوری مصنوعی بتوانند در همهٔ فصل‌ها، گل‌هایی با نیازهای نوری متفاوت پرورش دهند.

به هر حال گل دادن بعضی گیاهان وابسته به طول شب و روز نیست. چنین گیاهانی را **بی‌تفاوت** می‌نامند؛ گیاه گوجه فرنگی از این گروه است.



شکل ۱۲- گل دهی در گیاه روز بلند و روز کوتاه.

## فعالیت ۵

با توجه به شکل مقابل و شکل ۱۲-ب

توضیح دهید که شکستن شب با یک

جرعه نوری چه تأثیری بر گل دهی گیاه روز کوتاه دارد.



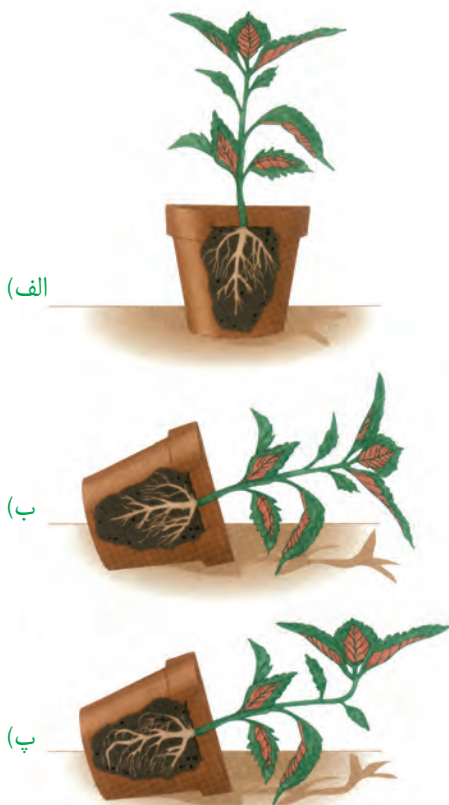
## پاسخ به دما

گیاهان هر دمایی را نمی‌توانند تحمل کنند. مثلاً سرمای شدید می‌تواند مانع از رویش دانه‌ها و جوانه‌ها شود. برگ بعضی درختان با کاهش دما در فصل پاییز می‌ریزد و جوانه‌ها با برگ‌های پولک مانندی حفظ می‌شوند.

دیدیم که گیاهان برای گل دادن نیازهای نوری متفاوتی دارند. بعضی گیاهان برای گل دادن نیاز به گذراندن یک دوره سرما نیز دارند. مثلاً برای نوعی گیاه گندم مشاهده شده است که اگر بذر آن را مرطوب کنیم و در سرما قرار دهیم، دوره رویشی آن کوتاه می‌شود و زودتر گل می‌دهد. کشف این ویژگی در گیاهان، امکان بهره‌برداری از زمین‌هایی را فراهم کرد که اکثر سال با برف و یخ پوشیده شده‌اند.

## پاسخ به گرانش زمین

آیا گرانش زمین بر جهت رشد ساقه و ریشه اثر دارد؟ به شکل ۱۳ نگاه کنید. همان‌طور که می‌بینید ساقه در خلاف جهت گرانش و ریشه در جهت گرانش زمین رشد می‌کند. رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه به گرانش زمین، **زمین‌گرایی** نامیده می‌شود. می‌توانید با طراحی و اجرای آزمایش‌هایی، زمین‌گرایی را در انواعی از دانه‌رست‌ها بررسی کنید.



شکل ۱۳- تأثیر گرانش زمین بر جهت رشد ریشه و ساقه.

## پاسخ به تماس

در شکل ۱۴ مثال هایی از پاسخ گیاهان به تماس را مشاهده می کنید. شاید بعضی گیاهان را دیده باشید که به دور گیاهان دیگر یا یک پایه می پیچند. مثلاً ساقه درخت مو در تماس با درختی دیگر و یا پایه، به دور آن می پیچد. پیچش به علت تفاوت رشد ساقه در بخش قرار گرفته روی تکیه گاه و سمت مقابل آن ایجاد می شود؛ به طوری که رشد یاخته ها در محل تماس کاهش می یابد. ضربه زدن به برگ گیاه حساس، باعث تا شدن برگ می شود. این پاسخ به علت تغییر فشار تورژسانس در یاخته هایی رخ می دهد که در قاعده برگ قرار دارند. برگ تله مانند گیاه گوشتخوار کرک هایی دارد که با برخورد حشره به آنها تحریک و پیام هایی را به راه می اندازند که سبب بسته شدن برگ و در نتیجه به دام افتادن حشره می شود.



(الف)



(ب)

(ب)

شکل ۱۴- الف) پیچش ساقه مو،  
ب) روی هم تا شدن برگچه های  
گیاه حساس،  
پ) بسته شدن برگ گیاه گوشت خوار  
با برخورد حشره.

## پاسخ هایی از جنس دفاع

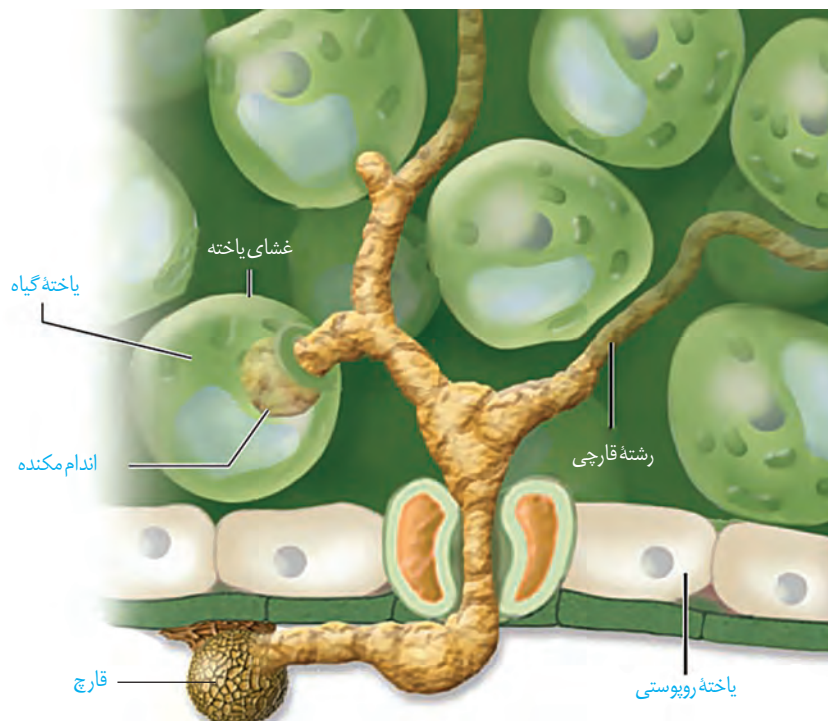
گیاهان در معرض هجوم عوامل بیماری زا و جانوران گیاهخوار قرار دارند. شاید نام بیماری هایی مانند زنگ گندم یا سیاهک گندم را شنیده باشید. این عوامل سبب تخریب محصولات کشاورزی می شوند. به هر حال گیاهان در برابر آنها بی دفاع نیستند. به نظر شما گیاهان چگونه از خود دفاع می کنند؟

## تلاش برای جلوگیری از ورود

می دانید روپوست، خارجی ترین سامانه بافتی در بخش های جوان گیاه است و در بخش های هوایی گیاه با پوستک پوشیده شده است. نقش پوستک را به یاد دارید؟ پوستک تا حدودی مانع از نفوذ عوامل بیماری زا به گیاه می شود. همچنین دیواره یاخته ای محکم است و عبور از آن کار آسانی نیست. وجود ترکیباتی مانند لیگنین یا سیلیس در دیواره به سخت شدن آن و در نتیجه افزایش توان



این سد فیزیکی کمک می‌کند. با این حال عوامل بیماری‌زایی می‌توانند با عبور از منفذ روزنه‌ها یا فضای بین یاخته‌ها از این سد بگذرند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- پوستک، سدی در برابر ورود عوامل بیماری‌زاست.

بافت چوب پنبه نیز در اندام‌های مسن گیاهان، علاوه بر حفظ آب، مانعی در برابر عوامل آسیب‌رسان است.

شکل ۱۶- الف) خارها گیاهان را از خورده شدن به وسیله گیاهخواران حفظ می‌کنند. ب) مواد چسبناک در سطح گیاه که به حشره چسبیده‌اند.

کرک و خار نیز در دفاع از گیاهان نقش دارند (شکل ۱۶). مثلاً حشره‌های کوچک نمی‌توانند روی برگ‌های کرک‌دار به راحتی حرکت کنند؛ همچنین اگر گیاه مواد چسبناک ترشح کند، حرکت حشره دشوارتر و گاه غیرممکن می‌شود.



(ب)



(الف)

بعضی گیاهان در پاسخ به زخم، ترکیباتی ترشح می کنند که در محافظت از آنها نقش دارند. گاه حجم این ترکیبات آن قدر زیاد است که حشره در آن به دام می افتد. با سخت شدن این ترکیبات، سنگواره هایی ایجاد می شود که حشره در آن حفظ شده است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- سنگواره تشکیل شده از ترشحات گیاه و حشره

**دفاع شیمیایی:** گیاهان ترکیباتی تولید می کنند که سبب مرگ یا بیماری گیاه خواران می شوند. ترکیبات سیانید دار از این گروه اند که در تعدادی از گونه های گیاهی ساخته می شوند. سیانید تنفس یاخته ای را متوقف می کند.

آلکالوئیدها در دور کردن گیاهخواران نقش دارند. نیکوتین که از آلکالوئیدهاست، چنین نقشی در گیاه تنباکو دارد.

اگر ترکیباتی که گیاه می سازد، جانور را نکشد، آن را مسموم می کند و جانور از خوردن دوباره آن پرهیز می کند. جالب است که چنین ترکیباتی برای خود گیاه مرگبار نیستند؛ به نظر شما گیاه با چه سازوکاری خود را در برابر این ترکیبات حفظ می کند؟

مشخص شده است که گیاهان سازوکارهای متفاوتی برای جلوگیری از اثر این مواد بر فرایندهای یاخته ای خود دارند. یکی از این سازوکارها تولید ترکیباتی است که در خود گیاه سمی نیستند؛ بلکه در لوله گوارش جانوران تجزیه و به ماده سمی تبدیل می شوند. مثلاً گیاه ترکیب سیانید داری می سازد که تأثیری بر تنفس یاخته ای ندارد؛ اما وقتی جانور گیاه را می خورد، این ترکیب تجزیه و سیانید که سمی است از آن جدا می شود.

### بیشتر بدانید

#### گون سمی

گون ها گیاهانی بوته ای اند و در مراتع می رویند. نوعی گون که به گون سمی مشهور است، ترکیبات آلکالوئیدی دارد که بر دستگاه عصبی تأثیر می گذارد. اگر دام ها از این گیاه تغذیه کنند، سست می شوند و از غذا خوردن باز می مانند.



بعضی گیاهان با تولید موادی که برای گیاهان دیگر سمی اند، از رویش دانه یا رشد گیاهان دیگر در اطراف خود جلوگیری می کنند. به نظر شما این ویژگی چه نقشی در ماندگاری چنین گیاهانی دارد؟

### فعالیت ۶



## مرگ یاخته‌ای

مرگ یاخته‌ای یکی دیگر از پاسخ‌های دفاعی در گیاهان است. فرض کنید نوعی ویروس بیماری‌زا توانسته است به گیاه نفوذ کند. ورود ویروس در گیاه فرایندهایی را به راه می‌اندازد که نتیجه آن، مرگ یاخته‌های آلوده و قطع ارتباط آنها با بافت‌های سالم است. در نتیجه ویروس نمی‌تواند در بافت‌های سالم گیاه تکثیر یابد و گیاه فرصت پیدا می‌کند تا با سازوکارهای دیگری مانند تولید ترکیبات ضد ویروس با آن مقابله کند (شکل ۱۸). در مرگ یاخته‌ای، یاخته به وسیله آنزیم‌های خود گوارش می‌شود. سالیسیلیک اسید که از تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان است در مرگ یاخته‌ای نقش دارد. یاخته گیاهی آلوده، این ترکیب را رها و مرگ یاخته‌ای را القا می‌کند.



## بیشتر بدانید

### گیاه کاساوا

این گیاه بومی آمریکای جنوبی است و پوست ریشه آن سرشار از ترکیب سیانیددار است. این ریشه نشاسته فراوان دارد و یکی از منابع غذایی است. مقدار اندکی ترکیب‌های سیانیددار در مغز دانه زردآلو نیز وجود دارد.



شکل ۱۸- با مرگ یاخته‌ها ارتباط یاخته‌های آلوده با سالم قطع می‌شود.

## جانوران از گیاهان حفاظت می‌کنند

به شکل ۱۹ نگاه کنید! انبوهی از مورچه‌ها به حشره‌ای که قصد خوردن برگ‌های درخت آکاسیا را دارد، هجوم برده‌اند. بعید است که حشره بتواند از حمله‌های مرگبار این مورچه‌ها جان سالم به در برد. دیده شده است که این مورچه‌ها حتی به پستانداران کوچک و گیاهان دارزی نیز حمله می‌کنند. گیاهان دارزی، گیاهانی‌اند که روی درختان رشد می‌کنند. جالب است که گرده‌افشانی درخت

آکاسیا وابسته به زنبورهاست. چه چیزی مانع از حمله مورچه‌ها به زنبورهای گرده‌افشان می‌شود؟ مشخص شده است وقتی گل‌های آکاسیا باز می‌شوند، نوعی ترکیب شیمیایی تولید و منتشر می‌کنند که با فراری دادن مورچه‌ها مانع از حمله آنها به زنبورهای گرده‌افشان می‌شود.



بعضی گیاهان در برابر حمله گیاه خواران، مواد فراری تولید و در هوا پخش می کنند که سبب جلب جانوران دیگر می شود. همین طور که در شکل ۲۰-الف می بینید، نوزاد کرمی شکلی حشره در حال خوردن برگ تنباکو است. از یاخته های آسیب دیده برگ، ترکیب فراری متصاعد می شود که نوعی زنبور وحشی آن را شناسایی می کند. زنبور ماده ای که در آن اطراف زندگی می کند، با ردیابی این مواد، خود را به نوزاد کرمی شکل می رساند و روی آن تخم می گذارد. نوزادان زنبور بعد از خروج از تخم از نوزاد کرمی شکل تغذیه می کنند و در نتیجه آن را می کشند. نتیجه این رویداد کاهش جمعیت حشره آفت است.



شکل ۲۰- چه روابطی بین این سه جاندار وجود دارد؟



ث) زنبور وحشی در حال تخم گذاری روی نوزاد کرمی شکل حشره

### بیشتر بدانید

#### سم در گیاهان

ترکیبی به نام ریسین در پوسته دانه کرچک وجود دارد که از سیانید و سم مار کبری کشنده تر است. روغن کرچک از دانه بدون پوسته گرفته می شود.



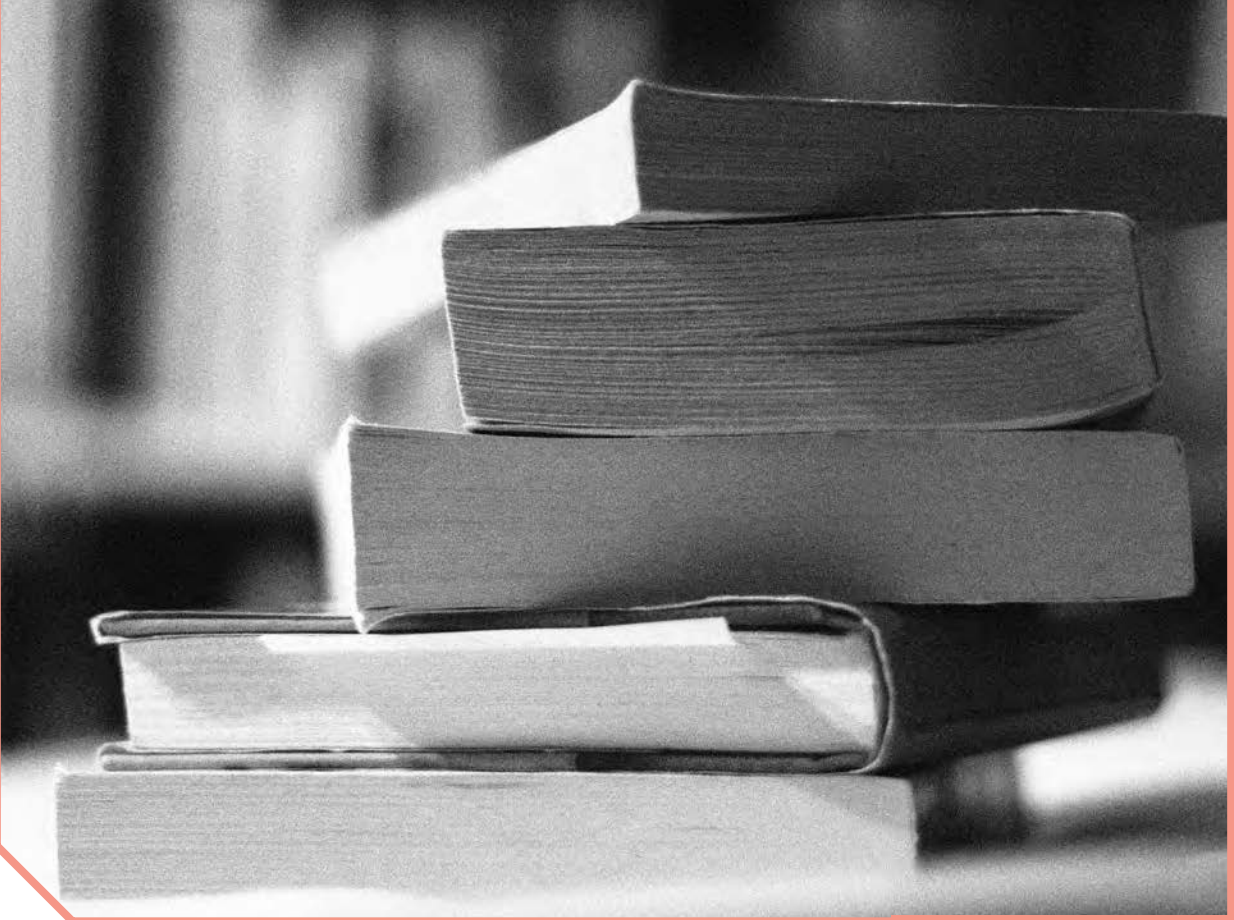
### فعالیت ۷

الف) فردی بر این باور است که امواج صوتی بر رشد و میزان محصول گیاهان تأثیر دارد. آیا شما با این نظر موافق اید؟ برای تأیید یا

ردّ این نظر چه آزمایشی طراحی می کنید؟

ب) نمونه هایی از سازوکارهای دفاعی در گیاهان محل زندگی خود و نیز ارتباط هایی که بین آنها و جانوران وجود دارد گزارش کنید.





## فهرست منابع

- Raven Peter, Mason Kenneth, Losos Jonathan, Singer Susan, Biology, 11th Edition, McGraw-Hill, 2017.
- John E. Hall, Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology , 13th Edition, Elsevier, 2016.
- Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Ra, Keith Roberts, and Peter Walter, Molecular Biology of The Cell ,6th Edition, Garland Science, 2015.
- Neil A.Campbell,Biology A Global Approach,10 th Edition, Pearson Education,2015.
- Abul Abbas Andrew H.Lichtman, Shiv Pillai, Basic Immunology ,Functions and Disorders of the Immune System, 5th Edition, Elsevier, 2015.
- Solomon Eldera ,Berg Linda, Martin Diana, Biology, 10 Th Edition, Thomson, 2015.
- Hoefnagels Marielle, Biology, Concepts and Investigations, 3th Edition, McGraw-Hill, 2015.
- Abul Abbas, Andrew H.Lichtman, Shiv Pillai, Cellular and Molecular Immunology, 8th Edition, Elsevier, 2014.
- L. Mescher, Junqueira's Basic Histology Anthony,13th Edition, Mc GrawHill ,2013.
- Eric P. Widmaier, Vander's Human Physiology, 13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- Cecie Starr, Bilogy Today and Tomorrow with Physiology ,Broks/Cole,Cengage Learning, 4th Edition, 2013.
- Mader Sylvia &Windelspecht Michael, Biology,11Th Edition,McGraw-Hill, 2013.
- Russel Hertz Mcmillan, Biology The Dynamic Science, 2end Edition, Broks/Cole, Cengage Learning, 2011.
- Cleveland P. Hickman, Integrated Principles of Zoology, 14th Edition, M Graw-Hill, 2008.
- Linda Berg, Introductory Botany, Plants, People, and Environment, Thomson Brooks, 2008.



واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی در  
کتاب زیست‌شناسی ۲ پایه یازدهم

واژه به انگلیسی	واژه مصوب	واژه بیگانه	
Axon	آسه	اکسون	فصل ۱
Parasympathetic	پادهم حس	پاراسمپاتیک	
Dendrite	دارینه	دندریت	
Sympathetic	هم حس	سمپاتیک	
Synapse	همایه	سیناپس	
Limbic	کناره‌ای	لیمبیک	
Chiasma	چلیپا	کیاسما	
Thyroid	سپردیس	تیروئید	فصل ۴
Antigen	پادگن	آنتی ژن	فصل ۵
Diapedesis	تراگذری	دی‌اپدز	
Polyploid	چندلاد	پلی‌پلوئید	فصل ۶
Tetrad	چهار تابه	تتراد	
Diploid	دولاد	دیپلوئید	
Centriole	میانک	سانتریول	
Chromatid	فامینک	کروماتید	
Chromatin	فامینه	کروماتین	
Chromosome	فام‌تن	کروموزوم	
Mitosis	رشتمان	میتوز	
Meiosis	کاستمان	میوز	
Nucleosome	هسته‌تن	نوکلئوزوم	
Haploid	تک‌لاد	هاپلوئید	



Acrosome	تازکتن	آکروزوم	فصل ۷
Amnion	درون شامه رویان	آمنیون	
Epididymis	برخاگ	اپیدیدیم	
Spermatocyte	زام یاخته	اسپرماتوسیت	
Spermatogonium	زامه‌زا	اسپرماتوگون	
Spermatid	زام یاختک	اسپرماتید	
Spermatogenesis	زامه‌زایی	اسپرم‌زایی (اسپرماتوژنز)	
Oocyte	مام یاخته	اووسیت	
Oogonium	مامه‌زا	اووگون	
Sonography	صوت‌نگاری	سونوگرافی	
Follicle	انبانک	فولیکول	
Chorion	برون شامه رویان	کورین	
Sperm	زامه	گامت نر (اسپرم)	
Hermaphrodite	نرماده	هرمافرودیت	
Endosperm	درون‌دانه	آندوسپرم	فصل ۸

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

#### کتاب زیست شناسی ۲ - کد ۱۱۱۲۱۶

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	مهران داوری فر	گلستان
۲	مجید بقایی	شهرتهران
۳	مسعود خانمحمدی	آذربایجان شرقی
۴	فهیمه حاجی محمد سمیعی	البرز
۵	غلامرضا زمردی	همدان
۶	ملیحه نظام دوست	خراسان جنوبی
۷	مزگان نظری	کرمانشاه
۸	وحید لطفی	آذربایجان غربی
۹	سکینه طیبی	البرز
۱۰	شیوا خیرجوئی	آذربایجان غربی
۱۱	گیتی بلالی دهکردی	چهارمحال و بختیاری
۱۲	فرانک نصیرپور	آذربایجان شرقی
۱۳	گیتی علیزاده	اصفهان
۱۴	بتول جلیلی	خراسان جنوبی
۱۵	محبوبه فردوسی مکان	خراسان رضوی
۱۶	عفت نخعی سرودانی	کرمان
۱۷	زهرا جزایری	فارس
۱۸	علی مقدم	گیلان
۱۹	ماشالله درویشی	بوشهر
۲۰	منصوره ربیسی دانا	شهر تهران
۲۱	مهناز هجران	شهر تهران

قم	منصوره بیان	۲۲
بوشهر	راضیه دانا	۲۳
فارس	خدابخش بهزادی	۲۴
کرمان	سیدرضا جعفری	۲۵
شهرستان‌های تهران	مهرانوش صفاریور	۲۶
قم	حمیدرضا قلیچ‌خانی	۲۷
آذربایجان شرقی	محسن هادی	۲۸
گیلان	علی صدق‌آمیز	۲۹
ایلام	صفا رشیدی	۳۰
همدان	سکینه حاجی‌ولیئی	۳۱
خراسان شمالی	ناهید منور	۳۲
چهارمحال و بختیاری	مختار حیدری	۳۳
سمنان	الهه صفاریه	۳۴
کردستان	ابوالفضل یاسائی	۳۵
قزوین	مسعود پارسامجد	۳۶
سمنان	فاطمه نبوی‌چاشمی	۳۷
مازندران	قدیر فتاحی‌کیاسری	۳۸
اصفهان	علیرضا شمس‌آبادی	۳۹
کهگیلویه و بویراحمد	مریم ستوده	۴۰
سیستان و بلوچستان	بهمن هرمزی	۴۱
لرستان	غلامحسین ویسکرمی	۴۲
خراسان شمالی	علیرضا حسین‌زاده	۴۳
هرمزگان	فخرالسادات قریشی	۴۴
زنجان	عارفه منظمی	۴۵
اردبیل	ثریا جلیلیان	۴۶
کردستان	ثریا کریمی	۴۷
ایلام	مهناز جابروند	۴۸
کرمانشاه	مهرداد فرخی	۴۹
یزد	مهدیه تقدیسی‌سیار	۵۰
یزد	جعفر پوراکرمی	۵۱
خوزستان	مریم قاسم‌زاده دهکردی	۵۲
خراسان رضوی	علیرضا لطفی	۵۳
مازندران	فاطمه یحیی‌زاده ساروی	۵۴

