

# فهرست

## زیست دهم

- ۱۰ فصل ۱: زیست‌شناسی دیروز، امروز و فردا
- ۱۳ فصل ۲: گوارش و جذب مواد
- ۳۳ فصل ۳: تبادلات گازی
- ۵۳ فصل ۴: گردش مواد در بدن
- ۷۳ فصل ۵: تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد
- ۸۶ فصل ۶: از یاخته تا گیاه
- ۱۰۰ فصل ۷: جذب و انتقال مواد در گیاهان

## زیست یازدهم

- ۱۱۲ فصل ۱: تنظیم عصبی
- ۱۳۱ فصل ۲: حواس
- ۱۵۲ فصل ۳: دستگاه حرکتی
- ۱۶۵ فصل ۴: تنظیم شیمیایی
- ۱۷۶ فصل ۵: ایمنی
- ۱۸۹ فصل ۶: تقسیم یاخته
- ۲۰۳ فصل ۷: تولیدمثل
- ۲۲۱ فصل ۸: تولیدمثل نهان‌دانگان
- ۲۳۶ فصل ۹: پاسخ گیاهان به محرک‌ها

## زیست دوازدهم

- ۲۴۹ فصل ۱: مولکول‌های اطلاعاتی
- ۲۶۰ فصل ۲: جریان اطلاعات در یاخته
- ۲۷۸ فصل ۳: انتقال اطلاعات در نسل‌ها
- ۲۸۵ فصل ۴: تغییر در اطلاعات وراثتی
- ۲۹۷ فصل ۵: از ماده به انرژی
- ۳۰۷ فصل ۶: از انرژی به ماده
- ۳۱۷ فصل ۷: فناوری‌های نوین زیستی
- ۳۲۹ فصل ۸: رفتارهای جانوران

# تبادلات گازی

فصل ۳



## پیش‌گفتار



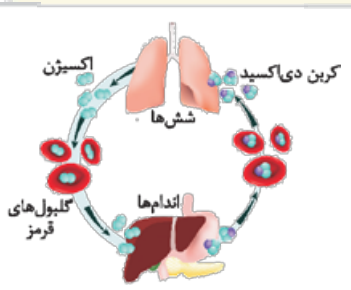
این فصل دربارهٔ نفس‌کشیدن است و این هم تصویر یک قورباغه است که دارد نفس می‌کشد. قورباغه هوا را درون دهانش جمع می‌کند و آن را قورت می‌دهد درون شش‌هایش!

قورباغهٔ بالغ علاوه بر این که از راه شش‌هایش نفس می‌کشد (تنفس ششی)، می‌تواند گازهای تنفسی را از طریق پوستش نیز مبادله کند که در این فصل دربارهٔ آن حرف خواهیم زد!

## ساز و کار دستگاه تنفس در انسان

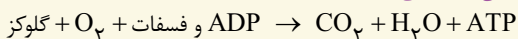
## گفتار ۱

### تبادل گازهای تنفسی بین خون و یاخته‌های اندام‌های بدن و نیز بین خون و شش‌ها



شش‌های ما طی عمل دم و بازدم،  $O_2$  لازم برای بافت‌ها و اندام‌هایمان را فراهم می‌کنند؛ هم‌چنین  $CO_2$  تولیدشده در بافت‌ها و اندام‌ها را دفع می‌کنند. یاخته‌های ما اکسیژن را برای انجام واکنش تنفس یاخته‌ای احتیاج دارند تا بتوانند انرژی مورد نیازشان را تولید کنند.

### واکنش تنفس یاخته‌ای:



پس: ۱) شش‌ها، محل جذب  $O_2$  از هوا و ورود آن به خون و دفع  $CO_2$  هستند. ۲) بافت‌ها و اندام‌ها، محل مصرف  $O_2$  و تولید  $CO_2$  و ورود آن

به خون هستند. ۳) دستگاه گردش خون، خون تیره (حاوی اکسیژن کم و کربن دی‌اکسید زیاد) را از اندام‌های بدن جمع‌آوری کرده و به سوی شش‌ها می‌فرستد و خون روشن (حاوی اکسیژن زیاد و کربن دی‌اکسید کم) را از شش‌ها به اندام‌های بدن می‌فرستد. ۴) انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز، باید به انرژی نهفته در مولکول‌های ATP تبدیل و مورد استفاده یاخته قرار گیرد. ۵) تنفس یاخته‌ای در میتوکندری با مصرف  $O_2$  و تولید  $CO_2$  با هدف تبدیل مولکول ADP کم‌انرژی به ATP پرانرژی صورت می‌گیرد.

- ۱) مولکول‌های اکسیژن و کربن دی‌اکسید هرکدام ۲ عدد اتم اکسیژن دارند و کربن دی‌اکسید، فقط یک کربن بیشتر دارد.
- ۲) شش چپ، ۲ لوب دارد و شش راست ۳ تا. شش چپ، کمی کوچک‌تر است و در آن یک فرورفتگی وجود دارد که جایگاه قلب آدم است.
- ۳) نای، در خط میانی بدن قرار دارد و قبل از ورود به شش‌ها به دو شاخه منشعب می‌شود که به آن‌ها نایزه‌های اصلی می‌گوییم.



۴ کبد، دو لوب دارد که لوب سمت راست آن بزرگ‌تر است و لوب چپ در مجاورت معده قرار دارد و لوزالمعده هم در زیر معده و موازی با آن، جا خوش کرده است که قاعدهٔ پهن آن در قوس دوازدهم قرار می‌گیرد.

۵ در یوکاریوت‌ها، فرایند تنفس یاخته‌ای هوازی در سیتوپلاسم و میتوکندری ولی در پروکاریوت‌ها این فرایند در سیتوپلاسم و غشا اتفاق می‌افتد.

**ترکیب با آینه** ۱ مسیر حرکت گازهای تنفسی به همراه خون به صورت زیر است که خیلی خوب باید یادش بگیرید. (بخش‌های آبی‌رنگ دارای خون تیره و بخش‌های قرمز حاوی خون روشن است).

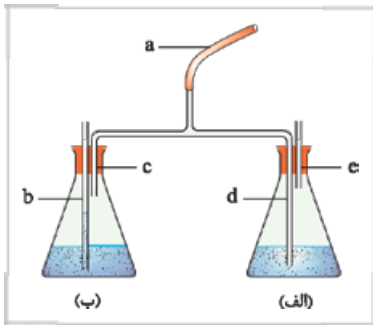


۲ خون تیره از اندام‌ها جمع‌آوری شده و به دهلیز راست قلب تخلیه شده و سپس به شش‌ها فرستاده می‌شود. در حالی که خون روشن از شش‌ها به دهلیز چپ قلب تخلیه شده و سپس از قلب به سوی اندام‌ها ارسال می‌شود.

### تفاوت هوای دمی با هوای بازدمی

آقا بنارین چه راست برم سر اصل مطلب! این شکل و کلاً این آزمایش می‌خواهد تفاوت بین هوای دمی و بازدمی را نشانمان بدهد و ثابت کند که آقای ارسطو اشتباه فکر می‌کرده که هوای دمی و بازدمی از نظر ترکیب شیمیایی، با هم یکسان هستند!!

به همین منظور دانشمندان یک دستگاه شبیه شکل مقابل ساختند و درون آن معرف  $CO_2$  ریختند. معرف‌های  $CO_2$  موادی هستند که در مجاورت  $CO_2$  تغییر رنگ می‌دهند. کتاب درسی دو معرف را برای مثال آورده است:



معرف	در حالت معمولی	در مجاورت $CO_2$
محلول برم تیمول بلو	آبی‌رنگ	زردرنگ
محلول آب‌آهک	بی‌رنگ	شیری‌رنگ

خب! حالا می‌خواهیم ببینیم که اگر از لولهٔ اصلی (a) دم و بازدم کنیم چه اتفاقی می‌افتد:

**دم:** وقتی عمل دم را انجام دهیم، یعنی هوا را به درون شش‌هایمان بکشیم تا اتفاق خواهد افتاد: ۱ مقداری از مایع وارد لولهٔ d خواهد شد و چون فضای بالای مایع ظرف (الف) بیشتر می‌شود، مقداری هوا هم از لولهٔ e وارد ظرف (الف) خواهد شد. ۲ کمی از هوای ظرف (ب) از طریق لولهٔ c وارد شش‌هایمان می‌شود. پس فشار هوا درون این ظرف کم خواهد شد و مقداری هوا از خارج و از طریق لولهٔ b وارد ظرف (ب) می‌شود و حباب از انتهای این لوله خارج شده و در نتیجه مایع ظرف (ب) قل‌قل می‌کند.

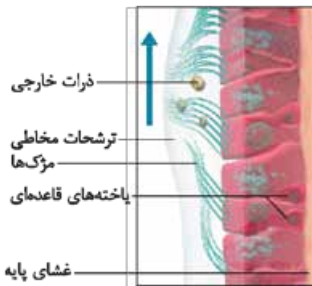
**بازدم:** وقتی عمل بازدم را انجام می‌دهیم، باز تا اتفاق خواهد افتاد: ۱ مقداری هوا از طریق لولهٔ c وارد ظرف (ب) می‌شود و فشار هوای ظرف (ب) بالا خواهد رفت، پس کمی مایع به لولهٔ b وارد می‌شود. ۲ بخش اعظم هوا از لولهٔ d وارد ظرف (الف) می‌شود و باعث درست‌شدن حباب در انتهای این لوله در این ظرف خواهد شد و در ادامه، مقداری هوا باید از لولهٔ e خارج شود.

نکته‌ها

- ۱ مایع ظرف (الف) بیشتر در مجاورت هوای بازدمی ماست و مایع ظرف (ب) هم بیشتر در مجاورت هوای بیرون یا همان هوای دمی است و بعد از انجام این آزمایش خواهید دید که ظرف (الف) بیشتر و سریع‌تر تغییر رنگ می‌دهد، چون مقدار  $CO_2$  در هوای بازدمی بیشتر از هوای دمی است. حواستان باشد که معرف در هر ۲ ظرف، سرانجام تغییر رنگ می‌دهند ولی در ظرف (الف)، بیشتر و سریع‌تر!
- ۲ کمی جلوتر خواهید خواند که در فرایند تنفس، دم عادی یک عمل فعال است ولی بازدم عادی نه! پس می‌توان گفت در زمان عمل فعال تنفسی (دم) در ظرف (ب) و در زمان عمل غیرفعال تنفسی (بازدم)، در ظرف (الف)، حباب درست خواهد شد.
- ۳ **حواستون باشه** هوای دمی و بازدمی ما به‌جز  $O_2$  و  $CO_2$ ، گازهای دیگری نیز دارد، مثل گاز نیتروژن! پس منظور از گازهای تنفسی همان  $O_2$  و  $CO_2$  است.
- ۴ به دلیل  $CO_2$  بیشتر در هوای بازدمی تغییر رنگ محلول‌های برم تیمول بلو و آب آهک در مجاورت هوای بازدمی سریع‌تر رخ می‌دهد.

- ۵ هوای واردشده به طرف‌ها در ظرف (الف) با مایع درون ظرف و در ظرف (ب) با هوای بالای مایع در تماس است.
- ۶ رنگ معرف در هر دو ظرف تغییر می‌کند و از آنجایی که هوای بازدمی به مقدار کم در ظرف (ب) نیز وارد می‌شود مستقیماً وارد مایع نمی‌شود و فقط با سطح فوقانی مایع در تماس است؛ بنابراین تغییر رنگ، کم‌تر و کندتر انجام می‌شود.

## یاخته‌های استوانه‌ای مزگدار در مخاط نای



شکل روبه‌رو، یاخته‌های پوششی استوانه‌ای مزگدار نای را نشان می‌دهد! یاخته‌های مزگدار دستگاه تنفس از بینی (بعد از پوست نازک ابتدای بینی) شروع می‌شود و تا نایژک‌های مبادله‌ای ادامه دارد. راستش را بخواهید این یاخته‌ها خیلی زحمت‌کشی هستند، چون دوتا کار مهم می‌کنند:

۱ **ترشح ماده مخاطی:** یکی از کارهایی که این یاخته‌ها انجام می‌دهند، ترشح یک ماده مخاطی لزج است که نمی‌گذارد ناخالصی‌های هوا و عوامل خارجی و بیماری‌زا به بخش‌های عمیق‌تر نفوذ کنند. از طرفی در این ترشحات مواد ضد میکروبی مثل آنزیم لیزوزیم وجود دارد که حساسی از خجالت باکتری‌ها درآمده و آن‌ها را می‌کشد و سبب مرطوب شدن هوای تنفسی که برای تبادل گازها ضرورت دارد، می‌شود.

۲ **زنش مزگ‌ها:** آقا، حالا گفتیم که مایع مخاطی ماده ضد میکروب دارد، ولی همه میکروب‌ها را نمی‌کشد! اصلاً خیلی از موادی که در مایع مخاطی گیر کرده‌اند، زنده نیستند! مثل گرد و خاک. با آن‌ها چه کنیم؟! مزگ‌ها دوی دردمون هستند. یاخته‌های مخاط دستگاه تنفسی می‌توانند چند مزگ داشته باشند که با حرکت ضربانی این مزگ‌ها، ترشحات مخاطی و ناخالصی‌هایی که به دام افتاده‌اند را به سمت حلق بفرستند. پس مزگ‌هایی که بالاتر از حلق هستند به سمت پایین و مزگ‌هایی که پایین‌تر از حلق هستند هم برعکس، یعنی به سمت بالا زنش می‌کنند. در حلق، این مایع مخاطی می‌تواند از راه دهان و به صورت ارادی دفع شود که دفع آن در معابر عمومی، فیلی کار بدیهه! یا این که به دستگاه گوارش وارد شده تا به وسیله آنزیم‌های شیره معده هضم شود.

نکته‌ها

- ۱ در ساختار مخاط نای ۳ نوع یاخته دیده می‌شود. اولین و فراوان‌ترین نوع آن‌ها، یاخته‌های استوانه‌ای مزگدار هستند که بلافاصله در زیر مزگ‌های آن‌ها، میتوکندری‌های کوچک متعددی وجود دارند که ATP لازم برای انجام زنش مزگ‌ها را فراهم می‌کنند. نوع دوم، یاخته‌های ترشح‌کننده موسین هستند که موسین تولیدی آن‌ها پس از جذب آب، تبدیل به ماده مخاطی می‌شود. نوع سوم، یاخته‌های قاعده‌ای هستند.
- ۲ همه بخش‌های مزگ‌ها، درون مایع مخاطی قرار دارند.



۳ یاخته‌های استوانه‌ای، هم‌اندازه نیستند و اندازه‌های متفاوتی دارند.

۴ این‌طور نیست که تمام یاخته‌های استوانه‌ای لایه مخاط نای، مزک داشته باشند، بلکه برخی از آن‌ها فاقد مزک‌اند!

۵ همه انواع یاخته‌های مخاط نای بر روی غشای پایه قرار دارند ولی تمامی آن‌ها به سطح مجرای تنفسی نرسیده‌اند!

در زیر یاخته‌های پوششی مخاط، غشای پایه وجود دارد که متشکل از شبکه‌ای از رشته‌های

### ترکیب باکشته

پروتئینی و گلیکوپروتئینی است و سلول‌های استوانه‌ای را به بافت زیرین آن‌ها متصل می‌کند.

۱ در افرادی که سیگار می‌کشند، این یاخته‌های مزک‌دار از بین می‌روند. سرفه کردن مکرر

### ترکیب باآینه

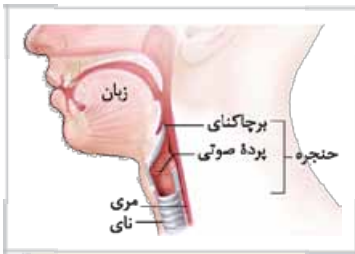
در این افراد راه جایگزین برای خروج مواد خارجی است. ۲ مایع مخاطی به خاطر جلوگیری از نفوذ میکروب‌ها و

هم‌چنین کشتن باکتری‌ها در سد اول دفاع غیراختصاصی نقش دارد. ۳ بچه‌ها! یک وقت فکر نکنید، این یاخته‌ها تنها

یاخته‌های مزک‌دار بدنمان هستند! جایگاه و نقش بعضی از یاخته‌های مزک‌دار بدن به شرح زیر است:

نقش	جایگاه
کمک به شنوایی و تعادل	گیرنده‌های گوش داخلی
کمک به بویایی	گیرنده‌های سقف حفره بینی
فرستادن مایع مخاطی به حلق و کمک به ایمنی بدن	مجاری دستگاه تنفس
اووسیت ثانویه را به سمت رحم حرکت می‌دهد.	لوله فالوپ (زنان)

## حلق و حنجره



در شکل مقابل می‌توانیم ببینیم که برای ورود هوا به بدنمان دو راه وجود

دارد: ۱ دهان و ۲ بینی

هوا بعد از عبور از دهان و بینی (با هر ۲) وارد حلق ما می‌شود. حلق یک چهارراه

از جنس ماهیچه بوده و محل عبور هوا و غذا است که از بالا به بینی و از جلو

به دهان و از پایین هم به نای و مری ختم می‌شود. البته، این چهارراه، ۳ پلیس

هم دارد که همان اپی‌گلوت، بنداره ابتدای مری و زبان کوچک هستند.

۱ حنجره: در ابتدای نای واقع است و در تنفس دو کار مهم انجام می‌دهد:

الف دیواره غضروفی آن: در سمت جلویی و عقب حنجره که مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد.

ب اپی‌گلوت: درپوشی غضروفی که وقتی به سمت پایین می‌رود، می‌تواند مسیر نای را بسته و مانع ورود غذا به مجرای

تنفسی شود.

۲ زبان کوچک: وقتی به بالا می‌رود، راه حفره بینی را می‌بندد.

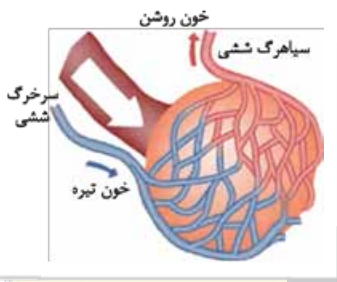
۳ بنداره ابتدای مری: معمولاً منقبض است و مسیر مری را می‌بندد. این بنداره از جنس ماهیچه مخطط با کنترل

غیرارادی (زیرا عمل انعکاسی است!) بوده و شکلش هم که حلقوی است.

بعد از حلق هم که هوا وارد نای و سپس شش‌هایمان می‌شود و بعد از تبادل گاز همین مسیر را برعکس طی می‌کند تا خارج

شود. با بالا رفتن اپی‌گلوت، هوای بازدمی ما از تارهای صوتی عبور می‌کند و تولید صدا کرده و به حرف‌زدن ما کمک می‌کند.

## احاطه شدن حبابک‌ها بامویرگ‌های خونی فراوان



اطراف حبابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان در بر گرفته‌اند که امکان تبادل گازها بین هوا و خون را فراهم کرده و از دو بخش تشکیل شده است:

**الف** بخشی که از سرخرگ‌های ششی منشعب می‌شوند و دارای خون تیره هستند و به شش‌ها آمده‌اند تا  $CO_2$  خود را دفع کنند و  $O_2$  تازه را بگیرند و برای بخش‌های دیگر ببرند.

**ب** وقتی که تبادل گاز صورت گرفت، دیگر خون تیره نداریم و خون ما سرشار از  $O_2$  خواهد شد. این بخش از مویرگ‌ها بعداً به هم می‌پیوندند و سپاهرگ‌های ششی را درست می‌کنند.

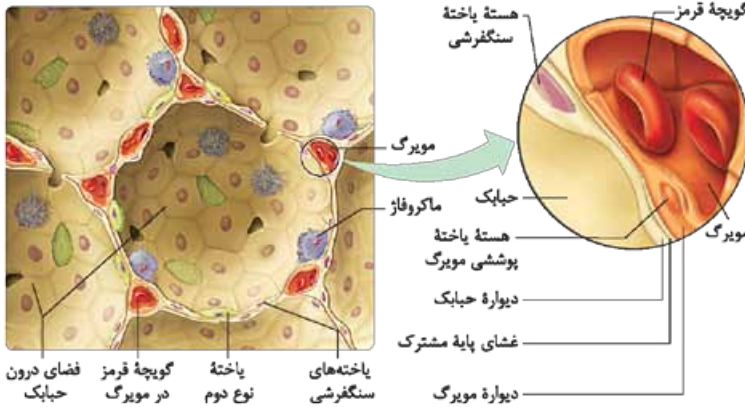
**۱** ورود و خروج گازهای تنفسی به درون حبابک‌ها از طریق یک مجرا است؛ یعنی مجرای هوای حبابک‌ها مثل بقیۀ بخش‌های لوله تنفسی دوطرفه است.

**۲** **حواستون باشه** آقا همیشه سرخرگ‌ها خون روشن و سپاهرگ‌ها خون تیره ندارند! در شش‌ها این مسئله برعکس است؛ یعنی سرخرگ ششی، خون تیره و سپاهرگ‌های ششی، خون روشن دارند.

**۳** با افزایش حجم حبابک‌ها در اثر ورود هوا، سطح تماس مویرگ و حبابک افزایش می‌یابد.

**۴** مویرگ‌های شش‌ها از انواع مویرگ‌های پیوسته هستند.

## انواع یاخته‌های سازنده دیواره حبابک‌ها



اگر به فضای دیواره حبابک‌ها نگاه کنید، سه نوع یاخته می‌بینید که دوتای آن‌ها متعلق به خود دیواره حبابک‌ها است و سومی هم اگرچه ممکن است متصل به دیواره حبابک‌ها باشد ولی جزء یاخته‌های دیواره حبابک به حساب نمی‌آید!

**۱** یاخته‌های نوع اول؛ عمده یاخته‌های حبابک‌ها.

از این نوع هستند، یعنی یاخته‌های پوششی سنگفرشی تک‌لایه! با ظاهری منظم و شکلی شش‌ضلعی؛ کلاً این نوع بافت، **پون می‌ده برای تبارل مواد!** جنس دیواره حبابک‌ها و دیواره مویرگ‌های ما از این نوع بافت (یعنی سنگفرشی تک‌لایه) است.

**۲** یاخته‌های نوع دوم؛ مسئول ترشح سورفاکتانت هستند با ظاهری کشیده و پهن که مابین یاخته‌های نوع اول قرار گرفته‌اند و باعث می‌شوند راحت نفس بکشیم!

**۳** این یاخته‌ها جزء ساختار دیواره حبابک‌ها به حساب نمی‌آیند! این‌ها ماکروفاژهایی هستند که باکتری‌ها و مواد خارجی سمجی که توانسته‌اند از دست ماده مخاطی و مزک‌ها بگذرند را می‌خورند و از بین می‌برند. ماکروفاژها در بافت‌های دیگر هم وجود دارند.

## نکته‌ها

- تعداد یاخته‌های ماکروفاژ از یاخته‌های نوع دوم بیشتر است اما تعداد هیچ کدامشان به گرد پای یاخته‌های سنگفرشی نمی‌رسد!
- مویرگ‌های بین حبابک‌ها می‌توانند بین دو یا چند حبابک قرار بگیرند. یعنی مویرگ‌ها هم‌زمان می‌توانند با چند حبابک تبادل گاز انجام دهند (دقت کنید که در حد فاصل بین چند حبابک، مقطع عرضی یک مویرگ خونی دیده می‌شود).
- تبادل گازها بین مویرگ‌ها و حبابک‌ها با روش انتشار ساده صورت می‌گیرد.
- غشای پایه بین یاخته‌های سنگفرشی تک‌لایه‌ای دیواره حبابک‌ها و مویرگ‌ها در جاهای متعدد، مشترک است؛ به عبارتی دوتا بافت سنگفرشی مجاور هم داریم با یک غشای پایه مشترک بین آن‌ها.
- طبق این شکل، از لحاظ اندازه یاخته: یاخته‌های سنگفرشی < ماکروفاژها < یاخته‌های نوع دوم
- بافت‌های پوششی حبابک‌ها و مویرگ‌ها در سطح زیرین خود، لایه‌ای غیریاخته‌ای به نام غشای پایه دارند که از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی تشکیل شده است.

## تکزیب با گذشته

برای انجام تبادل گازها در حبابک‌هایمان، مرطوب‌بودن هوا ضرورت دارد. ترشحات مخاطی مجاری بخش هادی، این کار را برای ما می‌کنند؛ زیرا گازهای تنفسی باید محلول در آب باشند.

## تکزیب با آینده

۱ از آنجایی که فقط در حبابک‌ها، تبادل گاز صورت می‌گیرد، بنابراین مجموع سطح حبابک‌ها، سطح تنفسی ما را تشکیل می‌دهد. ۲ حواستون باشه دیواره نایزک‌های مبادله‌ای، جزء سطح تنفسی نیستند!

## هموگلوبین

گلبول‌های قرمز ما سرشار از هموگلوبین‌ها هستند که نقش اصلی آن‌ها انتقال گازهای تنفسی است.

الف ساختار: هر هموگلوبین از دو بخش تشکیل شده است:

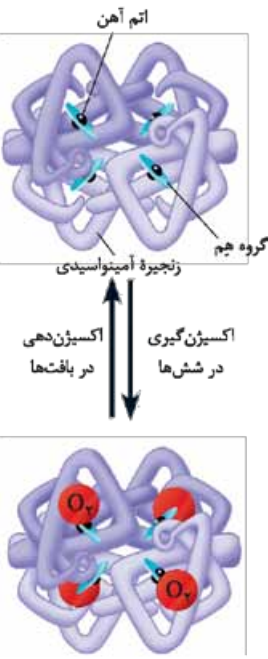
۱ بخش پروتئینی: از ۴ زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده که دوه‌دو شبیه به هم هستند.

۲ بخش غیرپروتئینی (گروه هم): به هر زنجیره آمینواسیدی یک گروه آهن‌دار به نام گروه هم متصل است که می‌تواند به طور برگشت‌پذیر به یک مولکول  $O_2$  (و نه اتم  $O$ ) متصل شود و آن را برای ما حمل کند.

ب عملکرد: هموگلوبین‌ها دوتا نقش خیلی مهم دارند:

۱ جلوگیری از اسیدی شدن خون: می‌توانند با جذب و انتقال یون‌ها در تنظیم pH خون مؤثر باشند ← در گویچه‌های قرمز ما، یک آنزیم به اسم کربنیک انیدراز وجود دارد. این آنزیم مقدار بیشتر  $CO_2$  خون را (حدود ۷۰ درصد) می‌گیرد و با  $H_2O$  ترکیب می‌کند که حاصلش کربنیک اسید ( $H_2CO_3$ ) می‌شود. این اسید خیلی شل و ول است و به سرعت در خون به یون هیدروژن و بی‌کربنات تجزیه می‌شود. یون هیدروژن می‌تواند خون را اسیدی کند. در این‌جا است که هموگلوبین‌ها می‌آیند و با جذب یون هیدروژن ( $H^+$ ) نمی‌گذارند خون اسیدی‌تر از حد طبیعی شود.

۲ انتقال گازهای تنفسی:  $O_2$  به دوروش و  $CO_2$  به سه روش در خون حمل می‌شوند:



الف ۹۷ درصد به وسیله هموگلوبین‌ها (به صورت ترکیب با  $Hb \leftarrow HbO_2$ )

ب ۳ درصد به صورت محلول در خوناب (پلازما) ← در دمای طبیعی بدن ۳۷ درجه

الف ۷۰ درصد به صورت بی‌کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) [توسط کربنیک انیدراز]  
 ب ۲۳ درصد به وسیله هموگلوبین‌ها  
 پ ۷ درصد هم به صورت محلول در خوناب (پلاسما) ← در دمای طبیعی بدن ۳۷ درجه

**نکته‌ها**

- ۱ کربن مونواکسید ( $\text{CO}$ )، مولکول دیگری است که می‌تواند به هموگلوبین متصل شود و جلوی اتصال  $\text{O}_2$  به آن را بگیرد! بنابراین محل اتصال مولکول‌های  $\text{CO}$  و  $\text{O}_2$  به هموگلوبین یکسان است.
- ۲ بیشتر حجم هموگلوبین از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی (دارای آمینواسید) تشکیل شده است.
- ۳ اتصال یا جداسازی اکسیژن و کربن دی‌اکسید بستگی به میزان غلظت آن‌ها در اطراف هموگلوبین دارد.
- ۴ مولکول هموگلوبین در مجموع ۴ گروه هم و یا ۴ اتم آهن دارد و قادر است ۴ مولکول یا ۸ اتم اکسیژن را جابه‌جا کند.
- ۵ مقایسه‌ای بین میزان میل ترکیبی گازها به هموگلوبین:  $\text{CO}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}$
- ۶ گویچه قرمز در انتقال ۹۷٪ از  $\text{O}_2$ ‌ها و ۹۳٪ از  $\text{CO}_2$ ‌ها (۲۳٪ به صورت مستقیم و ۷۰٪ به طور غیرمستقیم) نقش دارد.
- ۷ ۳٪ از  $\text{O}_2$  و ۷۷٪ از  $\text{CO}_2$  (۷٪ به صورت مستقیم و ۷۰٪ به صورت یون بی‌کربنات) به صورت محلول در خوناب منتقل می‌شوند.

**ترکیب با گذشته**

هموگلوبین در کبد توسط ماکروفاژها تجزیه و یک ماده رنگی به اسم بیلی‌روبین تولید می‌کند؛ که موجب رنگ زرد ادرار می‌شود؛ یعنی بیلی‌روبین در کلیه، از گلوامرول به کپسول بومن تراوش می‌شود.

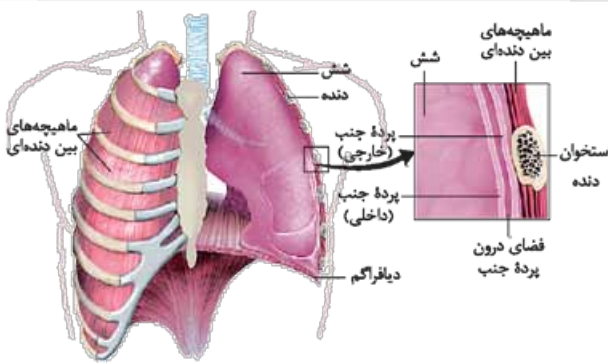
**ترکیب با آینده**

۱ بروز اختلال در کار هموگلوبین‌ها همانند بیماری دیابت، می‌تواند خون را اسیدی کند  
 ← هموگلوبین در هومئوستازی نیز نقش دارد. ۲ گویچه‌های قرمز، میتوکندری (راکیزه) ندارند؛ بنابراین اکسیژن‌های حمل‌شده توسط خود را مصرف نمی‌کنند! در نتیجه، تنفس یاخته‌ای هوازی ندارند و با عمل قندکافت و تخمیر لاکتیکی از مولکول پیرووات، ATP به دست می‌آورند.

**تهویه ششی**

**گفتار ۲**

**شش‌ها و قفسه سینه**



• شش‌های ما درون قفسه سینه و روی پرده مایع‌های دیافراگم قرار داشته و بیشتر حجم آن‌ها را حبابک‌ها به خود اختصاص می‌دهند که باعث می‌شوند شش‌ها شبیه اسفنج شوند! شش‌ها دوتا ویژگی مهم دارند:

۱ پیروی از حرکات قفسه سینه: هر یک از شش‌های ما را یک پرده دولایه فرا گرفته است، که نام آن پرده جنب است. لایه داخلی پرده جنب به سطح شش‌ها و لایه

خارجی آن هم به سطح درونی قفسه سینه متصل شده است. وقتی می‌خواهیم نفس بکشیم، با افزایش و کاهش حجم قفسه سینه، پرده جنب شش‌هایمان را وادار به بزرگ و کوچک شدن می‌کند. با این اتفاق هوا به درون شش‌هایمان می‌رود و از آن خارج می‌شود. درون پرده جنب فضای اندکی است که از مایعی به نام مایع جنب پر شده که فشار آن از فشار جو کم‌تر است و باعث می‌شود شش‌ها در حالت بازدم هم نیمه‌باز باشند.





۲ **کشسانی:** شش‌ها فیلی پفیر و بَر بَرن اند!! و همیشه از این‌که حالت عادی آن‌ها تغییر کند، بدشان می‌آید. برای همین وقتی عمل دم را انجام می‌دهیم و باعث می‌شویم شش‌ها بزرگ شوند، خاصیت کشسانی‌شان باعث می‌شود که دوباره به حالت عادی برگردند. این اتفاق در بازدم هم می‌افتد. یادتان باشد که خاصیت کشسانی در بازدم، نقش خیلی مهمی دارد.

**نکته‌ها** ۱ **حواستون باشه** شش‌های ما مستقیماً به سطح درونی قفسه سینه متصل نیستند! بلکه، به لایه درونی جنب اتصال دارند.

۲ اگر به هر دلیلی فشار منفی بین دو لایه پرده جنب از بین برود، مثلاً اگر خدای نکرده چاقو به درون قفسه سینه آدم فرو رود! شش‌ها خالی از هوا شده، جمع و مُچاله می‌شوند.

۱ ۵ جفت اول با غضروف مستقل، به جناغ متصل می‌شوند.

۲ دنده‌های ۶ و ۷ با غضروف‌هایی مستقل اما به هم چسبیده به جناغ وصل‌اند.

۳ غضروف‌های دنده‌های ۸، ۹ و ۱۰ به همدیگر پیوسته و پس از چسبیدن به غضروف دنده ۷ به جناغ متصل می‌شوند.

۴ دنده‌های ۱۱ و ۱۲ هم که اصلاً فاقد غضروف‌اند و به جناغ وصل نیستند!

۳ ما در بدنمان ۱۲ جفت دنده داریم که

۴ نای پایین‌تر از جفت دنده اول و پشت استخوان جناغ به دو نایژه اصلی تقسیم می‌شود.

۵ جایگاه قلب آدم باعث می‌شود که شش چپ کمی کوچک‌تر از شش راست باشد.

۶ رأس شش حتی از سطح دنده اول و استخوان جناغ هم بالاتر است!

۷ شش‌ها در سطح جلویی خود با دنده‌ها، غضروف‌های سر دنده‌ها، استخوان جناغ و ماهیچه‌های بین دنده‌ای توسط پرده جنب در تماس‌اند و در طرفین فقط با دنده‌ها و ماهیچه‌های بین دنده‌ای و در سطح عقبی خود با دنده‌ها و ستون مهره‌ها و ماهیچه‌های بین دنده‌ای تماس دارند.

۸ دیافراگم یک پرده از جنس ماهیچه اسکلتی است که در حالت استراحت، گنبدی‌شکل بوده و در دیواره پستی شکم امتداد یافته است و به دنده‌های پایینی و غضروف دنده‌ها و بخش پایینی جناغ و در عقب به ستون مهره‌ها متصل است.

۹ لایه خارجی پرده جنب با جناغ، دنده‌ها و غضروف آن‌ها، ماهیچه‌های بین دنده‌ای، قلب و ستون مهره‌ها در تماس است.

۱۰ کلید اصلی حرکات تنفسی، وجود پرده جنب است که عمدتاً از جنس بافت پیوندی است.

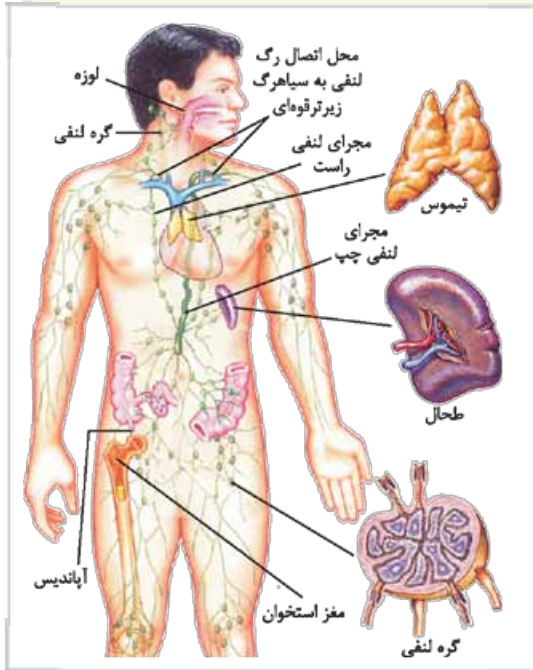
۱۱ جفت دنده اول دارای کوچک‌ترین غضروف است و در مجموع ۷ جفت غضروف با اندازه‌های متفاوت دنده‌ها را به جناغ متصل می‌کنند.

**ترکیب بائینه** ۱ دیافراگم و ماهیچه‌های بین دنده‌ای از نوع ماهیچه‌های ارادی (مخطط) هستند که البته

می‌توانند به طور غیرارادی نیز عمل کنند مثلاً در هنگام خواب و یا انجام برخی انعکاس‌ها. ۲ از میان دیافراگم، بزرگ‌سپاهرگ زیرین، مری، آئورت و مجرای لنفی چپ عبور می‌کنند و از فضای قفسه سینه به فضای شکمی می‌آیند.

۳ بخش میانی استخوان دنده از بافت استخوانی اسفنجی و بخش خارجی آن از بافت استخوانی متراکم ساخته شده است.

## اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون



دستگاه لنفی شامل رگ لنفی، مجاری لنفی، گره لنفی و اندام‌های لنفی می‌باشد که وظایفی از قبیل: تصفیه و بازگردانی آب و مواد دیگری که به فضای میان‌بافتی نشت پیدا کرده و به مویرگ برنمی‌گردند، انتقال چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی جذب‌شده از دیواره روده باریک به خون و تولید، بلوغ و ذخیره لنفوسیت‌ها و دفاع از بدن را بر عهده دارد.

**گره‌های لنفی** در سراسر بدن منتشر شده‌اند، اما در بعضی مناطق فراوان‌ترند؛ از قبیل: اطراف گردن، زیر بغل، بخش بالایی آرنج، حفره شکم، اطراف کولون‌های روده بزرگ، محدوده زانو و کشاله ران.

**اندام‌های لنفی بدن انسان شامل:**

۱ **تیموس:** اندامی است در زیر جناغ و جلوی نای که محل تمایز یافتن گروهی از لنفوسیت‌های نابالغ است.  
 ۲ **طحال:** اندامی لنفی در سمت چپ بدن و در کنار معده که به کمک کبد به پاک‌سازی گویچه‌های پیر یا مرده کمک می‌کند.

۳ **آپاندیس:** متصل به روده کور در سمت راست بدن.

۴ **مغز استخوان:** بخشی از بافت استخوانی اسفنجی که توانایی تولید یاخته‌های خونی را دارد.

۵ **لوزه:** ساختاری مشابه با گره‌های لنفی دارد.

**حواستون‌باشه** اگرچه دستگاه لنفی در مقابله با عوامل بیماری‌زا نقش دارد ولی مویرگ‌های آن با داشتن فضاهای بین یاخته‌های بزرگ، در پخش و گسترش یاخته‌های سرطانی در سراسر بدن نیز مؤثر است!

**۱** مجرای لنفای چپ که به سیاهرگ زیرترقوهای چپ می‌ریزد، از پشت قلب عبور می‌کند و از مجرای لنفی سمت راست، قطورتر است. سیاهرگ‌های زیرترقوهای چون بالای قلب قرار دارند فاقد دریچه‌های لانه کیبوتری‌اند!

**۲** ترکیبات لنف مشابه خوناب است و از طریق بزرگ‌سیاهرگ زیرین به دهلیز راست قلب می‌ریزد.

**۳** تعداد رگ‌های لنفی ورودی به یک گره لنفی، بیشتر از تعداد رگ‌های خروجی می‌باشد.

**۴** در محل ورود و خروج رگ‌های لنفی به گره لنفی، دریچه‌ای جهت یک‌طرفه کردن حرکت لنف وجود دارد.

**۵** تمامی اندام‌های لنفی علاوه بر رگ لنفی، رگ خونی نیز دارند.

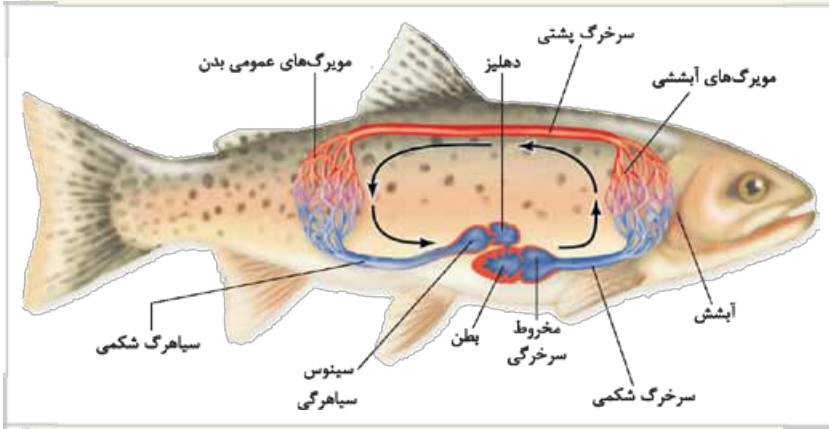
**۶** آپاندیس، کوچک‌ترین اندام لنفی است.

**۷** در همه جای بدن رگ‌های لنفی، لنف را از اندام‌ها خارج می‌کنند و تنها بخشی که لنف وارد آن‌ها می‌شود، گره‌های لنفی و سیاهرگ‌های زیرترقوهای چپ و راست می‌باشند.

**۸** مسیر حرکت لنف در بدن: مویرگ‌های لنفی بن‌بست ← رگ لنفی کوچک ← گره‌های لنفی متعدد در مسیر

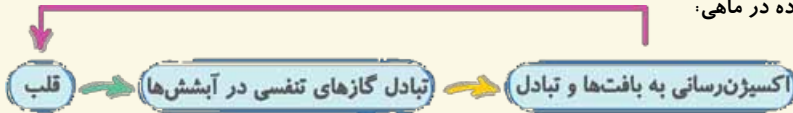
← رگ‌های لنفی قطورتر ← مجرای لنفی ← اتصال به سیاهرگ زیرترقوهای

## گردش خون ماهی



گردش خون در ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان ساده است، یعنی خون در هر بار گردش فقط یک بار از قلب دوحفره‌ای عبور می‌کند. در گردش خون ساده برخلاف گردش خون مضاعف، تصفیه خون و اکسیژن‌رسانی به اندام‌ها پشت سر هم و بدون بازگشت به قلب انجام می‌شود ولی نهایتاً خون به قلب بازمی‌گردد.

گردش خون ساده در ماهی:



۱ ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان جزء مهره‌داران آبی و دارای گردش خون بسته هستند.

۲ قلب ماهی تنها دارای دو حفرهٔ دهلیز و بطن است.

۳ در قلب این جاندار قبل از دهلیز و در محل ورود سیاهرگ شکمی، بخشی به نام سینوس سیاهرگی وجود دارد که خون پیش از ورود به قلب ابتدا به آن وارد می‌شود و آخرین بخش سیاهرگ شکمی بوده و جزء قلب محسوب نمی‌شود!

۴ در محل اتصال سرخرگ شکمی به بطن نیز بخشی به نام مخروط سرخرگی وجود دارد که خون تیره پیش از ورود به سرخرگ شکمی ابتدا به آن وارد می‌شود.

۵ از قلب ماهی فقط خون تیره عبور می‌کند.

۶ در بدن ماهی، بیشترین فشار خون در سرخرگ شکمی است.

۷ در گردش خون ماهی، ۳ دریچه (بین سینوس سیاهرگی و دهلیز، بین دهلیز و بطن و بین بطن و مخروط سرخرگی) وجود دارد.

۸ در ماهی شبکهٔ مویرگی آبشش‌ها، بین دو سرخرگ قرار دارد.

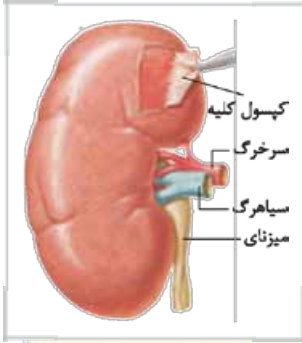
۹ در ماهی، سینوس سیاهرگی بالاتر از مخروط سرخرگی قرار دارد و مخروط سرخرگی، بزرگ‌تر از سینوس سیاهرگی است.

۱۰ در ماهی، سرخرگ پشתי، خون را به سمت جلو (سر و مغز) و عقب (بقیهٔ اندام‌ها) منتقل می‌کند.

۱۱ سرخرگ شکمی و سیاهرگ شکمی هر دو دارای خون تیره هستند.



## کپسول کلیه



علاوه بر دنده‌ها برای حفاظت از کلیه‌ها، دور آن‌ها را یک لایه بافت پیوندی رشته‌ای احاطه کرده است. این پرده مانعی در برابر نفوذ میکروب‌ها به کلیه‌ها است. به این پرده، کپسول کلیه می‌گویند.

**حواستون باشه** سرخرگ کلیه قبل از ورود به کلیه، در محل ناف کلیه به سرخرگ‌های باریک‌تر منشعب می‌شود در حالی که سیاهرگ‌های کوچک کلیه پس از خروج از ناف کلیه و بیرون از آن به هم می‌پیوندند و سیاهرگ کلیه را تشکیل می‌دهند. قطر سیاهرگ کلیه نسبت به قطر سرخرگ آن کمی بیشتر است.

### نکته‌ها

- ۱ کپسول کلیه به سطح بیرونی کلیه چسبیده است و از آن فاصله‌ای ندارد.
- ۲ سرخرگ کلیه نسبت به سیاهرگ آن از محل بالاتری به کلیه وارد می‌شود.
- ۳ محل خروج میزنای، در زیر محل سرخرگ ورودی و سیاهرگ خروجی از کلیه است.
- ۴ رگ‌ها (سرخرگ، سیاهرگ و لنفی)، اعصاب و میزنای با گذر از ناف کلیه ارتباط برقرار می‌کنند.

## ترکیب با گذشته

۱ بافت پیوندی رشته‌ای دارای مقادیر زیادی پروتئین کلاژن و مقادیر اندک رشته‌های ارتجاعی و مادهٔ زمینه‌ای است. ۲ سرخرگ‌ها برخلاف سیاهرگ‌ها بافت ماهیچه‌ای و پیوندی زیادی دارند. ۳ سرخرگ کلیه انشعابی از سرخرگ آئورت است. ۴ سیاهرگ کلیه به بزرگ‌سیاهرگ زیرین تخلیه می‌شود.

## ترکیب با آینده

کپسول کلیه همانند قرنیهٔ چشم از جنس بافت پیوندی رشته‌ای است.

## موقعیت غدد فوق کلیه



یکی از غدد اصلی بدن ما، غدهٔ فوق کلیه است. این غده همان‌طور که از نامش پیدا است، روی کلیه قرار دارد.

**حواستون باشه** ۱ غدهٔ فوق کلیه، جزئی از کلیه نیست! ۲ قطر میزنای از بالا (محل خروجی از ناف کلیه) به سمت پایین (به طرف مثانه) باریک‌تر می‌شود.

## ترکیب با آینده

**بخش قشری:** ترشح‌کردن هورمون‌های کورتیزول و آلدوسترون در تنش‌های طولانی‌مدت و نیز مقدار کمی از هورمون‌های جنسی زنانه و مردانه را در هر دو جنس ترشح می‌کند.

غدهٔ فوق کلیه دارای دو بخش است:

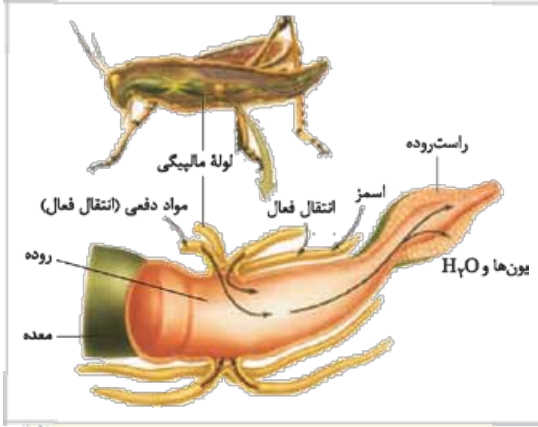
**بخش مرکزی:** ترشح‌کردن هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین در تنش‌های کوتاه‌مدت



## لوله‌های مالپیگی

دفع مواد زائد در حشرات با استفاده از سامانه دفعی متصل به روده یا همان **لوله‌های مالپیگی** با دریافت مواد همولنف انجام می‌شود. این نوع دفع مواد زائد چند مرحله دارد:

۱ ترشح یون پتاسیم و کلر از همولنف به لوله‌های مالپیگی و افزایش غلظت مایع درون این لوله‌ها ۲ ورود آب به لوله‌های مالپیگی طبق قوانین اسمز ۳ ترشح اوریک اسید به لوله‌های مالپیگی ۴ تخلیه محتویات لوله‌ها به روده و بازجذب آب و یون‌ها ۵ دفع اوریک اسید به همراه مواد دفعی دستگاه گوارش

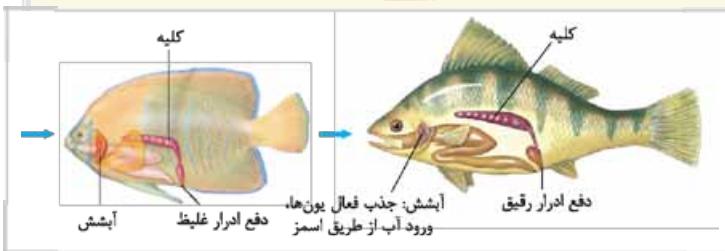


- نکته‌ها**
- ۱ ورود یون‌ها و اوریک اسید به لوله‌های مالپیگی به روش انتقال فعال و با مصرف انرژی (ATP) همراه است.
  - ۲ ورود آب به لوله‌های مالپیگی از طریق اسمز و بدون مصرف ATP صورت می‌گیرد.
  - ۳ محتویات لوله‌های مالپیگی به بخش ابتدایی روده تخلیه می‌شود.
  - ۴ از ۸ لوله مالپیگی موجود در این شکل، ۴ تا آن‌ها در سطح شکمی و ۴ تا دیگر در سطح پشتی قرار دارند.
  - ۵ در راست‌روده ملخ، باخته‌هایی با اندازه‌های متفاوت وجود دارد.
  - ۶ ملخ سه جفت پا دارد و پاهای عقبی ملخ بلندترین پاهای آن است.
  - ۷ لوله‌های مالپیگی ملخ در مجاورت محل اتصال پاهای میانی به بدن ملخ قرار دارند.
  - ۸ لوله‌های مالپیگی، لوله‌هایی با انتهای بسته هستند و از بافت پوششی تک‌لایه ساخته شده‌اند.
  - ۹ لوله‌های مالپیگی حشرات همانند کیسه‌های معدی ملخ، دورتادور لوله گوارش آن‌ها قرار دارند.
  - ۱۰ لوله‌های مالپیگی، غیرمنشعب هستند و هر لوله به صورت مستقل به ابتدای روده باز می‌شود.

**ترکیب با گذشته** ۱ جذب یون‌ها و  $H_2O$  در راست‌روده ملخ صورت می‌گیرد. ۲ لوله‌های مالپیگی عقب‌تر از کیسه‌های معده ملخ قرار دارند.

**ترکیب با آینده** ۱ حشرات طناب عصبی شکمی دارند و مغز آن‌ها از چند گره عصبی به هم جوش خورده تشکیل شده است. ۲ حشرات چشم مرکب دارند.

## تنظیم آب در ماهیان آب شیرین و آب شور



ماهی‌ها از نظر محل زندگی به دو دسته **ماهیان آب شور** (مانند ماهیان غضروفی) و **ماهیان آب شیرین** تقسیم‌بندی می‌شوند. به طور کلی دفع مواد این دو دسته ماهی در مقایسه با هم به صورت جدول صفحه بعد است:

## تورژانس و پلاسمولیز در یاخته‌های گیاهی



تورژانس



پلاسمولیز

یکی از تفاوت‌های بین یاخته‌های گیاهی و جانوری این است که یاخته‌های گیاهی دارای اندامکی به نام **واکوئول** هستند. واکوئول‌ها کارهای متفاوتی انجام می‌دهند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ذخیره آب است.

- ۱ در شرایط پرآبی، آب طبق فرایند اسمز وارد یاخته و بعد از آن وارد واکوئول می‌شود. با ورود آب به داخل، یاخته گیاهی افزایش حجم می‌یابد که به این حالت یاخته، **تورژانس** می‌گویند.
- ۲ **حواستون‌یاشه** با انجام تورژانس، پتانسیل آب یاخته گیاهی افزایش می‌یابد.
- ۳ در شرایط کم‌آبی، آب از واکوئول و یاخته خارج می‌شود. در این حالت، حجم پروتوپلاست کاهش یافته و یاخته به اصطلاح در حالت **پلاسمولیز** قرار می‌گیرد.

نکته‌ها

- ۱ دیواره یاخته گیاهی در تورژانس دچار کشیدگی می‌شود، ولی تخریب و پاره نمی‌شود.
- ۲ در پلاسمولیز اندازه یاخته تغییری نمی‌کند، بلکه حجم پروتوپلاست کاهش می‌یابد.
- ۳ در حالت پلاسمولیز بین غشا و دیواره یاخته‌ای فاصله ایجاد می‌شود.
- ۴ در تورژانس، واکوئول‌ها حجیم و پرآب‌اند و سبب می‌شوند که پروتوپلاست به دیواره بچسبد و به آن فشار آورد.

یاخته‌ای که در حال دریافت آب از محیط است، دارای **فشار اسمزی زیاد** و پتانسیل آب

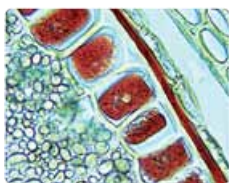
**تکریب با گذشته**

کم است و برعکس!

اساس باز و بسته شدن منفذ روزنه‌های هوایی گیاهان، انجام فرایندهای **پلاسمولیز** و **تورژانس** در

**تکریب با آینده**

یاخته‌های نگهبان روزنه است.



## ذخیره گلوکن در واکوئول یاخته‌ها

- اگر یادتان باشد گفتیم که واکوئول (کریچه)ها توانایی ذخیره پروتئین‌ها را هم دارند.
- **گلوکن** یکی از پروتئین‌هایی است که درون واکوئول‌های بذر گندم و جو ذخیره می‌شود.
- گلوکن ذخیره شده در واکوئول‌ها برای رشد و نمو رویان مصرف می‌شود.
- یاخته‌های دارای گلوکن در زیر میکروسکوپ **قهوه‌ای‌رنگ** دیده می‌شوند.

افرادی که **بیماری سلیاک** دارند به گلوکن حساس هستند. در این افراد مصرف گلوکن

**تکریب با گذشته**

می‌تواند باعث تخریب یاخته‌های روده شود. در نتیجه این اتفاق، جذب بسیاری از مواد با اختلال روبه‌رو خواهد شد.

**هورمون جیبرلین** به فراوانی توسط **رویان غلات** در زمان **رویش دانه** ساخته می‌شود؛ این هورمون

**تکریب با آینده**

بر خارجی‌ترین لایه آندوسپرم (لایه گلوکن‌دار) اثر می‌گذارد و باعث تولید و رهاشدن آنزیم‌های گوارشی در دانه می‌شود.

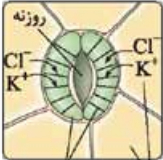
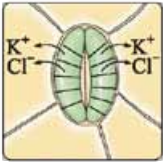


نکته‌ها

- ۱ فشار ریشه‌ای هر چند می‌تواند شیرهٔ خام را به سمت بالا هدایت کند، اما در بیشتر گیاهان نقش کمی در صعود آب و مواد معدنی دارد.
- ۲ یاخته‌های میانبرگ اسفنجی برگ در تماس با فضاهایی قرار دارند که از بخار آب اشباع شده‌اند.
- ۳ مکش تعرقی:
  - در برگ‌ها، نهایتاً منجر به کشیده‌شدن آب از آوندهای چوبی رگبرگ‌ها می‌شود.
  - در ساقه، سبب ورود ستون آب از آوندهای چوبی ساقه به برگ می‌شود.
  - در ریشه، باعث ورود آب از ریشه به ساقه می‌شود.
- ۴ در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود.

## چگونگی بازوبسته‌شدن روزنه‌های هوایی

بخش زیادی از تعرق گیاه از طریق روزنه‌های هوایی برگ انجام می‌شود. روزنه‌های هوایی گیاه توسط یاخته‌هایی به نام نگهبان روزنه و تحت اثر عوامل محیطی و عوامل درونی مثل هورمون‌های گیاهی باز و بسته می‌شوند. این عوامل با تحریک باعث انباشته‌شدن مواد محلول مانند بعضی یونها و ساکارز درون یاخته‌های نگهبان روزنه می‌شوند. با ورود یون‌های  $K^+$  و  $Cl^-$  و ساکارز، پتانسیل آب این یاخته‌ها کاهش پیدا کرده و آب از یاخته‌های مجاور به درون آن‌ها نفوذ می‌کند و این یاخته‌ها دچار تورژسانس می‌شوند. با وقوع تورژسانس در این یاخته‌ها روزنه باز خواهد شد. با از دست دادن آب و پلاسمولیز یاخته‌های نگهبان روزنه، روزنه‌ها بسته خواهند شد. البته ناگفته نماند که دو ویژگی ساختاری یاخته‌های نگهبان به باز و بسته شدن روزنه کمک می‌کند: ۱ آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی موجود در دیوارهٔ آن‌ها ۲ ضخامت بیشتر دیوارهٔ یاخته‌ها در بخش شکمی نسبت به بخش پشتی آن‌ها.



یاخته‌های نگهبان روزنه  
یاخته‌های روپوست

نکته‌ها

- ۱ در طی باز و بسته شدن روزنه‌ها، یون‌هایی مثل  $K^+$  و  $Cl^-$  و همچنین ساکارز جابه‌جا می‌شوند.
- ۲ یاخته‌های نگهبان روزنه، گروهی از یاخته‌های تمایز یافتهٔ روپوستی هستند که به رنگ سبز دیده شده و دارای کلروپلاست بوده و قادر به فتوسنتز هستند.
- ۳ آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش عرضی یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شود.
- ۴ هر روزنه توسط دو یاختهٔ نگهبان روزنه احاطه شده است که دیواره‌های آن‌ها دارای ساختار خاصی هستند و در همهٔ بخش‌ها ضخامت یکسانی ندارند.
- ۵ در پی جلوگیری از انبساط عرضی یاخته‌های نگهبان روزنه توسط رشته‌های شعاعی و انبساط بیشتر دیوارهٔ پشتی، طول دیوارهٔ مشترک بین دو یاخته ثابت می‌ماند و دیوارهٔ شکمی به دلیل ضخامت بیشتر، کمی خم می‌شود.
- ۶ مقدار آب موجود در گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی از جمله عوامل درونی مؤثر در باز و بسته شدن روزنه‌ها هستند.

یاخته‌های نگهبان روزنه تنها یاخته‌های فتوسنتزکنندهٔ روپوست هستند.

ترکیب باکشته

هورمون آبسیزیک اسید که در شرایط نامساعد، تولید آن در گیاهان تحریک می‌شود،

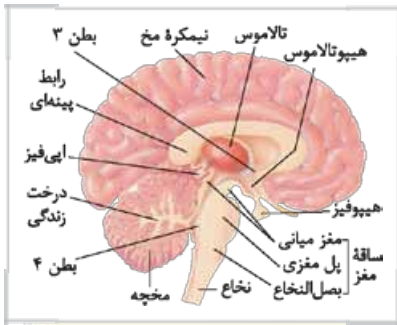
ترکیب باآینه

می‌تواند باعث پلاسمولیز یاخته‌های نگهبان و بسته‌شدن روزنه‌ها شود.

## نکته‌ها

- ۱ لوب پس‌سری و گیجگاهی با مخچه در تماس هستند.
- ۲ مخ از ۷ شیار عمیق و ۸ لوب (چهار لوب در نیمکره راست و چهار لوب در نیمکره چپ) تشکیل شده است.
- ۳ از نمای بالای مغز، لوب گیجگاهی و مخچه قابل مشاهده نیستند، در حالی که از نیمرخ، تمامی لوب‌ها به همراه مخچه دیده می‌شوند.
- ۴ شیار مرکزی در بین لوب‌های پیشانی و آهیانه قرار گرفته است.

## نیمه‌چپ مغز



• خب بچه‌ها با ساختارهای اصلی مغز انسان آشنا شدید. حالا تو این قسمت می‌خواهیم ساختارهای دیگه مغز مثل تالاموس‌ها، هیپوتالاموس، سامانه لیمبیک (کناره‌ای) و هیپوکامپ رو براتون توضیح بدیم، پس برو بریم!

• پل مغزی، بزرگ‌ترین بخش ساقه مغز است که از بالا با مغز میانی، از پشت با مخچه و از پایین با بصل النخاع ارتباط دارد.

• در بخش خاکستری مخچه، خط‌هایی سفیدرنگ (بخش‌هایی از ماده سفید) شبیه به شاخه‌های درخت دیده می‌شوند که درخت زندگی نام دارند.

## نکته‌ها

- ۱ ساقه مغز از بالا با مخ، از عقب با مخچه و از پایین با نخاع سطح تماس دارد.
- ۲ هیپوتالاموس کمی جلوتر از تالاموس و مغز میانی است. تالاموس در بالای مغز میانی و در عقب بطن ۳ قرار دارد و مرکزی‌ترین ساختار مغز را تشکیل می‌دهد.
- ۳ مغز میانی با هیپوتالاموس در ارتباط است.

## ترکیب باکشت

۱ ترشح بزاق به شکل انعکاسی صورت می‌گیرد که محرک‌های آن هم دیدن و بوییدن و فکر کردن به چیزمیزهای خوشمزه است و تحت کنترل یاخته‌های عصبی پل مغزی است که توسط اعصاب پاراسمپاتیک تنظیم می‌شوند. ورود غذا به دهان ← تحریک گیرنده‌های چشایی ← ایجاد پیام عصبی ← انتقال پیام عصبی توسط عصب چشایی ← تحریک مراکز ترشح بزاق در پل مغزی ۲ مرکز عصبی برای تنفس وجود دارد: پل مغزی و بصل النخاع. ۳ مرکز هماهنگی اعصاب خودمختار درون بصل النخاع قرار دارند. ۴ گیرنده‌های اسلمزی حساس به فشار اسلمزی خون در هیپوتالاموس قرار دارند. اگر غلظت مواد حل‌شده در خون از یک حد مشخص فراتر رود، این گیرنده‌ها تحریک شده و در نتیجه این تحریک از یک طرف مرکز تشنگی در هیپوتالاموس فعال می‌شود و از طرف دیگر هورمون ضدادراری از بخش پسین غده هیپوفیز ترشح می‌شود.

## ترکیب باآینه

۱ غدد بزاقی، غدد برون‌ریزند ← فعالیت غیرآگاهانه (غیرارادی) غدد ← کنترل توسط اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک ۲ شاخه تعادلی عصب گوش به سمت مخچه می‌رود. ۳ با ورود میکروب به بدن، بعضی از ترشحات آن از طریق خون به بخشی از هیپوتالاموس می‌رسد و دمای بدن را بالا می‌برد و باعث ایجاد تب می‌شود. ۴ هورمون‌های بخش پسین غده هیپوفیز در هیپوتالاموس تولید می‌شوند. بخش پیشین غده هیپوفیز نیز تحت تنظیم هیپوتالاموس قرار دارد و توسط رگ‌های خونی با آن در ارتباط است. هیپوتالاموس با ترشح هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده، فعالیت هیپوفیز پیشین را کنترل می‌کند.

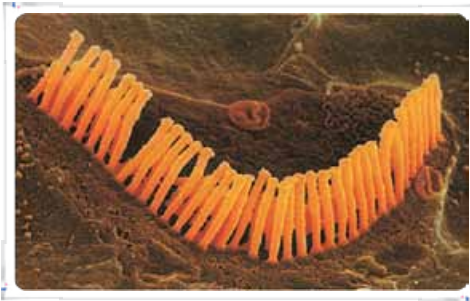


# حواس

فصل ۲



## پیش‌گفتار



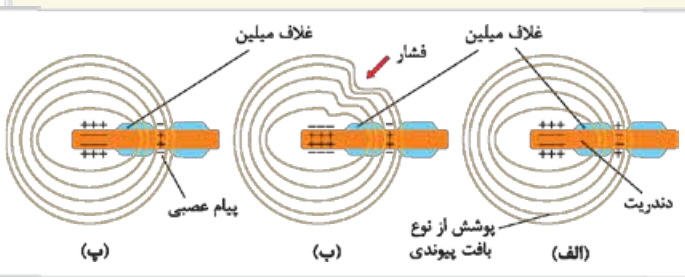
سلام رفقا! این فصل برای من باهال‌ترین فصلی است که «I have ever seen!» امیدوارم برای شما هم همین‌طور باشه! هواستون رو فوب فوب جمع کنید که می‌فوایم فصل هواس رو شروع کنیم!

در تصویر روبه‌رو یک سری از یاخته‌های مزکدار گوشمان را می‌بینید که کمک می‌کنند ما صداها را بشنویم. تازه! در گوش ما یاخته‌هایی وجود دارند که به حفظ تعادل ما کمک می‌کنند. «یه کم دندون رو پیگر بذارید» در ادامه درباره گوش، کلی چیز یاد خواهیم گرفت.

## گیرنده‌های حسی

## گفتار

### ایجاد پیام عصبی به وسیله گیرنده فشار



بچه‌ها، برای این که بتوانیم اثر محرک‌ها را از محیط اطرافمان بگیریم، نیاز به یک سری یاخته به نام گیرنده داریم.

یاخته‌های گیرنده سه نوع هستند:

۱ یک نورون تمایز یافته ←

مانند گیرنده‌های نوری (یاخته‌های استوانه‌ای و مخروطی) در چشم

۲ بخشی از یک نورون حسی (دندریت) ← مانند گیرنده فشار

۳ یاخته گیرنده‌ای که نورون نیست. ← مانند گیرنده چشایی زبان

اگرچه گیرنده‌های حسی انسان گوناگون‌اند ولی آن‌ها را براساس نوع محرکشان به ۵ دسته طبقه‌بندی می‌کنند:

گیرنده‌های ۱. مکانیکی ۲. شیمیایی ۳. دمایی ۴. نوری ۵. درد

شکل بالا بخشی از یک نورون حسی (دندریت) را نشان می‌دهد که برای ما نقش یک گیرنده فشار را بازی می‌کند. حواستان باشد که این دندریت می‌تواند با پوششی انعطاف‌پذیر و چندلایه‌ای از جنس بافت پیوندی پوشیده شده و یا نشده باشد!

هواستون باشه گیرنده فشار، جزء گیرنده‌های مکانیکی و عمقی‌ترین گیرنده حسی در پوست است.



### ◉ مراحل تحریک گیرنده فشار و ایجاد پیام:

**الف** دندریت مذکور را می‌بینید که در حالت عادی و پتانسیل آرامش است. یعنی درونش نسبت به بیرون، منفی‌تر است و هنوز اثر یک محرک به آن وارد نشده است و پتانسیل غشای نورون تغییر نکرده است.

**ب** در این مرحله، یک محرکی آمده و کانال‌های یونی غشای دندریت را باز کرده و پتانسیل الکتریکی غشا تغییر می‌کند. بافت پیوندی اطراف دندریت را تحت فشار قرار داده است. با این اتفاق، دندریت یاخته عصبی، سریع واکنش نشان می‌دهد و کانال‌های یونی غشای دندریت، باز می‌شوند و پتانسیل الکتریکی غشا تغییر می‌کند (درون یاخته نسبت به بیرون مثبت‌تر). بنابراین در آن پیام عصبی ایجاد می‌شود.

**پ** حال که پیام عصبی در دندریت ایجاد شد، دندریت یاخته عصبی (گیرنده) حسی باید آن را بفرستد به دستگاه عصبی مرکزی؛ برای همین از خاصیت هدایت پیام عصبی‌اش استفاده می‌کند و پیام عصبی ایجادشده را به نقاط بعدی در طول نورون (در این‌جا یعنی گره‌های رانویه بعدی در طول مسیر) می‌فرستد.

#### نکته‌ها

- ۱ ممکن است بخشی از غلاف میلین و اولین گره رانویه دندریت هم در پوشش پیوندی قرار بگیرد.
- ۲ بچه‌ها یادتون باشه، هر محرکی باعث ایجاد پیام عصبی نمی‌شود! بلکه باید محرک به اندازه کافی، قوی و جون‌دار! باشد.
- ۳ در اطراف گیرنده فشار، بافت پیوندی قرار دارد و نه بافت پوششی!
- ۴ از آن‌جایی که دندریت گیرنده فشار، دارای غلاف میلین است ← هدایت پیام عصبی در طول گیرنده، از محل یک گره رانویه به گره رانویه مجاور انجام می‌شود؛ بنابراین هدایت پیام در آن، از نوع جهشی است.

### تجزیه و تحلیل

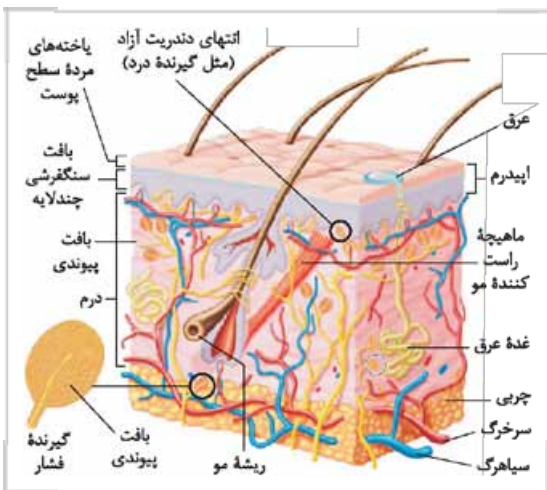
۱ برای شروع پتانسیل عمل، به طور ناگهانی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی موجود در غشای نورون باز شده و مقدار فراوانی یون سدیم وارد یاخته می‌شود. (شکل ب) ۲ غلاف میلین از جنس غشای بلاسمایی یاخته‌های پشتیبان یعنی فسفولیپیدی است که رشته‌های آکسون و دندریت بسیاری از نورون‌ها را پوشانده و عایق‌بندی می‌کند. ۳ در محل گره رانویه، رشته عصبی با محیط بیرون از نورون، ارتباط (تبادل یونی) دارد.

### گیرنده‌های پوست

◉ عرض کنم به حضور مبارکتان که مجموعه حواس در بدن ما ۲ جورند: ۱ پیکری ۲ ویژه در پوست و بخش‌های دیگر بدن ما گیرنده‌های حواس پیکری شامل حس تماس، دما، وضعیت و درد به وفور دیده می‌شوند، برای همین لازم است که ویژگی‌های این گیرنده‌ها را بدانیم ...

🕒 **حواستون باشه ۱** یاخته‌های بافت چربی موجود در زیر درم، جزء درم که نوعی بافت پیوندی عمدتاً رشته‌ای است محسوب نمی‌شوند! ۲ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های خونی هم در بافت چربی و هم در درم (لایه درونی) پوست دیده می‌شوند.

۳ اپیدرم، فاقد مویرگ است و یاخته‌های آن از طریق انتشار مواد از درم تغذیه می‌شود.



گیرنده	محرک	محل قرارگیری	توضیحات
تماسی (مکانیکی)	تماس (لمس و کشش) فشار و ارتعاش	پوست + هر بافتی که به تماس (کشش و لمس) ارتعاش و فشار حساس است.	<p>۱ معمولاً توسط بافت پیوندی احاطه شده‌اند.</p> <p>۲ در نوک انگشتان و لب‌ها به فراوانی از این گیرنده‌ها داریم.</p> <p>۳ معمولاً در بخش درم (لایه درونی) پوست قرار دارند.</p>
دمایی	سرما یا گرما	پوست و برخی سیاهرگ‌های بزرگ و بخش‌های دیگر درون بدن	<p>۱ گیرنده‌های دمایی پوست به دمای سطح بدن حساس‌اند.</p> <p>۲ گیرنده‌های درون بدن به دمای درون بدن حساس‌اند.</p>
درد	هر چیزی که آسیب بزند به بدن!	پوست و بخش‌های دیگر بدن مثل دیواره سرخرگ‌ها	<p>۱ گیرنده‌های درد، سازش پیدا نمی‌کنند.</p> <p>۲ هر محرکی که آسیب بافتی ایجاد کند، تحریک گیرنده درد را به همراه خواهد داشت.</p> <p>۳ درد یک سازوکار حفاظتی است.</p> <p>۴ دندریته‌های نورون‌های حسی‌اند که پوشش پیوندی ندارند.</p> <p>۵ گیرنده درد در بخش درم پوست دیده می‌شود.</p> <p>۶ در انعکاس‌هایی مثل عقب کشیدن دست نقش دارد.</p>
وضعیت	چگونگی قرارگیری بخش‌های بدن نسبت به هم و تغییر طول ماهیچه‌ها	ماهیچه اسکلتی، زردپی‌ها و کپسول پوشاننده مفصل‌ها	<p>۱ هم در حالت حرکت و هم در سکون تحریک می‌شوند.</p> <p>۲ با هر بار انقباض ماهیچه‌ها، تحریک می‌شوند.</p>

**نکته‌ها**

- ۱ گیرنده‌های فشار هم در بافت چربی و هم در درم پوست وجود دارند.
- ۲ در لایه درم که از جنس بافت پیوندی است، ماهیچه‌ای وجود دارد که از نزدیک اپیدرم تا ریشه مو کشیده شده است.
- ۳ غده عرق در پایین بخش درم وجود دارد.
- ۴ در سطح پوست دو منفذ داریم: الف) یک منفذ برای غده عرق ب) یک منفذ برای خروج مو (البته در کنار هر مو، مجرای غده چربی قرار دارد).
- ۵ اگرچه غده‌های چربی و عرق پوست، جزء غدد برون‌ریز بدن هستند که همگی از یاخته‌های پوششی غده‌ای تشکیل شده‌اند، ولی در بخش بافت پیوندی پوست (لایه درونی یا درم) قرار دارند. ← می‌توان گفت غده‌های برون‌ریز از نفوذ لایه پوششی سطحی (اپیدرم) به درون بافت پیوندی (درم) ساخته شده‌اند.
- ۶ هیچ گیرنده حس ویژه‌ای در پوست یافت نمی‌شود!

**تکریب باک‌داشته**

۱ بافت پوششی پوست (اپیدرم) از نوع سنگفرشی چندلایه است که یاخته‌های لایه سطحی آن مرده است. [البته این بافت، تا اعماق لایه درونی (درم) نیز کشیده می‌شود که اطراف پیاز یا ریشه مو را در بر می‌گیرد]. ۲ درم از بافت پیوندی رشته‌ای تشکیل شده و در آن رشته‌های پروتئینی کلاژن و کشسان دیده می‌شود. ۳ زیر اپیدرم پوست شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی به نام غشای پایه وجود دارد. ۴ هیپوتالاموس مرکز تنظیم دمای بدن است و پیام عصبی از گیرنده‌های دمایی سراسر بدن به هیپوتالاموس می‌رود.



۵ چون رگ‌های خونی (سیاهرگ‌ها و سرخرگ‌ها) در درم وجود دارند ← می‌توان گفت در درم، یاخته‌های پوششی سنگفرشی یک‌لایه، ماهیچه‌ای صاف و غده‌ای هم یافت می‌شود. ۶ دقت کنید! که پوست، یک اندام است؛ زیرا در پوست، همهٔ ۴ نوع بافت اصلی بدن (پوششی، پیوندی، ماهیچه‌ای و عصبی) مشاهده می‌شود. ۷ رشته‌های حسی گیرنده‌ها، از طریق ریشهٔ پشتی نخاع و یا اعصاب مغزی به دستگاه عصبی مرکزی وارد می‌شوند. ۸ گیرنده‌های فشاری دیوارهٔ سرخرگ‌ها نوعی گیرندهٔ مکانیکی از نوع تماسی به شمار می‌آیند.

### ترکیب با آینه



۱ عرق و چربی موجود در سطح پوست در خط اول دفاع غیراختصاصی بدن نقش دارند. ۲ یاخته‌های مردهٔ سطحی پوست با ریزش خود میکروب‌ها را از بدن می‌زدایند؛ یعنی جزء خط اول دفاع غیراختصاصی اند. ۳ گیرنده‌های درد با انتهای دندریت آزاد خود تحت تأثیر آسیب‌های بافتی قرار می‌گیرند که شامل عوامل مکانیکی (مانند بریدگی)، سرما و یا گرمای شدید و عوامل شیمیایی (تجمع لاکتیک اسید در بافت ماهیچه‌ای) هستند. ۴ تحریک گیرنده‌های تماسی موجود در رحم و پستان‌های مادر در افزایش ترشح هورمون اکسی‌توسین و در نتیجه افزایش انقباض‌های رحم و تحریک غدد شیری نقش دارند. این تحریک ناشی از برخورد سر نوزاد و فشار آن به دیوارهٔ رحم و یا مکیدن پستان توسط نوزاد است.

## گیرنده‌های حس وضعیت در ماهیچه‌های اسکلتی وزردپی



• اگر یادتان باشد گفتیم که گیرنده‌های حس وضعیت در ماهیچه‌های اسکلتی، وزردپی‌ها و کپسول پوشانندهٔ مفاصل‌ها وجود دارند. کار این گیرنده‌ها این است که کمک می‌کنند تا ما در هر لحظه بدانیم وضعیت اندام‌هایمان نسبت به هم چگونه است! مثلاً این‌که دست‌هایمان در کجا قرار دارد یا این‌که زانوهایمان خم است یا نه!

• گیرندهٔ حس وضعیت در ماهیچه‌های اسکلتی به تغییر طول ماهیچه‌ها حساس است و اگر طول ماهیچه تغییر کند، سریعاً ابتدا به نخاع و سپس به مغز خبر می‌دهد که جناب مغز! الان ماهیچهٔ دست، منقبض شده و طولش تغییر کرده است. مغز هم خودش اطلاعات را تحلیل و بررسی می‌کند و وضعیت دست را تشخیص می‌دهد!



۱ ماهیچهٔ دوسر از پایین به زند زبرین و از بالا به استخوان کتف متصل می‌شود، در حالی که ماهیچهٔ سه‌سر برخلاف ماهیچهٔ دوسر از پایین به زند زیرین و از بالا به کتف و بازو متصل است.

۲ گیرنده‌های حس وضعیت درون ماهیچه‌های اسکلتی همانند سایر گیرنده‌های حس بیکری، همان دندریت‌های نوروهای حسی هستند.

۳ نوعی گیرندهٔ حس وضعیت، در وزردپی‌ها قرار گرفته‌اند. وزردپی‌ها، از کنار هم قرار گرفتن پوشش‌های پیوندی متراکم که در اطراف دسته‌تارهای ماهیچه‌ای هستند تشکیل می‌شوند و در نهایت ماهیچه را به استخوان متصل می‌کنند.

۴ گیرنده‌های حس وضعیت (دندریت‌های نوروهای حسی)، در محل اتصال خود به وزردپی و ماهیچه، چندین انشعاب پیدا می‌کنند؛ به طوری که کوتاه و بلند شدن تار ماهیچه‌ای موجب تحریک آن‌ها می‌شود. ← پیام‌های حسی را به مغز (به ویژه مخچه) می‌برند تا هر دو (گیرندهٔ وضعیت و مخچه) در حفظ وضعیت تعادلی بدن نقش داشته باشند.

## بخش‌های تشکیل‌دهنده مفصل متحرک



نوبتی هم که باشد، نوبت مفاصل متحرک است! استخوان‌هایی که با هم مفصل متحرک تشکیل می‌دهند، توسط یک بافت پیوندی محکم (رشته‌ای) به هم وصل شده‌اند که اسم آن کپسول مفصلی است. در سطح داخلی این کپسول مفصلی، لایه دیگری به اسم پرده سازنده مایع مفصلی وجود دارد. این لایه، داخلی کپسول مفصلی را پر از مایع لغزنده‌ای به نام مایع مفصلی می‌کند. هم‌چنین سر هر دو استخوان موجود در این مفصل‌ها، با غضروف پوشیده می‌شود. مجموع غضروف‌ها و مایع لغزنده مفصلی باعث می‌شود استخوان‌های درون مفصل، سالیان زیادی در کنار هم لیز بخورند و اصطکاک چندانی نداشته باشند!

**حواستون باشه** در اتصال دو استخوان در محل مفصل، علاوه بر کپسول مفصلی، رباط‌ها و زردپی‌ها، حتی ماهیچه‌ها نیز نقش دارند.

- نکته‌ها**
- ۱ اگر به هر دلیلی، بخش صیقلی غضروف‌ها تخریب شود و بدن نتواند با سرعتی معادل سرعت تخریب، آن را ترمیم کند، این آسیب می‌تواند موجب بیماری‌های مفصلی شود.
  - ۲ دو استخوان درگیر در محل مفصل، با هم تماس ندارند!
  - ۳ پرده سازنده مایع مفصلی برخلاف کپسول مفصلی با غضروف‌های محل مفصل در تماس مستقیم است.
  - ۴ در مفصل متحرک برخلاف مفصل ثابت، هم کپسول مفصلی و هم پرده مفصلی وجود دارد.
  - ۵ بخش خارجی دو سر استخوان دراز از بافت متراکم و بخش میانی آن از بافت اسفنجی درست شده است.
  - ۶ کپسول مفصلی، علاوه بر احاطه کردن حفره مفصلی، بخش‌هایی از انتهای دو سر استخوان‌های درگیر در مفصل را نیز می‌پوشاند.

**ترکیب باک‌زشته**

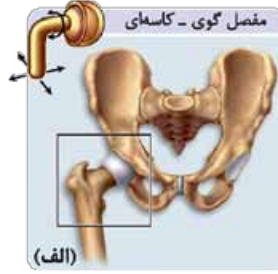
- ۱ بافت پیوندی استخوان و کپسول مفصلی (نوعی بافت پیوندی متراکم)، رشته‌های پروتئینی کلاژن فراوانی دارند ولی بافت پیوندی غضروف، رشته‌های کشسان زیادی دارند. مایع مفصلی، جزء مایعات محیط داخلی بدن است؛ بنابراین می‌تواند بیماری‌های ویروسی و یا باکتریایی را منتقل کند. مجرای مرکزی استخوان دراز با مغز زرد پُر می‌شود. رسوب بلورهای اوریک اسید در مفاصل موجب بروز یکی از بیماری‌های مفصلی به نام نقرس می‌شود. نقرس با دردناک شدن و التهاب مفاصل همراه است.

**ترکیب باآینه**

- ۱ وجود صفحات رشد در دو سر استخوان‌های دراز باعث می‌شود که استخوان‌های ما رشد طولی کنند. اگرچه صفحات رشد قبل از سن بلوغ، غضروفی‌اند ولی چون در سنین رشد فرد، یاخته‌های استخوانی جدید، جانشین یاخته‌های غضروفی قدیمی‌تر در این صفحات می‌شوند، در نتیجه چند سال پس از بلوغ، صفحات رشد از حالت غضروفی به استخوانی تبدیل می‌شوند؛ بنابراین کمان‌های سفیدرنگ قابل مشاهده در شکل (صفحات رشد)، چندین سال پس از بلوغ از جنس بافت استخوانی متراکم‌اند.



## انواعی از مفصل‌های متحرک



۳ نوع از انواع مفصل‌های متحرک را در شکل بالا می‌بینید که هر کدام آن‌ها کاربرد ویژه خودش را دارد.

**الف مفصل گوی - کاسه‌ای:** این نوع مفصل در جاهایی وجود دارد که لازم است استخوان‌ها در جهات مختلف چرخش داشته باشند. در این مفصل، سر یک استخوان گوی‌مانند درون سر یک استخوان کاسه‌ای شکل قرار دارد. البته این سر استخوان گوی‌مانند است که توانایی چرخش در تمام جهات را دارد (و نه استخوان کاسه‌ای شکل!). مثل: مفصل استخوان ران با نیم‌لگن یا مفصل استخوان بازو با کتف.

**ب مفصل لولایی:** همان‌طور که از اسم این نوع مفصل مشخص است، این مفصل شبیه لولاهای در است که در حرکت استخوان‌های ما در ۲ جهت رفت و برگشتی (باز و بسته شدن) نقش دارد. مثل: مفاصل آرنج دست، زانو و بند انگشتان.

**پ مفصل لغزنده:** فقط دو استخوان در این نوع مفاصل، روی هم می‌لغزند! (بنابراین کاملاً بی‌حرکت نیستند). این نوع مفصل متحرک در جاهایی دیده می‌شود که حرکت در آن‌ها از دیگر مفاصل متحرک، کم‌تر است، مانند مفصل بین مهره‌های ستون مهره.

**نکته‌ها** ۱ هر دو استخوان زند زیرین و زیرین، با استخوان بازو، مفصل لولایی تشکیل می‌دهند؛ پس مفصل آرنج، از ۳ استخوان تشکیل می‌شود.

۲ در مفصل‌های لغزنده، استخوان‌ها در ۴ جهت روی هم می‌لغزند. به طوری که این نوع مفصل، نه چرخش دارد! (برخلاف مفصل گوی - کاسه‌ای) و نه باز و بسته شدن! (برخلاف مفصل لولایی).

۳ لگن دارای ۳ مفصل ثابت [دو مفصل بین استخوان لگن و استخوان خاجی (آخرین استخوان ستون مهره‌ها) و یک مفصل بین دو نیم‌لگن] و ۲ مفصل متحرک [هر دو بین استخوان ران و نیم‌لگن] است.

۴ مفصل لغزنده موجود در ستون مهره‌ها، بین زوائد پروانه‌ای شکل ۲ استخوان مهره‌ای تشکیل می‌شود! در حالی که بین سطوح پهن دو استخوان مهره‌ای، دیسک بین مهره‌ای قرار می‌گیرد که از جنس غضروف است.

مفصلی که بین ۷ جفت استخوان دنده اول قفسه سینه با استخوان جناغ به طور مستقیم

و بین ۳ جفت دنده شماره ۸، ۹ و ۱۰ با جناغ به طور غیرمستقیم تشکیل می‌شود، از نوع مفصل لغزنده است. (و نه مفصل گوی - کاسه‌ای و یا مفصل لولایی!)

# تنظیم شیمیایی

فصل ۴

## پیش‌گفتار

شاید باورتون نشه! ولی بدن ما آدم‌ها، حدود ۳۷ تریلیون یاخته دارد و عجیب‌تر از آن، این که همه این ۳۷ تریلیون تا یاخته در شرایط طبیعی، هماهنگ با هم کار می‌کنند. هماهنگی این همه یاخته، بر عهده دستگاه عصبی و دستگاه درون‌ریز بدن است. دستگاه عصبی با تولید پیام‌های عصبی (و نیز ترشح ناقل‌های عصبی) و دستگاه درون‌ریز با ترشح هورمون‌ها، حواسشان به هماهنگی و نظم این یاخته‌های بدن است و نمی‌ذارن آب تو دل ما تکون بپوره!

شکل روبه‌رو هم دستگاه سنجش قند گلوکز خون را نشان می‌دهد



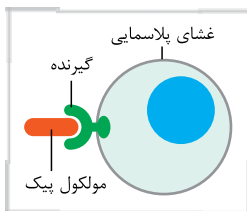
که توسط آن و براساس واحد اندازه‌گیری  $mg$  (میلی‌گرم) ،  $dL$  (دسی‌لیتر) مقدار گلوکز خون یک فرد را می‌سنجند و مربوط به یکی از بیماری‌هایی است که به علت اختلال در میزان تولید هورمون انسولین و یا عملکرد درگیرنده‌های آن ایجاد می‌شود، یعنی دیابت شیرین (مرض قند)!

فدا نصیب گرگ بیابون هم نکنه! 😞

## ارتباط شیمیایی

## گفتار

دوستان و همراهان عزیز پروند و آگاه باشید! برای این که یک یاخته یا اندام بخواهد به یاخته یا اندام دیگری پیام ارسال کند، لازم است که این پیام توسط یک چاپار یا پیغام‌تر از مبدأ به یک مقصدی برده شود. این چاپار، می‌تواند یک ماده شیمیایی باشد که در این صورت به آن پیک شیمیایی می‌گوییم.



## پیک شیمیایی

پیک‌های شیمیایی از یک یاخته ترشح می‌شوند و به سمت یاخته‌ای که می‌خواهد پیام را بگیرد، می‌روند و بعد از رسیدن به آن باعث می‌شوند که فعالیت یاخته گیرنده پیام، تغییر کند، مثلاً تولید و ترشح یک آنزیمی را افزایش و یا کاهش دهد. (و یا حتی متوقف کند!)

اما سؤال این‌جاست که این پیک‌های شیمیایی، چگونه یاخته هدف خودشان را از بین این همه یاخته بدن پیدا می‌کنند؟! عرض کنم به مفهورتان، که این پیک‌های شیمیایی، شکل و قیافه خاص خودشان را دارند؛ و از سوی دیگر، روی سطح و یا درون یاخته‌های هدف هم یک نوع مولکول گیرنده اختصاصی آن‌ها وجود دارد. شکل پیک شیمیایی و گیرنده‌اش همانند قفل و کلید، هم هستند و با هم چفت می‌شوند! خب طبیعی است که پیک‌های شیمیایی، فقط روی یاخته‌هایی اثر می‌کنند که دارای گیرنده اختصاصی آن پیک باشند.

نکته‌ها ۱ مولکول‌های گیرنده پیک، از جنس پروتئین هستند.

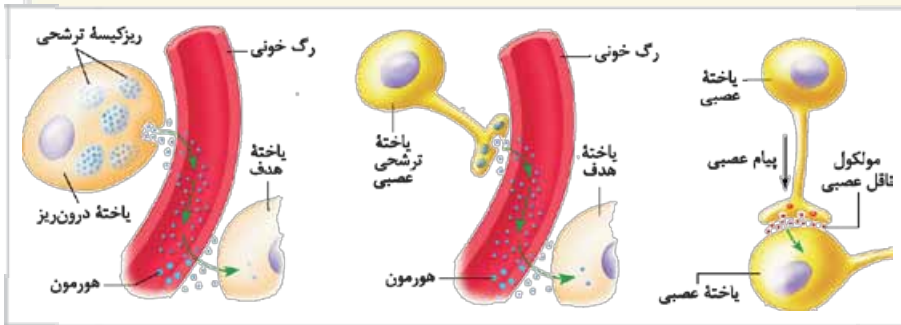
۲ یک نوع پیک شیمیایی می‌تواند بر انواع یاخته‌های متفاوت بدن که دارای گیرنده اختصاصی آن هستند تأثیر بگذارد.



۳ الزاماً هر نوع یاخته، فقط دارای گیرندهٔ مربوط به یک نوع پیک خاص نیست! و یک یاخته می‌تواند دارای انواع گیرنده‌های اختصاصی برای انواع پیک‌های شیمیایی مختلف باشد.

۴ در مورد پیک‌هایی که دارای گیرنده در غشای یاختهٔ هدف هستند می‌توان گفت که مولکول گیرندهٔ پیک دو قسمت دارد ← ۱. قسمت خارجی؛ که در سطح بیرونی غشای یاختهٔ هدف قرار دارد و محل اتصال پیک شیمیایی یا هورمون است. ۲. قسمت داخلی؛ که در سطح درونی غشای یاختهٔ هدف قرار دارد و محل فعالیت گیرنده است.

### مقایسهٔ هورمون و ناقل عصبی



بر اساس این که فاصلهٔ بین یاختهٔ ترشح‌کنندهٔ پیک و یاختهٔ هدفشان کم است یا زیاد، پیک‌های شیمیایی به ۲ دسته تقسیم می‌شوند:

۱ پیک‌های کوتاه‌برد: برای وقتی هستند که یاخته به یکی از یاخته‌های نزدیک خودش (با فاصلهٔ حداکثر چند یاخته!) بخواهد پیام بدهد. این پیک‌ها از یاختهٔ ترشح‌کننده آزاد می‌شوند و از طریق مایع میان‌یاخته‌ای (و نه خون!) به سمت یاختهٔ هدف می‌روند. مولکول‌های ناقل عصبی یکی از این پیک‌ها هستند.

۲ پیک‌های دور‌برد: وقتی یک یاخته بخواهد به یاخته‌ای که در نقطه‌ای دور نسبت به خودش است، پیام بدهد از پیک‌های دور‌برد یا همان هورمون‌ها استفاده می‌کند. هورمون‌ها برای این که بتوانند به یاختهٔ هدفشان برسند، به یک چیزی نیاز دارند که آن‌ها را در سرتاسر بدن جابه‌جا کند و آن هم چیزی نیست جز بافت محترم پیوندی خون!

جوابتون باشه جدول زیر مقایسه‌ای بین ناقل‌های عصبی و هورمون‌ها در موارد مختلف است که توجه و دقت زیاد شما را می‌طلبد!

دستگاه	نام پیک	نوع پیک	یاختهٔ سازنده	یاختهٔ هدف	مدت اثر	ورود به خون	محل ترشح
عصبی	ناقل عصبی	کوتاه‌برد	یاختهٔ گیرندهٔ حس و یا نورون پیش‌همایه‌ای (پیش‌سیناپسی)	یاختهٔ پس‌همایه‌ای (پس‌سیناپسی)	کوتاه	ندارد	فضای همایه‌ای (سیناپسی)
درون‌ریز	هورمون	دور‌برد	یاختهٔ درون‌ریز	هر یاختهٔ دارای گیرندهٔ اختصاصی آن	طولانی	دارد	مایع میان‌یاخته‌ای و سپس خون

#### نکته‌ها

۱ هورمون‌ها یا پیک‌های دور‌برد [البته به‌جز هورمون‌های مترشحه از نورون‌ها] از بافت پوششی غده‌ای، ترشح شده و ابتدا به مویرگ‌ها و سپس به سیاهرگ خونی وارد می‌شوند تا به سوی قلب بروند. در ادامه نیز از قلب، وارد گردش خون ششی و سپس گردش خون عمومی (بزرگ) می‌شوند تا به یاخته‌های هدف خود برسند.



## ۲ چگونگی رسیدن هورمون و ناقل عصبی به یاخته هدف خود:



۳ اغلب پیک‌های شیمیایی (هم ناقل‌های عصبی ترشحی و هم هورمون‌ها) در ریزکیسه‌های درون یاخته‌های تولیدکننده ذخیره می‌شوند تا در زمان نیاز ترشح شوند.

۴ بعضی نورون‌ها به جای تولید و ترشح ناقل عصبی، هورمون ترشح می‌کنند.

۵ مولکول‌های ناقل عصبی پس از رسیدن پیام عصبی به انتهای آکسون، از ریزکیسه‌های ذخیره‌شده به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند و پیام خود را به یاختهٔ پس‌سیناپسی که می‌تواند یک یاختهٔ عصبی و یا یک یاختهٔ ماهیچه‌ای و حتی یک یاختهٔ غده‌ای ترشحی باشد، انتقال دهد.

۶ طبق شکل کتاب درسی، ریزکیسه‌های ترشحی در یاخته‌های درون‌ریز از نظر اندازه، بزرگ‌تر و درشت‌تر از ریزکیسه‌های ترشحی یاخته‌های عصبی و یاخته‌های ترشحی عصبی هستند!

۷ اگرچه یاختهٔ عصبی تفاوت کمی با یاختهٔ ترشحی عصبی دارد و آن این است که یاختهٔ عصبی، مولکول ناقل عصبی را از خود ترشح می‌کند، اما یاختهٔ ترشحی عصبی، هورمون را! ولی به طور کلی می‌توان گفت یاخته‌های عصبی توانایی تولید و ترشح هر ۲ نوع پیک شیمیایی (یا هورمون و یا ناقل عصبی) را دارند، در حالی که یاخته‌های درون‌ریز فقط می‌توانند ۱ نوع پیک شیمیایی، یعنی هورمون را ترشح کنند.

۸ ناقل‌های عصبی به فضای همایه‌ای (سیناپسی) ترشح می‌شوند، ولی گاهی، موادی که در یک جایی به عنوان ناقل عصبی هستند به رگ خونی نیز وارد می‌شوند که در این حالت، به آن‌ها هورمون می‌گوییم. در نتیجه، یک پیک شیمیایی می‌تواند به عنوان هورمون و یا ناقل عصبی عمل نماید. مثلاً اپی‌نفرین، یک پیک شیمیایی است که هرگاه از بخش مرکزی غدد فوق کلیه به خون ترشح شود، هورمون و هرگاه از پایانهٔ آکسون نورون‌ها به فضای سیناپسی ریخته شود، به آن، ناقل عصبی گفته می‌شود.

۹ الزاماً یاخته و یا اندام هدف همهٔ هورمون‌ها (پیک‌های دوربرد) در فاصلهٔ دورتری از یاختهٔ ترشح‌کنندهٔ هورمون نیست! مثلاً هورمون گاسترین از اندام معده ترشح می‌شود و بر روی همان اندام معده نیز اثر می‌گذارد. اگرچه گاسترین پس از تولید و ترشح، باید وارد گردش خون ششی و عمومی شود و سپس به همان اندام، یعنی معده بازگردد.

۱۰ هورمون در مسیر رسیدن به یاختهٔ هدف از مبدأ یاختهٔ ترشحی، ۲ بار به مایع میان‌یاخته‌ای وارد و ۲ بار نیز از آن خارج می‌شود: ۱. خروج از یاختهٔ ترشحی و ورود به مایع میان‌یاخته‌ای به روش آگزوسیتوز ۲. خروج از مایع میان‌یاخته‌ای و ورود به درون خون ۳. خروج از خون و ورود به مایع میان‌یاخته‌ای ۴. خروج از مایع میان‌یاخته‌ای و ورود به یاختهٔ هدف و یا اتصال به گیرندهٔ سطح یاخته

### ترکیب باکشته

۱ برای ترشح و آزادشدن هورمون‌ها از ریزکیسه‌های ترشحی یاخته، به روش آگزوسیتوز (برون‌رانی)، انرژی ATP مصرف می‌شود. ۲ اغلب غده‌های درون‌ریز از نوع بافت پوششی غده‌ای‌اند ولی غده‌های درون‌ریزی مانند هیپوفیز پسین و هیپوتالاموس و نیز بخش مرکزی غدهٔ فوق کلیه ساختار بافت عصبی دارند.

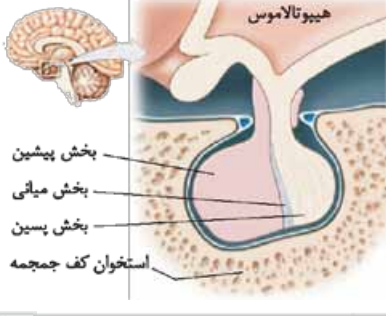
### ترکیب باآینه

پیک‌های شیمیایی کوتاه‌برد، مانند ناقل‌های عصبی (اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین و ...) و نیز هورمون‌هایی مانند هورمون‌های مهارکننده و آزادکنندهٔ هیپوتالاموس، برای رسیدن به یاختهٔ هدف خود به گردش عمومی (بزرگ) خون وارد نمی‌شوند.

## گفتار ۲

## غده‌های درون ریز

### غده هیپوفیز



غده هیپوفیز در قاعده جمجمه حضور دارد و یکی از اصلی‌ترین غده‌های بدن است. این غده از سه بخش تشکیل می‌شود:

۱ هیپوفیز پیشین: تحت تأثیر و تنظیم هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده هیپوتالاموس ۶ هورمون رشد، پرولاکتین، محرک تیروئیدی، محرک فوق کلیه و هورمون‌های محرک غدد جنسی (FSH و LH) را ترشح می‌کند.

۲ هیپوفیز میانی: هنوز عملکردش به خوبی مشخص نشده است. نوعی اندام وستیجیال به شمار می‌آید!

۳ هیپوفیز پسین: هورمون‌های اکسی‌توسین و ضدادراری در هیپوتالاموس تولید می‌شود ولی در هیپوفیز پسین ذخیره و ترشح می‌شود. این دو هورمون در مواقع لزوم از هیپوفیز پسین به خون ترشح می‌شوند.

### نکته‌ها

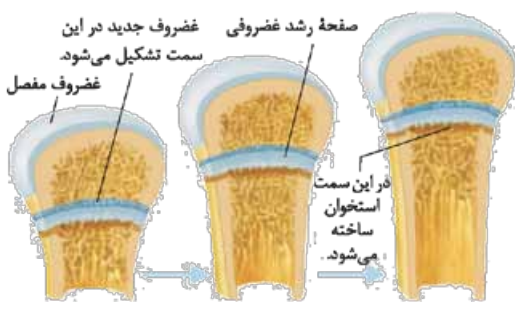
۱ هیپوتالاموس از طریق آکسون‌های بلند یاخته‌های عصبی خود با بخش پسین هیپوفیز ارتباط مستقیم دارد.  
 ۲ هیپوتالاموس با بخش پیشین هیپوفیز به صورت غیرمستقیم ارتباط دارد، به طوری که با تولید هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده و ترشح آن‌ها به خون، بر یاخته‌های غده درون ریز هیپوفیز پیشین اثر می‌گذارد. این هورمون‌ها نیز به ترتیب باعث ترشح ۶ هورمون مختلف این بخش و توقف ترشح آن‌ها می‌شوند.

۳ هیپوتالاموس با بخش پسین هیپوفیز، ارتباط عصبی ولی با بخش پیشین هیپوفیز، ارتباط خونی دارد!  
 ۴ هیپوفیز پیشین، ساختار پوششی غده درون ریز و هیپوفیز پسین، ساختار عصبی دارد ← هورمون‌های بخش پیشین، از یاخته‌های پوششی غده‌ای و هورمون‌های بخش پسین، از یاخته‌های عصبی ترشح می‌شوند.  
 ۵ فقط در هیپوفیز پیشین، گیرنده هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده هیپوتالاموسی وجود دارد (و نه در بخش پسین!).

### ترکیب با گذشته

۱ هیپوفیز و هیپوتالاموس پایین‌تر از اپی‌فیز قرار دارند. ۲ غده هیپوفیز در یک گودی، در استخوانی از کف جمجمه که بافت استخوانی اسفنجی دارد، قرار می‌گیرد. ۳ غده هیپوفیز تقریباً روبه‌روی مغز میانی است و نسبت به کل ساقه مغز جلوتر قرار می‌گیرد.

## صفحات رشد در استخوان‌های دراز و چگونگی رشد استخوان



از وقتی که یک نوزاد لگلولی لگلولی! به دنیا می‌آید تا زمان بلوغ، رشد می‌کند و هی بزرگ می‌شود. در این زمان هورمون رشد روی صفحات رشد اثر می‌کند و با تبدیل کردن غضروف به استخوان، باعث رشد طولی استخوان‌های دراز او می‌شود.

این صفحات رشد حتی تا چند سال بعد از بلوغ هم وجود دارند و از حالت غضروفی به استخوانی تبدیل می‌شوند؛ در این حالت، رشد استخوان متوقف می‌شود! اصطلاحاً می‌گویند که «صفحات رشد بسته شده است».

- ۱ صفحات رشد به صورت عرضی قرار گرفته‌اند. به طوری که بافت‌های استخوانی متراکم و اسفنجی استخوان دراز را قطع می‌کنند.
- ۲ یاخته‌های غضروفی جدید به سمت خارج صفحه رشد (یا برآمدگی استخوان) تولید می‌شوند. در حالی که یاخته‌های غضروفی قدیمی به سمت داخل صفحه رشد (یا تنه و مرکز استخوان) به یاخته‌های استخوانی تبدیل می‌شوند.
- ۳ در طی رشد استخوان‌های دراز، غضروف مفصل هیچ ارتباط و اتصال فیزیکی با غضروف صفحه رشد ندارد!
- ۴ یاخته‌های قدیمی صفحه رشد غضروفی، یکی از بافت‌های هدف هورمون رشد به حساب می‌آیند ← هورمون رشد موجب تبدیل غضروف به استخوان می‌شود. پس صفحه رشد غضروفی، تنها بافت هدف هورمون رشد نیست!
- ۵ در طی افزایش رشد طولی استخوان، فاصله بین صفحه رشد غضروفی تا غضروف مفصلی (سر استخوان دراز) ثابت است! در حالی که به تدریج بر طول بخش استخوانی تنه اضافه می‌شود.
- ۶ صفحات غضروفی موجود در نزدیکی دو سر استخوان‌های دراز مانند استخوان‌های ران، ساق پا و بازو (و نه استخوان‌های پهن و کوتاه)، به عنوان بافت هدف هورمون رشد برای افزایش طول قد و استخوان‌سازی در دو جهت بالا و پایین، تحت تأثیر این هورمون قرار می‌گیرند.

**تکثیر با گذشته** ۱ استخوان و غضروف هر دو از جنس بافت پیوندی هستند. ۲ تبدیل غضروف به استخوان و تبدیل سلول‌های غضروفی به استخوانی به وسیله رسوب کلسیم در غضروف اتفاق می‌افتد. ۳ در هر سر استخوان دراز، ۲ تا غضروف دیده می‌شود، یکی صفحه رشد غضروفی و دیگری غضروف مفصلی. ۴ هورمون رشد، موجب جانمایی یاخته‌های استخوانی به جای یاخته‌های غضروفی و افزایش میزان رسوب کلسیم در ماده زمینه‌ای استخوان‌ها می‌شود.

### ارتباط بخش پسین هیپوفیز با هیپوتالاموس



می‌دانیم که هورمون‌های ضدادراری و اکسی‌توسین که از هیپوفیز پسین به خون آزاد و ترشح می‌شوند و نیز هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده، همگی در هیپوتالاموس تولید می‌شوند. در واقع بخش پسین هیپوفیز، هیچ هورمونی را نمی‌سازد! و هورمون‌های اکسی‌توسین و ضدادراری در جسم یاخته‌ای نورون‌های هیپوتالاموس تولید شده و توسط ریزکیسه‌هایی به پایانه آکسونی آن‌ها که تا هیپوفیز پسین ادامه یافته‌اند، فرستاده و ذخیره می‌شوند. حالا فقط کافی است که بدن در مواقع لزوم به هیپوفیز پسین دستور دهد تا برحسب نیاز، این هورمون‌ها را آزاد کند. به محض این اتفاق، هورمون‌ها به شبکه مویرگی اطراف هیپوفیز پسین وارد می‌شوند و به سمت یاخته‌های هدفشان می‌روند.

- ۱ غده هیپوتالاموس، هم جزئی از دستگاه عصبی مرکزی است و هم جزء دستگاه غدد درون‌ریز ← به عنوان رابط بین ۲ دستگاه عصبی و درون‌ریز، نقش ایفا می‌کند.
- ۲ اگرچه هیپوتالاموس جزء دستگاه غدد درون‌ریز نیز به حساب می‌آید ولی فاقد یاخته‌های پوششی غده‌ای (ترشحی) است و فقط یاخته‌های عصبی دارد که تمام هورمون‌ها، درون جسم یاخته‌ای نورون‌های آن ساخته می‌شود.
- ۳ اغلب پیک‌های شیمیایی ترشحی هیپوتالاموس، ناقل‌های عصبی‌اند و جزء پیک‌های کوتاه‌بُرد! در حالی که بخش کوچکی از آن‌ها، هورمون‌اند و جزء پیک‌های دوربُرد.
- ۴ هیپوفیز پسین، از اجتماع آکسون‌های یاخته‌های ترشحی عصبی هیپوتالاموس تشکیل شده است ← بخش پسین غده هیپوفیز، فاقد ساختار غده‌ای است و ساختار عصبی دارد.
- ۵ ساقه غده هیپوفیز فقط از دو بخش پیشین و پسین هیپوفیز تشکیل شده است و هیپوفیز میانی در ایجاد ساقه نقشی ندارد!

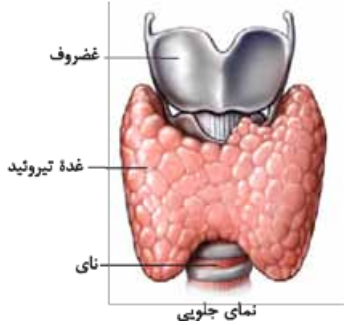
### ترکیب باایسته

۱ هورمون ضداداری در پی افزایش فشار اسمزی خون و تحریک گیرنده‌های اسمزی، از هیپوفیز پسین به خون ترشح می‌شود. ۲ هورمون ضداداری سبب افزایش بازجذب آب از نفرون‌ها و حفظ آب بدن می‌شود. ۳ می‌دانیم که هیپوتالاموس با سامانهٔ لیمبیک (کناره‌ای) در ارتباط است و در تنظیم کارهای مهم بدن، مانند دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشار خون، تشنگی، گرسنگی و خواب نقش دارد. ۴ گیرنده‌های اسمزی غدهٔ هیپوتالاموس نسبت به افزایش فشار اسمزی خون (با کاهش پتانسیل آب خون) حساس هستند. ۵ از آنجایی که هورمون ضداداری، بازجذب آب از نفرون‌های کلیه را افزایش می‌دهد (یعنی فشار اسمزی خون را کاهش می‌دهد)، می‌توان گفت هورمون ضداداری به طور غیرمستقیم جزء هورمون‌های مؤثر بر گیرنده‌های تشنگی هیپوتالاموس نیز است. ۶ اگر هورمون ضداداری ترشح نشود ← دفع آب از طریق ادرار افزایش می‌یابد و تعادل آب و یون‌های بدن (هم‌ایستایی) به هم می‌خورد و به این بیماری، دیابت بی‌مزه می‌گویند. این بیماری موجب افزایش تشنگی و نوشیدن مایعات زیاد می‌شود.

### ترکیب بااینه

هورمون اکسی‌توسین، سبب افزایش انقباض ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ رحم در حین زایمان و نیز ماهیچه‌های صاف اطراف غدد شیری، برای خروج شیر از آن‌ها می‌شود.

### غدهٔ تیروئید



یکی از مهم‌ترین غده‌های بدن همین غدهٔ تیروئید (سپردیس) است. این غده از زمان کودکی تا زمان مرگ کارهای بسیار مهمی در بدن انجام می‌دهد که همهٔ آن‌ها به وسیلهٔ ۳ هورمون صورت می‌گیرد:

۱ و ۲. هورمون‌های تیروئیدی ( $T_4$  و  $T_3$ ) و ۳. هورمون کلسی‌تونین

۱ و ۲ هورمون‌های تیروئیدی ( $T_4$  و  $T_3$ ): این هورمون‌ها ترکیبات یدداری هستند که میزان انرژی بدن را تنظیم می‌کنند. حالا اگر به هر دلیلی ید در بدن کم بشود، هیپوفیز هورمون محرک تیروئید تولید می‌کند. در پی این اتفاق، غدهٔ تیروئید کلی بزرگ می‌شود تا بتواند ید بیشتری جذب کند و کار خودش را راه بیاندازد که به این بیماری گواتر گفته می‌شود. تازه، وجود هورمون  $T_3$  در دوران جنینی و کودکی برای نمو دستگاه عصبی مرکزی لازم است ← نبودن  $T_3$ ، منجر به اختلالات نمو دستگاه عصبی و عقب‌ماندگی ذهنی و جسمی جنین می‌شود.

۳ کلسی‌تونین: این هورمون هنگامی ترشح می‌شود که میزان کلسیم خون زیاد است، بنابراین هورمون کلسی‌تونین نمی‌گذارد که کلسیم از استخوان‌ها برداشت شود و در نتیجه، از افزایش مقدار کلسیم خون جلوگیری می‌کند.

۱ تیروئید یک غدهٔ ۲لویی شبیه سپر است که در جلوی نای، زیر حنجره و بالاتر از غدهٔ تیموس قرار دارد.

۲ در بالای تیروئید، غضروف حنجره و در پایین آن غضروف‌های نعل‌اسبی یا C شکل نای قرار دارند.

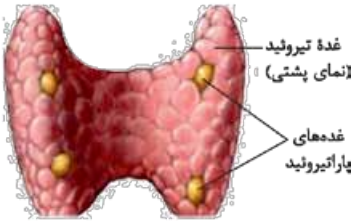
۳ در حالی که تمام بافت‌های بدن، بافت هدف هورمون‌های تیروئیدی ( $T_4$  و  $T_3$ ) هستند، ولی بافت هدف هورمون کلسی‌تونین، فقط بافت استخوانی و اندام کلیه است!



### ترکیب باکشته

۱ هورمون کلسی‌تونین با جلوگیری از برداشت کلسیم از استخوان‌ها، می‌تواند مانع بروز پوکی استخوان شود. ۲ از آن‌جایی که هورمون  $T_p$  سبب نمو دستگاه عصبی مرکزی می‌شود، بنابراین هورمون  $T_p$  می‌تواند از سد خونی - مغزی عبور کند. ۳ تیروئید با افزایش یا کاهش ترشح هورمون کلسی‌تونین و نیز غده‌های پاراتیروئید مستقر در پشت تیروئید با ترشح هورمون پاراتیروئیدی، میزان کلسیم خون را تنظیم می‌کنند و آن را در حد غلظت طبیعی نگه می‌دارد. می‌دانیم که کلسیم نقش‌های مهمی در بدن دارد، از جمله: الف در انجام فرایند انعقاد خون ب برای انجام انقباض تمام انواع ماهیچه‌ها پ برای ترشح برخی از مواد به روش برون‌رانی.

### غده‌های پاراتیروئید



پشت غده تیروئید، ۴ عدد غده کوچک به نام پاراتیروئید وجود دارد. هورمون مترشحه از غده‌های پاراتیروئید برعکس کلسی‌تونین عمل می‌کند؛ یعنی هنگامی که کلسیم خون کم است، کارش شروع می‌شود؛ به طوری که در هم‌ایستایی کلسیم نقش دارد.

هورمون پاراتیروئیدی با آزادکردن کلسیم در اثر تجزیه ماده زمینه‌ای

استخوان و افزایش بازجذب کلسیم از کلیه‌ها، میزان کلسیم خون را افزایش می‌دهد. هم‌چنین این هورمون، ویتامین D را به شکلی تبدیل می‌کند که می‌تواند جذب کلسیم را از روده افزایش دهد.

### نکته‌ها

۱ افزایش بیش از حد این هورمون می‌تواند موجب پوکی استخوان شود.

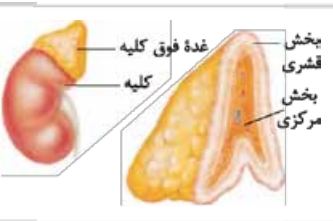
۲ استخوان‌ها و کلیه، اندام‌های هدف هورمون پاراتیروئیدی هستند، در حالی که یاخته‌های روده برای هورمون پاراتیروئیدی گیرنده‌ای ندارند و این هورمون فقط از راه تغییر شکل ویتامین D، به طور غیرمستقیم بر روده اثر می‌گذارد.

۳ هورمون پاراتیروئیدی همانند هورمون کلسی‌تونین تیروئید، در تنظیم مقدار یون کلسیم مؤثر بوده ولی عملکرد آن برخلاف کلسی‌تونین است. به طوری که هورمون پاراتیروئیدی موجب برداشت کلسیم از استخوان‌ها می‌شود در حالی که کلسی‌تونین از برداشت کلسیم از استخوان‌ها جلوگیری می‌کند.

### ترکیب باکشته

۱ کلسیم در روده به روش انتقال فعال جذب می‌شود. ۲ هورمون کلسی‌تونین و پاراتیروئیدی در استخوان، عملکردی عکس یکدیگر دارند ولی هر دو در هم‌ایستایی کلسیم نقش دارند.

### غده فوق کلیه



روی هر کلیه ما یک غده هرمی شکل به نام فوق کلیه وجود دارد که مصداق کامل ضرب‌المثل فلفل نبین چه ریزه، بشکن ببین چه تیزه! است، چرا؟ چون با آن اندازه کوچکش تأثیرهای خیلی خفنی روی بدن می‌گذارد. این غده از دو بخش درون ریز قشری و مرکزی تشکیل شده است که از لحاظ ساختار و عملکرد با یکدیگر تفاوت دارند که این تفاوت‌ها را در جدول مقایسه‌ای صفحه بعد براتون توضیح داده‌ام:

بخش	هورمون	کی ترشح می‌شه؟	وظیفه
<b>قشری</b> (دارای ساختار پوششی ترشحی) ← <b>بروز پاسخ‌های دیرپا</b>	کورتیزول	تنش‌های طولانی‌مدت	۱ <b>گلوکز خون را افزایش می‌دهد.</b> ۲ <b>متأسفانه در غلظت بالا دستگاه ایمنی را تضعیف می‌کند.</b>
	آلدوسترون	تنش‌های طولانی‌مدت	۱ <b>افزایش بازجذب سدیم در نفرون‌ها</b> ۲ <b>افزایش بازجذب آب ← در نتیجه دو رویداد فوق فشارخون افزایش می‌یابد.</b>
<b>مرکزی</b> (دارای ساختار عصبی) ← <b>بروز پاسخ‌های آبی و کوتاه‌مدت</b>	هورمون‌های جنسی زنانه و مردانه (در هر دو جنس)	همیشه	تنظیم فعالیت‌های جنسی
	اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین	در شرایط تنش و استرس	۱ <b>بدن را در حالت آماده‌باش قرار می‌دهد.</b> ۲ <b>ضربان قلب و فشار خون را بالا می‌برد.</b> ۳ <b>گلوکز خون را افزایش می‌دهد.</b> ۴ <b>نایزک‌های شش‌ها را باز می‌کند.</b>



- ۱ فقط بخش قشری غده فوق کلیه با اندام کلیه در تماس قرار دارد.
- ۲ بخش مرکزی غده فوق کلیه همانند بخش پسین غده هیپوفیز ساختار عصبی دارد.
- ۳ بخش مرکزی فوق کلیه نسبت به بخش قشری آن دارای رگ‌های خونی بزرگ‌تر و فراوان‌تری است.

### تکریب باکشته

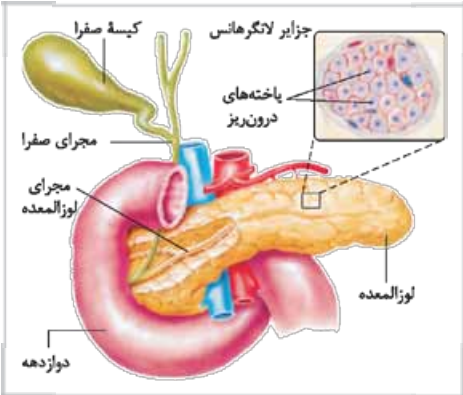
۱ **هورمون آلدوسترون** در یاخته‌های دیواره نفرون‌های کلیه، گیرنده دارد. ۲ **بخش مرکزی فوق کلیه، نسبت به اعصاب سمپاتیک دستگاه عصبی خودمختار شباهت و تفاوت دارد!** شباهتش این است که همان ترکیبی را تولید و آزاد می‌کند که از پایانه آکسونی اعصاب سمپاتیک ترشح می‌شود، یعنی همان اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین؛ اما تفاوتش این است که پیک‌های شیمیایی اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین ترشح شده از بخش مرکزی فوق کلیه به خون ریخته می‌شوند و هورمون نام دارند؛ در حالی که همین پیک‌ها از پایانه آکسونی اعصاب سمپاتیک به فضای سیناپسی ترشح می‌شود و ناقل عصبی نام دارد. [البته پاسخ ناقل‌های عصبی اعصاب سمپاتیک، سریع‌تر و کوتاه‌تر از هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین است]. ۳ **هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین بخش مرکزی غده فوق کلیه همانند اعصاب سمپاتیک، با افزایش تعداد ضربان قلب، برون‌ده قلبی و در نتیجه فشار خون را افزایش می‌دهند.** ۴ **هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین بخش مرکزی غده فوق کلیه همانند اعصاب سمپاتیک، با انقباض ماهیچه‌های صاف شعاعی عنبیه، مردمک چشم را گشادتر می‌کنند. هم‌چنین با گشادکردن نایزک‌های شش‌ها، موجب می‌شوند هوای بیشتری در اختیار حبابک‌ها و در نتیجه اکسیژن بیشتری در اختیار خون قرار بگیرد.**

### تکریب باآینه

۱ **تأثیر ترشح طولانی‌مدت هورمون کورتیزول** مثل داروهای بعد از پیوند عضو است؛ چون هر دو، دستگاه ایمنی را تضعیف می‌کنند. ۲ **اگرچه بخش قشری غده فوق کلیه، محل فرعی ترشح هورمون‌های جنسی زنانه و مردانه در هر دو جنس است ولی محل اصلی و اختصاصی ترشح هورمون‌های جنسی زنان (استروژن و پروژسترون) در تخمدان‌ها و هورمون جنسی مردان (تستوسترون) در یاخته‌های بینابینی بیضه‌ها است.**



## لوزالمعده



کم‌تر کسی است که تا به حال نام هورمون انسولین به گوشش نخورده باشد. حالا می‌خواهیم دربارهٔ غدهٔ ترشح‌کنندهٔ این هورمون حرف بزنیم، یعنی غدهٔ لوزالمعده!

لوزالمعده ۲ بخش **درون‌ریز** و **برون‌ریز** دارد. بخش درون‌ریز آن که شامل یاخته‌هایی درون‌ریز از جنس **بافت پوششی** است و به مجموعهٔ آن‌ها **جزایر لانگرهانس** می‌گویند و دو هورمون به نام **انسولین** و **گلوکاگون** ترشح می‌کند:

**انسولین:** باعث **کاهش قند خون** می‌شود. در واقع انسولین موجب ورود گلوکز به یاخته‌های بدن می‌شود و در ادامه، کبد مقدار گلوکز اضافی خون را به صورت گلیکوژن، ذخیره می‌کند.

**گلوکاگون:** برعکس انسولین عمل می‌کند؛ یعنی وقت‌هایی که میزان گلوکز خون کم است، با تجزیهٔ گلیکوژن ذخیره‌ای در یاخته‌های کبد (جگر)، مقدار **گلوکز خون** را **افزایش** می‌دهد.

**راستی! یادتونه که اول فصل یه کم دربارهٔ دیابت با همدیگه گپ زدیم؟! باید بدانید که دیابت مربوط به همین غدهٔ لوزالمعده است. دیابت وقتی رخ می‌دهد که گلوکز در خون وجود دارد ولی یاخته‌های بدن نمی‌توانند آن‌ها را بگیرند و بخورند! در نتیجه، مقدار گلوکز خون هی بالا و بالاتر می‌رود. یاخته‌های بدن هم برای تأمین انرژی مجبور می‌شوند از سوزاندن پروتئین‌ها و چربی‌ها انرژی به دست بیاورند که خیلی خطرناکه! چون سوزاندن چربی‌ها باعث اسیدی شدن خون و حالت اغما و زبونم لال مرگ می‌شود!**

**دیابت شیرین** بر دو نوع است: در **دیابت نوع یک**، انسولین ترشح نمی‌شود! یا به اندازهٔ کافی ترشح نمی‌شود! در واقع در لوزالمعده بخش‌هایی به اسم **جزایر لانگرهانس** وجود دارد که در ترشح انسولین نقش دارند. در بیماری **دیابت نوع یک**، که یک **بیماری خودایمنی** است، دستگاه ایمنی بدن به یاخته‌های ترشح‌کنندهٔ انسولین در این جزایر، حمله می‌کند و آن‌ها را از بین می‌برد. در نتیجه، مقدار انسولین در بدن **کم می‌شود** و یا **اصلاً** ترشح نمی‌شود! کنترل این نوع دیابت، **تزریق انسولین** است. ولی در **دیابت نوع دو**، اشکال در تولید انسولین نیست! بلکه در دیابت نوع دو، انسولین به مقدار کافی در خون وجود دارد ولی یاخته‌ها نمی‌توانند آن را دریافت کنند؛ زیرا گیرنده‌های انسولین یاخته‌ها به هورمون انسولین موجود **پاسخ نمی‌دهند!** این نوع دیابت از سن حدود ۴۰ سالگی به بعد و در افراد **کم‌تحرک** و **چاق** و در پی **زمینهٔ ارثی** به وجود می‌آید.

### نکته‌ها

- ۱ قاعدهٔ پهن لوزالمعده به سمت قوس دوازدهه در زیر معده و کبد و در میانهٔ بدن قرار دارد.
- ۲ یاخته‌های جزایر لانگرهانس از چند نوع (حداقل ۳ نوع) متفاوت هستند که یک سری از آن‌ها ترشح هورمون را انجام می‌دهند.
- ۳ بزرگ‌سیاهرگ زیرین و سرخرگ آئورت از پشت لوزالمعده و از جلوی دوازدهه عبور می‌کنند.
- ۴ از نوک لوزالمعده تا قاعدهٔ آن، یک مجرای اصلی به نام **مجرای لوزالمعده** وجود دارد که در انتها به دو مجرای فرعی منشعب می‌شود و هر دو مجرا، ترشحات برون‌ریز لوزالمعده (آنزیم‌های گوارشی و بی‌کربنات) را به درون دوازدهه می‌ریزند.
- ۵ مجرای صفرا به یک مجرای مشترک صفراوی بین کیسهٔ صفرا و کبد می‌گویند که از طریق آن صفرا به دوازدهه منتقل می‌شود.
- ۶ انشعاب پایینی مجرای لوزالمعده در انتهای خود با مجرای صفرا مشترک و یکی می‌شود و سپس محتوای ترشحي خود را به دوازدهه می‌ریزد.
- ۷ بخشی از رودهٔ باریک در پشت لوزالمعده قرار می‌گیرد.

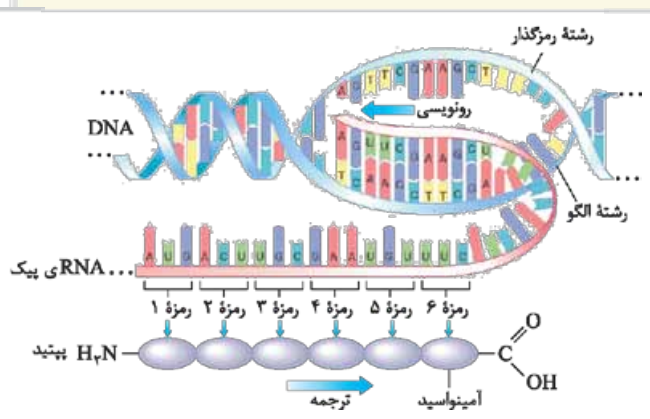
**ترکیب پاک‌شده** ۱ هورمون **سکرترین** مترشحه از دوازدهه به خون می‌ریزد و با اثر بر بخش برون‌ریز غدهٔ لوزالمعده، موجب می‌شود ترشح بی‌کربنات افزایش یابد. ۲ یاخته‌های کبد، صفرا را می‌سازند و در کیسهٔ صفرا ذخیره می‌کنند؛ صفرا، آنزیم ندارد! و ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بی‌کربنات، کلسترول و فسفولیپید لسیتین است.

- ۵ اگرچه رشته‌های متعدد مولکول RNA در هر دو طرف یک ژن دیده می‌شوند ولی قطعاً بدانید که در هر ژن، فرایند رونویسی فقط و فقط از روی یکی از ۲ رشته DNA صورت می‌گیرد (و نه هر ۲ رشته DNA).
- ۶ اگرچه دو ژن متفاوت در حال رونویسی‌اند ولی چندین آنزیم RNA پلی‌مراز به طور هم‌زمان در حال انجام رونویسی از هر ژن هستند، بنابراین از یک ژن، چندین بار رونویسی شده و به تعداد زیاد، تک‌رشته RNA ایجاد می‌شود که همگی یکسان‌اند.

## به سوی پروتئین

## گفتار ۲

### طرح ساده‌ای از رونویسی تا ترجمه



• باید بدانیم که هدف نهایی از انجام فرایند رونویسی بسیاری از ژن‌ها (DNA)، ساخت پروتئین‌ها و در پی آن ایجاد صفاتی خاص در بدن جاندار است؛ بنابراین به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات وراثتی RNA پیک و یا به عبارت دیگر به تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی مولکول RNA به زبان آمینواسیدی مولکول پلی‌پپتید، ترجمه می‌گویند.

• این که کدام یک از ۲۰ نوع آمینواسید موجود در بدن باید در ساختار پلی‌پپتید

به کار رود را توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رشته RNA پیک که به آن‌ها، **رمزه (کدون)** می‌گویند مشخص می‌کنند. اگرچه در یاخته‌ها، ۶۴ نوع رمزه وجود دارد ولی ۳ رمزه، UAG، UGA و AGU هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند؛ زیرا آن‌ها، **رمزه‌های پایان** هستند و در حضور آن‌ها، **عمل ترجمه RNA پیک** به پایان می‌رسد. در حالی که AUG، **رمزه آغاز** و معرف آمینواسید متیونین است و فرایند ترجمه از آن آغاز می‌شود.

- ۱ هنگامی که RNA پیک در حال رونویسی از ژن و تشکیل شدن است فرایند ترجمه می‌تواند هم‌زمان بر روی آن صورت گیرد. [البته این رویداد فقط در پروکاریوت‌ها ممکن است رخ بدهد، زیرا در آن‌ها غشای هسته وجود ندارد!]
- ۲ همواره در ابتدای زنجیره پلی‌پپتیدی، گروه آمین ( $\text{NH}_2$ ) و در انتهای آن گروه کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) قرار می‌گیرد ← هر آمینواسید با آمینواسید بعدی از طریق گروه کربوکسیل خود، پیوند پپتیدی برقرار می‌کند.
- ۳ اگرچه در شکل کتاب درسی به نظر می‌رسد جهت‌های ترجمه و رونویسی مخالف یکدیگر است ولی در واقع این‌گونه نیست؛ زیرا جهت‌های هر دو فرایند رونویسی و ترجمه یکسان و هم‌راستا بوده و از ابتدای ژن آغاز می‌شوند و در سمت انتهایی آن به پایان می‌رسند [این تفاوت و بروز خطای ناشی از آن به دلیل چرخیدن رشته RNA تازه‌ساخت به سمت چپ است!].

۴ **ریبوزوم‌های یاخته** از رمزه‌های ۳ حرفی موجود در رشته RNA پیک برای تعیین نوع و ترتیب آمینواسیدها جهت ساختن پلی‌پپتیدها استفاده می‌کنند.

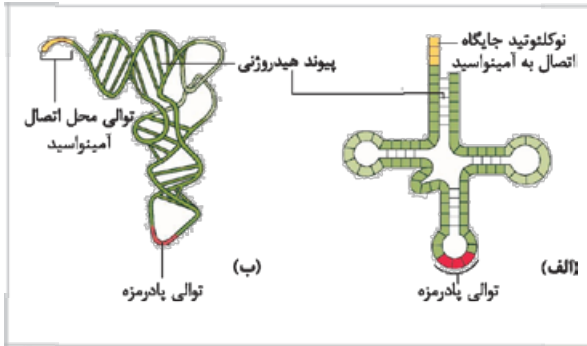
۵ **بازهای آلی پورینی** (A و G) از **بازهای آلی پیریمیدینی** (U و C) بزرگ‌تر هستند، چون بازهای آلی پورینی، دو حلقه دارند اما بازهای آلی پیریمیدینی فقط از یک حلقه درست شده‌اند.





- ۶ جهت ترجمه از سمت ابتدای RNA پیک به سوی انتهای آن است؛ هنگامی که بخش ابتدای RNA پیک، فاقد رمزه آغاز (AUG) باشد فرایند ترجمه از آن‌جا نیز شروع نمی‌شود و در بخش‌های جلوتر اتفاق می‌افتد!
- ۷ رمزه‌ها در جانداران مختلف، یکسان هستند! مثلاً رمزه AUG در همه جانداران موجب افزودن آمینواسید متیونین به رشته پلی‌پپتید تازه‌ساخت می‌شود.

## ساختار RNA ناقل



می‌دانیم که وجود آمینواسیدها، ریبوزوم‌ها و RNAهای ناقل از جمله مواد و عوامل لازم برای ترجمه و ساخت پلی‌پپتید تازه هستند. RNA ناقل پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود و در ساختار نهایی‌اش، نوکلئوتیدهای مکمل پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کنند ← RNA تک‌رشته‌ای ناقل، روی خودش پیچیده و تا می‌خورد و ساختار برگ شبدری ایجاد می‌کند که شکل فعال نیست! (شکل الف).

RNA ناقل برای ایجاد حالت فعال (شکل ب)، دوباره تاخوردگی‌هایی پیدا کرده که ساختار سه‌بعدی آن‌مانند را ایجاد می‌کند. این ساختار شامل دو توالی خاص، یکی توالی محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی پادرمزه (آنتی‌کدون) است که در هنگام ترجمه، با توالی ۳ نوکلئوتیدی رمزه مکمل خود، پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند.

حواستون باشه همه انواع RNAهای ناقل به‌جز در توالی ناحیه پادرمزه‌ای، دارای توالی‌های مشابهی در ساختار خود هستند، پس می‌توان گفت تعداد پیوندهای هیدروژنی در ساختار تمام آن‌ها یکسان است ولی این تعداد بین رمزه و پادرمزه به نوع بازهای آلی مستقر در آن‌ها بستگی دارد.

### تکمه

۱ در ساختار غیرفعال RNA ناقل (شکل الف)، ۴ باز و ۳ حلقه دیده می‌شود که در حلقه میانی، توالی پادرمزه قرار می‌گیرد؛ هم‌چنین در هر باز، بین تعدادی از نوکلئوتیدهای مقابل هم در یک باز، پیوند هیدروژنی برقرار شده است اما بین نوکلئوتیدهای مستقر در حلقه‌ها، هیچ پیوند هیدروژنی تشکیل نشده است!

۲ سه نوکلئوتیدی که در جایگاه اتصال به آمینواسید وجود دارند در مقابل هیچ نوکلئوتید دیگری از زنجیره روبه‌رو قرار نمی‌گیرند (زیرا این زنجیره به اندازه ۴ نوکلئوتید از زنجیره دیگر، بلندتر است) و با هیچ نوکلئوتیدی از RNA ناقل، پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌کنند.

۳ در ساختار RNA ناقل، هم بخش‌های تک‌رشته‌ای (حلقه‌ها) و هم بخش‌های دورشته‌ای (بازوها) دیده می‌شود.

۴ مولکول RNA ناقل فعال نسبت به RNA ناقل غیرفعال تاخوردگی‌های بیشتری دارد.

۵ در ساختار RNA ناقل غیرفعال و در طرف جایگاه اتصال آمینواسید، یک تاخوردگی با برآمدگی کوچکی (به نام بازوی اضافه) وجود دارد که نوکلئوتیدهایش با یکدیگر پیوند هیدروژنی تشکیل نداده‌اند!

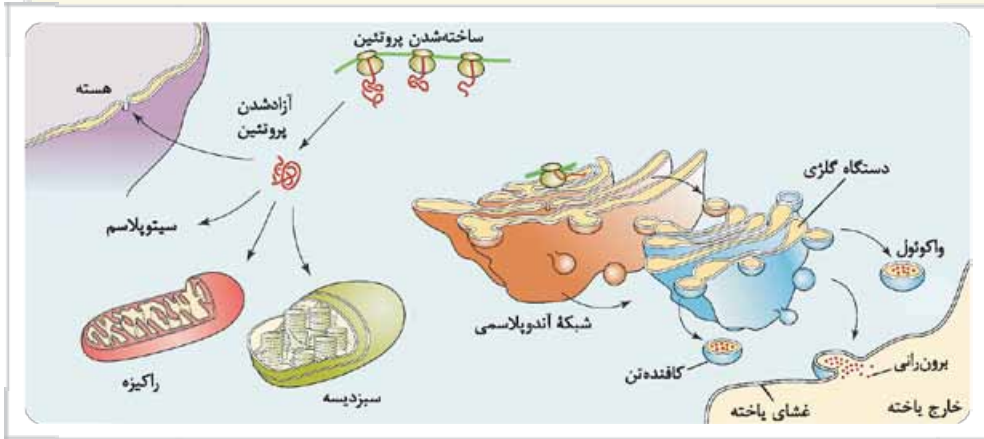
## ترکیب باکشته

۱ هرگاه در یاخته‌ای مانند لنفوسیت‌های پادتن‌ساز فعالیت پروتئین‌سازی زیاده‌تر شود فعالیت RNAهای ناقل نیز برای ساخت ریبوزوم‌های بیشتر و تولید پلی‌پپتیدهای جدید افزایش می‌یابد. ۲ دقت کنید که از میان انواع نوکلئیک اسیدها فقط در ساختار DNA و RNA ناقل است که پیوندهای هیدروژنی میان نوکلئوتیدها دیده می‌شود در حالی که در ساختار RNA پیک و اغلب در RNA ریبوزومی این پیوند بین نوکلئوتیدهای آن‌ها یافت نمی‌شود! ۳ ساختار RNA ناقل از روی ژن در پروکاریوت‌ها توسط آنزیم RNA پلی‌مراز پروکاریوتی و در یوکاریوت‌ها توسط آنزیم RNA پلی‌مراز ۳ انجام می‌گیرد.



- ۳ سه رمزه پایان (UAA, UAG, UGA) از مجموع ۶۴ رمزه موجود، هیچ‌گاه به جایگاه‌های P و E وارد نمی‌شوند و فقط به جایگاه A وارد می‌شوند.
- ۴ از آن‌جایی که هیچ پادرمزه‌ای برای رمزه‌های ۳ گانه پایان (UAA, UAG, UGA) وجود ندارد! ← هیچ RNA ناقل حامل پادرمزه‌های AUU, AUC, ACU در یاخته یافت نمی‌شود.
- ۵ هیدرولیز پیوند شیمیایی بین آمینواسید رشته پپتیدی و RNA ناقل فقط در مرحله طول‌شدن و پایان ترجمه رخ می‌دهد و آن هم در جایگاه P ریبوزوم صورت می‌گیرد.

## سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم



• پروتئین‌سازی در بخش‌های مختلف یاخته (ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم و نیز درون اندامک‌های سیتوپلاسمی مانند راکیزه، دیسه‌ها و شبکه اندوپلاسمی زبر) که در آن‌جا ریبوزوم‌ها حضور دارند می‌تواند انجام شود؛ و اما پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی دارند:

- ۱ بعضی‌ها در سیتوپلاسم باقی می‌مانند و ۲ بعضی دیگر نیز به درون راکیزه‌ها (میتوکندری‌ها)، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند.
- ۳ **حواستون‌باشه** ۱ بعضی پروتئین‌ها در شبکه اندوپلاسمی ساخته شده و به دستگاه گلزی می‌روند ← **آف** یا به خارج از یاخته ترشح می‌شوند **ب** و یا به به اندامک‌های لیزوزوم و واکوتول می‌روند. ۲ **توالی‌های آمینواسیدی** موجود در پروتئین ساخته شده، آن را به مقصدش هدایت می‌کند.

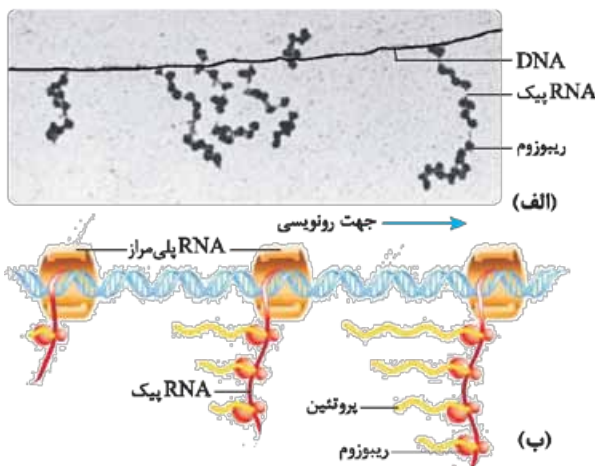
نکته‌ها

- ۱ پروتئین‌های موجود در هسته (مانند آنزیم‌های DNA پلی‌مراز و ...) توسط ریبوزوم‌های آزاد موجود در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.
- ۲ در حالی که تمام پروتئین‌های تازه‌ساخت موجود در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم حاصل از انجام فرایند ترجمه توسط ریبوزوم‌های آزاد سیتوپلاسمی هستند ولی فقط تعدادی از پروتئین‌های داخل راکیزه و سبزدیسه این ویژگی را دارند، زیرا این دو اندامک خودشان ریبوزوم‌های اختصاصی نیز دارند.
- ۳ ساخت پروتئین‌های درون واکوتول و لیزوزوم و پروتئین‌هایی که یا به خارج از یاخته برون‌رانی می‌شوند و یا در ساختار غشای یاخته به کار می‌روند، توسط ریبوزوم‌های آزاد سیتوپلاسمی شروع شده و در نهایت توسط ریبوزوم‌های متصل به شبکه اندوپلاسمی به پایان می‌رسد.
- ۴ چندین ریبوزوم می‌توانند به طور هم‌زمان فرایند ترجمه را از روی یک رشته RNA پیک (پروتئین‌سازی) انجام دهند. البته این رویداد، زمانی رخ می‌دهد که یاخته به آن پروتئین تازه‌ساخت نیاز زیادی داشته باشد.
- ۵ در حالی که اندامک‌های واکوتول و لیزوزوم (کافنده‌تن) تک‌غشایی‌اند (یعنی همانند غشای یاخته، ۲ لایه فسفولیپیدی دارند)، ولی اندامک‌های راکیزه، سبزدیسه و هسته، دوغشایی‌اند (یعنی ۴ لایه فسفولیپیدی دارند).

### ترکیب با گذشته

۱ می‌دانیم که اندامک سبز دیسه در همهٔ یاخته‌های یوکاریوتی وجود ندارد! و فقط یاخته‌های گیاهی و نیز بعضی از آغازیان دارای سبز دیسه‌اند؛ در حالی که اندامک راکیزه در همهٔ یاخته‌های زندهٔ یوکاریوتی (البته به جز نوعی آمیب، گویچهٔ قرمز بالغ و یاخته‌های آوند آبکش!) یافت می‌شوند. ۲ شبکهٔ آندوپلاسمی، یکی از بزرگ‌ترین اندامک‌های سیتوپلاسمی است که نوع ریبوزوم‌دار آن نقش اصلی و مهمی در پروتئین‌سازی یاخته دارد. این اندامک در یاخته‌هایی مانند لئوسیت‌های B پادتن‌ساز (پلاسموسیت) که وظیفهٔ اصلی آن‌ها پروتئین‌سازی است به فراوانی یافت می‌شود. ۳ انجام فرایند برون‌رانی ویژهٔ موادی است که اندازهٔ درشتی دارند و از طریق فرایند انتشار قابل تبادل و جابه‌جایی نیستند!

### مجموعهٔ ریبوزوم‌ها، چند RNA می‌در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند



• می‌دانیم که بر اساس نیاز یاخته‌ها به پروتئین، سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در آن‌ها تنظیم می‌شود. به طوری که در پروکاریوت‌ها، حتی ممکنه پیش از پایان رونویسی RNA پیک از ژن، پروتئین‌سازی آغاز شود؛ زیرا طول عمر RNA پیک در پروکاریوت‌ها، کم است!

• پروتئین‌سازی به طور هم‌زمان و پی‌درپی توسط مجموعه‌ای از ریبوزوم‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود.

• در حالی که از روی یک ژن به طور هم‌زمان، چند RNA پلی‌مراز رونویسی

می‌کنند، چند ریبوزوم نیز به طور هم‌زمان یک RNA پیک در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند ← در پروکاریوت‌ها، دو فرایند رونویسی و ترجمه می‌تواند به طور هم‌زمان انجام شوند. البته در یوکاریوت‌ها نیز فرایند همانندسازی، رونویسی و ترجمه در یک محل (درون میتوکندری و دیسه‌ها) انجام می‌شود ولی در مورد ژن‌های هسته امکان رونویسی و ترجمه به طور هم‌زمان وجود ندارد!

۱ هر چه یک ریبوزوم معین، به مولکول DNA نزدیک‌تر باشد، RNA پیک زودتر به آن متصل می‌شود و طول رشتهٔ پلی‌پپتیدی ساخته‌شده توسط آن نسبت به سایر ریبوزوم‌ها که از مولکول DNA دورترند، بلندتر است. ۲ جهت رونویسی از مولکول DNA، از سمتی با RNA پیک کوتاه‌تر به سوی RNA پیک بلندتر است (و یا از سمتی با تعداد ریبوزوم کم‌تر به سوی جایگاهی با ریبوزوم بیشتر است!); هم‌چنین جهت ترجمه نیز از سمتی از RNA پیک با طول پلی‌پپتید کوتاه‌تر به سوی محلی با طول پلی‌پپتید بلندتر است.

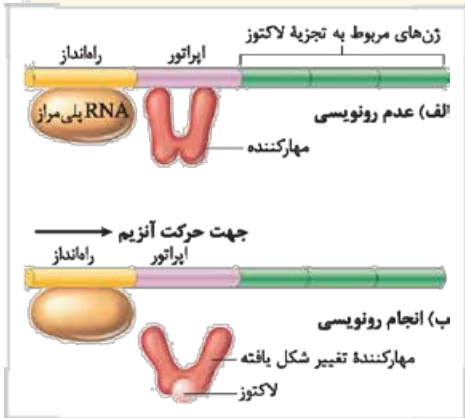
۳ هر چه در جهت رونویسی، روی مولکول DNA جلوتر برویم، تعداد زنجیره‌های پلی‌پپتید بیشتر و اندازهٔ طول بلندتر را در پلی‌پپتیدها مشاهده می‌کنیم.



## گفتار ۳

## تنظیم بیان ژن

## تنظیم منفی رونویسی از ژن‌ها در پروکاریوت‌ها



نمونه این نوع تنظیم را در نوعی باکتری به نام اشرشیاکلاهی که قند مصرفی ترجیحی آن گلوکز است می‌بینیم. هرگاه گلوکز در محیط باکتری نباشد، باکتری اِکلاهی می‌تواند از قند موجود دیگری مثل لاکتوز استفاده کند ← اکنون باکتری باید آنزیم‌های تجزیه‌کننده قند لاکتوز را بسازد؛ هم‌چنین در نبود یا کاهش لاکتوز محیط نیز ساخت این آنزیم‌ها را متوقف کرده و یا کاهش دهد.

می‌دانیم که فرایند رونویسی با اتصال RNA پلی‌مراز (رنابسپاراز) به راه‌انداز ژن آغاز می‌شود؛ اما اگر مانعی بر سر راه RNA پلی‌مراز قرار بگیرد، رونویسی انجام نمی‌شود! که به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی می‌گویند.

در تنظیم منفی رونویسی و در نبود لاکتوز (حالت الف)، پروتئین مهارکننده به توالی خاصی از DNA به نام اپراتور متصل می‌شود و جلوی حرکت RNA پلی‌مراز را می‌گیرد ← رونویسی از ژن‌ها رخ نمی‌دهد! ولی در حضور لاکتوز (حالت ب)، اتفاق دیگری می‌افتد؛ آن هم این‌که لاکتوز وارد شده به باکتری با اتصال به پروتئین مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد ← مهارکننده از اپراتور جدا می‌شود و حالا RNA پلی‌مراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد که در نهایت، محصولات این ژن‌ها می‌توانند لاکتوز را تجزیه کنند.

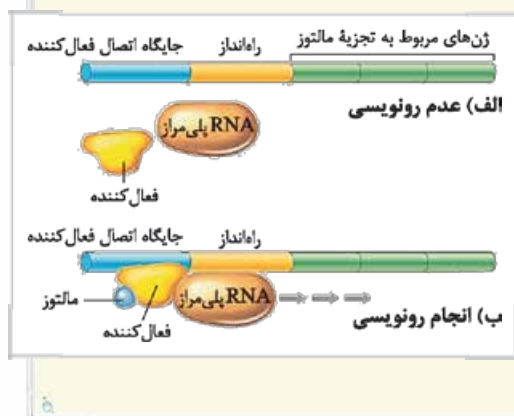
## نکته‌ها

- ۱ پروتئین مهارکننده قبل از ورود لاکتوز به یاخته، ساخته شده است و در یاخته وجود دارد ولی هیچ‌گاه، مهارکننده به راه‌انداز ژن متصل نمی‌شود!
- ۲ دو توالی تنظیمی راه‌انداز و اپراتور از جنس نوکلئیک اسیدند و بیان (رونویسی) هم‌زمان ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز را تنظیم می‌کنند.
- ۳ اپراتور حد فاصل بین راه‌انداز و محل آغاز رونویسی (جایگاه ژن‌ها) قرار دارد که پروتئین مهارکننده برای عدم انجام رونویسی به آن متصل می‌شود.
- ۴ وجود مهارکننده درون باکتری و حتی اتصال آن به اپراتور، مانع از اتصال RNA پلی‌مراز به راه‌انداز ژن نمی‌شود! زیرا مهارکننده فقط به اپراتور متصل می‌شود و نه به راه‌انداز!
- ۵ یک RNA پیک رونویسی‌شده از سه ژن، اطلاعات لازم برای تولید پروتئین‌های تجزیه‌کننده لاکتوز را دارد.
- ۶ ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز، بدون وجود هیچ فاصله‌ای و پی‌درپی قرار گرفته‌اند ← یک راه‌انداز و یک اپراتور موجود در شکل متعلق هستند به هر سه ژن متوالی و نه فقط برای اولین ژن! بنابراین می‌توان گفت الزاماً راه‌انداز و هر اپراتور فقط مختص یک ژن نیست!!
- ۷ بیان شدن و یا بیان نشدن هر سه ژن مربوط به تجزیه لاکتوز به طور هم‌زمان و با هم اتفاق می‌افتد؛ بنابراین هرگاه لاکتوز در محیط باکتری نیست، هر سه ژن، غیرفعال هستند و بیان (رونویسی) نمی‌شوند و هنگامی که لاکتوز در محیط هست، هر سه ژن، فعال‌اند و بیان نیز می‌شوند، زیرا هر سه ژن تحت کنترل و تنظیم یک راه‌انداز و یک اپراتور هستند.
- ۸ می‌توان گفت علاوه بر سه ژن مربوط به تجزیه لاکتوز، ژنی که از روی آن پروتئین مهارکننده ساخته می‌شود نیز در این تجزیه نقش دارد.

۹ وجود لاکتوز درون باکتری موجب شروع و افزایش رونویسی از ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز می‌شود. وجود لاکتوز در محیط، باعث افزایش تشکیل پیوندهای فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای سازنده RNA پیک می‌شود.

۱۰ اندازه طول هر دو توالی راه‌انداز و اپراتور از اندازه هر یک از ژن‌های مربوط به تجزیه لاکتوز بیشتر و بزرگ‌تر است. اگرچه یک RNA پیک از روی هر سه ژن متوالی، رونویسی می‌شود ولی از ترجمه این RNA پیک نهایی، ۳ نوع رشته پلی‌پپتیدی متفاوت ایجاد می‌شود؛ پس این رنای پیک به تعداد ژن‌ها رمزه آغاز و رمزه پایان دارد.

### تنظیم مثبت رونویسی از ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز



• تنظیم مثبت رونویسی به عنوان مثال در باکتری اشرشیاکلاهی صورت می‌گیرد.

در حضور قند مالتوز در محیط باکتری، انواعی از پروتئین به نام فعال‌کننده به توالی‌های خاصی از DNA که قبل از راه‌انداز هستند و جایگاه اتصال فعال‌کننده نام دارند، متصل می‌شود و به RNA پلی‌مراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی از ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز را آغاز کند. البته و در ابتدا، اتصال مالتوز به فعال‌کننده، عاملی است که موجب پیوستن آن به جایگاه اتصال می‌شود و فرایند رونویسی از ژن‌ها آغاز می‌گردد.

#### نکته‌ها

- ۱ پروتئین فعال‌کننده از لحاظ اندازه از قند دی‌ساکاریدی مالتوز بزرگ‌تر است.
- ۲ تعداد ژن‌های مربوط به تجزیه قند لاکتوز (در تنظیم منفی رونویسی) و تجزیه قند مالتوز (در تنظیم مثبت رونویسی) برابر بوده و مساوی عدد ۳ است.
- ۳ در تنظیم مثبت رونویسی برخلاف تنظیم منفی، توالی اپراتور وجود ندارد و ژن‌های مربوط به تجزیه قند مالتوز در مجاورت توالی راه‌انداز قرار دارند.
- ۴ دو توالی تنظیمی راه‌انداز و جایگاه اتصال فعال‌کننده، ساختار نوکلئیک اسیدی دارند و بیان (رونویسی) هم‌زمان ژن‌های مربوط به تجزیه مالتوز را تنظیم می‌کنند.
- ۵ بیان (رونویسی) شدن و یا نشدن هر سه ژن مربوط به تجزیه مالتوز در باکتری لاکلاهی به طور هم‌زمان و با هم صورت می‌گیرد؛ زیرا هر سه ژن، تحت کنترل و تنظیم یک راه‌انداز هستند.
- ۶ پروتئین فعال‌کننده پیش از ورود مالتوز به درون باکتری، ساخته شده است.
- ۷ اگرچه در حالت عدم حضور مالتوز درون باکتری، مانع فیزیکی برای جلوگیری از اتصال آنزیم RNA پلی‌مراز به راه‌انداز وجود ندارد ولی RNA پلی‌مراز فقط پس از ورود مالتوز به درون باکتری و اتصال آن به فعال‌کننده، می‌تواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی از ژن‌ها را آغاز کند.
- ۸ جایگاه اتصال فعال‌کننده برخلاف توالی اپراتور که بعد از راه‌انداز است، قبل از توالی راه‌انداز قرار می‌گیرد.
- ۹ در حالت نبود مالتوز درون باکتری و عدم انجام رونویسی از ژن‌های مربوطه، پروتئین فعال‌کننده به RNA پلی‌مراز متصل نیست! در حالی که در حالت حضور مالتوز و انجام رونویسی از ژن‌های مربوطه، پروتئین فعال‌کننده علاوه بر چسبیدن به جایگاه اتصال به آنزیم RNA پلی‌مراز نیز متصل می‌شود.