

## پایه دهم

- فصل ۱: دنیای زنده ————— ۹
- فصل ۲: گوارش و جذب مواد ————— ۳۰
- فصل ۳: تبادلات گازی ————— ۶۰
- فصل ۴: گردش مواد در بدن ————— ۸۳
- فصل ۵: تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد ————— ۱۱۴
- فصل ۶: از یاخته تا گیاه ————— ۱۲۸
- فصل ۷: جذب و انتقال مواد در گیاهان ————— ۱۵۱

## پایه یازدهم

- فصل ۱: تنظیم عصبی ————— ۱۶۸
- فصل ۲: حواس ————— ۱۹۵
- فصل ۳: دستگاه حرکتی ————— ۲۱۹
- فصل ۴: تنظیم شیمیایی ————— ۲۴۱
- فصل ۵: ایمنی ————— ۲۶۰
- فصل ۶: تقسیم یاخته ————— ۲۸۶
- فصل ۷: تولیدمثل ————— ۳۱۲
- فصل ۸: تولیدمثل نهان دانگان ————— ۳۳۸
- فصل ۹: پاسخ گیاهان به محرکها ————— ۳۵۸

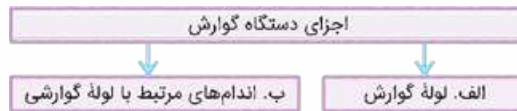
## پایه دوازدهم

- فصل ۱: مولکولهای اطلاعاتی ————— ۳۷۳
- فصل ۲: جریان اطلاعات در یاخته ————— ۳۹۶
- فصل ۳: انتقال اطلاعات در نسلها ————— ۴۲۰
- فصل ۴: تغییر در اطلاعات وراثتی ————— ۴۴۲
- فصل ۵: از ماده به انرژی ————— ۴۶۵
- فصل ۶: از انرژی به ماده ————— ۴۸۴
- فصل ۷: فناوریهای نوین زیستی ————— ۵۱۱
- فصل ۸: رفتارهای جانوران ————— ۵۳۲

## ساختار و عملکرد لوله گوارش

همان‌طور که می‌دانیم موجودات زنده برای ادامه حیات نیاز به فرایند جذب و استفاده از انرژی دارند. بنابراین غذا خوردن علاوه بر ایجاد لذت، انرژی لازم را برای سالم ماندن، درست عمل کردن و رشد و نمو یاخته‌های بدن تأمین می‌کند. در واقع این دستگاه گوارش است که غذا را به شکلی قابل جذب و استفاده درمی‌آورد. دستگاه گوارش از **۱ لوله گوارش ۲** به همراه اندام‌های دیگر مرتبط با آن تشکیل شده است. این اندام‌ها به لوله گوارش، در گوارش مواد غذایی یاری‌رسانی می‌کنند.

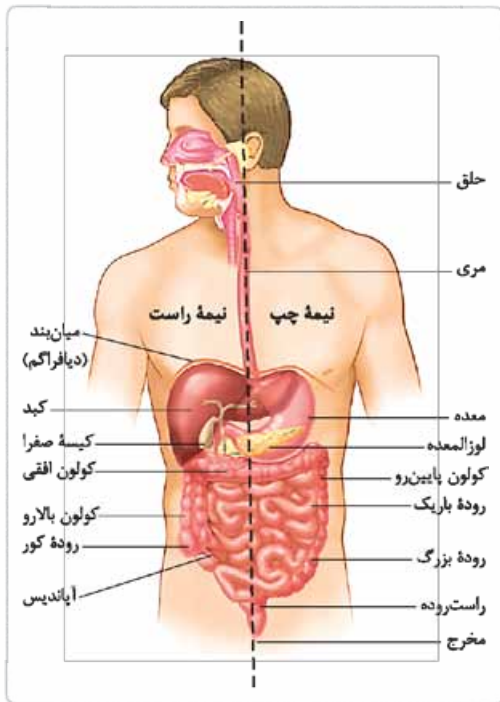
### اجزای دستگاه گوارش



**الف. لوله گوارش** لوله‌ای پیوسته است که از دهان آغاز می‌شود و به مخرج ختم می‌گردد. این لوله شامل: **۱ دهان ۲ حلق ۳ مری ۴ معده ۵ روده باریک ۶ روده بزرگ ۷ راست‌روده ۸ مخرج** می‌باشد.

### نکات شکل

- ▶ مری با عبور از میان‌بند (دیافراگم) در نیمه چپ بدن به معده متصل می‌شود. پس بنداره انتهایی مری در نیمه چپ بدن قرار دارد.
- ▶ بیشتر بخش‌های این لوله درون حفره شکمی و پایین‌تر از میان‌بند (دیافراگم) قرار گرفته‌اند و درون حفره شکمی از طریق بخشی از صفاق به یکدیگر متصل هستند.
- ▶ قسمت بیشتر معده در نیمه چپ بدن قرار دارد.
- ▶ معده در نیمه راست بدن به دوازدهه متصل می‌شود.
- ▶ بنداره پیلور در نیمه راست بدن قرار دارد.
- ▶ لوب بزرگ کبد در نیمه راست بدن قرار دارد.
- ▶ بخش کوچکی از کبد که در نیمه چپ بدن قرار دارد قسمتی از معده را می‌پوشاند.
- ▶ کیسه صفرا در نیمه راست بدن در زیر لوب بزرگ کبد قرار دارد.
- ▶ لوزالمعده به موازات معده و زیر آن قرار گرفته است، بخش پهن لوزالمعده در سمت راست در فرورفتگی ابتدای دوازدهه قرار دارد.
- ▶ طول بخش‌های مختلف روده بزرگ از زیاد به کم به ترتیب شامل کولون پایین‌رو، کولون افقی و کولون بالارو می‌باشد.
- ▶ آپاندیس، روده کور و کولون بالارو در نیمه راست بدن قرار دارند.
- ▶ کولون پایین‌رو در نیمه چپ بدن قرار دارد.
- ▶ طحال در پشت معده و نیمه چپ بدن قرار دارد.



در بخش‌های مختلف لوله گوارشی ماهیچه‌های حلقوی به نام **بنداره (اسفنکتر)** وجود دارد. این ماهیچه‌ها در اغلب اوقات (به‌جز هنگام عبور مواد) بسته هستند و علاوه بر این که از برگشت محتویات لوله به بخش قبلی، جلوگیری می‌کنند در تنظیم عبور مواد از بخشی از لوله گوارش به بخشی دیگر نقش دارند. اغلب این بنداره‌ها از جنس ماهیچه صاف بوده و برخی نیز ماهیچه اسکلتی هستند.

### جمع‌بندی > تعدادی از اسفنکترهای مهم مسیر لوله گوارشی به شرح زیر است:

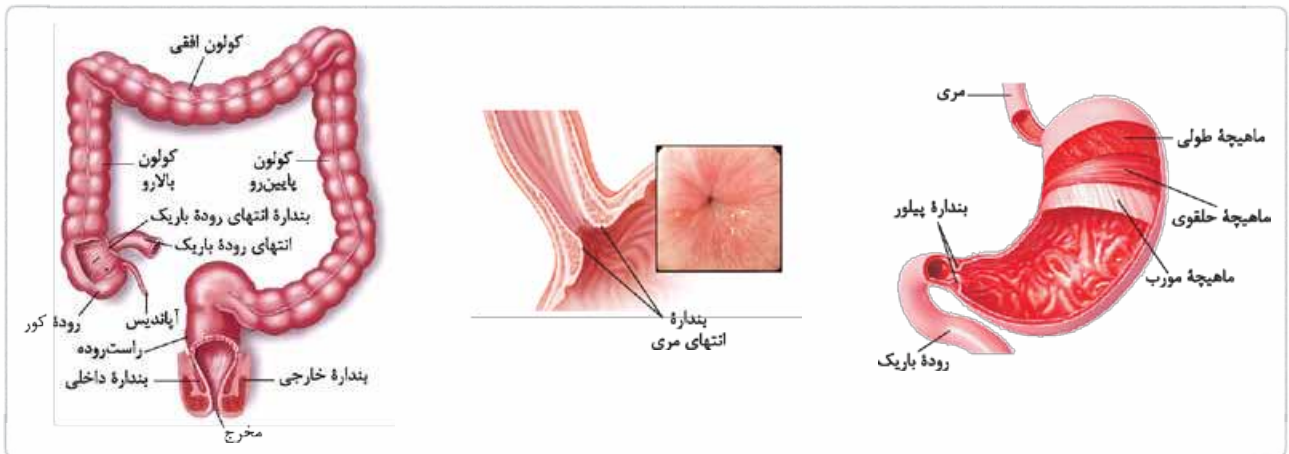
نام بنداره	نوع ماهیچه	نوع عمل	نوع عصب‌دهی توسط دستگاه عصبی محیطی	محل بنداره	وظیفه بنداره
۱. ابتدای مری	اسکلتی (مخطط)	غیرارادی	پیکری	ابتدای مری	(۱) تنظیم عبور مواد از حلق به مری و (۲) جلوگیری از بازگشت غذا از مری به حلق
۲. انتهای مری	صاف	غیرارادی	خودمختار	بین مری و معده	(۱) تنظیم عبور مواد از مری به معده و (۲) جلوگیری از بازگشت غذا از معده به مری
۳. انتهای معده (پیلور)	صاف	غیرارادی	خودمختار	در محل اتصال معده به روده باریک (دوازدهه)	(۱) تنظیم عبور مواد از معده به روده باریک (۲) جلوگیری از بازگشت غذا از روده باریک به معده

نام بنداره	نوع ماهیچه	نوع عمل	نوع عصب‌دهی توسط دستگاه عصبی محیطی	محل بنداره	وظیفه بنداره
۴. انتهای روده باریک	صاف	غیرارادی	خودمختار	در محل اتصال روده باریک به ابتدای روده بزرگ (روده کور)	۱) تنظیم عبور مواد از روده باریک به روده بزرگ ۲) جلوگیری از بازگشت مواد از روده بزرگ به روده باریک
۵. داخلی مخرج	صاف	غیرارادی	خودمختار	انتهای راست‌روده	ممانعت از خروج مدفوع تا زمان فعال شدن انعکاس دفع
۶. خارجی مخرج	اسکلتی (مخطط)	ارادی	پیکری	انتهای راست‌روده	جلوگیری از خروج غیرارادی مدفوع

\* تذکر: در کتاب درسی از بنداره ابتدای مری و بنداره انتهای روده باریک نامی برده نشده است، ولی چون کتاب درسی وظیفه بنداره‌ها را تنظیم عبور مواد می‌داند، لذا توصیه می‌شود این دو بنداره را نیز یاد بگیرید.

### نکات

- در محل بنداره‌ها، دیگر لایه‌های لوله گوارشی نیز وجود دارد، اما در این محل‌ها، ماهیچه حلقوی لایه ماهیچه‌ای ضخامت بیشتری دارد.
- در برخی از این بنداره‌ها هنگام استفراغ، مواد در جهت برعکس عبور می‌کنند.
- بنداره ابتدای مری بالای میان‌بند (دیافراگم) قرار دارد، بقیه بنداره‌های لوله گوارشی زیر پرده میان‌بند قرار دارند.
- هر کدام از اندام‌های مری و روده بزرگ، دو بنداره دارند.
- به‌جز مری، هیچ اندام دیگری از لوله گوارش، در ابتدای خود بنداره ندارد.



### ب. اندام‌های مرتبط با لوله گوارش

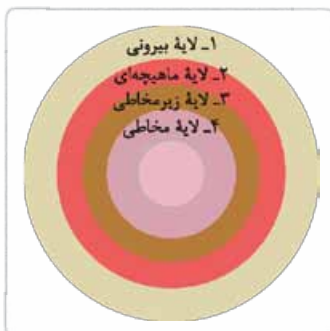
- اندام‌هایی که جزء لوله گوارش نیستند، اما جزء دستگاه گوارش بوده و در گوارش غذا نقش دارند، شامل: **۱** غده‌های بزاقی **۲** پانکراس (لوزالمعده) **۳** کبد **۴** کیسه صفرا

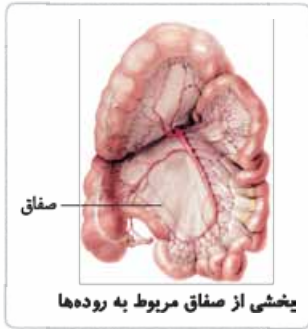
**نکته** آپاندیس نیز در محل روده کور با لوله گوارش مرتبط است ولی چون در گوارش غذا نقشی ندارد، جزء دستگاه گوارشی محسوب نمی‌شود، آپاندیس جزء **دستگاه لنفی** است؛ پس لزوماً این‌گونه نیست که، هر اندامی که با لوله گوارش مرتبط است جزء دستگاه گوارشی باشد.

### ساختار لوله گوارش

دیواره بخش‌های مختلف لوله گوارش، ساختار تقریباً مشابهی دارند؛ این لوله از خارج به داخل، چهار لایه دارد که در شکل مقابل به ترتیب از خارج به داخل می‌بینید:

- لایه بیرونی** خارجی‌ترین لایه لوله گوارش شامل بافت‌های متنوعی است که در آن بافت پیوندی سست رگ‌های خونی، لنفی و اعصاب دیده می‌شوند. لایه بیرونی لوله گوارشی در حفره شکمی (زیر میان‌بند) بخشی از صفاق است؛ به عبارت دیگر، در حفره شکمی بخشی از صفاق، لایه بیرونی لوله گوارشی را می‌سازد.
- لایه بیرونی قسمتی از لوله گوارشی که خارج از حفره شکمی هستند (دهان، حلق و بخش عمده مری) بخشی از صفاق نیست.





صفاق

بخشی از صفاق مربوط به روده‌ها

❖ **صفاق:** پرده‌ای است که در ساختار آن بافت پیوندی سست و بافت‌های دیگر به کار رفته است. این پرده: **۱** علاوه بر این که بخشی از آن در تشکیل لایه بیرونی لوله گوارشی حفره شکمی شرکت می‌کند، **۲** قسمت‌هایی از لوله گوارشی (معه، روده باریک، روده بزرگ) و اندام‌های درون حفره شکم، مانند کبد، لوزالمعده، طحال، مثانه، تخمدان‌ها و رحم را از خارج به هم وصل می‌کند. پرده صفاق شفاف بوده و در آن سرخرگ‌ها، سیاهرگ‌ها (از جمله سیاهرگ باب)، رگ‌های لنفی و اعصاب حضور دارند.

### نکات

- ❖ بخش انتهایی مری، بنداره انتهایی مری، معده، بنداره پیلور، روده باریک، بنداره انتهایی روده باریک، روده بزرگ، اندام‌های کبد، کیسه صفرا، لوزالمعده، طحال، رحم، تخمدان‌ها و مثانه همگی در زیر میان‌بند (دیافراگم) و در حفره شکمی قرار دارند.
- ❖ کلیه‌ها اگرچه پایین‌تر از دیافراگم قرار دارند، اما خارج از محدوده صفاق می‌باشند.

**۲. لایه ماهیچه‌ای** این لایه در **۱** دهان، **۲** حلق، **۳** ابتدای مری و **۴** بنداره خارجی مخرج از نوع **ماهیچه اسکلتی** (مخطط) بوده و در دیگر قسمت‌های لوله گوارشی (بخش عمده مری، معده، روده باریک، روده بزرگ، راست‌روده و بنداره داخلی مخرج) از نوع **ماهیچه صاف** می‌باشد. ماهیچه اسکلتی لوله گوارش تحت عصب‌دهی اعصاب بخش پیکری می‌باشد. اما ماهیچه صاف آن تحت عصب‌دهی اعصاب بخش خودمختار قرار دارد. انقباض ماهیچه‌ها در این لایه موجب خرد و نرم شدن غذا (گوارش مکانیکی)، مخلوط‌شدن آن با شیرهای گوارشی (گوارش شیمیایی) و حرکت محتویات لوله می‌شود. در طول لوله گوارشی (به جز معده) یاخته‌های لایه ماهیچه‌ای به دو شکل طولی و حلقوی سازمان یافته‌اند. لایه ماهیچه‌ای طولی به سطح داخلی لایه بیرونی (خارجی تر است) و لایه ماهیچه‌ای حلقوی به لایه زیرمخاط (داخلی تر است) متصل است. در معده سه لایه ماهیچه‌ای به شکل طولی، حلقوی و مورب وجود دارد، لایه طولی با سطح داخلی لایه بیرونی و لایه مورب با لایه زیرمخاط (داخلی تر است) در تماس است.

### نکات

- ❖ ضخامت لایه ماهیچه‌ای در معده، بیشتر از سایر بخش‌های لوله گوارش است.
  - ❖ در طول لوله گوارشی، از **دهان تا مخرج** بین لایه ماهیچه‌ای طولی و حلقوی، یک لایه نازک از بافت پیوندی سست وجود دارد.
  - ❖ در طول لوله گوارشی، از مری تا مخرج بین لایه ماهیچه‌ای طولی و حلقوی، **شبکه یاخته‌ای عصبی** (شبکه عصبی روده‌ای) دیده می‌شود.
  - ❖ در لایه ماهیچه‌ای، رگ‌های خونی و لنفی نیز مشاهده می‌شوند.
- ۳. لایه زیرمخاطی (زیرمخاط)** این لایه از داخل با لایه مخاطی و از خارج با لایه ماهیچه‌ای حلقوی (در معده با ماهیچه مورب) در ارتباط بوده و شامل بافت پیوندی سست است. این ساختار (زیرمخاط) باعث می‌شود که، لایه مخاطی **۱** روی لایه ماهیچه‌ای بچسبد و **۲** به راحتی روی آن (لایه ماهیچه‌ای) بلغزد یا چین بخورد.

### نکات

- ❖ در این لایه رگ‌های خونی و لنفی فراوان مشاهده می‌شود.
- ❖ در این لایه (از مری تا مخرج) همانند لایه ماهیچه‌ای، **شبکه یاخته‌ای عصبی** نیز دیده می‌شود.
- ❖ شبکه یاخته‌ای عصبی از مری تا مخرج در دو محل (۱) لایه ماهیچه‌ای و (۲) لایه زیرمخاطی دیده می‌شود.
- ❖ عروق خونی در ساختار دیواره خود بافت پیوندی، ماهیچه صاف و بافت پوششی سنگفرشی یک‌لایه دارد (در فصل ۴ با آن‌ها آشنا می‌شوید). به سبب وجود عروق خونی در لایه زیرمخاط، بافت ماهیچه‌ای (صاف) و بافت پوششی (سنگفرشی تک‌لایه) و بافت پیوندی در این لایه دیده می‌شود.

**۴. لایه مخاطی (مخاط)** این لایه نیز خود شامل سه نوع بافت است که به ترتیب از داخل به خارج عبارت‌اند از:

- ۱. بافت پوششی:** که سطح درونی لوله گوارش را می‌پوشاند. این بافت در سراسر لوله گوارش به ترشح ماده مخاطی (موسین + آب) می‌پردازد و در بعضی از قسمت‌های لوله گوارشی (دهان، معده، روده باریک و روده بزرگ) در جذب مواد نقش دارد.
- بافت پوششی در دهان، حلق و مری از نوع سنگفرشی چندلایه و در معده و روده‌ها از نوع استوانه‌ای یک‌لایه است. در زیر این یاخته‌های پوششی، غشای پایه قرار دارد.

**نکته** ماده مخاطی در طول لوله گوارشی توسط برخی از یاخته‌های پوششی از نوع سنگفرشی چندلایه و استوانه‌ای یک‌لایه ترشح می‌شود.

- ۲. بافت پیوندی سست:** به صورت آستر در اطراف بافت پوششی است و به نوعی از بافت پوششی پشتیبانی می‌کند. این بخش شامل رگ‌ها و مویرگ‌های خونی و لنفی است. این بافت در ساختار پرزهای روده نیز شرکت می‌کند.
- ۳. ماهیچه مخاطی:** در مجاورت لایه زیرمخاطی قرار گرفته است، از جنس ماهیچه صاف است.

### نکات

- ❖ در مخاط لوله گوارش از داخل به خارج به ترتیب: **۱** ماده مخاطی **۲** بافت پوششی **۳** بافت پیوندی سست **۴** یاخته‌های ماهیچه‌ای صاف دیده می‌شود.
- ❖ لایه مخاطی سطح درونی **۱** مجاری گوارشی، **۲** تنفسی و **۳** ادراری - تناسلی را که با محیط بیرون در تماس‌اند، می‌پوشاند.
- ❖ در لوله گوارش ضخامت لایه مخاطی از لایه زیرمخاط بیشتر است.



### نکات ترکیبی»

- ◀ لایه مخاطی در مجاری تنفسی و ادراری - تناسلی، شامل بافت پوششی است که بر روی آستری از بافت پیوندی قرار دارد و فاقد ماهیچه مخاطی است. به عبارت دیگر، ماهیچه مخاطی فقط در لایه مخاطی لوله گوارش دیده می‌شود. (فصل ۵ - یازدهم)
- ◀ لایه مخاطی در مجاری تنفسی و لوله‌های فالوپ دارای یاخته‌های پوششی مژک‌دار است. (فصل ۳ - دهم و فصل ۷ - یازدهم)

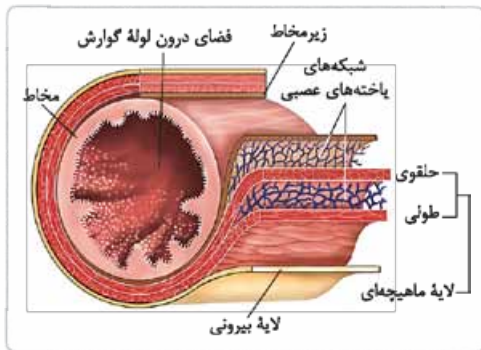
### «جمع‌بندی لایه مخاطی در یک نگاه!

در مجاری؛ از داخل به خارج به ترتیب شامل ماده مخاطی، بافت پوششی و بافت پیوندی سست می‌باشد که البته در لوله گوارش دارای ماهیچه مخاطی نیز هست.	لایه مخاطی
همان گلیکوپروتئین موسین است که آب فراوان جذب کرده است.	ماده مخاطی
یاخته‌های لایه مخاطی علاوه بر ترشح ماده مخاطی، مواد دیگری نیز ترشح می‌کنند، مثلاً در دهان علاوه بر ماده مخاطی (موسین + آب) آنزیم‌های لیزوزیم، آمیلاز و یون‌هایی مانند بی‌کربنات نیز ترشح می‌شود که همگی ترشحات مخاطی به حساب می‌آیند.	ترشحات مخاطی

### نکات»

- ◀ در همه لایه‌های لوله گوارش رگ خونی، رگ لنفی و اعصاب قابل مشاهده است. در ضمن در ساختار سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها، بافت پوششی، بافت ماهیچه صاف و بافت پیوندی به کار رفته است. پس می‌توان نتیجه گرفت که بافت‌های پوششی، ماهیچه‌ای و پیوندی در هر ۴ لایه لوله گوارش یافت می‌شوند.
- ◀ به دلیل این‌که در تمامی لایه‌های لوله گوارش بافت پیوندی (سست) وجود دارد، پس در همه لایه‌ها رشته‌های کلاژن و رشته‌های کشسان و ماده زمینه‌ای دیده می‌شود.

### «جمع‌بندی لایه‌های لوله گوارش در یک نگاه!

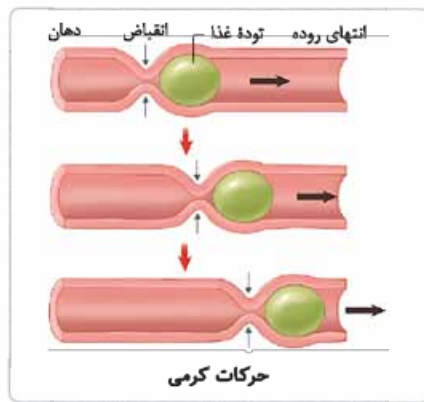


ویژگی	جنس بافت	لایه‌ها
در حفره شکمی، این لایه بخشی از صفاق است.	انواعی از بافت‌ها مانند پیوندی سست به همراه رگ‌های خونی و لنفی و قسمت‌هایی از عصب	لایه بیرونی
<ul style="list-style-type: none"> <li>● تحت عصبدهی اعصاب بخش پیکری بوده و به صورت ارادی یا انعکاسی (غیرارادی) منقبض می‌شود.</li> <li>● یاخته‌های لایه ماهیچه‌ای در این قسمت‌های لوله گوارشی به دو شکل طولی (خارجی‌تر) و حلقوی (داخلی‌تر) سازمان‌دهی می‌شوند.</li> <li>● بین ماهیچه‌های طولی و حلقوی بافت پیوندی سست قرار دارد.</li> <li>● در مری بین دو ماهیچه طولی و حلقوی علاوه بر بافت پیوندی سست، شبکه یاخته‌ای عصبی نیز وجود دارد.</li> </ul>	ماهیچه اسکلتی در دهان، حلق، اوایل مری و بنداره خارجی مخرج	لایه ماهیچه‌ای
<ul style="list-style-type: none"> <li>● این ماهیچه‌ها تحت عصبدهی اعصاب بخش خودمختار و شبکه عصبی روده‌ای هستند و به صورت غیرارادی منقبض می‌شوند.</li> <li>● یاخته‌های لایه ماهیچه‌ای در این قسمت‌های لوله گوارشی (به‌جز معده) به دو شکل طولی (خارجی‌تر) و حلقوی (داخلی‌تر) سازمان‌دهی می‌شوند. در معده ماهیچه مورب نیز در زیر ماهیچه حلقوی وجود دارد.</li> <li>● بین ماهیچه‌های طولی و حلقوی بافت پیوندی سست قرار دارد.</li> <li>● در معده علاوه بر این‌که بین دو لایه طولی و حلقوی بافت پیوندی سست دیده می‌شود، بین دو لایه ماهیچه حلقوی و مورب نیز بافت پیوندی سست دیده می‌شود.</li> <li>● در این قسمت از لوله گوارشی (از ادامه مری تا مخرج) بین دو لایه ماهیچه‌های طولی و حلقوی علاوه بر بافت پیوندی سست، شبکه یاخته‌ای عصبی نیز دیده می‌شود.</li> </ul>	ماهیچه صاف در ادامه مری، معده و روده‌ها و بنداره داخلی مخرج	لایه ماهیچه‌ای
<ul style="list-style-type: none"> <li>● موجب می‌شود مخاط روی لایه ماهیچه‌ای بچسبد و به راحتی روی آن بلغزد یا چین بخورد.</li> <li>● ضخامت این لایه کم‌تر از لایه مخاطی است.</li> </ul>	شامل بافت پیوندی سست، رگ‌های خونی و لنفی فراوان، شبکه یاخته‌ای عصبی	لایه زیرمخاط

ویژگی	جنس بافت	لایه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> <li>از جنس ماهیچه صاف است.</li> <li>در روده باریک به حرکت پرزها کمک می‌کند.</li> </ul>	ماهیچه مخاطی	لایه مخاطی
بافت پوششی و ماهیچه مخاطی را به هم می‌چسباند.	بافت پیوندی سست	
در دهان، حلق و مری از نوع بافت پوششی سنگفرشی چندلایه و در معده و روده باریک، روده بزرگ از نوع بافت پوششی استوانه‌ای تک‌لایه است.	بافت پوششی	
موسین (که از جنس گلیکوپروتئین است) با جذب آب فراوان ماده مخاطی را ایجاد می‌کند.	ماده مخاطی	

### حرکات لوله گوارش

در اثر انقباض ماهیچه‌های لوله گوارش، حرکات منظمی در این لوله ایجاد می‌شود. لوله گوارش، دو حرکت **کرمی شکل** و **قطعه‌قطعه کننده** دارد. **الف. حرکات کرمی شکل** محرک شروع حرکات کرمی، کشیدگی (اتساع) لوله گوارش در اثر ورود غذا می‌باشد که سبب تحریک یاخته‌های عصبی دیواره لوله گوارش می‌شود.



دقت کنید که بخش‌هایی از لوله گوارش که لایه ماهیچه‌ای از جنس اسکلتی است، توسط اعصاب بخش پیکری و بخش‌هایی که دارای ماهیچه صاف است، توسط اعصاب خودمختار و شبکه یاخته‌های عصبی، عصب‌دهی شده و به انقباض درمی‌آیند. حرکات کرمی شکل دو نقش دارند:

**۱ نقش پیش‌برندگی:** این حرکات از دهان به سمت مخرج وجود دارد که به صورت یک حلقه انقباضی ظاهر می‌شود.

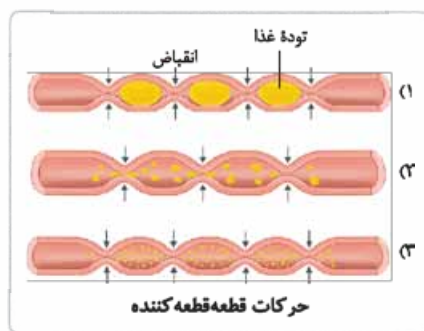
ماهیچه‌های پشت توده غذا منقبض و ماهیچه‌های جلوی توده غذا در حالت استراحت قرار گرفته که باعث تشکیل یک **حلقه انقباضی** در پشت توده غذایی شده و غذا را در طول لوله گوارشی به جلو می‌راند.

**۲ نقش مخلوط‌کنندگی:** حرکات کرمی شکل علاوه بر جلو راندن مواد غذایی (از دهان به سوی مخرج)، نقش مخلوط‌کنندگی نیز دارند. البته در برخی محل‌ها که در آنجا محتویات لوله به بنداره (مانند پیلور) برخورد می‌کند، فقط نقش **مخلوط‌کنندگی** دارد.

**نکته** حرکات کرمی از حلق آغاز شده و به سمت مخرج ادامه می‌یابد.

**نکته ترکیبی** حرکات کرمی شکل تنها مختص لوله گوارش نیستند! مثلاً در فصل ۵ خواهید خواند که ادرار پس از ساخته شدن در کلیه‌ها، توسط ۲ لوله به نام میزنای به مثانه منتقل می‌شود. حرکات ادرار در میزنای به واسطه انقباضات کرمی شکل ماهیچه‌های صاف دیواره میزنای انجام می‌شود. (فصل ۵ - دهم)

**ب. حرکات قطعه‌قطعه کننده** این حرکات در روده باریک باعث ریزتر کردن غذا و مخلوط کردن غذا با شیره گوارشی می‌شود. طی این حرکات بخش‌هایی از



عضلات لوله گوارش به صورت یکی در میان منقبض می‌شوند، سپس این بخش‌ها از حالت انقباض خارج و بخش‌های دیگر منقبض می‌شوند. تداوم این حرکات باعث ریزتر کردن و مخلوط شدن بیشتر محتویات لوله با شیره‌های گوارشی می‌شود.

### نکات

حرکات قطعه‌قطعه کننده در تمامی طول لوله گوارشی دیده نمی‌شود و در بخش‌هایی از لوله گوارشی مانند روده باریک دیده می‌شود.

در انعکاس استفراغ، حرکات کرمی در جهت برعکس انجام می‌شود و محتویات لوله گوارش از معده و حتی بخش ابتدای روده باریک (دوازدهه) به سرعت رو به دهان حرکت می‌کند.

**یک پله بالاتر** در استفراغ عادی که محتویات لوله گوارشی از معده به دهان برمی‌گردد دو بنداره باز می‌شود (بنداره ابتدا و انتهای مری)، ولی در استفراغ شدیدتر که محتویات لوله گوارشی از ابتدای روده باریک به دهان باز می‌گردد، سه بنداره باز می‌شود (پیلور و بنداره‌های ابتدا و انتهای مری). مرکز کنترل استفراغ در بصل‌النخاع قرار دارد.

## گوارش غذا

غذا در دستگاه گوارش با فرایند گوارش مکانیکی آسیاب شده و با فرایند گوارش شیمیایی، پیوند بین مولکول‌ها شکسته و مولکول‌های بزرگ به مولکول‌های کوچک تبدیل می‌شوند.

### ۱- دهان

دهان در بخش پایینی سر قرار گرفته و به کمک ماهیچه اسکلتی آرواره پایین به صورت ارادی یا انعکاسی (خمیازه) باز و بسته می‌شود. در دهان هر چهار لایه لوله گوارشی دیده می‌شود. لایه ماهیچه‌ای از نوع اسکلتی بوده که توسط اعصاب بخش پیکری عصب‌دهی می‌شود و عملکردی ارادی دارد، بافت پوششی در مخاط دهان از نوع سنگفرشی چندلایه است.

**نکته ترکیبی** آرواره بالا ثابت است و مفصل بین دو آرواره از نوع مفاصل متحرک می‌باشد. (فصل ۳ - یازدهم)

**نکته** در دهان، بافت ماهیچه‌ای صاف در لایه مخاطی و رگ‌های خونی دیده می‌شود.

**وظایف دهان:** دهان دارای دو نقش است: ۱ حسی ۲ گوارشی

**نکته ترکیبی** دهان علاوه بر اندام گوارشی، یکی از اندام‌های حسی بدن محسوب شده و دارای گیرنده‌های چشایی (حس ویژه) می‌باشد. در واقع گیرنده‌های حسی دهان باعث می‌شود که غذا خوردن تبدیل به یکی از لذت‌های زندگی شود. (فصل ۲ - یازدهم)

**نقش گوارشی دهان:** در دهان هر دو نوع گوارش مکانیکی و شیمیایی دیده می‌شود.

**الف گوارش مکانیکی دهان:** گوارش مکانیکی دهان به کمک ماهیچه‌های اسکلتی، زبان، دندان‌ها و آرواره‌ها، اتفاق می‌افتد. با انقباض ماهیچه‌های اسکلتی و حرکت آرواره پایینی، غذا توسط دندان‌ها خرد شده و توسط زبان مخلوط می‌گردد. آسیاب‌شدن غذا به ذره‌های بسیار کوچک برای فعالیت بهتر آنزیم‌های گوارشی و اثر بزاق بر آن لازم است.

**نکته** دهان در یک فرد بالغ در هر نیم‌فک دارای ۸ عدد دندان است که مجموعاً ۳۲ دندان می‌شود.

**نکته ترکیبی** زبان عضوی ماهیچه‌ای (اسکلتی) است که توسط بافتی پوششی احاطه شده است و علاوه بر این که در گوارش نقش دارد، به واسطه داشتن جوانه‌های چشایی، اندامی حسی نیز محسوب می‌شود. (فصل ۲ - یازدهم)

**ب گوارش شیمیایی دهان:** گوارش شیمیایی دهان به واسطه بزاق انجام می‌شود.

**۱ محل تولید بزاق:** محل تولید بزاق، غدد بزاقی است.

**● ساختار غدد بزاقی:** غدد بزاقی، جزء غدد برون‌ریز بوده که در ساختار خود پخته‌هایی دارند که ترکیبات بزاق را تولید و به درون مجاری ترشح می‌کنند، پس بزاق از طریق این مجاری وارد حفره دهانی می‌شود. باید توجه کرد که غدد بزاقی جزء لوله گوارش نیستند.

**● انواع غدد بزاقی:** شامل تعدادی غده‌های کوچک پراکنده در حفره دهانی و ۳ جفت (۶ عدد) غده بزرگ (اصلی) به شرح زیر است.

**غدد بزاقی بزرگ شامل:**

- غدد بناگوشی:** این دو غده بزرگ‌ترین غدد بزاقی با بیشترین حجم ترشحات هستند. این غدد از بالا هم‌راستا با گوش و از پایین هم‌راستا با آرواره پایین دیده می‌شوند. هر غده توسط یک مجرا محتویات خود را از بخش بالایی دهان به موازات دندان‌های آسیای فک بالا، وارد لوله گوارش (دهان) می‌کند.
- غده زیر آرواره‌ای:** اندازه‌ای متوسط داشته و نسبت به غده زیربانی در موقعیت پایین‌تری قرار دارد. مجرای هر غده با عبور از مجاور غده زیربانی، بزاق را به بخش زیر زبان می‌ریزد.
- غده زیربانی:** از دو غده دیگر کوچک‌تر و به لب‌ها نزدیک‌تر است. هر غده توسط چندین مجرای کوچک، بزاق را به زیر زبان می‌ریزند.

### نکات

- ◀ غدد بناگوشی برخلاف غدد زیربانی و زیر آرواره‌ای، توسط استخوان‌های آرواره حفاظت نمی‌شوند.
- ◀ حجم ترشح بزاق در ساعات مختلف شبانه‌روز و یا در شرایط مختلف کم و زیاد می‌شود؛ برای مثال فعال شدن سمپاتیک می‌تواند ترشح بزاق را کاهش دهد.

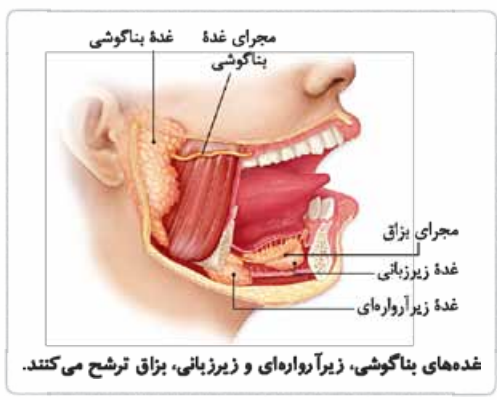
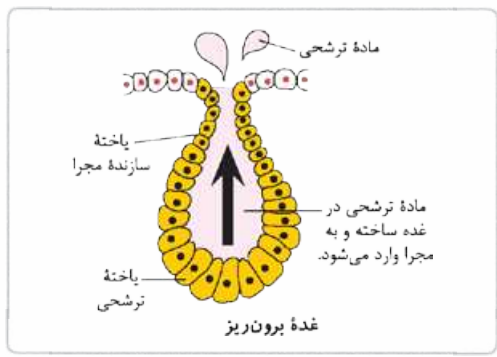
### نکات ترکیبی

- ◀ ترشح بزاق یک فرایند انعکاسی (انعکاس مغزی) بوده و مرکز کنترل ترشح بزاق **پل مغزی** است. (فصل ۱ - یازدهم)
- ◀ علاوه بر تحریک گیرنده‌های چشایی در دهان، دیدن و بوییدن نیز با تأثیر بر مرکز عصبی در انعکاس ترشح بزاق نقش دارد. (فصل ۱ - یازدهم)
- ◀ معمولاً به هنگام فعالیت هیجانی یا استرس، به علت فعال شدن اعصاب سمپاتیک حجم ترشحات بزاقی کاهش می‌یابد. (فصل ۱ - یازدهم)

**۲ ترکیبات بزاق:** بزاق از مواد مختلفی، تشکیل شده است، که عبارت‌اند از:

۱. آب: از خوناب تأمین شده و بیشترین حجم ترکیبات بزاق را تشکیل می‌دهد.

۲. یون‌ها



۳. **موسین:** نوعی گلیکوپروتئین (قند + پروتئین) است که با جذب آب فراوان، ماده مخاطی ایجاد می‌کند.

ماده مخاطی؛ **الف** دیواره لوله گوارش را از خراشیدگی حاصل از تماس غذا یا آسیب شیمیایی (بر اثر آنزیم یا اسید) حفظ می‌کند. **ب** ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند و به توده‌های لغزنده و قابل بلع تبدیل می‌کند.

۴. **آنزیم‌های متنوع:** دو نوع از آنزیم‌های آن عبارتند از:

- **آنزیم آمیلاز:** نشاسته را به دی‌ساکارید مالتوز و مولکول‌های درشت‌تر از مالتوز آبکافت می‌کند.
- **آنزیم لیزوزیم:** در از بین بردن باکتری‌های درون دهان نقش دارد. (خط اول دفاعی - دفاع غیراختصاصی)

**نکته** در بزاق انواعی از آنزیم‌ها یافت می‌شود که آمیلاز و لیزوزیم دو نمونه از آن‌ها هستند.

**نکته ترکیبی** لیزوزیم، آنزیمی با فعالیت برون‌یاخته‌ای است و در خط اول دفاعی بدن نقش دارد، اما لیزوزوم اندامکی است که آنزیم‌های درون آن

در گوارش درون‌یاخته‌ای شرکت دارند. (فصل ۵ - یازدهم)

۲. **حلق** گذرگاهی است که هم هوا و هم غذا از آن عبور می‌کند. هر چهار لایه‌ای که در ساختار لوله گوارشی وجود دارد در ساختار دیواره حلق نیز دیده می‌شود. لایه ماهیچه‌ای (طولی و حلقوی) دیواره حلق از نوع اسکلتی بوده که تحت عصبدهی اعصاب بخش پیکری هستند و هنگام بلع به صورت غیرارادی عمل می‌کنند. با ورود غذا به حلق و کشیده شدن دیواره آن، گیرنده‌های حسی (نوعی گیرنده مکانیکی تماسی) موجود در دیواره حلق تحریک می‌شوند.

**نکات ترکیبی**

◀ حلق چهارراهی است که (از بالا با بینی، از جلو با دهان، از پایین با مری و نای) و دو مجرا (شیپور استنشاق) در ارتباط است. انتهای حلق به یک دوراهی ختم می‌شود که در این دوراهی، حنجره در جلو و مری در پشت قرار دارد. (فصل ۲ - یازدهم)

◀ در پایین حلق و در ابتدای نای، حنجره قرار دارد که توسط اپی‌گلوت، هنگام بلع و استفراغ بسته می‌شود. اپی‌گلوت جزئی از حنجره بوده و ساختار غضروفی دارد. (فصل ۳ - دهم)

۳. **مری** در پشت نای قرار گرفته است و هنگامی که خالی از غذاست، قطر آن از نای کم‌تر است. انتهای مری پس از عبور از پرده ماهیچه‌ای میان‌بند، کمی به سمت چپ متمایل شده و به معده می‌رسد.

◀ **ساختار دیواره مری:** در دیواره مری هر چهار لایه لوله گوارشی (لایه بیرونی، لایه ماهیچه‌ای، لایه زیرمخاطی و لایه مخاطی) دیده می‌شود.

لایه ماهیچه‌ای (طولی و حلقوی) در ابتدای مری اسکلتی بوده که توسط اعصاب بخش پیکری، عصبدهی می‌شود و به صورت غیرارادی عمل می‌کند. این لایه در ادامه از نوع ماهیچه صاف می‌باشد که توسط بخش اعصاب خودمختار، عصبدهی می‌شود و به صورت غیرارادی عمل می‌کند. در بین دو لایه ماهیچه طولی و حلقوی مری، بافت پیوندی **سست و شبکه یاخته‌های عصبی** دیده می‌شود.

بنداره ابتدایی آن از نوع اسکلتی است که به صورت غیرارادی منقبض می‌شود و عصب بخش پیکری به آن وارد می‌شود و بنداره انتهایی مری از جنس ماهیچه صاف است که توسط اعصاب بخش خودمختار، عصبدهی شده و به صورت غیرارادی عمل می‌کند.

در مخاط مری بافت پوششی سنگفرشی چندلایه دیده می‌شود. مخاط مری چندان به شیره معده مقاوم نیست و در افرادی که ریفلکس معده دارند، مخاط مری دچار آسیب می‌شود.

**نکات**

◀ بنداره انتهایی مری متعلق به مری است نه معده؛ در ضمن این بنداره اندکی از رأس معده پایین‌تر است.

◀ غده‌های مخاطی مری، ماده مخاطی ترشح می‌کنند تا حرکت غذا آسان‌تر شده و مری دچار خراشیدگی نشود.

**بلع غذا** بلع فرایندی است که طی آن غذا از دهان به معده منتقل می‌شود.

بلع در دو مرحله انجام می‌شود: ۱. مرحله ارادی ۲. مرحله غیرارادی

◀ **۱. مرحله ارادی:** در این مرحله توده غذا با اراده فرد و به کمک فشار زبان (دارای ماهیچه‌های مخطط و ارادی) به انتهای دهان و در نهایت به حلق رانده می‌شود.

◀ **۲. مرحله غیرارادی:** این مرحله خود شامل دو بخش است: **الف** حرکت غذا از حلق تا مری **ب** حرکت غذا از مری تا معده

**الف** **حرکت غذا از حلق تا مری:** با رسیدن غذا به حلق، وقایع زیر اتفاق می‌افتد: ۱. دیواره حلق کشیده شده و گیرنده‌های حسی (نوعی گیرنده مکانیکی) موجود

در دیواره تحریک می‌شوند و پیام عصبی در آن‌ها ایجاد می‌شود. ۲. پیام حسی از طریق رشته‌های عصبی حسی به مرکز بلع در بصل‌النخاع ارسال می‌شود. ۳. مرکز

بلع در بصل‌النخاع با ارسال پیامی به مرکز تنفس در همان بصل‌النخاع باعث قطع عمل تنفس می‌شود. ۴. برچاکنای (اپی‌گلوت) پایین آمده و مسیر حنجره (مسیر

ورود هوا) را می‌بندد، زبان کوچک بالا رفته و مسیر بینی را می‌بندد. ۵. مرکز بلع از طریق رشته‌های عصبی پیکری با ارسال پیامی (غیرارادی) به ماهیچه‌های حلق

باعث شروع حرکت کرمی در حلق می‌شود. ۶. لقمه غذا به واسطه حرکت کرمی حلق، بنداره ابتدای مری را باز کرده و وارد مری می‌شود.

**ب** **حرکت غذا از مری تا معده:** با ورود غذا به مری، دیواره مری گشاد شده و یاخته‌های عصبی دیواره لوله را تحریک می‌کند، یاخته‌های عصبی، ماهیچه‌های

دیواره را به انقباض وادار می‌کند در نتیجه حرکت کرمی شکل در مری ظاهر شده و غذا را در طول مری به سمت معده می‌راند. در ایجاد حرکات کرمی شکل مری

علاوه بر اعصاب محیطی که از مرکز بلع به مری وارد می‌شود، شبکه یاخته‌ای عصبی نیز نقش دارد.

**نکات**

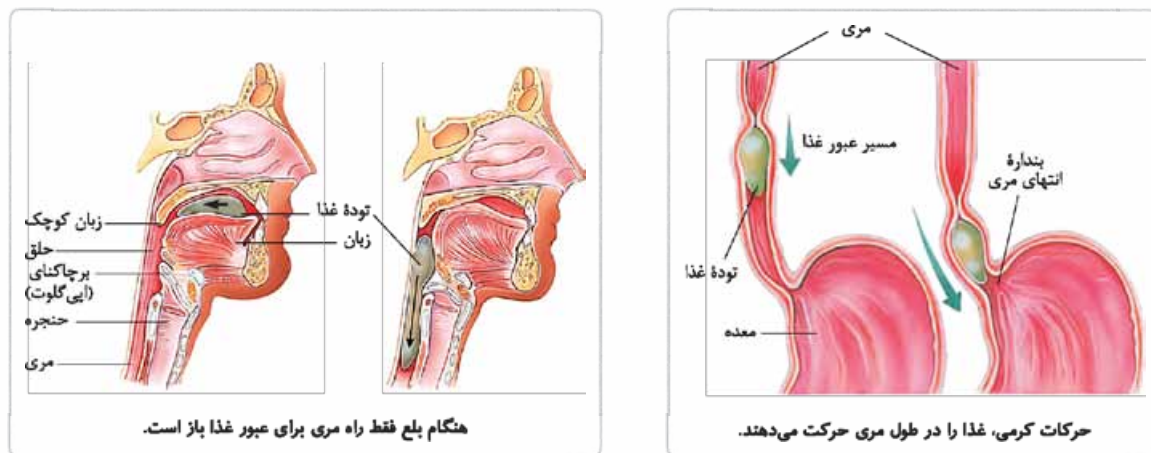
◀ بلع ابتدا به صورت ارادی آغاز می‌شود، اما ادامه بلع، فرایندی انعکاسی است که هم عضلات اسکلتی و هم عضلات صاف در آن به انقباض درمی‌آیند.

◀ بنداره‌های ابتدا و انتهای مری معمولاً بسته هستند و اما در هنگام بلع و استفراغ باز می‌شوند.

◀ در بلع حرکات کرمی به صورت حلقه‌ای در پشت (بالا) توده غذایی ایجاد می‌شود.



در ابتدای مری به لایه ماهیچه‌های (اسکلتی) دیواره آن، اعصاب پیکری و به شبکه باخته‌ای عصبی که بین ماهیچه‌های طولی و حلقوی و زیرمخاط قرار دارند، اعصاب خودمختار وارد می‌شود، اما در ادامه مری به ماهیچه‌های صاف و شبکه باخته‌ای عصبی که بین ماهیچه طولی و حلقوی و لایه زیرمخاط دیواره آن قرار دارند اعصاب خودمختار وارد می‌شود.



### نکات شکل

- در استخوان جمجمه، بخش پیشانی و گونه‌ها، حفراتی قابل مشاهده است.
- قاعده ایپی‌گلوت (پرچاکنای) به جلوی حنجره متصل است و رأس ایپی‌گلوت به صورت آزاد و در مجاورت مری است.
- در دیواره حفره بینی ناهمواری‌هایی قابل مشاهده است.
- حین حرکت کرمی غذا در مری، یک حلقه انقباضی در پشت توده غذا ایجاد شده که توده را به جلو می‌راند. بنابراین گرانس زمین در جابه‌حایی توده غذایی، نقش محسوسی ندارد.

### جمع‌بندی وضعیت راه‌های گلو در فعالیت‌های مختلف

فرایند	زبان بزرگ	زبان کوچک	ایپی‌گلوت	حنجره (تارهای صوتی)
بلع	بالا	بالا	پایین	بالا
استفراغ	پایین	بالا	پایین	بالا
سرفه	پایین	بالا	ناگهان بالا	ناگهان پایین
عطسه	پایین	پایین	ناگهان بالا	ناگهان پایین

**۴. معده** بخش ابتدایی معده در سمت چپ حفره شکمی و پشت لوب کوچک کبد قرار گرفته، اما انتهای معده در وسط و کمی به سمت راست متمایل است. معده اندام کیسه‌ای شکل لوله گوارش است.

در معده هر دو نوع گوارش مکانیکی و شیمیایی دیده می‌شود. با ورود غذا به معده، چین‌خوردگی‌های آن باز شده تا غذای بلع‌شده در معده، انبار (ذخیره موقتی) گردد. گوارش شیمیایی غذا در معده به کمک شیره معده و گوارش مکانیکی به کمک حرکات معده انجام می‌شود. پس از این‌که غذا به طور کامل با شیره معده آمیخته شد، مخلوط حاصل را کیموس می‌گویند. با باز شدن بنداره پیلور کیموس وارد ابتدای روده باریک می‌شود. به ابتدای روده باریک دوازدهه می‌گویند.

ساختار دیواره معده: دیواره معده نیز مانند دیواره دیگر قسمت‌های لوله گوارشی دارای چهار لایه است:

**۱ لایه بیرونی؛** که بخشی از صفاق است.

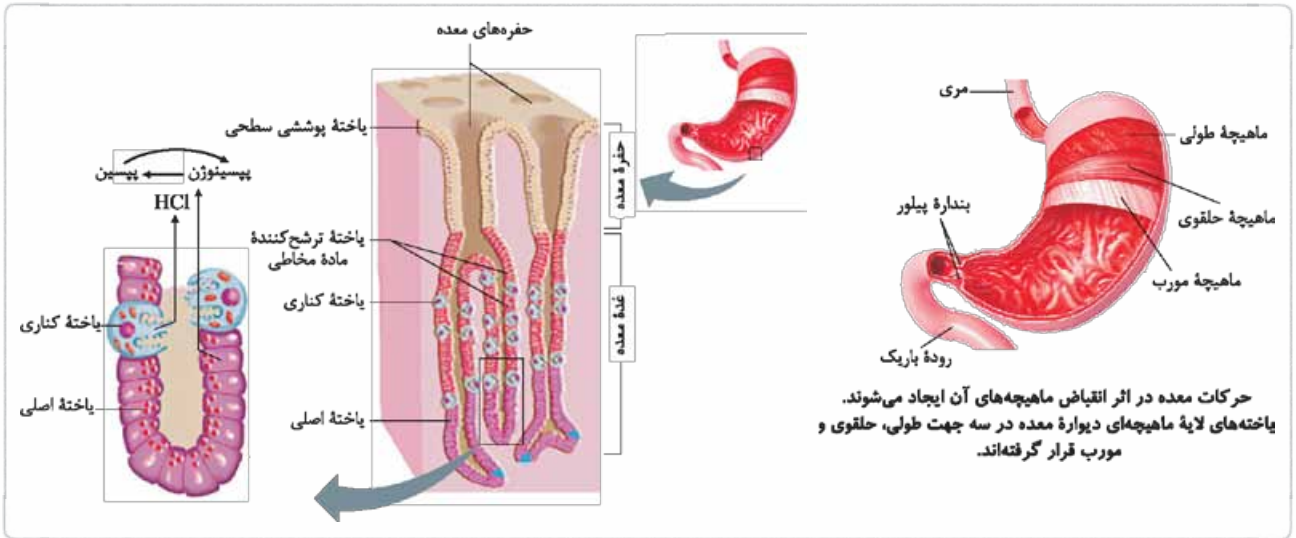
**۲ لایه ماهیچه‌ای؛** که در آن برخلاف سایر بخش‌های لوله گوارشی، باخته‌های ماهیچه‌ای در سه جهت (طولی، حلقوی و مورب) سازمان‌دهی یافته‌اند، این ماهیچه‌ها از نوع صاف بوده و تحت تأثیر شبکه باخته‌ای عصبی و دستگاه عصبی محیطی (اعصاب خودمختار) به صورت غیرارادی عمل می‌کنند و حرکات کرمی شکل معده در نتیجه انقباض این لایه ماهیچه‌ای اتفاق می‌افتد. لایه‌های ماهیچه‌ای توسط بافت پیوندی سست از هم جدا می‌شوند. در انتهای معده، ضخامت لایه ماهیچه‌ای بیشتر شده و بنداره پیلور ایجاد می‌شود.

**۳ لایه زیرمخاط؛** این لایه از بافت پیوندی سست بوده و حاوی شبکه باخته‌ای عصبی و رگ‌های خونی و لنفی فراوان است.

**۴ لایه مخاطی؛** که دارای باخته‌های پوششی سطحی و غده‌ای است. باخته‌های پوششی سطحی با تعداد فراوان‌تر سطح داخلی معده و حفرات معده را می‌پوشاند و باخته‌های غدد معده که در ادامه حفرات معده در غدد معده قرار دارند.

طبق شکل کتاب لایه مخاطی معده، یک لایه سلول پوششی استوانه‌ای است که در برخی جاها در بافت پیوندی سست زیرین خود فرو رفته است که این فرورفتگی سبب ایجاد حفره‌هایی در سطح داخلی معده می‌شود که قسمت بالایی را حفره معده و قسمت پایینی را غده معده می‌گوییم.

● غده‌های معده طبق شکل می‌توانند انشعاب‌دار باشند.



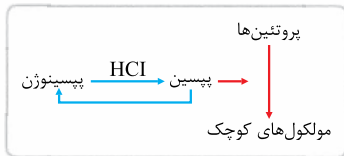
✦ **یاخته‌های پوششی معده:** در مخاط معده دو مجموعه یاخته پوششی دیده می‌شود: **۱** یاخته‌های پوششی سطحی **۲** یاخته‌های پوششی غده‌ای **۱** **یاخته‌های پوششی سطحی:** این یاخته‌ها سطح و حفرات معده را می‌پوشاند و به ترشح **۱** ماده مخاطی و **۲** بی‌کربنات می‌پردازند. ماده مخاطی به صورت لایه ژله‌ای چسبناکی، مخاط معده را می‌پوشاند. بی‌کربنات نیز این لایه ژلاتینی حفاظتی را قلیایی می‌کند. در نتیجه سد حفاظتی محکمی در مقابل اسید و آنزیم‌های معده به وجود می‌آید.

**نکات**

- ◀ فراوان‌ترین یاخته‌های پوششی مخاط معده از این نوع هستند.
- ◀ یاخته‌های پوششی سطحی از نوع استوانه‌ای تک‌لایه هستند.
- ۲ **یاخته‌های پوششی غده‌ای:** در غدد معده **چهار** نوع یاخته غده‌ای دیده می‌شود که سه نوع آن برون‌ریز و یک نوع آن درون‌ریز می‌باشند. توجه کنید که غدد معده در بافت پیوندی سست مخاط قرار دارند و به زیرمخاط نمی‌رسند.
- الف **یاخته‌های ترشح‌کننده ماده مخاطی:** این یاخته‌ها برخلاف یاخته‌های پوششی سطحی فقط ماده مخاطی ترشح می‌کنند و بی‌کربنات ترشح نمی‌کنند.

**نکات**

- ◀ فراوان‌ترین یاخته‌های غدد معده از این گروه‌اند.
- ◀ این یاخته‌ها به حفرات معده نزدیک‌تر بوده و برخی از آن‌ها با یاخته‌های سطحی معده و یاخته‌های کناری در تماس هستند.
- ب **یاخته‌های اصلی:** این یاخته‌ها آنزیم‌های معده، یعنی پروتئازها و لیپاز معده را ترشح می‌کنند. **پپسینوژن** نام عمومی پیش‌ساز پروتئازهای معده است که تحت تأثیر HCl (کلریدریک اسید) به آنزیم **پپسین** تبدیل می‌شود.



بنابراین پپسین دو وظیفه دارد: **۱** تجزیه پروتئین‌ها به مولکول‌های کوچک‌تر طی عمل آبکافت و شکستن پیوند پپتیدی بین آمینواسیدها **۲** با اثر بر پپسینوژن، تبدیل آن به پپسین را موجب شده در نتیجه تولید پپسین بیشتر می‌شود.

**نکات**

- ◀ یاخته‌های اصلی غدد معده، عمیق‌ترین یاخته‌های غدد معده هستند که می‌توانند با یاخته‌های کناری و یاخته‌های ترشح‌کننده ماده مخاطی در غدد معده در تماس باشند.
- ◀ کلریدریک اسید یک ماده معدنی بوده که باعث تبدیل پپسینوژن به پپسین می‌شود. پس الزاماً در همه واکنش‌های زیستی، آنزیم‌ها نقش ندارند و این فرایند تجزیه بدون دخالت آنزیمی دیگر و تحت تأثیر HCl هم پیش می‌رود.
- ◀ کلریدریک اسید در تجزیه پروتئین‌ها به صورت غیرمستقیم نقش دارد.
- ◀ پپسینوژن چند نوع پروتئاز غیرفعال است که با بریده‌شدن قطعه‌ای از آن به پپسین تبدیل می‌شوند. پس مولکول پپسینوژن از پپسین بزرگ‌تر است.
- ◀ پپسین، درون یاخته‌های اصلی تولید نمی‌شود، بلکه درون محیط اسیدی معده از پپسینوژن تولید شود.
- ◀ پپسین، پروتئین‌ها را به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌کند؛ یعنی توانایی تولید آمینواسید یا گوارش کامل پروتئین‌ها را ندارد.
- ◀ جایگاه فعال آنزیمی در پپسینوژن فاقد عملکرد می‌باشد. (فصل ۱- دوازدهم)
- ◀ pH بهینه برای فعالیت پپسین در معده حدود ۲ (محیط اسیدی) است.
- ◀ اگرچه در معده لیپاز داریم و گوارش برخی از لیپیدها از معده آغاز می‌شود، اما محل اصلی گوارش لیپیدها در روده باریک است.

- ▶ همهٔ یاخته‌های هسته‌دار بدن انسان سالم ژن پپسینوژن را دارند، ولی این ژن فقط در یاخته‌های اصلی غدد معده بیان می‌شود.
- ▶ در یاخته‌های اصلی غدد معدهٔ انسان سالم، ژن پپسین نداریم، بلکه ژن پپسینوژن وجود دارد و بیان می‌شود.
- ▶ **یاخته‌های کناری:** فراوانی آن‌ها از سایر یاخته‌های برون‌ریز غدد معده کم‌تر است، اما اندازهٔ آن‌ها بزرگ‌تر و سطح آن‌ها ناصاف است.

### ۱ کلریدریک اسید:

**الف** شیرهٔ معده را اسیدی می‌کند که از یک طرف باعث تبدیل پپسینوژن به پپسین شده و از طرف دیگر pH بهینهٔ لازم برای فعالیت آنزیم‌های معده (پپسین و لیپاز) را فراهم می‌کند.

**ب** خاصیت ضد عفونی‌کنندگی دارد و در محیط معده باعث از بین رفتن میکروب‌ها می‌شود (در خط اول دفاعی بدن نقش دارد). (فصل ۵ - بازدهم)

**نکته** برای تبدیل پپسینوژن به پپسین شرایط اسیدی معده لازم است، ولی پپسین، تبدیل پپسینوژن به پپسین را بیشتر می‌کند؛ یعنی اگر محیط معده اسیدی نباشد، خود پپسین هم فعالیت ندارد.

**۲ عامل داخلی معده:** وظیفهٔ عامل داخلی معده کمک به جذب ویتامین B<sub>۱۲</sub> در رودهٔ باریک است (این دو ماده همراه با هم به روش آندوسیتوز (درون‌بری) جذب می‌شوند) ویتامین B<sub>۱۲</sub> برای ساختن گویچهٔ قرمز در مغز استخوان ضروری است.

کمبود ویتامین B<sub>۱۲</sub> در بدن به هر دلیلی مانند **۱** آسیب به یاخته‌های کناری معده **۲** زخم معده **۳** برداشتن معده (به دلیل سرطان معده) **۴** سوء تغذیه (کاهش یا عدم مصرف غذاهای جانوری) و **۵** جهش در ژنی که عامل ساخت فاکتور داخلی معده است؛ باعث نوعی کم‌خونی خطرناک شده و زندگی فرد به خطر می‌افتد.

### نکات ترکیبی

- ▶ هر عاملی که سبب کاهش یا عدم تولید فاکتور داخلی معده شود ← سبب کاهش هماتوکریت (خون‌پر) می‌شود. (فصل ۴ - دهه)
- ▶ ویتامین B<sub>۱۲</sub> در مغز قرمز استخوان باعث فعال کردن فولیک اسید (نوعی ویتامین B) شده و این ویتامین نیز با تأثیر بر روند تقسیم میتوز یاخته‌های بنیادی در مغز قرمز استخوان باعث تولید گویچه‌های قرمز می‌شود. کمبود فولیک اسید و یا کمبود ویتامین B<sub>۱۲</sub> در بدن باعث کاهش در روند تولید گویچه‌های قرمز در مغز قرمز استخوان شده و فرد به نوعی کم‌خونی شدید مبتلا می‌شود. (فصل ۴ - دهه)
- ▶ ویتامین B<sub>۱۲</sub> فقط در غذاهای جانوری وجود دارد و هم‌چنین در رودهٔ بزرگ هم مقداری ویتامین B<sub>۱۲</sub> توسط میکروب همزیست تولید می‌شود. (فصل ۴ - دهه)

### نکات

- ▶ عامل داخلی معده نوعی گلیکوپروتئین است که ترشح آن با آگزوسیتوز (صرف انرژی) است.
- ▶ یاخته‌های کناری به علت فعالیت زیاد، نیاز به انرژی فراوانی دارند؛ به همین علت در این یاخته‌ها تعداد راکیزه‌ها فراوان است.
- ▶ ژن عامل داخلی معده در همهٔ یاخته‌های هسته‌دار انسان سالم وجود دارد، ولی فقط در یاختهٔ کناری معده بیان می‌شود.
- ▶ یاخته‌های کناری معده، مابین یاخته‌های اصلی و یاخته‌های ترشح‌کنندهٔ مادهٔ مخاطی دیده می‌شوند.

**د** **یاخته‌های ترشح‌کنندهٔ هورمون:** این یاخته‌ها درون‌ریز هستند و برخلاف دیگر یاخته‌های غدد معده که برون‌ریز می‌باشند ماده‌ای را به حفرهٔ معده ترشح نمی‌کنند. این یاخته‌ها با ترشح **هورمون گاسترین** به خون بر فعالیت یاخته‌های اصلی و کناری تأثیر می‌گذارند. **۱** با تأثیر بر یاخته‌های اصلی باعث افزایش ترشح پپسینوژن می‌شوند، **۲** با تأثیر بر یاخته‌های کناری، باعث افزایش ترشح اسید معده می‌شوند.

### نکات

- ▶ در یاخته‌های کناری و اصلی غدد معده، ژن گیرندهٔ هورمون گاسترین بیان می‌شود، در صورتی که ژن هورمون گاسترین در یاخته‌های هورمون‌ساز غدد معده بیان می‌شوند.
- ▶ هر آنزیمی که توسط یاخته‌های برون‌ریز تولید می‌شود، الزاماً به بیرون ترشح نمی‌شود، زیرا همهٔ یاخته‌های زنده دارای آنزیم‌های درون‌یاخته‌ای مانند دنابسپاراز، هلیکاز و ... نیز می‌باشند. برای مثال یاخته‌های کناری معده برای خود آنزیم می‌سازند اما آن‌ها را به بیرون ترشح نمی‌کنند.
- ▶ هورمون گاسترین پس از ترشح وارد خون شده از طریق سیاهرگ معده به سیاهرگ باب می‌ریزد و پس از عبور از کبد از طریق بزرگ سیاهرگ زیرین وارد قلب شده و از طریق سرخرگ آئورت در کل بدن پخش می‌شود؛ این هورمون از طریق سرخرگ معده وارد معده شده و بر روی یاخته‌های هدف خود در غدد معده اثر می‌گذارد.
- ▶ هورمون گاسترین با تأثیر بر یاخته‌های اصلی، فقط باعث افزایش تولید و ترشح پپسینوژن می‌شود و با تأثیر بر یاخته‌های کناری فقط باعث افزایش تولید HCl می‌شود و نقشی در افزایش ترشح عامل داخل معده ندارد.

**نکته ترکیبی** بدون حضور گاسترین نیز پپسینوژن و اسید معده تولید می‌شوند، ولی گاسترین میزان تولید را افزایش می‌دهد. به عبارتی دیگر، گاسترین با اثر بر یاخته‌های اصلی میزان بیان ژن‌های پپسینوژن و با اثر بر یاخته‌های کناری، میزان بیان ژن آنزیم‌های لازم برای تولید اسید معده را افزایش می‌دهد. به این فرایند تنظیم بیان ژن می‌گویند که در زیست دوازدهم با آن آشنا می‌شوید. (فصل ۲ - دوازدهم)

## جمع‌بندی > باخته‌های معده در یک نگاه!

انواع یاخته‌های پوششی مخاط معده	محل یاخته	ترشحات	نقش	سایر ویژگی‌ها
۱. پوششی - سطحی	در سطح معده و حفره‌ها	ماده مخاطی (موسین + آب) و بی‌کربنات	با تولید لایه ژله‌ای - قلیایی، سد محکمی در برابر اسید و آنزیم ایجاد می‌کنند.	فراوان‌ترین یاخته‌ها در حفره معده هستند.
۲. ترشح‌کننده ماده مخاطی	بخش بالایی و میانی غدد معده	ماده مخاطی	با تولید لایه ژله‌ای، سدی در برابر آنزیم ایجاد می‌کنند.	فراوان‌ترین یاخته‌ها در غده معده هستند.
۳. اصلی	اعماق غدد پروتئازها	لیپاز و پروتئازها (پپسینوژن)	(۱) آغاز گوارش برخی از چربی‌ها (۲) ریز کردن پروتئین‌ها به قطعات کوچک‌تر	فراوانی آن‌ها از یاخته‌های تولیدکننده ماده مخاطی کم‌تر است.
۴. کناری	مابین یاخته‌های ترشح‌کننده ماده مخاطی و یاخته‌های اصلی	کلریدریک اسید و عامل داخلی معده	(آنزیم فعال) پپسین → پپسینوژن عامل داخلی معده ← ضروری برای جذب ویتامین B <sub>۱۲</sub> از روده باریک	بزرگ‌ترین اندازه را دارند. تعدادشان کم است و دارای چین‌خوردگی‌هایی در سطح خود هستند.
۵. درون‌ریز	غدد معده	هورمون گاسترین	تأثیر بر یاخته‌های اصلی و کناری و افزایش ترشح پپسینوژن و کلریدریک اسید	هورمون گاسترین را به خون می‌ریزد.

☛ **شیره معده:** مجموع ترشحات برون‌ریز غدد معده را شیره معده می‌گوییم. پس شیره معده شامل ماده مخاطی، بی‌کربنات، مخلوطی از آنزیم‌ها (لیپاز و پروتئازها) و فاکتور داخلی معده است.

☛ **نکته:** شیره معده توانایی تجزیه کربوهیدرات‌ها را ندارد.

☛ **حرکات معده:** محرک شروع حرکات معده ورود غذا به معده طی فرایند بلع است. معده به علت داشتن سه لایه ماهیچه‌ای می‌تواند انقباضات شدید در دیواره خود ایجاد کند. هر چه حجم مواد ورودی به معده بیشتر باشد، چین‌خوردگی‌های معده بیشتر باز می‌شوند و قدرت انقباضات بیشتر می‌شود. پس در ابتدای ورود غذا، انقباضات معده اندک است، اما با افزایش ورود غذا به معده، شدت انقباضات افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۸ کتاب درسی، خطوط چین‌خوردگی معده عمدتاً هم‌راستا با طول معده دیده می‌شوند.

### ☛ مراحل حرکات معده

۱ بلع (ورود غذا از دهان به معده) ۲ کشیدگی یا انبساط اندک معده ۳ آغاز انقباضات معده به صورت موجی (متناوب) از بالای معده به سوی پیلور ۴ عبور کمی کیموس از پیلور منقبض (ذرات ریز) ۵ بازگشت ذرات بزرگ به علت منقبض بودن پیلور و آسیاب بیشتر آن‌ها در معده ۶ تقریباً به شکل مایع درآمدن مواد غذایی ۷ رسیدن موج شدید انقباض (حرکات کرمی) به پیلور و کاهش انقباض پیلور ۸ ورود کیموس به دوازدهه

☛ **برگشت اسید معده (ریفلاکس):** اگر انقباض بنداره انتهایی مری به حد کافی نباشد، مقداری از اسید معده به مری برمی‌گردد. از آنجایی که مخاط مری به اندازه مخاط معده محافظت نمی‌شود، به تدریج مخاط مری دچار آسیب می‌شود.

☛ **علل کافی نبودن انقباض بنداره انتهایی مری:** ۱ کشیدن سیگار ۲ مصرف نوشابه‌های الکلی ۳ رژیم غذایی نامناسب و استفاده بیش از اندازه از غذاهای آماده و ۴ تنش و اضطراب، از جمله علت‌های برگشت اسید معده‌اند.

### ☛ نکات ترکیبی

☛ مواد سیگار بر مغز نیز اثر گذاشته و فعالیت‌های یاخته‌های عصبی را تغییر می‌دهد. هم‌چنین این مواد از جمله مواد سرطان‌زا به حساب می‌آیند. (مصرف تنباکو با سرطان‌های دهان، حنجره و شش‌ها ارتباط مستقیمی دارد). (فصل ۱ - یازدهم)

☛ از عوارض تنش و اضطراب طولانی‌مدت، افزایش میزان هورمون‌های کورتیزول در خون می‌باشد و اگر تنش‌ها به مدت زیادی ادامه یابد، کورتیزول دستگاه ایمنی را تضعیف می‌کند و هم‌چنین عامل ازکارافتادگی زودرس تخمدان‌ها در خانم‌ها می‌باشد. (فصل‌های ۴ و ۷ - یازدهم)

۵. **روده باریک** محل اصلی و نهایی گوارش شیمیایی و جذب مواد روده باریک است. این اندام طویل‌ترین قسمت لوله گوارشی است که خود شامل چند بخش است. **دوازدهه** ابتدای روده باریک بوده و حالت نعلی‌شکل دارد (افقی به سمت راست، عمودی به سمت پایین و افقی به سمت چپ). **بیشتر** مراحل پایانی گوارش مواد غذایی در دوازدهه انجام می‌شود. pH ابتدای دوازدهه اسیدی است، اما تحت تأثیر ترشحات خود دوازدهه، لوزالمعده و صفرا (بی‌کربنات فراوان) به سرعت خنثی و در نهایت قلیایی می‌شود.

☛ **چین‌خوردگی‌های روده باریک:** روده باریک به سه شکل، چین می‌خورد که به ترتیب اندازه عبارت‌اند از: ۱ چین‌های حلقوی ۲ پرزها ۳ ریزپرزها

☛ **چین‌های حلقوی** بزرگ است که حاصل لغزیدن مخاط روی ماهیچه (به کمک لایه زیرمخاط) می‌باشد. روی هر چین حلقوی تعداد فراوانی پرز وجود دارد



که حاصل چین خوردن بافت پوششی مخاط بر روی آستری از بافت پیوندی سست است. هر پرز شامل انواعی از یاخته‌های پوششی است که بر روی آستری از بافت پیوندی سست چین خورده‌اند. **ریزپرزها** (چین‌های میکروسکوپی) حاصل چین خوردگی‌های غشای یاخته‌های پوششی پرز در مجاورت با فضای روده است. مجموعه همه این موارد، یعنی چین، پرزها و ریزپرزها سطح داخلی روده باریک را که در تماس با کیموس است، چندین برابر افزایش می‌دهد که سبب افزایش سطح گوارش و جذب در روده باریک می‌شود.

چین‌های حلقوی شامل مخاط و زیرمخاط  
پرزها شامل مخاط  
ریزپرزها شامل غشای یاخته‌های پوششی

چین خوردگی‌های روده باریک

**نکته** چین‌های حلقوی و پرزها میکروسکوپی نیستند، ولی ریزپرزها میکروسکوپی هستند.

◀ **ساختار دیواره روده باریک:** در دیواره روده باریک نیز مانند دیواره سایر بخش‌های لوله گوارشی **چهار لایه** دیده می‌شود که از خارج به داخل به ترتیب عبارت‌اند از:

- 1 **لایه بیرونی؛** که بخشی از صفاق است (به بخشی از صفاق که اطراف روده باریک می‌باشد، روده‌بند می‌گویند).
- 2 **لایه ماهیچه‌ای؛** که یاخته‌های آن در دو شکل طولی و حلقوی سازمان‌دهی شده‌اند، این ماهیچه‌ها از نوع صاف بوده و تحت تأثیر اعصاب بخش خودمختار و شبکه یاخته‌های عصبی (شبکه عصبی روده‌ای) به صورت غیرارادی عمل می‌کنند. بین دو لایه طولی و حلقوی، بافت پیوندی سست و شبکه عصبی روده‌ای وجود دارد. حرکات کرمی و قطعه‌قطعه‌کننده روده باریک در نتیجه انقباض لایه ماهیچه‌ای اتفاق می‌افتد.
- 3 **لایه زیرمخاط:** این لایه از بافت پیوندی سست بوده و حاوی شبکه یاخته‌های عصبی و رگ‌های خونی و لنفی فراوان است.
- 4 **لایه مخاطی:** مخاط روده باریک نیز مانند مخاط سایر قسمت‌های لوله گوارشی، چهار بخش دارد که شامل: 1. ماده مخاطی، 2. بافت پوششی استوانه‌ای تک‌لایه، 3. آستری از بافت پیوندی سست و 4. ماهیچه مخاطی می‌باشد.

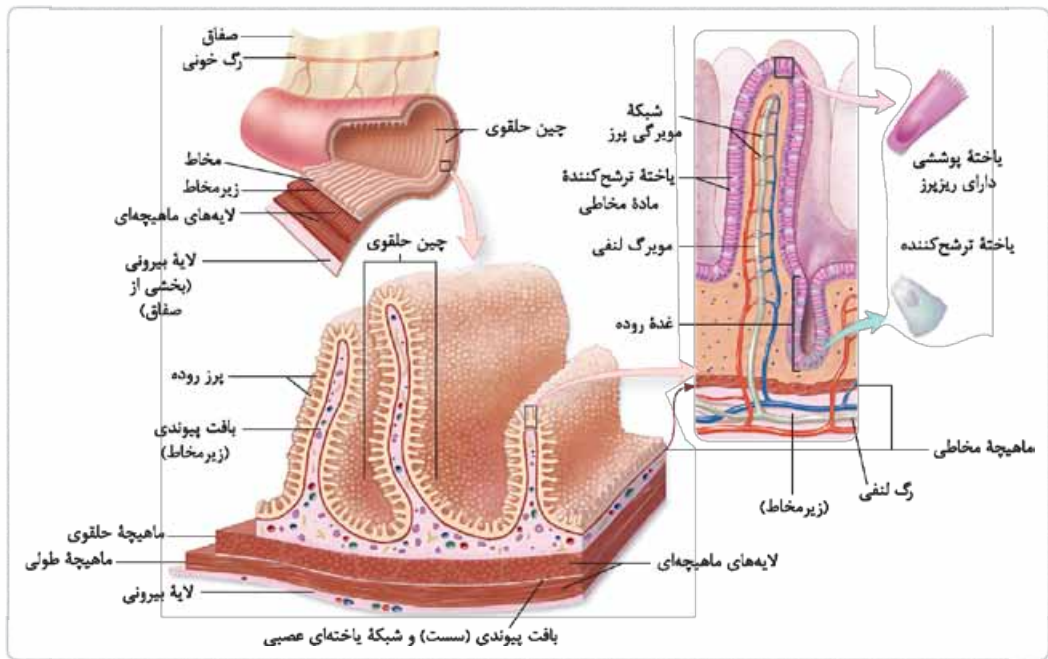
در نتیجه چین خوردگی بافت پوششی بر روی بافت پیوندی سست **پرزها** ایجاد می‌شود، در بافت پیوندی سست هر پرز، یک سرخرگ، یک سیاهرگ، شبکه مویرگ خونی (مویرگ موجود در پرزها از نوع منفذدار هستند)، یک مویرگ لنفی بسته، رشته‌های کلاژن و کشسانی دیده می‌شود.

در بافت پوششی روده باریک انواعی از یاخته‌های استوانه‌ای دیده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- 1 یاخته‌های پوششی دارای ریزپرز (یاخته‌های جذبی)، این یاخته‌ها ریزپرز فراوان دارند و تعدادشان هم از بقیه یاخته‌های پوششی بیشتر است. این یاخته‌ها بیشتر در ناحیه پرزها دیده شده و در فرورفتگی‌های بافت پوششی (ناحیه غده‌ای) نسبت به پرزها کم‌تر دیده می‌شوند. این یاخته‌ها، از نوع استوانه‌ای بلند هستند و هر یک دارای هسته‌ای بیضی می‌باشند که این هسته در قاعده یاخته قرار دارد. در انتهای رأسی خود ریزپرزهای فراوانی دارند که باعث جذب بیشتر مواد غذایی می‌شود.
- 2 یاخته‌های **ترشح‌کننده موسین** (ماده مخاطی)؛ این یاخته‌ها بیشتر در ناحیه پرزها (بین یاخته‌های جذبی) دیده شده و در فرورفتگی‌های بافت پوششی (ناحیه غده‌ای) نسبت به پرزها کم‌تر دیده می‌شوند.
- 3 یاخته‌های **ترشح‌کننده هورمون** (مانند سکر تین) محل این یاخته‌ها در شکل کتاب به طور دقیق مشخص نیست، ولی به طور پراکنده در بافت پوششی مخاط روده دیده می‌شوند.
- 4 یاخته‌های **ترشح‌کننده** (مانند یاخته‌های ترشح‌کننده لیوزیم)؛ این یاخته‌ها در ناحیه غدد روده قرار دارند (این یاخته‌ها نیز براساس شکل کتاب، ریزپرز دارند).

**نکات**

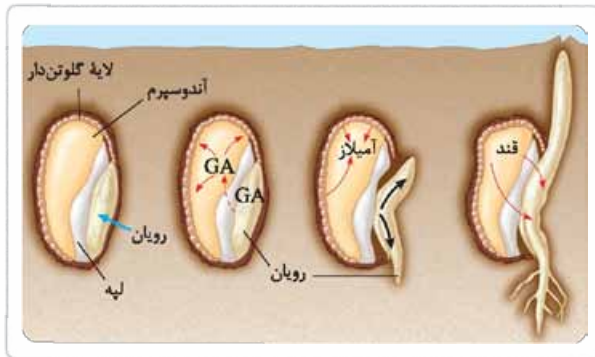
◀ شبکه یاخته‌های عصبی در لایه ماهیچه‌ای با شبکه عصبی روده‌ای در لایه زیرمخاطی با یکدیگر در ارتباط هستند.



◀ بین دو پرز مجاور، فرورفتگی‌هایی وجود دارد که همان **غدد روده‌ای** است. در این غدد علاوه بر یاخته‌های پوششی دارای ریزپرز و یاخته‌های ترشح‌کننده ماده مخاطی، دیگر یاخته‌ها، مانند یاخته ترشح‌کننده آنزیم لیوزیم نیز حضور دارند.

◀ در یک پرز، قطر مویرگ لنفی یا هم‌اندازه قطر سرخرگ و سیاهرگ است یا حتی بیشتر نیز هست.

❖ **بیماری سلیاک:** در این بیماری، بر اثر پروتئین گلوتن، یاخته‌های روده تخریب می‌شوند (علت این تخریب حمله سیستم ایمنی بدن به یاخته‌های روده است) و ریزپررها و حتی پررها از بین می‌روند. در نتیجه، سطح جذب مواد، کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بسیاری از مواد مغذی مورد نیاز بدن جذب نمی‌شود. در ضمن، علاوه بر مشکلات جدی در جذب مواد، گوارش مواد هم دچار مشکل می‌شود؛ زیرا بسیاری از یاخته‌های پوششی روده تخریب شده، در نتیجه آنزیم‌های گوارشی کم‌تری تولید و ترشح می‌شود و گوارش مواد غذایی به طور کامل انجام نمی‌شود. در بیماری سلیاک، بدن با سوء تغذیه مواجه می‌گردد و مواد مغذی ضروری بدن به حد کافی تأمین نمی‌گردد؛ بنابراین ممکن است مشکلاتی از قبیل اختلال پوکی استخوان در اثر کمبود کلسیم، کم‌خونی در اثر کمبود آهن، برهم خوردن تعادل آب و یون‌ها و اختلال در هم‌ایستایی بدن، کاهش وزن و ... ایجاد شود.



**نکته ترکیبی** در لایه خارجی یاخته‌های آندوسپرم دانه گندم و جو، درون واکنش، پروتئین گلوتن ذخیره می‌شود؛ به همین دلیل به آن، لایه گلوتن‌دار گویند. ژن گلوتن در تمامی یاخته‌های دانه گندم وجود دارد. این ژن در یاخته‌های خارجی آندوسپرم بیان می‌شود. هنگام رویش دانه، هورمون جیبرلیک اسید از یاخته‌های رویان، تولید و بر لایه آخر آندوسپرم (لایه گلوتن‌دار) اثر کرده و باعث ساخت آنزیم‌های گوارشی از جمله آمیلاز می‌شود. (فصل ۹ - یازدهم)

**گوارش در روده باریک** کیموس به تدریج وارد روده باریک می‌شود تا مراحل پایانی گوارش به‌ویژه در دوازدهه انجام شود. عوامل مؤثر در گوارش مواد غذایی در روده باریک عبارتند از: **۱ خود روده باریک** **۲ صفرا** **۳ لوزالمعده (پانکراس)**

❖ **۱. خود روده باریک**



**الف حرکات روده باریک:** حرکت روده باریک علاوه بر **۱** گوارش مکانیکی و **۲** پیش‌برندگی کیموس در طول روده، **۳** کیموس را در سراسر مخاط روده می‌گستراند تا تماس آن با شیره‌های گوارشی و نیز یاخته‌های پوششی مخاط، افزایش یابد (کمک به گوارش شیمیایی و افزایش میزان جذب).

**ب شیره روده:** شیره روده شامل **۱** مومسین **۲** آب، **۳** یون‌های مختلف از جمله بی‌کربنات و آنزیم است که توسط برخی از یاخته‌های پوششی روده ترشح می‌شوند.

**نکات**

- ❖ در شیره روده باریک انواعی از یون‌ها وجود دارد که یکی از آن‌ها بی‌کربنات می‌باشد، بی‌کربنات به قلیایی کردن محیط داخلی روده کمک می‌کند.
- ❖ در شیره روده باریک علاوه بر آنزیم‌های گوارشی مانند آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، آنزیم لیزوزیم نیز دیده می‌شود.
- ❖ **۲. صفرا:** صفرا در یاخته‌های کبد (جگر) تولید و بیشترین آن در کیسه صفرا ذخیره می‌شود. صفرا در پاسخ به ورود کیموس به روده، به دوازدهه می‌ریزد. **کبد:** کبد اندامی دولوبی است که لوب چپ کوچک‌تر و متمایل به سمت چپ بوده، اما لوب راست بزرگ‌تر و در سمت راست حفره شکمی قرار گرفته است. بین این دو لوب پرده‌ای از جنس بافت پیوندی است. کبد دقیقاً زیر میان‌بند (دیافراگم) و بالای کلیه‌ها قرار دارد. **کبد بزرگ‌ترین غده برون‌ریز بدن** بوده که البته دارای یاخته‌های درون‌ریز نیز می‌باشد.

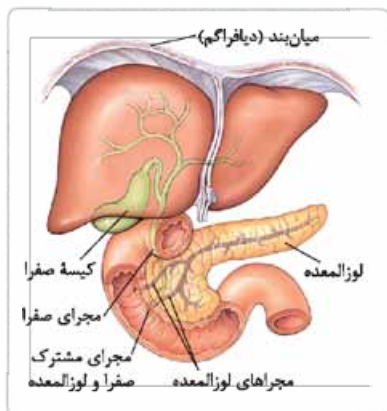
**وظایف:** بخش برون‌ریز کبد با ساختار غده‌ای به تولید صفرا پرداخته و یاخته‌ها در بخش درون‌ریز آن به ترشح هورمون اریتروپویتین می‌پردازند. بسیاری از مواد تازه جذب شده در روده، از کبد عبور کرده و بخشی از آن‌ها در کبد ذخیره می‌شوند؛ برای مثال منبع اصلی ذخیره گلیکوژن در کبد است که در مواقع لزوم، به گلوکز تجزیه می‌شود. در دوران جنینی کبد به همراه طحال در ساخت یاخته‌های خونی و گردها نیز شرکت دارند و در بزرگسالی نیز کبد با ترشح اریتروپویتین، ساخت گویچه‌های قرمز خون در مغز استخوان را تنظیم می‌کند.

**نکات**

- ❖ به علت آن که یاخته‌های کبدی صفرا می‌سازند، پس کبد در تولید کلسترول نقش دارد.
- ❖ ذخیره بیش از اندازه چربی در کبد، منجر به بیماری کبد چرب می‌گردد.
- ❖ کبد به واسطه تولید صفرا در دفع کلسترول اضافی بدن نقش دارد.
- ❖ به علت موقعیت و بزرگی لوب راست کبد، میان‌بند در سمت راست کمی بالاتر از سمت چپ خود قرار گرفته است.

**نکات ترکیبی**

- ❖ موقعیت و شکل کبد، باعث می‌شود که کلیه راست کمی پایین‌تر از کلیه چپ باشد. (فصل ۵ - دهم)
- ❖ کبد و طحال دارای مویرگ‌های ناپوسته بوده و روزانه یک درصد گویچه‌های قرمز در این دو اندام از بین می‌روند. (فصل ۴ - دهم)



- ◀ در کبد آمونیاک با کربن دی‌اکسید ترکیب شده و اوره تولید می‌شود. (فصل ۵ - دهم)
  - ◀ کبد تحت تأثیر هورمون‌های انسولین، گلوکاگون، اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین به تنظیم قند خون می‌پردازد. (فصل ۴ - یازدهم)
  - ◀ الکل با افزایش سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد در کبد و آسیب‌رسانیدن به یاخته‌های کبدی باعث بافت‌مردگی (نکروز) کبدی می‌شود. (فصل ۵ - دوازدهم)
- کیسه صفرا:** کیسه صفرا در سمت راست بدن و در زیر لوب بزرگ کبد قرار دارد و محل ذخیره صفرا می‌باشد.
- ترکیبات صفرا:** ترکیبی از آب، نمک‌های صفراوی (آلی و معدنی)، بی‌کربنات، کلسترول و فسفولیپید است. **صفرا آنزیم ندارد.**
- وظایف صفرا:** ۱ با ریز کردن قطرات چربی به گوارش آن‌ها کمک می‌کند. ۲ با تولید بی‌کربنات به خنثی کردن حالت اسیدی کیموس معده کمک می‌کند و همچنین باعث قلیایی شدن محیط روده می‌شود. ۳ به دفع برخی مواد مثل کلسترول اضافی می‌پردازد.

**نکته** ◀◀ صفرا فاقد آنزیم است، پس توانایی آبکافت یا سنتز مواد را ندارد.

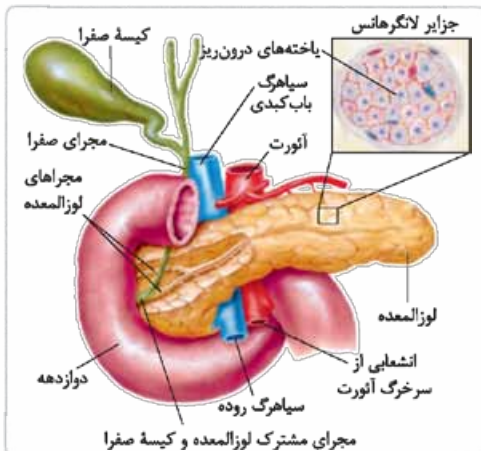
◀ **سنگ کیسه صفرا:** گاهی ترکیبات صفرا در کیسه صفرا رسوب می‌کنند و سنگ ایجاد می‌شود؛ بنابراین رژیم غذایی پرچرب در ایجاد سنگ صفرا نقش دارد!



**عوارض سنگ صفرا:** ۱ گوارش کم‌تر چربی‌ها ۲ جذب کم‌تر چربی‌ها ۳ جذب کم‌تر ویتامین‌های محلول در چربی (D, A, K, E) ۴ پوکی استخوان (جذب ویتامین D کم شود کلسیم هم کم‌تر از روده باریک و بزرگ جذب می‌شود). ۵ اختلال در روند انعقاد خون (ویتامین K در فرایند انعقاد خون نقش دارد). ۶ اختلال در بینایی (ویتامین A پیش‌ساز ماده حساس به نور است). ۷ گوارش دیگر مواد غذایی (کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها) هم دچار مشکل می‌شود، چون صفرا در قلیایی کردن محیط داخل روده نقش دارد، لذا در کسانی که سنگ کیسه صفرا دارند محیط روده کم‌تر قلیایی شده، در نتیجه آنزیم‌های لوزالمعده بهترین فعالیت خود را نخواهند داشت.

#### نکات

- ◀ بیشتر صفرای تولیدی در کبد در کیسه صفرا ذخیره می‌شود، ولی مقدار کمی از آن نیز مستقیماً می‌تواند از کبد وارد دوازدهه شود.
- ◀ صفرا از طریق مجرای مشترک با مجرای لوزالمعده به دوازدهه می‌ریزد.
- ◀ **۳. لوزالمعده (پانکراس):** غده لوزالمعده در زیر معده و موازی با آن قرار گرفته است. این اندام شامل دو بخش برون‌ریز و درون‌ریز است. لوزالمعده توسط دو مجرا ترشحات خود را به بخش میانی دوازدهه (ابتدای روده باریک) می‌ریزد. مجرای بالایی (قطر کم‌تر) به طور مستقل به دوازدهه متصل است، ولی مجرای پایینی در انتهای خود با مجرای صفرا مشترک می‌شود (قطر بیشتر) و همراه با هم به دوازدهه متصل می‌شوند.
- ◀ **الف. بخش درون‌ریز (جزایر لانگرهانس):** هر جزیره لانگرهانس دارای انواعی از یاخته است که دو نوع از آن‌ها هورمون ترشح می‌کنند، هر نوع یاخته به ترشح یک نوع هورمون می‌پردازد. هورمون‌های انسولین و گلوکاگون از جزایر لانگرهانس ترشح می‌شود. انسولین با تأثیر بر یاخته‌های بدن قند خون را کاهش و گلوکاگون با اثر بر کبد، قند خون را افزایش می‌دهد.
- ◀ **ب. بخش برون‌ریز:** این بخش به تولید و ترشح بی‌کربنات و ۲ انواع آنزیم‌های لازم برای گوارش شیمیایی مواد غذایی می‌پردازد.
- ◀ **۱ بی‌کربنات:** کیموس واردشده از معده را خنثی و محیط دوازدهه را قلیایی می‌کند تا محیطی مناسب برای فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده در روده فراهم شود. ترشح بی‌کربنات تحت تأثیر هورمون سکرترین که از دوازدهه تولید می‌شود، افزایش می‌یابد.
- ◀ **۲ آنزیم‌های لوزالمعده:** شامل انواع آنزیم‌های لازم برای گوارش کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و نوکلئیک اسیدها می‌باشد. این آنزیم‌ها در محیط قلیایی بهترین فعالیت را دارند.



۱. پروتئازهای لوزالمعده قوی و متنوع‌اند و در هنگام تولید و ترشح از این اندام، غیرفعال هستند؛ زیرا می‌توانند خود لوزالمعده را نیز تجزیه کنند، اما هنگامی که این آنزیم‌ها وارد محیط قلیایی دوازدهه می‌شوند، تحت تأثیر pH دوازدهه (حدود ۸) فعال می‌گردند. پروتئازهای لوزالمعده می‌توانند آمینواسید را از پروتئین جدا کنند. ۲. لیپازها و دیگر آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیپیدها، انواع لیپیدها را به اجزای قابل جذب تبدیل می‌کنند. ۳. آمیلاز لوزالمعده که در گوارش نشاسته نقش دارند. ۴. نوکلئازهای لوزالمعده که انواع نوکلئیک اسیدها را به نوکلئوتیدها آبکافت می‌کند.

#### نکات

- ◀ منشأ بیشتر آنزیم‌های گوارشی موجود در روده باریک، پانکراس می‌باشد.
- ◀ در قلیایی کردن محیط روده ۱ بی‌کربنات شیره روده، ۲ صفرا و ۳ شیره لوزالمعده نقش دارند.
- ◀ محتویات و ترشحات معده، ترشحات برون‌ریز پانکراس و ترشحات صفرا همگی به دوازدهه وارد می‌شوند.
- ◀ افزایش گاسترین موجب کاهش pH معده (با افزایش ترشح HCl) و افزایش سکرترین موجب افزایش pH روده (دوازدهه) می‌گردد (با افزایش ترشح بی‌کربنات لوزالمعده). بنابراین مقدار گاسترین با pH معده رابطه معکوس دارد و مقدار سکرترین نیز با pH روده رابطه مستقیم!

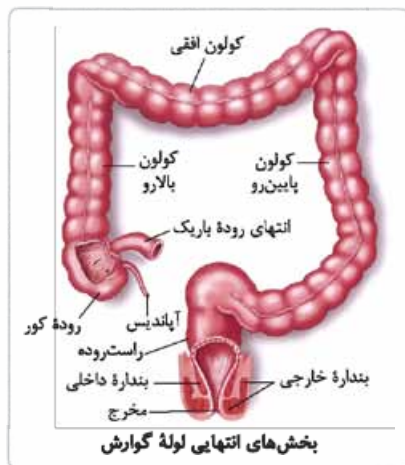


## جمع‌بندی ▶ آنزیم‌های گوارشی در یک نگاه!

عملکرد آنزیم	محل تولید	آنزیم‌های گوارشی
کمک به گوارش نشاسته	غدد بزاقی، پانکراس	آمیلاز
پروتئین را به مولکول‌های کوچک‌تر (رشته‌های پلی‌پپتیدی کوچک‌تر) تبدیل می‌کند.	یاخته‌های اصلی در معده	پپسینوژن (پپسین)
چربی (تری‌گلیسرید) را به اجزای قابل جذب آبکافت می‌کنند.	یاخته‌های اصلی معده، پانکراس	لیپاز
انواعی از لیپیدها (به جز تری‌گلیسرید) را تجزیه می‌کنند.	یاخته‌های پانکراس	آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیگر لیپیدها
می‌توانند آمینواسید را از پروتئین جدا کنند.	یاخته‌های پانکراس و روده باریک	پروتئازها
نوکلئازهای لوزالمعده که انواع نوکلئیک اسیدها را به نوکلئوتیدها آبکافت می‌کند.	پانکراس	نوکلئازها
کمک به گوارش کربوهیدرات‌های کوچک و دی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به مونوساکاریدها	روده	انواع آنزیم‌های تجزیه‌کننده کربوهیدرات‌ها

**فعالیت ۱** لوگول معرف شناسایی نشاسته است، نشاسته رنگ زرد لوگول را به آبی تبدیل می‌کند. سه لوله آزمایش برداشته، در لوله (۱) فقط محلول نشاسته می‌ریزیم به لوله (۲) محلول نشاسته و مقداری بزاق اضافه می‌کنیم و به لوله (۳) فقط بزاق می‌ریزیم، حال به هر سه لوله مقداری مشخص لوگول اضافه می‌کنیم، لوله‌ها را برای مدتی در دمای ۳۷ درجه قرار می‌دهیم، چون بهترین دما برای فعالیت آنزیم‌ها دمای ۳۷ درجه است. لوله (۱) آبی‌رنگ می‌شود، رنگ لوله (۲) آبی خیلی کم‌رنگ‌تر می‌شود، چون آمیلاز بزاق مقداری از نشاسته را تجزیه کرده است، لوله (۳) زردرنگ است.

### ۶. روده بزرگ



**ساختار:** دیواره روده بزرگ نیز مانند دیواره سایر قسمت‌های لوله گوارشی دارای چهار لایه است و لایه بیرونی آن قسمتی از صفاق می‌باشد. ابتدای روده بزرگ، روده کور نام دارد و در سمت راست حفره شکم قرار دارد که به آپاندیس ختم می‌شود. ادامه روده بزرگ شامل کولون بالا‌رو در سمت راست بدن، کولون افقی و در سمت چپ نیز کولون پایین‌رو قرار گرفته است. موقعیت کولون افقی از بخش ابتدایی دوازدهه، کبد، معده، کیسه صفرا و لوزالمعده پایین‌تر، اما از روده باریک بالاتر است. طول کولون پایین‌رو بیشتر از طول کولون بالا‌رو است. کولون پایین‌رو به راست‌رونده منتهی می‌شود.

**سایر ویژگی‌ها:** ۱ طول روده بزرگ از روده باریک کم‌تر، اما قطر آن بیشتر است. ۲ حرکات کرمی آهسته انجام می‌شود. ۳ روده بزرگ، پرز و ریزپرز ندارد، اما دارای چین‌هایی در دیواره خود است. ۴ یاخته‌های پوششی مخاط آن، ماده مخاطی ترشح می‌کنند، ولی آنزیم گوارشی تولید و ترشح نمی‌کنند. ۵ یاخته‌های روده بزرگ توانایی جذب آب، یونها و ویتامین‌هایی (مانند ویتامین B<sub>۱۲</sub>) که در روده بزرگ توسط میکروب‌ها ساخته می‌شوند را دارند.

### نکات ترکیبی

اگر چه می‌دانیم که یاخته‌های پوششی روده بزرگ، آنزیم گوارشی ترشح نمی‌کنند، اما این یاخته‌ها توانایی ترشح آنزیم لیزوزیم که برای باکتری مضر است را دارند. در واقع در سراسر بافت مخاطی که ماده مخاطی ترشح می‌شود، آنزیم لیزوزیم نیز حضور دارد. پس در سراسر لوله گوارش نیز این آنزیم ترشح می‌شود. (فصل ۵ - یازدهم)

لوله گوارش و سطح پوست محل مناسبی برای زندگی میکروب‌ها است. روده بزرگ دارای مقداری از این میکروب‌های مفید هستند. (فصل ۵ - یازدهم)  
آپاندیس جزء اندام‌های لنی است که به روده کور متصل است. (فصل ۴ - دهم)

### نکات

مواد گوارش نیافته و جذب‌نشده، یاخته‌های مرده و باقی‌مانده شیره‌های گوارشی وارد روده بزرگ می‌شوند، روده بزرگ آب و یونها را جذب می‌کند؛ در نتیجه مدفوع به شکل جامد درمی‌آید.  
حرکات روده بزرگ نسبت به روده باریک آهسته‌تر است.

**۷. راست‌رونده و مخرج** آخرین بخش لوله گوارش است که جزء روده بزرگ محسوب نمی‌گردد. انتهای راست‌رونده، بنداره‌های داخلی (ماهیچه صاف) و خارجی (ماهیچه اسکلتی) قرار دارد. موقعیت این دو ماهیچه نسبت به یکدیگر تقریباً هم‌راستا بوده و همانند دو حلقه است که حلقه داخلی در مرکز قرار گرفته و حلقه خارجی به دور حلقه داخلی قرار گرفته است. مدفوع به راست‌رونده وارد شده و سرانجام دفع به صورت ارادی انجام می‌شود.

**نکته** در راست‌رونده برخلاف روده بزرگ، چین‌های حلقوی مشاهده نمی‌شود.



## یاخته‌های بافت عصبی

برای درست و هماهنگ عمل کردن اندام‌های بدن انسان، دستگاه عصبی به تنظیم فعالیت‌های اندام‌ها می‌پردازد. قبل از پرداختن به فعالیت تنظیمی دستگاه عصبی باید با بافت و ساختار یاخته‌های عصبی آشنا شویم.

در بدن انسان و سایر مهره‌داران چهار نوع بافت اصلی دیده می‌شود که عبارت‌اند از: **۱** بافت پوششی **۲** بافت پیوندی **۳** بافت ماهیچه **۴** بافت عصبی.

### بافت عصبی

● بافت عصبی از دو نوع یاخته تشکیل شده است: **الف** یاخته‌های عصبی یا نورون‌ها **ب** یاخته‌های غیرعصبی یا یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها).

**الف. یاخته‌های عصبی (نورون‌ها)** یاخته‌های عصبی سه عملکرد دارند که عبارت‌اند از:

**۱ تحریک‌پذیری و توانایی تولید پیام عصبی:** وقتی یاخته عصبی توسط نوعی محرک، تحریک می‌شود (محرک باید به اندازه کافی قوی باشد)؛ در محل تحریک، پتانسیل عمل (پیام عصبی) ایجاد می‌شود.

**۲ هدایت پیام عصبی:** وقتی پیام عصبی در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد شد، در طول یاخته پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد که این عمل را هدایت پیام عصبی می‌گویند.

**۳ انتقال پیام عصبی:** پیام عصبی از محل شروع انتهای آکسون هدایت می‌شود. پس از رسیدن به پایانه آن، پیام عصبی از محل پایانه آکسون یک یاخته عصبی به یاخته دیگری (عصبی یا غیرعصبی) توسط ناقل‌های عصبی منتقل می‌شود.

◀ **اجزای نورون:** هر یاخته عصبی از سه بخش تشکیل شده است:

**۱ دارینه (دندریت):** رشته یا رشته‌هایی هستند که با جسم یاخته‌ای در تماس بوده و طول آن‌ها در نورون‌های مختلف متفاوت است. در داخل آن‌ها، ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم وجود دارد. **وظیفه دندریت‌ها:** دریافت و هدایت پیام عصبی به جسم یاخته‌ای است.

**۲ آسه (آکسون):** رشته‌ای است که با جسم یاخته‌ای در تماس بوده و در داخل این رشته نیز ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم حضور دارد و برخی از اندامک‌ها مانند میتوکندری در آن مشاهده می‌شود. به انتهای رشته آکسونی پایانه آکسون می‌گویند که **انشعاباتی** پیدا می‌کند. در پایانه آکسون، میتوکندری‌های فراوانی جهت تأمین انرژی (ATP) لازم برای برون‌رانی ناقل‌های عصبی یا هورمون وجود دارند.

**وظیفه این رشته هدایت پیام عصبی از جسم یاخته‌ای تا پایانه آکسون می‌باشد.**

**۳ جسم یاخته‌ای:** بخش حجیم یاخته عصبی است که محل قرارگیری هسته و سایر اندامک‌ها می‌باشد. جسم یاخته‌ای محل انجام فرایندهای مربوط به سوخت و ساز و تولید ناقل‌های عصبی می‌باشد. ناقل‌های عصبی پس از تولید از طریق شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی، درون ریزکیسه‌هایی بسته‌بندی شده و به سوی پایانه آکسون، حرکت می‌کنند.

جسم یاخته‌ای می‌تواند محل دریافت پیام عصبی نیز باشد، این دریافت یا از دندریت‌ها می‌باشد یا از پایانه‌های آکسون یاخته‌های عصبی دیگر که با جسم یاخته‌ای سیناپس تشکیل داده‌اند.

### نکات

◀ قطر دندریت‌ها و آکسون‌ها در تمام طول آن‌ها یکسان نیست و معمولاً در بخش‌های انتهایی رشته عصبی (بخش غیرمجاور جسم یاخته‌ای) قطر آن‌ها کم‌تر است.

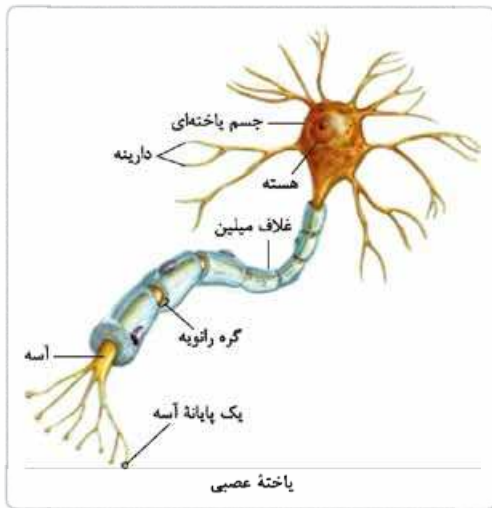
◀ برخی از نورون‌ها مانند نورون‌هایی که در هیپوتالاموس قرار دارند توانایی تولید هورمون نیز دارند، پس ژن‌های تولیدکننده برخی از هورمون‌ها در یاخته‌های عصبی بیان می‌شوند.

◀ اغلب نورون‌ها میتوز نکرده و در مرحله  $G_0$  چرخه یاخته‌ای متوقف شده‌اند، اما بعضی از آن‌ها توانایی میتوز دارند. (فصل ۶ - یازدهم)

◀ نورون‌ها چه قدرت میتوز داشته باشند و چه نداشته باشند، همانندسازی از دنا میتوکندری و هم‌چنین رونویسی از دنا هسته‌ای و سیتوپلاسمی و قدرت ترجمه دارند. (فصل‌های ۱ و ۲ - دوازدهم)

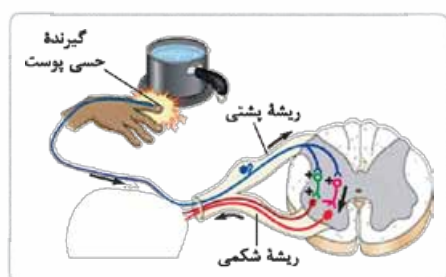
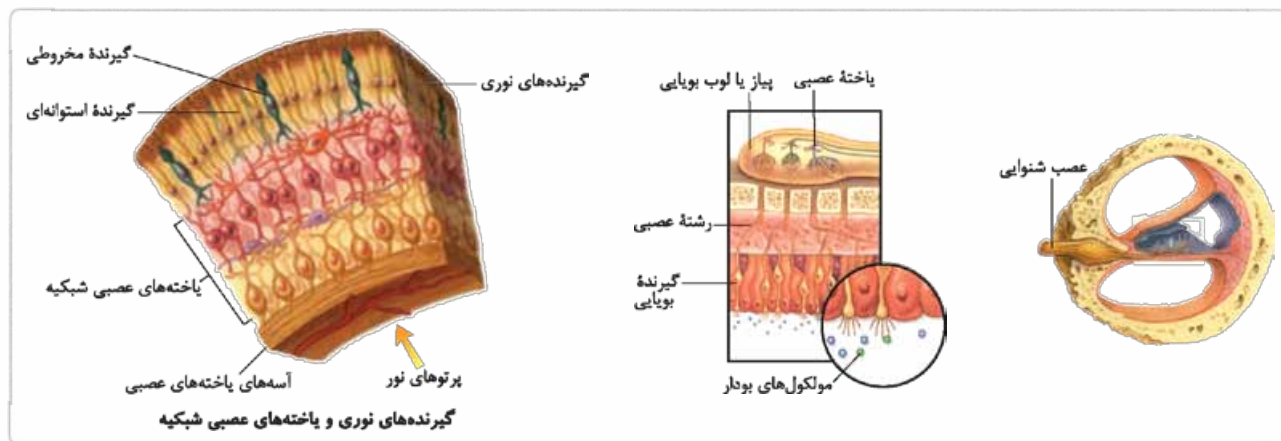
◀ **انواع نورون‌ها:** در بدن انسان نورون‌ها از نظر عملکرد به سه نوع تقسیم می‌شوند: **۱** نورون‌های حسی **۲** نورون‌های حرکتی **۳** نورون‌های رابط.

**۱ نورون‌های حسی:** این یاخته‌ها، پیام‌ها را به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می‌آورند. یاخته‌های عصبی حسی از لحاظ شکل و ساختار انواع مختلف دارند که عبارت‌اند از: **الف** نورون‌های حسی که **دندریت‌های کوتاه** ولی **آکسونی بلند** دارند. این آکسون‌های بلند ممکن است



غلاف میلین داشته باشند و یا فاقد آن باشند؛ مثل نورون‌هایی که پیام حسی توسط آکسون بلند آن‌ها از مراکز حسی (چشم، گوش و بینی) به دستگاه عصبی مرکزی ارسال می‌شود.

- در چشم؛ نورون‌های مستقر در شبکیه چشم که پیام بینایی را از شبکیه به سوی مغز می‌فرستند.
- در گوش؛ نورون‌هایی که پیام‌های عصبی مربوط به شنوایی و تعادل را به سوی مغز می‌برند.
- در بینی؛ گیرنده‌های بویایی که پیام بویایی را به لوب بویایی ارسال می‌کنند.



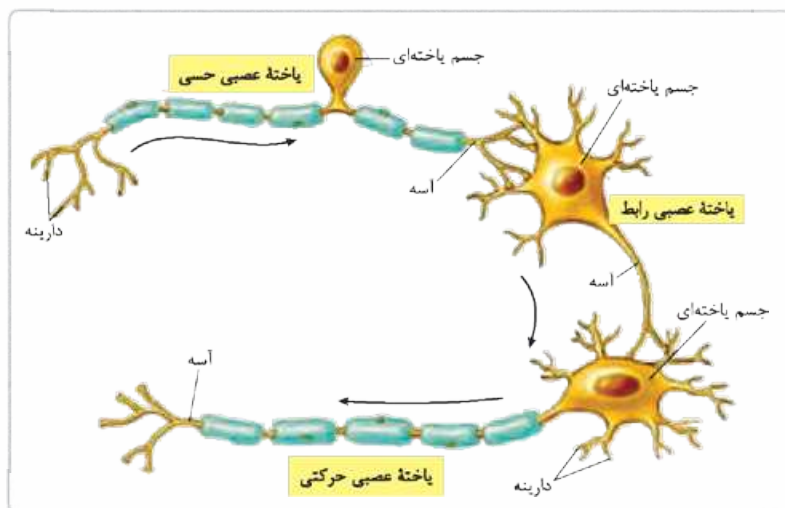
**ب- نورون‌های حسی که دندردیتی بلندتر از آکسون دارند** مانند یاخته‌های عصبی که پیام‌های حسی را از طریق ریشه پشتی به نخاع وارد می‌کنند. در این نوع از نورون‌ها، دندردیت و آکسون در یک راستا قرار دارند و پیام عصبی می‌تواند بدون آن‌که از دندردیت وارد جسم یاخته‌ای شود، مستقیماً از دندردیت وارد آکسون شود. دندردیت این نورون‌ها ممکن است دارای غلاف میلین یا فاقد آن باشد.

**۲ نورون‌های حرکتی:** این یاخته‌ها پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام‌ها (ماهیچه‌ها و غدد) می‌برند. یاخته‌های عصبی حرکتی، دندردیت‌هایی منشعب و به مراتب کوتاه‌تر از آکسون دارند. آکسون این یاخته‌ها می‌توانند دارای غلاف میلین یا فاقد آن باشد.

**۳ نورون‌های رابط:** این گروه از نورون‌ها فقط در مغز و نخاع (دستگاه عصبی مرکزی) مشاهده می‌شوند. این یاخته‌ها ارتباط لازم بین نورون‌ها را در مغز و نخاع فراهم می‌کنند.

این یاخته‌ها نیز همانند نورون‌های حرکتی، دندردیت‌هایی منشعب و کوتاه‌تر از آکسون دارند.

**نکته** نقش ارتباطی نورون رابط بین انواع یاخته‌های عصبی:

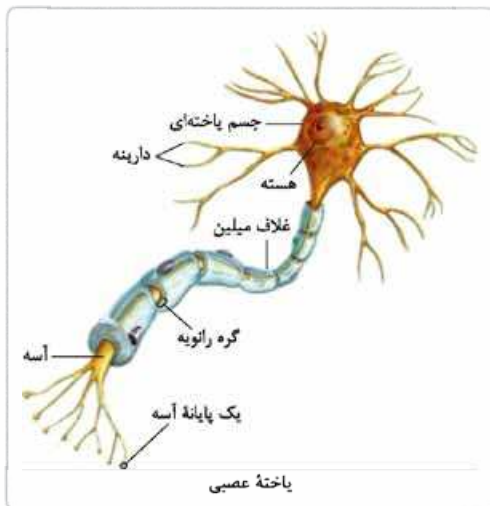


### نکات

- نورون‌های حسی و حرکتی هم در دستگاه عصبی مرکزی و هم در دستگاه عصبی محیطی دیده می‌شوند. البته در دستگاه عصبی مرکزی بخش‌های میلین‌دار در بخش سفید این دستگاه و بخش‌های بدون میلین می‌توانند در بخش خاکستری حضور داشته باشند.
- جسم یاخته‌ای نورون‌های رابط و حرکتی در بخش خاکستری مغز و نخاع قرار دارد.
- جسم یاخته‌ای نورون‌های حسی می‌تواند خارج از مغز و نخاع نیز باشد؛ مثلاً جسم یاخته‌ی عصبی حسی در اعصاب نخاعی در ریشه‌ی پشتی نخاع و خارج از بخش خاکستری قرار دارد و یا جسم یاخته‌ی عصبی حسی بینایی در شبکیه‌ی چشم قرار دارد.
- پایانه‌های آسه یک یاخته‌ی عصبی ممکن است هم‌زمان با دارینه و جسم یاخته‌ای نورون پس‌سیناپسی، سیناپس تشکیل دهد.
- رشته‌ی عصبی:** به آکسون‌ها یا دندریته‌های بلند رشته‌ی عصبی گفته می‌شود.
- عصب:** به مجموعه رشته‌های عصبی که شامل دندریته‌ها یا آکسون‌های بلند و یا مجموعی از هر دو می‌باشند و توسط غلافی از بافت پیوندی احاطه شده است، عصب می‌گویند. البته درون عصب ممکن است رگ‌های خونی نیز یافت شود؛ مثل عصب چشم.

### مقایسه‌ی یاخته‌های عصبی از نظر عملکرد

نوع نورون	ویژگی دندریت	ویژگی آکسون	محل استقرار	وظیفه
حسی ۱	دندریت کوتاه در انتها منشعب	آکسون بلند در انتها منشعب	در اعصاب بینایی، بویایی، شنوایی و تعادل	پیام حسی را به مغز و نخاع می‌برند.
حسی ۲	یک دندریت طولی در انتها منشعب	آکسون نسبتاً کوتاه در انتها منشعب	نورون‌هایی که پیام حسی را از ریشه‌ی پشتی به نخاع می‌برند.	
حرکتی	دندریته‌های کوتاه بدون میلین	آکسون طولی و میلین‌دار	بخش سفید و خاکستری دستگاه عصبی مرکزی و بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی مثل ریشه‌ی شکمی اعصاب نخاعی (پیکری و خودمختار)	پیام‌های مغز و نخاع را به اندام‌ها می‌برند.
رابط	دندریته‌های کوتاه	یک آکسون کوتاه	بخش خاکستری و در مواردی در بخش سفید دستگاه عصبی مرکزی	بین یاخته‌های عصبی ارتباط لازم را برقرار می‌کنند.



### ب. یاخته‌های پشتیبان (نورگلیا)

در بافت عصبی یاخته‌های پشتیبان (غیرعصبی) نیز وجود دارد که نورون‌ها را پشتیبانی می‌کنند. این یاخته‌ها انواع گوناگون و وظایف متفاوتی بر عهده دارند؛ تعداد و تنوع این یاخته‌ها از نورون‌ها بیشتر است. مهم‌ترین این یاخته‌ها عبارت‌اند از:

۱. **یاخته‌های میلین‌ساز:** هر کدام از این یاخته‌ها چند دور اطراف رشته‌های عصبی می‌پیچند و غلاف میلین به وجود می‌آورند. در واقع غلاف میلین همان یاخته‌ی پشتیبان عصبی که به دور نورون پیچیده است؛ پس جنس این غلاف از غشا هست، یعنی از فسفولیپید، پروتئین و ... غلاف میلین آکسون و دندریت بسیاری (نه همه) از نورون‌ها را پوشانده و آن‌ها را عایق‌بندی الکتریکی می‌کند، پس برای نورون در محل غلاف میلین، امکان تبادل یون‌ها در دو سوی غشا وجود ندارد.

**گره رانویه:** غلاف میلین پیوسته نیست. محلی در حد فاصل دو غلاف میلین، که در آن‌جا رشته‌ی عصبی با محیط بیرون یاخته در ارتباط مستقیم است گره رانویه نام دارد. دقت کنید انشعابات انتهایی دندریته‌ها، پایانه‌ی آسونی و جسم یاخته‌ای نیز فاقد میلین هستند، اما گره رانویه محسوب نمی‌شوند.

**نکته** هر سه نوع یاخته‌ی عصبی می‌توانند میلین‌دار نیز باشند. البته اغلب نورون‌های حسی و حرکتی دارای میلین و نورون‌های رابط، اغلب فاقد میلین هستند.

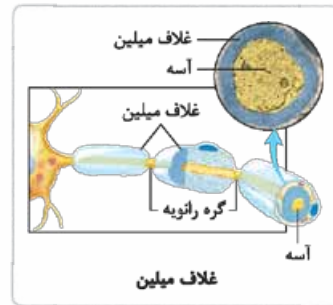
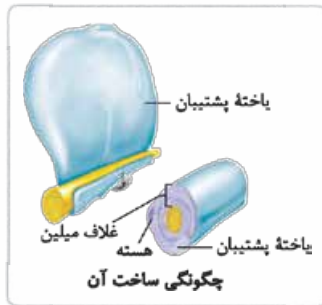
**یک پله بالاتر** حواستون باشه که سلول سازنده‌ی غلاف میلین هم یک یاخته‌ی زنده است مثل تمامی یاخته‌های پیکری بدن؛ سیتوپلاسم داره، هسته داره، اندامک‌ها و اجزای دیگه.

چون غلاف میلین یک یاخته‌ی زنده است پس همانندسازی دنا، عمل رونویسی و ترجمه در اون‌ها دیده می‌شه. قطعاً برای زنده‌موندن نیاز به ATP داره که با تنفس یاخته‌ای اون رو تأمین می‌کنه. بیشتر سیتوپلاسم و اندامک‌های یاخته‌ی پشتیبان سازنده‌ی غلاف میلین به همراه هسته به حاشیه‌ی خارجی غلاف منتقل شده‌اند و در حداکثر فاصله‌ی ممکن با غشای نورون قرار گرفته‌اند.

۲. **یاخته‌های داربستی:** این یاخته‌ها داربست‌هایی را برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند و در واقع نورون‌ها را به صورت منظم و سازمان‌بندی شده کنار هم مستقر نگه می‌دارند.

۳. **یاخته‌های دفاعی:** اگر چه با توجه به سیستم‌های محافظت‌کننده مختلف احتمال ورود عوامل بیماری‌زا به مغز و نخاع پایین است، اما این یاخته‌ها در دفاع از یاخته‌های عصبی نقش دارند؛ مثلاً می‌توانند با بیگانه‌خواری عوامل بیماری‌زا از بافت عصبی محافظت کنند.

۴. **یاخته‌های هم‌ایستایی‌کننده:** این یاخته‌ها در حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف نورون‌ها مثلاً حفظ مقدار طبیعی یون‌ها در آن نقش دارند، یعنی سعی می‌کنند محیط اطراف نورون‌ها را در محدوده نسبتاً ثابت و پایداری نگه دارند.



### نکات

- ▶ همه یاخته‌های بافت عصبی، تحریک‌پذیر هستند، ولی همه آن‌ها پیام عصبی تولید نمی‌کنند (یاخته‌های پش‌تیبان توانایی تولید پیام عصبی را ندارند).
- ▶ یاخته‌های پش‌تیبان و یاخته‌های عصبی مانند تمام یاخته‌های بدن انسان برای هورمون‌های تیروئیدی ( $T_3$  و  $T_4$ ) گیرنده دارند.
- ▶ از آن‌جا که عصب شامل مجموعه‌ای از تارهای عصبی (دندریت و آکسون بلند) است، پس در یک عصب می‌توان تعداد زیادی هسته مشاهده کرد، چون تارهای موجود در عصب، می‌توانند دارای غلاف میلین باشند و هر غلاف یک هسته دارد؛ پس در یک عصب تعداد زیادی یاخته دارای هسته و کروموزوم دیده می‌شود.
- ▶ با توجه به شکل‌های مختلف کتاب درسی، قطر غلاف میلین ممکن است از رشته عصبی بیشتر یا کم‌تر باشد.

**یک پله بالاتر!** اگر بشینیم خوب و دقیق فکر کنیم می‌بینیم که فقط نورون‌ها نیستند که توانایی تحریک‌پذیری و هدایت دارند. بلکه این ویژگی‌ها در یاخته‌های دیگه هم می‌تونه باشه. ما می‌دونیم که یکی از ویژگی‌های یاخته زنده، توانایی پاسخ‌دادن به محرک‌های طبیعی است. پس یاخته‌های پش‌تیبان هم از این موضوع مستثنی نیستند و اونا هم تحریک‌پذیری در برابر محرک‌ها دارند. حالا ممکنه دقیقاً مثل نورون‌ها تحریک‌پذیر نباشند و به سبک خودشون تحریک رو بپذیرند! هم‌چنین هدایت پیام هم باز فقط مخصوص نورون‌ها نیست. شما بافت هادی قلب رو خوب بلدید. می‌دونید که اون‌جا هم جریان الکتریکی توسط بافت هادی که نوعی بافت ماهیچه‌ای بود! در طول یاخته هدایت می‌شد. راستی یه چیز دیگه، نمودار نوار قلب که یادته؟ یه کم شبیه نمودار پتانسیل عمل نیست؟ آفرین، پس یاخته‌های ماهیچه‌ای هم می‌تونن دچار پتانسیل عمل بشن!

### جمع‌بندی ویژگی‌های یاخته‌های بافت عصبی

نورون‌ها (یاخته عصبی)	نوروگلیا یا یاخته پش‌تیبان (یاخته غیرعصبی)
۱) تحریک‌پذیر هستند، یعنی تحت تأثیر پیک‌های شیمیایی یا سایر عوامل (نور، فشار، مواد شیمیایی و...) قرار گرفته و پتانسیل الکتریکی غشای آن‌ها تغییر می‌کند. ۲) هدایت پیام دارند؛ یعنی اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجادشده در یک نقطه را در طول نورون به صورت نقطه‌به‌نقطه یا جهشی جابه‌جا می‌کنند. ۳) انتقال پیام دارند؛ یعنی پیام عصبی را همواره از سلول پیش‌سیناپسی به سلول پس‌سیناپسی منتقل می‌کنند. که این کار با آزاد شدن ناقل عصبی همراه است. ۴) اغلب میتوز نمی‌کنند و چرخه یاخته‌ای آن‌ها در G <sub>0</sub> متوقف است. ۵) بعضی از آن‌ها توانایی میتوز دارند.	۱) توانایی هدایت و انتقال پیام را ندارند. ۲) تعداد و تنوع این سلول‌ها بیشتر از نورون‌ها است. ۳) توانایی تقسیم میتوز دارند. ۴) گروهی از آن‌ها به دور رشته‌های عصبی (آکسون و دندریت) می‌پیچند و غلاف میلین به وجود می‌آورند. ۵) گروهی در دفاع از نورون‌ها نقش دارند. ۶) گروهی نیز در هم‌ایستایی مایع بین یاخته‌های نورون‌ها (حفظ مقدار طبیعی یون‌ها و ناقل‌های عصبی) نقش دارند. ۷) انواع آن‌ها در دستگاه عصبی مرکزی و محیطی با یکدیگر متفاوت است. ۸) ناقل عصبی تولید نمی‌کنند، اما ژن‌های مربوط به ناقل‌های عصبی را در هسته خود دارند.

### پیام عصبی

همان‌طور که گفتیم نورون‌ها توانایی تولید، هدایت و انتقال پیام عصبی را دارند. پیام عصبی در واقع نوعی جریان الکتریکی‌ای است که در دو سوی غشای نورون‌ها ایجاد و در طول نورون به پیش می‌رود. با توجه به این‌که در دو سوی غشای نورون‌ها غلظت یون‌ها متفاوت است، پس در دو سوی غشای نورون اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد، تغییر در غلظت یون‌ها، باعث تغییر پتانسیل غشا، وضعیت و فعالیت نورون می‌شود.



**علت ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشای یاخته عصبی زنده** غلظت یون‌های مختلف در دو سوی غشای نورون‌ها یکسان نیستند، پس پتانسیل بارهای الکتریکی در دو طرف غشای یاخته‌های عصبی متفاوت بوده و این تفاوت در بارها، باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو طرف غشای آن‌ها می‌شود.

دو یون سدیم ( $\text{Na}^+$ ) و پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) مهم‌ترین نقش را در ایجاد این اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشای نورون دارند. یون سدیم: یونی خارج یاخته‌ای است، یعنی غلظت این یون همیشه در خارج از یاخته زنده (مایع بین یاخته‌ای) بیشتر از داخل یاخته است. یون پتاسیم: یونی داخل یاخته‌ای است، یعنی غلظت این یون همیشه در داخل یاخته زنده بیشتر از خارج یاخته است.

### نکات

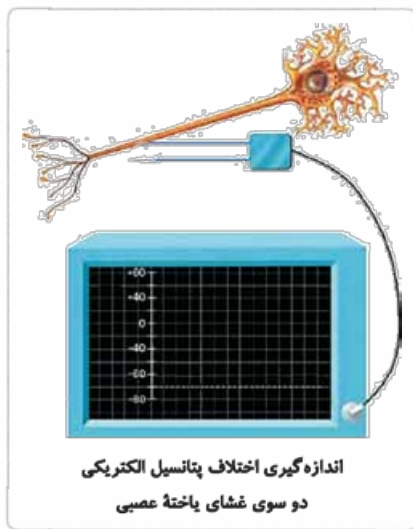
- اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشا، به علت یکسان نبودن غلظت چندین نوع یون است، نه فقط یون‌های سدیم و پتاسیم، اما کتاب درسی به سایر یون‌ها نپرداخته و ما نیز به آن‌ها نمی‌پردازیم.
- در سایر بافت‌های بدن نیز غلظت یون‌ها در دو سوی غشا می‌تواند متفاوت باشد؛ مثلاً در یاخته پرز روده نیز غلظت یون سدیم  $\text{Na}^+$  در خارج یاخته بیشتر از سیتوپلاسم است و غلظت یون پتاسیم  $\text{K}^+$  برعکس!

**یک پله بالاتر** حواستون باشد که چون غلظت یون‌های سدیم خارج نورون بیشتر از داخلش، پس طبق قانون انتشار، این یون‌ها دوست دارن، به درون یاخته وارد بشن و بیان تو! یون‌های پتاسیم هم دوست دارن به خارج از یاخته برن. همون‌طور هم که می‌دونیم اگه انتشار تا آخر انجام بشه، غلظت یون‌ها به تعادل می‌رسه و دیگه فعالیت الکتریکی نورون تعطیل می‌شه، پس برای این که این‌جوری نشه، نورون‌های یک آدم سالم نباید اجازه بده غلظت یون سدیم داخل یاخته برابر خارج بشه و یا مقدار یون پتاسیم در خارج یاخته برابر داخل بشه.

خب حالا راه‌کار چیه؟

عواملی مانند پمپ سدیم - پتاسیم دائماً با روش انتقال فعال، این دو یون رو برخلاف شیب غلظت در دو سوی غشا جابه‌جا می‌کنن و نه‌تنها اجازه نمی‌دن که مقدار سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته به تعادل برسه، بلکه غلظت سدیم بیرون و درون را هم همیشه حفظ می‌کنه تا مبادا شرایط برعکس پیش بیاد.

### نحوه اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشای یاخته عصبی



دو الکترود، یکی را درون آکسون و دیگری را در خارج از آن قرار می‌دهیم و اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته عصبی را بر روی دستگاهی برحسب میلی‌ولت مشاهده می‌کنیم.

پتانسیل الکتریکی نورون‌ها به طور کلی در دو حالت بررسی می‌شود: پتانسیل آرامش و پتانسیل عمل. **پتانسیل آرامش** وقتی یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد، یعنی در حال تولید یا هدایت پیام عصبی نیست، در دو سوی غشای آن اختلاف پتانسیلی در حدود  $-70$  میلی‌ولت برقرار است. این اختلاف پتانسیل را **پتانسیل آرامش** می‌نامند.

این اختلاف پتانسیل در حالت آرامش دو دلیل دارد:

۱. **کانال‌های نشستی:** در غشای یاخته‌های عصبی، ۲ نوع کانال نشستی یا همیشه‌باز (بدون دریچه) وجود دارد که از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم به خارج و یون‌های سدیم به درون نورون منتشر می‌شوند. البته تعداد کانال‌های پتاسیمی بیشتر از کانال‌های سدیمی است؛ پس غشای یاخته عصبی معمولاً به یون‌های پتاسیم نفوذپذیری بیشتری دارد.

۲. **فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم:** فعالیت این پمپ باعث می‌شود که غلظت زیاد سدیم در بیرون یاخته و غلظت زیاد پتاسیم درون نورون حفظ شود؛ زیرا با هر بار فعالیت این پمپ و مصرف یک

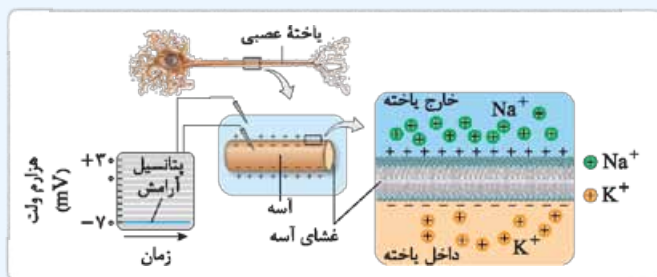
مولکول ATP، سه یون سدیم از یاخته عصبی خارج و دو یون پتاسیم به آن وارد می‌شود؛ بنابراین با هر بار فعالیت این پمپ یک یون مثبت بیرون نورون بیشتر از درون آن می‌شود که خود این عمل به مثبت‌تر شدن بیرون یا به منفی‌تر شدن داخل یاخته عصبی نسبت به خارج یاخته کمک می‌کند.

«**جمع‌بندی**» فعالیت هم‌زمان کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم در نهایت باعث می‌شوند که اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشای یاخته عصبی در پتانسیل آرامش، در حدود  $-70$  میلی‌ولت شود.

**یک پله بالاتر** به سؤال. مگه نمی‌گیم اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به خاطر اختلاف غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم دو سوی

غشای نورون هست! خب پس یعنی چی داخل منفی‌تره!!

داستان از این‌جا که بعله این‌جا ما از یون منفی‌ای حرفی نزدیم؛ اما وقتی مجموع غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم خارج یاخته بیشتر



از داخل هست، پس غلظت بارهای مثبت درون یاخته از بیرون یاخته کم‌تر است؛ پس وقتی پتانسیل خارج و داخل را مقایسه می‌کنیم و پتانسیل داخل یاخته را از پتانسیل خارج کم کنیم، جوابمون یه عدد منفی می‌شه! پس به اصطلاح داخل نسبت به خارج منفی به نظر می‌رسه!  
فهمیدین؟ آفرین!

### چند مثال

**مثال ۱.** اختلاف پتانسیل دو طرف غشای یک یاخته عصبی  $60^-$  میلی‌ولت است، یعنی چه؟

یعنی:

- ۱ داخل یاخته نسبت به خارج آن به اندازه  $60^-$  میلی‌ولت منفی‌تر است.
- ۲ خارج یاخته نسبت به داخل آن به اندازه  $60^-$  میلی‌ولت مثبت‌تر است.
- ۳ غلظت بارهای مثبت داخل یاخته نسبت به خارج یاخته کم‌تر است.
- ۴ غلظت بارهای مثبت خارج یاخته نسبت به داخل یاخته بیشتر است.

**مثال ۲.** اختلاف پتانسیل دو طرف غشای یک یاخته عصبی  $20^+$  میلی‌ولت است، یعنی چه؟

یعنی:

- ۱ داخل یاخته نسبت به خارج آن به اندازه  $20^+$  میلی‌ولت مثبت‌تر است.
- ۲ خارج یاخته نسبت به داخل آن به اندازه  $20^+$  میلی‌ولت منفی‌تر است.
- ۳ غلظت بارهای مثبت داخل یاخته نسبت به خارج یاخته بیشتر است.
- ۴ غلظت بارهای مثبت خارج یاخته نسبت به داخل یاخته کم‌تر است.

### ویژگی‌های کانال‌های نشستی

- ۱ این کانال‌ها پروتئین‌های غشایی سراسری هستند، یعنی در سراسر عرض غشای یاخته قرار گرفته‌اند.
- ۲ در غشای نورون همواره در حال فعالیت هستند، هم در زمان پتانسیل آرامش و هم در زمان پتانسیل عمل در حال وارد کردن سدیم و خارج کردن پتاسیم می‌باشند.
- ۳ اگر در اثر تحریک نورون، مقدار غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته تغییر کند، یا دمای محیط تغییر کند، سرعت انتشار یون‌ها از طریق کانال‌های نشستی نیز تغییر خواهد کرد.
- ۴ با توجه به این‌که اندازه یون پتاسیم بزرگ‌تر از سدیم است، پس ساختار کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی کاملاً با یکدیگر یکسان نیست.

### ویژگی‌های پمپ سدیم - پتاسیم

۱ جزء پروتئین سراسری غشای یاخته است.

۲ فعالیت آنزیمی داشته و می‌تواند به روش سنتز آبدهی و با مصرف آب ATP را به ADP و P تبدیل کند.

۳ در هر بار فعالیت و با مصرف هر مولکول ATP، برخلاف شیب غلظت سه یون سدیم را از یاخته خارج و دو یون پتاسیم را به آن وارد می‌کند.

**نحوه عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم:** اگرچه کتاب درسی به طور کلی هر بار فعالیت این پمپ را طی دو مرحله نشان داده اما می‌توان مراحل بیشتری را به صورت جزئی بیان نمود.

۱ منفذ پمپ به سمت سیتوپلاسم یاخته قرار داشته و سه عدد یون سدیم از سیتوپلاسم، به جایگاه‌های مشخصی در این پروتئین متصل می‌شوند.

۲ مولکول ATP به بخش خاصی از پمپ در مجاورت سیتوپلاسم متصل می‌شود.

۳ در اثر تجزیه ATP به ADP و P و تولید انرژی، پمپ دچار تغییر شکل سه‌بعدی شده و منفذ پمپ رو به خارج یاخته باز می‌شود. ADP باقی‌مانده به سیتوپلاسم می‌رود، اما یون فسفات به پمپ متصل باقی می‌ماند.

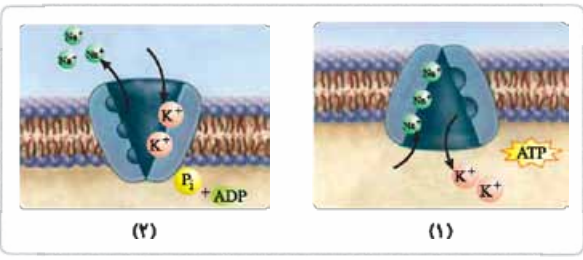
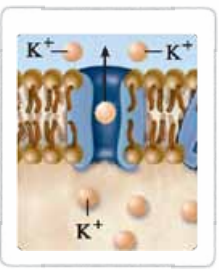
۴ سه عدد یون سدیم از پمپ خارج و به بیرون یاخته رفته و ۲ عدد یون پتاسیم وارد پمپ شده و به جایگاه‌های مشخصی متصل می‌شوند.

۵ با جداسدن یون فسفات از پمپ و رهاسدن آن در فضای درونی یاخته، شکل سه‌بعدی پمپ دوباره به حالت قبل برمی‌گردد و منفذ پمپ مجدداً به سوی سیتوپلاسم باز می‌شود.

۶ دو یون پتاسیم از پمپ خارج شده و وارد سیتوپلاسم یاخته می‌شوند.

### نکات

- ◀ تجزیه ATP توسط پمپ در مجاورت سیتوپلاسم انجام می‌شود؛ به عبارت دیگر جایگاه فعال آنزیم برای ATP، در قسمتی از پمپ است که در سمت داخل یاخته قرار دارد.
- ◀ این پمپ در غشای یاخته‌های دیگر بدن نیز دیده می‌شود؛ مانند یاخته‌های پرز روده یا گلبول‌های قرمز خون.



**پتانسیل عمل**

**تعریف:** تغییر ناگهانی و شدید اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشای یاخته عصبی و برگشت آن به حالت آرامش را **پتانسیل عمل** گویند.

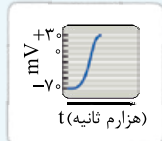
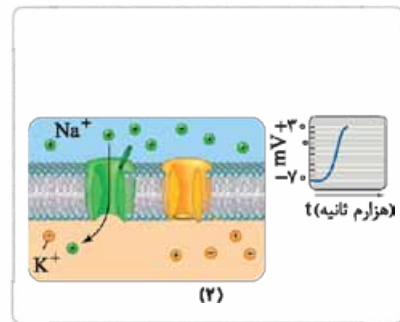
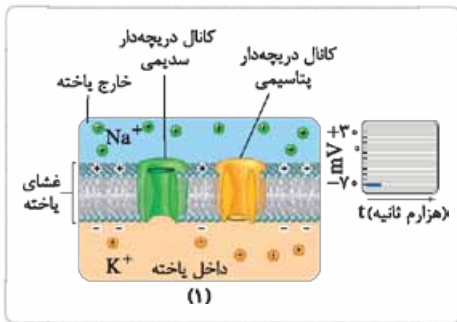
در حالت آرامش مجموع بارهای مثبت سطح درونی غشا نسبت به بیرون آن کم تر است، وقتی یاخته عصبی تحریک می شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن به علت باز شدن کانال های دریچه دار سدیمی به طور ناگهانی تغییر می کند و داخل یاخته از بیرون آن، مثبت تر می شود و پس از مدت کوتاهی، به علت باز شدن کانال های دریچه دار پتاسیمی اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، دوباره به حالت آرامش برمی گردد. این تغییرات همان پتانسیل عمل است.

❖ **مراحل پتانسیل عمل:** پتانسیل عمل به طور کلی در دو مرحله انجام می شود:

**مرحله اول**

**مثبت تر شدن داخل یاخته نسبت به خارج غشا:** در این مرحله بار الکتریکی داخل یاخته عصبی نسبت به خارج آن بیشتر می شود؛ یعنی پتانسیل غشا از  $-70$  میلی ولت به  $+30$  میلی ولت می رسد (قسمت بالاروی نمودار).

علت این تغییر ناگهانی پتانسیل غشا، باز شدن کانال های دریچه دار سدیمی در اثر تحریک است. وقتی این کانال ها باز می شوند، مقادیر فراوانی از یون سدیم به طور ناگهانی وارد یاخته شده و بار مثبت داخل یاخته نسبت به بیرون آن بیشتر یا مثبت تر می شود. در پایان این مرحله با رسیدن پتانسیل غشا به  $+30$  (یعنی درون یاخته نسبت به بیرون یاخته به اندازه  $30$  میلی ولت مثبت تر می شود) کانال های دریچه دار سدیمی بسته می شوند.

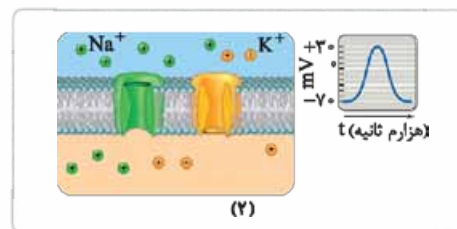
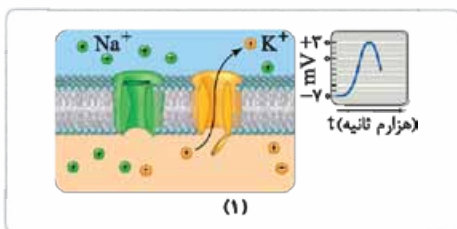


**نکته** ❖ در مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل، پتانسیل داخل یاخته  $100$  واحد افزایش می یابد تا از  $-70$  به  $+30$  برسد.

**مرحله دوم**

**منفی تر شدن داخل یاخته نسبت به خارج غشا:** در این مرحله بار الکتریکی داخل نوروں نسبت به خارج آن دوباره کم تر می شود؛ یعنی پتانسیل غشا از  $+30$  میلی ولت به  $-70$  میلی ولت می رسد (قسمت پایین روی نمودار).

در پتانسیل  $+30$  میلی ولت بعد از بسته شدن کانال های دریچه دار سدیمی، کانال های دریچه دار پتاسیمی باز می شوند و مقادیر فراوانی از یون پتاسیم به طور ناگهانی از یاخته خارج شده و بار مثبت داخل یاخته نسبت به بیرون آن کم تر یا منفی تر می شود. در پایان این مرحله با رسیدن غشا به  $-70$  (یعنی درون یاخته نسبت به بیرون یاخته به اندازه  $70$  میلی ولت منفی تر) کانال های دریچه دار پتاسیمی بسته می شوند.



❖ **یک مفهوم مهم:** بعد از بسته شدن کانال های دریچه دار پتاسیمی، اگرچه پتانسیل غشا مجدداً به  $-70$  میلی ولت می رسد، اما هنوز غلظت یون ها مشابه حالت آرامش نیست. نوروں به پتانسیل آرامش رسیده اما به آرامش یونی نرسیده است. به عبارت دیگر در داخل یاخته، مقدار سدیم و در خارج آن مقدار پتاسیم کمی بیشتر از زمان قبل از شروع پتانسیل می باشد (البته هم چنان شیب غلظت سدیم رو به داخل و شیب غلظت پتاسیم رو به خارج یاخته هست). بنابراین پمپ سدیم - پتاسیم با ادامه فعالیت بیشتر خود، موجب می شود غلظت یون های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگردد.

**نکته** ❖ پمپ سدیم - پتاسیم در غشای یاخته عصبی همیشه در حال فعالیت است. هم در پتانسیل آرامش، هم در حین مراحل پتانسیل عمل و هم در پایان پتانسیل عمل؛ اما میزان فعالیت این پمپ در همه زمان ها یکسان نبوده و در بخش پایین روی نمودار و پایان پتانسیل عمل فعالیت بیشتری از خود نشان می دهد.

❖ **کانال های دریچه دار سدیمی و پتاسیمی:** در غشای یاخته های عصبی، پروتئین های سراسری به نام کانال های دریچه دار وجود دارند که در حالت آرامش بسته اند و یون از خود عبور نمی دهند.

### ۱ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی:

- این کانال‌ها در هنگام پتانسیل آرامش، قله نمودار، مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل و پایان پتانسیل عمل بسته هستند.
- این کانال‌ها فقط در قسمت بالاروی پتانسیل عمل باز هستند، یعنی شروع باز شدن آن‌ها موجب تشکیل شاخه بالاروی نمودار می‌شود و بسته شدن آن‌ها در قله نمودار، موجب توقف شاخه بالاروی می‌گردد.
- دریچه این کانال‌ها به سمت بیرون یاخته باز می‌شود، یعنی به سمتی که غلظت یون سدیم در آن‌جا بیشتر است.

### ۲ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی:

- این کانال‌ها در هنگام پتانسیل آرامش، مرحله بالاروی نمودار، قله نمودار پتانسیل عمل و در پایان پتانسیل عمل بسته هستند.
- این کانال‌ها فقط در مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل باز هستند؛ یعنی باز شدن آن‌ها در ابتدای شاخه پایین‌روی نمودار می‌باشد و در انتهای بخش پایین‌رو بسته می‌شوند.
- دریچه این کانال‌ها به سمت داخل یاخته یا سیتوپلاسم باز می‌شود؛ یعنی به سمتی که غلظت یون پتاسیم بیشتر است.

**نکته** در قله نمودار پتانسیل عمل هر دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته است. در واقع در قله نمودار کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند. اما توجه داشته باشید در هیچ نقطه‌ای از نمودار، هر دو کانال هم‌زمان با هم باز یا بسته نمی‌شوند.

### عبور و مرور یون‌های سدیم و پتاسیم از عرض غشای یاخته عصبی

نحوه خروج از یاخته	نحوه ورود به یاخته	یون‌ها	زمان	پتانسیل آرامش
پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده)	(Na <sup>+</sup> )		
کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده)	پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	(K <sup>+</sup> )		
پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	۱) کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده) ۲) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی (انتشار تسهیل شده)	(Na <sup>+</sup> )	زمان بالاروی نمودار	پتانسیل عمل
کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده)	پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	(K <sup>+</sup> )		
پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده)	(Na <sup>+</sup> )	زمان پایین‌روی نمودار	
۱) کانال‌های نشستی (انتشار تسهیل شده) ۲) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی (انتشار تسهیل شده)	پمپ سدیم - پتاسیم (انتقال فعال)	(K <sup>+</sup> )		

**نکته** با توجه به فعالیت همیشگی کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم در سراسر مراحل پتانسیل عمل، سدیم و پتاسیم در جهت شیب غلظت خود از طریق کانال‌های نشستی و در خلاف جهت شیب غلظت از طریق پمپ سدیم - پتاسیم از عرض غشای نورون در حال عبور کردن هستند.

### مقایسه نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم و پتاسیم در زمان‌های مختلف

نتیجه‌گیری	یون پتاسیم	یون سدیم	نفوذپذیری	زمان
نفوذپذیری به پتاسیم بیشتر از سدیم است.	نسبتاً زیاد	کم	پتانسیل استراحت	
نفوذپذیری به سدیم بیشتر از پتاسیم شده است.	نسبتاً زیاد	خیلی زیاد	مرحله بالاروی نمودار	
نفوذپذیری به پتاسیم بیشتر از سدیم است.	نسبتاً زیاد	کم	قله نمودار	
نفوذپذیری به پتاسیم خیلی بیشتر از سدیم شده است.	خیلی زیاد	کم	مرحله پایین‌روی نمودار	

### نکات

- با توجه به این‌که در مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل مقادیری سدیم وارد یاخته می‌شود و اختلاف غلظت سدیم‌های داخل و بیرون یاخته طی این مرحله اندکی کاهش می‌یابد، بعد از این مرحله، یعنی در قله و مرحله پایین‌روی نمودار از سرعت انتشار سدیم از کانال‌های نشستی کمی کاسته می‌شود.
- با توجه به این‌که در مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل مقادیری پتاسیم از یاخته خارج می‌شود و اختلاف غلظت پتاسیم‌های داخل و بیرون یاخته طی این مرحله اندکی کاهش می‌یابد، بعد از این مرحله، یعنی در انتهای مرحله پایین‌رو و پایان نمودار از سرعت انتشار پتاسیم از کانال‌های نشستی کمی کاسته می‌شود.



**جمع‌بندی ▶ پروتئین‌های غشایی فعال در پتانسیل آرامش و عمل**

وضعیت	پروتئین‌های غشایی یاخته عصبی		
	کانال‌های نشستی	کانال‌های دریچه‌دار سدیمی	کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی
پتانسیل آرامش	باز	بسته	بسته
پتانسیل عمل (زمان بالاروی نمودار)	باز	باز	بسته
پتانسیل عمل (زمان پایین‌روی نمودار)	باز	بسته	باز
بعد از پتانسیل عمل	باز	بسته	بسته

**تفسیر منحنی پتانسیل عمل**

**نقطه a:** در این لحظه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و سدیم از طریق این کانال‌ها شروع به ورود به یاخته می‌کند.

**نقطه b:** اگرچه پتانسیل غشا به علت ورود یون‌های مثبت به یاخته در حال افزایش است اما **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال کاهش یافتن است؛ زیرا از  $70^\circ$  واحد اختلاف به سمت صفر واحد اختلاف پیش می‌رویم.

**نقطه c:** در این نقطه هم‌چنان غلظت یون سدیم خارج یاخته بیشتر از داخل است و سدیم در حال ورود به یاخته است. مجموع بارهای مثبت داخل و خارج یاخته با هم برابر شده و اختلاف پتانسیل غشا به صفر رسیده است.

**نقطه d:** پتانسیل غشا و **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال افزایش یافتن است.

**نقطه e:** در این نقطه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و دریچه‌دار پتاسیمی در لحظه‌ای بسیار کوتاه بسته هستند. در واقع ابتدا کانال دریچه‌دار سدیمی بسته شده و سپس کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌گردد.

از **a تا e:** پتانسیل غشا در حال افزایش یافتن است، یعنی از  $70^\circ$  به  $30^\circ$  می‌رسیم؛ اما **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال کاهش یافتن است، یعنی از  $70^\circ$  واحد اختلاف به  $30^\circ$  واحد اختلاف می‌رسیم.

**نقطه f:** پتانسیل غشا و **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال کاهش هستند. تقریباً از این نقطه به بعد، فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم افزایش می‌یابد.

**نقطه g:** در این نقطه هم‌چنان غلظت یون پتاسیم داخل یاخته بیشتر از خارج است و پتاسیم در حال خروج از یاخته است. مجموع بارهای مثبت داخل و خارج یاخته با هم برابر شده و پتانسیل غشا به صفر رسیده است.

**نقطه h:** اگرچه پتانسیل غشا به علت خروج یون‌های مثبت از یاخته در حال کاهش است، اما **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال افزایش یافتن است؛ زیرا از صفر واحد اختلاف به سمت  $70^\circ$  واحد اختلاف پیش می‌رویم.

**نقطه i:** در این نقطه کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته گردیده و **پایان** پتانسیل عمل در نظر گرفته می‌شود. در این نقطه اگرچه پتانسیل غشا به  $70^\circ$  (پتانسیل آرامش) رسیده است، اما غلظت یون‌ها مشابه حالت آرامش نیست و به همین علت هم‌چنان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم زیاد است تا غلظت یون‌ها نیز مشابه حالت آرامش گردد.

از **e تا i:** پتانسیل غشا در حال کاهش یافتن است، یعنی از  $30^\circ$  به  $70^\circ$  می‌رسیم؛ اما **اختلاف** پتانسیل دو سوی غشا در حال افزایش یافتن است، یعنی از  $30^\circ$  واحد اختلاف به  $70^\circ$  واحد اختلاف می‌رسیم.

**تمرین**

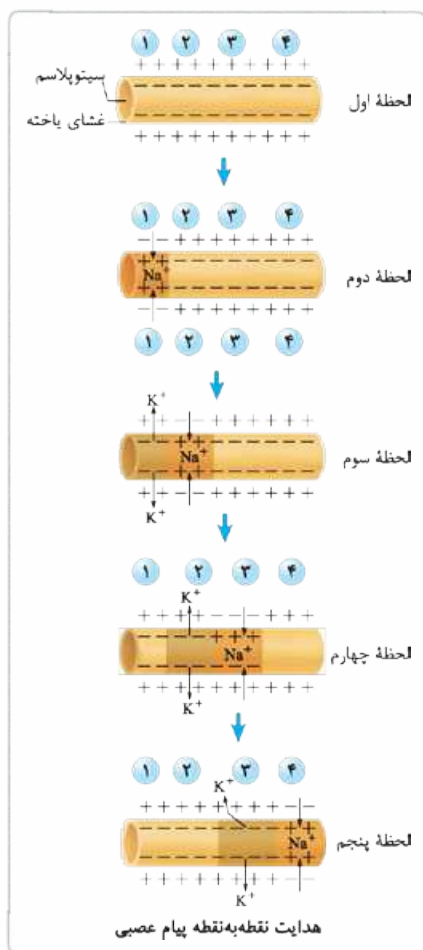
طی یک پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل الکتریکی، در دو سوی غشای یاخته عصبی چند بار به اعداد  $70^\circ$ ،  $20^\circ$ ، صفر،  $30^\circ$  و  $50^\circ$  می‌رسد؟

**پاسخ =** در طول پتانسیل عمل، به طور معمول اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا هیچ‌گاه  $70^\circ$  نیست، چون در این عدد غشا در حالت آرامش است.

اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشا، در طول پتانسیل عمل، **چهار بار** به عدد  $20^\circ$  میلی‌ولت ( $20^\circ$  و  $-20^\circ$  نمودار بالارو و  $20^\circ$  و  $-20^\circ$  نمودار پایین‌رو)، **دو بار** به عدد صفر میلی‌ولت (صفر بالا و صفر پایین‌رو)، **سه بار** به عدد  $30^\circ$  میلی‌ولت ( $30^\circ$  بالارو،  $30^\circ$  قله و  $30^\circ$  پایین‌رو) و **دو بار** هم به عدد  $50^\circ$  میلی‌ولت ( $50^\circ$  میلی‌ولت بالارو و  $50^\circ$  میلی‌ولت پایین‌رو) می‌رسد.

**هدایت پیام عصبی**

هنگامی که پیام عصبی در نقطه‌ای از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، در طول یاخته به پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی (آکسون یا دندریت بلند) برسد. این جریان را پیام عصبی می‌نامند. حرکت پیام عصبی در طول یاخته عصبی را هدایت پیام عصبی می‌گوییم. در طول یک یاخته عصبی، هدایت پیام به دو روش، می‌تواند انجام شود: **1** هدایت نقطه‌به‌نقطه **2** هدایت جهشی.



**۱. هدایت نقطه‌به‌نقطه** این نوع هدایت پیام در یاخته‌های عصبی بدون میلین و بخش‌هایی از یاخته‌های عصبی که غلاف میلین وجود ندارد دیده می‌شود. به این صورت که پتانسیل عمل ایجاد شده در یک نقطه از یاخته عصبی، نقطه بعدی را دچار پتانسیل عمل کرده و نقطه قبلی به سمت مرحله استراحت یا پتانسیل آرامش می‌رود و به همین ترتیب نقطه‌ای پس از نقطه دیگر دچار پتانسیل عمل شده و پیام عصبی نقطه‌به‌نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد.

**تفسیر شکل:** این شکل، هدایت نقطه‌به‌نقطه پیام عصبی را در قسمتی از یک رشته عصبی نشان می‌دهد.

**لحظه اول:** رشته عصبی در حال آرامش است و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سوی غشا  $70^-$  میلی‌ولت می‌باشد.

**لحظه دوم:** در ناحیه (۱) تحریک صورت گرفته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده و یون‌های سدیم زیادی با سرعت وارد یاخته شده‌اند، در نتیجه داخل یاخته نسبت به خارج آن مثبت‌تر می‌شود (زمان بالاروی نمودار پتانسیل عمل).

**لحظه سوم:** در این زمان در ناحیه (۱) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند، در نتیجه یون‌های پتاسیم با سرعت از یاخته خارج می‌شوند و داخل یاخته نسبت به خارج منفی‌تر می‌شود و اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به  $70^-$  میلی‌ولت می‌رسد (مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل). در ناحیه (۲) نیز کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده و سدیم‌ها وارد یاخته شده و داخل یاخته نسبت به خارج در این نقطه مثبت‌تر می‌شود و شروع یک پتانسیل عمل جدید رقم می‌خورد. نقاط (۳) و (۴) نیز که در حالت آرامش قرار دارند.

**نکته** واقیعی که در لحظه‌های دوم و سوم در نقطه (۱) اتفاق می‌افتد با هم یک پتانسیل عمل را رقم می‌زند. ناحیه (۱) در لحظه دوم مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل و در لحظه سوم مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل را نشان می‌دهد.

**لحظه چهارم:** در این زمان ناحیه (۱) به حالت پتانسیل آرامش بازگشته و با فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم، آرامش یونی نیز در این ناحیه برقرار شده است. در ناحیه (۲) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز است و مرحله پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل در حال وقوع است. در ناحیه (۳) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و داخل یاخته نسبت به خارج مثبت‌تر بوده و پتانسیل عمل جدیدی در حال پایه‌ریزی است. ناحیه (۴) نیز که در حالت آرامش قرار دارد.

**لحظه پنجم:** نواحی (۱) و (۲) در حالت پتانسیل آرامش هستند. در ناحیه (۳) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و مرحله پایین‌روی نمودار در حال وقوع است.

**نکته** جریان پیام عصبی به ناحیه (۴) رسیده و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در این ناحیه باز و مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل در حال وقوع است.

در تمامی این شکل‌ها، ۳ پتانسیل عمل به طور کامل انجام شده است و پتانسیل عمل چهارم در حال وقوع است، که عبارت‌اند از:

- اولین پتانسیل عمل در ناحیه (۱) در لحظه دوم و سوم اتفاق افتاده است.
- دومین پتانسیل عمل در ناحیه (۲) در لحظه سوم و چهارم اتفاق افتاده است.
- سومین پتانسیل عمل در ناحیه (۳) در لحظه چهارم و پنجم اتفاق افتاده است.
- چهارمین پتانسیل عمل در ناحیه (۴) در لحظه پنجم در حال وقوع است و هنوز کامل نشده است.

**نکات**

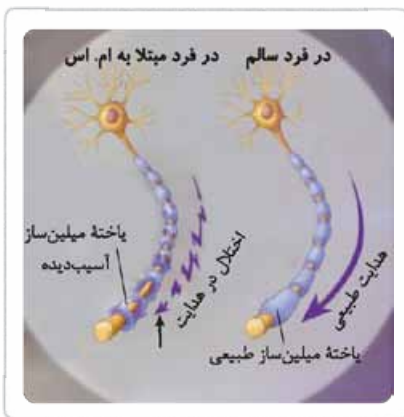
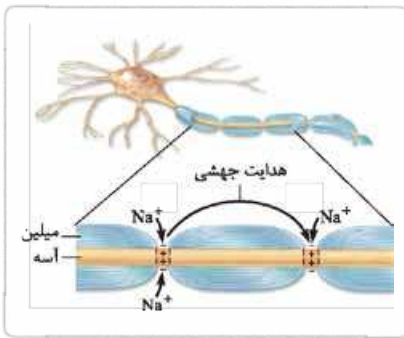
- ◀ همواره در وضعیت‌های مختلف (پتانسیل آرامش یا عمل) مقدار یون سدیم بیرون یاخته بیشتر از درون و مقدار یون‌های پتاسیم درون بیشتر از بیرون است. البته طی پتانسیل عمل غلظت آن‌ها در دو سوی غشا تا حدی دستخوش تغییر می‌شود.
- ◀ در یک رشته عصبی، جهت هدایت پیام عصبی همیشه به سمتی است که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی جدیدی باز شده‌اند و یون‌های سدیم وارد شده‌اند.
- ◀ همان‌طور که مشخص است هدایت پیام از ناحیه (۱) به سوی ناحیه (۴) است.
- ◀ حال اگر رشته عصبی آکسون باشد، جسم یاخته‌ای در سمت ناحیه (۱) و پایانه آکسون در سمت ناحیه (۴) وجود دارد.
- ◀ اگر رشته عصبی دندریت باشد، جسم یاخته‌ای در سمت ناحیه (۴) و ابتدای دندریت در سمت ناحیه (۱) وجود دارد.
- ◀ در بخش پایین‌روی نمودار پتانسیل عمل (در زمان بازبودن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی) همانند پتانسیل آرامش، پتانسیل بیرون غشا نسبت به داخل مثبت می‌باشد.

**۲. هدایت جهشی** اگر رشته عصبی دارای غلاف میلین باشد، در محل‌هایی از آکسون یا دندریت که با غلاف میلین پوشیده شده است، امکان ایجاد پتانسیل عمل نیست، اما در عین حال در گره‌های رانویه تعداد زیادی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و دریچه‌دار پتاسیمی وجود دارد؛ بنابراین پتانسیل عمل

فقط در گره‌های رانویه متوالی و یکی پس از دیگری رخ می‌دهد، یعنی به جای آن که پیام عصبی در طول رشته عصبی، نقطه‌به‌نقطه به پیش رود، از یک گره رانویه به گره دیگر جهش می‌کند. این نوع هدایت پیام عصبی را هدایت جهشی می‌نامند.

### نکات

- ▶ به طور کلی سرعت هدایت جهشی از نقطه‌به‌نقطه سریع‌تر است؛ پس هدایت پیام در رشته‌های عصبی میلین‌دار از رشته‌های بدون میلین هم‌قطر سریع‌تر است.
- ▶ دقت کنید که علاوه بر داشتن یا نداشتن میلین قطر تار عصبی نیز در سرعت هدایت مؤثر است. به همین علت نمی‌توان گفت همواره در هر تار عصبی میلین‌دار سرعت بیشتر از تار عصبی بدون میلین است.
- ▶ در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت بالای ارسال پیام، اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین نورون‌های حرکتی آن‌ها میلین‌دار هستند. هم‌چنین در فرایندهای انعکاسی مثل برخورد دست با جسم داغ نیز رشته‌های طولیل عصبی میلین‌دار است که انعکاس به سرعت انجام شود.
- ▶ در محل گره‌های رانویه تعداد فراوانی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی وجود دارد، اما در بخش‌هایی از غشای نورون که با میلین پوشیده شده است، این کانال‌های دریچه‌دار حضور نداشته و طبیعتاً پتانسیل عمل در آن‌جا رخ نمی‌دهد.



▶ **بیماری‌های ناشی از اختلال میزان میلین:** مقدار میلین در طول رشته عصبی باید در محدوده مشخصی باشد و تغییر در میزان میلین‌سازی در اطراف رشته عصبی چه از حدی بیشتر شود و چه از حدی کم‌تر، می‌تواند منجر به اختلال در هدایت پیام عصبی شود؛ پس کاهش یا افزایش در میزان میلین به بیماری منجر می‌شود. **بیماری مالتیپل اسکلروزیس (MS):** این بیماری در نتیجه کاهش میلین در نورون‌های سیستم عصبی مرکزی اتفاق می‌افتد. در این بیماری، یاخته‌هایی که در سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع) میلین می‌سازند، مورد حمله دستگاه ایمنی قرار می‌گیرند و میلین اطراف نورون‌ها در قسمت‌هایی دچار آسیب شده و یا از بین می‌رود. بدین ترتیب در ارتباط دستگاه عصبی مرکزی با سایر بخش‌های بدن اختلال ایجاد می‌شود و ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود.

از جمله مشکلات این بیماری اختلال در **بینایی، حرکت، ایجاد بی‌حسی و لرزش** در فرد می‌باشد.

### نکات

- ▶ تخریب غلاف میلین، هدایت پیام عصبی را مختل می‌کند و به صورت مستقیم بر انتقال پیام عصبی اثری ندارد.
- ▶ بیمارهای ام اس و دیابت نوع ۱ انواعی از بیماری‌های خودایمنی می‌باشند. در این نوع بیماری‌ها، دستگاه ایمنی بدن (خط سوم) برخی از یاخته‌های خودی را به عنوان عوامل بیگانه در نظر می‌گیرد و به آن‌ها حمله می‌کند.

## انتقال پیام عصبی

پیام عصبی در طول آکسون هدایت می‌شود تا به پایانه آکسون برسد، از آن‌جایی که یاخته‌های عصبی به هم نجسبیده‌اند، انتقال پیام عصبی از یک نورون به نورون دیگر از طریق سیناپس (همایه) صورت می‌گیرد.

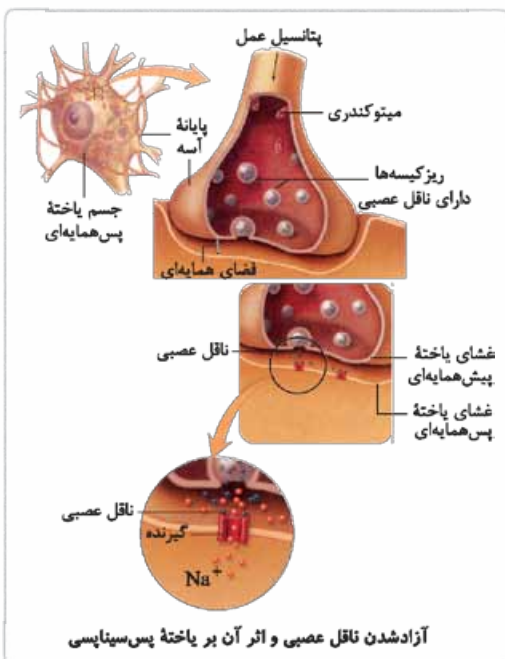
**همایه (سیناپس):** محلی که در آن یک یاخته عصبی با یاخته‌های دیگر ارتباط ویژه دارد. برقرار می‌کند، همایه نام دارد.

در محل سیناپس سه قسمت قابل مشاهده است: **۱** یاخته پیش‌سیناپسی **۲** فضای سیناپسی **۳** یاخته پس‌سیناپسی.

▶ **۱. یاخته پیش‌سیناپسی:** این یاخته به فضای سیناپس ناقل عصبی آزاد می‌کند. یاخته پیش‌سیناپسی ممکن است نورون باشد و یا یاخته گیرنده حسی غیرنورونی مانند گیرنده‌های حس چشایی، شنوایی و تعادل.

یاخته پیش‌سیناپسی، ناقل عصبی را به فضای سیناپسی با روش آگزوسیتوز و صرف انرژی آزاد می‌کند؛ مثلاً اگر یاخته پیش‌سیناپسی نورون باشد، ناقل عصبی از پایانه آکسون آن آزاد می‌شود و در واقع این پایانه آکسون است که در ساختار سیناپس شرکت می‌کند، نه همه بخش‌های نورون!

**ناقل‌های عصبی:** پیک‌های شیمیایی کوتاه‌بردی هستند که از یاخته پیش‌سیناپسی آزاد شده و با اثر بر یاخته پس‌سیناپسی، فعالیت این یاخته‌ها را دستخوش تغییر می‌کنند. جنس ناقل‌ها می‌تواند متفاوت باشد مثلاً گروهی از ناقل‌ها از جنس آمینواسید می‌باشند. در نورون‌ها، ناقل عصبی پروتئینی در جسم یاخته‌ای نورون توسط ریبوزوم‌های سطح شبکه





آندوپلاسمی زیر تولید شده و به کمک دستگاه گلژی بسته‌بندی و توسط ریزکیسه‌ها به پایانه آکسون جابه‌جا می‌شوند. در واقع پایانه آکسون محل ذخیره ناقل‌ها است. با رسیدن پیام عصبی به پایانه آکسون و ایجاد پتانسیل عمل در این پایانه، این ناقل‌ها توسط ریزکیسه‌ها به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند.



❖ **۲. فضای سیناپسی:** فضایی در حد فاصل دو یاخته شرکت‌کننده در سیناپس است، که ناقل‌های عصبی به آن‌ها می‌شوند.

❖ **۳. یاخته پس‌سیناپسی:** بخشی از یاخته‌ای که در سیناپس شرکت می‌کند، دارای کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و دریچه‌دار پتاسیمی است که این کانال‌ها گیرنده ناقل‌های عصبی نیز می‌باشند؛ در اثر برخورد و اتصال ناقل عصبی به این کانال‌ها، دریچه آن‌ها باز شده و باعث تغییر در نفوذپذیری غشای یاخته پس‌سیناپسی و در نهایت تغییر پتانسیل غشای یاخته پس‌سیناپسی می‌شوند.

### نکات شکل

❖ در پایانه آکسون برای تأمین انرژی برون‌رانی ناقل‌های عصبی، میتوکندری‌های فراوانی وجود دارد.

❖ به کانال دریچه‌دار سدیمی در غشای نورون پس‌سیناپسی، ۲ عدد ناقل متصل شده است.

**انواع همایه (سیناپس)** به طور کلی از نظر نوع یاخته‌هایی که با هم سیناپس می‌دهند، سه نوع سیناپس دیده می‌شود:

❖ **۱. سیناپس نورون با نورون:** در این نوع از سیناپس‌ها (شکل ۱)، هر دو یاخته پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی نورون هستند. در سیناپس‌های نورون با نورون، اجزای نورون به حالت‌های زیر با هم در سیناپس شرکت می‌کنند:

- آکسون یاخته پیش‌سیناپسی با دندریت یاخته پس‌سیناپسی؛ مثال: ارتباط نورون حسی با نورون حرکتی یا نورون رابط
- آکسون یاخته پیش‌سیناپسی با جسم یاخته‌ای پس‌سیناپسی؛ مثال: ارتباط نورون حسی با نورون حرکتی یا نورون رابط
- آکسون یاخته پیش‌سیناپسی با آکسون یاخته پس‌سیناپسی؛ مثال: در شبکیه چشم انسان

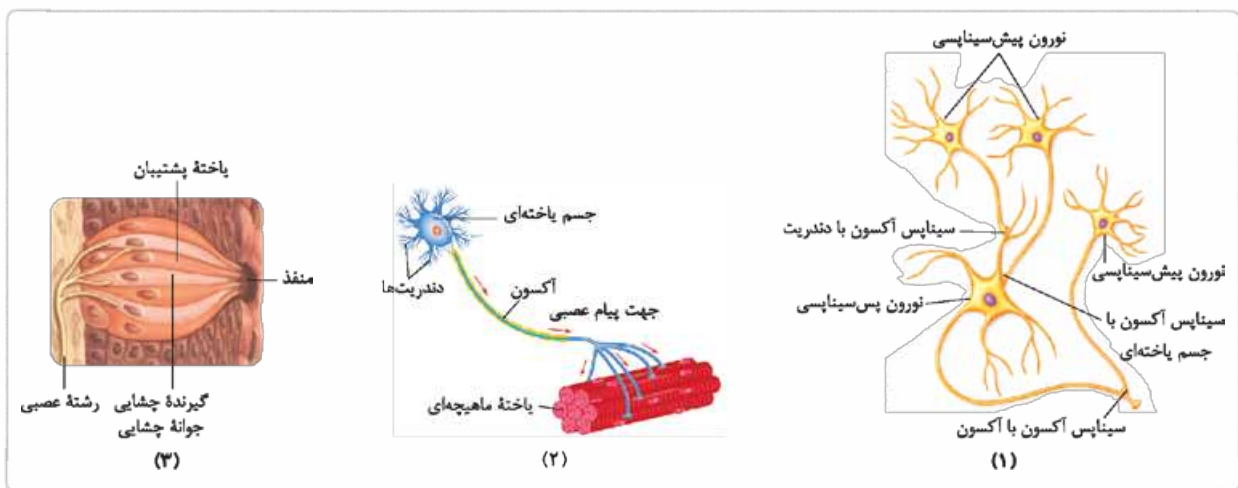
### نکات

❖ با توجه به شکل‌های مختلف کتاب درسی امکان ایجاد سیناپس بین آکسون نورون پیش‌سیناپسی با جسم یاخته‌ای نورون حسی پس‌سیناپسی وجود ندارد، یعنی اگر نورون حسی به عنوان یاخته پس‌سیناپسی باشد، دندریت و یا آکسونش در سیناپس شرکت کرده است.

❖ اگر یاخته پیش‌سیناپسی نورون باشد، حتماً آکسون آن در سیناپس شرکت می‌کند. در واقع فقط از پایانه آکسون نورون امکان رهاسازی ناقل عصبی وجود دارد.

❖ **۲. سیناپس نورون با غیرنورون:** در این نوع از همایه (سیناپس)، یاخته پیش‌سیناپسی از نوع نورون ولی یاخته پس‌سیناپسی، ماهیچه (اسکلتی، قلبی و صاف) یا غدد (درون‌ریز و برون‌ریز) است (شکل ۲).

❖ **۳. سیناپس غیرنورون با نورون:** در این نوع از سیناپس، یاخته پیش‌سیناپسی نوعی گیرنده حس ویژه (چشایی، شنوایی و تعادلی گوش) می‌باشد ولی یاخته پس‌سیناپسی از نوع نورون است (شکل ۳).



### انواع همایه (سیناپس) از نظر عملکرد

❖ **۱. سیناپس تحریکی:** در این نوع سیناپس، ناقل عصبی باعث باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در یاخته پس‌سیناپسی شده و پتانسیل غشای این یاخته مثبت‌تر شده و یاخته پس‌سیناپسی دچار پتانسیل عمل می‌شود.

❖ **۲. سیناپس بازدارنده (مهاری):** در این سیناپس، ناقل عصبی باعث باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در یاخته پس‌سیناپسی شده و پتانسیل غشای این یاخته تا حد امکان منفی‌تر می‌شود.

❖ **۳. سیناپس خاموش (غیرفعال):** اگر یاخته پیش‌سیناپسی، به فضای سیناپسی ناقل عصبی آزاد نکند، پتانسیل غشای یاخته پس‌سیناپسی هیچ تغییری نخواهد کرد و آن سیناپس به طور موقت غیرفعال یا خاموش است.



## نکات

- ▶ برخورد ناقل عصبی به گیرنده‌اش در غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی، حتماً باعث تغییر پتانسیل غشا و تغییر فعالیت عصبی یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌شود. حال ممکن است براساس نوع ناقل، یاختهٔ پس‌سیناپسی تحریک و یا مهار شود.
  - ▶ ناقل‌های عصبی ممکن است در یاخته‌های پیش‌سیناپسی گیرندهٔ حسی که نورون نیستند (مانند گیرندهٔ چشایی) نیز تولید و ترشح شود؛ پس نمی‌توان گفت ناقل عصبی فقط در جسم یاخته‌ای نورون تولید می‌شود.
  - ▶ اگر یاختهٔ پیش‌سیناپسی، نورونی بدون نقش گیرندهٔ حسی باشد ناقل عصبی آزاد شده از آن می‌تواند بر روی یاختهٔ پس‌سیناپسی اثر تحریکی یا مهاری داشته باشد اما اگر یاختهٔ پیش‌سیناپسی گیرندهٔ حسی باشد (نورون یا یاختهٔ غیرعصبی)، در صورت ترشح ناقل به فضای سیناپسی، بر روی یاختهٔ پس‌سیناپسی فقط اثر تحریکی دارد.
  - ▶ سیناپس‌های تحریکی و مهاری می‌توانند در صورت ترشح‌نشدن ناقل عصبی به فضای سیناپسی، به سیناپس خاموش یا غیرفعال تبدیل شوند.
- سرنوشت ناقلین عصبی در فضای سیناپسی** پس از انتقال پیام عصبی، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند، که این موضوع دو علت دارد: اولاً از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری شود. دوم این‌که شرایط و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. تخلیهٔ ناقل‌های باقی‌مانده از فضای سیناپسی به دو روش انجام می‌شود:
۱. **جذب دوبارهٔ ناقل‌ها به یاخته‌های پیش‌سیناپسی:** با روش درون‌بری (با صرف ATP) و ذخیرهٔ آن‌ها درون ریزکیسه‌ها تا رسیدن پیام عصبی بعدی و آزاد شدن مجدد ناقل‌ها!
  ۲. **تجزیه شدن ناقل‌ها:** توسط آنزیم‌هایی که در فضای سیناپسی حضور دارند.

## نکات

- ▶ تغییر غیرطبیعی در میزان ترشح یا باقی‌ماندن ناقل‌های عصبی (کاهش یا افزایش) در فضای سیناپسی، از دلایل بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است. این رخداد، به طور مستقیم باعث اختلال در انتقال پیام عصبی می‌شود نه هدایت پیام!
- ▶ ناقل عصبی هیچ‌گاه وارد یاختهٔ پیش‌سیناپسی نمی‌شود. تنها می‌تواند به کانال‌های گیرنده در سطح غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی متصل شود.
- ▶ ممکن است به کانال‌های یونی گیرندهٔ ناقل عصبی، بیش از یک ناقل عصبی متصل شود؛ مثلاً در شکل کتاب درسی، اتصال دو ناقل به گیرنده را مشاهده می‌کنیم.
- ▶ اگر یاختهٔ پس‌سیناپسی غیرنورون باشد (ماهیچه یا غدد) یاختهٔ پیش‌سیناپسی قطعاً نورون است.
- ▶ احتمال آزاد شدن ناقل عصبی بازدارنده فقط در سیناپس‌های نورون با نورون وجود دارد.
- ▶ در سیناپس‌های فعال، قطعاً نوعی ناقل (تحریک‌کننده یا بازدارنده) آزاد می‌شود؛ ولی در سیناپس‌های غیرفعال، در آن زمان خاص هیچ‌گونه ناقلی در فضای سیناپسی آزاد نمی‌شود.
- ▶ در زمانی که ناقل عصبی در فضای سیناپسی آزاد می‌شود سیناپس فعال و در زمانی که هیچ‌گونه ناقل در فضای سیناپسی نیست سیناپس غیرفعال است.

## نوکلئیک اسیدها

هر یک از یاخته‌های بدن ما دارای ویژگی‌های خاصی (مانند شکل و اندازه) هستند که آن‌ها را از هم متمایز می‌کند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته قرار دارند. درون هسته، فام‌تن‌هایی قرار دارند که هر کدام شامل **DNA** و **پروتئین** هستند و اطلاعات و دستورالعمل‌های یاخته در آن‌ها ذخیره شده است. این اطلاعات، **1** در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و **2** در حین تولیدمثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. **DNA**های درون فام‌تن‌ها، در همه جانداران به عنوان ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی عمل می‌کند و تفاوت ویژگی‌های جانداران مختلف به علت نوع ژن‌های موجود در دنا و خاموش یا روشن بودن آن‌هاست. البته می‌دانیم که **DNA** الزاماً درون هسته نیست، زیرا در **باکتری‌ها** هسته وجود ندارد.

### نکات

- بعضی از یاخته‌های **یوکاریوت فاقد هسته** هستند؛ مانند گویچه‌های قرمز خون و یاخته‌های آوند آبکشی، این یاخته‌ها در ابتدا هسته‌دار بوده و طی بلوغ، هسته خود را از دست داده‌اند.
- در یاخته‌های یوکاریوتی هسته، میتوکندری و کلروپلاست دوغشایی بوده و دارای **DNA** می‌باشند. البته دنا میتوکندری و کلروپلاست حلقوی بوده و ساختار فام‌تنی ندارد.
- همان‌طور که از نام آن‌ها پیداست، نوکلئیک اسیدها دارای خاصیت اسیدی می‌باشند.

## آزمایشات گریفیت در مورد کشف ماده وراثتی

گریفیت **باکتری‌شناسی انگلیسی** بود که سعی داشت واکنشی علیه بیماری **آنفلوآنزا** تولید کند. در آن زمان **تصور می‌شد** که عامل آنفلوآنزا نوعی باکتری به نام **استرپتوکوکوس نومونیا** است، در صورتی که امروزه می‌دانیم عامل آنفلوآنزا نوعی **ویروس** است. در واقع باکتری استرپتوکوکوس نومونیا عامل بیماری **سینه‌پهلو** (ذات‌الریه) است.

**واکسن:** میکروب ضعیف یا کشته‌شده (مثلاً با گرما)، آنتی‌ژن میکروب یا سم خنثی‌شده آن است که وارد کردن آن به بدن، باعث تولید یاخته‌های خاطره شده و فرد در مقابل عامل اصلی بیماری‌زا، ایمنی پیدا می‌کند.

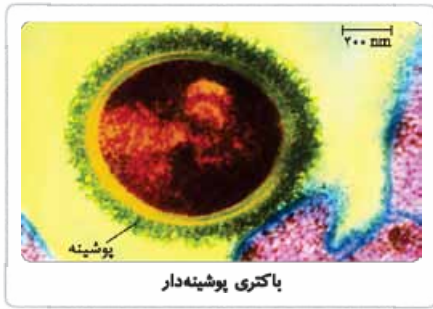
- نکته ترکیبی** « عامل ایجادکننده آنفلوآنزای پرندگان، ویروسی است که می‌تواند سایر گونه‌های **مه‌داران**، مثل انسان را نیز درگیر کند. این ویروس به **شش‌ها** حمله می‌کند و سبب می‌شود دستگاه ایمنی بیش از حد فعالیت کند و به مقدار بیش از حد لنفوسیت **T** کشنده تولید گردد. حمله لنفوسیت‌های **T** کشنده به یاخته‌های شش‌ها و ایجاد آسیب بافتی، می‌تواند منجر به مرگ شود. (فصل ۵ - یازدهم)

**نکته** « در حد کتاب درسی ویروس‌هایی که باید با آن‌ها آشنا باشید عبارت‌اند از: ویروس‌های آنفلوآنزا، **HIV** (عامل بیماری ایدز) و آنفلوآنزای پرندگان.

**باکتری استرپتوکوکوس نومونیا** این باکتری‌ها (از لحاظ توانایی ساخت پوشینه) دارای دو نوع پوشینه‌دار و بدون پوشینه بوده که هر دو به یک گونه تعلق دارند؛ اما فقط باکتری پوشینه‌دار باعث بروز علائم بیماری سینه‌پهلو در جانورانی مثل موش و انسان می‌شود؛ زیرا باکتری بدون پوشینه در بدن انسان یا موش توسط سیستم ایمنی سریعاً شناسایی شده و با بیگانه‌خواری از بین می‌رود، اما شناسایی باکتری پوشینه‌دار، توسط سیستم ایمنی بدن با تأخیر انجام شده و در نتیجه سیستم ایمنی در از بین بردن باکتری‌های پوشینه‌دار نسبتاً ناموفق عمل کرده و باکتری فرصت لازم برای تکثیر را پیدا کرده و فرد به بیماری سینه‌پهلو مبتلا می‌شود.

### نکات

- علت بیماری‌زا بودن باکتری‌های استرپتوکوکوس نومونیا، تکثیر آن‌ها در شش‌ها و تخریب بافت شش است.
- کپسول (پوشینه) در باکتری استرپتوکوکوس نومونیا، **پوششی** است که اطراف باکتری را فرا گرفته و از باکتری در برابر سیستم ایمنی (بیگانه‌خواری)



موش یا انسان محافظت می‌کند. باکتری‌های پوشینه‌دار، ژن یا ژن‌هایی دارند که در نهایت باعث تولید پوشینه می‌شود، در حالی که باکتری بدون پوشینه این ژن یا ژن‌ها را ندارد.

◀ کپسول نسبت به سایر لایه‌های دربرگیرنده سیتوپلاسم باکتری (دیواره و غشای پلاسمایی) قطر بیشتری دارد.

◀ اطراف سیتوپلاسم باکتری استرپتوکوکوس نومونیا می‌تواند، فقط غشای پلاسمایی و دیواره، یا غشای پلاسمایی و دیواره و پوشینه وجود داشته باشد.

◀ همه انواع باکتری‌ها در گونه استرپتوکوکوس نومونیا غشا و دیواره دارند، حال آن‌که گروهی پوشینه نیز دارند.

◀ باکتری پوشینه‌دار بیماری‌زا بوده، ولی باکتری بدون پوشینه اگرچه باعث تحریک سیستم ایمنی می‌شود، اما عامل بیماری‌زا به حساب نمی‌آید.

◀ قطر باکتری استرپتوکوکوس نومونیا با پوشینه حدوداً ۸۰۰ نانومتر

◀ **مراحل تولید پوشینه در باکتری:** فعال شدن ژن یا ژن‌های مربوط به تولید پوشینه (کپسول) → تولید آنزیم یا آنزیم‌های سازنده پوشینه → تولید پوشینه

**نکته** ▶▶ با توجه به مراحل تولید پوشینه در باکتری، باید توجه کرد که پوشینه محصول مستقیم عملکرد ژن نیست.

### مراحل آزمایش کیفیت

**۱** تزریق باکتری‌های زنده پوشینه‌دار به موش‌ها

● مشاهده: موش‌ها مردند.

**نتیجه‌گیری** ✓ باکتری‌های پوشینه‌دار زنده بیماری‌زا بوده و می‌توانند باعث بروز علائم بیماری و مرگ موش‌ها شوند.

**۲** تزریق باکتری‌های زنده فاقد پوشینه به موش‌ها

● مشاهده: موش‌ها زنده ماندند.

**نتیجه‌گیری** ✓ اولاً باکتری‌های بدون پوشینه نمی‌توانند باعث بروز علائم بیماری شوند، زیرا توسط سیستم ایمنی موش نابود می‌شوند. دوماً پوشینه می‌تواند عامل مرگ موش باشد.

**۳** تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار کشته‌شده با گرما به موش‌ها

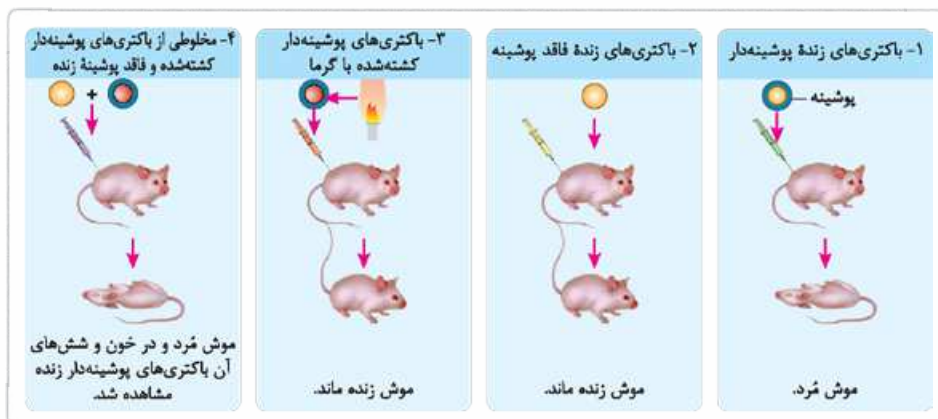
● مشاهده: موش‌ها زنده ماندند.

**نتیجه‌گیری** ✓ پوشینه به تنهایی عامل ایجاد بیماری و مرگ در موش‌ها نیست.

**۴** تزریق مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار مرده و باکتری‌های فاقد پوشینه زنده به موش‌ها

● مشاهده: موش‌ها مردند. کیفیت با تشریح موش‌های مرده در خون و شش‌های آن‌ها، تعداد زیادی باکتری پوشینه‌دار زنده دید!

**نتیجه‌گیری** ✓ یا باکتری‌های پوشینه‌دار مرده، زنده شده‌اند که غیرممکن است و یا این‌که باکتری‌های بدون پوشینه زنده از باکتری‌های مرده پوشینه‌دار عامل تولیدکننده پوشینه را دریافت کرده‌اند که توانسته‌اند پوشینه بسازند.



### نکات

◀ در هر ۴ مرحله آزمایشات سیستم ایمنی موش‌ها علیه باکتری‌ها فعال شده است، اما در مراحل ۱ و ۴ این سیستم در برابر باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مؤثر واقع نشده است.

◀ اگر از موش استفاده شده در مرحله ۳، چند روز بعد در مرحله ۴ نیز استفاده می‌کردیم، به احتمال زیاد این موش به باکتری پوشینه‌دار زنده مقاوم شده (با تولید پادتن و یا اخته خاطره) و نمی‌مرد! زیرا باکتری پوشینه‌دار مرده در نقش واکنش عمل می‌کند.

◀ امروزه برای تهیه واکنش برای مقابله با بیماری سینه‌پهلو می‌توانیم از باکتری استرپتوکوکوس نومونیا پوشینه‌دار کشته‌شده استفاده کنیم تا لئوسیت‌های خاطره مؤثری در بدن فرد دریافت‌کننده واکنش، تولید شود.

◀ گرمای مورد استفاده گریفیت فقط باعث مرگ باکتری‌ها شده و پوشینه و DNA آن‌ها را از بین نبرده است؛ پس الزاماً مرگ یاخته موجب از بین رفتن DNA نیست!

◀ در بیماری **سینه‌پهلو** آسیب بافتی در **شش‌ها** منجر به ایجاد **التهاب** درون حبابک‌ها می‌شود و در نتیجه موجب **اختلال در تنفس** می‌شود.

◀ بیماری سینه‌پهلو و آنفلوآنزا علائم مشترکی دارند؛ به همین علت نیز گریفیت فکر می‌کرد عامل آنفلوآنزا این نوع باکتری است.

◀ در مرحله چهارم گریفیت باکتری‌ها را بیرون بدن موش مخلوط کرد و سپس آن‌ها را به موش‌ها تزریق نمود؛ پس می‌توان گفت بخشی از فرایند انتقال ماده وراثتی می‌توانسته در بیرون بدن موش‌ها رخ داده باشد.

◀ در مرحله چهارم آزمایش گریفیت الزاماً هر باکتری بدون پوشینه‌داری، کپسول دار نشد، بلکه تعدادی از آن‌ها، ماده وراثتی حاوی ژن(های) پوشینه‌دار شدن را دریافت نموده و پوشینه‌دار شدند.

**تذکر مهم!** در آزمایش چهارم گریفیت اگرچه انتقال ژن بین باکتری‌ها صورت گرفت، اما باکتری‌های دریافت‌کننده ژن(های) پوشینه‌دار شدن، **تراژن** محسوب نمی‌شود؛ زیرا جاندار تراژن به جاندار می‌گفته می‌شود که از طریق **مهندسی ژنتیک** دارای ژن جدید شده است. (زیست دوازدهم - فصل ۷)

**دستاورد گریفیت** مشخص شد که ماده ژنتیک از باکتری‌های مرده پوشینه‌دار به باکتری‌های زنده بدون پوشینه منتقل شده است (ماده ژنتیک بین یاخته‌ها قابل انتقال است).

### نکات

◀ در آزمایش گریفیت ماهیت ماده وراثتی و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

◀ جالب است بدانید که قبل از گریفیت، دانشمندان نوکلئیک اسیدها را کشف نموده و پژوهش‌هایی بر روی آن‌ها انجام داده بودند.

### تمرین

#### آزمایش‌های گریفیت:

۱ مشخص نمایید از هر جاندار در چه مرحله یا مراحل استفاده شد؟

(ب) باکتری‌های پوشینه‌دار: اول، سوم و چهارم

(الف) باکتری‌های بدون پوشینه: دوم و چهارم

(د) حضور فقط یک نوع باکتری: اول، دوم و سوم

(ج) باکتری‌های پوشینه‌دار مرده: سوم و چهارم

(و) باکتری بدون پوشینه مرده: در هیچ مرحله‌ای

(ه) حضور دو نوع باکتری: چهارم

(ز) باکتری پوشینه‌دار زنده: اول

(ح) باکتری مرده: سوم و چهارم

(ط) باکتری زنده: اول، دوم، چهارم

(ی) حضور فقط جاندار پروکاریوت: هیچ مرحله‌ای؛ در واقع در همه مراحل از جاندارانی پروکاریوت (باکتری‌ها) و جاندارانی یوکاریوت (موش‌ها) استفاده شد.  
(ک) جاندار زنده: در همه مراحل از موش‌هایی زنده استفاده شد.

۲ درستی یا نادرستی جملات زیر را مشخص کنید.

(الف) در هر مرحله که از باکتری‌های پوشینه‌دار استفاده شد، موش مُرد: غلط - در مرحله سوم موش زنده ماند.

(ب) در هر مرحله که از باکتری بدون پوشینه استفاده شد، موش زنده ماند: غلط - در مرحله چهارم موش مرد.

(ج) در هر مرحله‌ای که موش زنده ماند از باکتری‌های بدون پوشینه استفاده شده بود: غلط - در مرحله سوم باکتری‌های پوشینه‌دار استفاده شد.

(د) در هر مرحله که از باکتری‌های پوشینه‌دار مرده استفاده شد، موش زنده ماند: غلط - در مرحله چهارم موش مرد.

### آزمایش ایوری و همکاریانش در کشف عامل اصلی انتقال صفات وراثتی

۱۶ سال پس از گریفیت، عامل مؤثر در انتقال صفات توسط ایوری و همکاریانش مشخص شد.

#### مراحل آزمایش اول

۱ عصاره باکتری‌های پوشینه‌دار کشته‌شده با گرما را استخراج کردند. ۲ تمامی پروتئین‌های موجود در آن را به کمک آنزیم‌های پروتئاز تخریب کردند (هدف: حذف عامل پروتئینی از لیست مواد وراثتی بود). ۳ باقی‌مانده عصاره را به محیط کشت باکتری‌های فاقد کپسول زنده اضافه کردند.

● مشاهده: انتقال صفت صورت گرفت و در محیط کشت، باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده شد.

نتیجه‌گیری ✓ با انجام این آزمایش مشخص شد که پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند.

#### مراحل آزمایش دوم

۱ استخراج عصاره باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده با گرما ۲ قراردادن مخلوط درون سانتریفیوژ (گریزانه) با سرعت بالا ۳ جداسدن مواد به صورت لایه‌لایه ۴ اضافه کردن هر یک از لایه‌ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری‌های فاقد کپسول زنده

● مشاهده: انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد، انجام شد.

نتیجه‌گیری ✓ عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است. در ضمن ثابت شد که قند، لیپید و پروتئین ماده وراثتی نیستند.



**آزمایش‌های بعدی ایوری** در کتاب می‌خوانیم «در آزمایش‌های دیگری عصاره باکتری‌های پوشینه‌دار را ...» پس این مبحث فقط شامل یک عدد آزمایش سوم نیست و آزمایش‌های متعددی صورت گرفت.

**۱** استخراج عصاره باکتری‌های کیسول‌دار کشته‌شده با گرما **۲** عصاره استخراج‌شده را در **۴** ظرف تقسیم کرد. **۳** به هر ظرف آنزیم‌های تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و نوکلئیک اسیدها) را اضافه کردند. **۴** اضافه کردن عصاره‌ها به محیط‌های کشت حاوی باکتری‌های زنده بدون کیسول و دادن فرصت رشد و تکثیر به باکتری‌ها

● **مشاهده:** در همه ظروف انتقال صفت صورت می‌گیرد، به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دنا (نوکلئاز) است.  
● **نتیجه‌گیری:** ماده وراثتی مطمئناً مولکول DNA است. پروتئین، قند و لیپید ماده وراثتی نیستند.

**نکته** توجه داشته باشید که گراییت از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته‌شده با گرما استفاده کرد، ولی ایوری از عصاره آن‌ها استفاده کرد.

### ساختار نوکلئیک اسید

● **تعریف:** نوکلئیک اسیدها پلی‌مرهایی هستند که از مونومرهایی به نام **نوکلئوتید** ساخته شده‌اند.

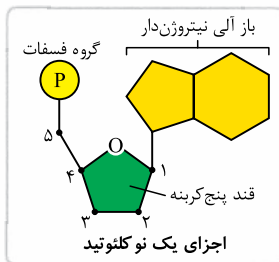
#### انواع نوکلئیک اسیدها

**۱** دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید یا DNA (دنا)

**۲** ریبونوکلئیک اسید یا RNA (رنا)

#### اجزای تشکیل‌دهنده نوکلئوتیدها

● **۱. یک قند ۵ کربنه:** یک مونوساکارید با ساختار **حلقوی** است (یک حلقه پنج کربنه) که اصلی‌ترین عامل ایجادکننده تفاوت بین نوکلئوتیدهای سازنده RNA و DNA محسوب می‌شود. در شکل مقابل کربن‌ها از ۱ تا ۵ شماره‌گذاری شده‌اند. **تفاوت دنا و رنا:** در DNA قند ۵ کربنه به صورت **دئوکسی‌ریبوز** است و در RNA قند ۵ کربنه به صورت **ریبوز** است. (قند دئوکسی‌ریبوز یک اتم اکسیژن کم‌تر از ریبوز دارد.)

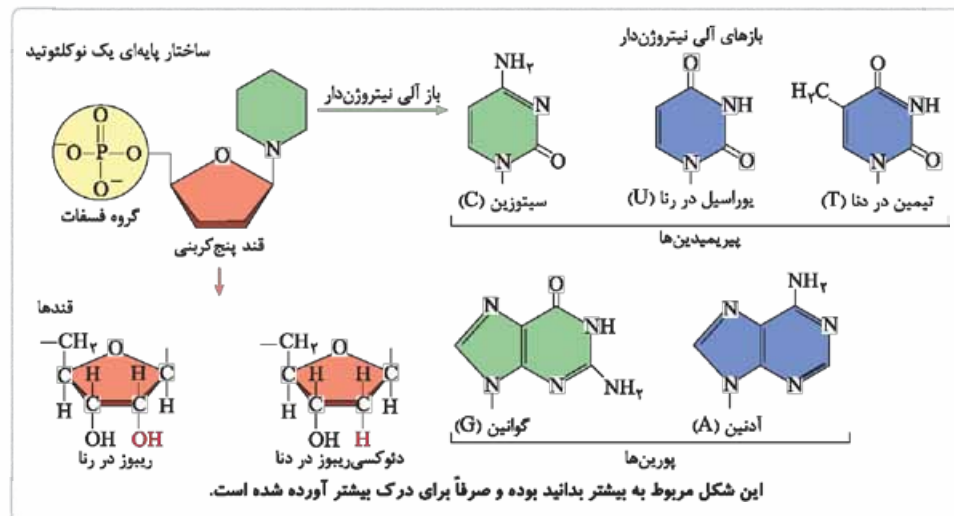


● **نکته** قند پنج کربنه از طریق کربن شماره ۱ (کربن درون حلقه‌ای) خود طی پیوندی اشتراکی به باز آلی متصل می‌شود و همچنین از طریق کربن شماره ۵ (کربن خارج حلقه‌ای) خود طی پیوندی اشتراکی (فسفواستر) به فسفات متصل می‌شود.

#### ۲. باز آلی نیتروژن‌دار

انواع بازهای آلی:

● **پورین‌ها:** بازهای آلی دارای ساختار **دو حلقه‌ای** هستند و شامل آدنین (A) و گوانین (G) که هر کدام از یک حلقه شش‌ضلعی و یک حلقه پنج‌ضلعی تشکیل شده‌اند. (لطفاً به شکل بالا و موقعیت اتصال این دو حلقه به قند توجه فرمایید.)  
● **پیریمیدین‌ها:** بازهای آلی دارای ساختار **تک حلقه‌ای** هستند و شامل: سیتوزین (C)، تیمین (T) و یوراسیل (U) می‌باشند که از یک حلقه شش‌ضلعی تشکیل شده‌اند.



#### نکات

● نوکلئوتیدها یا سه حلقه دارند یا دو حلقه (با احتساب قند).

● بازهای آلی دو حلقه‌ای (پورین‌ها) با حلقه کوچک خود (پنج‌ضلعی) به قند پنج کربنه متصل می‌شوند.

● **تفاوت دنا و رنا:** در مولکول دنا باز **یوراسیل** دیده نمی‌شود و در مولکول رنا نیز تیمین دیده نمی‌شود.

۳. یک تا سه گروه فسفات: در یک نوکلئوتید به مولکول قند می‌تواند یک تا سه گروه فسفات متصل باشد. البته در مولکول‌های دنا و رنا، همه نوکلئوتیدهای شرکت کننده، به صورت تک‌فسفاته حضور دارند. قند پنج‌کربنه از طریق کربن خارج از حلقه خود (کربن شماره ۵) به فسفات متصل می‌شود.

### نکات

هیچ دو نوکلئوتیدی از دنا و رنا یکسان نیستند، چون قند متفاوتی دارند. در ضمن قند ریبوز به علت داشتن یک اکسیژن بیشتر، از دئوکسی‌ریبوز سنگین‌تر می‌باشد.

به دلیل منفی بودن گروه فسفات، نوکلئوتیدها و هم‌چنین نوکلئیک اسیدها بار منفی دارند.

### جمع‌بندی



### کاربرد نوکلئوتیدها

۱ شرکت در ساختار مولکول DNA ۲ شرکت در ساختار مولکول‌های RNA ۳ منبع انرژی (مانند ATP) ۴ شرکت در ساختار حامل‌های الکترون

### نکات

ATP یکی از انواع نوکلئوتیدهای ریبوزدار است که به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته به مصرف می‌رسد.  
ATP منبع رایج انرژی یاخته است. پس یاخته منابع دیگری نیز برای تأمین انرژی فرایندهای زیستی دارد.  
پیوند بین گروه‌های فسفات انرژی زیادی دارد؛ بنابراین هنگام آبکافت مولکول ATP، انرژی زیادی آزاد می‌شود.  
در بین سه فسفات یک نوکلئوتید تری‌فسفات، دو پیوند پرانرژی است که توانایی شکستن و تشکیل شدن دارند.  
معمولاً مصرف و آزادسازی انرژی در سلول به ترتیب به کمک دو مولکول ATP و ADP انجام می‌شود و این دو مولکول مدام به یکدیگر تبدیل می‌شوند (اما آزادسازی انرژی ATP تا AMP نیز می‌تواند ادامه یابد).

حامل‌های الکترونی مانند NADPH، NADH و FADH<sub>2</sub> مولکول‌هایی هستند که در ساختار آن‌ها نوکلئوتیدها شرکت دارند و می‌توانند الکترون را حمل کنند و به مولکول‌های دیگر انتقال دهند.

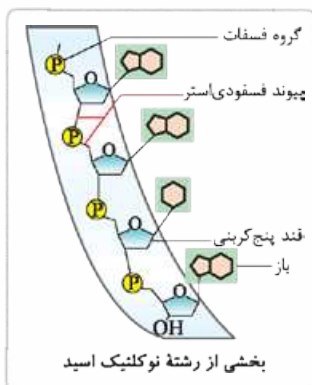
حامل‌های الکترونی در فرایندهای یاخته‌ای، مانند تنفس یاخته‌ای و فتوسنتز شرکت دارند.

### پیوندهای بین مولکولی در یک نوکلئوتید

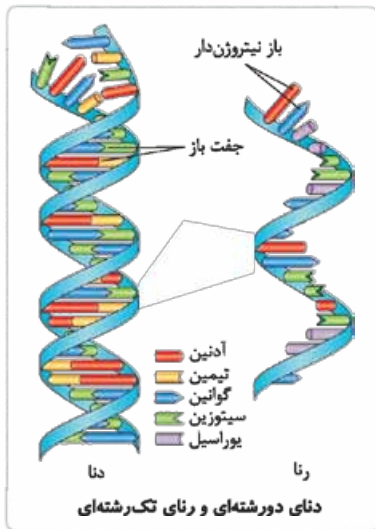
- ۱ پیوند قند - باز: نوعی پیوند اشتراکی است که قند را یا به حلقه ۵ضلعی بازهای پورینی و یا به حلقه ۶ضلعی بازهای پیریمیدینی متصل می‌کند.
- ۲ پیوند قند - فسفات: این پیوند نوعی پیوندی اشتراکی به نام پیوند فسفواستر است که بین کربن خارج حلقه قند (کربن شماره ۵) و فسفات ایجاد می‌شود.
- ۳ پیوند فسفات - فسفات: این پیوندها پرانرژی بوده و می‌تواند شکسته شده و مجدداً تشکیل شوند.

### پیوندهای بین نوکلئوتیدها در ساختار نوکلئیک اسیدها

۱. پیوند فسفودی‌استر: پیوندی که بین نوکلئوتیدهای مجاور برقرار می‌شود تا در نهایت رشته پلی‌نوکلئوتیدی تشکیل گردد. در واقع پیوند (قند - فسفات - قند) تشکیل می‌شود که به آن پیوند فسفودی‌استر می‌گویند. در واقع پیوند فسفودی‌استر بین قندهای نوکلئوتیدهای مجاور ایجاد شده و گروه فسفات واسطه تشکیل پیوند است. پیوند فسفودی‌استر خود شامل دو پیوند فسفواستر (قند - فسفات) است.  
در تشکیل این پیوند ابتدا فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود. البته تشکیل این پیوند به کمک آنزیم انجام می‌شود.



۲. پیوند هیدروژنی: پیوندی که بین بازهای آلی دو نوکلئوتید مقابل هم ایجاد می‌شود. در مولکول DNA، بین نوکلئوتیدهای دو رشته مقابل و در RNA نیز که تک‌رشته‌ای است در اثر تاخوردن روی خود (در tRNA و rRNA) این نوع پیوند بین بازهای آلی بخش‌های مختلف یک رشته شکل می‌گیرد. بین بازهای مکمل A و T یا U و C دو پیوند هیدروژنی و بین بازهای C و G سه پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.



### رشته پلی‌نوکلئوتیدی

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام فسفودی‌استر به هم متصل می‌شوند و رشته پلی‌نوکلئوتیدی را می‌سازند. رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند مثل رنا (RNA) یا به صورت دوتایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دنا (DNA) را می‌سازند.

● **نوکلئیک اسید حلقوی:** دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی می‌توانند با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند (نوکلئیک اسید انتهای آزاد ندارد)؛ مانند مولکول DNA باکتری‌ها، دنا راکیزه‌ای و سیزدبسه‌ای در یوکاریوت‌ها، انواعی از دیسک‌ها (پلازمیدها) و انواعی از رناها (رناهای حلقوی)

● **نوکلئیک اسید خطی:** گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل قند در انتهای دیگر هر رشته پلی‌نوکلئوتیدی به صورت آزاد قرار می‌گیرد رشته‌های دنا یا رنا خطی را ایجاد می‌کند؛ بنابراین هر رشته دنا و رنا خطی همیشه دو سر متفاوت دارند.

● **تفاوت دنا و رنا:** مولکول رنا از یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی ایجاد شده اما در مولکول دنا دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی در مقابل هم قرار می‌گیرند.

### مراحل کشف ساختار دنا

**مشاهدات چارگاف** در ابتدا تصور می‌شد که هر ۴ نوع نوکلئوتید موجود در مولکول DNA به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند و دانشمندان انتظار داشتند که مقدار هر ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول‌های دنا از هر جانداري که باشد، با یکدیگر برابر باشند. اما تحقیقات دانشمندی به نام چارگاف نشان داد که این‌گونه نیست بلکه مقدار آدنین موجود در دنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند.

بنابراین:  $A = T$  و  $C = G$        $\frac{C}{G} = \frac{A}{T} = 1$        $\frac{A+G}{T+C} = 1$        $A + G = C + T$       پورین = پیریمیدین

**تذکر مهم!** چارگاف فقط به برابری بازهای A با T و C با G در یک مولکول دنا پی برد، ولی علت آن بعدها مشخص شد. یعنی مکمل بودن بازها و تشکیل پیوند بین آن‌ها توسط چارگاف مشخص نشد.

### نکات

◀ چارگاف درباره ثابت بودن قطر مولکول دنا اظهار نظری نکرد و با شکل این مولکول کاری نداشت.

◀ قوانین چارگاف در مورد RNAها و یک رشته از مولکول DNA صادق نیست.

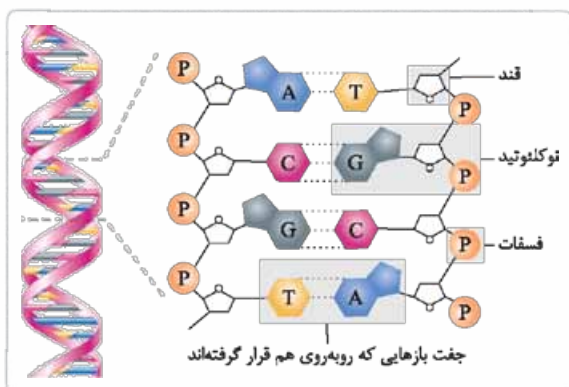


### ویلکینز و فرانکلین: استفاده از پرتو ایکس برای تهیه تصویر از دنا

ویلکینز و فرانکلین برای کشف ساختار مولکولی دنا از پرتو ایکس استفاده کردند و تصاویری از مولکول‌های دنا به دست آوردند که نتایج آن به شرح زیر است:

- ۱ دنا حالت مارپیچی دارد.
- ۲ هر مولکول دنا بیش از یک رشته دارد.
- ۳ تشخیص ابعاد مولکول‌ها

**نکته** نتیجه‌گیری‌های فوق با مشاهده تصاویر متعدد صورت گرفته نه فقط یک تصویر نشان داده شده در کتاب. (این نمونه‌ای از بهترین تصاویر بوده است.)



**تذکر!** در آزمایشات ویلکینز و فرانکلین دو رشته‌ای بودن دنا مشخص نشد، فقط فهمیدند که مولکول دنا بیش از یک رشته دارد.

### مدل مولکولی دنا

در نهایت، واتسون و کریک با استفاده از اطلاعات موجود برای مولکول دنا مدل مولکولی نردبان مارپیج را ساختند که به خاطر آن در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل دریافت کردند. این دو دانشمند از اطلاعات زیر برای بیان مدل خود استفاده کردند:

- ۱ نتایج آزمایشات چارگاف ۲ اطلاعات حاصل از تصاویر تهیه‌شده پرتو X توسط ویلکینز و فرانکلین ۳ یافته‌های خود

## مدل پیشنهادی واتسون و کریک

هر مولکول دنا از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده که به دور یک محور فرضی پیچیده و ساختاری دورشته‌ای را ایجاد می‌کند که اغلب به یک نردبان پیچ‌خورده تشبیه می‌شود.

**ستون‌های نردبان:** مولکول قند و فسفات ستون‌ها را تشکیل می‌دهند که با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل‌اند.

**پله‌های نردبان:** بازهای آلی هستند که با پیوندهای هیدروژنی به هم متصل‌اند و دو رشته را در مقابل هم نگه می‌دارند.

### نکات

بر روی مارپیچ دنا به صورت یکی‌درمیان، فاصله‌های متفاوت بین دو رشته دنا نسبت به هم دیده می‌شوند. (۱ و ۲ در شکل)

در یک مولکول دنا، دو رشته دنا، نسبت به هم جهت‌گیری معکوس دارند، یعنی انتهای OH یک رشته در مقابل انتهای فسفات رشته دیگر قرار می‌گیرد.

**بازهای مکمل:** پیوند هیدروژنی بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می‌شود. آدنین در مقابل تیمین با دو پیوند هیدروژنی و سیتوزین در مقابل گوانین با سه پیوند هیدروژنی قرار می‌گیرند؛ به این جفت بازها، **بازهای مکمل** گفته می‌شود.

**نکته** مکمل بودن بازهای آلی که توسط واتسون و کریک کشف شد، تأییدکننده آزمایشات چارگاف است (و نه بالعکس).

## نتایج قرارگیری جفت بازها در مقابل هم در مولکول دنا

### ۱ یکسان بودن قطر مولکول دنا و کمک به پایداری و فشرده‌شدن بهتر این مولکول

علت: چون همواره یک پورین (دو حلقه) در مقابل یک پیریمیدین (تک حلقه) قرار می‌گیرد و ثابت ماندن قطر منجر به پایداری بیشتر مولکول دنا می‌شود.

**نکته** واتسون و کریک ثابت بودن قطر دنا را نشان دادند.

### ۲ شناسایی ترتیب و توالی نوکلئوتیدهای رشته مقابل دنا از روی یک رشته

علت: در هر رشته پلی‌نوکلئوتیدی مولکول دنا، ممکن است چندین نوکلئوتید وجود داشته باشد و به دلیل قانون بازهای مکمل با شناسایی توالی یک رشته، می‌توان به توالی رشته مقابل نیز پی برد؛ برای مثال:

TGACCA → ACTGGT

### ۳ پایداری مولکول دنا به دلیل وجود پیوند هیدروژنی

علت: هر پیوند هیدروژنی، انرژی کمی دارد، اما به دلیل تعداد بسیار زیاد نوکلئوتیدها، تعداد پیوندهای هیدروژنی در مولکول DNA بسیار زیاد بوده و در نتیجه مولکول دنا حالت پایدارتری پیدا می‌کند.

**نکته** دو رشته مولکول‌های دنا در زمان نیاز مانند همانندسازی و رونویسی می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند و بدون این‌که پایداری آن‌ها به هم بخورد وظایف خود را انجام دهند.

## رنا و انواع آن

مولکول‌های رنا دارای ویژگی‌هایی هستند؛ ۱ نوعی نوکلئیک اسیدها هستند. ۲ تک‌رشته‌ای هستند. ۳ از روی بخشی از مولکول دنا طی رونویسی ساخته می‌شود. ۴ معمولاً خطی هستند ولی در مواردی ممکن است حلقوی باشند. ۵ به طور عمده در فرایند پروتئین‌سازی نقش دارند.

### انواع مولکول‌های رنا

رنا پیک (mRNA): اطلاعات مربوط به ساخت پروتئین‌ها را از دنا به رناتن‌ها می‌رساند و رناتن‌ها با استفاده از اطلاعات رنا پیک، پروتئین‌سازی می‌کنند. رنا پیک در خودش و بین بازهای مکمل پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌کند.

رنا ناقل (tRNA): آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رناتن‌ها انتقال می‌دهد. در ضمن در بخش‌هایی از آن بین بازهای مکمل پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

رنا رناتنی (rRNA): در ساختار رناتن‌ها علاوه بر پروتئین، رنا رناتنی نیز شرکت دارد.

رناهای دیگری نیز وجود دارند، مانند رنا مکمل کوچک که وظیفه آنژیومی یا تنظیمی را بر عهده دارند.

## ژن چیست؟

به واحدهای سازمان‌یافته اطلاعات در دنا، ژن می‌گویند. در واقع ژن بخشی از مولکول دنا است و عملکرد و فعالیت آن باعث تولید رنا یا رشته پلی‌پپتیدی می‌شود.

**نکته** بیان ژن در نهایت باعث تولید رنا یا پروتئین می‌شود.





## جمع‌بندی &gt; مقایسه DNA و RNA

نقش	انواع	نوع قند	نوع باز	تعداد رشته	مقایسه
● ماده وراثتی یاخته	DNA خطی و حلقوی	دئوکسی‌ریبوز	A, T, C, G	۲	DNA
● در پروتئین‌سازی ● به عنوان آنزیم ● حاوی اطلاعات وراثتی ● تنظیم بیان ژن	mRNA, tRNA, rRNA رناهای کوچک تنظیمی و رناهای آنزیمی	ریبوز	A, U, C, G	۱	RNA

## جمع‌بندی &gt; تحقیقات دانشمندان در مورد ماده وراثتی

نتیجه کار	فعالیت	دانشمندان
ماده وراثتی می‌تواند به یاخته دیگر منتقل شود.	تلاش برای کشف واکسن آنفلوآنزا	گریفیت
عامل انتقال صفات همان دناست.	انجام آزمایش برای کشف ماهیت ماده وراثتی	ایوری
نسبت‌های $A = T$ و $C = G$	کشف روابط بین مقدار بازهای آلی در مولکول دنا	چارگاف
مولکول دنا مارپیچ بوده و دارای بیش از یک رشته است.	تهیه تصویر از دنا با استفاده از پرتو ایکس	ویلیکینز و فرانکلین
کشف ساختار دنا با ارائه مدل مولکولی نردبان مارپیچ	بررسی مدل مولکولی دنا	واتسون و کریک