

## پتانسیل آرامش



- ۱ چگونگی ایجاد پیام: در اثر تغییر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاخته عصبی
- ۲ علت ایجاد پیام:
  - الف یکسان نبودن مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاخته عصبی
  - ب متفاوت بودن بار الکتریکی در دو سوی غشای یاخته عصبی
  - پ وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی

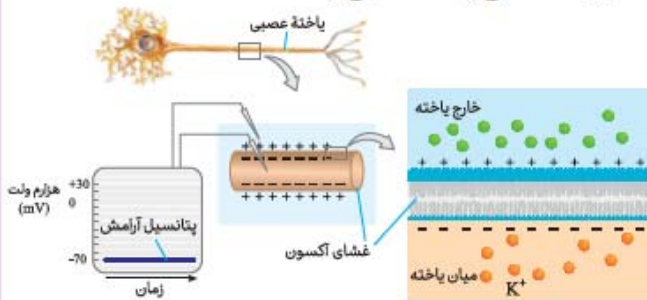
## پتانسیل آرامش

الف وضعیت یاخته: حالتی که یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد و پیام عصبی ایجاد نمی‌شود.

ب وضعیت پتانسیلی: اختلاف پتانسیل در دو سوی غشای یاخته عصبی زنده، ۷۰ میلی ولت است.

## وضعیت یون‌ها

- ۱ یون‌های سدیم: مقدار آن در بیرون غشا، بیشتر از درون آن است.
- ۲ یون‌های پتاسیم: مقدار آن در درون یاخته بیشتر از بیرون آن است.



۱ وظیفه: به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشای یاخته عصبی کمک می‌کنند.

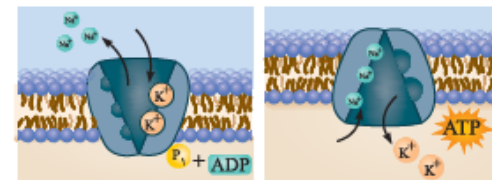
الف کانال تشتی: نقش انتشار یون‌های سدیم و پتاسیم

- ۱ یون پتاسیم را از یاخته خارج می‌کند.
- ۲ یون سدیم را به یاخته وارد می‌کند.

## پروتئین‌های غشا

۲ انواع

- ۱ وظیفه: با هر بار فعالیت، سه یون سدیم را از یاخته عصبی خارج و دو یون پتاسیم را به یاخته عصبی وارد می‌کند.
- ۲ منبع انرژی: مولکول ATP



## نکته باران

🔍 ماجرای اعداد -۷۰ با +۷۰ و اختلاف پتانسیل با پتانسیل: به سه قانون طلایی و زیستی! توجه فرمایید:

- ۱ برای اندازه‌گیری پتانسیل غشای یاخته عصبی، فضای بیرون یاخته را عدد (صفر) در نظر می‌گیرند.
- ۲ برای اندازه‌گیری پتانسیل غشای یاخته عصبی که در حالت آرامش قرار دارد، فضای درون یاخته را عدد (-۷۰) در نظر می‌گیرند.
- ۳ برای بیان اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، عدد اختلاف پتانسیل را به شکل مثبت بیان می‌کنند.

🔍 اختلاف پتانسیل و عدد +۷۰: پتانسیل آرامش حالتی است که در آن اختلاف پتانسیل (نه پتانسیل خالی!) دو سوی غشای یاخته عصبی، عدد میلی‌ولت است. حالا چرا؟ زیرا طبق قرارداد بیرون یاخته عدد صفر است و پتانسیل داخل یاخته هم در حالت آرامش، معادل عدد میلی‌ولت است و از آنجایی که در بیان اختلاف پتانسیل عدد منفی بکار نمی‌بریم پس اختلاف صفر با ۷۰ می‌شود، عدد ۷۰!

🔍 پتانسیل و عدد -۷۰: پتانسیل داخل یاخته در حالت پتانسیل آرامش عدد (-۷۰) است به همین دلیل هنگام بیان پتانسیل داخل غشا (نه داخل!) را نسبت به درون یاخته در نظر بگیریم باید عدد میلی‌ولت را بیان کنیم این در حالیست که این نوع از بیان رایج نیست! یعنی به جای پتانسیل بیرون یاخته نسبت به داخل آن یعنی عدد میلی‌ولت، پتانسیل داخل یاخته را نسبت به بیرون آن یعنی عدد میلی‌ولت، در نظر می‌گیرند.

## جمع‌بندی:

۱. برای بیان اختلاف پتانسیل (نه پتانسیل خالی!)، باید عدد به شکل مثبت بیان شود.



مهرماه

۲. برای بیان پتانسیل (نه اختلاف پتانسیل) داخل غشا نسبت به بیرون، عدد را به شکل منفی بیان می‌کنیم.  
 ۳. برای بیان پتانسیل (نه اختلاف پتانسیل) بیرون غشا نسبت به داخل عدد را مثبت بیان می‌کنیم، اما این نوع بیان رایج نیست!

**⚠️ چگونگی جابه‌جایی یون‌ها از غشای یاخته:** انتقال یون‌های سدیم و پتاسیم از غشای یاخته، بدون پروتئین‌های غشا ممکن نیست. یون‌های سدیم و پتاسیم نمی‌توانند از لابه‌لای فسفولیپیدهای غشا عبور کنند بنابراین برای عبور از غشای یاخته نیازمند کانال‌ها و پمپ‌های انتقال دهنده یونی هستند. کانال‌های نشتی و پمپ‌های سدیم - پتاسیم امکان عبور یون‌ها را فراهم می‌کنند.

**🔍 مسیر جابه‌جایی یون‌ها در یاخته:** یون‌های سدیم و پتاسیم، می‌توانند از طریق کانال‌های نشتی و پمپ‌های سدیم - پتاسیم، جابه‌جا شوند اما توجه داشته باشید که کانال‌های نشتی، یون‌های سدیم را به داخل یاخته وارد می‌کنند اما پمپ‌های سدیم - پتاسیم، یون‌های سدیم را از یاخته خارج می‌کنند. یون‌های پتاسیم نیز همانند یون‌های سدیم از طریق کانال‌های نشتی و پمپ‌های سدیم - پتاسیم جابه‌جا می‌شوند. یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی از یاخته خارج می‌شوند (برعکس یون سدیم) و از طریق پمپ‌های سدیم - پتاسیم وارد یاخته می‌شوند (بازهم برعکس یون سدیم!).

**⚠️ ارتباط کانال و پمپ با تعداد یون‌های جابه‌جا شده:** یک کانال نشتی طی هر بار فعالیت خود تعدادی یون سدیم یا پتاسیم را جابه‌جا می‌کند اما تعداد این یون‌ها مشخص نیست!  
 اما یک پمپ سدیم - پتاسیم طی هر بار فعالیت خود، ۵ عدد یون (۳ عدد یون سدیم و ۲ عدد یون پتاسیم) را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند. یعنی طی هر بار فعالیت خود، همزمان ۳ عدد یون سدیم را از یاخته خارج و ۲ عدد یون پتاسیم را به یاخته وارد می‌کند.

**⚠️ تعداد مولکول‌های ATP مصرفی توسط پمپ:**  
 پمپ سدیم - پتاسیم برای انجام فعالیت خود نیاز به صرف انرژی (مصرف مولکول ATP) دارد. این پمپ برای هر بار فعالیت خود (جابه‌جایی ۵ عدد یون)، نیازمند مصرف یک مولکول ATP است. یعنی تعداد یون جابه‌جا شده با تعداد مولکول مصرفی ATP برابر نیست! پمپ سدیم - پتاسیم برای هر بار فعالیت خود و جابه‌جا کردن ۵ عدد یون، فقط ۱ عدد مولکول ATP مصرف می‌کند.

**🔍 ویژگی‌هایی از کانال‌های نشتی:** کانال‌های نشتی از پروتئین‌های سراسری غشای یاخته هستند. کانال‌های نشتی، پروتئین‌های همیشه باز هستند و دریچه ندارند. این کانال‌ها برای انتقال یون‌ها انرژی مصرف نمی‌کنند و انتقال یون‌ها را در جهت شیب غلظت (از جای پر تراکم به جای کم تراکم) انجام می‌دهند. انتقال یون‌ها توسط این کانال‌ها از نوع انتشار تسهیل شده است.

### 🔍 حالت آرامش با پتانسیل حالت آرامش، متفاوت است:

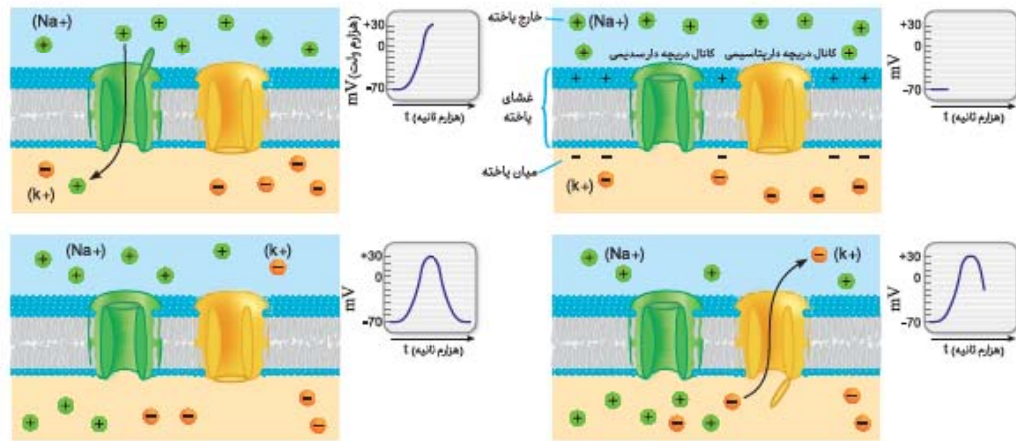
**حالت آرامش:** اگر یاخته عصبی این دو ویژگی را داشته باشد در حالت آرامش است:  
 ۱) پتانسیل یاخته عصبی، پتانسیل حالت آرامش باشد، یعنی پتانسیلی که داخل غشای نورون عدد  $-70$  میلی‌ولت است.  
 ۲) آرایش (غلظت) یون‌ها مشابه غلظتی باشد که در حالت آرامش است یعنی شیب غلظت بسیار زیاد پتاسیم به سمت بیرون و شیب غلظت سدیم به سمت داخل یاخته.

**پتانسیل حالت آرامش:** اگر در یاخته عصبی، پتانسیل داخل غشای نورون عدد  $-70$  میلی‌ولت باشد (همانند حالت آرامش!) اما آرایش یون‌ها مشابه غلظتی که در حالت آرامش است نباشد. یاخته در حالت آرامش نیست بلکه فقط پتانسیل یاخته، پتانسیل حالت آرامش است! هر یاخته‌ای که پتانسیل آن، پتانسیل آرامش است لزوماً به معنای این نیست که آن یاخته در حالت آرامش قرار دارد. برای این‌که یاخته در حالت آرامش باشد نیازمند داشتن دو ویژگی است:

- ۱) پتانسیل یاخته، پتانسیل حالت آرامش باشد
  - ۲) غلظت یون‌ها مناسب حالت آرامش باشد.
- برای این‌که یاخته‌ای در پتانسیل آرامش باشد فقط داشتن یک ویژگی کافی است: عدد پتانسیل عدد داخل غشای یاخته باشد تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیش‌تر است، زیرا غشا به این یون نفوذپذیری بیش‌تری دارد.



- ۱ **وضعیت یاخته:** حالتی که یاختهٔ عصبی تحریک می‌شود.
- ۲ **وضعیت پتانسیلی:** اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاختهٔ عصبی زنده، به‌طور ناگهانی تغییر می‌کند و درون یاخته از بیرون آن مثبت‌تر می‌شود.
- ۳ **علت ایجاد پتانسیل:** تحریک شدن یاختهٔ عصبی
- ۴ **محل ایجاد:** در محل تحریک یاخته
- ۵ **مدت عمل:** کوتاه
- ۶ **وضعیت یون‌ها**
  - الف) یون سدیم در لحظهٔ ایجاد پتانسیل، به مقدار فراوانی وارد یاخته می‌شود.
  - ب) یون پتاسیم مدت کوتاهی پس از ایجاد پتانسیل عمل، به مقدار فراوانی از یاخته خارج می‌شود.
- ۷ **وضعیت پروتئین‌های غشای یاخته**
  - الف) علت باز شدن: تغییر ولتاژ
  - ب) وظیفه: عبور دادن یون‌ها
- ۸ **وضعیت پیش‌روی:** پیام عصبی نقطه به نقطه تا به انتهای رشتهٔ عصبی پیش می‌رود.



نکته باران

**ویژگی‌هایی از کانال‌های دریچه‌دار و پمپ‌های غشایی:** کانال‌های دریچه‌دار و پمپ‌های سدیم - پتاسیم نیز همانند کانال‌های نشستی، همگی از پروتئین‌های سراسری غشای یاخته هستند.

کانال دریچه‌دار سدیمی در سمت خارج غشا، دریچه‌دار هستند و این دریچه‌ها هنگام عبور یون‌های سدیم باز می‌شوند (همیشه باز نیستند) و امکان وارد شدن یون‌های سدیم به داخل یاخته را فراهم می‌کنند.

کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در سمت داخل غشا، دریچه‌دار هستند و این دریچه‌ها هنگام عبور یون‌های پتاسیم باز می‌شوند (همیشه باز نیستند) و امکان خارج شدن یون‌های پتاسیم از یاخته را فراهم می‌کنند.

هر دو نوع کانال‌های دریچه‌دار (سدیم و پتاسیمی) یون‌ها را در جهت شیب غلظت (از جای پر تراکم به جای کم تراکم) جابه‌جا می‌کنند و برای انجام فعالیتشان، انرژی (ATP) مصرف نمی‌کنند. انتقال یون‌ها توسط این کانال‌ها، همانند کانال‌های نشستی از نوع انتشار تسهیل شده است.

**تراکم یون‌های سدیم و پتاسیم:** همیشه شیب غلظت یون سدیم به سمت داخل و شیب غلظت یون پتاسیم به سمت خارج یاخته (نورون) است. به عبارت دیگر یون‌های سدیم تمایل دارند وارد یاخته شوند و یون‌های پتاسیم تمایل به خروج از یاخته دارند.

جابه‌جایی یون‌ها از طریق کانال‌ها و پمپ‌ها انجام می‌شود. یون‌های سدیم توسط کانال‌های نشستی (که همیشه باز هستند) و کانال‌های دریچه‌دار (که باز می‌شوند) به شکل انتشار تسهیل شده وارد یاخته می‌شوند. این حالت تا زمانی ادامه دارد که کانال‌ها بسته نشوند و از آن‌جایی که حداقل کانال‌های نشستی بسته نمی‌شوند (زیرا همیشه باز هستند) پس وارد شدن یون‌های سدیم به داخل یاخته (انتشار تسهیل شده) همیشه انجام می‌شود. پمپ‌های سدیم - پتاسیم با صرف انرژی (ATP) یون‌های جابه‌جا شده را به حالت اول باز می‌گردانند یعنی یون‌های سدیم را از جای کم تراکم (داخل یاخته) به جای پرتراکم (خارج یاخته)، با صرف انرژی منتقل می‌کنند. توجه داشته باشید که یون‌های سدیم توسط انتشار تسهیل شده، بدون مصرف انرژی و توسط کانال‌های نشستی و دریچه‌دار وارد یاخته می‌شوند، این فرایند نشانگر آن است که تراکم یون‌های سدیم بیرون یاخته بیشتر از داخل یاخته است. همچنین یون‌های سدیم توسط انتقال فعال، با مصرف انرژی و توسط پمپ‌های سدیم - پتاسیم از یاخته خارج می‌شوند، این فرایند نیز نشانگر آن است که همچنان تراکم یون‌های سدیم در بیرون از یاخته بیشتر از داخل آن است. پس می‌توان نتیجه گرفت که همواره غلظت یون‌های سدیم بیرون یاخته بیشتر از داخل یاخته و غلظت یون‌های پتاسیم نیز داخل یاخته بیشتر از بیرون یاخته است.

**موشکافی بخش صعودی نمودار پتانسیل عمل:** در مرحله صعودی (بالارو) نمودار پتانسیل عمل، شیب نمودار مثبت است و حرکت صعودی دارد اما این به معنای افزایش اختلاف پتانسیل دو طرف غشا نیست! زیرا در این قسمت از نمودار، پتانسیل داخل غشا در حال افزایش است. برای درک بهتر، مرحله صعودی نمودار پتانسیل عمل را به دو بخش تقسیم می‌کنیم:

۱) بخشی از قسمت صعودی نمودار پتانسیل عمل را می‌توان از پتانسیل (-۷۰) تا پتانسیل صفر در نظر گرفت. در این بخش اختلاف پتانسیل درون و بیرون غشا در حال کاهش است و با رسیدن به صفر پتانسیل درون و بیرون غشا برابر می‌شود. هرچند در ظاهر عدد صفر بزرگ‌تر از -۷۰- است و اختلاف پتانسیل ظاهراً در حال افزایش است (از -۷۰ به صفر می‌رسد) اما توجه داشته باشید که در بحث اختلاف پتانسیل با اعداد منفی سروکار نداریم به عبارتی در این بخش پتانسیل را عدد +۷۰ (نه -۷۰) در نظر می‌گیریم که به عدد صفر رسیده است.

در این بخش از نمودار، پتانسیل (نه اختلاف پتانسیل) داخل غشا در حال افزایش است زیرا از (-۷۰) به عدد صفر می‌رسد اما اختلاف پتانسیل در حال کاهش است زیرا از +۷۰ (۷۰ خودمان مثبت در نظر می‌گیریم) به عدد صفر می‌رسد!

۲) بخشی از قسمت صعودی نمودار پتانسیل عمل را می‌توان از پتانسیل صفر تا پتانسیل (+۳۰) در نظر گرفت: در این بخش اختلاف پتانسیل درون و بیرون غشا در حال افزایش است، به عبارت دیگر پتانسیل داخل یاخته و اختلاف پتانسیل دو سوی غشا هر دو در حال افزایش هستند. (از صفر تا +۳۰)

**نتیجه‌گیری:** در بخش صعودی نمودار پتانسیل عمل یعنی از -۷۰ تا +۳۰ وضعیت اختلاف پتانسیل در ابتدا از نوع کاهش‌ی (از -۷۰ تا صفر) و سپس از نوع افزایشی (از صفر تا +۳۰) است. اما وضعیت پتانسیل داخل یاخته همواره در حال افزایش است.

**نقطه‌ای از نمودار که بیشترین اختلاف پتانسیل را دارد:** بیشترین اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته در قسمتی از نمودار است که پتانسیل آن (-۷۰) باشد. بین بیشترین اختلاف پتانسیل و نوک قله نمودار رابطه‌ای وجود ندارد! یعنی این گونه نیست که هرچه قدر در نمودار صعود کنیم و بالاتر برویم و به نوک قله نزدیک شویم، اختلاف پتانسیل بیشتر شود! به عبارت دیگر، نوک قله نمودار پتانسیل عمل به معنی بیشتر بودن اختلاف پتانسیل نیست!

اما قله نمودار پتانسیل (+۳۰) را نشان می‌دهد حال اختلاف پتانسیل قله نمودار را با عدد صفر در نظر می‌گیریم و اختلاف پتانسیل می‌شود عدد ۳۰. حال از آن‌جایی که عدد ۷۰ بزرگ‌تر از ۳۰ است پس بیشترین اختلاف پتانسیل مربوط به ابتدای نمودار است نه قله آن! در نوک قله نمودار، پتانسیل عدد +۳۰ است یعنی داخل یاخته از بیرون آن ۳۰ عدد بیشتر یون دارد پس اختلاف پتانسیل ۳۰ است، اما در ابتدای نمودار -۷۰- است یعنی داخل یاخته از بیرون آن ۷۰ یون کم دارد پس اختلاف پتانسیل ۷۰ است.

**نقطه‌ای از نمودار که کمترین اختلاف پتانسیل را دارد:** کم‌ترین اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در هر دو مرحله بالارو و پایین‌رو از نمودار پتانسیل عمل دیده می‌شود. کم‌ترین اختلاف پتانسیل در نقطه‌ای از نمودار است که عدد صفر را نشان می‌دهد یعنی در پتانسیل صفر، اختلاف پتانسیل داخل و بیرون غشای یاخته با یکدیگر برابر می‌شود و اختلافشان نیز صفر عدد است!

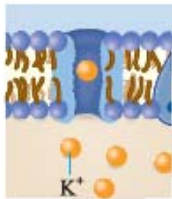
**باز و بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی:** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی نمی‌توانند همزمان در یک نقطه از نوروں باز باشند یعنی در هیچ نقطه‌ای از نمودار پتانسیل عمل این دو نوع کانال همزمان باز نیستند اما در نوک قله نمودار پتانسیل عمل، این دو نوع کانال می‌توانند همزمان با یکدیگر بسته باشند. در دو نقطه مختلف از یک نوروں (نه یک نمودار پتانسیل عمل / نه یک نقطه از نوروں) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی می‌توانند همزمان باز باشند؛ مثلاً در ابتدای آکسون کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و در نقطه‌ای جلوتر (به هنگام هدایت پیام عصبی)، کانال دریچه‌دار سدیمی می‌توانند همزمان باز باشند.

**پتانسیل عمل در یک نقطه و نقاط مختلف یک نوروں:** با پایان پتانسیل عمل در یک نقطه از نوروں (نه یک نمودار پتانسیل عمل)، همه کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در تمام طول نوروں بسته نمی‌شوند، بلکه ممکن است در نقطه‌ای جلوتر از طول همان نوروں، پتانسیل عمل دیگری انجام شود و کانال دریچه‌دار سدیمی باز شوند.

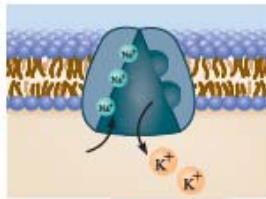
در پایان پتانسیل عمل، تفاوت مقدار یون‌های سدیم و پتاسیم دو سوی غشای یاخته، با مقدار آن‌ها در حالت آرامش، باعث فعالیت پمپ سدیم و برگشت وضعیت یون‌ها به حالت اول می‌شود.

## جدول مقایسه‌ای انواع پتانسیل الکتریکی

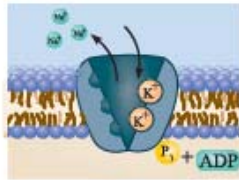
موضوع	پتانسیل آرامش	ابتدای پتانسیل عمل	ادامه پتانسیل عمل	بعد از پتانسیل عمل
غلظت $Na^+$ داخل یاخته	کم	زیاد	کم	کم
غلظت $Na^+$ خارج یاخته	زیاد	کم	زیاد	زیاد
غلظت $K^+$ داخل یاخته	زیاد	زیاد	کم	زیاد
غلظت $K^+$ خارج یاخته	کم	کم	زیاد	کم
اختلاف پتانسیل (داخل نسبت به خارج) دو طرف یاخته‌ی	-70 میلی‌ولت	-70 میلی‌ولت	+30 میلی‌ولت	-70 میلی‌ولت
اختلاف پتانسیل (خارج نسبت به داخل) یاخته	+70 میلی‌ولت	+70 میلی‌ولت	-30 میلی‌ولت	+70 میلی‌ولت
وضعیت کانال نشستی سدیم	وارد کردن سدیم به داخل یاخته (انتشار تسهیل شده بدون صرف انرژی)	وارد کردن یون سدیم	وارد کردن یون سدیم	وارد کردن یون سدیم به داخل
وضعیت کانال نشستی پتاسیمی	خارج کردن یون پتاسیم از یاخته (انتشار تسهیل شده بدون صرف انرژی)	خارج کردن یون پتاسیم	خارج کردن یون پتاسیم	خارج کردن یون پتاسیم
وضعیت کانال‌های دریچه‌دار سدیمی	بسته است.	باز می‌شود وارد شدن ناگهانی یون‌های سدیم به داخل یاخته (انتشار تسهیل شده بدون صرف انرژی)	به تدریج بسته می‌شود.	بسته است.
وضعیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی	بسته می‌شود.	بسته است	باز می‌شود خارج کردن یون‌های پتاسیمی از یاخته (انتشار تسهیل کننده)	بسته است.
یون سدیم تحت تأثیر پمپ سدیم-پتاسیم	خارج کردن یون سدیم (۳ عدد) از یاخته با صرف انرژی	(کاهش عملکرد)	(عملکرد کم)	■ خارج کردن یون سدیم از یاخته فعالیت بیشتر
یون پتاسیم تحت تأثیر پمپ سدیم-پتاسیم	وارد کردن یون پتاسیم به داخل یاخته (۲ عدد) با صرف انرژی	(کاهش عملکرد)	غیرفعال (عملکرد کم)	■ وارد کردن یون پتاسیم به یاخته ■ فعالیت بیش‌تر
غلظت $K^+$ پس از جابه‌جایی	داخل یاخته بیش‌تر از خارج یاخته	عدم جابه‌جایی	داخل یاخته بیش‌تر از خارج یاخته	داخل بیش‌تر از خارج یاخته
غلظت $Na^+$ پس از جابه‌جایی	خارج یاخته بیش‌تر از داخل یاخته	خارج یاخته بیش‌تر از داخل یاخته	عدم جابه‌جایی	خارج یاخته بیش‌تر از داخل
اختلاف پتانسیل داخل نسبت به خارج یاخته بعد از جابه‌جایی				-65 میلی‌ولت
توضیحات	تعداد کانال‌های همیشه باز پتاسیمی بیش‌تر از کانال‌های همیشه باز سدیمی است. در نتیجه مقدار $K^+$ خارج شده بیش‌تر از مقدار $Na^+$ وارد شده به یاخته است.	-	پس از پتانسیل عمل با فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم غلظت یون‌ها دوباره به حالت اول بر می‌گردند. (پس از بسته شدن دریچه پتاسیمی)	در این مرحله پمپ سدیم پتاسیم بیش‌ترین فعالیت را دارد.



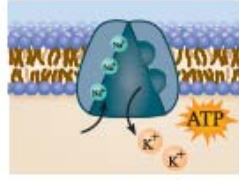
B



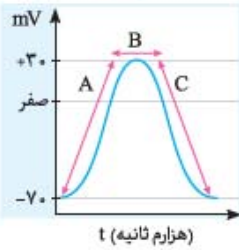
A



ب



الف



ت (هزارم ثانیه)

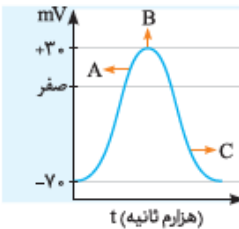
۵۶. پمپ سدیم - پتاسیم ، کانال های دریچه دار منجر به کاهش غلظت یون می شود.

- (۱) همانند - سدیمی - سدیم مایع میان یاخته ای  
(۲) همانند - پتاسیمی - پتاسیم مایع میان یاخته ای  
(۳) برخلاف - پتاسیمی - پتاسیم مایع بین یاخته ای  
(۴) برخلاف - سدیمی - سدیم مایع بین یاخته ای

۵۷. طی پتانسیل عمل

- (۱) نمودار پتانسیل عمل، دو بار از نقطه ۴۵ - عبور می کند.  
(۲) عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم همواره بدون تغییر می ماند.  
(۳) پتانسیل داخل یاخته در زمان بسیار طولانی، نسبت به بیرون آن، مثبت می شود.  
(۴) اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشا به آرامی ولی شدیداً تغییر می کند.

۵۸. در منحنی زیر به ترتیب در نقطه A، B و C کدام حالت در کانال های دریچه دار مشاهده می شود؟



ت (هزارم ثانیه)

<p>C</p>	<p>B</p>	<p>A</p>	(۱)
<p>C</p>	<p>B</p>	<p>A</p>	(۲)
<p>C</p>	<p>B</p>	<p>A</p>	(۳)
<p>C</p>	<p>B</p>	<p>A</p>	(۴)

۵۲. با توجه به شکل های نشان داده شده می توان گفت

- (۱) همانند A، یون های پتاسیم را در جهت شیب غلظت جابه جا می کند.  
(۲) برخلاف B، همراه با مصرف انرژی زیستی یون های پتاسیم را جابه جا می کند.  
(۳) همانند A، سبب افزایش غلظت یون های پتاسیم در بیرون از غشا می شود.  
(۴) برخلاف B، در طی پتانسیل عمل سبب جابه جایی یون های پتاسیم می شود.

۵۴. تصویر

- (۱) الف - پتاسیم را طی فرایند انتشار ساده در بیرون یاخته افزایش می دهد.  
(۲) ب - پتاسیم را طی پتانسیل آرامش در درون یاخته افزایش می دهد.  
(۳) الف - سدیم را طی پتانسیل عمل در درون یاخته افزایش می دهد.  
(۴) ب - سدیم را طی فرایند انتشار تسهیل شده در بیرون یاخته افزایش می دهد.

۵۵. با توجه به نمودار مقابل مشخص است که در بخش

- (۱) C، اختلاف غلظت دو سوی غشا همواره کاهش می یابد.  
(۲) B، مانعی در برابر ورود یون های سدیم و خروج یون های پتاسیم وجود دارد.  
(۳) A، اختلاف غلظت دو سوی غشا همواره افزایش می یابد.  
(۴) C، هر نوع پروتئین غشایی توانایی جابه جایی یون پتاسیم را دارد.

۵۶. پمپ سدیم - پتاسیم ، کانال های دریچه دار

- (۱) همانند - سدیمی - سدیم مایع میان یاخته ای  
(۲) همانند - پتاسیمی - پتاسیم مایع میان یاخته ای  
(۳) برخلاف - پتاسیمی - پتاسیم مایع بین یاخته ای  
(۴) برخلاف - سدیمی - سدیم مایع بین یاخته ای

۵۷. طی پتانسیل عمل

- (۱) نمودار پتانسیل عمل، دو بار از نقطه ۴۵ - عبور می کند.  
(۲) عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم همواره بدون تغییر می ماند.  
(۳) پتانسیل داخل یاخته در زمان بسیار طولانی، نسبت به بیرون آن، مثبت می شود.  
(۴) اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشا به آرامی ولی شدیداً تغییر می کند.

۵۸. در منحنی زیر به ترتیب در نقطه A، B و C کدام حالت در کانال های دریچه دار مشاهده می شود؟

۵۹. کدام گزینه درست نیست؟

- ۱) در یاخته‌های عصبی میلین‌دار، قطعاً گره رانویه وجود دارد.
- ۲) در غشای نورون در قسمت‌های میلین‌دار قطعاً پتانسیل عمل رخ نمی‌دهد.
- ۳) هدایت پیام عصبی در آکسون نورونی با هفت گره رانویه نسبت به نورونی با پنج گره رانویه قطعاً کندتر است.
- ۴) در نورون تحریک شده در قسمت‌هایی که غشای آن در تماس با محیط بیرون است، قطعاً پتانسیل عمل رخ می‌دهد.

۶۰. چند مورد از عبارات‌های زیر درست است؟

- الف) پمپ سدیم - پتاسیم در قسمت‌هایی از غشای نورون که با میلین پوشیده شده است، هرگز فعالیت ندارد.
  - ب) وجود غلاف میلین، همواره باعث هدایت جهشی پیام عصبی می‌شود.
  - پ) عدم فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در حالت آرامش باعث کاهش شدید مقدار یون‌های پتاسیم در درون یاخته می‌شود.
  - ت) بلافاصله پس از پتانسیل عمل شیب غلظت سدیم - پتاسیم تغییر کرده و مشابه حالت آرامش می‌شود.
- ۱) ۱ مورد      ۲) ۲ مورد      ۳) ۳ مورد      ۴) ۴ مورد

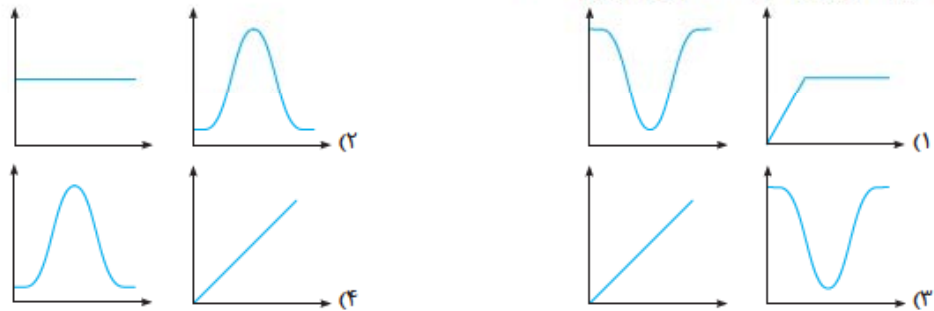
۶۱. در هر نورون طبیعی.....

- ۱) با نزدیک شدن پتانسیل عمل از صفر به  $+30$  میلی‌ولت، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند.
- ۲) باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باعث افزایش فشار اسمزی نورون می‌شود.
- ۳) غلاف میلین از تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون جلوگیری می‌کند.
- ۴) با نزدیک شدن پتانسیل عمل از صفر به  $-70$  میلی‌ولت، امکان خروج یون‌های سدیم از یاخته وجود ندارد.

۶۲. در پتانسیل آرامش یک نورون حرکتی، ممکن نیست.....

- ۱) یاخته عصبی، فعالیت عصبی نداشته باشد.
- ۲) اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در حدود  $-70$  میلی‌ولت باشد.
- ۳) پمپ‌های سدیم - پتاسیم بیشترین فعالیت خود را داشته باشند. ۴) بیرون غشا نسبت به درون آن مثبت‌تر باشد.

۶۳. کدام نمودارها به ترتیب نشان‌دهنده جابه‌جایی یون  $Na^+$  در نورون تحت گرمای شدید و اتصال الکترودهای مربوط به اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی به صورت معکوس به نورون است؟



۶۴. به‌طور معمول در منحنی تغییر پتانسیل غشایی یک نورون حسی.....

- ۱) کانال‌های دریچه‌دار  $Na^+$  و  $K^+$  در سه زمان مختلف، هر دو بسته هستند.
- ۲) پمپ سدیم - پتاسیم، در جهت شیب غلظت،  $K^+$  را به درون یاخته باز می‌گرداند.
- ۳) کانال‌های نشستی  $Na^+$  و  $K^+$  در سه زمان مختلف، هر دو باز هستند.
- ۴) پمپ سدیم - پتاسیم در سه زمان مختلف فعالیت نمی‌کند.

۶۵. پمپ سدیم - پتاسیم موجود در غشای یک نورون، هنگامی که.....

- ۱) مولکول ATP را دریافت می‌کند، فاقد دو یون سدیم است.
- ۲) مولکول ATP را مصرف نمی‌کند، واجد دو یون پتاسیم است.
- ۳) مولکول ATP را مصرف می‌کند، فاقد دو یون پتاسیم است.
- ۴) مولکول ATP را دریافت می‌کند، واجد سه یون سدیم است.

۶۶. کدام گزینه درست است؟

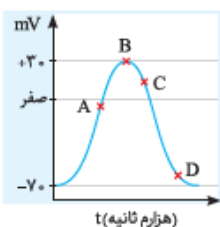
- ۱) در منحنی تغییر پتانسیل غشایی نورون، نمودار طی چند ثانیه، دو بار از نقطه صفر عبور می‌کند.
- ۲) دریچه کانال پتاسیمی برخلاف دریچه کانال سدیمی، در سطح داخل یاخته‌های غشای نورون قرار گرفته است.
- ۳) عبور یون‌های سدیم از کانال‌های نشستی برخلاف کانال‌های دریچه‌دار در جهت شیب غلظت صورت می‌گیرد.
- ۴) فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم تنها عامل عدم توازن بارهای الکتریکی در دو سمت غشای نورون‌ها است.

۶۷. در تمام مدت زمان پتانسیل عمل..... پتانسیل آرامش.....

- ۱) همانند - کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند.
- ۲) برخلاف - یون سدیم از یاخته خارج می‌شود.
- ۳) برخلاف - پمپ سدیم - پتاسیم فعال نیست.
- ۴) همانند - یون پتاسیم وارد یاخته می‌شود.

۶۸. در نمودار پتانسیل عمل هنگامی که نقطه..... ثبت می‌شود، امکان ندارد.....

- ۱) B - گروهی از پروتئین‌های غشایی تغییر شکل دهند.
- ۲) A - دو نوع یون با بار یکسان در دو جهت مختلف جابه‌جا شوند.
- ۳) D - پروتئین مصرف‌کننده ATP بیشترین فعالیت خود را داشته باشد.
- ۴) C - کانال‌های دریچه‌دار جابه‌جا کننده پتاسیم، باز شوند.



**گزینه ۲:** در شروع پتانسیل عمل به دلیل باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم بیشتری وارد یاخته می‌شوند. چون میزان خروج یون‌های پتاسیم نسبت به آن کمتر است، اختلاف پتانسیل الکتریکی رفته رفته مثبت‌تر می‌شود.

**گزینه ۳:** امکان دارد!

۴۸.

با شروع پتانسیل عمل و باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم به‌طور ناگهانی وارد یاخته می‌شوند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** به‌صورت ناگهانی (نه تدریجی!) تغییر می‌کند.

**گزینه ۲:** به دلیل وارد شدن یون‌های سدیم ( $\text{Na}^+$ ) تراکم یون‌های مثبت درون یاخته بیشتر می‌شود.

**گزینه ۳:** درسته که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته هستند، ولی یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی و پمپ سدیم - پتاسیم می‌شوند.

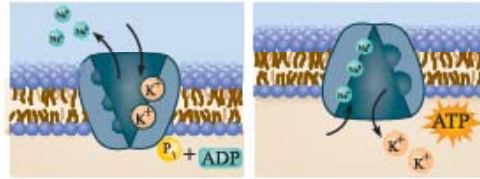
۴۹.

یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی (همیشه باز) به بیرون یاخته منتقل می‌شوند و از آن‌جایی که تعداد این کانال‌ها نسبت به کانال‌های سدیمی بیشتر است، پس میزان بار مثبت درون یاخته تغییر می‌کند. چون پتاسیم بیشتری خارج می‌شود.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** ابتدا کاهش می‌یابد و سپس افزایش! (زمانی که از ۷۰ به صفر می‌رسد، کاهش می‌یابد و زمانی که از صفر به ۳۰ می‌رسد، افزایش می‌یابد).

**گزینه ۳:** با توجه به شکل زیر مشخص است، زمانی که پمپ سدیم - پتاسیم مولکول ATP را شکسته و  $\text{P}_i + \text{ADP}$  آزاد می‌کند، یون‌های سدیم (۳ یون سدیم) را به بیرون یاخته منتقل می‌کند. در همین حین ۲ یون پتاسیم نیز دریافت می‌کند.



**گزینه ۴:** با شروع پتانسیل عمل، یون‌های سدیم به درون یاخته وارد می‌شوند. در شروع پتانسیل عمل انباشته شدن یون‌های سدیم دیده نمی‌شود.

۵۰.

در طی پتانسیل عمل، پیش از این‌که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز شوند، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز بوده‌اند. در نتیجه یون‌های سدیم وارد یاخته شده‌اند. علاوه بر این یون‌های سدیم از طریق کانال‌های نشتی نیز وارد یاخته عصبی می‌شوند. پس می‌توان گفت تراکم یون‌های سدیم درون یاخته نسبت به بیرون در هنگام پتانسیل عمل بیشتر از پتانسیل آرامش است.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون رفته رفته منفی‌تر می‌شود.

**گزینه ۲:** همواره تراکم یون‌های پتاسیم درون یاخته نسبت به بیرون بیشتر است. **گزینه ۳:** غلط!

۵۱.

یون‌های سدیم و پتاسیم به واسطه کانال‌های نشتی، در جهت شیب غلظت به‌ترتیب به سمت درون و بیرون یاخته منتقل می‌شوند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** در ابتدای پتانسیل عمل که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشا -۷۰ میلی‌ولت است، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته هستند، ولی یون‌های پتاسیم به‌وسیله کانال‌های نشتی از یاخته خارج می‌شوند.

**گزینه ۲:** در قسمت نزولی منحنی نمودار پتانسیل عمل کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند.

**گزینه ۳:** پمپ سدیم - پتاسیم یون‌های سدیم و پتاسیم را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند.

۵۲.

با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته شده و بار الکتریکی درون آن، مثبت‌تر می‌شود.

۵۳.

**A** مربوط به پمپ سدیم - پتاسیم و **B** نشان‌دهنده کانال نشتی است. کانال‌های نشتی برای جابه‌جایی یون‌ها از انرژی زیستی (ATP) استفاده نمی‌کنند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** پمپ سدیم - پتاسیم در خلاف جهت شیب غلظت و کانال‌های نشتی در جهت شیب غلظت یون‌ها را جابه‌جا می‌کند.

**گزینه ۳:** یون‌های پتاسیم به‌وسیله کانال‌های نشتی از یاخته خارج می‌شوند، ولی از راه پمپ‌های سدیم - پتاسیم وارد یاخته می‌شوند.

**گزینه ۴:** در طی پتانسیل عمل هر دو نوع پروتئین در جابه‌جایی یون‌های پتاسیم نقش دارند.

۵۴.

هر دو تصویر نشان‌دهنده پمپ سدیم - پتاسیم است. این پمپ طی انتقال فعال و در پتانسیل آرامش و عمل یون‌های پتاسیم را به درون یاخته منتقل می‌کند. بنابراین سبب افزایش میزان غلظت یون‌های پتاسیم در داخل یاخته می‌شود. از طرفی یون‌های سدیم را از درون یاخته به بیرون می‌فرستد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** انتقال فعال نه انتشار ساده!

**گزینه ۳:** پمپ‌های سدیم - پتاسیم یون‌های سدیم را طی انتقال فعال به بیرون یاخته انتقال می‌دهند.

**گزینه ۴:** پمپ‌های سدیم - پتاسیم یون سدیم را طی انتقال فعال در بیرون یاخته افزایش می‌دهد.

۵۵.

در قله نمودار، هر دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند و مانعی در برابر ورود یون‌های سدیم و خروج یون‌های پتاسیم وجود دارد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** به علامت منفی و مثبت توجه نکنین. از ۳۰ به صفر اختلاف غلظت کاهش می‌یابد ولی از صفر به ۷۰ اختلاف غلظت افزایش می‌یابد. علامت منفی یا مثبت نشان‌دهنده میزان تراکم یون‌ها نسبت به محیط‌های دیگر است.

**گزینه ۳:** گزینه قبلی رو به دور دیگه بخونین! در این قسمت نیز اختلاف غلظت ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

**گزینه ۴:** پروتئین‌های سطحی که کانال یا ناقل نیستند و توانایی جابه‌جایی یون‌های پتاسیم را ندارند.

۵۶.

پمپ سدیم - پتاسیم غلظت یون پتاسیم را در مایع بین یاخته‌ای کاهش می‌دهد. ولی کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باعث افزایش غلظت یون‌های پتاسیم در بیرون یاخته (مایع بین یاخته‌ای) می‌شوند. البته غلظت یون پتاسیم در درون یاخته و یون سدیم در بیرون یاخته همواره بیشتر است.

۵۷.

نمودار پتانسیل عمل، دو بار از نقطه -۴۵ عبور می‌کند: یک بار زمانی که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و یک بار دیگر زمانی که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۲:** در پایان پتانسیل عمل، فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم بیشتر می‌شود. گزینه‌های ۳ و ۴ در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به‌طور ناگهانی تغییر می‌کند و داخل یاخته از بیرون آن، مثبت‌تر می‌شود و پس از زمان کوتاهی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، دوباره به حالت آرامش برمی‌گردد.

۵۸.

در نقطه **A** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و پتاسیمی بسته هستند. پمپ سدیم - پتاسیم نیز همیشه فعال است.

در نقطه **B** هر دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته است.

در نقطه **C** برخلاف نقطه **A** کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و سدیمی بسته هستند.



۵۹.

قبلاً گفته بودیم که عوامل مختلفی در تعیین سرعت هدایت پیام عصبی در طول رشته عصبی نقش دارند که یکی از آن‌ها تعداد گره‌های رانویه بود. هر چه تعداد گره‌های رانویه کم‌تر باشد، سرعت هدایت پیام عصبی بیشتر است. البته این نوع مقایسه‌ها زمانی درست هستند که قطر نوروها با هم برابر باشند. در درستی سایر گزینه‌ها هم شکی نیست!

۶۰.

بررسی تک‌تک عبارت‌ها:

**الف:** درست است: در قسمت‌هایی از نورو که غلاف میلین وجود دارد، پتانسیل عمل رخ نمی‌دهد و پمپ سدیم - پتاسیم غیرفعال است.

**ب:** درست است: دو نوع هدایت عصبی وجود دارد: یکی پیوسته و دیگری جهشی. در نوروهایی که غلاف میلین ندارند، هدایت پیوسته و در نوروهایی که میلین دارند، هدایت جهشی رخ می‌دهد.

**پ:** درست است: اگر در حالت آرامش، پمپ سدیم - پتاسیم غیرفعال شود، تراکم یون‌های سدیم در بیرون یاخته و تراکم یون‌های پتاسیم در درون یاخته کاهش می‌یابد.

**ت:** نادرست است. بلافاصله صورت نمی‌گیرد، زیرا نیازمند فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم است.

۶۱.

در محل‌هایی از نورو که غلاف میلین وجود دارد، پتانسیل عمل رخ نمی‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در بازه (صفر تا +۳۰)، باز هستند.

**گزینه ۲:** با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، یون‌های پتاسیم از یاخته خارج می‌شوند؛ در نتیجه فشار اسمزی نورو کاهش می‌یابد.

**گزینه ۴:** یون‌های سدیم به وسیله پمپ سدیم - پتاسیم که همواره فعال است، از یاخته خارج می‌شوند.

۶۲.

بیشترین فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم مربوط به پایان پتانسیل عمل است.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** در یک نورو در حالت آرامش، فعالیت‌های متابولسمی خود یاخته در حال انجام شدن است، ولی فعالیت عصبی در پتانسیل عمل رخ می‌دهد. (این دو موضوع رو با هم اشتباه نگیرین.)

**گزینه ۲:** در پتانسیل آرامش، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سمت غشای نورو در حدود ۷۰ میلی‌ولت است.

**گزینه ۴:** در پتانسیل آرامش، غلظت یون‌های مثبت در بیرون غشا نسبت به درون به دو دلیل بیشتر است:

۱) نفوذپذیری زیادتر غشا به یون  $K^+$  نسبت به یون  $Na^+$

۲) اختلاف در تعداد یون‌های جابه‌جا شده توسط پمپ‌های سدیم - پتاسیم (۳ یون  $Na^+$  به بیرون و ۲ یون  $K^+$  به درون)

۶۳.

با افزایش دما میزان سرعت جابه‌جایی یون‌ها افزایش می‌یابد؛ ولی این اتفاق تا دمای خاصی پیش می‌رود. اگر دما بیش از اندازه افزایش یابد، پروتئین‌ها آسیب می‌بینند و دیگر نمی‌توانند یون‌ها را جابه‌جا کنند و منحنی نمودار از حالت شیب‌دار به حالت خط صاف درمی‌آید.

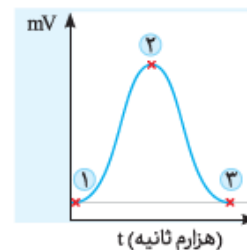
در بحث مربوط به اتصال الکترودها نیز اگر الکترودها را به صورت جابه‌جا به نورو متصل کنیم باعث می‌شود نمودار برعکس شود. (یعنی اندازه‌گیری بیرون غشا نسبت به درون)

۶۴.

کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی در نقاط مشخص شده هر دو با هم بسته هستند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۲:** پمپ سدیم - پتاسیم نوعی ناقل پروتئینی است و یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند.

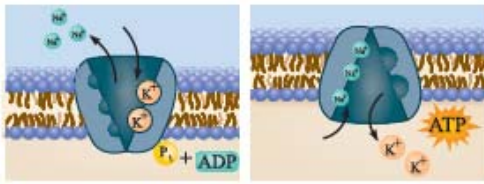


**گزینه ۳:** کانال‌های نشستی همیشه باز هستند.

**گزینه ۴:** پمپ سدیم - پتاسیم در یاخته عصبی زنده، همواره فعال است.

۶۵.

با توجه به این دو شکل به راحتی به پاسخ می‌رسید.



۶۶.

با توجه به شکل «۷» صفحه «۵» کتاب درسی مشاهده می‌شود که دریچه کانال دریچه‌دار سدیمی به سمت بیرون یاخته و دریچه کانال دریچه‌دار پتاسیمی به سمت درون یاخته باز می‌شود. (البته اینم بگیریم که دریچه‌های این کانال‌ها از لحاظ علمی دقیقاً این‌طوری نیستن!)

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** پتانسیل عمل در مدت چند هزارم ثانیه رخ می‌دهد!

**گزینه ۳:** یون سدیم از هر دو کانال (نشستی و دریچه‌دار) در جهت شیب غلظت عبور می‌کند!

**گزینه ۴:** کانال‌های همیشه‌باز یا همون نشستی‌ها هم وجود دارند.

۶۷.

از اون‌جایی که کانال‌های نشستی همیشه باز هستند و پمپ سدیم - پتاسیم نیز همیشه فعال است، در نتیجه ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم در هر دو حالت آرامش و عمل رخ می‌دهد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** در پتانسیل آرامش کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند.

**گزینه ۲:** در پتانسیل آرامش و عمل یون‌های سدیم از طریق پمپ سدیم - پتاسیم خارج می‌شوند.

**گزینه ۳:** پمپ سدیم - پتاسیم همیشه فعال است.

۶۸.

بیشترین فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم پس از پایان پتانسیل عمل رخ می‌دهد. در نقطه D همچنان پتانسیل عمل ادامه دارد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** پمپ سدیم - پتاسیم هنگام جابه‌جا کردن یون‌ها تغییر شکل می‌دهد.

**گزینه ۲:** در نقطه A یون‌های سدیم ( $Na^+$ ) از طریق کانال‌های نشستی و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد یاخته شده و به طریق پمپ از یاخته خارج می‌شوند. از طرفی یون‌های پتاسیم  $K^+$  نیز از طریق کانال‌های نشستی از یاخته خارج شده و از طریق پمپ به یاخته وارد می‌شوند.

**گزینه ۴:** در نقطه C کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند (نه این‌که باز شوند!).

۶۹.

پتانسیل عمل در طول رشته عصبی در حال پیش رفتن است. در نقطه B پتانسیل عمل در حال انجام است. نقطه C بعد از پایان پتانسیل عمل را نشان می‌دهد. نقطه A نیز در حالت آرامش است.

میزان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم به ترتیب زیر است:  $C > B \approx A$  زیرا بعد از پایان پتانسیل عمل فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم بیشتر می‌شود تا شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگردد.

۷۰.

در هر صورت شیب غلظت یون سدیم به سمت داخل یاخته و شیب غلظت یون پتاسیم نیز به سمت بیرون یاخته است.

۷۱.

در نقطه A، C، (قله نمودار) و E کانال‌های دریچه‌دار بسته هستند.

۷۲.

از سال قبل (زیست دهم فصل ۲) آگه خاطر شریفتون باشه کربوهیدرات‌های



**بیگانه‌خوارها صرفاً بیگانه‌خوار نیستند:** ماکروفازها یاخته‌های خودی (نه بیگانه) از نوع گویچه قرمز پیر و آسیب‌دیده را در کبد و طحال فاگوسیتوز می‌کنند و از آنجایی که گویچه‌های قرمز یاخته‌های بیگانه نیستند پس این عمل فاگوسیتوز توسط ماکروفازها بیگانه‌خواری نیست! طی فرایند فاگوسیتوز گویچه‌های قرمز توسط ماکروفازها، آهن آزاد شده می‌تواند در کبد ذخیره شود و دوباره به مغزاستخوان برود و در ساخت گویچه‌های قرمز جدید مورد استفاده قرار گیرد.

یاخته‌های دندریتی نیز همانند ماکروفازها فقط در بافت (بافت غیر خونی!) دیده شوند، زیرا یاخته‌های دندریتی نیز از تغییر مونوسیت‌ها در بافت پدیده می‌آیند. و همانند ماکروفازها توانایی فاگوسیتوز نیز دارند.

### گویچه‌های سفید



**الف** مؤثر در هر دو نوع دفاع غیراختصاصی و اختصاصی  
**ب** افزایش تعداد آن‌ها در جریان بیماری‌های میکروبی  
**پ** دارای توانایی تراگذاری (خروج از خون)

#### ۱ ویژگی

**۲** محل حضور: خون و سایر بافت‌ها

#### ۲ انواع

**الف** نوتروفیل‌ها

**ب** آنوزینوفیل‌ها

**۱** ویژگی: به جای بیگانه‌خواری، محتویات دانه‌های خود را بر روی انگل می‌ریزند.  
**۲** نقش: در برابر عوامل بیماری‌زای بزرگ‌تری مثل کرم‌های انگلی که قابل بیگانه‌خواری نیستند، مبارزه می‌کنند.

**پ** مونوسیت‌ها

**۱** ویژگی: از خون خارج می‌شوند و پس از خروج تغییر می‌کنند.  
**۲** نقش: با تبدیل شدن به درشت‌خوارها و یاخته‌های دندریتی با عوامل بیماری‌زا، مبارزه می‌کنند.

**ت** لنفوسیت‌ها

**۱** نقش: هم در دفاع غیراختصاصی و هم در دفاع اختصاصی نقش دارند.

#### ۲ انواع

**الف** یاخته‌کننده طبیعی

**۱** نقش: یاخته‌های سرطانی و آلوده به ویروس را نابود می‌کنند.

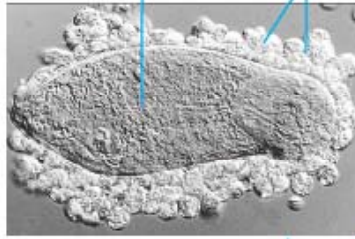
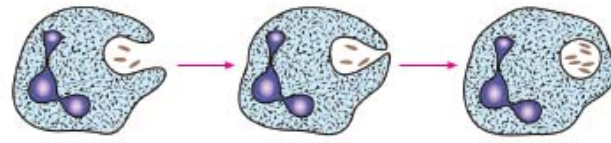
**۲** نوع دفاع: غیراختصاصی

**۱** اتصال به یاخته هدف (یاخته سرطانی)

**۲** ترشح ریزکسیسه‌های حاوی پرفورین و مولکول‌های آنزیم

**۳** ایجاد منفذی در قشای یاخته توسط آنزیم و پرفورین

**۴** باعث مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته می‌شود.



۱۵ میکرومتر



درشت‌خوار



آنزیم از منافذ عبور کرده، یاخته مرده توسط درشت‌خوار به یاخته وارد می‌شود و بیگانه‌خواری می‌شود. باعث مرگ یاخته می‌شود.



پرفورین‌ها، منافذی را در غشا ایجاد می‌کند.



ریزکسیسه



ریزکسیسه‌های حاوی پرفورین و مولکول‌های آنزیم، محتویات خود را با برون‌رانی ترشح می‌کنند.



یاخته‌کننده طبیعی

یاخته هدف

**ب** لنفوسیت B و T: مؤثر در دفاع اختصاصی



**یاخته‌های خونی سفید و دیپدز:** یاخته‌های خونی سفید، ضمن گردش در خون، در بافت‌های مختلف بدن نیز پراکنده می‌شوند و دیپدز از ویژگی‌های همه گویچه‌های سفید خون است.

**دیپدز:** عبور از دیواره مویرگ خونی (نه رگ لنفی) است پس خروج یاخته‌های دندریتی از رگ لنفی، دیپدز نیست. طی فرایند دیپدز، عبور گویچه‌های سفید خون از دیواره مویرگ‌ها (بافت پوششی تک لایه) صورت می‌پذیرد و این فرایند از دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها امکان پذیر نیست. میکروب‌ها در همه جا (خون و بافت) حضور دارند و وظیفه گویچه‌های سفید از بین بردن میکروب‌ها است. بنابراین گویچه‌های سفید باید خود را به میکروب‌ها برسانند و آن‌ها را فاگوسیتوز کنند در نتیجه اگر میکروب‌ها در بافت باشند، گویچه‌های سفید نیاز به انجام فرایند دیپدز دارند اما توجه داشته باشید که همه گویچه‌های سفیدی که در خون هستند (نه همه گویچه‌های سفید) توانایی انجام دیپدز را دارند، زیرا گویچه‌های سفیدی مانند ماکروفاژها (درشت‌خوار)، ماستوسیت‌ها و یاخته‌های دندریتی توانایی دیپدز ندارند. این یاخته‌ها درون بافت (خارج از خون) دیده می‌شوند و درون خون حضور ندارند که نیاز به خروج از خون (دیپدز) داشته باشند.

توجه داشته باشید که ماکروفاژ در خون حضور ندارد که بخواهد با دیپدز از خون خارج شود و در بافت مستقر شود بلکه مونوسیت در خون حضور دارد و دیپدز می‌کند و سپس در خارج از خون به ماکروفاژ تبدیل خواهد شد اما نوتروفیل در خون حضور دارد و با دیپدز از خون خارج شده و در بافت مستقر می‌شود.

**تفاوت (فیل دارها) با (سیت دارها):** ائوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها و نوتروفیل‌ها (فیل دار ها!!!) گویچه‌های سفید دانه دار هستند یعنی در میان یاخته این یاخته‌ها ریز کیسه‌های غشادار حاوی مواد دفاعی (آنزیم‌های تجزیه‌کننده) وجود دارد اما مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها (سیت دار ها!!!) گویچه‌های سفید بدون دانه هستند.

ائوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها و نوتروفیل‌ها گویچه‌های سفید دانه‌دار هستند و همچنین مونوسیت‌ها که بدون دانه هستند همگی از یاخته‌های بنیادی میلوئیدی در مغز استخوان ساخته می‌شوند اما لنفوسیت‌ها که بدون دانه هستند از یاخته‌های بنیادی لنفوئیدی در مغز استخوان ساخته می‌شوند به عبارتی دیگر یاخته‌های بنیادی میلوئیدی هم در تولید دانه دارها (ائوزینوفیل و...) و هم بدون دانه‌ها مانند مونوسیت نقش دارد. منشاء لنفوسیت‌ها از سایر گویچه‌های سفید متفاوت است، زیرا در رده‌بندی یاخته‌ای لنفوسیت‌ها در رده لنفوئیدی قرار دارد.

**مونوسیت و نوتروفیل خارج از خون:** مونوسیت‌ها پس از خروج از خون به ماکروفاژها یا یاخته‌های دندریتی تبدیل می‌شوند اما نوتروفیل‌ها با خروج از خون، همان نوتروفیل باقی می‌مانند! به عبارت دیگر یاخته‌هایی مانند مونوسیت‌ها با انجام دیپدز تغییر ماهیت می‌دهند اما سایر گویچه‌های سفید خون بعد از خروج از خون تغییر ماهیت نمی‌دهند.

تکثیر همه یاخته‌های خونی در خون صورت می‌گیرد اما یاخته‌های خونی از نوع لنفوسیت‌ها علاوه بر خون در اندام‌ها و گره‌های لنفی نیز تکثیر می‌شوند. همه گویچه‌های سفید تک‌هسته‌ای هستند، ولی این هسته می‌تواند، یک دو یا چند قسمتی باشند.

نوتروفیل‌ها را نیروهای واکنش سریع می‌نامند زیرا به سرعت می‌توانند خود را به محل آسیب برسانند و پاسخ ایمنی ایجاد کنند.

ائوزینوفیل‌ها در ایجاد پاسخ ایمنی در برابر عوامل بیماری‌زای انگلی مانند کرم کدو نقش دارد. کرم کدو نوعی کرم پهن است که حفره گوارشی ندارد و گوارش غذا را انجام نمیدهد.

در دستگاه ایمنی، میکروب‌ها و ذرات خارجی کوچک‌تر توسط فاگوسیتوز از بین می‌روند، در حالی که ذرات خارجی بزرگ‌تر نظیر کرم‌ها توسط روش‌هایی دیگر (مانند روش ائوزینوفیل‌ها) از بین می‌روند.

**مهم‌ترین گویچه سفید:** لنفوسیت‌ها گویچه‌های سفیدی هستند که به عنوان اصلی‌ترین یاخته‌های دستگاه ایمنی شناخته می‌شوند اما مهم‌ترین گویچه‌های سفید، نوتروفیل‌ها هستند (نه لنفوسیت‌ها!).

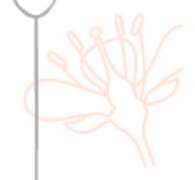
**انواع لنفوسیت‌ها و دفاع اختصاصی و غیر اختصاصی:** یاخته‌های کشنده، نوعی لنفوسیت (گویچه سفید) هستند که عوامل بیگانه را با توجه به ویژگی‌های عمومی (نه اختصاصی) از یاخته‌های خودی تشخیص می‌دهند و در دفاع غیر اختصاصی نقش دارند اما سایر لنفوسیت‌ها (لنفوسیت‌های B و T)، عوامل بیگانه را با کمک ویژگی‌های اختصاصی (آنتی‌ژن) از یاخته‌های خودی و همچنین از سایر بیگانه‌ها تشخیص می‌دهند و در دفاع اختصاصی نقش دارند.

**یاخته‌های کشنده و خود ایمنی:** یاخته‌های کشنده به یاخته‌های ناسالم (سرطانی یا آلوده شده به ویروس) و خودی بدن حمله می‌کنند اما این حمله، خود ایمنی محسوب نمی‌شود. در بیماری خود ایمنی به یاخته‌های سالم بدن حمله و باعث آسیب به یاخته‌های خودی می‌شود.

**مرگ برنامه ریزی شده:** در یاخته‌ها، برنامه‌ای وجود دارد که در صورت اجرای آن یاخته می‌میرد. این مرگ را مرگ برنامه ریزی شده می‌نامند و شامل یک سری فرایندهای دقیق برنامه ریزی شده است که در بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایند، با رسیدن علائمی به یاخته شروع می‌شود. به دنبال این رخداد، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

**یاخته کشنده طبیعی و توانایی اگزوسیتوز در آن:** پس از اتصال یاخته کشنده طبیعی به یاخته‌های آلوده به ویروس و یا سرطانی، محتویات ریزکیسه با مصرف انرژی (ATP) اگزوسیتوز می‌شود. یاخته کشنده طبیعی، یاخته‌های هدف خود (یاخته‌های آلوده به ویروس یا سرطانی) را فاگوسیتوز نمی‌کند زیرا توانایی فاگوسیتوز ندارد بنابراین یاخته‌های هدف را به کم آنزیم‌های القا کننده مرگ نابود می‌کند.





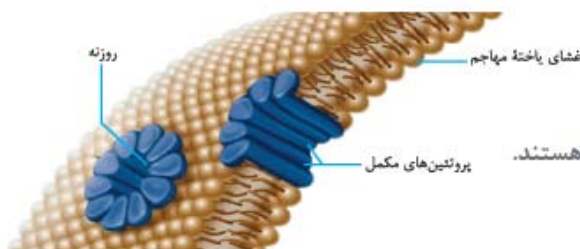
**عملکرد پروتئین‌های پرفورین:** پروتئین‌های پرفورین فقط در ایجاد منفذ برای کمک به ورود آنزیم‌های القا کننده مرگ به داخل یاخته‌های هدف نقش دارند و مستقیماً باعث مرگ یاخته‌های هدف نمی‌شوند. پروتئین‌های پرفورین آزاد شده از ریزکیسه یاخته کشنده طبیعی روی غشای یاخته‌های آلوده به ویروس و یا سرطانی به هم می‌پیوندند و باعث ایجاد کانالی در غشای یاخته‌های هدف می‌شوند به طوری که یک طرف این کانال یاخته آلوده به ویروس یا سرطانی است و طرف دیگر آن ریزکیسه حاوی آنزیم یاخته کشنده طبیعی است.

یاخته کشنده طبیعی به یاخته‌های آلوده به ویروس (یاخته‌های خودی) حمله می‌کند و با خود ویروس‌ها کاری ندارند! زیرا ویروس‌ها زنده نیستند و برای تکثیر وابسته به یاخته‌های زنده و میزبان هستند. یاخته‌های کشنده طبیعی با نابودی یاخته‌های آلوده به ویروس، باعث نابودی میزبان ویروس‌ها می‌شوند و در نتیجه ویروس‌ها نمیتوانند تکثیر شوند و از آنجایی که یاخته‌های کشنده طبیعی توانایی فاگوسیتوز ندارند در نتیجه ویروس‌ها توسط یاخته‌های دیگری که می‌توانند فاگوسیتوز کنند نابود می‌شوند بنابراین یاخته‌های کشنده مانع تکثیر ویروس‌ها می‌شوند و مستقیماً خود ویروس را نمیتوانند فاگوسیتوز و نابود کنند.

**گویچه‌های سفید و ارتباطشان با خطوط دفاعی:** در خط دفاعی اول (غیر اختصاصی) هیچ گویچه سفیدی وجود ندارد. در خط دفاعی دوم (غیر اختصاصی): نوتروفیل‌ها، آنوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها، مونوسیت، ماکروفاژها، یاخته‌های دندریتی، ماستوسیت، یاخته کشنده طبیعی (نوعی لنفوسیت) حضور دارند. در خط دفاعی سوم (اختصاصی) لنفوسیت‌های B و T وجود دارند.

یاخته مرده توسط درشت‌خوار، بیگانه‌خواری می‌شود.

### پروتئین‌ها



#### ۱ پروتئین‌های مکمل

**الف** محل حضور: خون

- ب ویژگی**
- ۱ گروهی از پروتئین‌های محلول در پلاسما هستند.
  - ۲ در فرد سالم به صورت غیر فعال هستند.
  - ۳ با نفوذ میکروب به بدن، فعال می‌شوند.

#### پ چگونگی عملکرد

- ۱ پروتئین‌های فعال شده به کمک یکدیگر ساختارهای حلقه‌مانندی را روی غشای میکروب‌ها ایجاد می‌کنند که مشابه یک روزنه عمل می‌کند. به این ترتیب مواد درون یاخته به بیرون نشت می‌کند و سرانجام یاخته می‌میرد.
- ۲ قرار گرفتن پروتئین‌های مکمل روی میکروب باعث می‌شود بیگانه‌خواری آسان‌تر انجام می‌شود.

#### ۲ اینترفرون

- الف نوع یک**
- ۱ نقش: بر یاخته آلوده به ویروس و یاخته‌های سالم مجاور اثر می‌کند و آن‌ها را در برابر ویروس مقاوم می‌کند.
  - ۲ محل ترشح: یاخته‌های آلوده به ویروس
- ب نوع دو**
- ۱ نقش:
    - الف** درشت‌خوارها را فعال می‌کند.
    - ب** علیه یاخته‌های سرطانی مبارزه می‌کند.
  - ۲ محل ترشح:
    - الف** یاخته‌های کشنده طبیعی
    - ب** لنفوسیت‌های T

### نکته باران

**پروتئین‌هایی که در خطوط دفاعی بدن نقش دارند:**

**الف** پروتئین‌های خط دفاعی اول (دفاع غیر اختصاصی): (۱) آنزیم‌های لیزوزیم موجود در اشک، بزاق، عرق و ماده مخاطی (۲) پروتئین موسین که در تشکیل ماده مخاطی نقش دارد.

**ب** پروتئین‌های خط دفاعی دوم (دفاع غیر اختصاصی): (۱) پرفورین. (۲) آنزیم القاکننده مرگ برنامه‌ریزی شده (آنزیم یاخته کشنده طبیعی). (۳) پروتئین‌های مکمل. (۴) اینترفرون‌ها (نوع I و II).

**ج** پروتئین‌های خط دفاعی سوم (دفاع اختصاصی): (۱) پرفورین. (۲) آنزیم القاکننده مرگ برنامه‌ریزی شده (آنزیم یاخته کشنده طبیعی). (۳) پادتن‌ها.

**پرفورین و آنزیم القاکننده مرگ برنامه‌ریزی شده در دفاع غیر اختصاصی (خط دوم) و دفاع اختصاصی (خط سوم) نقش دارند. همچنین پروتئین‌های مکمل در هر دو ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی و هم در خون و هم بافت دیده می‌شوند.**

پروتئین‌های طبیعی موجود در بدن یک فرد سالم: آلبومین، فیبرینوژن و پروتئین‌های مکمل است.

**یاخته هدف پروتئین‌های مکمل:** همه میکروب‌های غشادار هست، این پروتئین‌ها در نابودی باکتری‌های بیماری‌زا نیز نقش دارند. در فرایند فعال شدن پروتئین‌های مکمل لزومی ندارد که همه پروتئین‌های مکمل مستقل از هم فعال شوند بلکه صرفاً فعال شدن یکی باعث فعال شدن سایرین نیز خواهد شد به عبارتی دیگر بعضی از پروتئین‌های مکمل در اثر برخورد با میکروب‌ها فعال می‌شوند و بعضی دیگر تحت تاثیر مکمل‌های فعال شده فعال می‌شوند.

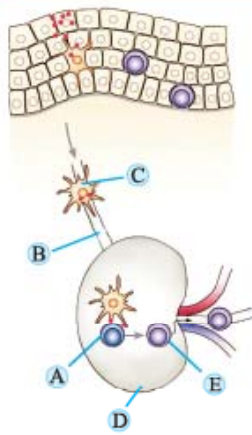
مرحله	اتفاقات	نتیجه	ترشحات	غده درگیر	توضیحات
مرحله ۱	عبور میکروبها از نخستین سد دفاعی	ورود میکروبها به خون	—	—	—
مرحله ۲	انتقال میکروبها به مغز از طریق خون	تحت تأثیر قرار گرفتن هیپوتالاموس	هورمونهای آزادکننده	غده هیپوتالاموس	<ul style="list-style-type: none"> <li>داروهای تببر روی هیپوتالاموس اثر می کنند.</li> <li>فعالیت هیپوتالاموس تحت تأثیر داروهای تببر کاهش می یابد.</li> <li>مصرف بیش از حد دارو باعث فعالیت مناسب میکروبهاست.</li> </ul>
مرحله ۳	<ul style="list-style-type: none"> <li>اثر کردن هورمون آزادکننده به غده هیپوفیزپیشین</li> <li>تحریک شدن هیپوفیز پیشین</li> </ul>	تحت تأثیر قرار گرفتن هیپوفیز پیشین	هورمون محرک غده تیروئید	غده هیپوفیز پیشین	—
مرحله ۴	<ul style="list-style-type: none"> <li>اثر کردن هورمون محرک تیروئیدی به غده تیروئید</li> <li>تحریک شدن غده تیروئید</li> </ul>	تحت تأثیر قرار گرفتن غده تیروئید	<ul style="list-style-type: none"> <li>هورمون <math>T_3</math></li> <li>هورمون <math>T_4</math></li> </ul>	غده تیروئید	—
مرحله ۵	افزایش متابولیسم یاخته های بدن تحت تأثیر هورمونهای $T_3$ و $T_4$	تولید مقداری گرما توسط یاخته ها	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش مکانیسم یاخته ها</li> <li>افزایش میزان مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن</li> </ul>
مرحله ۶	افزایش دمای بدن تحت تأثیر هورمونهای $T_3$ و $T_4$	عدم فعالیت خوب آنزیم های بدن	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش دما تا حد مناسب باعث افزایش فعالیت آنزیمها</li> <li>افزایش دما بیش از حد مانع رشد بسیاری از میکروبها</li> </ul>
مرحله ۷	انجام آسان فاگوسیتوز میکروبها توسط یاخته های فاگوسیت	—	—	—	—
مرحله ۸	افزایش دفع آب و املاح از طریق عرق	کاهش آب بدن	—	—	—
مرحله ۹	تحریک هیپوتالاموس در اثر تشنگی	تحت تأثیر قرار گرفتن هیپوتالاموس	ترشح هورمون ضد ادراری از هیپوتالاموس	غده هیپوتالاموس	—
مرحله ۱۰	ذخیره سازی هورمون ضد ادراری توسط هیپوفیز پسین	تحت تأثیر قرار گرفتن هیپوفیز پسین	آزادسازی هورمون ضد ادراری توسط هیپوفیز پسین	غده هیپوفیز پسین هورمون ضد ادراری را آزاد می کند.	هورمون ضد ادراری توسط هیپوفیز پسین تحت کنترل هیپوتالاموس آزاد می شود.
مرحله ۱۱	<ul style="list-style-type: none"> <li>اثر کردن هورمون ضد ادراری به کلیه ها</li> <li>تحریک شدن لوله های نفرون در کلیه ها</li> </ul>	افزایش بازجذب آب از ادرار (لوله های نفرون)	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش بازجذب آب از ادرار = کاهش حجم و میزان ادرار = غلیظ شدن ادرار</li> <li>عدم تأثیر هورمون ضد ادراری روی لوله هنله بالارو و پیچ خورده دور (در این قسمت از لوله آب بازجذب ندارد).</li> </ul>

۲۱. همه گزینه‌ها عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌کنند به جز «یاخته‌ای که نخستین بار مچنیکو در بدن لارو ستاره دریایی مشاهده کرد.»
- (۱) به وسیله آنزیم‌های لیزوزومی، سبب نابودی یاخته‌های بیگانه می‌شود.
  - (۲) با حرکات آمیبی شکل به سمت یاخته‌های بیگانه حرکت می‌کند.
  - (۳) توانایی شناسایی یاخته‌های خودی را از بیگانه دارد.
  - (۴) می‌تواند آنتی‌ژن‌های متفاوتی را شناسایی کند.

۲۲. چند مورد درست بیان شده است؟

- (الف) فرضیه اولیه مچنیکو منطبق بر خط دوم دفاع غیر اختصاصی در مهره‌داران است.  
 (ب) نابودی خرده خارهای گل رز، توسط بیگانه‌خوارهای لارو ستاره دریایی زمینه‌ساز فرضیه مچنیکو بود.  
 (پ) فرضیه اولیه مچنیکو بر این اساس بود که یاخته‌های آمیبی شکل میکروب‌ها را می‌خورند و در دفاع نقش دارند.  
 (ت) یاخته‌هایی که مچنیکو برای نخستین بار در بدن لارو ستاره دریایی مشاهده کرد، ذرات بیگانه را به سمت خود می‌کشیدند.
- ۲ (مورد ۱) ۳ (مورد ۲) ۴ (مورد ۳) ۱ (مورد ۴)

بیگانه‌خوارها (فاگوسیت‌ها)



۲۳. کدام گزینه با توجه به شکل مقابل، درست بیان شده است؟
- (۱) برخلاف E، توانایی تولید پادتن ترشحی را دارد.
  - (۲) همانند مویرگ‌های طحال، از نوع متغذدار است.
  - (۳) همانند E، با فرایند دیapedz از B خارج می‌شود.
  - (۴) برخلاف B، در ناحیه ساعد دست تراکم بالایی ندارد.

۲۴. هر یاخته بیگانه‌خوار، به طور حتم.....

- (۱) دارای پیک شیمیایی در از بین بردن میکروب‌های درون خون نقش دارد.
- (۲) موجود در گره لنفی در فعال شدن نوعی لنفوسیت نقش دارد.
- (۳) حاصل از تغییر مونوسیت دارای انشعابات سیتوپلاسمی است.
- (۴) مؤثر در خط دوم دفاعی در یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ساخته می‌شود.

۲۵. هر بیگانه‌خواری که در بدن انسان وجود دارد.....

- (۱) در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط است به فراوانی یافت می‌شود.
- (۲) ابتدا در مغز استخوان ساخته شده و پس از بلوغ از خون خارج می‌شود.
- (۳) با تولید پیک شیمیایی، گویچه‌های سفید خون را به موضع آسیب فرا می‌خواند.
- (۴) در صورت لزوم با ایجاد کریچه‌های گوارشی حاوی عامل بیگانه، از سطح غشای خود می‌کاهد.

۲۶. کدام گزینه عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«یاخته‌های دندردیتی.....»

- (۱) می‌توانند در ترشح پادتن در گره‌های لنفی نقش داشته باشند.
- (۲) از تغییر یاخته‌هایی با هسته تک‌قسمتی و خمیده به وجود می‌آیند.
- (۳) در از بین بردن میکروب‌های موجود در پرزهای روده نقش دارند.
- (۴) توانایی ورود و خروج از رگ‌های لنفی و خونی را دارند.

۲۷. چند مورد عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل نمی‌کند؟ «گشاد شدن رگ‌ها می‌تواند.....»

- (الف) بر اثر افزایش متابولیسم یاخته‌های بافت‌های مجاور رگ‌ها اتفاق افتاده باشد.
- (ب) سبب افزایش خروج پلازما از دیواره رگ‌ها و ایجاد تورم در جریان التهاب شود.
- (پ) سبب کاهش تحریک گیرنده‌های فشار دیواره آن رگ‌ها شود.
- (ت) بر اثر افزایش میزان PH خون طی یک بیماری خودایمنی اتفاق افتد.

۴ (مورد ۱) ۲ (مورد ۲) ۳ (مورد ۳) ۱ (مورد ۴)

۲۸. بیگانه‌خوار نشان داده شده در شکل..... بیگانه‌خوار شکل

- (۱) برخلاف توانایی فاگوسیتوز چند عامل بیگانه را با هم دارد.
- (۲) همانند سبب فعال شدن لنفوسیت‌های درون گره لنفی می‌شود.
- (۳) برخلاف با افزایش عمل دیapedz به تعدادش در بافت‌ها افزوده می‌شود.
- (۴) همانند در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در تماس است، به فراوانی یافت می‌شود.



(۱)



(۲)

### ۲۹. همه گزینه‌ها در رابطه با دومین خط دفاعی نادرست هستند به جز

- (۱) یاخته‌های چندلایه به هم فشرده  
(۲) فعالیت آنزیم‌های لیزوزومی  
(۳) خنثی‌شدن آنتی‌ژن‌های سطح میکروب  
(۴) غدد برون‌ریزی که ترشحات خود را به سطح بدن می‌ریزند.

### ۳۰. چند مورد در رابطه با درشت‌خوارها درست بیان شده است؟

- (الف) در صورت افزایش فعالیت این یاخته‌ها در کبد، ترشح نوعی هورمون از کلیه‌ها افزایش می‌یابد.  
(ب) این یاخته‌ها در از بین بردن ناخالصی‌های موجود در کل هوای جاری نقش مستقیم دارند.  
(پ) تعداد زیادی اندامک لیزوزوم، در این یاخته‌ها قابل مشاهده است.  
(ت) در بخش‌هایی از بدن مانند زیر بغل و کشاله‌ران به فراوانی یافت می‌شوند.
- (۱) ۲ مورد (۲) ۱ مورد (۳) ۳ مورد (۴) ۴ مورد

### ۳۱. کدام گزینه عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«ماکروفاژها ..... را ..... در حالی که یاخته‌های دندریتی ..... این توانایی هستند.»

- (۱) با فعالیت خود توانایی افزایش میزان آهن موجود در مغز استخوان دارند فاقد  
(۲) با فعالیت خود توانایی افزایش غلظت صفرا دارند فاقد  
(۳) توانایی تولید و ترشح پیک‌های شیمیایی مؤثر در التهاب ندارند دارای  
(۴) توانایی فعال کردن لنفوسیت‌های موجود در گره‌های لنفی ندارند دارای
۲۲. به طور معمول هر بیگانه‌خوار موجود در بدن انسان، .....  
(۱) آنزیم‌های لیزوزیمی فراوانی دارد.  
(۲) قادر به تشخیص نوع خاصی از ذرات بیگانه است.  
(۳) در مغز استخوان تولید و بالغ می‌شود.  
(۴) دارای حرکت آمیبی شکل است.

### ۲۳. امکان ندارد

- (۱) تحت تأثیر اعصاب خودمختار، مقدار لیزوزیم در لوله‌گوارش تغییر نکند.  
(۲) ترشحات غدد درون‌ریز بر سیستم دفاعی انسان اثرگذار باشند.  
(۳) اسید معده نقش مؤثری در از بین بردن میکروب‌های مجاری تنفسی داشته باشد.  
(۴) ماکروفاژهای موجود در حبابک‌ها در تماس با ماده مخاطی نباشند.

### ۲۴. همه بیگانه‌خوارها قطعاً

- (۱) می‌توانند قسمت‌هایی از میکروب را برای فعال کردن لنفوسیت‌های موجود در خون به همراه داشته باشند.  
(۲) در محلی به جز مغز موجود در بافت اسفنجی استخوانی ساخته نمی‌شوند.  
(۳) با مواد مترشح از نوعی بافت سنگفرشی تک‌لایه به محل آسیب فرا خوانده می‌شوند.  
(۴) میکروب‌ها را بر اساس ویژگی‌های عمومی آن‌ها شناسایی می‌کنند.

### ۲۵. چند مورد عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«نخستین خط دفاعی در بدن انسان امکان ندارد ..... دومین خط دفاعی

- (الف) برخلاف با ترشحات غدد برون‌ریز سد دفاعی خود را کامل کند.  
(ب) همانند میزان تأثیرگذاری آن بر میکروب‌ها تحت کنترل بخش‌هایی از مغز باشد.  
(پ) همانند با سازوکارهای متفاوتی با میکروب‌ها مبارزه کند.  
(ت) برخلاف در بعضی بخش‌های بدن آخرین سد دفاعی به شمار آید.
- (۱) ۳ مورد (۲) ۱ مورد (۳) ۴ مورد (۴) ۲ مورد

### ۳۶. یاخته‌های دارینه‌ای،

- (۱) با قرار دادن میکروب‌ها در سطح خود، سبب فعال شدن لنفوسیت‌ها می‌شوند.  
(۲) می‌توانند در بین یاخته‌های بافتی باشند که فضای بین‌یاخته‌ای اندکی دارند.  
(۳) توانایی ورود به مویرگ‌های خونی منفقدار را طی انجام فرایندی دارند.  
(۴) تحت تأثیر اینترفرون نوع II، یاخته‌های سرطانی مرده را فاگوسیت می‌کنند.

### ۲۷. ماستوسیت‌ها

- (۱) برخلاف یاخته ترشح‌کننده آلدوسترون، در افزایش فشار خون در رگ‌ها نقش دارند.  
(۲) همانند یاخته‌های دارینه‌ای، می‌توانند باعث فعال شدن لنفوسیت‌ها در گره‌های لنفی شوند.  
(۳) برخلاف ماکروفاژها، با ترشح هیستامین در خون باعث گشاد شدن رگ‌ها می‌شوند.  
(۴) همانند بازوفیل‌های خون، در ایجاد علائم حساسیت مثل تورم و قرمزی نقش دارند.

### گویچه‌های سفید

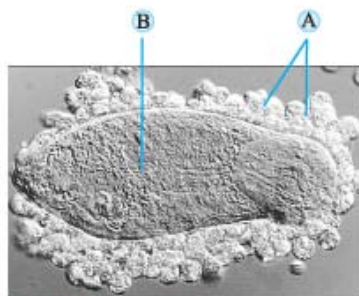
### ۳۸. همه گزینه‌ها در رابطه با مونوسیت‌ها به درستی بیان شده‌اند به جز

- (۱) فقط در خط دوم دفاعی بدن شرکت دارند.  
(۲) به صورت نابالغ درخون یافت نمی‌شوند.  
(۳) در برابر عوامل ایجادکننده کزاز و آنفلوآنزای پرندگان یکسان عمل نمی‌کنند.  
(۴) تحرک کمتری نسبت به نوتروفیل‌ها دارند.



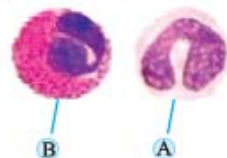
۳۹. کدام گزینه در رابطه با کرم کدو در لوله گوارش درست نیست؟

- ۱) محتویات دانه‌های درشت روشن نوعی گویچه سفید، در از بین بردن لارو وارد شده به خون مؤثراند.
- ۲) آنزیم‌های لیزوزومی گویچه‌های با هسته خمیده در مبارزه با لارو وارد شده به خون نقشی ندارند.
- ۳) گویچه‌های سفید با هسته تکی گرد در مبارزه با لارو این جانور نقش اساسی دارند.
- ۴) جانور بالغ فاقد گوارش برون‌یاخته‌ای است و مواد غذایی را از سطح بدن جذب می‌کند.



۴۰. کدام گزینه با توجه به شکل به درستی بیان نشده است؟

- ۱) اندامک لیزوزوم یاخته A در از بین بردن B نقش ندارد.
- ۲) جانور بالغ B می‌تواند در تماس با مواد رنگی صفرا قرار داشته باشد.
- ۳) محتویات دانه‌های روشن ریز سیتوپلاسمی در از بین بردن B نقش دارند.
- ۴) A می‌تواند یاخته‌های متعلق به خط دوم دفاعی بدن با هسته دمبلی‌شکل باشد.



۴۱. چند مورد با توجه به شکل مقابل، عبارت زیر را به درستی تکمیل نمی‌کند؟

«به طور حتم .....»

- الف) یاخته A برخلاف یاخته B، در افزایش غیر طبیعی ماده مخاطی در بینی نقش دارد.
  - ب) یاخته B همانند یاخته A، در بیماری‌های انگلی افزایش می‌یابد.
  - پ) یاخته B بر خلاف یاخته A، در سرکوب عوامل بیگانه درون خون نقش دارد.
  - ت) یاخته A همانند یاخته B، در دورانی از زندگی که تارهای اسکلتی چندهسته‌ای می‌شوند، در طحال تولید می‌شود.
- ۱) ۲ مورد      ۲) ۳ مورد      ۳) ۴ مورد      ۴) ۱ مورد

۴۲. کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها تعداد زیادی لیزوزوم دارند.
- ۲) نوتروفیل‌ها از نظر ساختار و عملکرد به لنفوسیت‌ها شباهت زیادی دارند.
- ۳) بازوفیل‌ها همچون ماستوسیت‌ها می‌توانند در واکنش‌های حساسیت شرکت نمایند.
- ۴) ماکروفاژها مانند نوتروفیل‌ها قادر به انجام حرکات آمیبی در بافت آسیب‌دیده هستند.

۴۳. چند مورد عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «امکان ندارد هر .....»

- الف) یاخته بیگانه‌خواری، قابلیت ترشح پیک شیمیایی را داشته باشد.
  - ب) گویچه سفیدی، با فاگوسیتوز میکروب‌ها، آن‌ها را از بین ببرد.
  - پ) یاخته به وجود آمده از مونوسیت‌ها با زوائد سیتوپلاسمی خود میکروب‌ها را به دام بیندازد.
  - ت) عامل گشادکننده رگی، از ماستوسیت‌ها ترشح شده باشد.
- ۱) ۳ مورد      ۲) ۴ مورد      ۳) ۲ مورد      ۴) ۱ مورد

۴۴. کدام گزینه عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«گویچه سفید نشان داده شده در شکل مقابل ..... گویچه سفید خونی که ..... دارد»

- ۱) برخلاف در محلی جز محل تولید بالغ می‌شود، هسته تک‌قسمتی
- ۲) همانند در روند حساسیت نقش دارد، سیتوپلاسم بدون دانه
- ۳) برخلاف هسته دو قسمتی دارد، سیتوپلاسم بدون دانه
- ۴) همانند هسته چند قسمتی دارد، برای هورمون مترشحه از ناحیه گردن گیرنده

۴۵. چند مورد عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

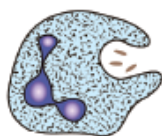
«یاخته نشان داده شده در شکل مقابل .....»

- الف) به همراه مونوسیت در فاگوسیتوز میکروب‌های درون خون نقش دارد.
  - ب) در میان یاخته مواد دفاعی کمی دارد که همین عامل موجب عملکرد سریع آن می‌شود.
  - پ) در دوران جنینی علاوه بر مغز استخوان، در محل تولید صفرا نیز ساخته می‌شود.
  - ت) در جریان التهاب، با فرآیندهای آندوسیتوز و اکزوسیتوز از دیواره مویرگ‌ها عبور می‌کند.
- ۱) ۲ مورد      ۲) ۱ مورد      ۳) ۴ مورد      ۴) ۳ مورد

۴۶. چند مورد عبارت زیر را به نادرستی تکمیل نمی‌کند؟

«امکان ندارد هر .....»

- الف) یاخته بیگانه‌خواری، قابلیت ترشح پیک شیمیایی را داشته باشد.
  - ب) گویچه سفیدی با فاگوسیتوز میکروب‌ها، آن‌ها را از بین ببرد.
  - پ) یاخته به وجود آمده از مونوسیت، با زوائد دندریت مانند خود میکروب‌ها را فاگوسیتوز کند.
  - ت) عامل گشادکننده رگ‌های خونی، از ماستوسیت‌ها ترشح شده باشد.
- ۱) ۲ مورد      ۲) ۱ مورد      ۳) ۴ مورد      ۴) ۳ مورد





۱۹. بررسی تک تک عبارت‌ها:

**الف:** و **ب:** درست هستند: با از بین رفتن مخاط مژکدار، تنها عاملی که از ورود عوامل بیگانه به خون جلوگیری می‌کند، ماکروفازهای حبابکی هستند و چون همه عوامل بیگانه را نمی‌توانند از بین ببرند، احتمال ورود عوامل بیگانه به مویرگ‌های خونی افزایش می‌یابد.

**پ:** درست است: با از بین رفتن مخاط مژکدار: ترشحات مخاطی مجاری تنفسی، هوا را مرطوب می‌کنند. مرطوب کردن هوا برای تبادل گازها ضرورت دارد، زیرا گازهای تنفسی تنها در صورتی می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند که محلول در آب باشند.

**ت:** درست است. در افراد سیگاری به دلیل از بین رفتن یاخته‌های مژکدار مجاری تنفسی، سرفه مؤثرترین راه دفع میکروب‌ها از این مجاری است.

۲۰. بررسی سایر گزینه‌ها:

ماکروفازهای حبابکی با عامل سطح فعال (سورفاکتانت) در درون اتاقک‌های هوایی در تماس هستند که میکروب‌های به دام نیفتاده در لایه مخاطی درون مجاری تنفسی را فاگوسیتوز می‌کنند.

۲۱. بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** بیگانه‌خوارها غیراختصاصی عمل می‌کنند و نمی‌توانند یک نوع آنتی‌ژن خاص را شناسایی و با آن مبارزه کنند.

**گزینه ۲:** ماکروفازها در بافت‌ها از تغییر شکل مونوسیت‌ها به وجود می‌آیند و در مغز استخوان تولید نمی‌شوند.

**گزینه ۳:** ماکروفازها قدرت تقسیم ندارند.

۲۲. بررسی سایر گزینه‌ها:

یاخته‌هایی که نخستین بار مچنیکو در بدن لارو ستاره دریایی مشاهده کرد، بیگانه‌خوار بودند و توانایی شناسایی آنتی‌ژن‌های مختلف از یکدیگر را نداشتند. به عبارت دیگر ستاره دریایی از بی‌مهرگان محسوب می‌شود و اساساً ایمنی اختصاصی ندارد (چه خودش چه لاروش). پس یاخته‌های دستگاه ایمنی اون نمی‌تونه آنتی‌ژن‌های متفاوتی را شناسایی کنه

۲۳. بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** بیگانه‌خوارها با فعالیت آنزیم‌های لیزوزومی و اندامک لیزوزوم سبب نابودی یاخته‌های بیگانه می‌شوند.

**گزینه ۲:** درست بیان شده است.

**گزینه ۳:** بیگانه‌خوارهای موجود در بدن لارو توانایی شناسایی یاخته‌های خودی از بیگانه را دارند. (به خاطر همینه که یاخته‌هایی که به بدن لارو وارد بشن رو نابود می‌کنن.)

۲۴. بررسی سایر گزینه‌ها:

در خط دوم دفاعی بدن مهره‌داران، بیگانه‌خوارها شرکت دارند و یاخته‌هایی که اولین بار مچنیکو در بدن لارو ستاره دریایی (بی‌مهره) مشاهده کرد، بیگانه‌خوار بودند و با حرکات آمیبی شکل، ذرات بیگانه و میکروب‌های اطراف خود را می‌خوردند. مچنیکو برای آزمودن این فرضیه که بیگانه‌خوارهای بدن لارو ستاره دریایی می‌توانند ذره‌ای که از خارج به بدن لارو وارد می‌شود را نابود کنند، خرده‌های خارهای گل رز را وارد بدن لارو ستاره دریایی کرد. (نه این‌که این آزمایش زمینه‌ساز فرضیه مچنیکو شده باشد)

۲۵. بررسی سایر گزینه‌ها:

(A) لنفوسیت غیر فعال، (B) رگ لنفی، (C) یاخته دندرتی، (D) گره لنفی و (E) لنفوسیت فعال است. (D) در ناحیه ساعد دست، تراکم کمی دارد.

۲۶. بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** (E) برخلاف (A) توانایی تولید پادتن ترشعی را دارد.

**گزینه ۲:** مویرگ‌های لنفی از نوع ناپوسته هستند و فاقد منفذ یاخته‌ای هستند درحالی‌که مویرگ‌های موجود در طحال از نوع منفذدار هستند.

**گزینه ۳:** فرایند دیپانز فقط عبور، از مویرگ‌های خونی است، بنابراین عبور از (B) دیپانز نامیده نمی‌شود.

۲۷. بررسی سایر گزینه‌ها:

یاخته‌های دندرتی و ماکروفازها حاصل تغییر مونوسیت‌ها به هنگام ورود به بافت هستند که هر دو نوع این یاخته‌ها انشعابات سیتوپلاسمی دارند.

**گزینه ۳:** فقط ماده مخاطی در مجاری تنفسی توسط مخاط مژکدار به بیرون از بدن هدایت می‌شود.

۱۵. بررسی تک تک عبارت‌ها:

**الف:** درست است: حفاظت دیواره مری نسبت به معده و روده باریک در برابر شیره معده کم‌تر است.

**ب:** درست است: ماده مخاطی در لوله گوارش دارای گلیکوپروتئینی به نام موسین است. ترکیباتی از جنس موسین (یعنی ترکیبات گلیکوپروتئینی) در سطح خارجی غشاء یافت می‌شوند.

**پ:** درست است: ماده مخاطی، دیواره لوله گوارش را از خراشیدگی‌های حاصل از تماس غذا حفظ می‌کند.

**ت:** نادرست است: ماده مخاطی، در معده برخلاف ماده مخاطی مری ضخیم و چسبنده است.

۱۶. بررسی سایر گزینه‌ها:

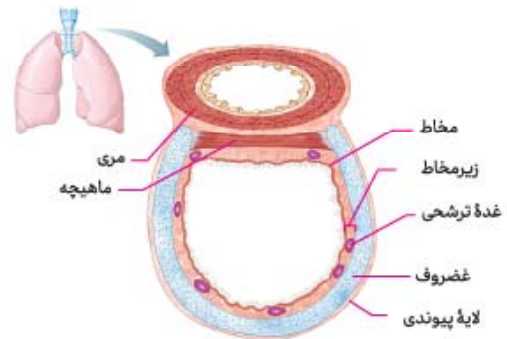
در مخاط نای یاخته‌های استوانه‌ای مژکدار وجود دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** یاخته‌های بافت پوششی به وسیله غشای پایه به یکدیگر و به بافت زیرین متصل هستند.

**گزینه ۲:** اگر به شکل نگاه کنیم متوجه می‌شیم که نازک‌ترین لایه دیواره نای مخاطشه.

**گزینه ۳:** ترشحات غدد برون‌ریزی که در لایه زیرمخاطی نای قرار دارند، در تماس با مخاط و ماده مخاطی قرار می‌گیرند.



۱۷. بررسی سایر گزینه‌ها:

ترشحات یاخته‌های کناری (HCl) موجود در غدد معده، سبب از بین رفتن عوامل بیگانه وارد شده به محیط معده می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** ترشحات یاخته‌های پوششی سطحی در حفره‌های معده و یاخته‌های ترشح‌کننده ماده مخاطی در غده‌های معده، سبب ایجاد لایه‌ای ضخیم، چسبنده و قلیایی در برابر شیره معده می‌شوند.

**گزینه ۲:** پپسینوژن که در یاخته‌های اصلی تولید می‌شود، در برخورد با HCl (نوعی ماده معدنی) به پروتئاز فعال تبدیل می‌شود.

**گزینه ۳:** فاکتور داخلی معده که از یاخته‌های حاشیه‌ای ترشح می‌شود، فقط در تولید گویچه‌های قرمز خون نقش دارد. (نه همه گویچه‌های موجود در خون!!)

۱۸. بررسی سایر گزینه‌ها:

ماده مخاطی در کاهش PH محیط نقشی ندارد، زیرا در ماده مخاطی ماده اسیدی وجود ندارد که بخواد PH محیط را کاهش دهد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۲:** گوارش نشاسته توسط ماده مخاطی درون دهان آغاز می‌شود.

**گزینه ۳:** ماده مخاطی در جلوگیری از نفوذ میکروب‌ها به بخش‌های عمیق‌تر، از طریق به دام انداختن آن‌ها نقش دارد.

**گزینه ۴:** ماده مخاطی با مرطوب کردن هوای تنفسی برای انتشار آن‌ها به درون خون نقش دارد، زیرا هوای تنفسی باید به حالت محلول باشد تا جذب خون شود.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** بیگانه‌خوارهای بافتی دارای پیک‌های شیمیایی اند که به هنگام التهاب ترشح می‌شوند. این بیگانه‌خوارها در از بین بردن میکروب‌های درون خون نقشی ندارند. البته جالبه بدونین که ماکروفاژها با تولید پروتئین‌های مکمل در از بین بردن میکروب‌های درون خون نقش دارن. (خارج از کتاب بود نیاز نیست بلد باشین گفتم اطلاعات عمومی‌تون تقویت بشه) ولی چون تو صورت سوال کلمه «هر» اومده به هر حال این گزینه غلطه.

**گزینه ۲:** فقط یاخته‌های دندریتی وارد شده به گره‌های لنفی که بخشی از یک میکروب را به همراه دارند، سبب فعال شدن نوع خاصی از لنفوسیت‌ها می‌شوند. (حواستون هست که توی لنف، ماکروفاژها هم وجود دارن دیگه!!!)

**گزینه ۳:** ماکروفاژها و یاخته‌های دندریتی که در خط دوم دفاعی بیگانه‌خواری می‌کنند، از تغییر مونوسیت‌ها در بافت‌ها به وجود می‌آیند.

**۲۵. ۱ ۲ ۳ ۴**

آندوسیتوز عوامل بیگانه، باعث کاهش سطح غشای یاخته بیگانه‌خوار می‌شود.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** یاخته‌های دندریتی و ماستوسیت‌ها در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباطند به فراوانی یافت می‌شوند. (نه هر بیگانه‌خواری!!)

**گزینه ۲:** یاخته‌های دندریتی و ماکروفاژها از تغییر مونوسیت‌ها در بافت به وجود می‌آیند.

**گزینه ۳:** فقط بیگانه‌خوارهای بافتی با تولید پیک شیمیایی، گویچه‌های سفید را به موضع آسیب فرا می‌خوانند.

**۲۶. ۱ ۲ ۳ ۴**

یاخته‌های دندریتی توانایی عبور از دیواره مویرگ‌های لنفی را دارند. (نه مویرگ‌های خونی!!)

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** یاخته‌های دندریتی، با آوردن قسمت‌هایی از میکروب به گره‌های لنفی می‌توانند در فعال شدن لنفوسیت‌های B و تولید پادتن در گره‌های لنفی نقش داشته باشند.

**گزینه ۲:** یاخته‌های دندریتی از تغییر مونوسیت‌ها (یاخته‌هایی با هسته خمیده و تک‌قسمتی) به وجود می‌آیند.

**گزینه ۳:** یاخته‌های دندریتی همانند ماستوسیت‌ها، در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون ارتباط دارند، (پوست و لوله گوارش) به فراوانی یافت می‌شوند. بنابراین در از بین بردن میکروب‌های موجود در پرزهای روده نقش دارند.

**۲۷. ۱ ۲ ۳ ۴**

**بررسی تک‌تک عبارت‌ها:**

**الف:** درست است: افزایش متابولیسم یاخته‌ها، سبب تولید CO<sub>2</sub> بیشتر می‌شود که افزایش CO<sub>2</sub> در بافت‌ها گشادشدن رگ‌ها را در پی خواهد داشت.

**ب:** درست است: گشادشدن رگ‌ها طی فرایند التهاب، سبب خروج بیشتر پلازما می‌شود.

**پ:** درست است: گشادشدن رگ‌ها، سبب کاهش فشار خون درون رگ‌ها می‌شود. در نتیجه تحریک گیرنده‌های فشار کم‌تر می‌شوند.

**ت:** نادرست است: در بیماری دیابت نوع I، PH، خون کاهش می‌یابد (نه افزایش). یعنی میزان یون هیدروژن درون خون زیاد می‌شود که این تغییر سبب گشادشدن رگ‌ها می‌شود.

**۲۸. ۱ ۲ ۳ ۴**

هم درشت‌خوارهای بافتی و هم یاخته‌های دندریتی در بخش‌هایی از بدن مثل شش‌ها، لوله گوارش و ... که در تماس با محیط بیرون هستند، به فراوانی یافت می‌شوند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** ماکروفاژها و یاخته‌های دندریتی می‌توانند چند عامل بیگانه را با هم فاگوسیتوز کنند.

**گزینه ۲:** یاخته‌های دندریتی برخلاف ماکروفاژها با قرار دادن بخشی از میکروب در سطح خود و آوردن آنها به گره‌های لنفی، می‌تواند باعث فعال شدن لنفوسیت‌ها شوند.

**گزینه ۳:** با افزایش عمل دیابندز، مونوسیت‌های بیشتری به یاخته‌های دندریتی یا ماکروفاژها، تبدیل می‌شوند.

**۲۹. ۱ ۲ ۳ ۴**

فعالیت آنزیم‌های لیزوزومی در بیگانه‌خوارها در خط دوم دفاعی بدن اتفاق می‌افتد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** یاخته‌های به هم فشرده بافت سنگ‌فرشی چندلایه سطح پوست و درون مری، سد اول دفاعی بدن محسوب می‌شوند.

**گزینه ۳:** خنثی کردن آنتی‌ژن‌های سطح میکروب، توسط پادتن‌ها در خط سوم دفاعی بدن انجام می‌شود.

**گزینه ۴:** غدد برون‌ریز مانند غدد بزاقی، غدد اشکی و غدد عرقی، جزء خط دفاعی اول بدن محسوب می‌شوند.

**۳۰. ۱ ۲ ۳ ۴**

**بررسی تک‌تک عبارت‌ها:**

**الف:** درست است: افزایش فعالیت ماکروفاژها در کبد می‌تواند در پی افزایش مرگ گویچه‌های قرمز خون انجام شود که در این صورت ترشح هورمون اریتروپوئین برای جبران کاهش تعداد گویچه‌های قرمز مرده افزایش می‌یابد.

**ب:** نادرست است: درشت‌خوارها در از بین بردن میکروب‌های موجود در هوای مرده که جزئی از هوای جاری است دخالتی ندارند. زیرا هوای مرده وارد حبابک‌های هوایی نمی‌شود.

**پ:** درست است: ماکروفاژها تعداد زیادی اندامک لیزوزوم دارند، تا پس از فاگوسیتوز میکروب‌ها، توسط این اندامک‌ها آن‌ها را نابود کنند.

**ت:** درست است: درشت‌خوارها در گره‌های لنفی به فراوانی یافت می‌شوند. همانطور که می‌دانید در زیر بغل و کشاله ران بیشترین تجمع گره‌های لنفی را در بدن داریم.

**۳۱. ۱ ۲ ۳ ۴**

بیگانه‌خوارهای بافتی مانند ماکروفاژها، یاخته‌های دندریتی و ماستوسیت‌ها با ترشح پیک شیمیایی، سبب فراخواندن گویچه‌های سفید از جمله نوتروفیل‌ها به محل آسیب می‌شوند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه‌های ۱ و ۲:** تخریب گویچه‌های قرمز خونی در طحال و کبد انجام می‌شود و هموگلوبین آن‌ها توسط ماکروفاژها تجزیه می‌شود. آهن آزاد شده در این فرایند یا در کبد ذخیره می‌شود و یا همراه خون به مغز استخوان رفته و در ساخت دوباره گویچه‌های قرمز به کار می‌رود. ماده‌ای هم که از تخریب هموگلوبین‌های گویچه‌های قرمز توسط ماکروفاژها در کبد و طحال به‌وجود می‌آید بیلی‌روبین است که غلظت مواد موجود در کیسه صفرا افزایش می‌دهد.

**گزینه ۴:** یاخته‌های دندریتی با قرار دادن قسمتی از یک میکروب در سطح خود و آوردن آنها به گره‌های لنفی سبب فعال شدن لنفوسیت‌های مستقر در آنها می‌شوند، درحالی‌که ماکروفاژها فاقد این توانایی هستند.

**۳۲. ۱ ۲ ۳ ۴**

همه بیگانه‌خوارها حرکت آمیبی شکل دارند.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۱:** بیگانه‌خوارها در بدن انسان آنزیم‌های لیزوزومی (نه لیزوزیمی!!) فراوانی دارند.

**گزینه ۲:** بیگانه‌خوارها، عوامل بیگانه را بر اساس ویژگی‌های عمومی آن‌ها شناسایی می‌کنند و در برابر آن‌ها پاسخ یکسانی می‌دهند همچنین بیگانه‌خوارها قادر به تشخیص نوع خاصی از عوامل بیماری‌زا نیستند.

**گزینه ۳:** بیگانه‌خوارهای بافتی مثل ماکروفاژها و یاخته‌های دندریتی در مغز استخوان تولید نمی‌شوند، بلکه در بافت‌ها از تغییر مونوسیت‌ها به‌وجود می‌آیند.

**۳۳. ۱ ۲ ۳ ۴**

غدد بزاقی تحت تأثیر اعصاب خودمختار، میزان ترشح خود را در لوله گوارش تغییر می‌دهند. بزاق، لیزوزیم دارد که در از بین بردن باکتری‌ها نقش دارد.

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

**گزینه ۲:** هورمون تیموسین و پرولاکتین که از غدد درون‌ریز ترشح می‌شوند در سیستم دفاعی نقش دارند.

**گزینه ۳:** اسید معده سبب از بین رفتن میکروب‌های موجود در ماده مخاطی مجاری هوا که به لوله گوارش وارد شده‌اند می‌شود.

**گزینه ۴:** درون حبابک‌ها، ماده مخاطی و مخاط مژدار وجود ندارد.



بیگانه‌خوارها، همهٔ میکروب‌ها را براساس ویژگی‌های عمومی آن‌ها شناسایی می‌کنند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** فقط باخته‌های دارینه‌ای قسمت‌هایی از میکروب را در سطح خود قرار می‌دهند و به گره‌های لنگی می‌آیند و لنفوسیت‌های موجود در گره لنگی (نه خون!) را فعال می‌کنند.

**گزینه ۲:** بیگانه‌خوارها هم در بافت مثل ماکروفازها و باخته‌های دارینه‌ای و هم در مغز استخوان مثل نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها تولید می‌شوند.

**گزینه ۳:** نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌های موجود در خون فقط تحت تأثیر پیک ترشح شده از بافت پوششی سنگ‌فرشی تک‌لایهٔ مویرگ‌ها و بیگانه‌خوارهای بافتی، به محل آسیب فرا خوانده می‌شوند.

#### بررسی تک‌تک عبارت‌ها:

**الف:** نادرست است. نخستین خط دفاعی برخلاف دومین خط دفاعی با ترشحات غدد برون‌ریز مانند غدد اشکی، غدد بزاقی، غدد ترشح‌کنندهٔ عرق و مادهٔ مخاطی و... سد دفاعی خود را کامل می‌کند.

**ب:** نادرست است. دومین خط دفاعی بدن شامل، گویچه‌های سفید، پروتئین‌های مکمل، التهاب و تب است که از این بین، تب به دنبال اثرگذاری هیپوتالاموس (بخشی از مغز) که به عنوان مرکز تنظیم دمای بدن است، رخ می‌دهد. ولی در نخستین خط دفاعی این‌گونه نیست که تأثیرگذاری و از بین بردن میکروب‌ها تحت کنترل بخش‌هایی از مغز باشد. **پ:** نادرست است. در دفاع غیراختصاصی (نخستین و دومین خط دفاعی) روش‌هایی به کار گرفته می‌شود که در برابر طیف وسیعی از میکروب‌ها مؤثر است. **ت:** نادرست است. اتفاقاً در بعضی از بخش‌های بدن آخرین سد دفاعی، نخستین خط دفاعی است.

باخته‌های دارینه‌ای در بخش‌هایی از بدن (مثل پوست و لولهٔ گوارش) که با محیط بیرون ارتباط دارند، به فراوانی یافت می‌شوند. پس می‌توانند در بین باخته‌های بافت پوششی (بافتی که فضای بین باخته‌های کمی دارد) پوست و لولهٔ گوارش وجود داشته باشند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** باخته‌های دندرتی با قرار دادن بخشی از میکروب (نه کل میکروب!) در سطح خود و ورود به رگ لنگی سبب فعال شدن لنفوسیت‌ها می‌شوند.

**گزینه ۳:** باخته‌های دارینه‌ای توانایی ورود به مویرگ‌های منفذدار لنگی (نه خونی!) را دارند.

**گزینه ۴:** اینترفرون نوع II درشت‌خوارها را فعال می‌کند. (نه باخته‌های دارینه‌ای را!)

پاسخ دستگاه ایمنی به مادهٔ حساسیت‌زا، ترشح هیستامین از ماستوسیت‌ها و بازوفیل‌ها است. بر اثر ترشح هیستامین، علائم شایع حساسیت مانند قرمزی و آبریزش بینی ایجاد می‌شود.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** ماستوسیت‌ها با ترشح هیستامین سبب گشادشدن رگ‌ها و کاهش فشار خون درون رگ‌ها می‌شوند. در حالی که باختهٔ ترشح‌کنندهٔ آلدوسترون، در افزایش فشار خون درون رگ‌ها نقش دارد.

**گزینه ۲:** ماستوسیت‌ها نمی‌توانند همانند باخته‌های دارینه‌ای، بخشی از میکروب‌ها را در سطح خود قرار دهند، و به رگ لنگی وارد و لنفوسیت‌ها را فعال کنند.

**گزینه ۳:** ماستوسیت‌ها، باخته‌های غیرخونی هستند؛ پس هیستامین آن‌ها درون خون ترشح نمی‌شود. (تو بافت ترشح میشه دیگه.)

مونوسیت‌ها در برابر همهٔ میکروب‌ها چه از نوع ویروسی مثل آنفلوآنزای پرندگان و چه از نوع باکتریایی مثل عامل کزاز یکسان عمل می‌کنند. چون جزء خطوط دفاعی غیراختصاصی محسوب می‌شوند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** مونوسیت‌ها به ماکروفازها و یا باخته‌های دندرتی که نوعی بیگانه‌خوار بافتی هستند تبدیل می‌شوند. این بیگانه‌خوارها در خط دوم دفاعی بدن نقش ایفا می‌کنند.

**گزینه ۲:** مونوسیت‌ها در مغز استخوان بالغ شده و سپس وارد خون می‌شوند.

**گزینه ۴:** نوتروفیل‌ها به علت اینکه مواد دفاعی کمی با خود حمل می‌کنند چابک‌تر و وسیع‌تر از مونوسیت‌ها حرکت می‌کنند.

گویچه‌های سفید با هستهٔ تکی گرد، لنفوسیت‌ها هستند که در از بین بردن لارو انگل‌ها نقشی ندارند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** ائوزینوفیل‌ها با هستهٔ دو قسمتی دمبلی، محتویات دانه‌های درشت روشن خود را بر روی لارو انگل می‌ریزند.

**گزینه ۲:** مونوسیت‌ها که هستهٔ تکی خمیده دارند، در از بین بردن لارو وارد شده به خون نقشی ندارند.

**گزینه ۴:** جانور بالغ (کرم کدو داخل لولهٔ گوارش انسان و...) فاقد گوارش برون‌باخته‌ای است و مواد غذایی را از سطح بدن خود جذب می‌کند.

**(A) ائوزینوفیل و (B) لاروانگل (کرم کدو) است.**

دانه‌های روشن ریز در میان باختهٔ نوتروفیل‌ها وجود دارند که در از بین بردن لارو انگل نقشی ندارند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** اندامک لیزوزوم در از بین بردن لارو انگل نقشی ندارد، بلکه محتویات دانه‌های درشت روشن در (A) باعث از بین رفتن لارو جانور می‌شود.

**گزینه ۲:** جانور بالغ (B) در رودهٔ باریک انسان زندگی می‌کند؛ یعنی محلی که صرفاً به آن‌جا می‌ریزد.

**گزینه ۴:** (A) که هستهٔ دو قسمتی دمبلی‌شکل دارد و متعلق به خط دوم دفاعی بدن است.

**(A) باختهٔ بازوفیل و (B) باختهٔ ائوزینوفیل است.**

#### بررسی تک‌تک عبارت‌ها:

**الف:** درست است: در حساسیت باختهٔ A با ترشح هیستامین سبب بروز علائم شایع حساسیت مثل قرمزی و آبریزش بینی (افزایش غیرطبیعی مادهٔ مخاطی بینی) می‌شود؛ درحالی که در مورد باختهٔ (B) اینگونه نیست.

**ب:** نادرست است: باختهٔ (B) برخلاف باختهٔ (A) در عفونت‌های انگلی بیشتر می‌شود.

**پ:** نادرست است: باختهٔ (B) و باختهٔ (A) هر دو در از بین بردن عوامل بیگانه در خون نقش دارند.

**ت:** درست است: در دوران جنینی، همهٔ باخته‌های خونی مانند گویچه‌های قرمز و سفید در مغز استخوان، کبد و طحال تولید می‌شوند.

نوتروفیل جزء گویچه‌های سفید دانه‌دار و لنفوسیت‌ها جزء گویچه‌های سفید بدون دانه است. نوتروفیل‌ها با عمل فاگوسیتوز عامل بیگانه در دفاع غیراختصاصی و لنفوسیت‌ها با ترشح پادتن یا پرفورین در دفاع اختصاصی نقش دارند؛ بنابراین نوتروفیل‌ها از نظر ساختار و عملکرد به لنفوسیت‌ها شباهت ندارند.

#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** نوتروفیل‌ها و ماکروفازها توانایی فاگوسیتوز فراوان دارند و با دارا بودن لیزوزوم‌های فراوان، ذرات بلعیده‌شده را هضم می‌کنند.

**گزینه ۳:** بازوفیل‌ها همانند ماستوسیت‌ها به دلیل ترشح هیستامین می‌توانند باعث واکنش‌های آلرژیک شوند.

**گزینه ۴:** تمام فاگوسیت‌ها از جمله ماکروفازها و نوتروفیل‌ها با انجام حرکات آمیبی شکل می‌توانند فاگوسیتوز انجام دهند.





۴۳.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** درست است: فقط بیگانه‌خوارهای بافتی، پیک شیمیایی تولید می‌کنند. (نه هر بیگانه‌خواری!!!)

**ب:** درست است: همه گویچه‌های سفید توانایی فاگوسیتوز ندارند.

**پ:** نادرست است: یاخته‌های دندریتی و ماکروفاژها دارای رشته‌های سیتوپلاسمی برای به دام انداختن میکروب‌ها دارند.

**ت:** درست است: علاوه بر هیستامین + Ca<sup>2+</sup> و یون هیدروژن از گشادکننده‌های دیگر رگ‌ها هستند: توجه داشته باشید که هیستامین از بازوفیل‌های خونی نیز ترشح می‌شود.

۴۴.

شکل نشان داده شده، مونوسیت است که هسته تکی خمیده با میان یاخته بدون دانه دارد و متفاوت از یاخته‌هایی با هسته دوقسمتی (بازوفیل و ائوزینوفیل) است که سیتوپلاسم (میان‌یاخته) دانه‌دار دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** مونوسیت‌ها همانند لنفوسیت‌های T هسته تک‌قسمتی دارند.

**گزینه ۲:** مونوسیت‌ها برخلاف بازوفیل‌ها میان‌یاخته بدون دانه دارند.

**گزینه ۴:** همه یاخته‌های بدن برای هورمون ترشح شده از غده تیروئید (T<sub>3</sub>)، گیرنده دارند.

۴۵.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** درست است: (با توجه به این که یاخته نشان داده شده در شکل نوتروفیل است) نوتروفیل به همراه مونوسیت‌ها در فاگوسیتوز میکروب‌های درون خون نقش دارد.

**ب:** درست است: نوتروفیل‌ها مواد دفاعی کمی حمل می‌کنند و به همین علت چابک‌اند.

**پ:** درست است: یاخته‌های خونی در دوران جنینی علاوه بر مغز استخوان، در اندام‌های کبد (اندام تولیدکننده صفرا) و طحال نیز ساخته می‌شوند.

**ت:** نادرست است: نوتروفیل‌ها طی فرایند دیپندز از منافذ موجود در دیواره مویرگ‌ها به محل التهاب وارد می‌شوند. (نه بافرایندهای آندوسیتوز و اکروسیتوز)

۴۶.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** درست است: فقط بیگانه‌خوارهای بافتی، توانایی ترشح پیک شیمیایی را دارند.

**ب:** درست است: ائوزینوفیل‌ها با ریختن محتویات دانه‌های خود روی لارو انگل، آن را نابود می‌کنند.

**پ:** درست است: یاخته‌های به وجود آمده از مونوسیت‌ها مثل ماکروفاژها و یاخته‌های دندریتی، با زوائد سیتوپلاسمی (دندریت مانند) خود میکروب‌ها را گرفته و فاگوسیتوز می‌کنند.

**ت:** درست است: بازوفیل‌ها هم هیستامین ترشح می‌کنند که باعث گشادشدن رگ‌ها می‌شود.

۴۷.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** درست است: با توجه به اینکه مویرگ‌های موجود در طحال، ناپیوسته و مویرگ‌های موجود در مغز از نوع پیوسته‌اند و بسیاری از میکروب‌ها طبق معمول (به خاطر وجود مویرگ‌های پیوسته) وارد مغز نمی‌شوند، دیپندز در طحال نسبت به مغز بیشتر انجام می‌گیرد.

**ب:** درست است: ماکروفاژها در ایجاد مواد رنگی صفرا نقش دارند، ولی توانایی انجام دیپندز را ندارند.

**پ:** درست است: بالا بودن میزان هورمون کورتیزول، سبب کاهش انجام دیپندز می‌شود.

**ت:** درست است: گشادشدن رگ در محل آسیب، سبب افزایش منافذ موجود در آن می‌شود. در نتیجه میزان دیپندز افزایش می‌یابد.

۴۸.

یاخته A (نوتروفیل) میان‌یاخته‌ای با دانه‌های روشن ریز دارد. درحالی که یاخته B (مونوسیت) میان‌یاخته بدون دانه دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** یاخته A هنگام خروج از خون، به درشت‌خوار یا یاخته دندریتی تبدیل می‌شود، درحالی که یاخته B بدون تغییر از خون خارج شده و به بیگانه‌خواری می‌پردازد.

**گزینه ۲:** هر دو گویچه سفید در مغز استخوان ساخته و بالغ می‌شوند.

**گزینه ۴:** مونوسیت و نوتروفیل در جریان التهاب تحت تأثیر پیک‌های شیمیایی مترشحه از یاخته‌های دیواره مویرگ‌ها و بیگانه‌خوارهای بافتی، به موضع آسیب فرا خوانده می‌شوند.

۴۹.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** نادرست است: گویچه‌های سفید دانه‌دار هسته تک‌قسمتی ندارند.

**ب:** درست است: گویچه‌های سفید دانه‌دار بازوفیل‌ها، نوتروفیل‌ها و ائوزینوفیل‌ها هستند که طی فرایند دیپندز، بدون تغییر از خون خارج می‌شوند.

**پ:** نادرست است: نوتروفیل درون خون در سرکوب عفونت‌ها نقش دارد.

**ت:** درست است: گویچه‌های سفید دانه‌دار در جریان خون به صورت نابالغ دیده نمی‌شوند.

۵۰.

هیستامین با گشاد کردن رگ‌ها سبب نشت بیشتر پلاسما (پروتئین‌ها و...) به مایع میان‌بافتی می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** نوتروفیل‌ها و همه گویچه‌های سفید یک هسته دارند که ممکن است چندقسمتی باشد.

**گزینه ۲:** فرایند دیپندز از مویرگ‌های خونی انجام می‌شود. (نه رگ‌های لنفی!!)

**گزینه ۴:** همه یاخته‌هایی که در دفاع ایمنی نقش دارند، توانایی شناسایی یاخته‌های بدن از عوامل بیگانه را دارند.

۵۱.

بیگانه‌خوارهای بافتی با ترشح نوعی پیک شیمیایی در فرایند التهاب، سبب افزایش دیپندز مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها می‌شوند. مونوسیت‌ها در بافت به دو نوع بیگانه‌خوار بافتی تبدیل می‌شوند یعنی ماکروفاژ و یاخته‌های دندریتی. پس ترشحات ماکروفاژها می‌تواند سبب افزایش تعداد آن‌ها در بافت شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** یاخته‌های حاصل از یاخته بنیادی، همان یاخته‌های خونی‌اند که همه آن‌ها توانایی دیپندز ندارند. (یکی شو بگم، مثل گویچه‌های قرمز!!!)

**گزینه ۲:** یاخته‌های ترشح‌کننده هیستامین، ماستوسیت‌ها و بازوفیل‌ها هستند که ماستوسیت‌ها توانایی دیپندز ندارند.

**گزینه ۴:** ائوزینوفیل‌ها توانایی دیپندز دارند و در خون و بافت با لاروهای انگلی می‌جنگن.

۵۲.

لنفوسیت B و لنفوسیت T در دفاع غیراختصاصی نقشی ندارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه ۱:** لیزوزیم هم در اشک و هم در مایع مخاطی، میکروب‌ها را نابود می‌کند.

**گزینه ۲:** ماستوسیت‌ها با گشاد کردن رگ‌ها سبب افزایش نفوذپذیری مویرگ‌ها می‌شوند.

**گزینه ۳:** در خط دوم دفاعی بدن، گروهی از گویچه‌های سفید مانند بازوفیل، ماستوسیت، لنفوسیت کشنده طبیعی، نوتروفیل و... نقش دارند.

۵۳.

طبق متن کتاب درسی ماستوسیت‌ها (نوعی بیگانه‌خوار) مانند یاخته‌های دندریتی در بخش‌هایی از بدن که با محیط بیرون در ارتباط‌اند، به فراوانی یافت می‌شوند.

بررسی تک‌تک هبارت‌ها:

**الف:** نادرست است: لنفوسیت‌های کشنده طبیعی ترشح پرفورین با فرایند اکروسیتوز انجام می‌دهند. این فرایند با مصرف انرژی همراه است.

**ب:** نادرست است: یاخته کشنده طبیعی با ترشح پرفورین و آنزیم لاکاننده مرگ برنامه‌ریزی شده، سبب مرگ یاخته آلوده به ویروس می‌شود.