

طبع، چیزی نو به نو خواهد همی  
چیز نو، نو راه رو خواهد همی

(مولانا)





... به **دانیال**، که نامش:  
دلم را از آرامش، **نیایش**،  
**یگانگی** و **آسایش** لبریز می کند...

## مقدمه:

خاطره‌اش هنوز هم دقیق در خاطرم هست... بعد از این همه سال! پدرم داشت رانندگی می‌کرد و من و برادرم صندلی پشت نشسته بودیم. نشسته بودیم که چه عرض کنم، کِز کرده بودیم و در غم خود چَمبَره زده بودیم. سر اینکه کدامان جلو بنشینیم دعوایمان شده بود و هر دو به صندلی عقب تبعید شده بودیم. بین‌راه بود که پدر، پیرمردی را سوار کرده بود. در صندلی جلو که آمال و آرزوی ما بود.

پیرمردی با یک لباده، شالی به کمر و عرق‌چینی بر سر و البته یک گونی رنگ و رو رفته که در تمام مدت مسیر محکم بغلش کرده بود.

خیره به این همراه عجیب بودیم که یک‌باره پیدایش شده بود!!

اواسط صحبتش با پدر بود که پیرمرد برگشت و گفت:

- آفازدها - منظورش من و برادرم بود... چطورین؟! چرا اینقدر ساکتین؟! بیچار نشستین!؟

در همین حال دست کرد در گونی رنگ و رو رفته‌اش و چندتایی کتاب کوچک جیبی درآورد و یکی یکی نگاهشان کرد. یکی از آنها را داد دست برادرم... روی جلدش نوشته بود: «هاکلبری‌فین» بعد دوباره دستش را در گونی کرد و چندتا کتاب دیگر درآورد و مشغول بررسی‌شان شد. بعد به نقطه‌ای خیره ماند و انگار که تردید کرده باشد، برگشت و مرا نگاه کرد و گفت:

- پیشانی‌ات را ببینم!!

و دید و چند ثانیه به پیشانی من خیره ماند... در سکوت... و کتابی را به دستم داد. جلدش سرمه‌ای بود و خطوطی شبیه به تابش نور خورشید در آن خودنمایی می‌کرد، به سمت افق‌های دوردست! نام کتاب، **هفت‌خوان** بود. بعدها که آن را خواندم دیدم روایتی داستان‌گونه و جذاب از هفت‌خوان رستم بود، ولی آنچه در آن دوران برایم مهم بود، نگاه پیرمرد به پیشانی‌ام بود. پیشانی من تقریباً صاف بود با یک برآمدگی نامحسوس بر روی ابروهای بهم‌پیوسته و تیره‌ام و جز جوش‌های سرسبزه‌ریز و دوتا چین کم‌عمق موازی با هم، چیز خاص دیگری در آن خودنمایی نمی‌کرد. ولی گویا پیشانی و پیشانی‌نوشت انسانها مهم بود و مهم هم هست. تقریباً از همان روزها بود که فهمیدم مفهومی به نام پیشانی‌نوشت داریم که با سرنوشت آدمیزاد ارتباط تنگاتنگی دارد و به قول صائب: «عرق شرم نشوید خط پیشانی را».

و گویا پیشانی‌نوشت من هم «**معلمی**» شد و خواندن و نوشتن! اصلاً آن روز، آن پیرمرد و آن کتاب هفت‌خوان نقطه عطفی شد در انتخاب من برای عاشق شدنم. از همان روز، عشق به آموختن در من شعله کشید و جانم را سوزاند. از همان روز معلمی را خوان به خوان طی کردم تا رسیدن به **هفت‌خوان!** و سخت‌ترین کار آن یعنی نگارش مقدمه!

در ۲۰ سال گذشته‌ام که به معلمی و آموختن سپری شد، هرگاه اثری را در عرصه آموزش خلق کردم، نوشتن مقدمه دشوارترین مرحله‌اش بوده، همیشه برای نوشتن مقدمه، نوشتن و پاره کردم!... نوشتن و پاره کردم!... تا بالاخره برسیم به آنچه که می‌خواهم جان داشته باشد و لحظاتی شما را با مسیر خلق اثر موردنظر همراه کند. به عنوان مثال همین به اصطلاح مقدمه‌ای که در پیش‌رو دارید.

نظام آموزش تغییر کرد. همانند ۳ دوره تغییر نظام آموزشی قبل از این تغییر که من در کسوت معلمی‌ام تجربه کرده‌ام. بدیهی است که در هربار تغییر هم، کتاب‌های درسی دستخوش تغییراتی شد، گاه جزئی و گاه کلی!!

زیست‌شناسی دوران متوسطه دوم هم به زیست‌شناسی ۱ (پایه دهم)، زیست‌شناسی ۲ (پایه یازدهم) و زیست‌شناسی ۳ (پایه دوازدهم) تغییر نام داد. در این تغییر نظام آموزشی علاوه بر تغییر فصول تألیفی، تغییرات عمده‌ای هم در شیوه نگارش کتاب‌ها رخ داد. تغییراتی که گاهاً نگارنده آن را مناسب نمی‌داند، اما نه زمان، نه مکان و نه حوصله شما اجازه نقد موشکافانه کتاب‌های درسی را نمی‌دهد.

ولی چرا **هفت‌خوان**؟! داستان هفت خوان رستم را شنیده‌اید؟



### خوان ۱ نبرد رخس با شیر پیشه!

رستم روز و شب می‌رفت و راه دور روزه را در یک روز می‌پیمود تا به دشتی رسید که پراز «کور» بود و محل فرمانروایی شیر می‌قدرت بود. رستم کند انداخت، کوری گرفت، آتشی افروخت و شکار را بریان ساخت و خورد. «رخس» را یله کرد و خود شمشیر زیر سر نهاد و نخت...

در مسیر **هفت‌خوان زیست‌شناسی** ما همان رستم داستان شدیم و شب و روز را به هم دوختیم تا در دشت پُر از نکات کتاب درسی، جز به جز نکاتش را در کمندی از دانش با شیوه‌ای آسان و جز به جز در خوان اولمان یعنی **کتابخوانی** برایتان بخوانیم، تا شما **هفت‌خوان زیست‌شناسی مان** را زیر سر گذاشته و آسوده خاطر بخوابید!



### خوان ۲ بیابان بی آب

رستم در این **خوان** به همراه رخس در بیابان بی آب و بسیار گرم گرفتار شد. رستم تاب و توان خود را از دست داد و از پروردگاری طلبید تا در نهایت یک...

در **خوان دوم** زیست‌شناسی مان طاقتمان طاق شد! و فهمیدیم که در صفحات و خطوط تازه نگارش یافته کتاب درسی دام گسترده‌اند برای شما بس فراوان! که باید ببینید و بشناسید... ما دیدیم، تجزیه و تحلیل کردیم و مفاهیم آن‌ها را موشکافانه و مستند بر علم، منطق بر مباحث کتاب درسی به نگارش در آوردیم... اینگونه شد که **مفهوم** را در **خوان دوم** از کتابخوانی **خوان اول** برداشت کردیم، تا شما جز به جز مفاهیم کتاب درسی را نیز به راحتی بیاموزید.



### خوان ۳ جنگ با اژدها

رستم پس از ربای از بیابان بی آب و علف، به خواب رفت که در نیمه‌های شب، اژدهایی یله پیکر که در آن نزدیکی می‌زیست، به رخس حمله ور شد. رخس به رستم پناه برد و با کوبیدن ستم سعی نمود او را از خواب بیدار کند اما...

در **خوان سوم** بود که شاهد پناه آوردن شما بودیم از جبر ترکیب مطالب زیست‌شناسی بر دامان خودمان! این شد که رفتیم سراغ تست **ترکیب‌ها**. دیدم حال که **خوان اول** بر مبنای کتابخوانی و **خوان دوم** را بر مفاهیم استوار کرده‌ایم، شایسته است ارتباط و اتصال بین مباحث مختلف را هم ذکر کنیم. این شد که در این **خوان دست** گذاشتیم بر نقطه ضعف عرصه آموزش زیست‌شناسی و تک تک مباحث پراکنده در فصول و یا حتی کتاب‌های پایه‌های مختلف زیست‌شناسی را در قالب ترکیب به کامل‌ترین شکل ممکن، آموزش دادیم.

## خوان ۴ زن جادوگر



رستم در راه دکنار چشمه‌ای به سفره پر زرق و برق و برق و پراز نعمتی برخورد و از رخسار پیاده شده به نواختن سازی که دکنار صخره بود، پرداخت. وی در حین آواز خواندن و نواختن، زبان به شکایت به سوی پروردگار کشود که...

در این خوان بود که شکایت شما را که «ای داد، ای فغان از گذشته‌ها و فراموشی‌ها!» شنیدیم و بر آن شدیم تا هر آنجاییکه نیاز باشد، مطالبی را از گذشته که فراموش کرده‌اید در خوان چهارم کتابمان یادآور شویم. به عبارت بهتر در یادآوری آنچه لازم بود تا بهتر بدانید و بیاموزید را به نگارش درآوردیم.

## خوان ۵ جنگ با اولاد مرزبان



در این خوان رستم در مسیر راه خود، دکنار رودی به خواب رفت و رخش در چمشراری به چرامشول شد. دشت‌بان آن ناحیه که از چرامی رخش به ششم آمده بود، به رستم حمله کرده و در خواب ضرب‌های را به وی وارد کرد...

در مسیر هفت‌گانه هفت خوان زیست‌شناسی بودیم که رسیدیم به شکل‌ها و فعالیت‌ها و احساس کردیم باید سراغ نکات آموزشی تمام شکل‌ها و فعالیت‌های کتاب درسی هم برویم. این شد که این خوان را به شکل‌ها و فعالیت‌ها اختصاص دادیم. بد نیست یادآور شویم که به زعم نگارنده در سری جدید کتاب‌های زیست‌شناسی، نکات آموزشی نهفته در شکل‌ها و فعالیت‌های کتاب بسی بیشتر از متن کتاب درسی است.

## خوان ۶ جنگ با ارژنگ دیو



پس از آنکه رستم و اولاد به کوه اسپروزی یعنی محلی که در آن دیوسپید، کابوس را در بند کرده بود، رسیدند، دریافتند که یکی از سرداران دیوسپید به نام «ارژنگ دیو» مأمور کلبه‌بانی از آن است...

و این چنین بود که رسیدیم به جنگ...

تمام ۵ خوان گذشته نوعی تمرین بود، تا کتاب درسی را بیاموزیم و بر آن مسلط شویم... که شدیم! (آن هم تمام و کمال شامل کتاب‌خوانی، مفهوم، ترکیب، یادآوری و شکل‌ها و فعالیت‌ها) و حال رسیدیم به آنجاییکه خود را در سنگی، محک بزنییم. این شد که خوان ششم را به عبارات برای تمرین درست و نادرست بودن آنها اختصاص دادیم، تا هم بفهمید بعد از هر بحث چه کرده‌اید و هم مطالب آموزش دیده را در حافظه بلند مدت خود تثبیت نمایید.

## خوان ۷ جنگ با دیو سپید



در خوان آخر، رستم و اولاد به بهفت کوه که غار محل زندگی دیوسپید در آن قرار داشت، رسیدند. شب را در آنجا سپری کردند و صبح روز بعد رستم پس از بستن دست و پاهای اولاد...

و بالاخره رسیدیم به خوان هفتم. خوان هفتم هفت خوان زیست‌شناسی را بر مبنای پرسش‌های چهارگزینه‌ای

آزمون سراسری و نگاه و نگرش جدید این پرسش‌ها بنا نهادیم. نگاه و نگرشی مشتمل بر:

استفاده از عبارات بلند در پرسش‌ها

طرح پرسش‌ها با استناد به خط به خط کتاب درسی

ارائه مطالبی مبتنی بر مفهوم حاصل از برداشت آموزشی از کتاب درسی

طرح پرسش‌هایی از شکل‌ها و فعالیت‌های کتاب درسی

برقراری ارتباطات بین مباحث ترکیبی از فصول یک کتاب یا کتاب‌های مختلف

**هفت‌خوان** را پشت سر گذاشتیم تا **هفت‌خوان زیست‌شناسی** را خلق کردیم و ایمان داریم؛ شما کافی است

دست در دست ما قدم در **هفت‌خوان‌مان** بگذارید تا ما در هر خوان شما را آب دیده نموده و به سلامت به سر

منزل مقصود، که همان موفقیت در زیست‌شناسی است، برسانیم.

بسی رنج بردم در این سال بیست ...

این گذر از هفت‌خوان مقدور نمی‌شد اگر دوستان و همراهان عزیزم در کنار من نبودند.

مدیریت محترم انتشارات مبتکران جناب آقای **یحیی دهقانی**، از بستر ایجاد کرده ممنونم.

**مهندس هادی عزیززاده**، دبیر مجموعه کتاب‌های انتشارات وزین مبتکران، دست مریزاد برای تمام بودن‌هایتان

در پیچ و تاب‌های تألیف این مجموعه.

**سایه خالقی**، تمام هماهنگی‌ها و امور اجرایی تألیف و ارتباطات با شما امکان‌پذیر شد، که اگر نبودید بدون شک

این اثر هم به مرحله تولید نمی‌رسید، از شما هم سپاسگزارم.

کارگروه ویراستاری، بازبینی و طرح پرسش یعنی: **نسترن تاجعلی**، **حسن قائمی**، **سایه خالقی**، **دانیال شاکری** و

**مهتا میرهاشمی** از تک‌تک‌تان صمیمانه تشکر می‌کنم و امیدوارم در آینده در آسمان زندگی‌تان درخشان باشید.

**حسین کشتی‌کار**، صبور و مهربان که صفحه‌آرایی و طراحی این صفحات که چشم‌تان را می‌نوازد، حاصل هنر

و سلیقه ایشان است، ممنون و خدا قوت.

و اما طراح جلد، **آرش صادقیان**، از حُسن ذوق و درک هنری شما هم کمال تشکر را دارم.

از **طوبی عینی‌پور** بابت نمونه‌خوانی و **آسیه فلاح** بابت تمام هماهنگی‌های لازم بین تیم اجرایی و تیم تألیف

ممنونم.

واحد گرافیک مبتکران **بهاره خدایمی** (گرافیکست) و **سمانه مسروری** (رسم شکل‌ها) که خلاقانه و صبورانه کمک

حال ما بودید، از شما هم ممنونم و قدردان زحمات‌تان هستم.

واحد تایپ و حروف‌چینی **سپیده خداوردی**، از تمام تلاش‌ها و صبوری‌هایتان ممنونم.

### پدرام فرهادیان

راستی می‌تونین برای اینکه من رو از نقطه نظرات خودتون (پیشنهاد یا خدای نکرده انتقاد!) مطلع کنین.

در ضمن دوستان و همکارانی که علاقه دارن کنار من باشن و در آثار بعدی به من کمک کنن، می‌تونن

به یکی از شیوه‌های زیر این کار رو انجام بدن:

 Pedram.Farhadian.News

 ۰۲۱-۶۶۹۰۹۸۴۵

 ۰۹۳۵۱۸۰۸۲۸۴

 www>Nama-andishe.com

۴۶۰

### فصل ششم: تقسیم یاخته

۵۰۷ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۵۱۷ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۵۴۷ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۱۰

### فصل اول: تنظیم عصبی

۴۹ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۵۷ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۸۶ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۵۷۰

### فصل هفتم: تولیدمثل

۶۱۷ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۶۳۲ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۶۴۹ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۱۸

### فصل دوم: حواس

۱۳۲ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۱۵۰ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۱۷۸ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۶۷۲

### فصل هشتم: تولیدمثل نهاندانگان

۶۹۹ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۷۰۲ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۷۳۹ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۲۰۲

### فصل سوم: دستگاه حرکتی

۲۲۸ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۲۳۱ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۲۵۹ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۷۵۲

### فصل نهم: پاسخ گیاهان به محرک ها

۷۷۶ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۷۷۹ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۸۰۰ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

۲۸۴

### فصل چهارم: تنظیم شیمیایی

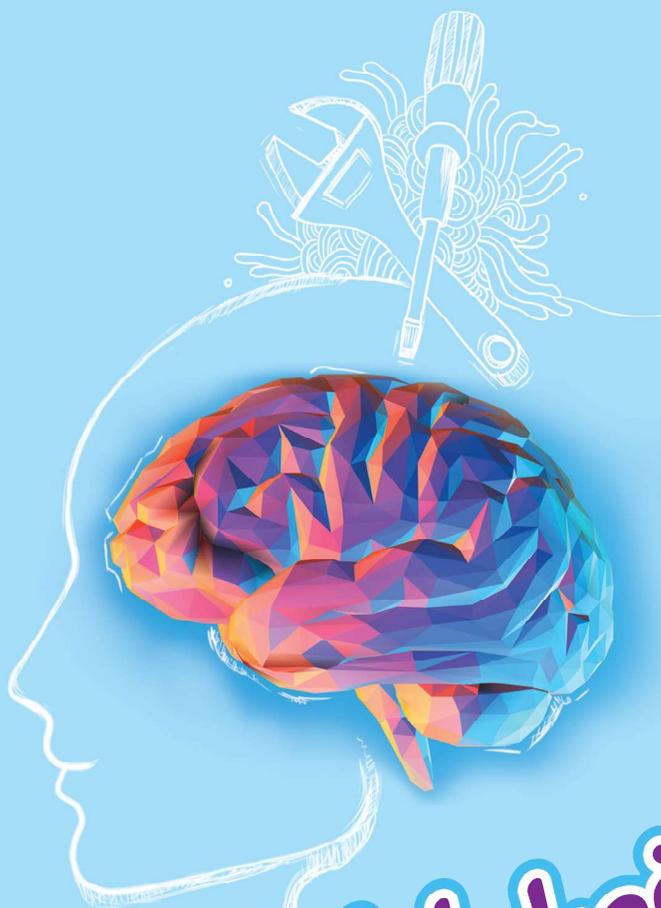
۳۱۵ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۳۲۰ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۳۵۰ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:

# فهرست

۳۷۶

### فصل پنجم: ایمنی

۴۰۸ ..... پاسخ تشریحی عبارات:  
۴۱۲ ..... پرسش های چهارگزینه ای:  
۴۳۸ ..... پاسخ پرسش های چهارگزینه ای:



۱۶۱ کتابخوانی:

۳۵ مفهوم:

۷ یادآوری:

۸ ترکیب:

۱۴۸ عبارات:

۱۶ شکل‌ها و فعالیت‌ها

۲۰۹ پرستش‌های گزیننه‌ای

# فصل اول: تنظیم عصبی

سوار بر آسبک مغز خود به خدمت رسیدیم، تا با تحریک یاخته‌های عصبی شما، مطالب آموزشی را همایه به همایه به شما برسانیم. باشد که تعداد ضربان قلبتان با زیرنهج تنظیم و حالتان در نهج تقویت شود!

## کتابخوانی: نوار مغزی

۱. در پی بررسی فعالیت‌های مغز ثبت می‌شود.
۲. نمودار ثبت شده معرف فعالیت‌های الکتریکی نورون‌های (یاخته‌های عصبی) مغز است.
۳. نوار مغزی روشی است برای:

- ۱ تشخیص چگونگی ایجاد جریان عصبی در یاخته‌های عصبی
- ۲ تشخیص نقش جریان عصبی در یاخته‌ها
- ۳ پاسخ به پرسش‌هایی درباره ساختار یاخته‌های عصبی و دستگاه عصبی

## مفهوم:

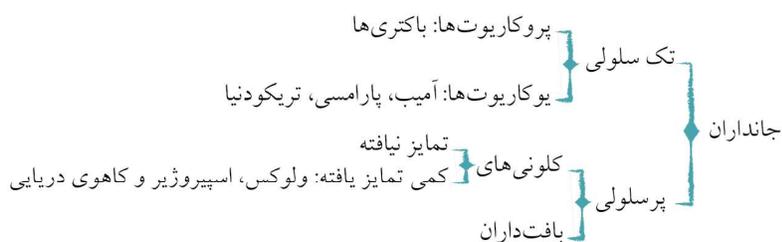
نمودار نوار مغز، حاصل ثبت فعالیت الکتریکی یاخته‌های عصبی مغز است نه فعالیت الکتریکی تمام یاخته‌های موجود در دستگاه عصبی! (چون نوروگلیا یاخته عصبی نیست، اما جزو بافت عصبی به شمار می‌آید.)

نوار مغزی معرف فعالیت‌های مغز است، نه تمام فعالیت‌های عصبی فرد! (نورون‌های مغز)

از آنجایی که مغز بخشی از دستگاه عصبی مرکزی است، پس نمی‌توان گفت نوار مغز معرف فعالیت الکتریکی تمام بخش‌های دستگاه عصبی مرکزی است.

بهترین محرک برای تحریک یاخته‌های عصبی و دریافت پاسخ برای رسم نوار مغزی، محرک الکتریکی است؛ زیرا محرک الکتریکی هم جنس غشای یاخته‌ها (فسفولیپید، پروتئین و کلسترول) است و به همین سبب کمترین آسیب را به یاخته‌ها وارد می‌کند. (علاوه بر اینکه به راحتی قابل کنترل و کم و زیاد کردن است.)

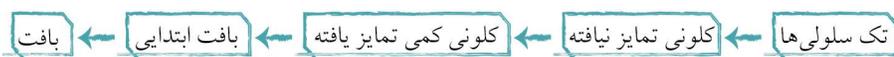
## کتابخوانی: یاخته‌های بافت عصبی



- **کلونی:** اجتماعی از سلول‌ها با اتصال سیتوپلاسمی ولی فاقد ارتباط سیتوپلاسمی است.

- **بافت:** اجتماعی از سلول‌ها با اتصال سیتوپلاسمی و دارای ارتباط سیتوپلاسمی است.

پس می‌توان سیر تکاملی را به صورت نمودار زیر یادآوری کرد:



از طرفی در جانداران پرسلولی دارای بافت هم نمودار زیر قابل بررسی است:

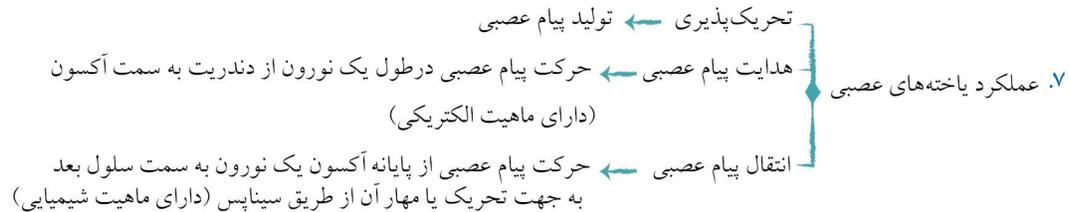


۴. نورون‌ها همان یاخته‌های عصبی هستند.

۵. انواع یاخته‌های بافت عصبی
  - یاخته‌های عصبی یا همان نورون‌ها
  - یاخته‌های غیرعصبی یا همان نوروگلیاها (پشتیبان)
۶. یاخته‌های پشتیبان، یاخته‌های غیرعصبی اند ولی جزء بافت عصبی محسوب می‌شوند.

مفهوم:

- با توجه به تعریف بافت مینی بر اینکه یاخته‌های مشابه، تولید بافت می‌کنند می‌توان نتیجه گرفت که:
  ۱. یاخته‌های عصبی، خود سازنده بافت عصبی‌اند.
  ۲. یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیا)، خود سازنده بافت غیر عصبی‌اند.
  ۳. اما هر دو (یاخته‌های عصبی و یاخته‌های پشتیبان) مجموعاً بافت عصبی خوانده می‌شوند.
  ۴. پس: در بافت عصبی، هم یاخته‌های عصبی مشاهده می‌شود هم یاخته‌های غیر عصبی!



هر یاخته عصبی از یک جسم یاخته‌ای بزرگ، چندین دندریت کوتاه و یک آکسون بلند که در انتهای خود به پایانه آکسون ختم می‌شود، تشکیل شده است.

مفهوم:

تحریک‌پذیری فقط مختص یاخته‌های عصبی نیست بلکه در گیرنده‌های حس نیز (که لزوماً یاخته عصبی نیستند) مشاهده می‌شود ولی ایجاد پیام عصبی در پی تحریک‌پذیری و هدایت آن در طول یاخته‌های عصبی (از دارینه به آسه) و منحصرأ در یاخته‌های عصبی و یاخته‌های ماهیچه‌ای مشاهده می‌شود. (همان پتانسیل عمل!)

مفهوم:

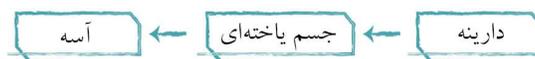
- هدایت: مختص یک یاخته است.
- انتقال: از یک یاخته عصبی به واحد بعدی صورت می‌گیرد؛ پس باید به تفاوت این دو واژه در تست‌ها توجه لازم را داشته باشید.

۸. اجزاء سازنده یاخته‌های عصبی:

۱. **جسم یافته‌ای:** محل قرار گرفتن هسته و سایر اندامک‌ها و اجزاء یاخته‌ای یاخته‌های عصبی می‌باشد. همچنین توانایی دریافت پیام عصبی را دارد.
۲. **دارینه (دندریت):** رشته‌ای که عامل دریافت پیام عصبی و هدایت آن به جسم یاخته‌ای است.
۳. **آسه (آکسون):** رشته‌ای که عامل دریافت پیام عصبی از جسم یاخته‌ای و هدایت آن به پایانه آکسونی است.
۴. **پایانه آکسونی:** محلی است که طی مکانیسمی پیام عصبی را از یاخته‌های عصبی به واحد (نورون، غده، میون) بعدی منتقل می‌کند. (در محل سیناپس)

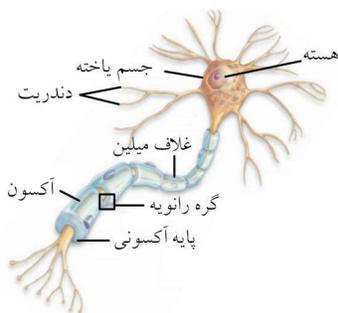
مفهوم:

دارینه و آسه هر دو زایده یا دنباله سیتوپلاسمی هستند. دارینه و آسه هر دو از سیتوپلاسم یاخته عصبی که در جسم یاخته‌ای وجود دارد، تشکیل می‌شوند. از آنجایی که **مشاء** دارینه و آسه سیتوپلاسم جسم یاخته‌ای است، پس می‌توانند حاوی اندامک‌های یاخته عصبی نیز باشند. (می‌توانند نه قطعاً) جهت هدایت پیام عصبی در طول یک یاخته عصبی همواره به شرح زیر است:



یاخته عصبی همانند سایر یاخته‌های جانوری تمام اندامک‌ها و اجزاء سلولی را داراست (دقت داشته باشید که کلروپلاست ندارد). بنابراین پدیده‌هایی همچون: پروتئین‌سازی، سوخت و ساز، تجزیه مواد دفعی و... در آن مشاهده می‌شود.

### شکل‌ها و فعالیت‌ها



- ۱ جسم یاخته‌ای از سلول‌های دارای زوائد سیتوپلاسمی است.
- ۲ هستک در هسته یاخته‌های عصبی بزرگ و واضح است. (علت آن شدت بالای پروتئین‌سازی یاخته‌های عصبی برای تولید ناقلین عصبی است)
- ۳ دارینه‌ها متعدد ولی آسه یک عدد است.
- ۴ دارینه‌ها فاقد غلاف میلین هستند اما آسه دارای غلاف میلین است.
- ۵ هم دارینه‌ها و هم آسه منشعب‌اند.
- ۶ محل‌های فاقد غلاف میلین در آسه را گره رانویه می‌نامند.
- ۷ همواره بین دو گره رانویه، یک یاخته غیرعصبی یعنی نوروگلیا وجود دارد.



### مفهوم:

زائده یا دنباله سیتوپلاسمی با برآمدگی سیتوپلاسمی تفاوت دارد. دارینه‌ها و آسه‌های یاخته‌های عصبی از زوائد سیتوپلاسمی‌اند نه برآمدگی سیتوپلاسمی، اما پاهای کاذب در یاخته‌های بیگانه‌خوار دستگاه ایمنی و یا آمیب (از آغازیان) برآمدگی سیتوپلاسمی محسوب می‌شوند.

### ۹. غلاف میلین:

- ۱ آکسون‌ها و دندریت‌های بسیاری از یاخته‌های عصبی توسط غلاف میلین پوشیده می‌شوند.
- ۲ نقش غلاف میلین عایق‌بندی آکسون‌ها و دندریت‌ها است.
- ۳ تمام بخش‌های آکسون یا دندریت میلین‌دار توسط غلاف میلین پوشیده نمی‌شود، بلکه بخش‌هایی از آکسون یا دندریت میلین‌دار فاقد میلین است، که گره رانویه خوانده می‌شوند.
- ۴ غلاف میلین توسط یاخته‌های غیرعصبی نوروگلیا به وجود می‌آید.
- ۵ غلاف میلین همان غشای پلاسمای یاخته غیرعصبی نوروگلیا است که چندین دور، به دور رشته عصبی می‌پیچد.

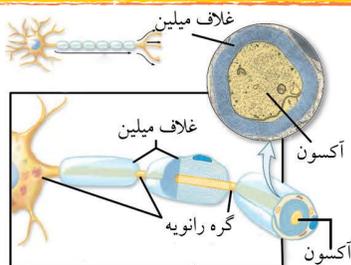
### مفهوم:

غلاف میلین از جنس غشاء است، پس تمام ترکیبات سازنده غشاء یعنی فسفولیپیدها، کلسترول و پروتئین را می‌توان در آن مشاهده کرد. از آنجایی که غلاف میلین عایق است، پس در محل غلاف میلین هدایت پیام عصبی وجود ندارد و این هدایت فقط به محل گره‌های رانویه منتقل می‌شود. بدین ترتیب دو نوع هدایت پیام عصبی وجود دارد:

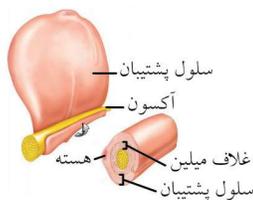
- ۱ هدایت پیوسته: در تارهای عصبی فاقد میلین (کند)
- ۲ هدایت جهشی: در تارهای عصبی میلین‌دار از یک گره رانویه به گره رانویه بعدی (تند)

در رشته‌های عصبی میلین‌دار، در محل گره‌های رانویه فقط غشای یاخته عصبی وجود دارد. (ولی از همان جنس غشای نوروگلیا است)

### شکل‌ها و فعالیت‌ها



- ۱ نوروگلیاهای سازنده غلاف میلین از غشای خودشان به دور رشته عصبی می‌پیچند ولی به دلیل غشاسازی نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد.
- ۲ هسته سلول‌های نوروگلیای سازنده غلاف میلین تغییر شکل داده و کشیده می‌شود.
- ۳ نوروگلیاهای سازنده غلاف میلین، سیتوپلاسم نواری شکل دارند.



- ۴ در محل گره رانویه تراکم کانال‌های سدیمی بالا است.
- ۵ سیتوپلاسم نواری شکل نوروگلیا همانند سیتوپلاسم سلول‌های سازنده تار کشنده در روپوست ریشه، بافت چربی و جلیک سبز تک رشته‌ای اسپروژیر است.
- ۶ میلین دار شدن آکسون‌ها در بین یاخته‌های عصبی بیشتر از میلین دار شدن دندریت‌های یاخته‌های عصبی مشاهده می‌شود.

۱۰. نوروگلیاها بسیار کوچک‌تر ولی بسیار بیشتر از یاخته‌های عصبی هستند.
۱۱. نوروگلیاهای موجود در بافت عصبی متنوع‌اند. به عبارت بهتر فقط یک نوع نوروگلیا وجود ندارد. پس نقش‌های متفاوت و متنوعی هم دارند:
۱. نوروگلیاهای سازنده داربست‌هایی برای استقرار یاخته‌های عصبی
۲. نوروگلیاهای دفاعی برای دفاع از یاخته‌های عصبی
۳. نوروگلیاهای مؤثر در حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف یاخته‌ها

### یادآوری:

مجموعه‌ای که برای پایدار نگه‌داشتن وضعیت درونی بدن انجام می‌شود، هم‌ایستایی خوانده می‌شود. انواعی از نوروگلیا با این عمل به ثابت نگه‌داشتن مقدار طبیعی یون‌ها در اطراف یاخته‌های عصبی کمک می‌کنند.

۴. نوروگلیاهای سازنده غلاف میلین.

### مفهوم:

نقش نوروگلیاها، ساختن داربست‌های لازم جهت استقرار یاخته‌های عصبی است؛ که این امر مختص دوران جنینی و قبل از تشکیل نورون‌ها است. به این معنی که نوروگلیاها، بستری مناسب برای محل استقرار نورون‌ها را فراهم می‌سازند.

در بافت عصبی علاوه بر نوروگلیاهای دفاعی، ماکروفاژهای مستقر در بافت نیز وجود دارند که در دفاع از سلول‌های عصبی نقش دارند و به بیگانه‌خواری سلول‌های آسیب دیده و میکروب‌های مغز و نخاع مشغول‌اند.

یاخته‌های پشתיبان در هر دو بخش دستگاه عصبی، یعنی مرکزی و محیطی مشاهده می‌شود، ولی این یاخته‌ها در این بافت‌ها کاملاً با هم متفاوت‌اند. (ولی نقش مشابهی دارند!)

### عبارات:

x	✓
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

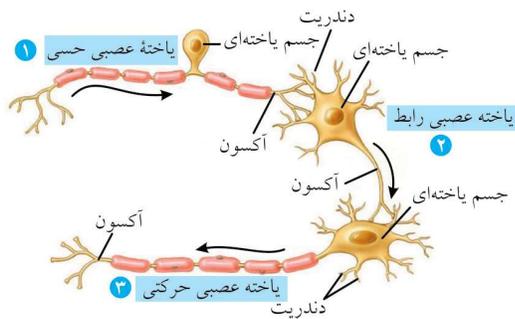
۱. هر یاخته عصبی در بافت عصبی، پیام عصبی را به نورون دیگری انتقال می‌دهد.
۲. هر یاخته پشתיبان بافت عصبی می‌تواند به دور تمام بخش‌های نورون بپیچد.
۳. هر زئده سیتوبلاسمی خارج شده از جسم سلولی یاخته‌های عصبی، وظیفه دریافت و انتقال پیام به واحد بعدی نورون را دارد.
۴. جهت هدایت پیام عصبی در نورون‌های موجود در بدن آدمی همواره یک‌طرفه است.
۵. تمام زائده‌های سیتوبلاسمی نورون‌ها، دارای غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم هستند.
۶. غلاف میلین سبب افزایش سطح تماس غشای سلولی رشته عصبی با محیط می‌شود.
۷. همواره در بین دو گره رانویه یک هسته تغییر شکل یافته مشاهده می‌شود.
۸. غلاف میلین سبب افزایش سرعت هدایت پیام عصبی در تمام رشته‌های عصبی می‌شود.
۹. اجزای اصلی سازنده غلاف میلین تحت رهبری زن‌ها بیشتر می‌شوند.
۱۰. تعداد محل بیرون‌زدگی دندریت و آکسون در یاخته‌های عصبی یکسان، ولی محل بیرون‌زدگی آنها متفاوت است.

### کتابخوانی: انواع یاخته‌های عصبی

۱۲. یاخته‌های عصبی سه نوع هستند: حسی، حرکتی و رابط.



### ۱۳. یاخته‌های عصبی حسی:



- ۱ معمولاً پیام عصبی را از گیرنده‌های حسی دریافت و به دستگاه عصبی مرکزی می‌برند.
- ۲ جسم سلولی این یاخته‌های عصبی در دستگاه عصبی محیطی است.
- ۳ یک دندریت و یک آکسون دارند.
- ۴ محل خروج دندریت و آکسون از جسم سلولی شان یکسان است.
- ۵ دندریت و آکسون، هر دو میلین‌دار هستند.
- ۶ دندریت و آکسون، هر دو منشعب هستند.
- ۷ تنها یاخته‌های عصبی هستند که دندریت بلندتر از آکسون دارند.



از آنجایی که یاخته‌های عصبی حسی خود می‌توانند نقش گیرنده حس را نیز داشته باشند، به همین سبب باید گفت: معمولاً پیام عصبی را از گیرنده‌های حسی دریافت می‌کنند نه همواره! چون هر دو زائده این یاخته‌ها میلین دارند، پس هر دو هدایت پیام عصبی جهشی دارند.

### ۱۴. یاخته‌های عصبی حرکتی:

- ۱ پیام عصبی را از دستگاه عصبی مرکزی به یاخته‌های ماهیچه‌ای می‌رساند.
- ۲ جسم سلولی این یاخته‌ها در دستگاه عصبی مرکزی قرار دارد.
- ۳ چندین دندریت ولی فقط یک آکسون دارند.
- ۴ دندریت‌ها و آکسون، منشعبند.
- ۵ دندریت‌ها فاقد میلین و فقط آکسون میلین‌دار است.
- ۶ آکسون از دندریت‌ها بلندتر است.
- ۷ یاخته‌های عصبی حرکتی هم در اعصاب حرکتی و هم در اعصاب مختلط مشاهده می‌شوند.



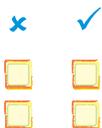
چون آکسون یاخته‌های عصبی حرکتی میلین دارند، پس هدایت پیام عصبی در آکسون از نوع جهشی ولی در دندریت‌ها از نوع پیوسته است. (هر دو نوع هدایت پیام عصبی در این یاخته‌ها مشاهده می‌شوند).

### ۱۵. یاخته‌های عصبی رابط:

- ۱ این یاخته‌های عصبی بین یاخته‌های عصبی حسی و حرکتی قرار دارند.
- ۲ پیام عصبی را از یاخته‌های حسی دریافت و به یاخته‌های حرکتی انتقال می‌دهند.
- ۳ فقط در مغز و نخاع هستند. (دستگاه عصبی مرکزی)
- ۴ دارای دندریت‌های متعدد ولی فقط یک آکسون هستند.
- ۵ در این یاخته‌ها هم دندریت‌ها و هم آکسون فاقد میلین هستند.

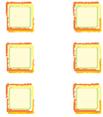


به دلیل فقدان میلین در دندریت‌ها و آکسون یاخته‌های عصبی رابط، نوع هدایت پیام عصبی در این زائده‌های عصبی فقط پیوسته است.



۱۱. یاخته عصبی رابط همانند یاخته‌های حرکتی، چندین دندریت بیرون زده از جسم سلولی دارد.
۱۲. یاخته‌های حسی بر خلاف یاخته حرکتی، پیام‌های عصبی را به یک یاخته غیرعصبی انتقال می‌دهند.

۱۳. در نورونی که پیام عصبی را از مغز و نخاع خارج می‌کند، تعداد دندریت ورودی به جسم سلولی و آکسون خروجی از آن، با هم برابر نیست.



۱۴. در یک نورون حرکتی، هر انشعاب ایجاد شده در انتهای آکسون، توسط میلین عایق می‌شود.

۱۵. در یک نورون حسی، جسم سلولی بین دو غلاف میلین قرار دارد.

### کتابخوانی: پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

۱۶. در یاخته‌های بدن انسان دو نوع مایع وجود دارد:

۱ مایع درون‌سلولی یا سیتوپلاسم

۲ مایع برون‌سلولی، مایع بین‌سلولی یا میان بافتی

که هر دو این مایعات (چه درون و چه برون‌سلولی) مقدار زیادی یون دارند.

۱۷. یون‌های موجود در مایع درون‌سلولی یا برون‌سلولی در اعمالی نظیر: تنظیم آب، کمک به ورود و خروج مواد، پیام عصبی و... مؤثرند.

۱۸. اختلاف غلظت میان یون‌ها در دو سوی غشای تمام سلول‌های زنده بدن (بین محیط درون‌سلولی و برون‌سلولی) وجود دارد و فقط مختص سلول‌های عصبی نیست.

۱۹. اختلاف غلظت یون‌های درون‌سلولی و برون‌سلولی دو سوی غشای تمام سلول‌های زنده (از جمله سلول‌های عصبی) یکسان نیست.

۲۰. اختلاف غلظت یون‌ها در دو سوی غشای سلولی تمام سلول‌های زنده بدن، سبب ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی و عدم توازن بارهای الکتریکی دو سمت غشا می‌شود.

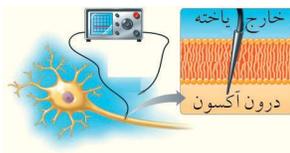
### مفهوم:

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سمت غشای سلولی، فقط مختص سلول‌های عصبی نیست و در تمام سلول‌های زنده دارای غشای پلاسمایی رخ می‌دهد.

تمام سلول‌های زنده به دلیل وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سوی غشا، رسانا محسوب شده و قدرت عبور پیام عصبی را دارند.

۲۱. اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سوی غشای یاخته عصبی که در حدود  $-70$  میلی‌ولت است را پتانسیل آرامش می‌نامند.

### شکل‌ها و فعالیت‌ها



۱ اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته عصبی توسط دو الکترود اندازه‌گیری می‌شود.

۲ یکی از الکترودها را به درون سلول وارد کرده و دیگری را در بیرون سلول قرار می‌دهند.

۳ هر دو الکترود را به یک ولت‌متر متصل می‌کنند.

۴ براساس ولت‌متر ثبت شده می‌توان بازه عددی اختلاف پتانسیل را بین  $-80$  میلی‌ولت تا  $+60$  میلی‌ولت در نظر گرفت.

۲۲. پتانسیل آرامش هنگامی برای یک یاخته عصبی کاربرد دارد که در حال فعالیت عصبی نباشد. به عبارت بهتر پتانسیل آرامش مختص سلول عصبی در حال استراحت است.

۲۳. مبدأ سنجش مقدار پتانسیل آرامش یاخته عصبی، مایع درون‌سلولی (سیتوپلاسم) است. از این رو مقدار این پتانسیل  $-70$  میلی‌ولت اندازه‌گیری و بیان می‌شود.

۲۴. در پتانسیل آرامش:

۱ مقدار یون‌های سدیم بیرون غشاء (یاخته) بیشتر از مقدار یون‌های سدیم درون غشاء (یاخته) است.

۲ مقدار یون‌های پتاسیم درون غشاء (یاخته) بیشتر از مقدار یون‌های پتاسیم درون غشاء (یاخته) است.

### مفهوم:

اختلاف غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در طرفین غشای سلولی تمام یاخته‌ها، شبیه به اختلاف غلظت این یون‌ها در دو سوی غشای یاخته عصبی است، توجه کنید این اختلاف غلظت فقط در یاخته‌های عصبی رخ نمی‌دهد.



اختلاف پتانسیل همواره عددی مثبت است و علامت مثبت و منفی فقط برای بیان جهت و مبدأ این اختلاف پتانسیل کاربرد دارد. عامل اصلی ایجاد پیام عصبی و هدایت و انتقال آن در دستگاه عصبی، یون‌های سدیم و پتاسیم هستند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین یون‌های سدیم و پتاسیم، در طرفین غشای تمام سلول‌های زنده وجود دارد، ولی ایجاد پیام عصبی، هدایت و انتقال آن فقط در بافت عصبی و ماهیچه‌ای دیده می‌شود. علت اختلاف مقدار یون‌های سدیم و پتاسیم در طرفین غشای سلولی یاخته عصبی:

- ۱ نفوذناپذیری نسبی غشای یاخته عصبی نسبت به یون‌های سدیم
- ۲ نفوذ پذیری نسبی غشای یاخته عصبی نسبت به یون‌های پتاسیم

چرا؟!

برای انتشار یون‌ها بین دو سمت خارج و داخل غشای یاخته‌های عصبی، پروتئین‌هایی در غشاء وجود دارند به نام کانال‌های نشتی که یون‌های سدیم و پتاسیم می‌توانند از طریق این کانال‌های نشتی جابه‌جا شوند. ولی با توجه به اینکه تعداد کانال‌های نشتی پتاسیم از کانال‌های نشتی سدیم بیشتر است، پس مقدار بیشتری از یون‌های پتاسیم از درون یاخته عصبی خارج، ولی مقدار کمتری از یون‌های سدیم از خارج به یاخته عصبی وارد می‌شود.

خب!! الان باید بیرون غشاء بسیار مثبت و درون بسیار منفی شود که؟!

پمپ سدیم - پتاسیم موجود در غشای یاخته‌های عصبی با مصرف انرژی، تعادل میان مقدار یون‌های سدیم و پتاسیم را در طرفین غشای یاخته‌های عصبی برقرار می‌کند.

پمپ سدیم - پتاسیم در تمام طول فعالیت یک یاخته عصبی فعال و دائماً در حال مصرف ATP است. بیشترین میزان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در مسیرهای بازگشت می‌باشد.



می‌دانید که:

- ۱ انتشار: عبارتست از حرکت مواد از جای پرتراکم (کم آب یا غلیظ) به جای کم‌تراکم (پر آب یا رقیق) بدون مصرف انرژی و نیاز به ناقل پروتئینی.
- ۲ انتشار تسهیل شده: عبارتست از حرکت مواد از جای پرتراکم (کم آب یا غلیظ) به جای کم‌تراکم (پر آب یا رقیق) بدون مصرف انرژی ولی نیاز به ناقل پروتئینی.
- ۳ انتقال فعال: عبارتست از حرکت مواد از جای کم‌تراکم به جای پرتراکم با مصرف انرژی و نیاز به ناقل پروتئینی.

۲۵. کانال‌های نشتی سدیم و پتاسیم نیازی به مصرف ATP ندارند.

۲۶. پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف انرژی همراه است. (تمام پمپ‌های غشایی به روش انتقال فعال و با مصرف ATP عمل می‌کنند)

۲۷. انتقال یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی سدیم و پتاسیم بر طبق پدیده انتشار تسهیل شده صورت می‌گیرد. (از پرتراکم به کم‌تراکم و از خلال پروتئین‌های کانالی)

### پروتئین‌های غشاء و عملکرد آنها:

الف) پروتئین‌های کانالی: پروتئین‌هایی که در تمام قسمت‌های عرض غشاء قرار گرفته‌اند و مجرای عبور مواد از عرض غشاء محسوب می‌شوند. (به روش انتشار تسهیل شده)

- ۱ این پروتئین‌ها اختصاصی عمل کرده و فقط اجازه عبور یک نوع ماده را صادر می‌کنند.
- ۲ در جهت شیب غلظت عمل می‌کنند.
- ۳ برخی از این کانال‌ها همواره باز هستند.
- ۴ برخی فقط در مواقع لزوم باز می‌شوند. (در حالت عادی و بیشتر مواقع بسته‌اند!)

### ب) پروتئین‌های ناقل:

- ۱ عامل انتقال موادی نظیر یون‌ها هستند. (به روش انتقال فعال)
- ۲ در خلاف جهت شیب غلظت عمل می‌کنند.



- ۲ برای فعالیت شان ATP مصرف می کنند. یاخته های مذکور نیاز به مصرف ATP بیشتر و طبعاً میتوکندری های بیشتر خواهد داشت.
- ۳ انواع پمپ های غشایی (غشای سلولی یا اندامکی) از این قسم محسوب می شوند.

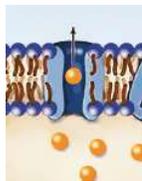
### پ) پروتئین های پذیرنده:

پروتئین هایی که در سطح خارجی یا داخلی غشاء (به ویژه در سطح خارجی غشاء) قرار دارند. این پروتئین ها یا محل اتصال سایر مولکول ها هستند، یا عامل برقراری ارتباط و اتصال فیزیکی بین سلول ها و مولکول ها می باشند.



- ۱ کانال های نشتی سدیم و پتاسیم از کانال های تخصصی همیشه باز غشای یاخته های عصبی محسوب می شوند.
- ۲ کانال های نشتی سدیم فقط برای عبور سدیم و کانال های نشتی پتاسیم فقط برای عبور پتاسیم تخصصی شده اند.
- ۳ مولکول های آب به دلیل کوچک بودن، از هر دو کانال نشتی (همانند تمام کانال ها و پمپ های دیگر در یاخته های عصبی و دیگر یاخته ها) عبور می کنند.
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم از انواع پروتئین های ناقل در غشای یاخته عصبی به شمار می روند.
- ۵ پمپ سدیم - پتاسیم یک نوع پروتئین با دو جایگاه فعال است.
- ۶ فعالیت پمپ سدیم با مصرف ATP همراه است.
- ۷ در طی هر بار فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف یک مولکول ATP، سه یون سدیم از سلول خارج و دو یون پتاسیم به یاخته وارد می شوند.
- ۸ فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم سبب مثبت تر شدن بیرون نسبت به درون نورون می شود.
- ۹ به ازای مصرف هر مولکول ATP، یک اختلاف یون جابه جا می شود؛ پس با مصرف ده مولکول ATP، اختلاف یون جابه جا شده معادل ده یون خواهد بود.
- ۱۰ یاخته های عصبی به دلیل فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در غشای خود، نیاز به مصرف ATP زیادی دارند، لذا در جسم سلولی یاخته های عصبی، میتوکندری فراوانی مشاهده می شود.
- ۱۱ در هر بار فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم مجموعاً پنج یون جابه جا می شوند.
- ۱۲ در ایجاد پتانسیل تعادل هر دو نوع پروتئین های غشای یاخته های عصبی یعنی کانال های نشتی (غیردریچه دار و همیشه باز) و پمپ سدیم - پتاسیم مؤثر است.
- ۱۳ پتانسیل آرامش یاخته های عصبی به دلیل فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف ATP همراه است.

### شکل ها و فعالیت ها



۱ بر طبق شکل (الف) کتاب درسی می توان نتیجه گرفت که در پروتئین های کانال نشتی توسط فسفولیپیدهای غشا احاطه شده اند.

۲ مقایسه شکل (الف) و (ب) معرف کوچک تر بودن کانال نشتی در قیاس با پمپ سدیم - پتاسیم است.

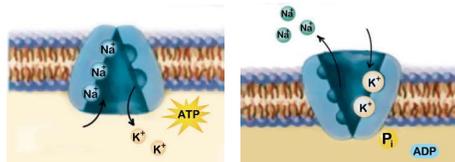
۳ جایگاه فعال یون پتاسیم در پمپ سدیم - پتاسیم از جایگاه فعال یون سدیم در این پروتئین غشایی، بزرگ تر است.

۴ به هنگام خروج یون های سدیم، یون های پتاسیم به جایگاه فعال شان

در پمپ سدیم - پتاسیم متصل هستند.

۵ به هنگام ورود یون های پتاسیم، یون های سدیم به جایگاه فعال شان

در پمپ سدیم - پتاسیم متصل هستند.



۱۶ هم زمان با پتانسیل آرامش در نورون، یون سدیم از طریق کانال نشتی، با مصرف انرژی وارد سیتوپلاسم نورون می شود.

۱۷ در پتانسیل آرامش، خروج یون پتاسیم از مایع میان بافتی، همانند ورود یون سدیم به درون آن، نیاز به مصرف ATP دارد.



- ۱۸. به منظور اندازه‌گیری پتانسیل آرامش، دو الکترود را در دو طرف نورون قرار می‌دهند.
- ۱۹. در طی هر بار عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم، پنج یون به طور هم‌زمان جابه‌جا می‌شوند.
- ۲۰. اگر پمپ سدیم - پتاسیم از بین برود، غلظت سدیم در دو طرف غشاء برابر می‌شود.
- ۲۱. نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌های پتاسیم، بسیار بیشتر از نفوذپذیری آن نسبت به یون‌های سدیم است.
- ۲۲. هر پروتئین موجود در غشای نورون که در پتانسیل آرامش سبب کاهش یون سدیم مایع میان‌بافتی می‌شود، نیازی به مصرف انرژی ندارد.
- ۲۳. مصرف مولکول‌های ATP در طی پتانسیل آرامش سبب می‌شود، پتانسیل الکتریکی داخل یاخته عصبی در مقایسه با خارج آن منفی‌تر شود.

### کتابخوانی: پتانسیل عمل

- ۲۸. در پی تحریک یک یاخته عصبی که در پتانسیل آرامش قرار دارد، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته عصبی در محل تحریک، به طور ناگهانی تغییر می‌کند.
- ۲۹. در محل تحریک یاخته عصبی، درون یاخته مثبت‌تر می‌شود که پس از مدت زمان کوتاهی، مجدداً به حالت آرامش باز می‌گردد؛ این تغییر، پتانسیل عمل خوانده می‌شود.
- ۳۰. پتانسیل عمل تغییری ناگهانی و کوتاه مدت است.
- ۳۱. از زمان اثر محرک بر یاخته عصبی تا برگشت مجدد یاخته به حالت آرامش، محدوده پتانسیل عمل محسوب می‌شود.

### مفهوم:

- هر محرکی قابلیت ایجاد پتانسیل عمل در بار آرامش یک یاخته عصبی را ندارد.
- فقط محرک‌های مناسب از نظر شدت و زمان اثر، قابلیت ایجاد تغییر در اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته عصبی را دارند.
- یاخته‌های عصبی بر پایه قوانین الکتریسیته فیزیک عمل می‌کنند، بدین معنی که، همان‌طور که یک لامپ ۲۲۰ ولت فقط با جریان الکتریسته ۲۲۰ ولت روشن می‌شود، تارهای عصبی نیز به حداقل نیروی محرک خاص خود نیاز دارند، تا پاسخ، یعنی پتانسیل عمل را ایجاد کنند.
- محرک باید بر روی گیرنده حس اثر کند.
- گیرنده‌های حس بیشتر در بافت پیوندی قرار دارند.
- گیرنده‌های حس می‌توانند یا یک سلول، جدا از یاخته عصبی باشند و یا قسمتی از یک یاخته عصبی (مثلاً دندریت یاخته عصبی حسی) باشند.
- از آن‌جایی که جهت هدایت جریان عصبی از دندریت به جسم سلولی و آکسون است، پس باید بخشی از یاخته‌های عصبی که نقش گیرنده حسی را ایفا می‌کند، بخشی از دندریت باشد.

۳۲. پتانسیل عمل دو بخش دارد:

- ۱. مثبت شدن درون نسبت به بیرون
- ۲. منفی شدن درون نسبت به بیرون (برگشت به حالت اولیه)
- ۳۳. عبور یون‌ها از غشای یاخته‌های عصبی در حال پتانسیل عمل، به‌وسیله پروتئین‌هایی انجام می‌شود که کانال‌های دریچه‌دار خوانده می‌شوند.
- ۳۴. دو نوع کانال دریچه‌دار در جابه‌جایی یون‌های دوسوی غشای یاخته‌های عصبی در حال پتانسیل عمل، نقش دارند:
  - ۱. کانال‌های دریچه‌دار سدیمی
  - ۲. کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی

### یادآوری

همان‌طور که از قبل می‌دانید، در غشای یاخته‌های عصبی دو نوع کانال وجود دارد؛ کانال‌های نشستی سدیم و پتاسیم، کانال‌های دریچه‌دار سدیم و پتاسیم. کانال‌های نشستی سدیم و پتاسیم همواره باز هستند ولی کانال‌های دریچه‌دار سدیم و پتاسیم، در مواقع لزوم باز و بسته می‌شوند.



۳۵. چگونگی ایجاد پتانسیل عمل:

### الف) پتانسیل آرامش:

۱. یاخته عصبی قبل از شروع پتانسیل عمل در این مرحله قرار دارد، پس سدیم‌ها در بیرون یاخته بیشتر از پتاسیم‌ها در داخل یاخته هستند.  
 ۲. در این مرحله کانال‌های نشتی سدیمی و پتاسیمی که باز بودند، باز می‌مانند و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی که بسته بودند، نیز بسته می‌مانند.

۳. پمپ سدیم - پتاسیم هم به طور کامل فعال است! یعنی، چه در پتانسیل آرامش و چه در پتانسیل عمل، این پمپ در حال فعالیت خواهد بود.

### ب) شروع پتانسیل عمل (مرحلهٔ بالا روی نمودار):

۱. باز شدن ناگهانی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و ورود یون‌های سدیم به صورت ناگهانی به داخل یاخته عصبی (مثبت شدن درون یاخته عصبی از  $-70$  میلی‌ولت تا  $+30$  میلی‌ولت)

۲. در این مرحله کانال‌های دریچه‌دار سدیمی که بسته بودند، باز شده و یون‌های سدیم به روش انتشار تسهیل شده وارد یاخته عصبی می‌شوند.



حتماً توجه دارید که در مرحلهٔ آغاز پتانسیل عمل، با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، اختلاف پتانسیل الکتریکی درون یاخته عصبی از  $-70$  میلی‌ولت ابتدا به صفر و سپس به  $+30$  میلی‌ولت می‌رسد (یعنی  $70$  تا صعود تا صفر و  $30$  تا صعود بعد از صفر، به عبارتی مجموعاً  $+100$  میلی‌ولت صعود).

### الف) بازگشت پتانسیل عمل به سمت پتانسیل آرامش (مدار پایین روی نمودار):

۱. کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و پتاسیم‌های درون سلول در جهت شیب غلظت از درون یاخته عصبی خارج می‌شوند.

۲. انتقال یون‌های پتاسیمی در این مرحله به روش انتشار تسهیل شده صورت می‌گیرد.

۳. باز هم اگر دقت کرده باشید در این مرحله در پی باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل عمل از  $+30$  میلی‌ولت به صفر می‌رسد و سپس به  $-70$  میلی‌ولت نزدیک می‌شود، لذا طبق مرحله (ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی جابه‌جا شده در این مرحله نیز مجموعاً  $100$  میلی‌ولت است.

۴. مقایسهٔ مراحل بالا معرف نکات زیر است:

۱. به دلیل بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، پتانسیل غشاء از  $+30$  میلی‌ولت بالاتر نمی‌رود.

۲. از آنجایی که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند، پتانسیل غشاء کمتر از  $+30$  میلی‌ولت نیز نمی‌شود. به عبارت بهتر در یک لحظه، به هنگام ثبت قله نمودار (یک قله) هر دو کانال دریچه‌دار (هم سدیمی، هم پتاسیمی) بسته هستند.

### ب) فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم:

۱. از آنجایی که میزان اختلاف پتانسیل الکتریکی طرفین غشای یاخته عصبی برعکس شده و درون یاخته عصبی تا  $-70$  میلی‌ولت نیز رسیده است، پمپ سدیم - پتاسیم با فعالیت بیشتر خود، سدیم‌های اضافی درون یاخته عصبی را به بیرون و پتاسیم‌های اضافی بیرون را به درون باز می‌گرداند.



با فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم در پایان پتانسیل عمل، در واقع یاخته عصبی برای پتانسیل عمل بعدی آماده می‌شود.

۳۶. توجه داشته باشید که، در پایان پتانسیل عمل، شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته، با حالت آرامش تفاوت دارد.

۳۷. در پایان پتانسیل عمل، غلظت سدیم درون یاخته بسیار بیشتر از پتانسیل آرامش شده و غلظت پتاسیم بیرون سلول هم بسیار بیشتر از قبل شده است، به همین سبب انتظار می‌رود سدیم به خارج و پتاسیم به داخل (در جهت شیب غلظت) انتشار یابد، ولی پمپ سدیم - پتاسیم با فعالیت خود سدیم‌ها را بیرون و پتاسیم‌ها را به داخل منتقل می‌کند. بنابراین می‌توان به سادگی نتیجه گرفت که همیشه، شیب غلظت پتاسیم به سمت بیرون و شیب غلظت سدیم به سمت درون است.

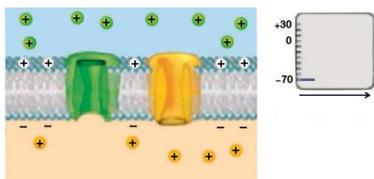


در پتانسیل عمل، سدیم‌ها از خارج به داخل وارد می‌شوند و غلظت سدیم درون یاخته عصبی بیشتر می‌شود، اما با این حال هنوز شیب غلظت سدیم از خارج به داخل است؛ یعنی مقدار سدیم بیرون غشاء بیشتر از سدیم‌های افزایش یافته درون یاخته عصبی است. همچنین با اینکه پتاسیم‌ها

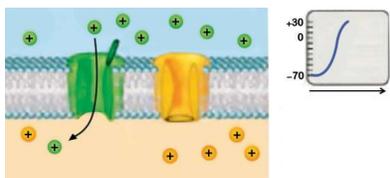


از داخل یاخته عصبی به خارج یاخته انتقال می‌یابند، ولی هنوز شیب غلظت از درون به بیرون است؛ زیرا مقدار پتاسیم‌های درون یاخته بسیار بیشتر از بیرون یاخته است.

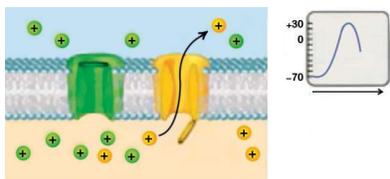
شکل‌ها و فعالیت‌ها



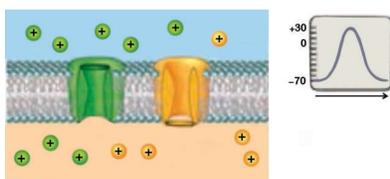
- ۱ کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی: باز
- ۲ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- ۳ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم: فعال
- ۵ اختلاف پتانسیل الکتریکی غشاء:  $-70$  میلی‌ولت



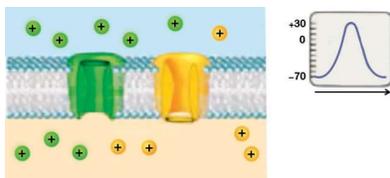
- ۱ کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی: باز
- ۲ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: باز
- ۳ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم: فعال
- ۵ تغییر اختلاف پتانسیل الکتریکی:  $100$  میلی‌ولت (از  $-70$  میلی‌ولت تا  $+30$  میلی‌ولت)



- ۱ کانال‌های نشستی سدیمی - پتاسیمی: باز
- ۲ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته (باز بودند ولی بسته می‌شوند!)
- ۳ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته (بسته بودند و بسته می‌مانند!)
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم: فعال
- ۵ اختلاف پتانسیل الکتریکی:  $+30$  میلی‌ولت



- ۱ کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی: باز
- ۲ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- ۳ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: باز
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم: فعال
- ۵ اختلاف پتانسیل الکتریکی:  $100$  میلی‌ولت (از  $-70$  میلی‌ولت تا  $+30$  میلی‌ولت)



- ۱ کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی: باز
- ۲ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- ۳ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- ۴ پمپ سدیم - پتاسیم: فعال (فعالیت بیشتر)
- ۵ اختلاف پتانسیل الکتریکی:  $-70$  میلی‌ولت