ای که با نامت جهان آغاز شد
دفتر ما هم به نامت باز شد

علوم اعصاب شناختی

مدرس: راحله شفائی

دانشگاه سمنان

مبحث دوم

مبانی ساختار و عملکرد مغز

در این درس قرار نیست فقط یاد بگیریم کدام بخش مغز چه کاری انجام می‌دهد؛ می‌خواهیم بفهمیم:

چگونه سازمان و فعالیت مغز، توانایی‌های شناختی و رفتار انسان را ممکن می‌کنند و چگونه می‌توان این رابطه را به‌صورت علمی بررسی کرد.

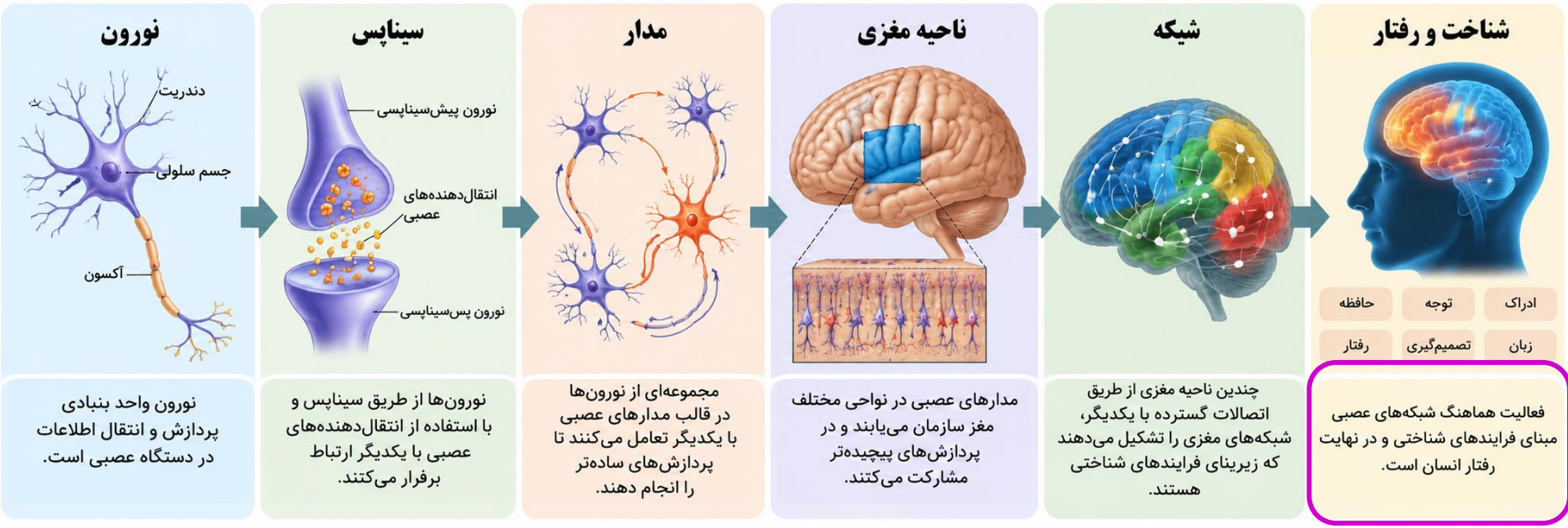
بدین منظور لازم است ابتدا با مغز آشنا شویم.

نقشه فصل

- از نورون تا شبکه
- سازمان کلی دستگاه عصبی
- نقشه کلی مغز
- قشر و کارکردهای شناختی
- ساختارهای زیر قشری
- اصل شبکه‌ای سازمان مغز

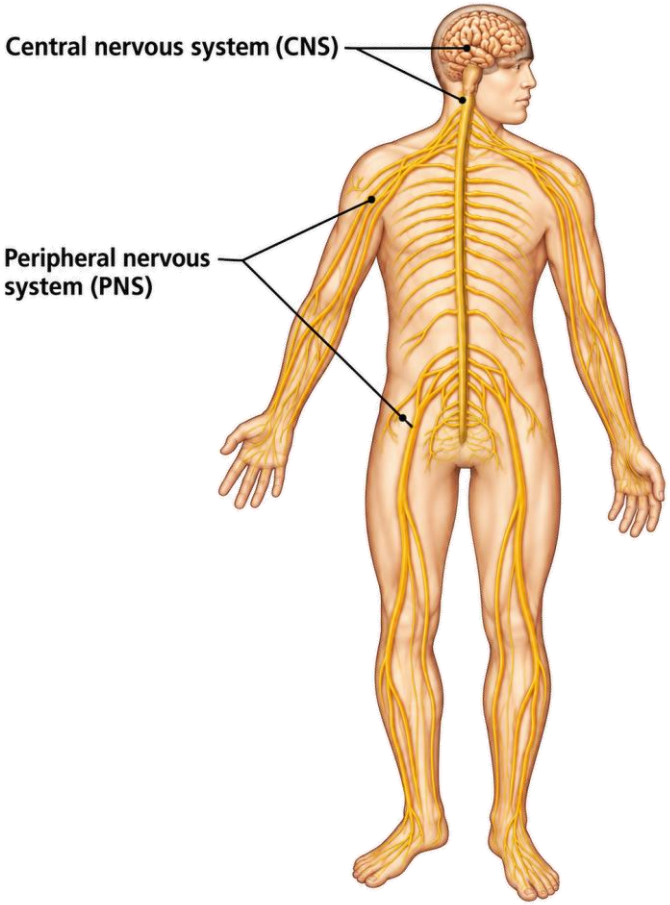
از نورون تا شبکه‌های مغزی و رفتار

وقتی می‌گوییم حافظه، توجه یا تصمیم‌گیری «در مغز» اتفاق می‌افتد، دقیقاً درباره چه سطحی از سازمان مغز صحبت می‌کنیم؟

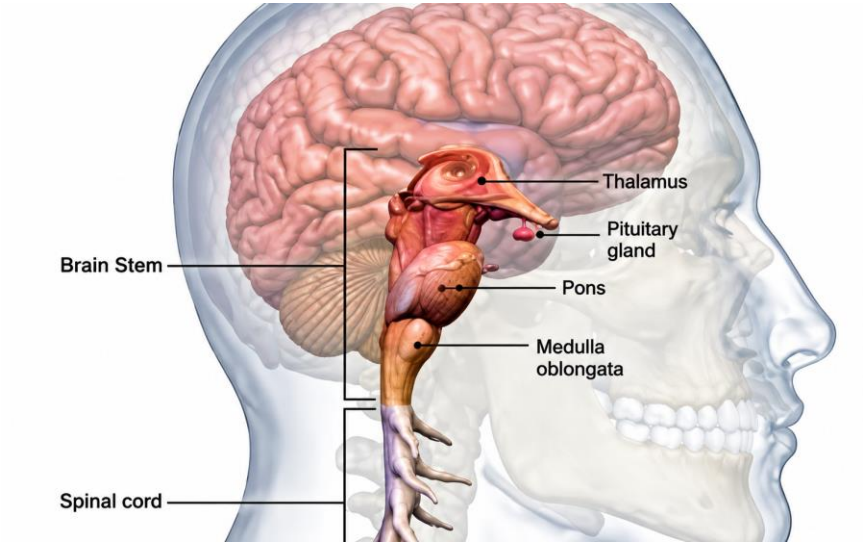


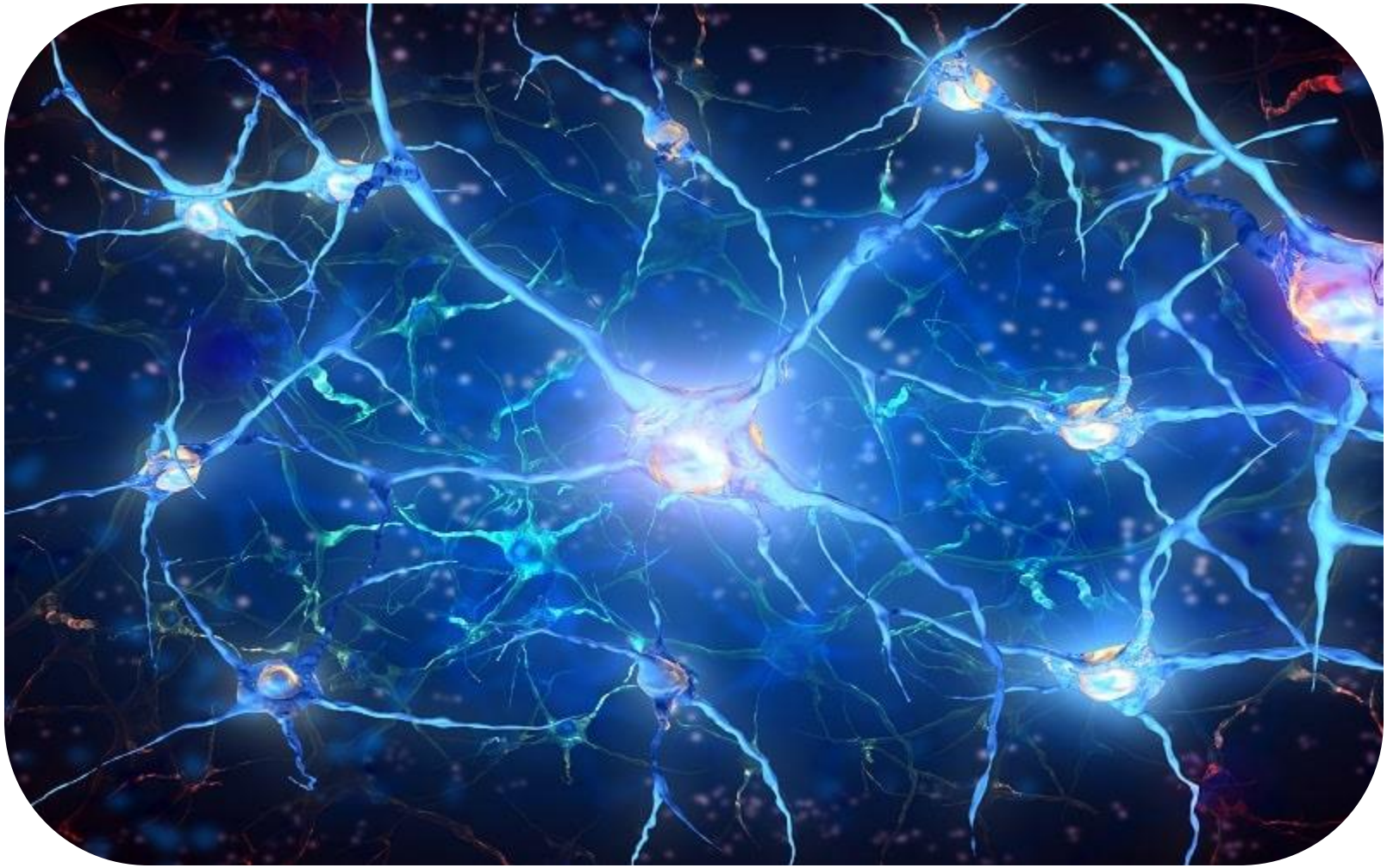
دستگاه عصبی

- مرکزی (CNS): مغز و نخاع
- محیطی (PNS)



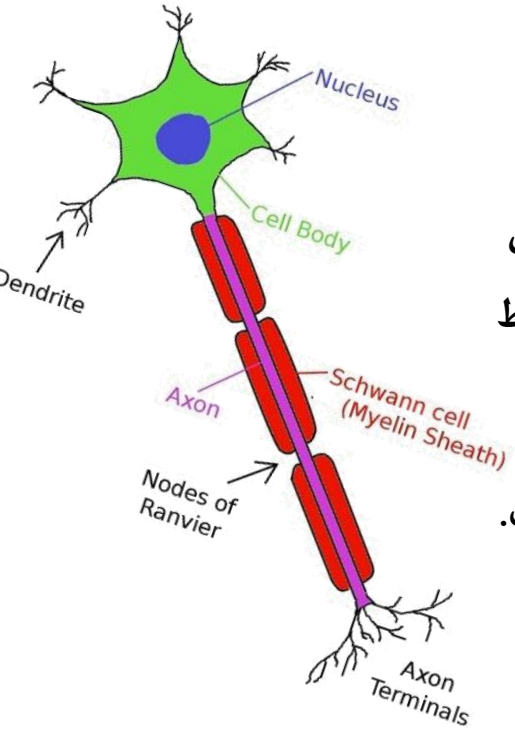
مغز، توسط ساقه مغز به طناب نخاعی متصل شده





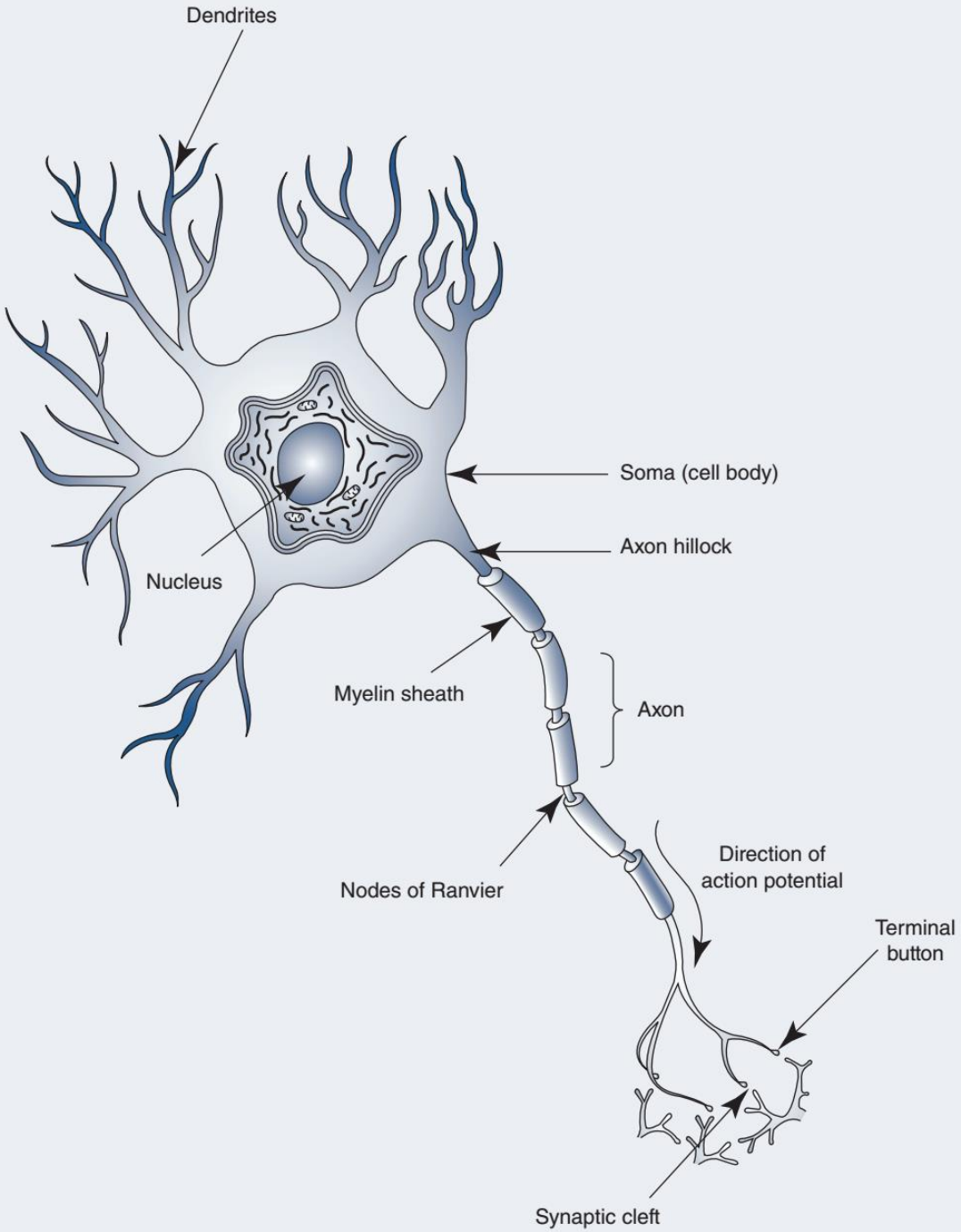
۸۶ میلیارد نورون در مغز وجود دارد

نورون چیست و چه وظیفه‌ای دارد؟



- نورون یا سلول عصبی یا یاخته عصبی
- عنصر اولیه سازنده مغز و واحد عملکردی آن است.
- واحد سیگنال دهی اصلی که می‌تواند اطلاعات را دریافت کند، ورودی‌های دریافتی را یکپارچه سازد و از طریق پیام‌های الکتریکی و شیمیایی با سلول‌های دیگر ارتباط برقرار کند.
- دستگاه عصبی انسان از شبکه‌های بسیار گسترده‌ای از نورون‌ها تشکیل شده است.
- فعالیت هماهنگ این نورون‌ها زیربنای فرایندهایی مانند احساس، ادراک، حرکت، یادگیری، حافظه، هیجان و تصمیم‌گیری است
- بنابراین، نورون‌ها صرفاً سیم‌هایی برای انتقال پیام نیستند؛ بلکه در پردازش اطلاعات نیز نقش دارند.

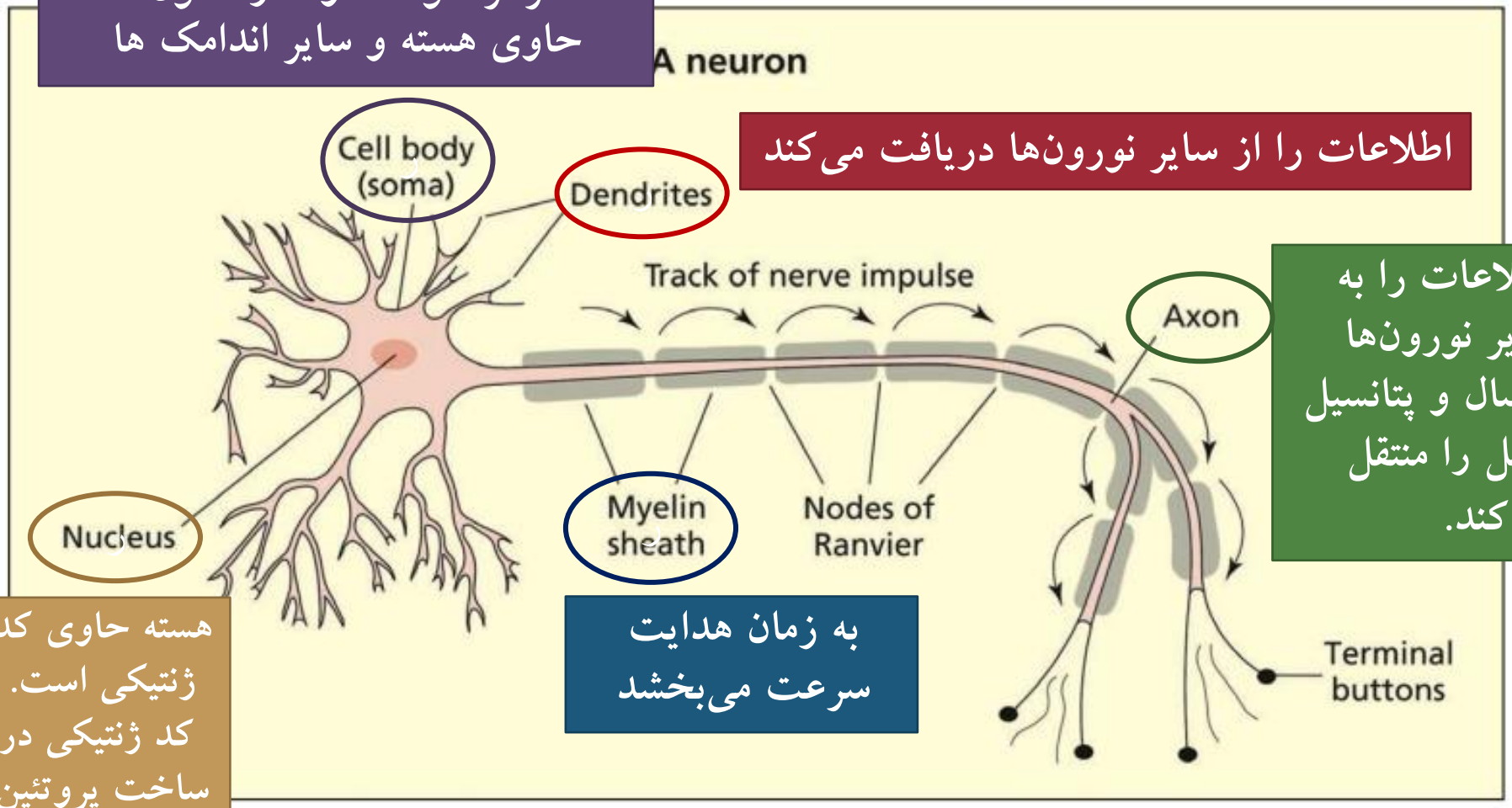
ساختار نورون



- دندریت
- جسم سلولی
- هسته
- گردنه آکسون
- آکسون
- غلاف میلین
- گره‌های رانویه
- پایانه های آکسونی

اجزای اصلی نورون و کارکرد آنها

در یکپارچه‌سازی پیام‌ها نقش دارد.
مرکز سوخت و ساز سلول،
حاوی هسته و سایر اندامک ها



اطلاعات را از سایر نورون‌ها دریافت می کند

اطلاعات را به سایر نورون‌ها ارسال و پتانسیل عمل را منتقل می کند.

به زمان هدایت سرعت می‌بخشد

هسته حاوی کد ژنتیکی است.
کد ژنتیکی در ساخت پروتئین نقش دارد.

سه کارکرد اصلی نورون

۱ دریافت

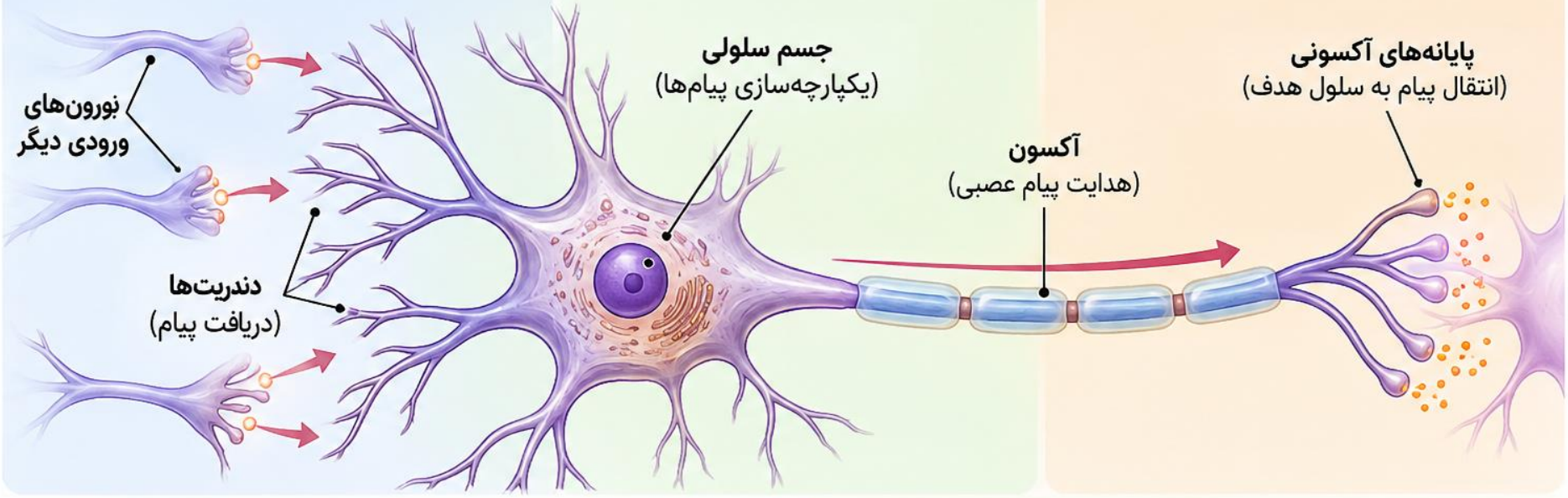
دریافت پیام از سلول‌های دیگر

۲ یکپارچه‌سازی

ترکیب و ارزیابی اثر ورودی‌ها

۳ انتقال

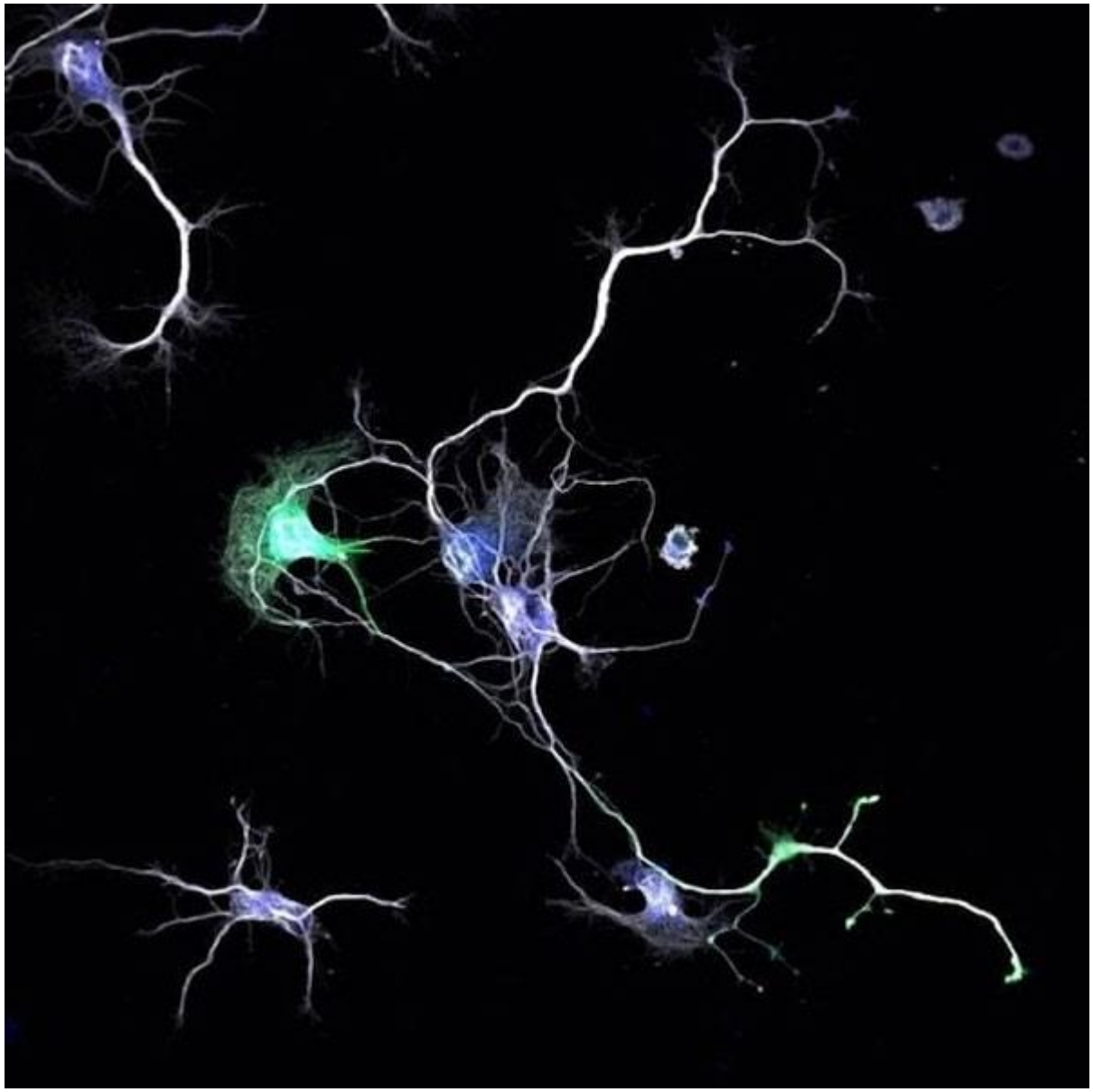
ارسال پیام به سلول‌های هدف



نکته مهم

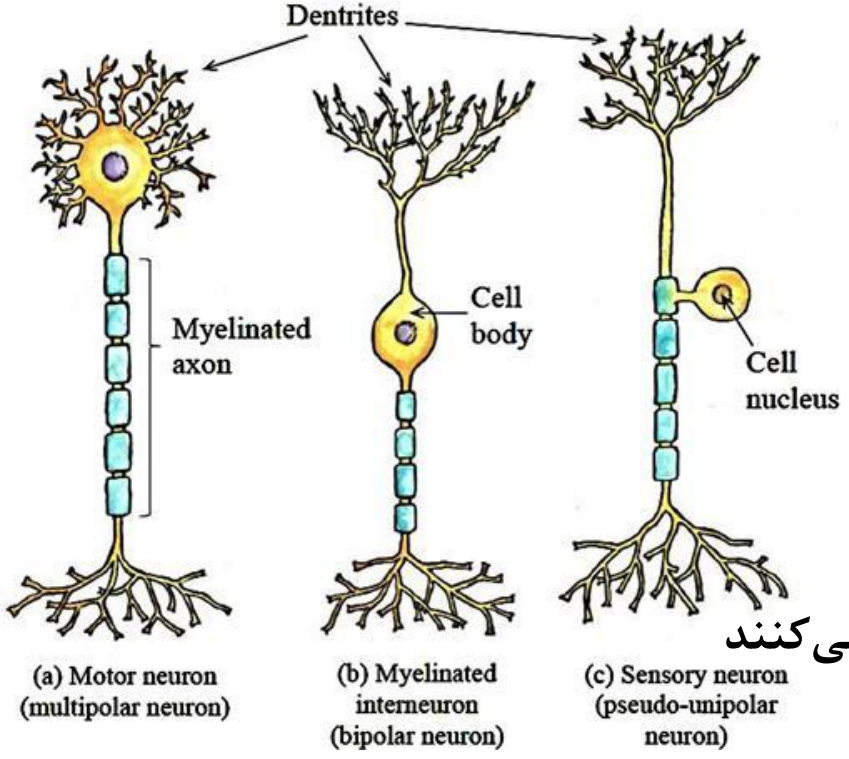
منظور از پردازش اطلاعات در یک نورون، تفکر یا تصمیم‌گیری آگاهانه نیست. نورون بر اساس ویژگی‌های الکتریکی و شیمیایی خود به ورودی‌ها پاسخ می‌دهد. فرایندهای شناختی پیچیده از فعالیت هماهنگ جمعیت‌های بزرگی از نورون‌ها و شبکه‌های عصبی پدید می‌آیند.

این تقسیم‌بندی یک الگوی آموزشی ساده‌شده است؛ پردازش اطلاعات در بخش‌های مختلف نورون می‌تواند رخ دهد.



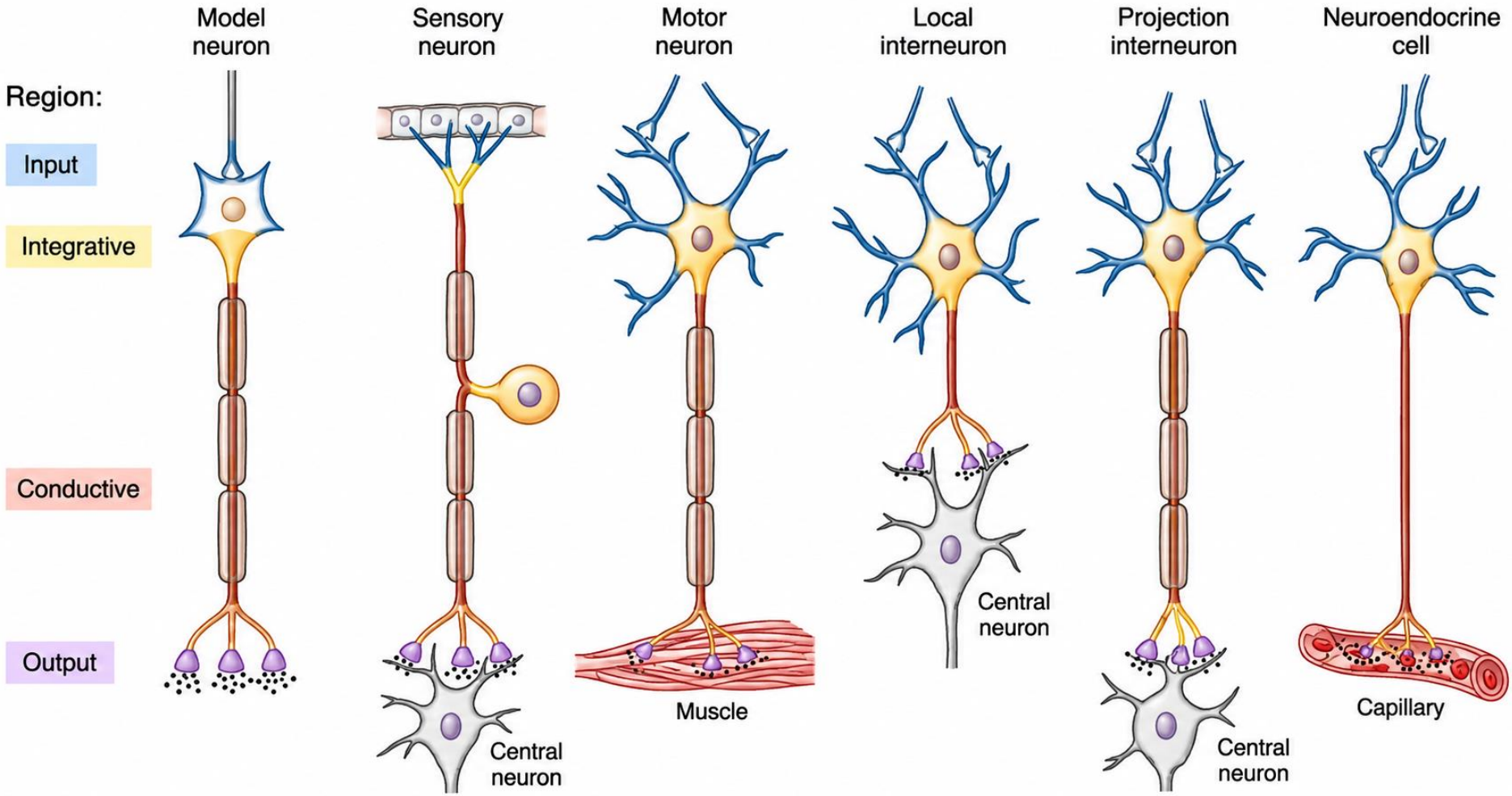
تنوع نورونی؛ تفاوت در ساختار و کارکرد

- نورون‌ها از نظر شکل، ارتباطات و عملکرد یکسان نیستند.
- از نظر ساختاری: نورون‌ها می‌توانند تک‌قطبی کاذب، دوقطبی یا چندقطبی باشند.
- از نظر اندازه، انشعابات و طول آکسون تفاوت داشته باشند.
- نکته کلیدی: تفاوت در ساختار و اتصالات نورون‌ها با نقش تخصصی آن‌ها در مدارهای عصبی ارتباط دارد.

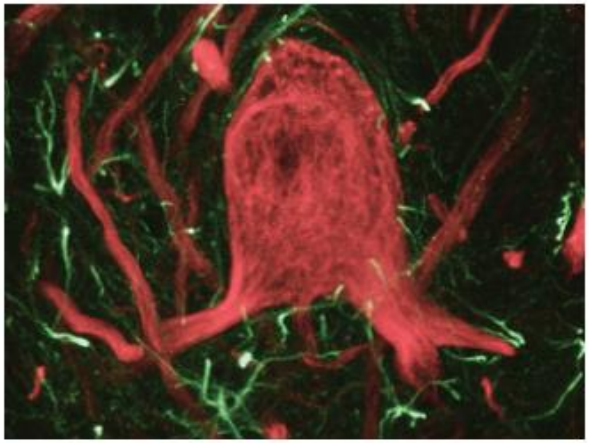


- حسی: پیامهای حسی را دریافت می‌کنند.
  - دارای دندریت بلند و آکسون به نسبت کوتاه.
- حرکتی: به ماهیچه‌ها و غده‌ها پیام میفرستند؛
  - دارای آکسون بلند و دندریت کوتاه
- ارتباطی: بین نورون های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند

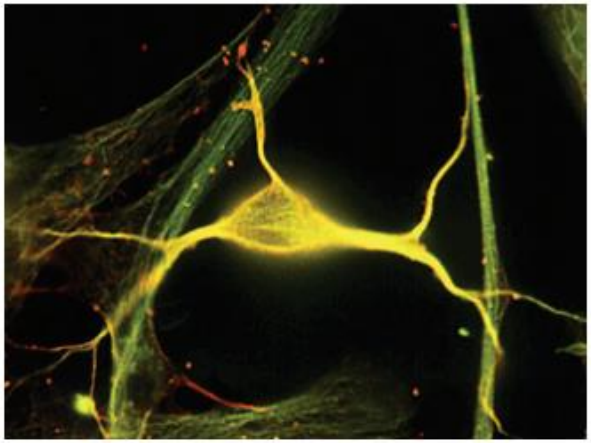
تنوع نورونی


Model neuron
Sensory neuron
Motor neuron
Local interneuron
Projection interneuron
Neuroendocrine cell
Region:
Input
Integrative
Conductive
Output
Central neuron
Muscle
Central neuron
Central neuron
Capillary

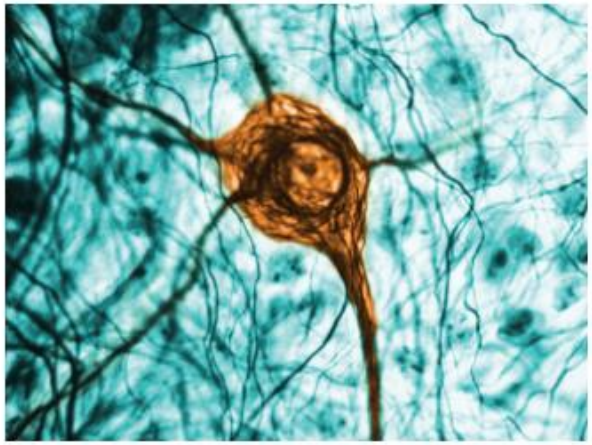
تنوع نورونی



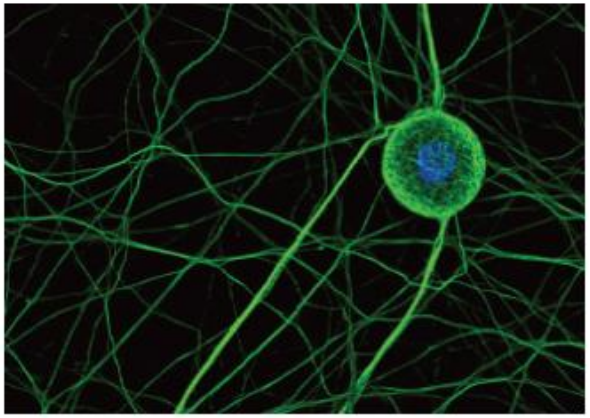
a

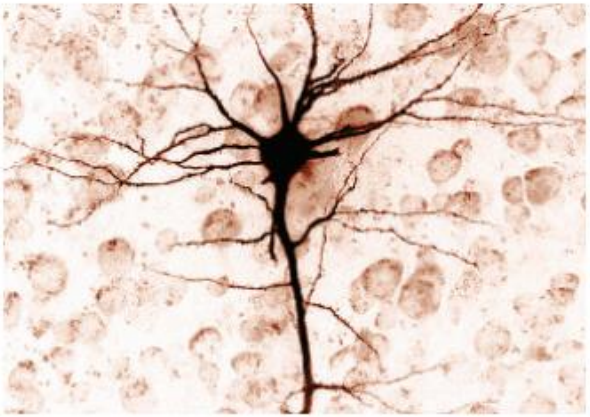


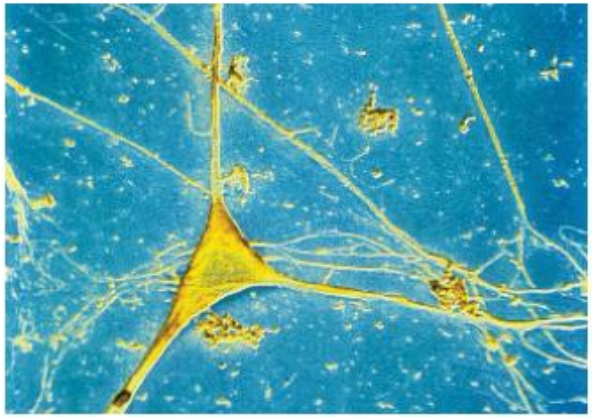
b



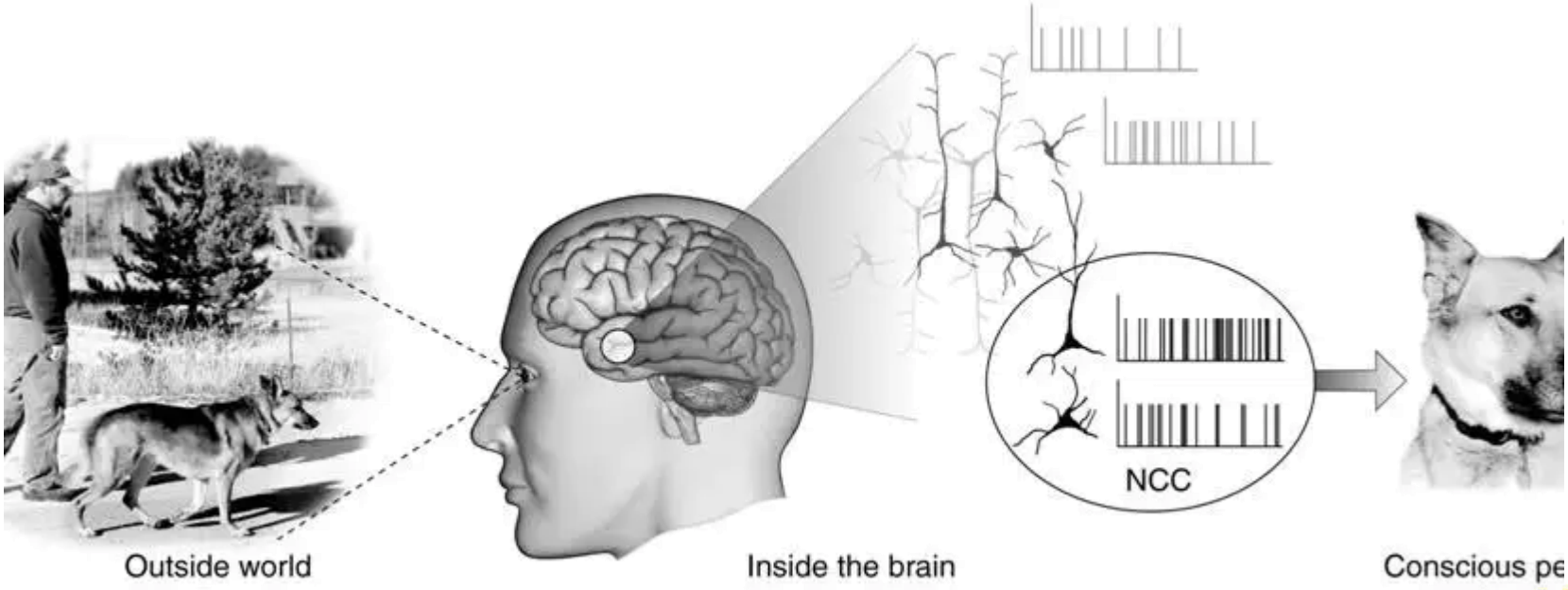
c







اطلاعات چگونه در طول نورون منتقل می شوند؟



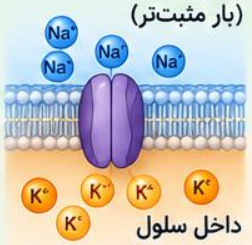
نورون‌ها سلول‌هایی تحریک پذیر با ویژگی‌های الکتریکی هستند

۱ نورون‌ها سلول‌هایی تحریک‌پذیر هستند.



یعنی می‌توانند در پاسخ به ورودی‌های دریافتی، وضعیت الکتریکی غشای خود را تغییر دهند.

۲ تفاوت بار الکتریکی در دو سوی غشا



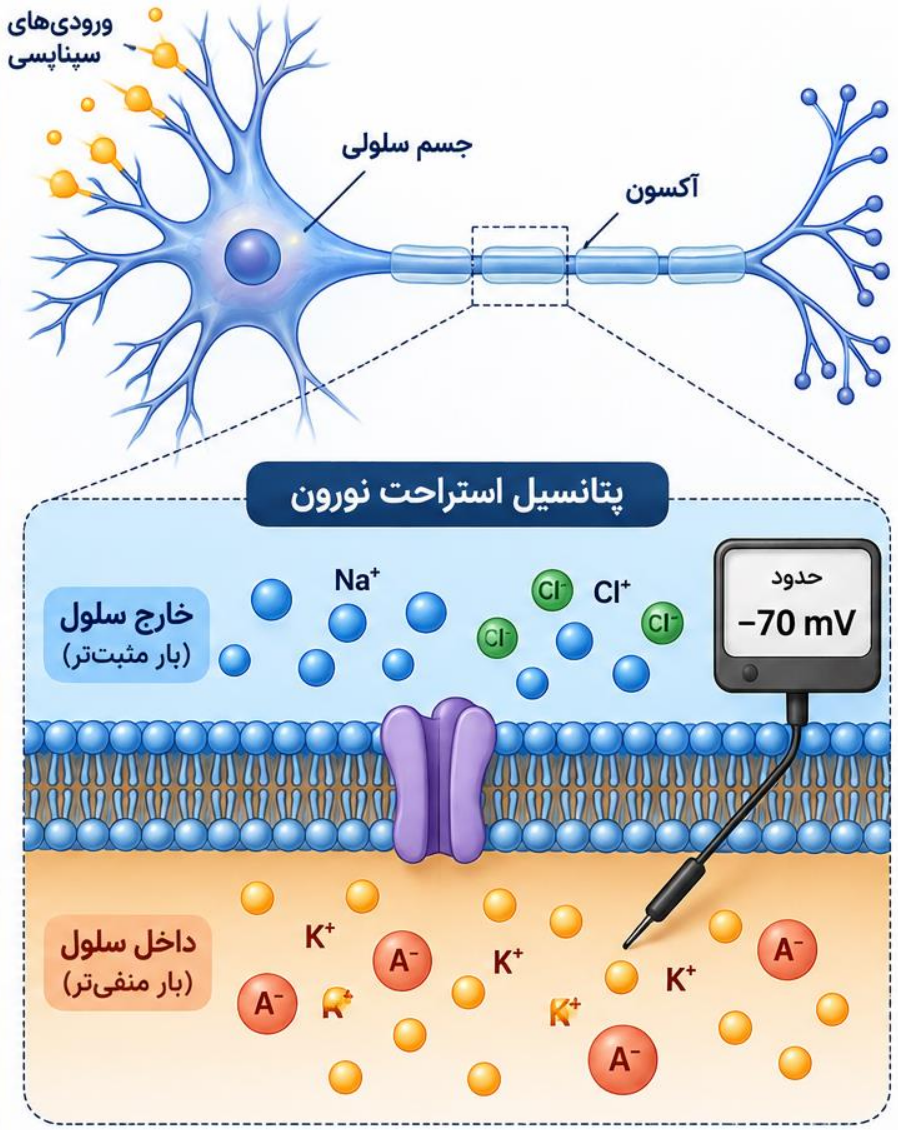
این ویژگی به تفاوت بار الکتریکی میان داخل و خارج غشای نورون مربوط است. توزیع نابرابر یون‌ها در دو سوی غشا باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌شود.

۳ پتانسیل استراحت

در حالت استراحت، داخل نورون نسبت به خارج آن معمولاً بار الکتریکی **منفی‌تری** دارد. به این وضعیت «**پتانسیل استراحت**» می‌گوییم.

۴ نورون حتی در حالت استراحت فعال است.

نکته مهم این است که نورون حتی زمانی که پیام عصبی مشخصی ارسال نمی‌کند، از نظر الکتریکی کاملاً غیرفعال نیست؛ بلکه اختلاف پتانسیل غشای آن در وضعیت استراحت حفظ می‌شود.



نورون چگونه پیام الکتریکی تولید می‌کند؟

۱ دریافت ورودی‌ها

نورون پیام‌هایی از نورون‌های دیگر دریافت می‌کند.

۲ ایجاد پتانسیل‌های پس‌سیناپسی

ورودی‌های تحریکی (EPSP) و مهاری (IPSP) تغییرات موضعی در پتانسیل غشا ایجاد می‌کنند.

۳ یکپارچه‌سازی

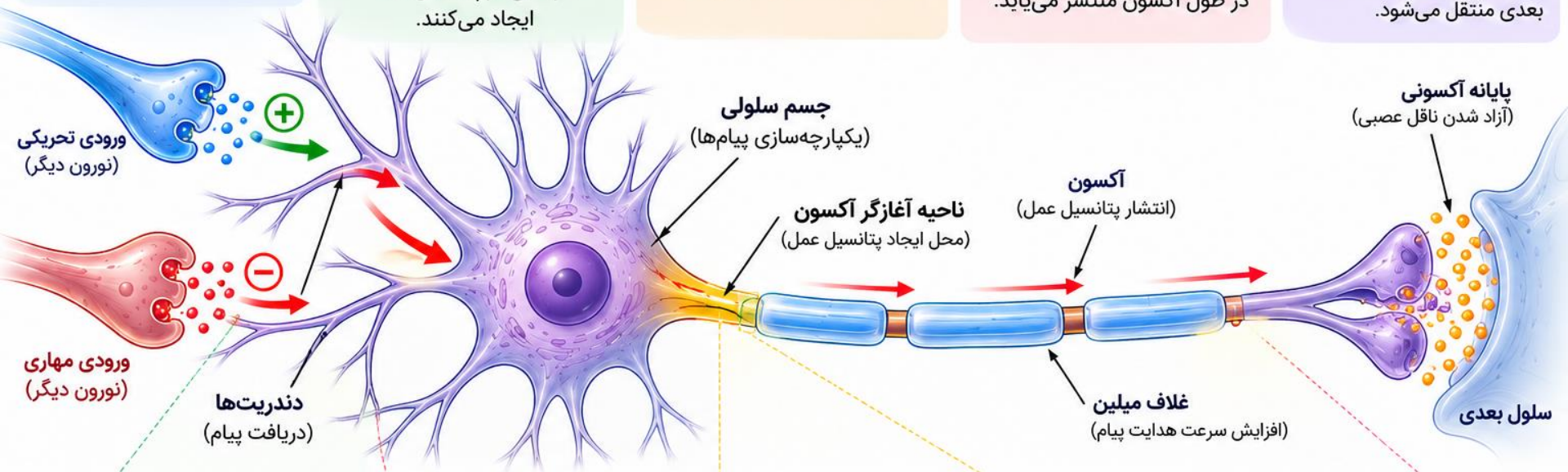
مجموع اثر EPSPها و IPSPها در جسم سلولی و ناحیه آغازگر آکسون با یکدیگر جمع می‌شود.

۴ ایجاد و انتشار پتانسیل عمل

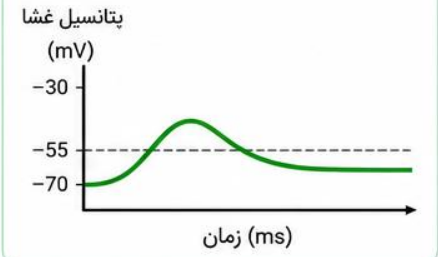
اگر پتانسیل غشا به آستانه برسد، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و در طول آکسون منتشر می‌یابد.

۵ آزاد شدن ناقل عصبی

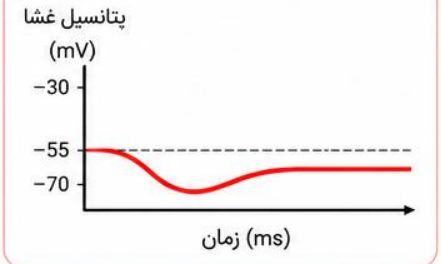
با رسیدن پتانسیل عمل به پایانه آکسونی، ناقل‌های عصبی آزاد می‌شوند و پیام به سلول بعدی منتقل می‌شود.



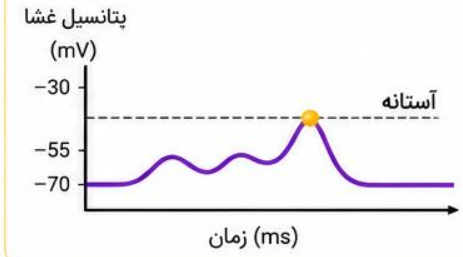
پتانسیل پس‌سیناپسی تحریکی (EPSP)



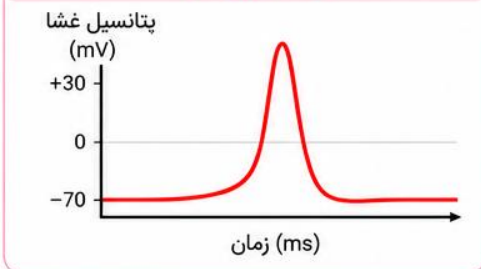
پتانسیل پس‌سیناپسی مهاری (IPSP)



جمع و رسیدن به آستانه



پتانسیل عمل



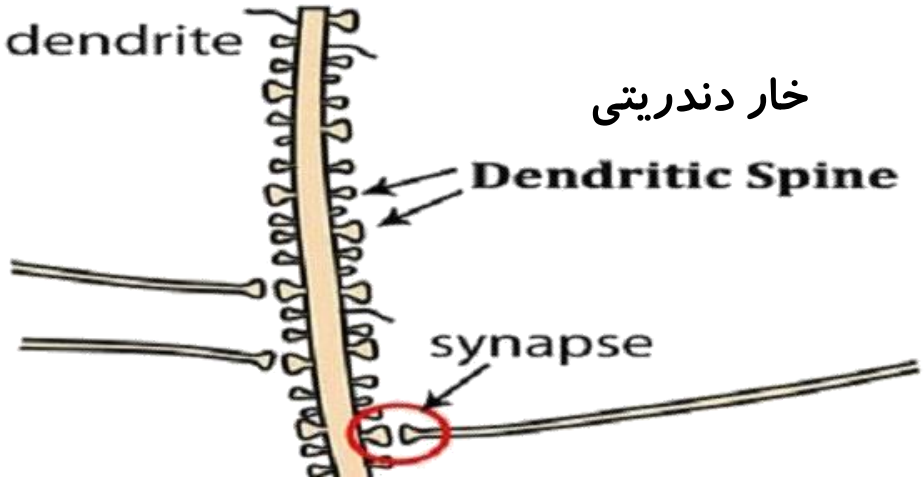
هدایت الکتریکی

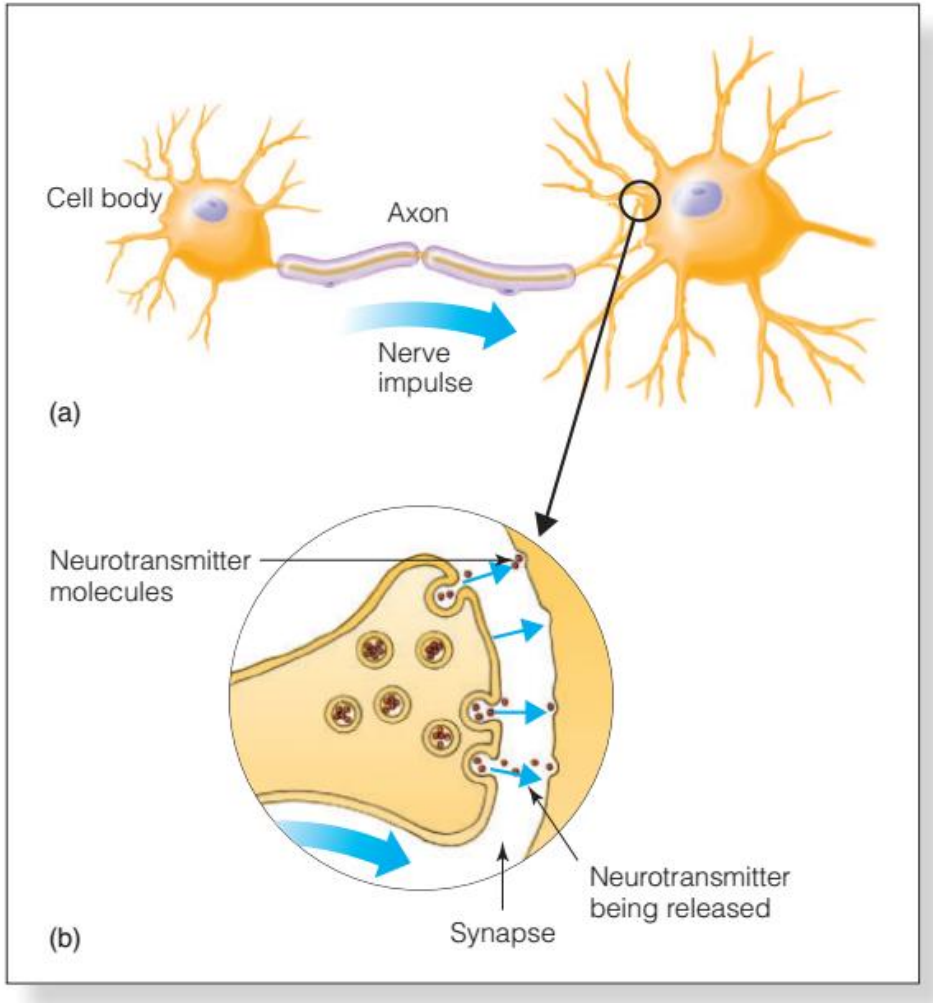
در **داخل یک نورون**، اطلاعات از طریق تغییرات در وضعیت **الکتریکی** نورون، ناشی از هدایت جریان‌های الکتریکی، درون نورون و در سراسر غشای عصبی آن منتقل می‌شود.

هدایت شیمیایی

بین نورون‌ها، انتقال اطلاعات در سیناپس‌ها معمولاً به‌طور **شیمیایی** توسط انتقال‌دهنده‌های عصبی انجام می‌شود. انتقال دهنده عصبی این امکان را فراهم می کند که سیگنال از طریق شکافی که انتهای آکسون را از دندریت یا جسم سلولی نورون دیگر جدا می کند، منتقل شود.

سیناپس: محل ارتباط دو نورون





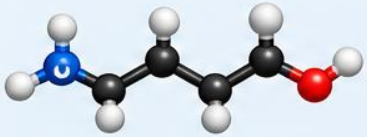
انتقال دهنده عصبی

اثرات انتقال‌دهنده‌های عصبی

- **تحریکی:**
  افزایش احتمال ایجاد پتانسیل عمل (مانند گلوتامات، استیل‌کولین)
- **مهاری:**
  کاهش احتمال ایجاد پتانسیل عمل (مانند گابا)
- **تنظیم‌کننده:**
  تنظیم شدت و الگوی فعالیت عصبی (مانند دوپامین، سروتونین، نوراپی‌نفرین)

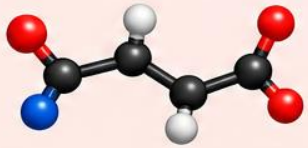
انواع اصلی انتقال‌دهنده‌های عصبی

گابا (GABA)
(مهاری اصلی)



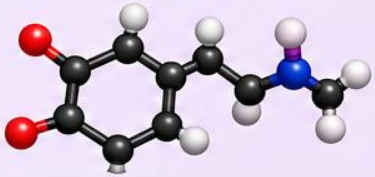
کاهش فعالیت عصبی

گلوتامات
(تحریکی اصلی)



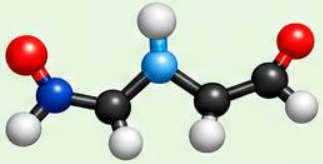
مشارکت در یادگیری و حافظه

دوپامین
(تنظیم‌کننده)



پاداش و انگیزش

استیل‌کولین
(تحریکی)

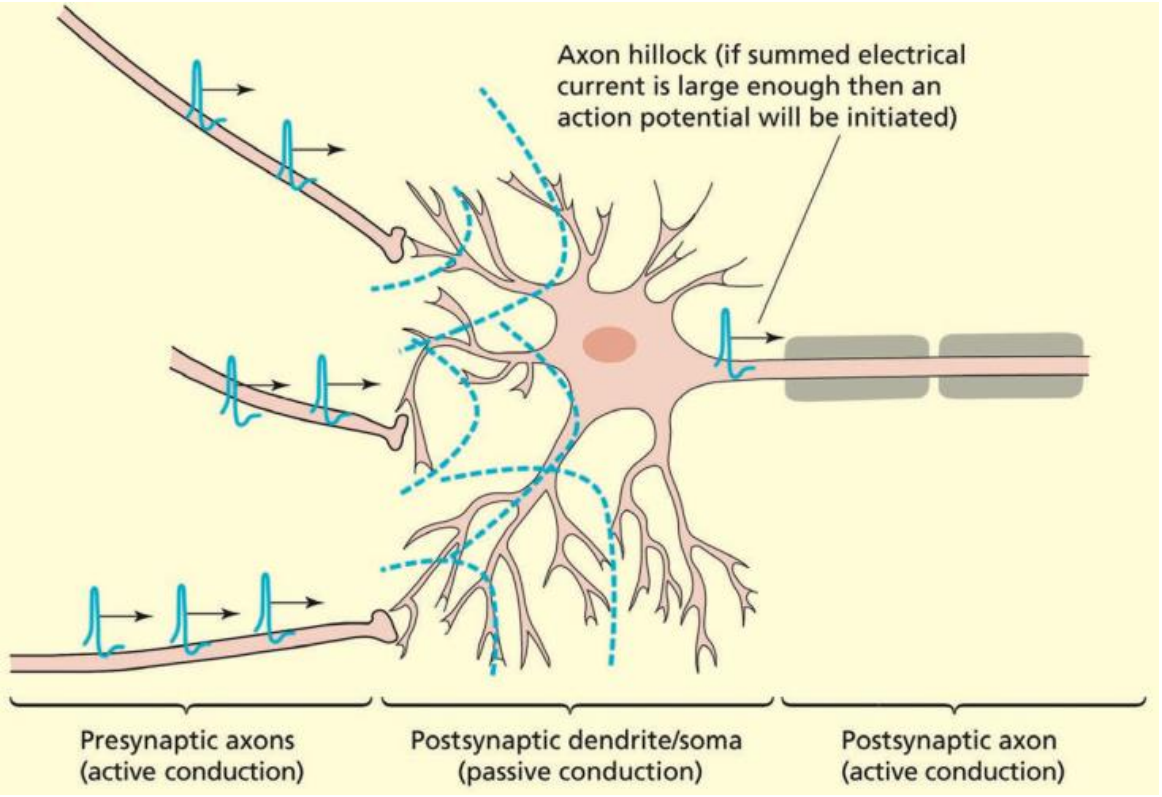


حرکت، توجه و یادگیری

نکات مهم

- پک نورون می‌تواند از بیش از یک انتقال‌دهنده عصبی استفاده کند.
- همان انتقال‌دهنده عصبی می‌تواند بسته به نوع گیرنده، اثر متفاوتی داشته باشد (تحریکی یا مهاری).
- تعادل میان انتقال‌دهنده‌های تحریکی و مهاری برای عملکرد طبیعی مدارهای عصبی ضروری است.

پتانسیل پس سیناپسی

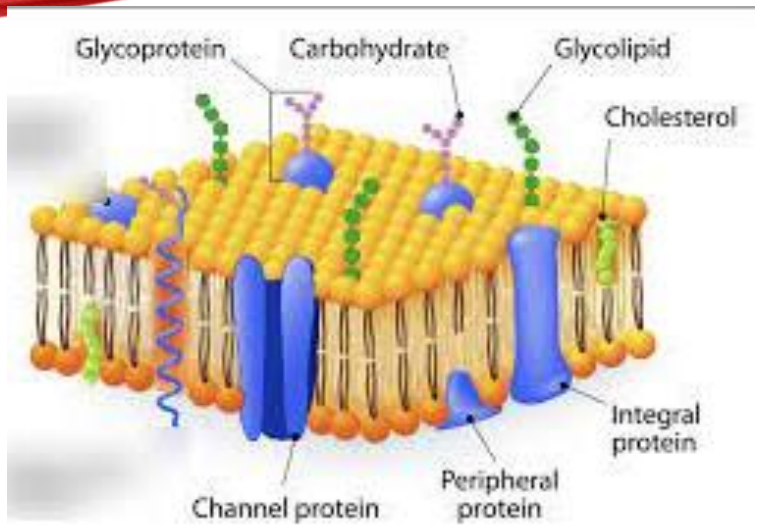


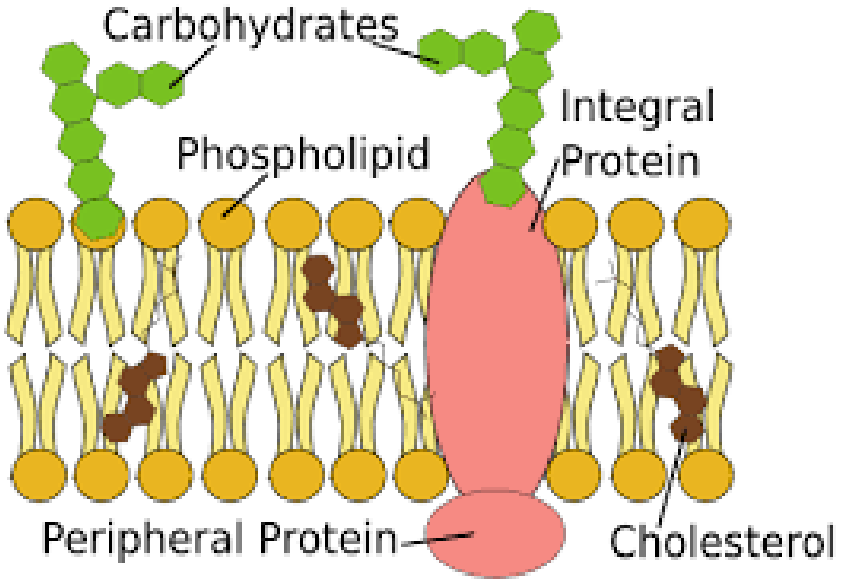
پتانسیل سیناپسی به صورت غیرفعال (یعنی بدون ایجاد پتانسیل عمل) از طریق دندریت ها و جسم سلولی نورون پس سیناپسی هدایت می‌شود.

این پتانسیل‌ها در گردنه‌ی آکسون جمع شده و نرخ شلیک نورون را تنظیم می‌کنند.

پتانسیل عمل در نتیجه تغییرات ناگهانی و برگشت‌پذیر در نفوذپذیری غشای نورون به یون‌های سدیم و پتاسیم ایجاد می‌شود.

ساختارغشای نورون





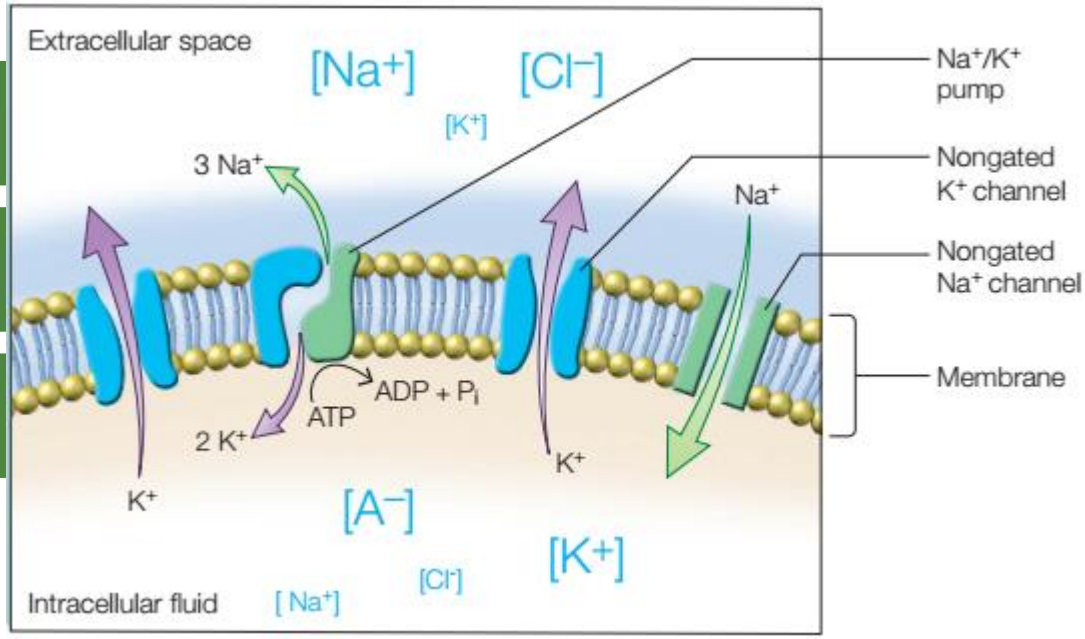
- هر نورون توسط یک غشای سلولی احاطه شده است که به عنوان مانعی برای عبور برخی مواد شیمیایی عمل می‌کند.
- در داخل غشاء، مولکول‌های پروتئین خاصی به عنوان دروازه‌بان عمل می‌کنند و اجازه می‌دهند مواد شیمیایی خاصی تحت شرایط خاص وارد و خارج شوند.
- از جمله این مواد شیمیایی یون‌های باردار سدیم Na^+ و پتاسیم K^+ هستند.

کانال‌ها و پمپ‌های یونی

کانال

کانال‌های یونی پروتئین‌هایی هستند که منفذی در مرکز دارند و به یون‌های خاصی اجازه می‌دهند تا در جهت شیب الکتروشیمیایی و غلظت خود جریان پیدا کنند.

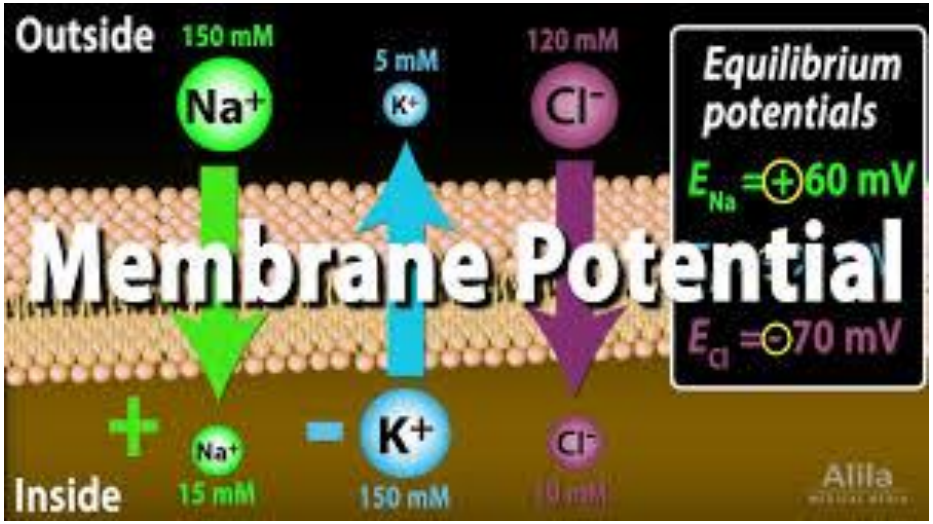
- کانال
  - دریچه دار
    - ولتاژی
    - مکانیکی
    - لیگاندی
  - بدون دریچه



پمپ

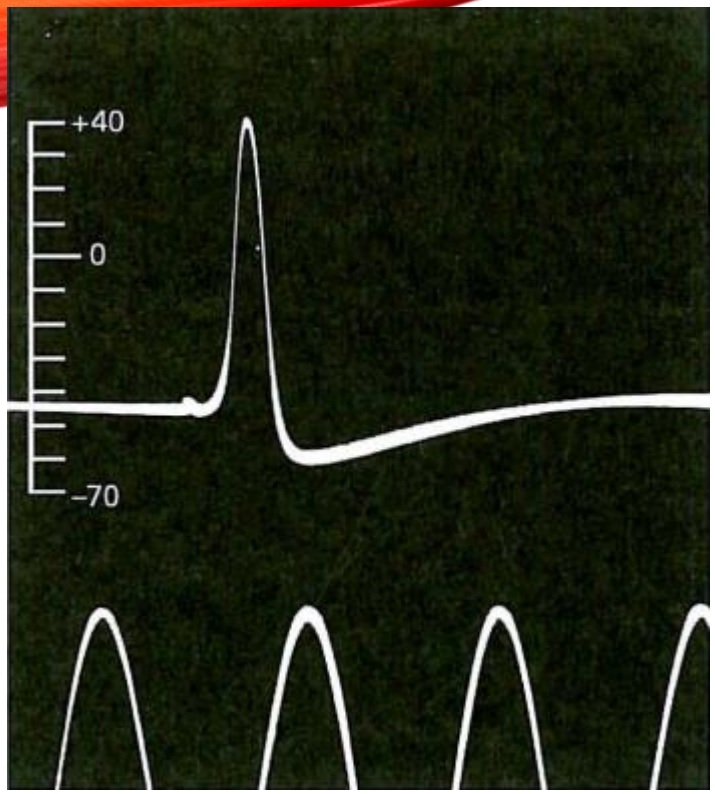
پمپ‌های یونی با صرف انرژی، یون‌ها را از میان غشاء، بر خلاف شیب غلظت آنها، یعنی از مناطق با غلظت کم به مناطق با غلظت بالاتر منتقل می‌کنند.

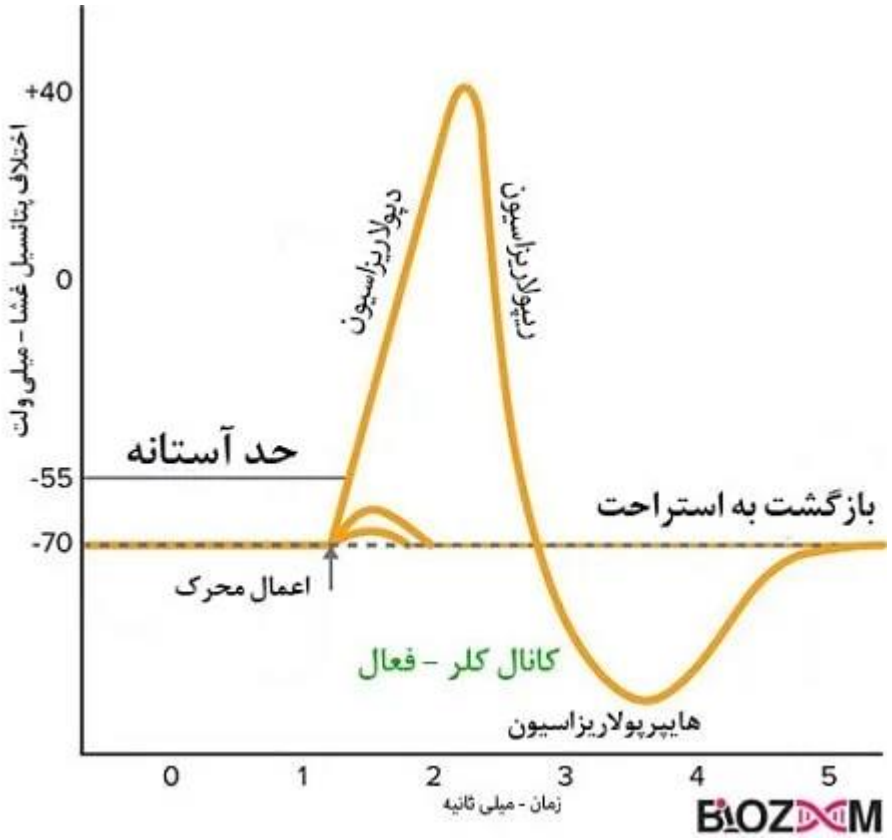
پتانسیل غشا



- تفاوت ولتاژ در سراسر غشای عصبی: ولتاژ داخل نورون در مقابل ولتاژ خارج از نورون
- این دو ولتاژ، به غلظت یون‌های و مولکول‌های پروتئین باردار در داخل و خارج سلول بستگی دارند.
- تعادل بین این یون ها در داخل و خارج غشا به گونه‌ای است که به طور معمول، پتانسیل استراحت ۷۰- میلی ولت در سراسر غشا وجود دارد (داخل نسبت به بیرون منفی است).
- کانال های یونی وابسته به ولتاژ در تولید پتانسیل عمل اهمیت ویژه‌ای دارند.
- آنها فقط در آکسون ها یافت می‌شوند، به همین دلیل است که فقط آکسون قادر به تولید پتانسیل عمل است.

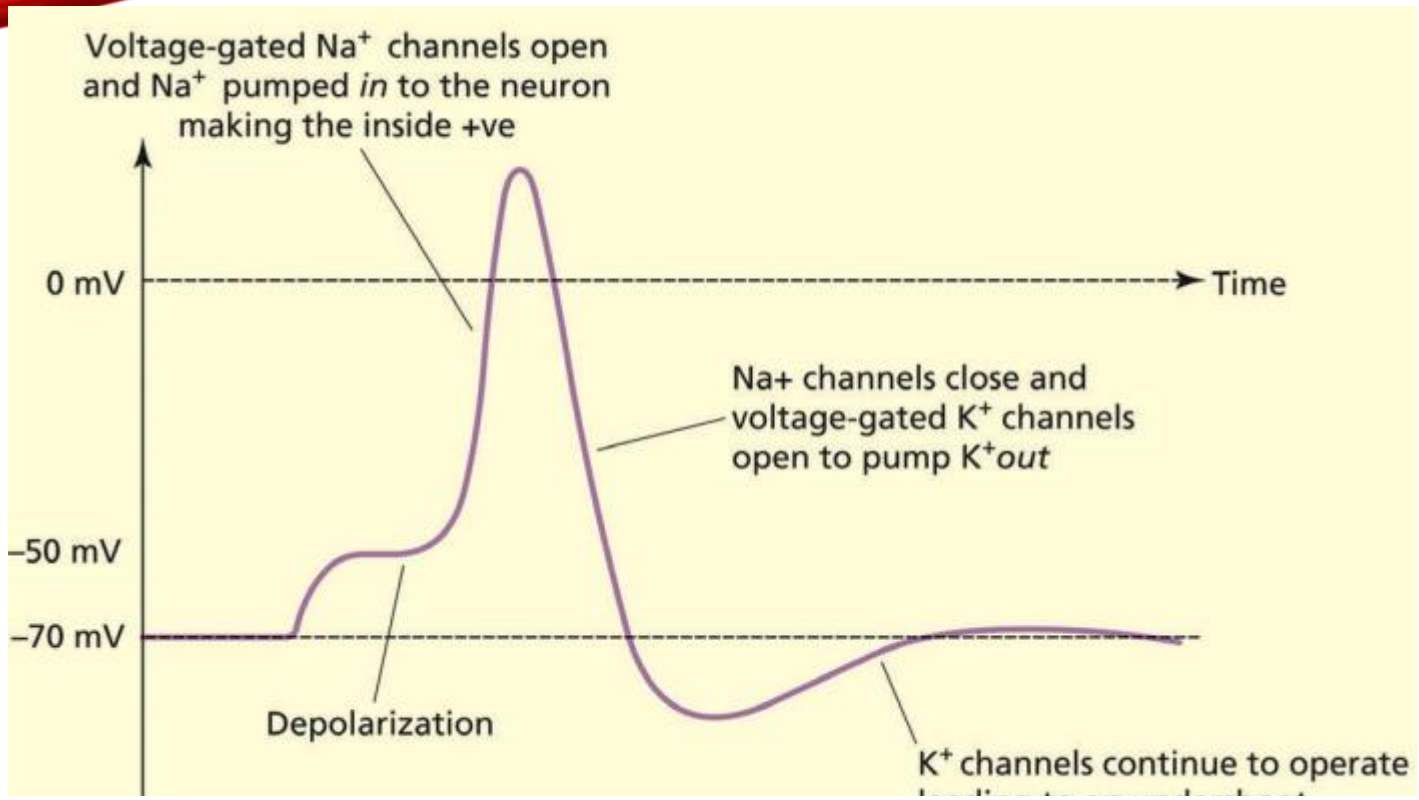
پتانسیل عمل

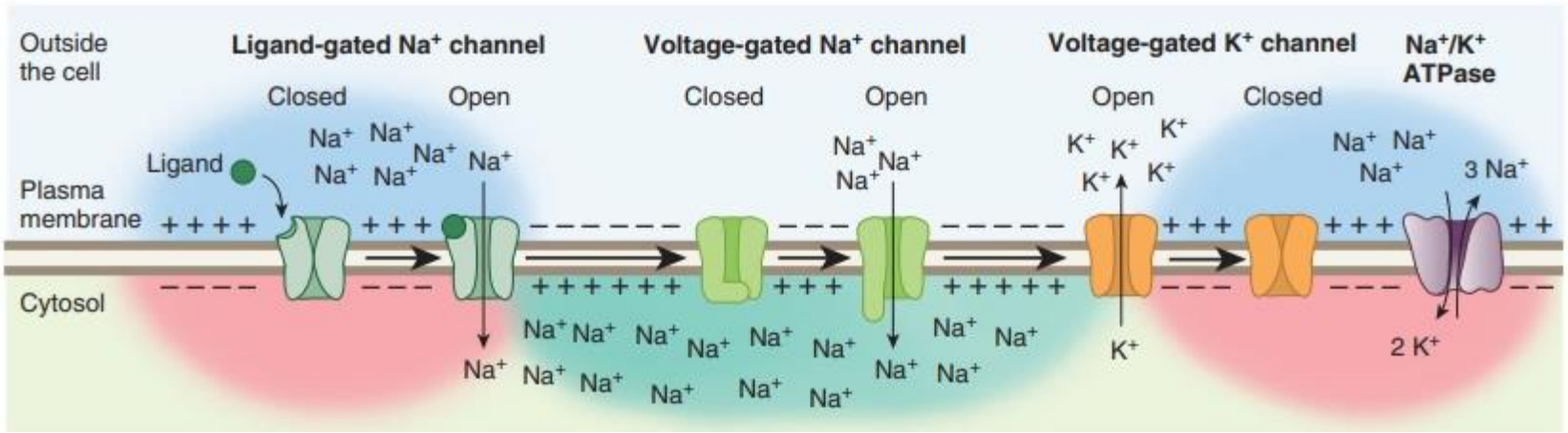




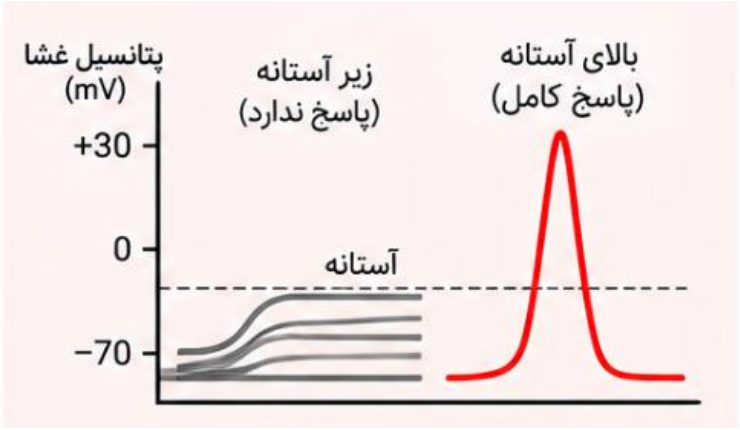
اولین ثبت درون سلولی منتشر شده از پتانسیل عمل که در سال ۱۹۳۹ توسط هاجکین و هاکسلی از یک آکسون بزرگ ماهی مرکب ثبت شد؛ با استفاده از الکترودهای شیشه‌ای مویی پر شده از آب دریا.

مراحل تشکیل پتانسیل عمل

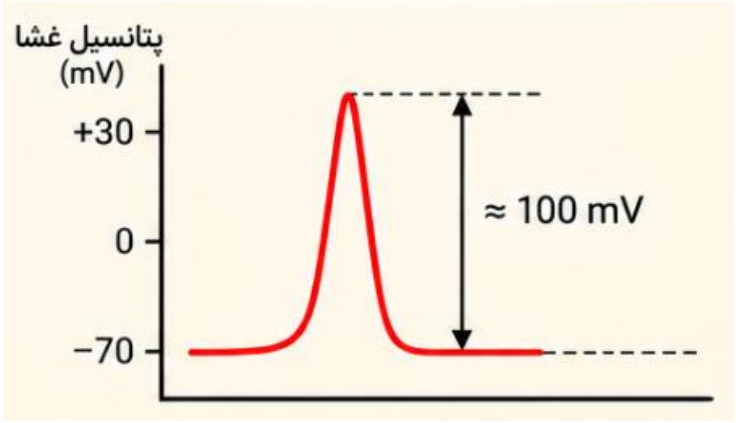




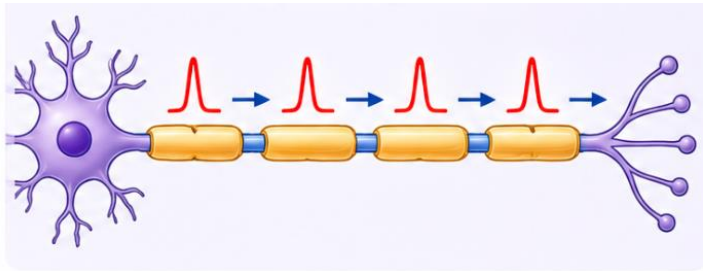
ویژگی‌های پتانسیل عمل



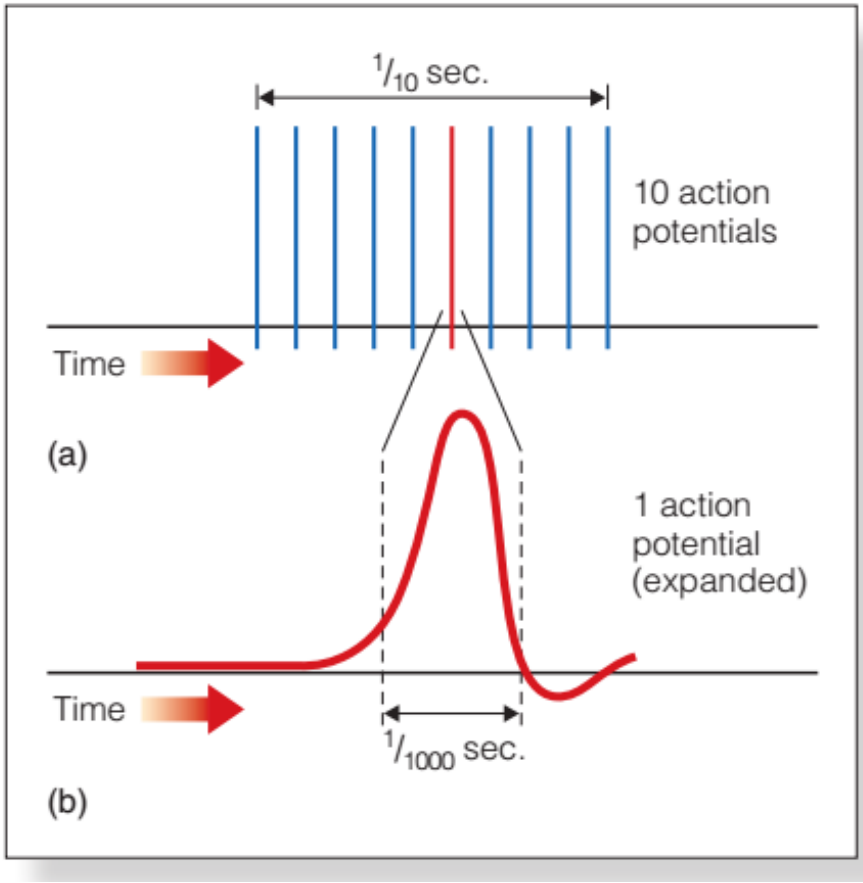
- **اصل همه یا هیچ:**
  - **اگر تغییر پتانسیل غشا به آستانه لازم نرسد، پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود.**
  - **اگر آستانه لازم حاصل شود، پتانسیل عمل با دامنه نسبتاً ثابتی ایجاد می‌شود**



- **پتانسیل عمل، حدود ۱-۲ میلی ثانیه طول می‌کشد.**
- **دامنه و شکل یک پتانسیل عمل در یک نورون تغییر نمی‌کند.**
- **اما تعداد پتانسیل های عمل منتشر شده در هر ثانیه در طول یک زنجیره متفاوت است.**
- **پنانسیل عمل در طول آکسون بدون کاهش دامنه منتشر می‌شود (بازتولید مداوم در نقاط متوالی).**



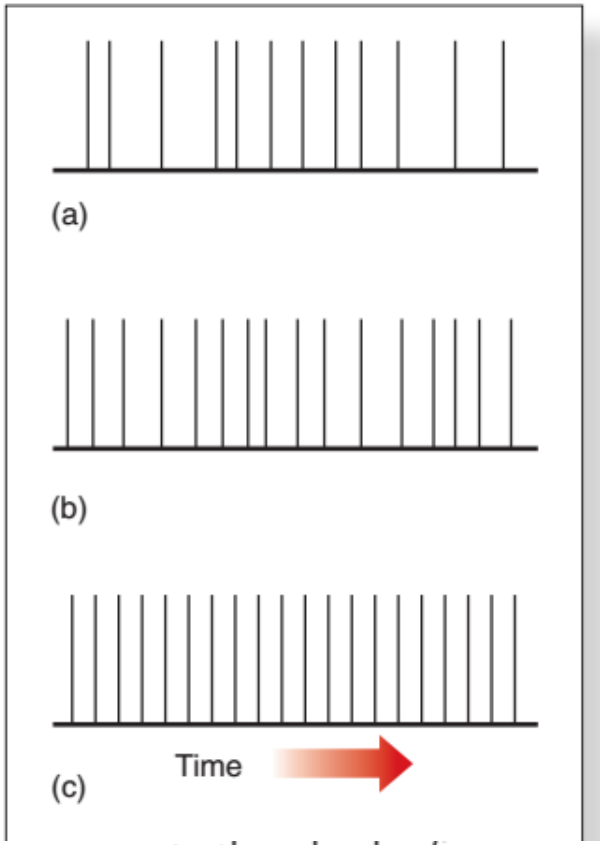
قطار پتانسیل عمل



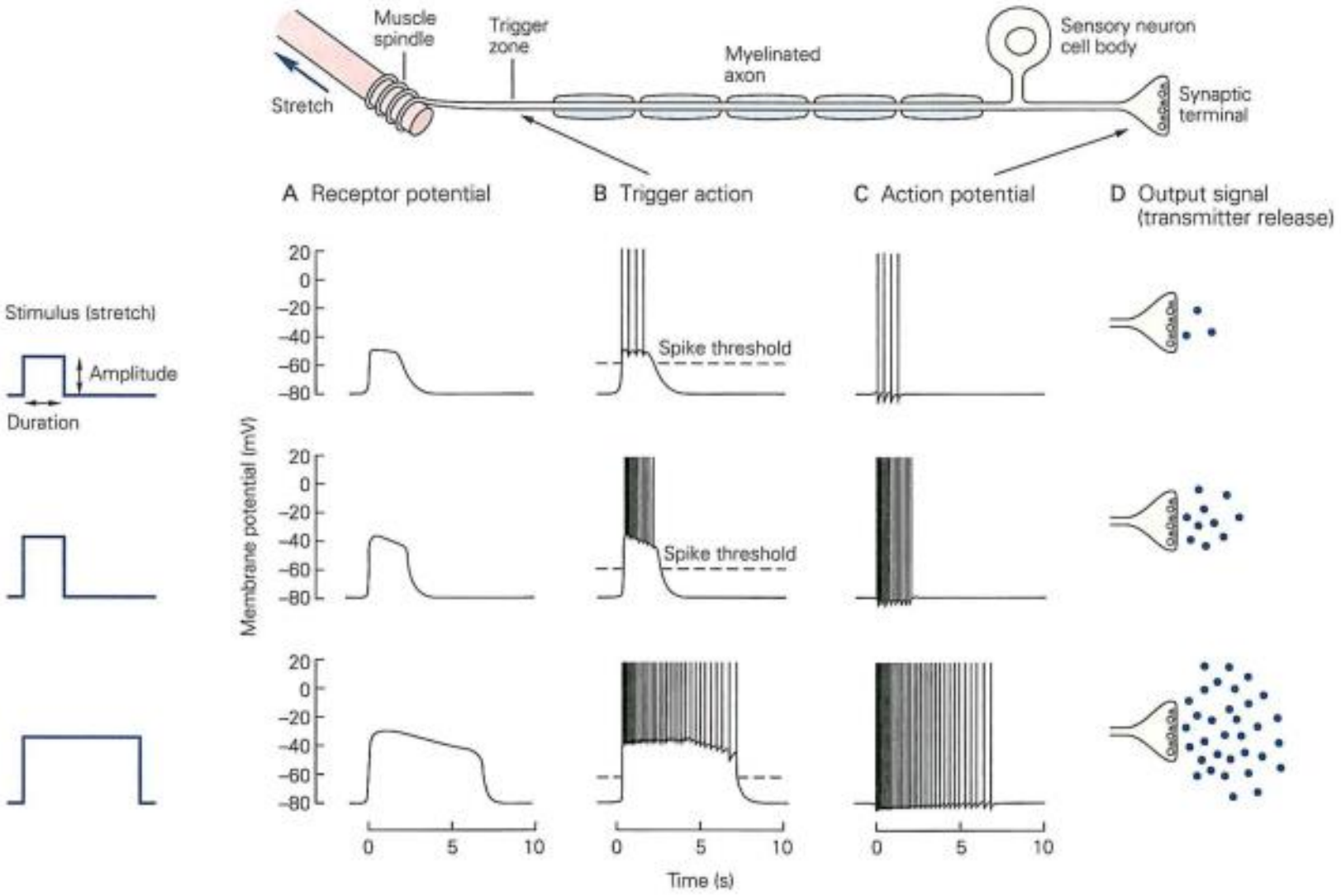
کد کردن (بازنمایی) شدت (کمیت) محرک

- چگونه شلیک یک نورون از یک گیرنده در پوست با اعمال فشار بیشتر به پوست تغییر کرد؟
  - با افزایش فشار، نرخ شلیک افزایش یافت.
- اگر تکانه‌های عصبی «در هم فشرده باشند»، احساس شدید است، اگر با فواصل طولانی از هم جدا شوند، حس به نسبت ضعیف است.

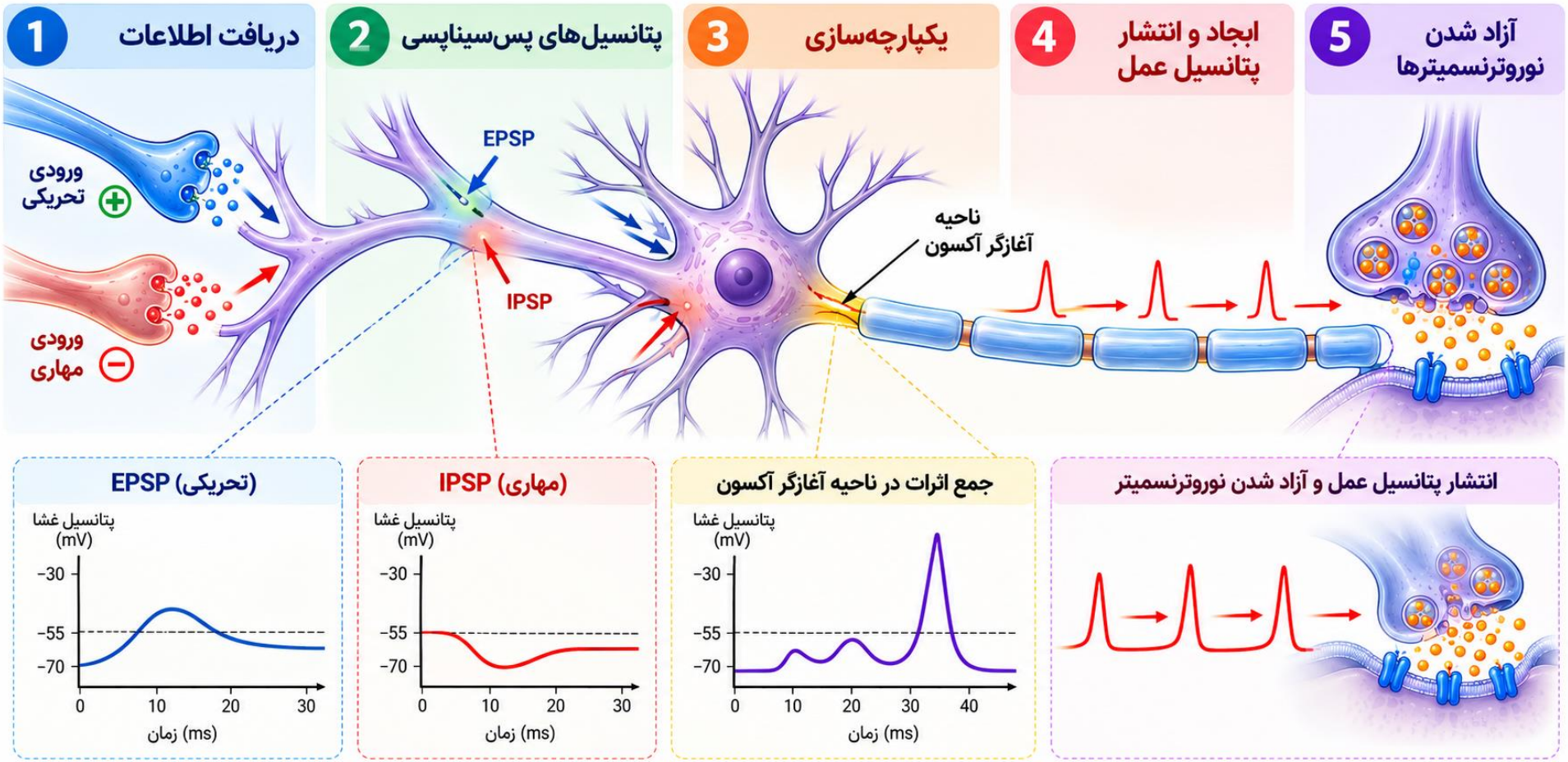
سیگنال‌های الکتریکی شدت محرک را بازنمایی می‌کنند.



response to three levels of pressure stimulation on the skin: (a) light, (b) medium, and (c) strong. Increasing stimulus intensity causes an increase in the rate of nerve firing.


Muscle spindle
Trigger zone
Myelinated axon
Sensory neuron cell body
Stretch
Synaptic terminal
A Receptor potential
B Trigger action
C Action potential
D Output signal (transmitter release)
Stimulus (stretch)
Amplitude
Duration
Membrane potential (mV)
20
0
−20
−40
−60
−80
Spike threshold
Spike threshold
0
5
10
Time (s)

خلاصه مراحل پردازش و انتقال پیام عصبی در نورون

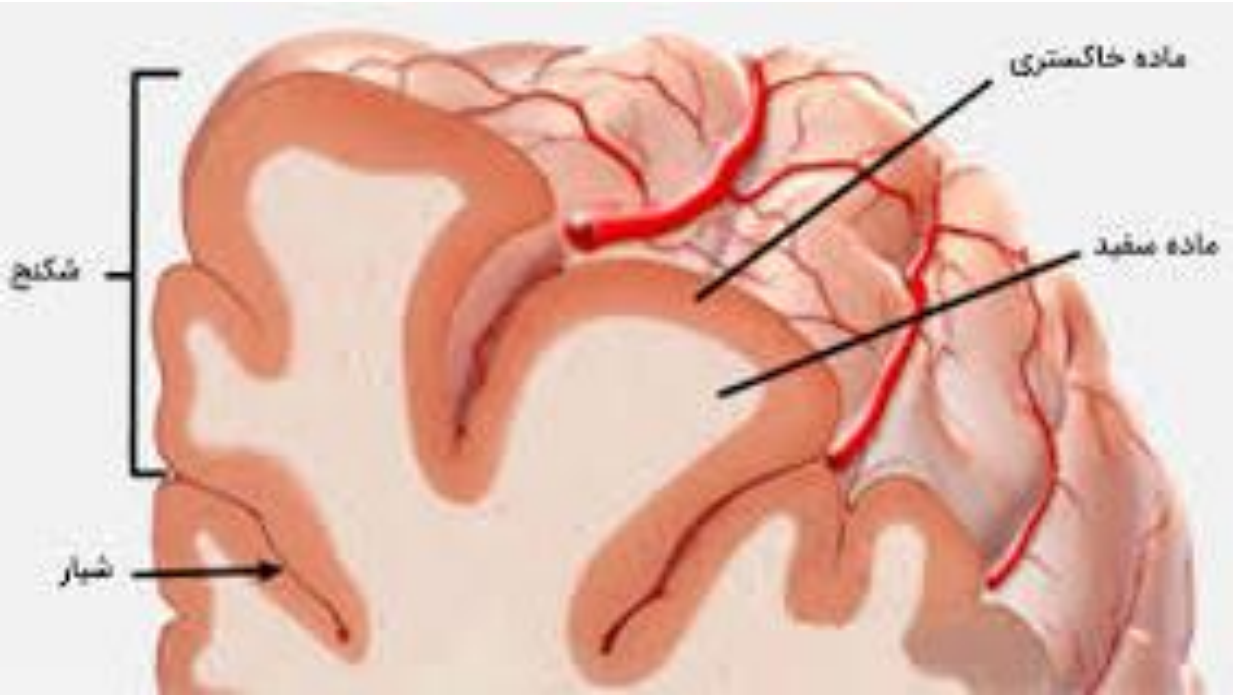


دورنمای تشکیلات مغز

ماده خاکستری، ماده سفید و مایع مغزی نخاعی

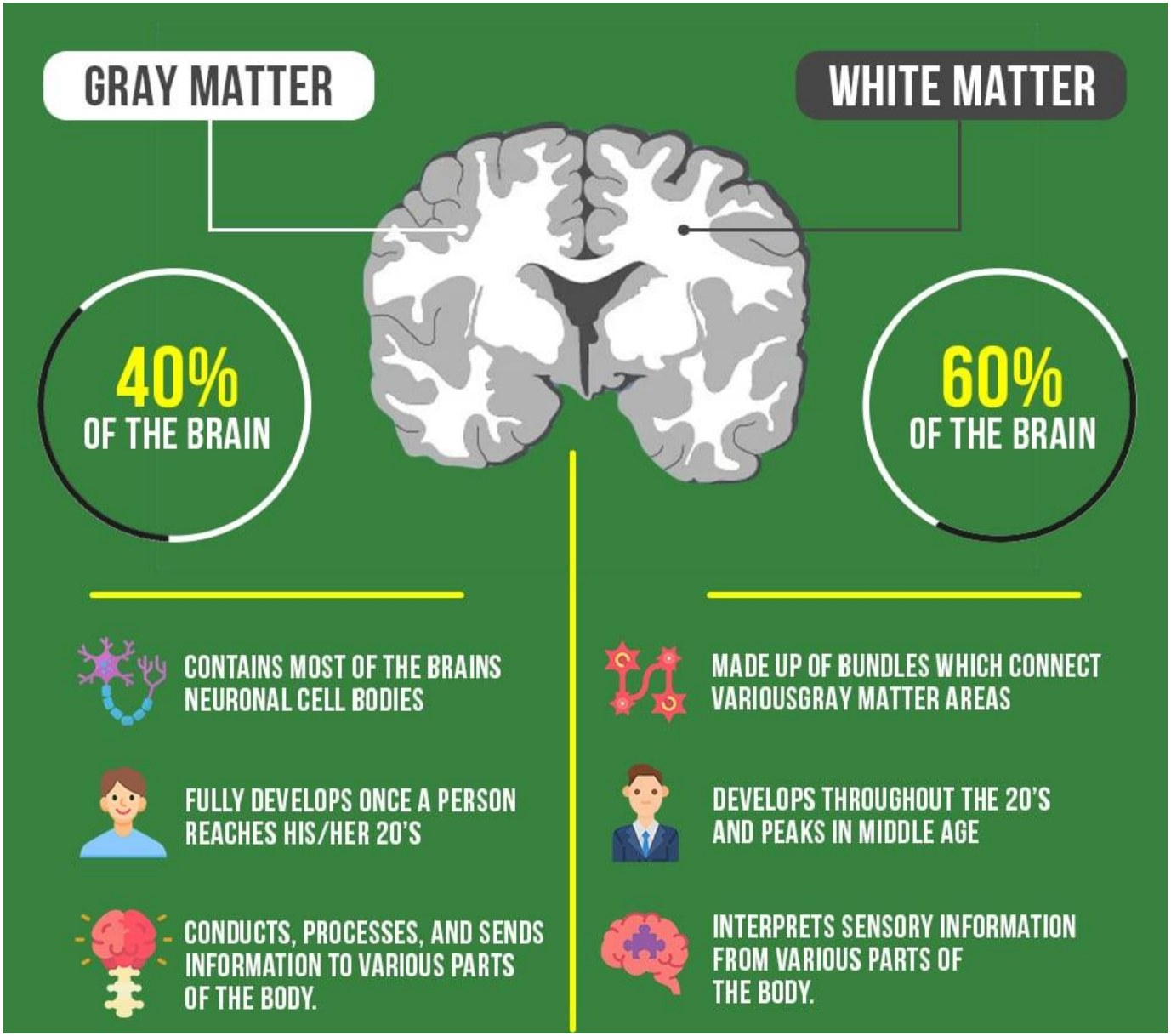
نواحی سفید و خاکستری

ماده سفید عمدتا از آکسون‌های میلین‌دار و سلول‌های گلیا تشکیل شده است.

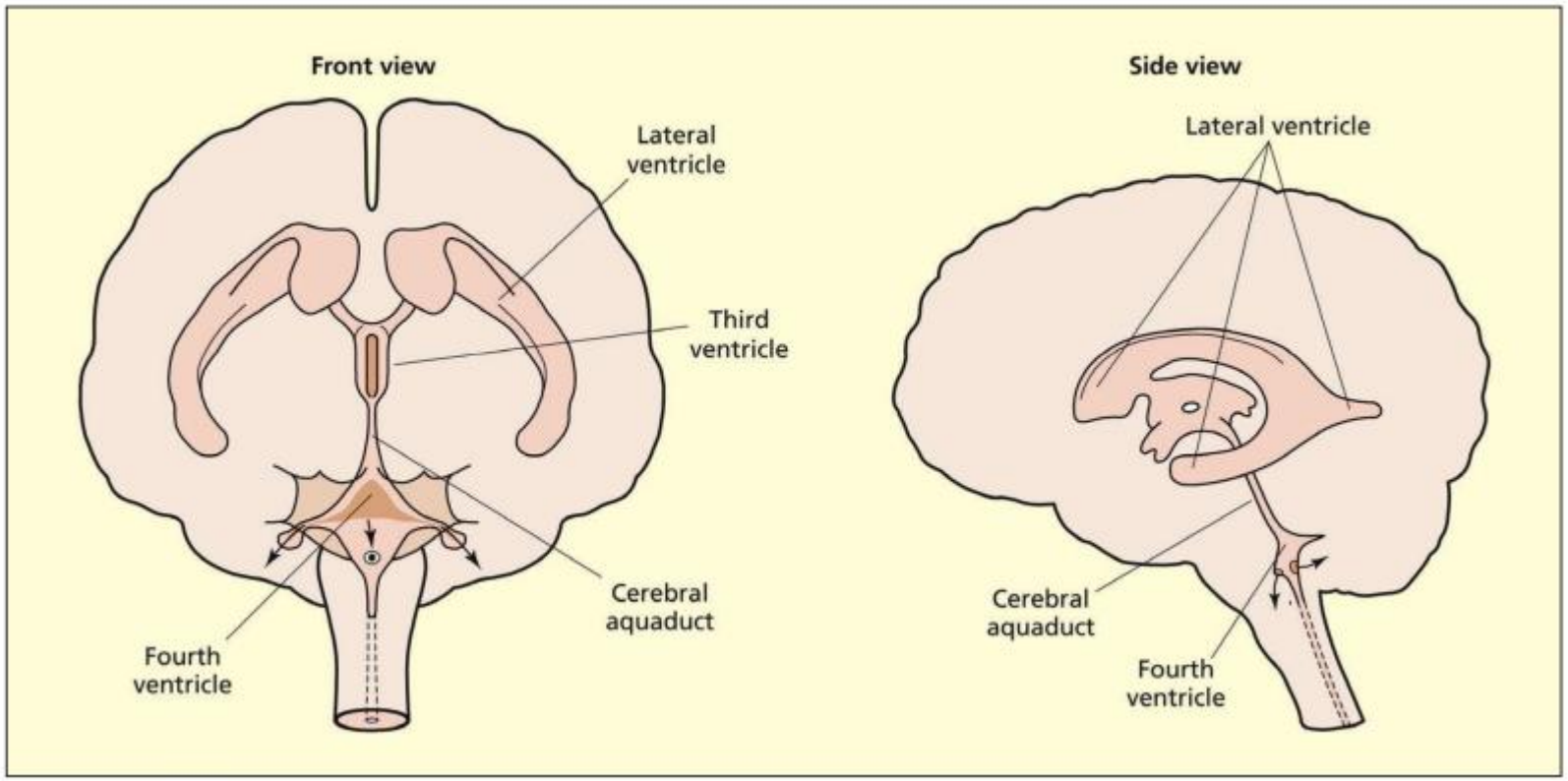




ماده خاکستری عمدتا از جسم سلولی نورون‌ها، پایانه‌های آکسونی و دندریت‌ها تشکیل شده است.


GRAY MATTER
WHITE MATTER
40%
OF THE BRAIN
60%
OF THE BRAIN
CONTAINS MOST OF THE BRAINS NEURONAL CELL BODIES
FULLY DEVELOPS ONCE A PERSON REACHES HIS/HER 20'S
CONDUCTS, PROCESSES, AND SENDS INFORMATION TO VARIOUS PARTS OF THE BODY.
MADE UP OF BUNDLES WHICH CONNECT VARIOUSGRAY MATTER AREAS
DEVELOPS THROUGHOUT THE 20'S AND PEAKS IN MIDDLE AGE
INTERPRETS SENSORY INFORMATION FROM VARIOUS PARTS OF THE BODY.

بطن‌های مغز و
مایع مغزی نخاعی (CSF)

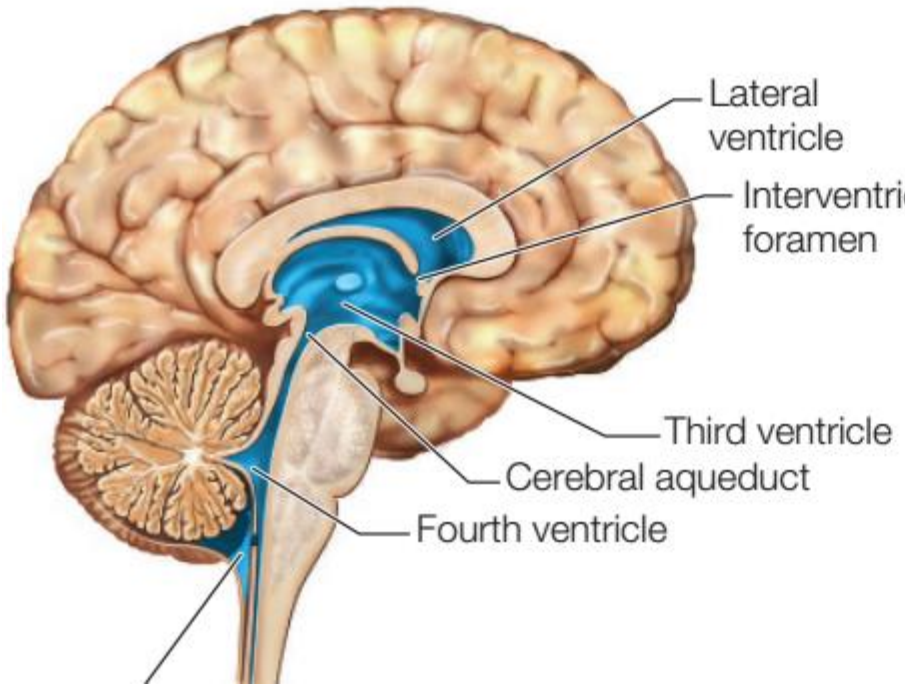


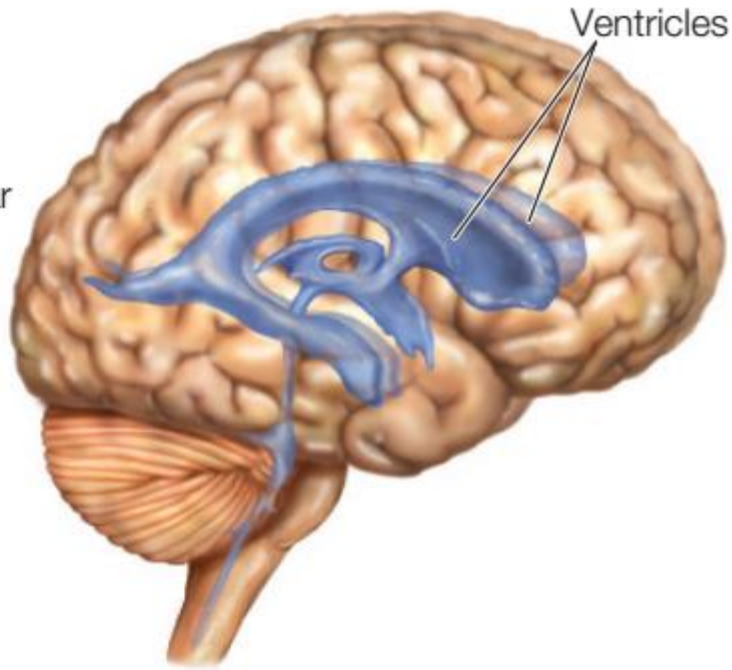
اتاق‌های توخالی مغز

حاوی مایع مغزی نخاعی

- بطن های جانبی در هر نیمکره
- بطن سوم در مرکز، اطراف ساختارهای زیر قشری
- بطن چهارم در ساقه مغز

بطن‌های مغز و مایع مغزی نخاعی

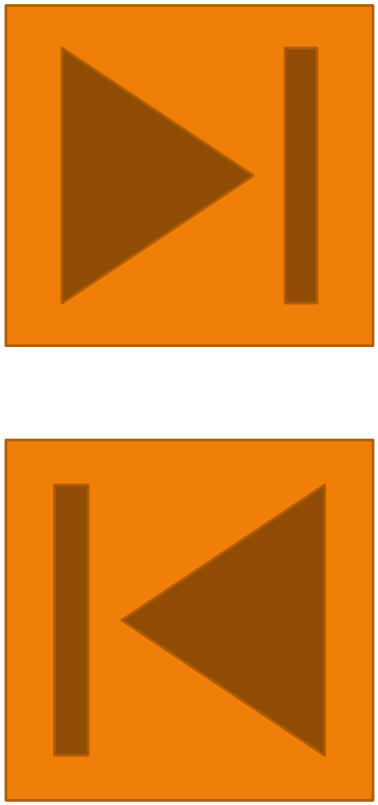




(a) Midsagittal section, showing the medial surface of the left hemisphere. (b) Transparent brain, showing the ventricular system in 3-D view.

- CSF متابولیت های زائد را حمل می‌کند،
- یک بالشتک محافظ برای مغز فراهم می کند:
- از آن در مقابل فشار و ضربات محافظت می‌کند.

فیلم برش دو نیمکره

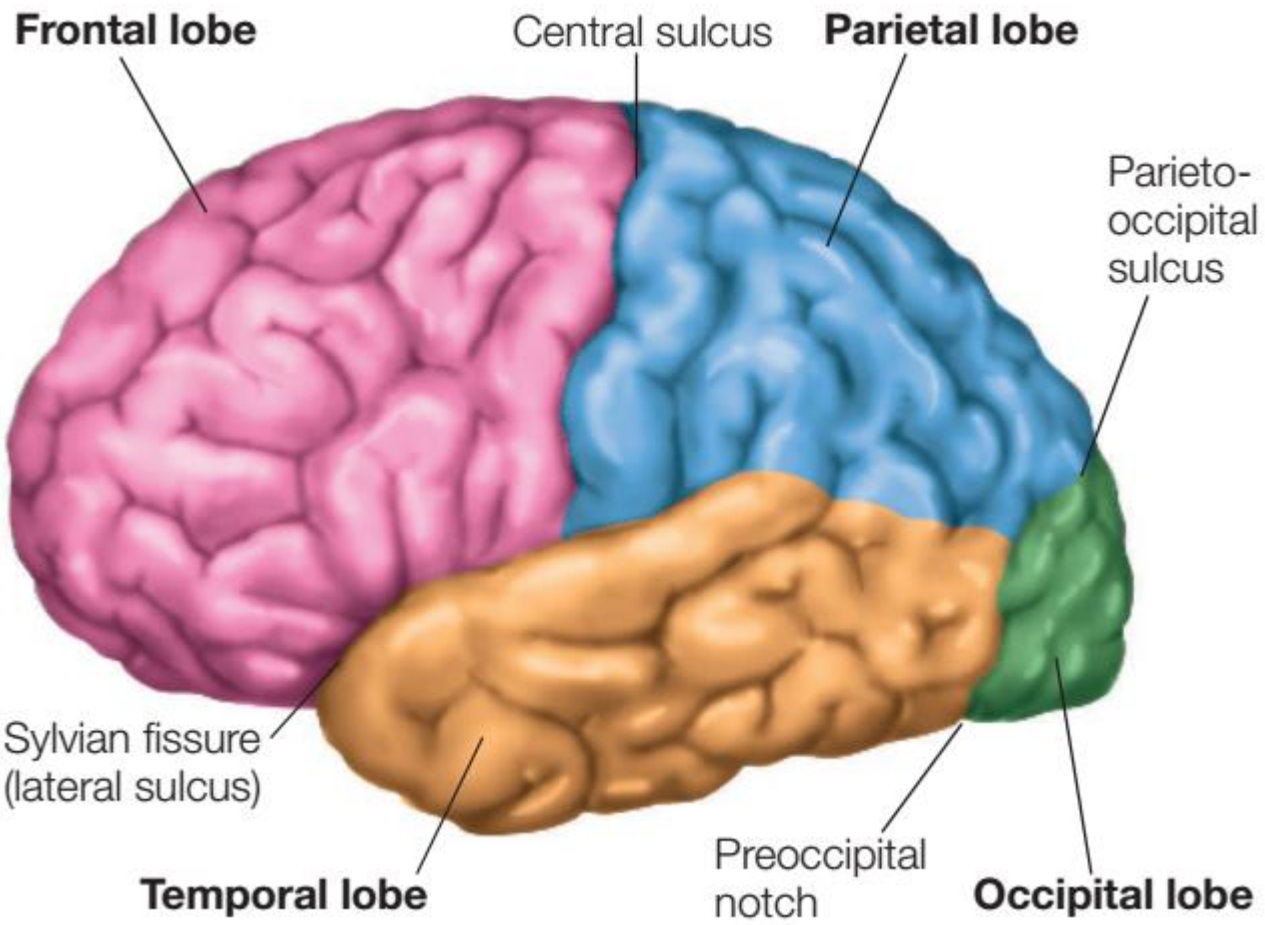


ساختار کلی قشر مخ

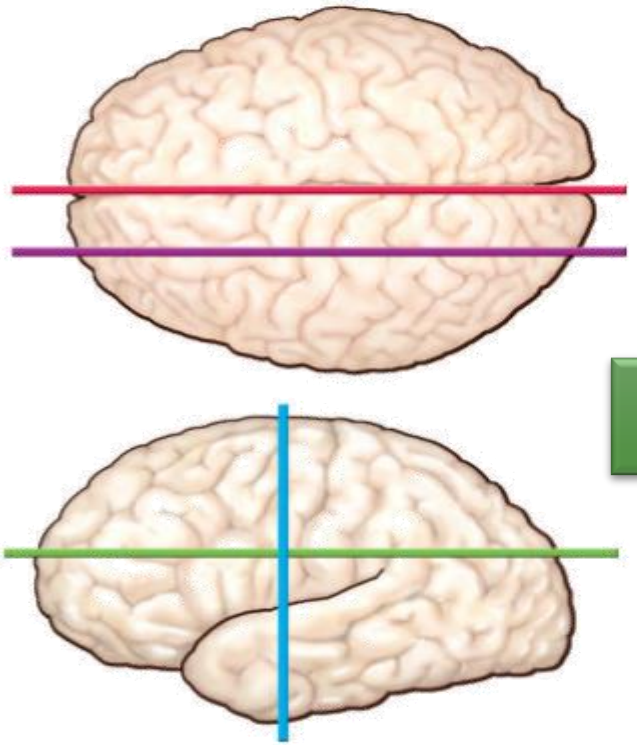
fissure: شکاف

sulcus: شیار

gyrus: شکنج



صفحات عمودی برش مغز

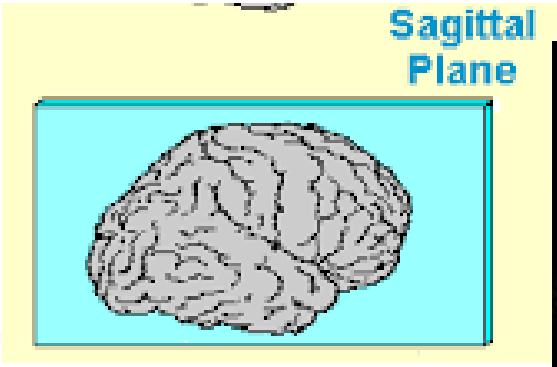


برش سهمی

Sagittal sections:

Midsagittal section

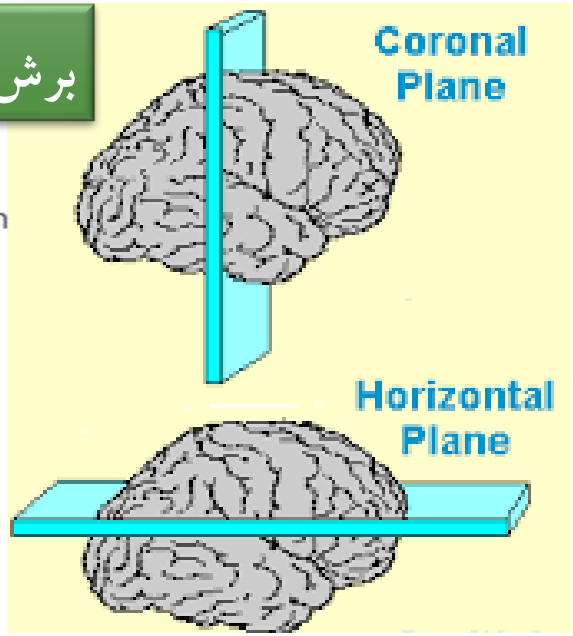
Lateral sagittal section

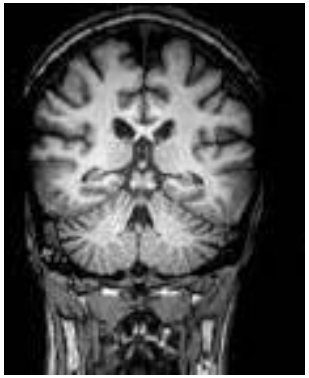


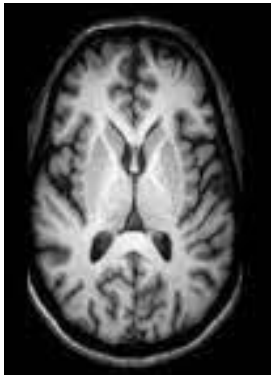


برش افقی یا عرضی

Axial, transverse,
or horizontal section

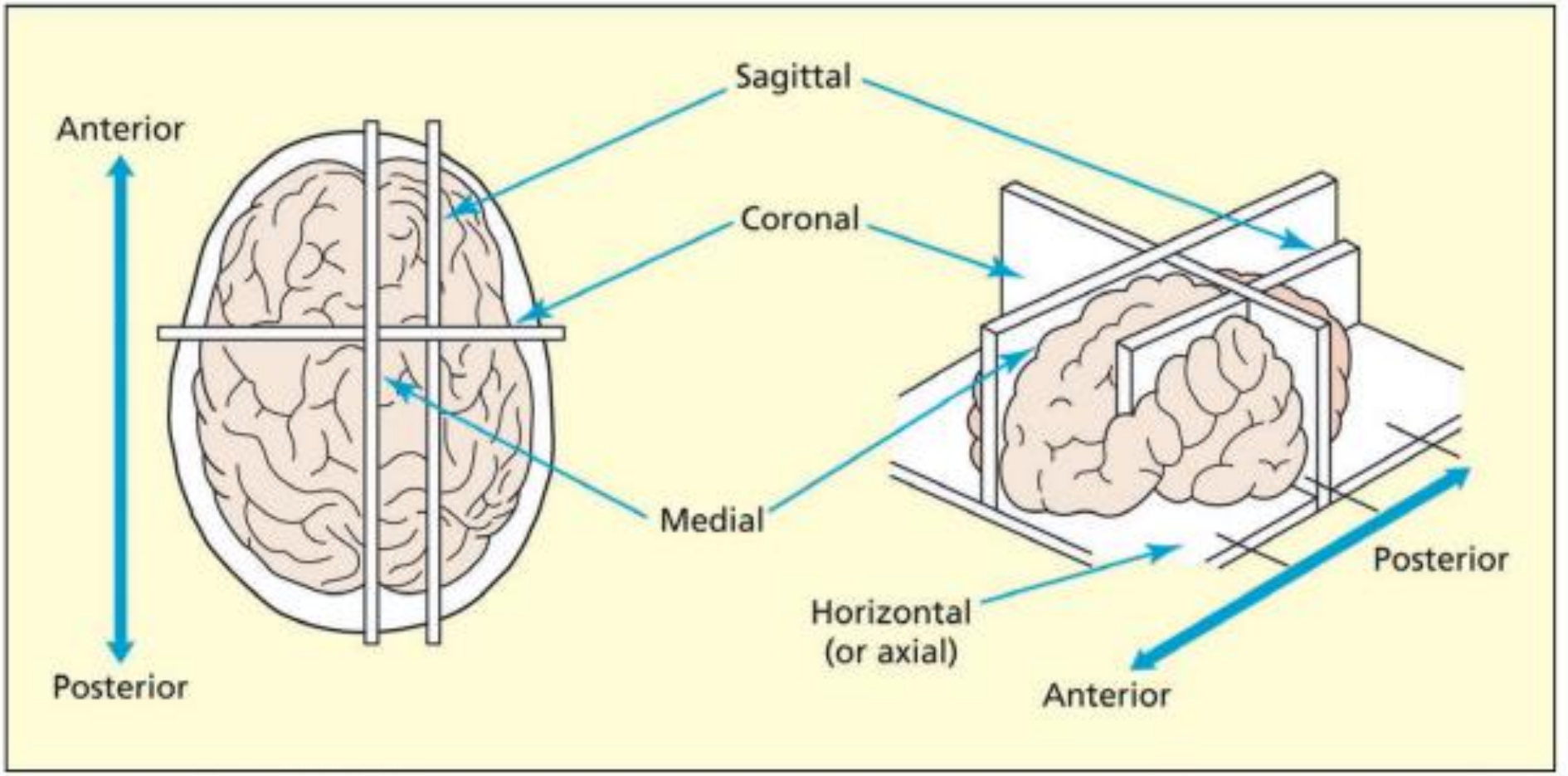




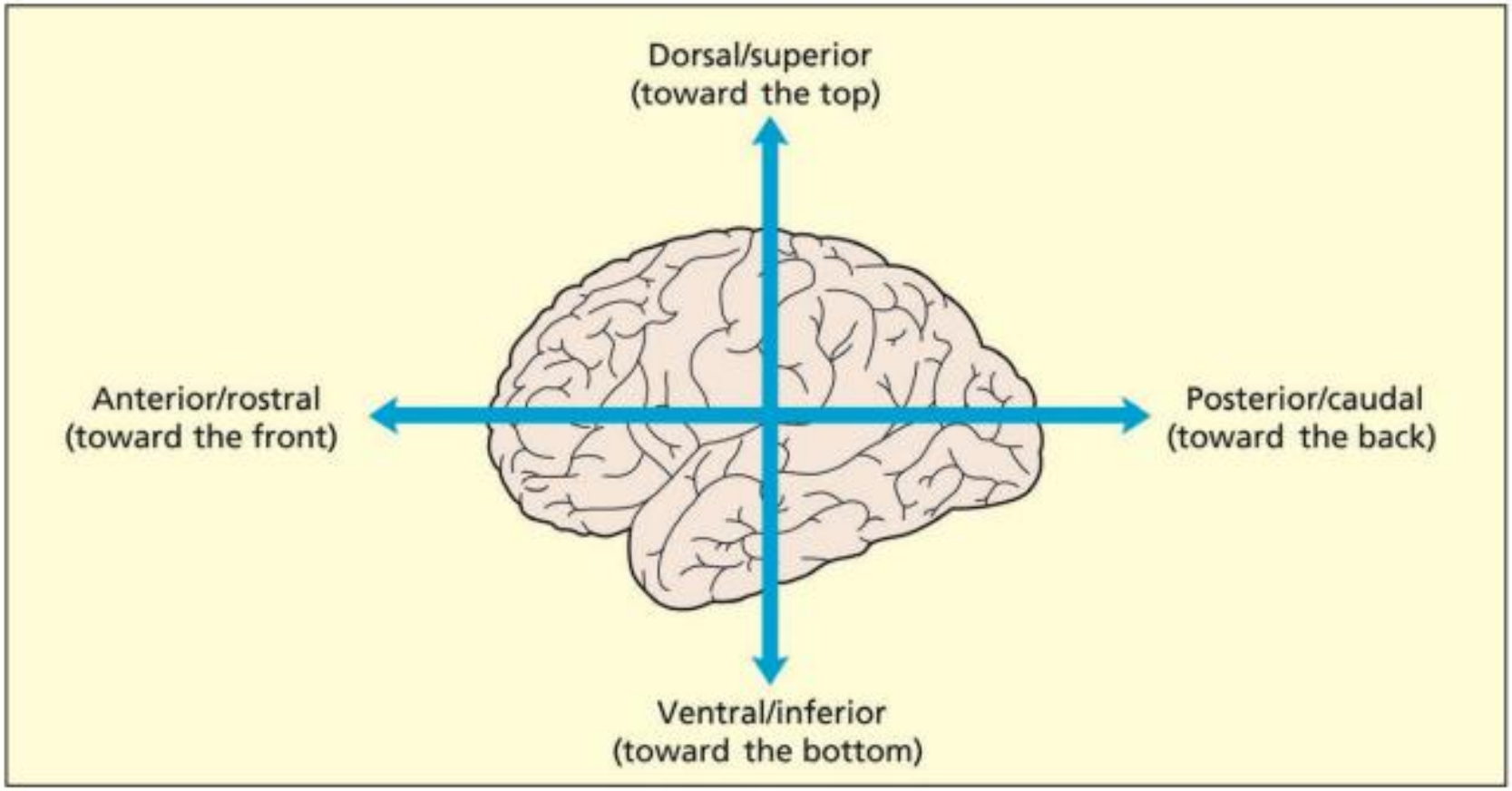


برش تاجی

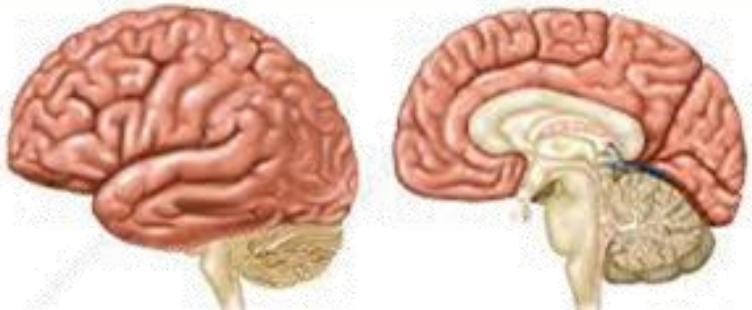
صفحات عمودی برش مغز



جهت‌های آناتومیکی مغز

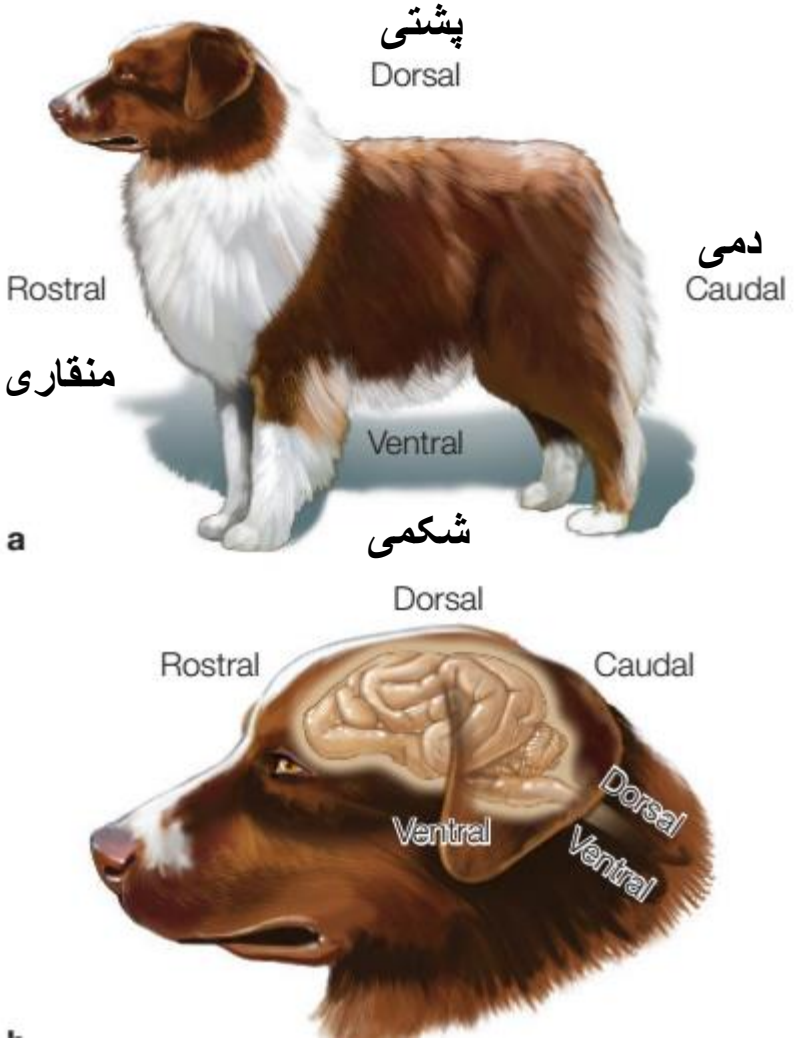


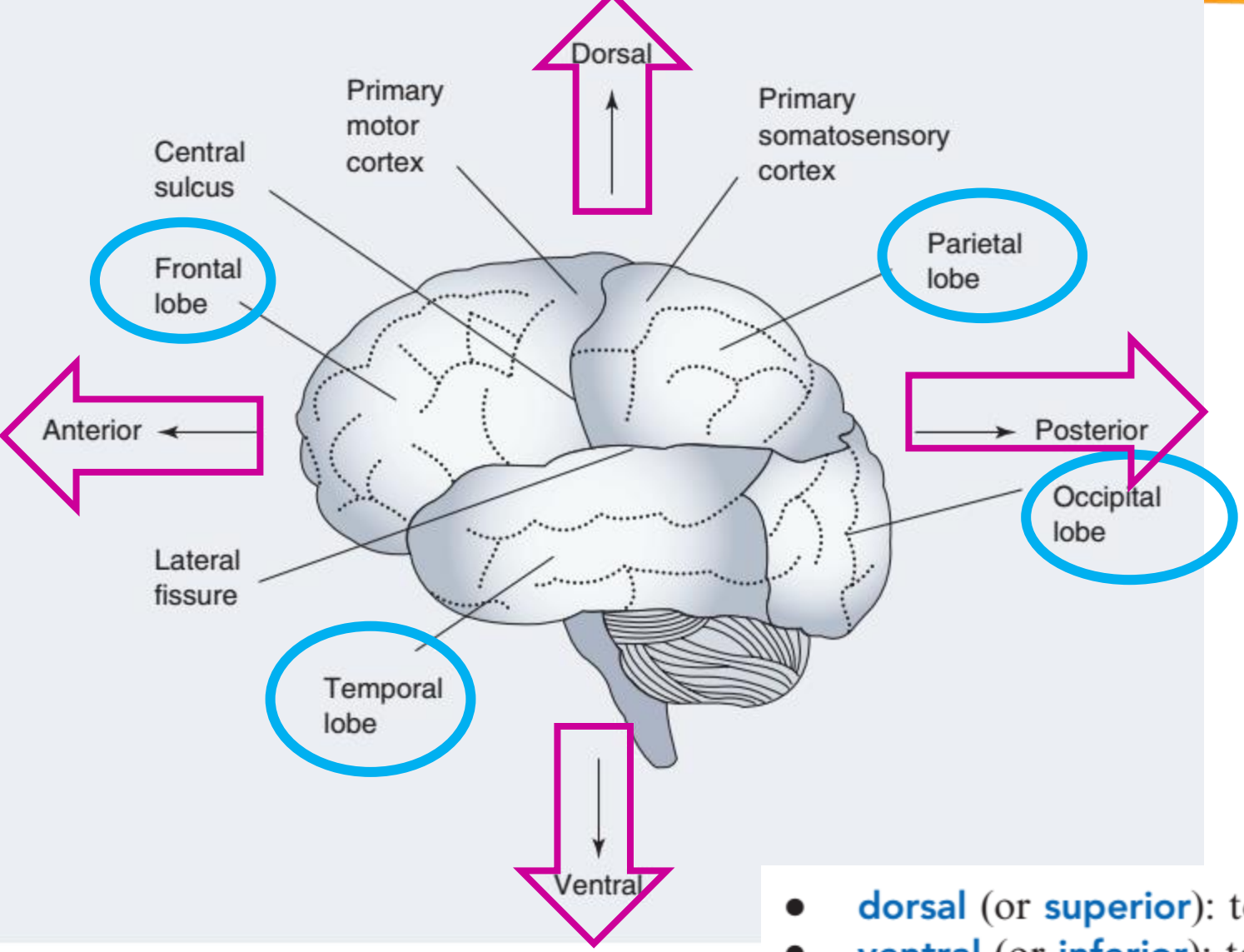
Lateral
(referring to the outer surface of the brain)



medial
(referring to the central regions)

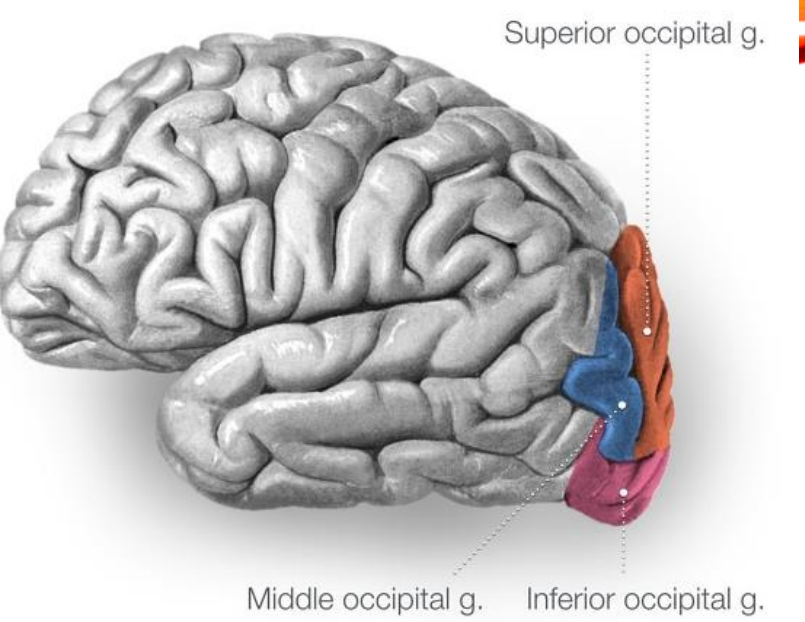
جهت‌های آناتومیکی مغز

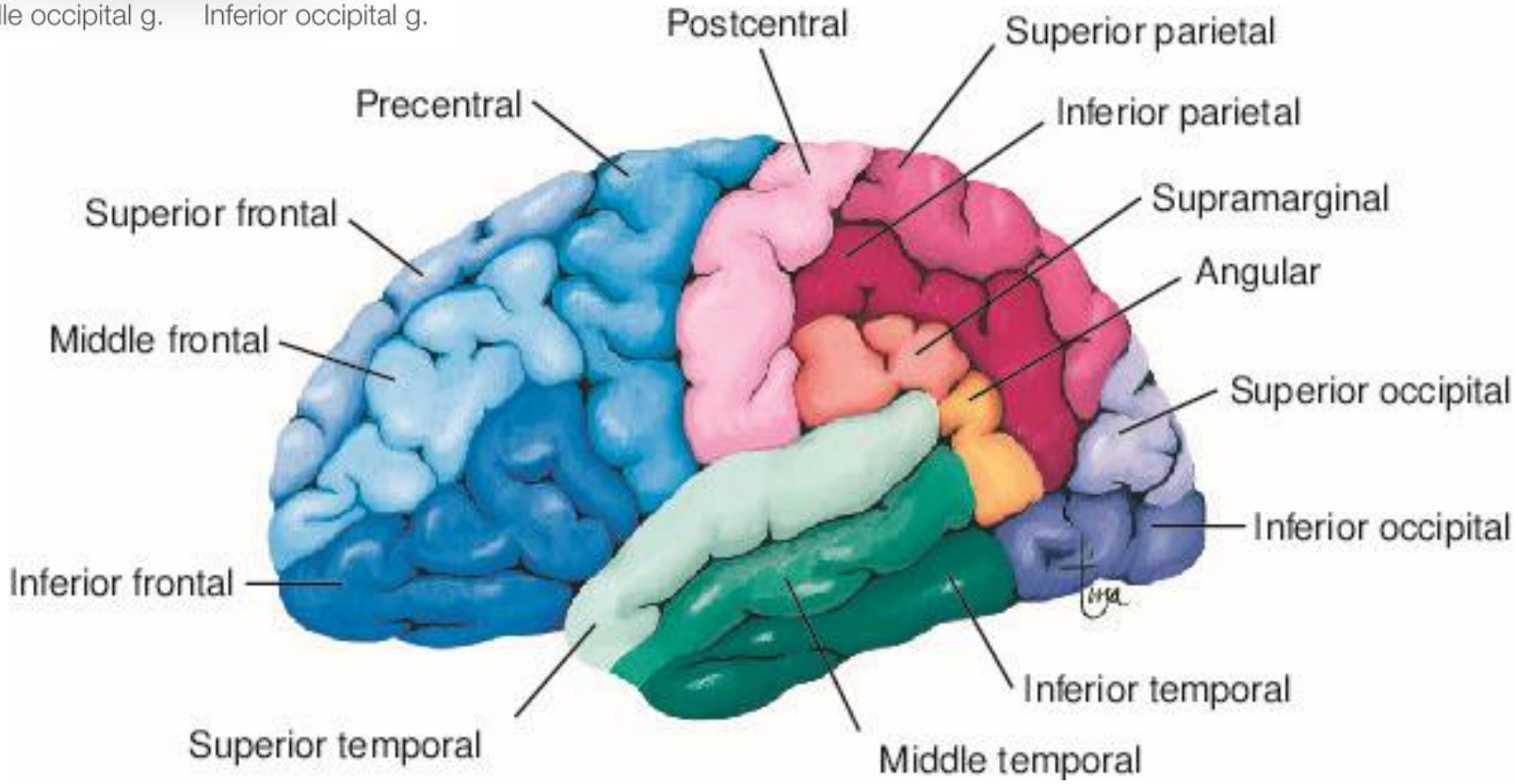




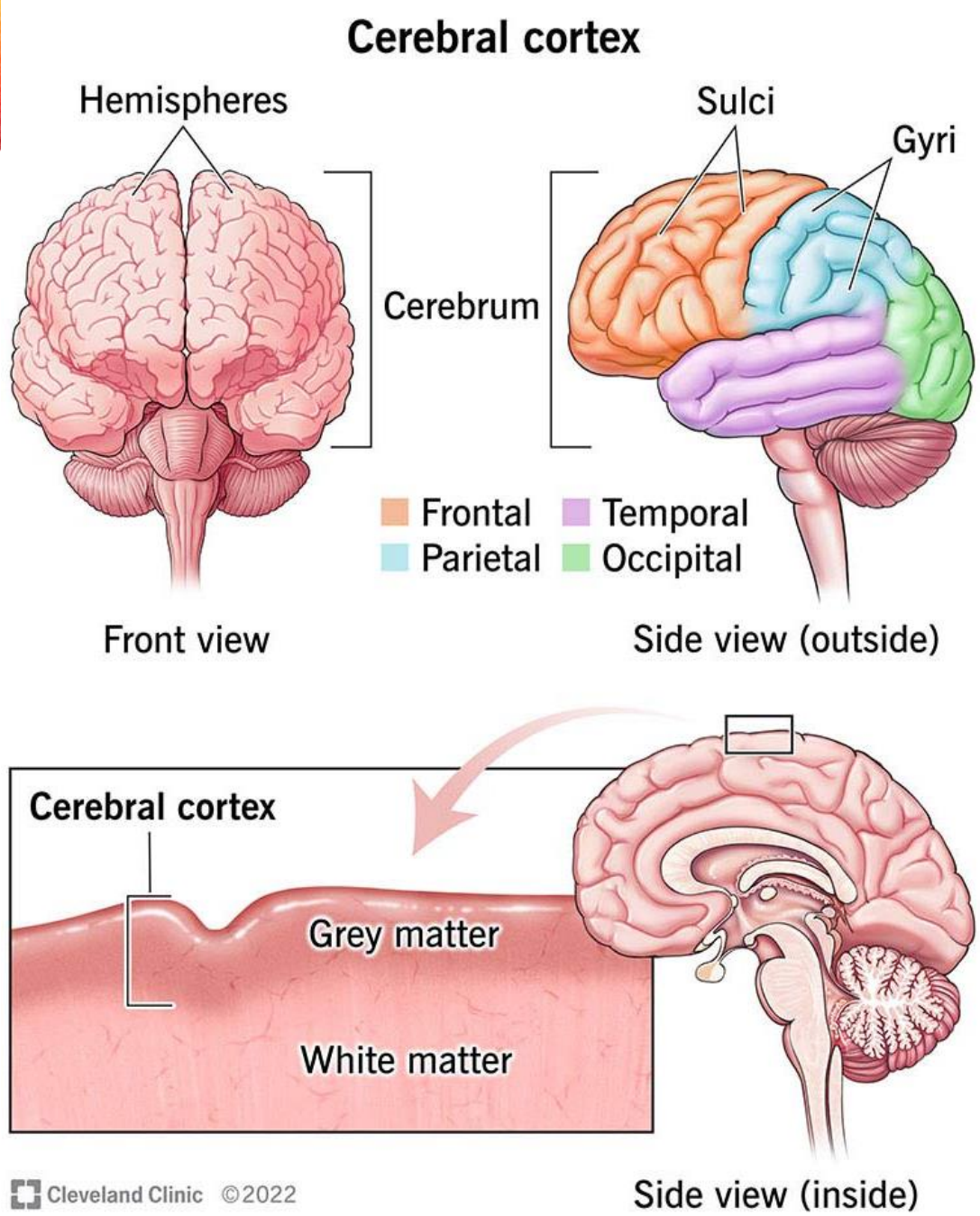
- **dorsal** (or **superior**): towards the top
- **ventral** (or **inferior**): towards the bottom
- **anterior** (or **rostral**): towards the front
- **posterior**: towards the back
- **lateral**: situated at the side
- **medial**: situated in the middle.

زیر نواحی لوب‌ها





قشر مخ



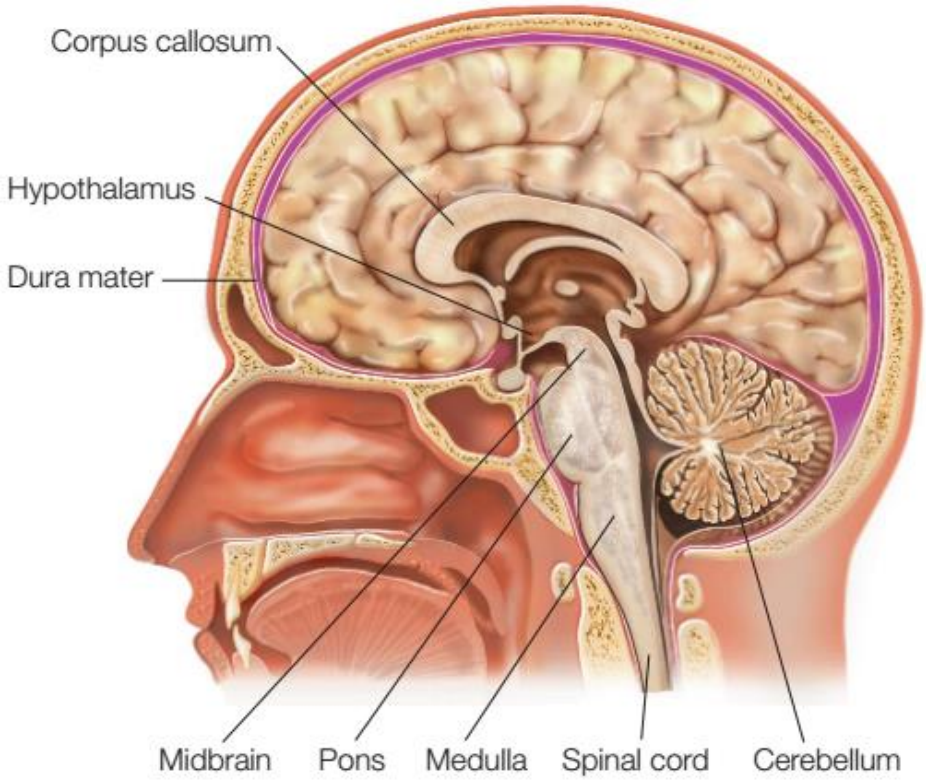
- از دو پهنه تا شده از ماده خاکستری تشکیل شده است.
  - دو نیمکره (چپ و راست)
- سطح قشر به طور فزاینده‌ای با رشد تکاملی بیشتر به هم تابیده شده است.
  - نسبت سطح به حجم بالا
- دارای سطوح برجسته (شکنج) و چین‌ها (شیار).
- حدود ۳ میلی متر ضخامت دارد.

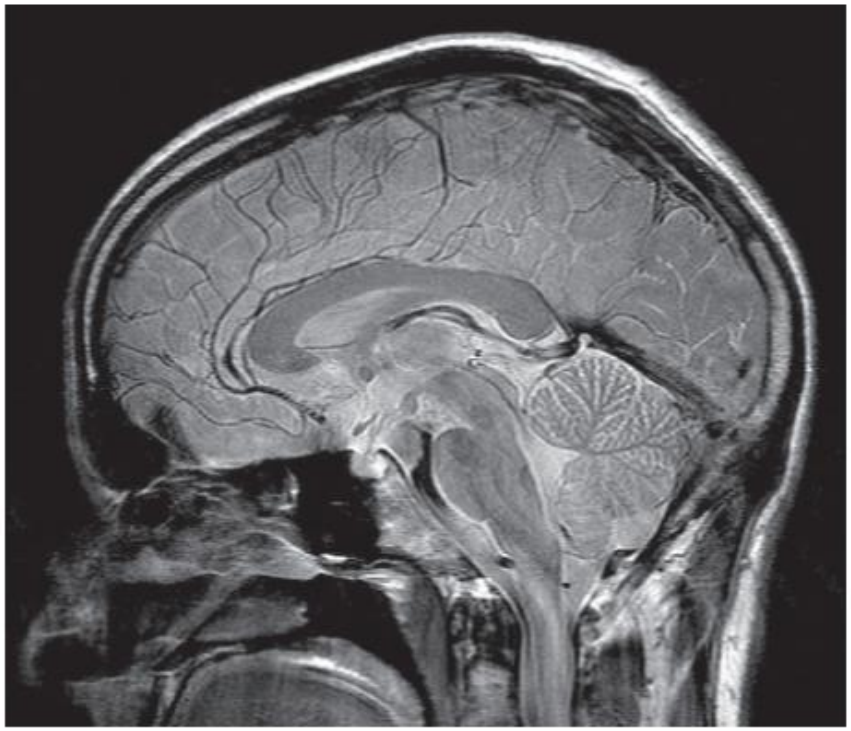
نمای میانی (داخلی)



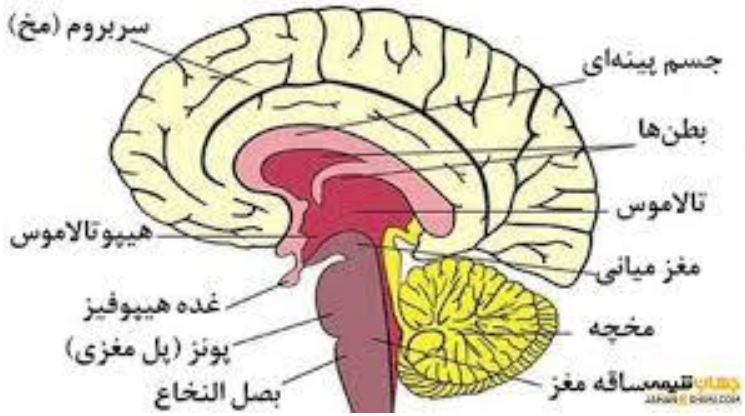


نمای میانی (داخلی)

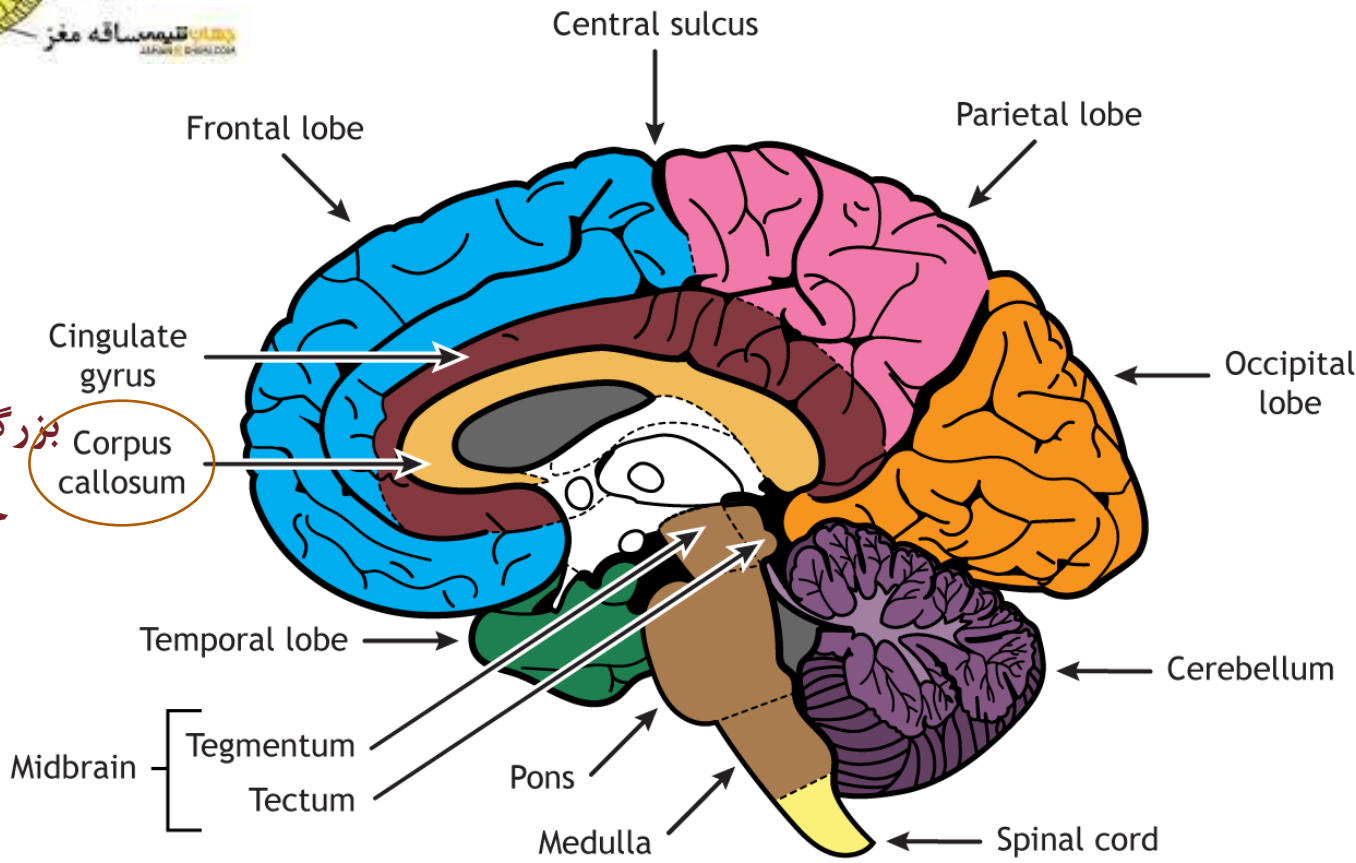




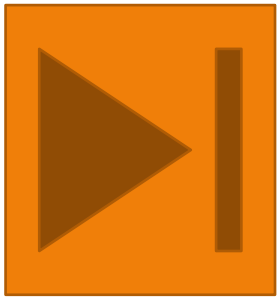
نمای میانی (داخلی)



بزرگترین ساختار ماده سفید در مغز با حدود ۲۵۰ میلیون رشته عصبی

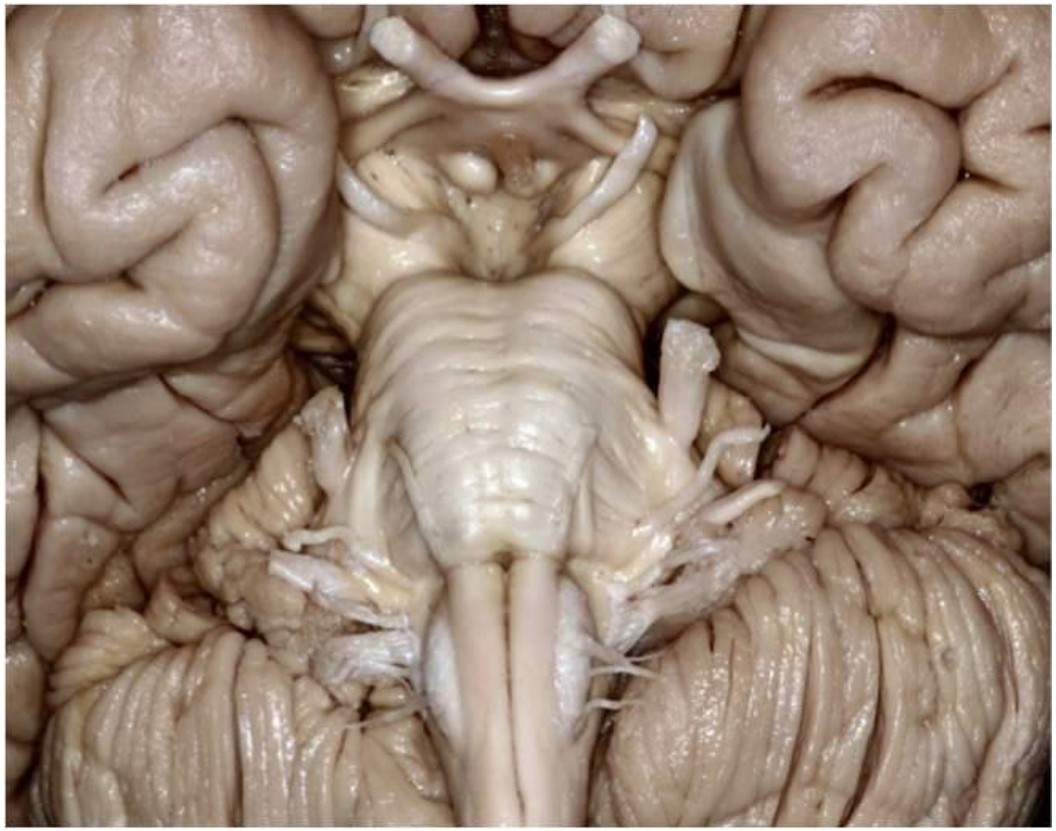


فیلم نمای میانی مغز



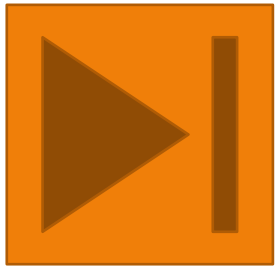
نمای شکمی:

مخچه و ساقه مغز





فیلم نمای شکمی مغز

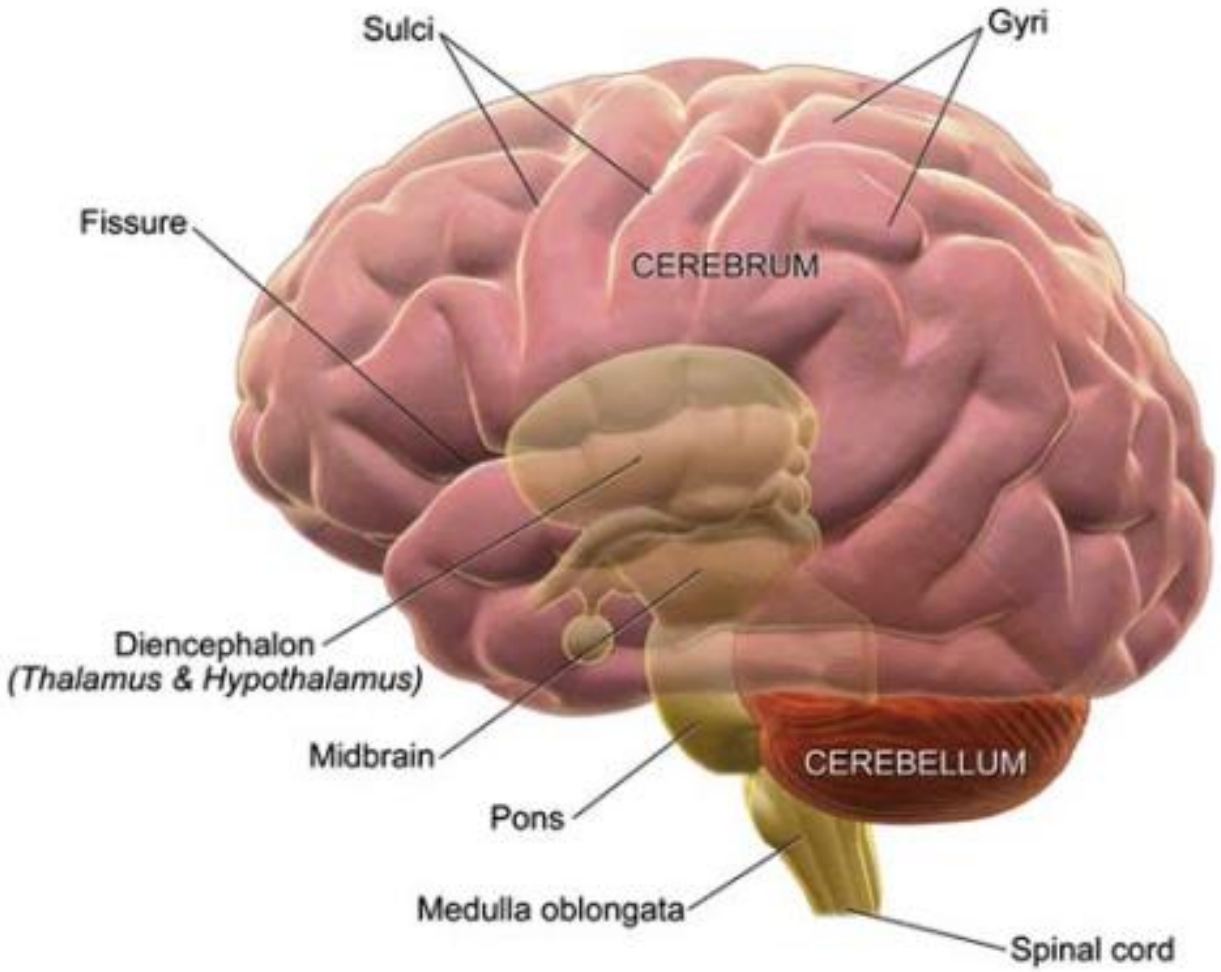


نمایی سلسله مراتبی از سیستم عصبی مرکزی

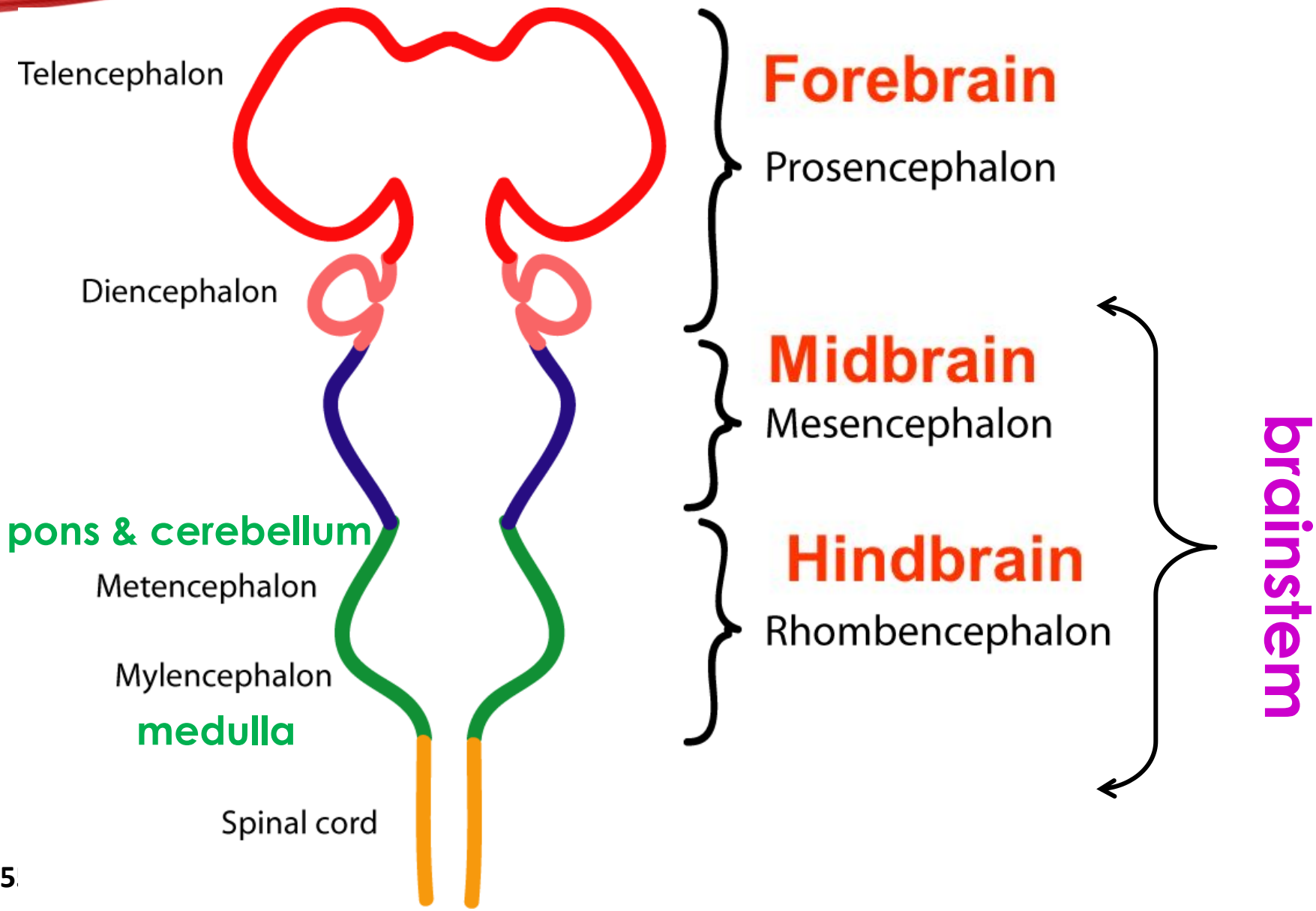


جدید

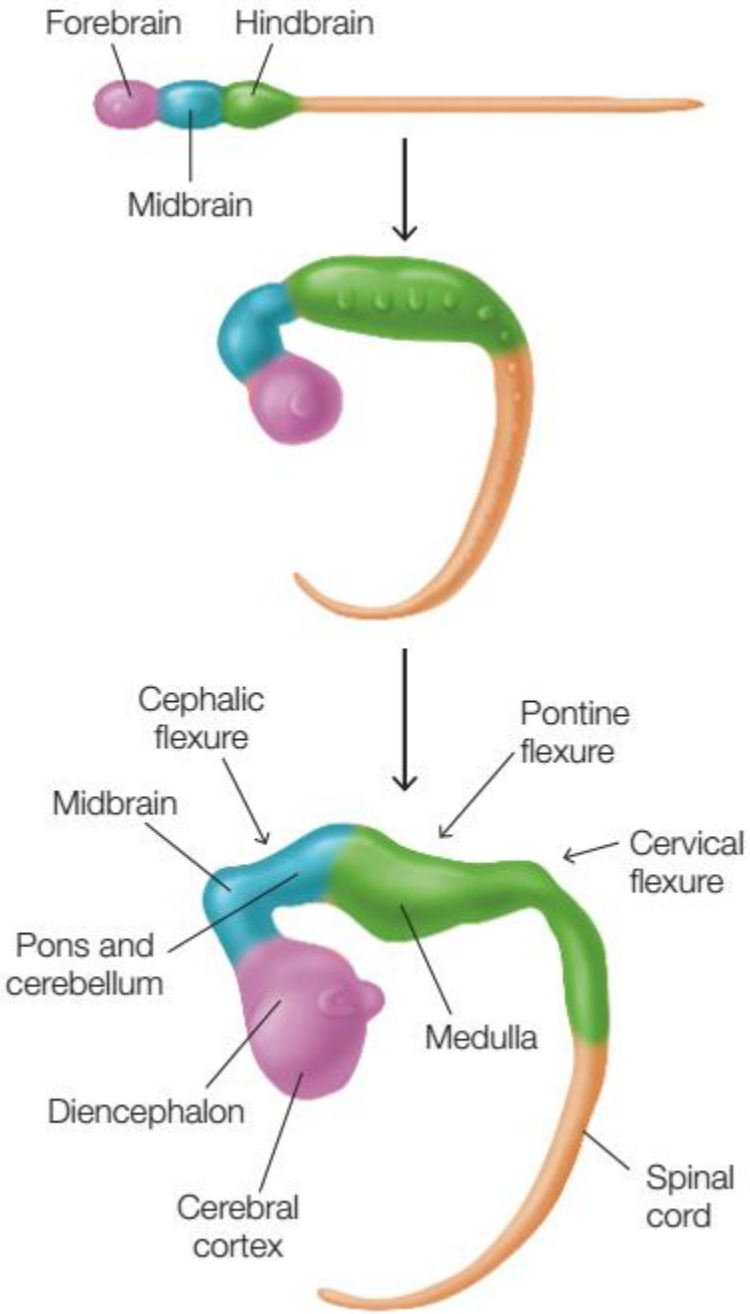
قدیم


Sulci
Gyri
Fissure
CEREBRUM
Diencephalon
(Thalamus & Hypothalamus)
Midbrain
CEREBELLUM
Pons
Medulla oblongata
Spinal cord

تکامل مغز

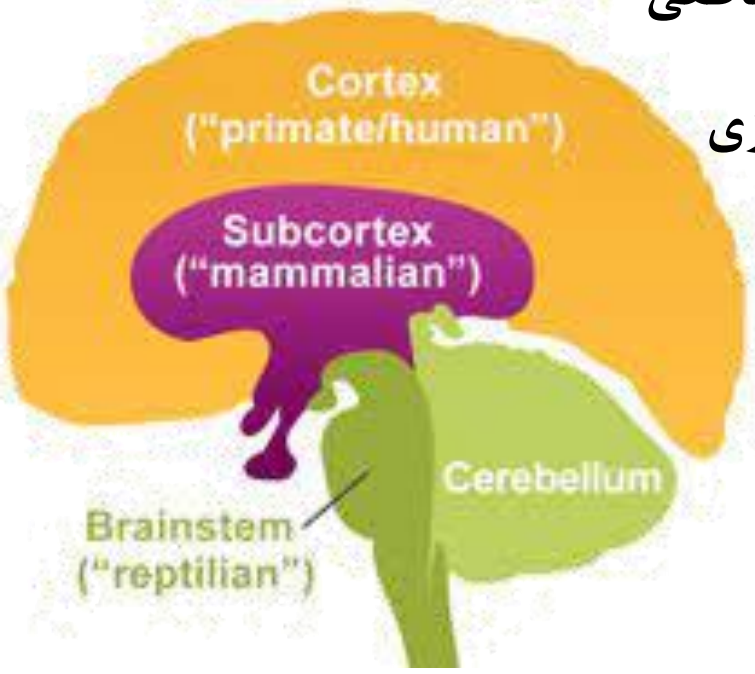

Telencephalon
Diencephalon
pons & cerebellum
Metencephalon
Mylencephalon
medulla
Spinal cord
Forebrain
Prosencephalon
Midbrain
Mesencephalon
Hindbrain
Rhombencephalon
brainstem

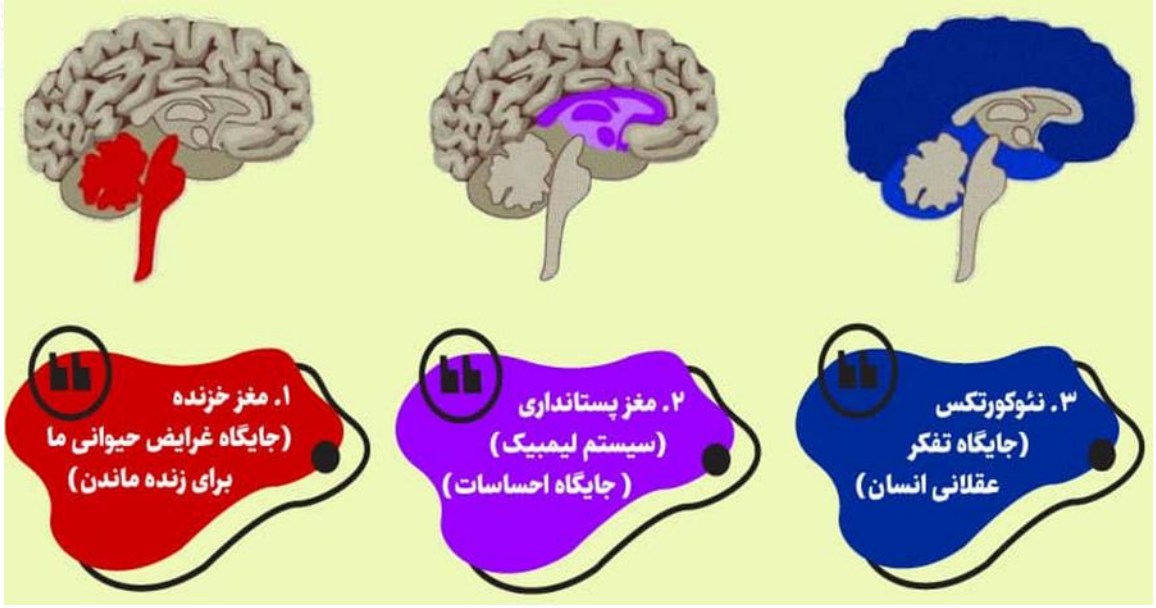
تکامل مغز


Forebrain
Hindbrain
Midbrain
Cephalic flexure
Pontine flexure
Midbrain
Cervical flexure
Pons and cerebellum
Medulla
Diencephalon
Cerebral cortex
Spinal cord

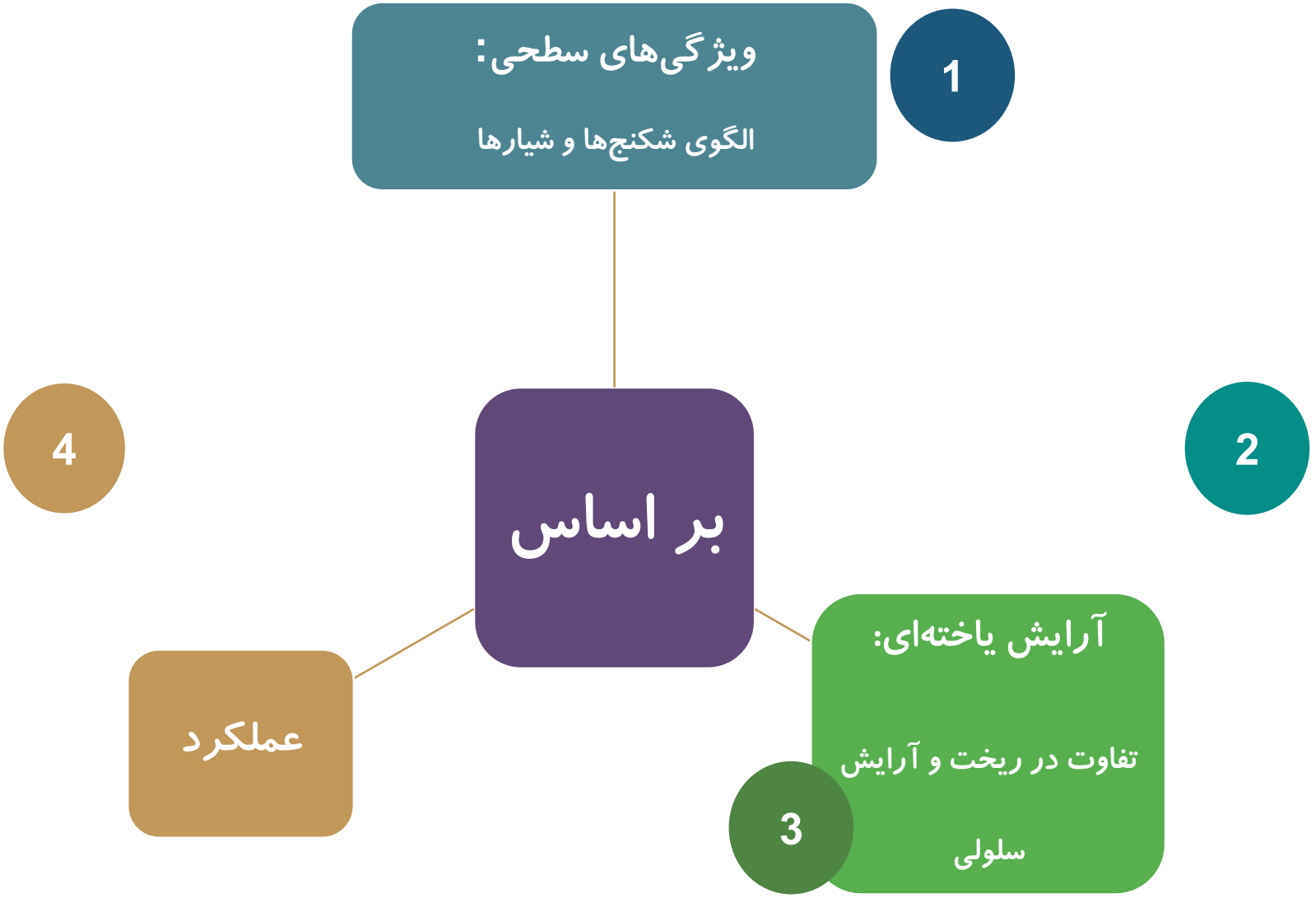
تکامل مغز

- **Forebrain**: مغز جدید/ قشر /مغز انسان/ مغز منطقی و متفکر
- **Midbrain**: مغز میانی/ زیر قشر/ مغز پستانداری/ مغز عاطفی
- **Hindbrain**: مغز قدیم/ ساقه مغز/ مغز خزنده/ مغز غریزی

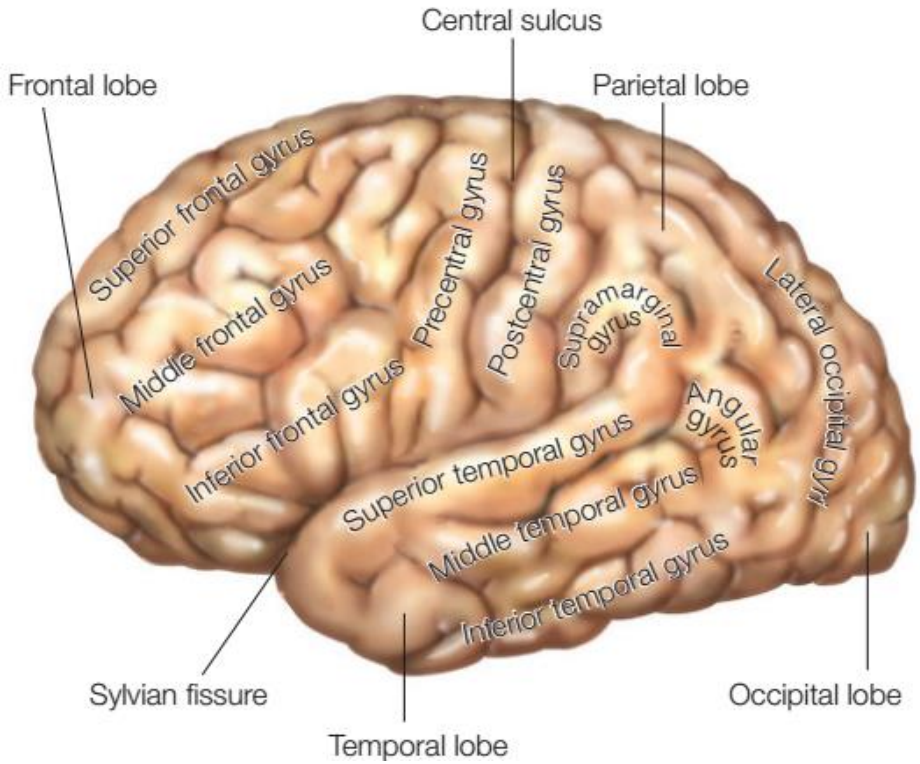


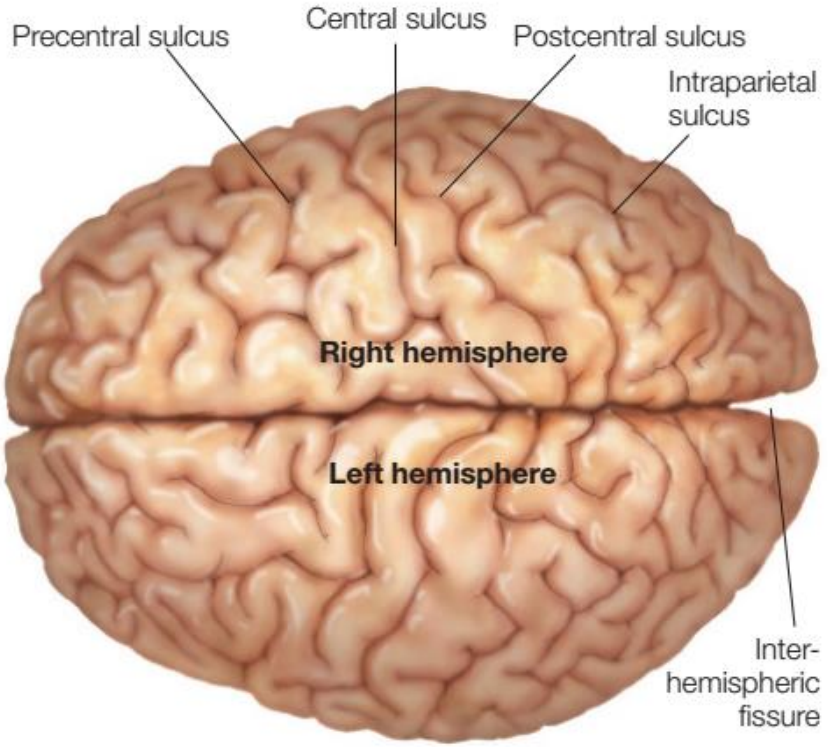


تقسیم‌بندی قشر



۱– الگوی شکنج‌ها و شیارها

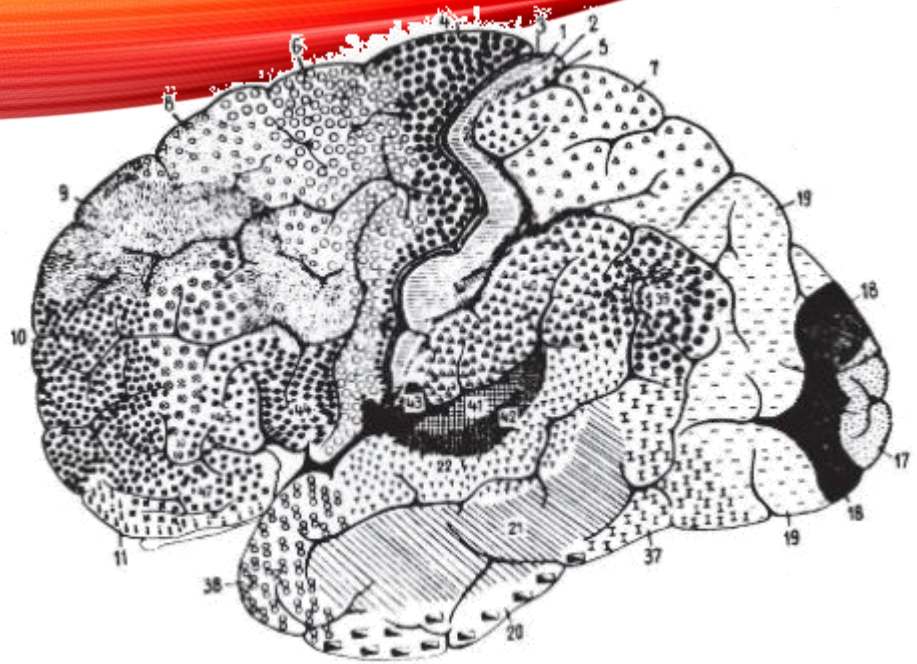


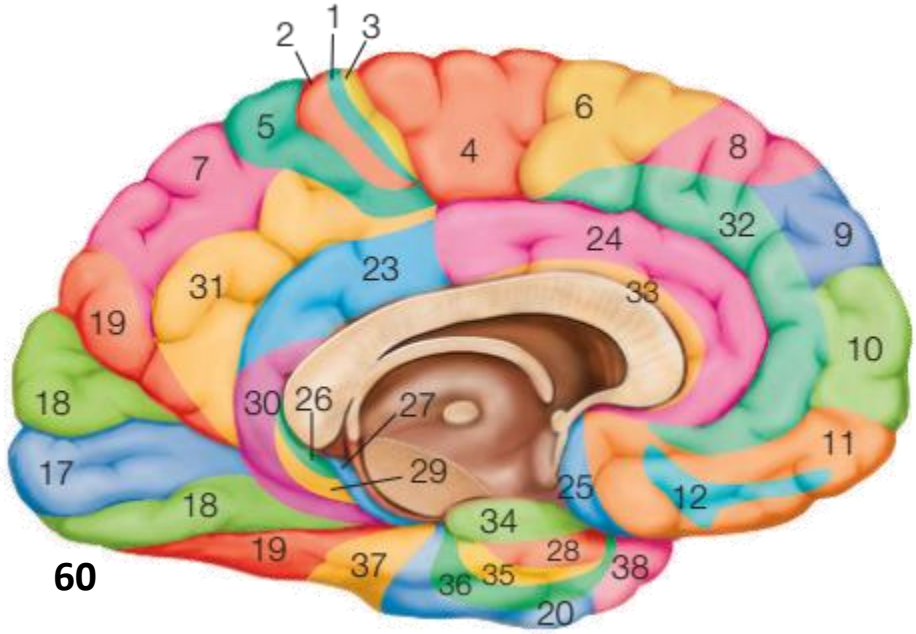


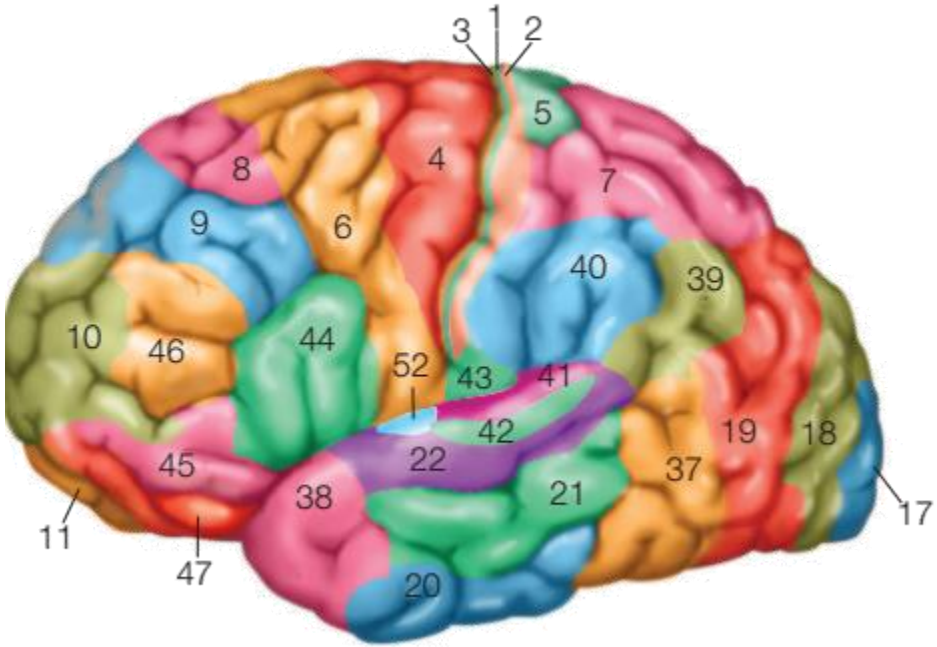
۲– معماری سلولی

نواحی برودمن (اوایل قرن ۲۰)

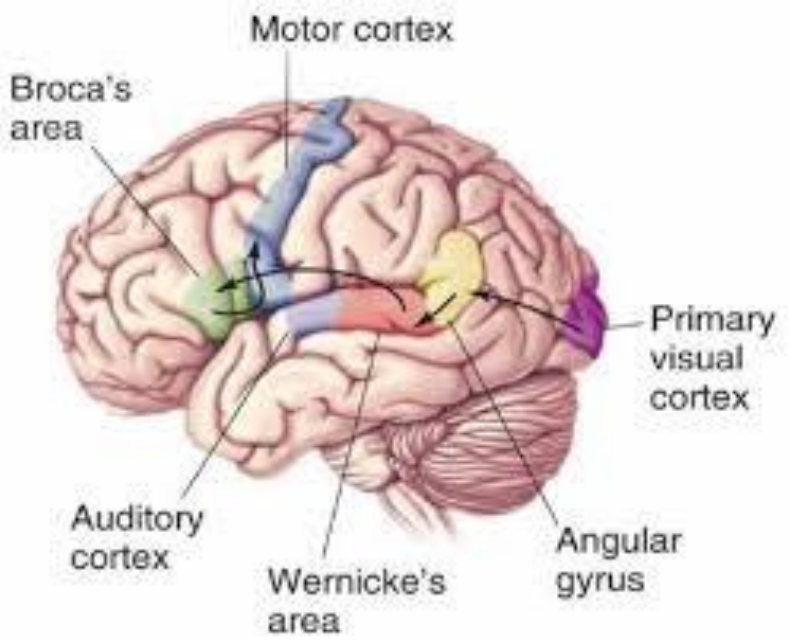
- بر اساس میکروآناتومی سلول‌ها و آرایش آنها – یعنی معماری عصبی میکروسکوپی مغز







۳- تخصص عملکردی



- نورون‌هایی که به نوع مشابهی از اطلاعات پاسخ می‌دهند، در غالب یک گروه، منجر به تخصصی شدن عملکردی مناطق مغز می‌شوند.
  - اولین شواهد: بروکا؛ تولید و درک زبان

- ادعای برخی بیماران هنگام تحریکِ قشر(پنفیلد و همکاران (۱۹۲۸-۱۹۴۷)):
  - لوب پس سری: "ستاره‌ای به سمت بینی من پایین آمد."
  - ناحیه‌ای در نزدیکی شیار مرکزی: "آن انگشتان و شست من پرش کردند."
  - لوب گیجگاهی: "من دوباره موسیقی را شنیدم. مثل رادیو است.»

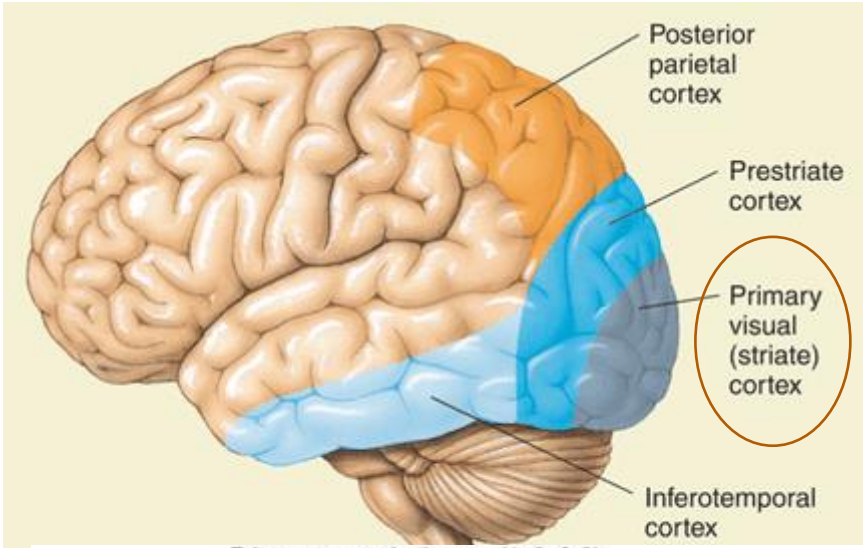
آیا بین تقسیم بندی‌های قشر بر اساس معیارهای گفته شده تناظر یک به یک وجود دارد؟

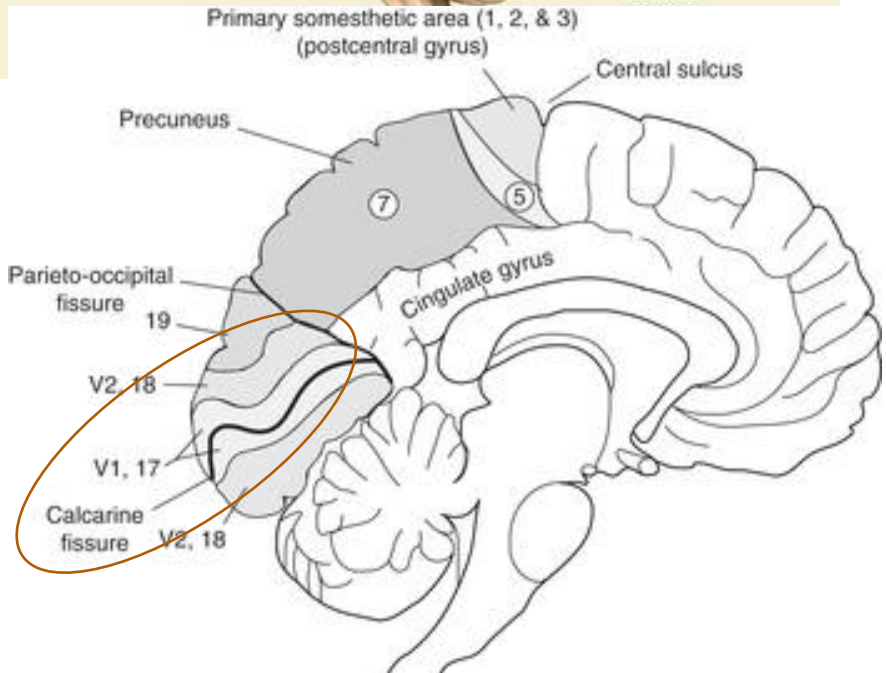
- نواحی اولیه بینایی، شنوایی، حسی تنی و حرکتی از نظر معماری سلولی و البته عملکردی بسیار متمایز هستند.
- تنها در برخی موارد، زیربخش های آناتومیکی قشر مغز به عملکردهای نسبتاً خاص مرتبط می‌شوند:

ویژگی‌های سطحی	معماری سلولی	عملکرد
شکنج پیش مرکزی	BA4	قشر حرکتی اولیه
قشر کلکارین	قشر مخطط BA17	قشر بینایی اولیه
شکنج دوکی شکل	؟؟	تشخیص چهره

- نسبت دادن عملکردهای منحصر به فرد به نواحیِ قشریِ بالاتر سخت تر و گاهی غیرممکن است.

مثال: انواع نامگذاری قشر اولیه بینایی





1. برودمن: *BA17*
2. آرایش یاخته‌ای: *قشر مخطط*

(به دلیل نوار بسیار واضح ***striate***

میلین در مقاطع عرضی این قشر)

3. آناتومی: ***calcarine cortex***

(قشری که شکاف کلکارین را احاطه

کرده)

4. عملکردی: *قشر بینایی اولیه* (V1:

visual area 1)

آناتومی عملکردی قشر

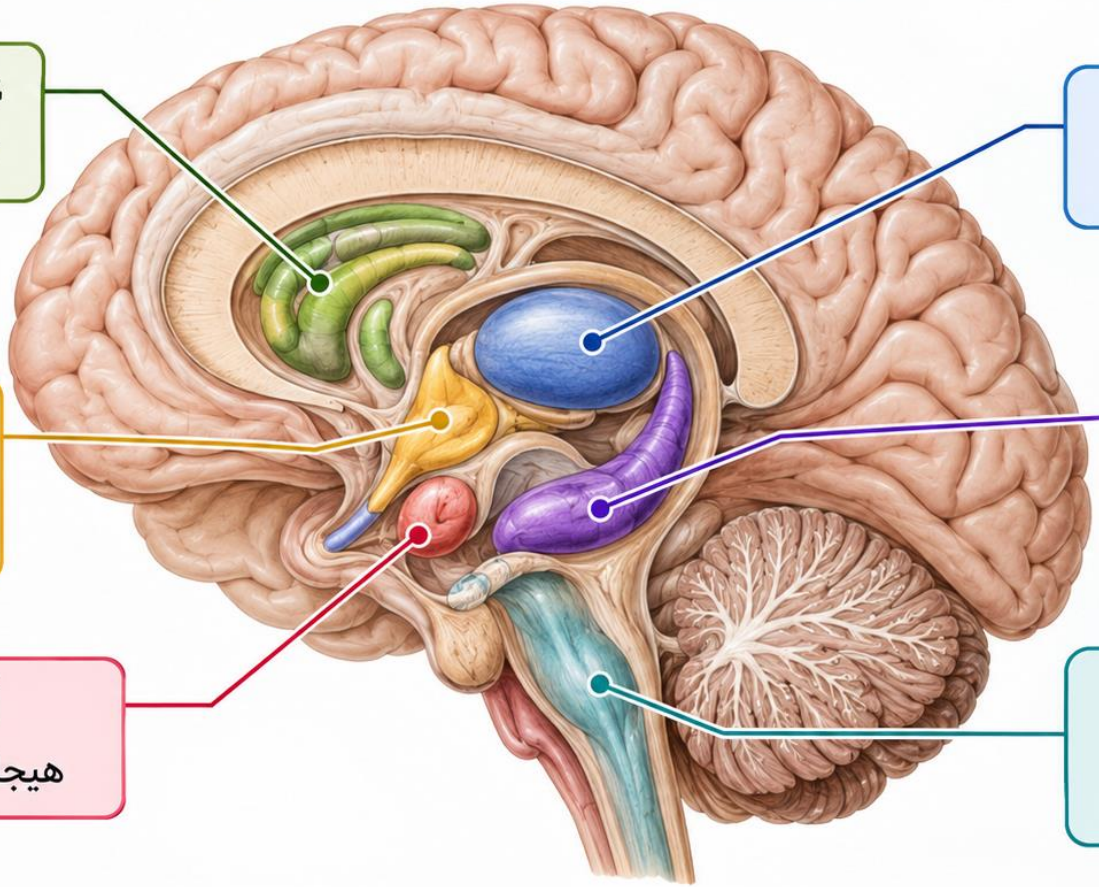
- THE FRONTAL LOBE: MOTOR CORTEX
- THE PARIETAL LOBE: SOMATOSENSORY AREAS
- THE OCCIPITAL LOBE: VISUAL PROCESSING AREAS
- THE TEMPORAL LOBE: AUDITORY PROCESSING AREAS

ایده‌ی پردازش توزیعی

- پایه‌ای ترین کارکردهای شناختی توسط یک ناحیه خاص مغز پردازش می‌شود.
- کارکردهای پیچیده‌تر حاصل ارتباط و تعامل چند ناحیه است.
- به طور معمول، سیستم‌های شناختی از شبکه‌هایی تشکیل شده‌اند که اجزای سازنده آن در لوب‌های مختلف قشر قرار دارند.
- بیشتر عملکردهای مغز – چه حسی، حرکتی یا شناختی – بر هر دو بخش قشر و زیر قشر متکی هستند.

زیر قشر

اجزای زیرقشری مغز



عقده‌های قاعده‌ای
کنترل حرکت و عادت‌ها

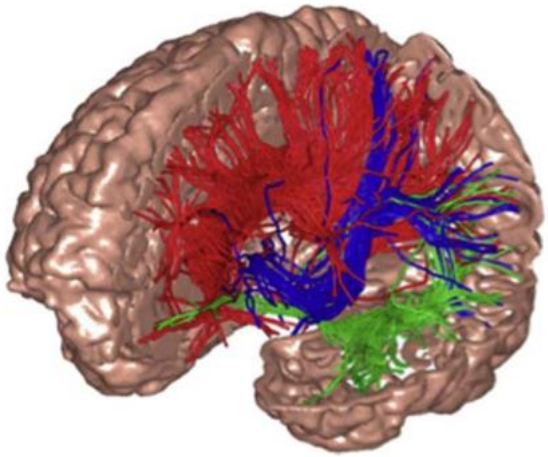
تالاموس
رلهٔ حسی و حرکتی

هیپوتالاموس
همئوستازی و تنظیم هورمونی

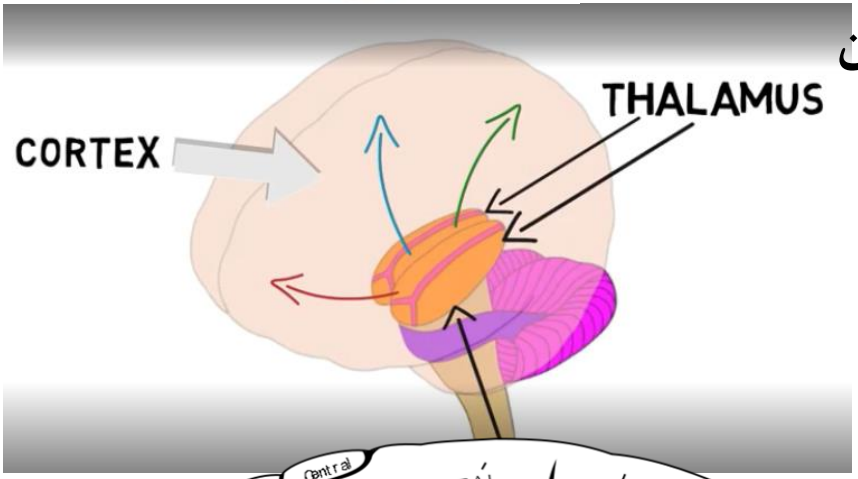
هیپوکامپ
حافظه و یادگیری

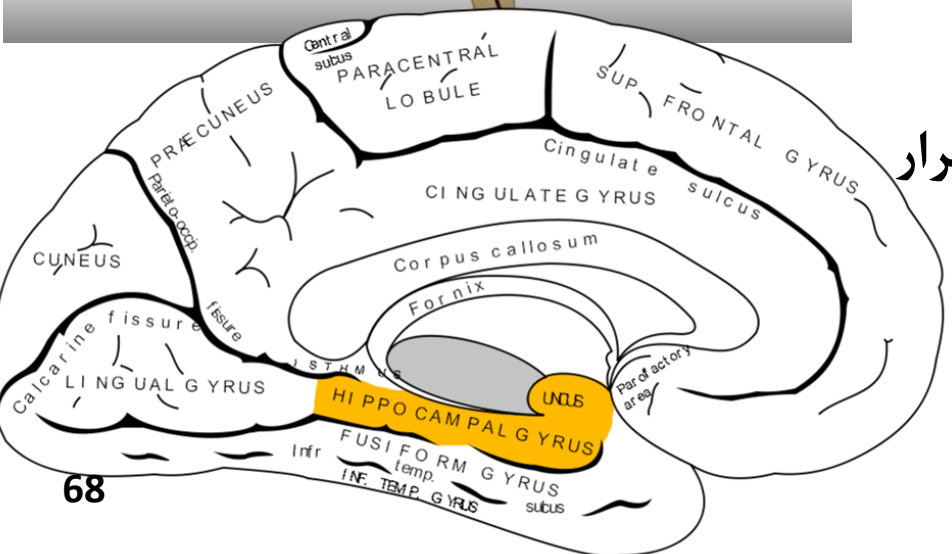
آمیگدالا
هیجان، به‌ویژه ترس

ساقهٔ مغز
کارکردهای حیاتی و هوشیاری



تالاموس



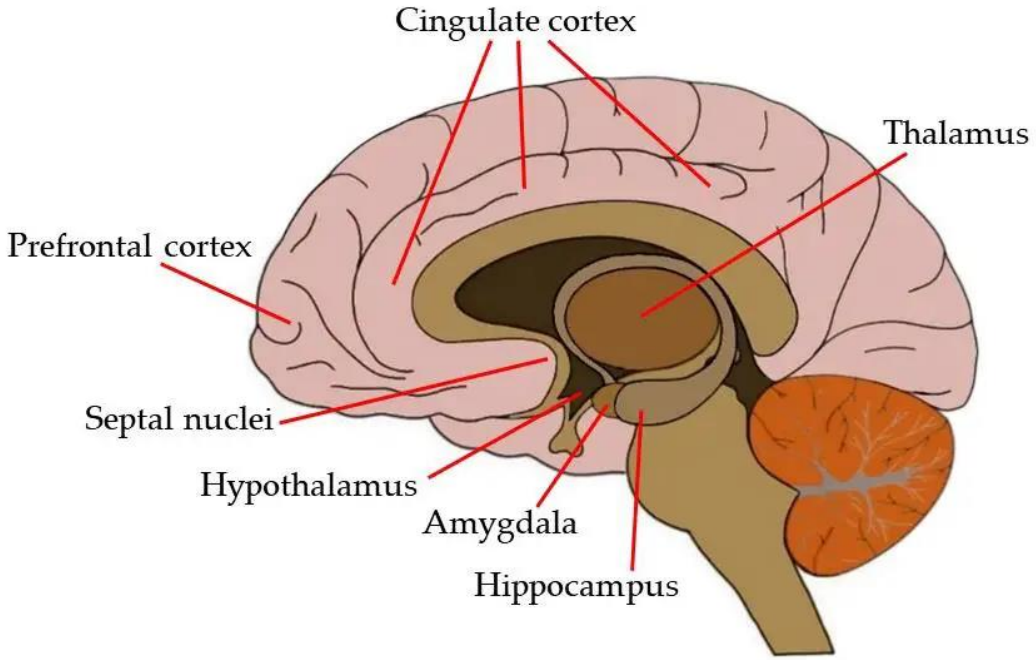


- یک مرکز اصلی رله زیر قشری. تقریباً به هر ناحیه در قشر مغز متصل می‌شود و با هم هسته قشری، ماشین مرکزی مغز را تشکیل می‌دهند.
  - به عنوان مثال: یک ایستگاه پردازش بین تمام اندام های حسی (به جز بویایی) و قشر است.
- تخم مرغ شکل
- تقریباً دقیقاً در مرکز مغز و در بالای ساقه مغز قرار دارد.

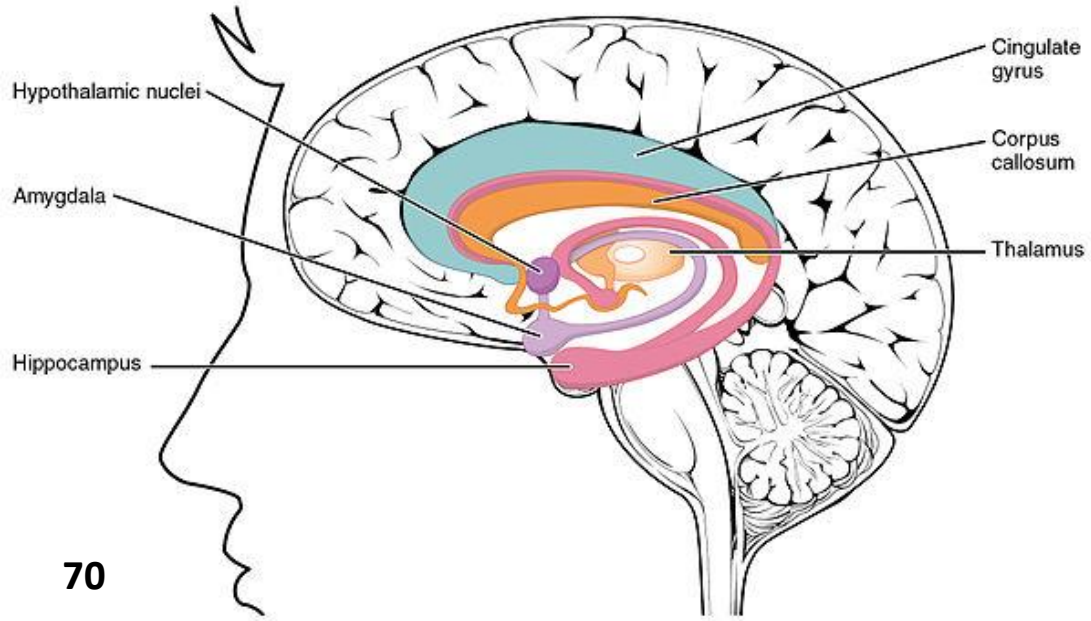
هیپوتالاموس

- تقریباً به اندازه نخود
- در زیر تالاموس
- متشکل از هسته های مختلفی که برای عملکردهای مختلفی که در درجه اول به تنظیم بدن مربوط می‌شود، اختصاص یافته است:
  - ✓ کنترل دمای بدن
  - ✓ خواب و بیداری
  - ✓ گرسنگی
  - ✓ ترشح هورمون استرس کورتیزول و سایر هورمون‌ها

۲– سیستم لیمبیک



- مغز احساسی
- قشر دیرینه پستانداران
- شبکه پیچیده‌ای از ساختارهای مغزی به هم پیوسته که عمدتا در رفتار، احساس و حافظه نقش دارند.
- مکان: دو طرف تالاموس، بلافاصله در زیر لوب گیجگاهی میانی، عمدتاً در قسمت جلویی مغز.



اجزای کلیدی سیستم لیمبیک

تولید پاسخ‌های احساسی/مرکز هوش های هیجانی و واکنشات هیجانی

آمیگدال	تشخیص محرک های ترسناک یا تهدید کننده
هیپوکامپ	حافظه بلند مدت، پردازش فضایی، یادگیری
تالاموس	تقویت پیام های حسی
هیپوتالاموس	تنظیم بدن
شکنج کمربندی	تشخیص تعارضات عاطفی و شناختی
اجسام پستانی	شکل گیری حافظه و جهت یابی فضایی
پیازهای بویایی	اهمیت بو برای تشخیص محرک های برجسته محیطی

عملکرد سیستم لیمبیک

نقشی محوری در

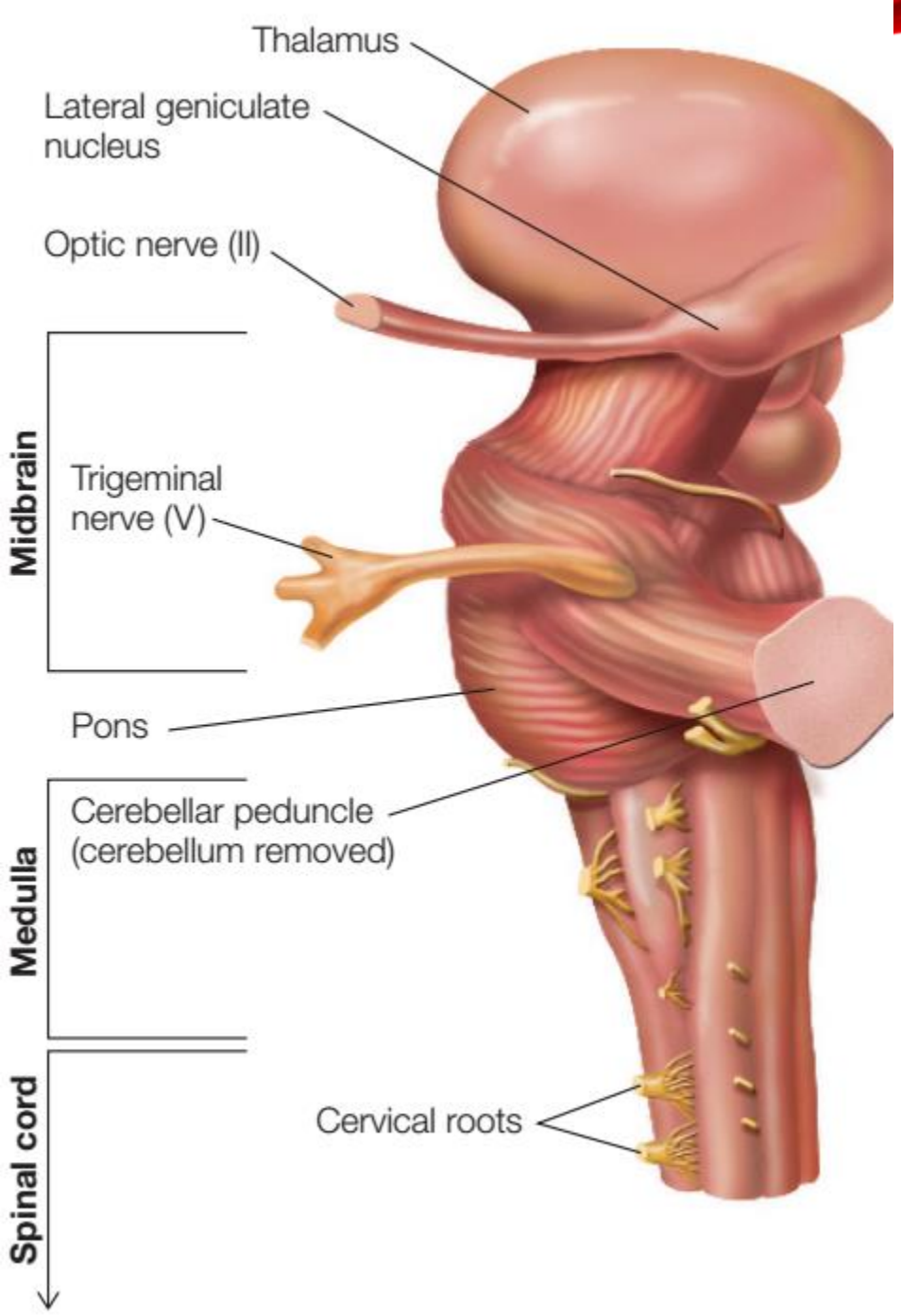
- ✓ تنظیم جنبه های مختلف *رفتار* و *احساسات* انسان، پردازش عاطفی
- ✓ کمک به شکل گیری و پردازش *حافظه* و انگیزه
- ✓تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی ضروری مانند پاسخ های استرس، تغذیه، تولیدمثل، و پاسخ مبارزه یا گریز

۳– عقده‌های قاعده‌ای

- عقده‌های قاعده‌ای توده‌های گرد بزرگی هستند که در هر نیمکره قرار دارند.
- در تنظیم فعالیت حرکتی و برنامه ریزی و خاتمه عمل نقش دارند. (هماهنگی حرکات فیزیکی، از جمله رفتارهای معمولی)
- نیز در یادگیری پاداش ها، مهارت ها و عادات نقش دارند.

اختلالات عقده های قاعده ای:

فقر حرکت (پارکینسون) یا حرکت بیش از حد (هانتینگتون)



ساقه مغز:

- مغز میانی
- مغز قدیم
  - پونز (پل مغزی)
  - مدولا (بصل النخاع)
  - مخچه (ماده خاکستری)

هسته‌های ساقه مغز تنفس و حالات سراسری هوشیاری مانند خواب و بیداری را کنترل می‌کنند.