

اولین ویرایش کتاب فیزیولوژی پزشکی در حدود ۶۵ سال پیش توسط آرتور گایتون به رشته تحریر درآمد. برخلاف سایر کتب مرجع پزشکی که اغلب ۲۰ نفر یا بیشتر نویسنده دارند، هشت ویرایش اول این کتاب تماماً به تنهایی توسط دکتر آرتور گایتون نوشته شده است. دکتر گایتون استعداد ویژه‌ای در ارائه ایده‌های پیچیده به شکلی ساده و جذاب داشته تا فهم فیزیولوژی را آسان، جذاب و قابل فهم نماید. او این کتاب را تنها برای کمک به دانشجویان برای یادگیری فیزیولوژی نگاشته بود و هدف دیگری جز این نداشت.

دکتر جان هال حدود ۳۰ سال رابطه تنگاتنگی با دکتر گایتون داشتند و افتخار داشتند که در ویرایش‌های نهم و دهم قسمت‌هایی از این کتاب را به رشته تحریر درآورند و مسئولیت تکمیل ویرایش‌های بعدی این کتاب را بر عهده گرفتند.

دکتر میشل هال در آماده‌سازی ویرایش ۱۴ این کتاب به ما ملحق شد. او پزشکی است که در کاردیولوژی و فیزیولوژی تخصص داشته و اطلاعات جدیدی را در این ویرایش فراهم نموده است و مثل ویرایش‌های قبلی، این موارد را با زبانی ساده و قابل فهم به دانشجویان ارائه می‌دهد تا آنها نیز با ساز و کار سلول‌های مختلف، بافت‌ها و اندام‌های بدن انسان که با هم کار می‌کنند تا زندگی را به ما هدیه بدهند، آشنا شوند.

این وظیفه بسیار حساس و در عین حال خوشایند است، زیرا اطلاعات ما در مورد فیزیولوژی که به سرعت رو به فزونی است، معماهای جدید عملکردهای بدن را می‌گشاید و همچنان به پیش می‌رود. پیشرفت‌های فیزیولوژی سلولی و مولکولی سبب گردیده است تا بسیاری از اصول و قواعد فیزیولوژی بجای اینکه صرفاً به شکل یکسری پدیده‌های بیولوژیک مجزا و غیرقابل توصیف ارائه شوند، در قالب علوم مولکولی و فیزیکی بیان گردند. همچنین وقایع مولکولی که در سلول‌های بدن اتفاق می‌افتند، تنها قسمتی از فیزیولوژی بدن انسان هستند. عملکرد آن بدن نیازمند سیستم‌های کنترل کننده پیچیده‌ای است که با همکاری یکدیگر، این وقایع مولکولی را با هم هماهنگ کرده و آنها را برای حفظ عملکرد سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها در زمان سلامت و بیماری کنترل نماید.

با این حال، کتاب فیزیولوژی پزشکی یک کتاب مرجع نیست که آخرین یافته‌های فیزیولوژیک در آن توضیح داده شده باشند، بلکه تنها برای استفاده دانشجویان نگاشته شده است. کتاب حاضر بر روی موضوعات اساسی فیزیولوژی که مورد نیاز دانشجویان پزشکی، دندانپزشکی، پرستاری و سایر رشته‌های علوم زیستی می‌باشد، تمرکز دارد. این کتاب همچنین می‌تواند برای پزشکان و دست‌اندرکاران علوم بهداشتی که نیازمند مروری بر اصول پایه‌ای جهت یادگیری پاتوفیزیولوژی بیماری‌های انسانی می‌باشند نیز مفید واقع شود. سعی ما بر این بوده است که سازمان‌بندی کتاب تغییری نکند تا کسانی که ویرایش‌های قبلی این کتاب را مطالعه نموده‌اند، به راحتی بتوانند از مطالب جدید آن استفاده نمایند و اطمینان حاصل شود که این کتاب به اندازه کافی قابل فهم باشد تا دانشجویان طی دوره‌های تخصصی خود همچنان از آن استفاده کنند.

امید است که این کتاب بتواند شکوه و عظمت بدن انسان و بسیاری از عملکردهای آن را به خوبی بیان نماید و دانشجویان را در طی دوره‌های تحصیلی آنها به مطالعه فیزیولوژی علاقه‌مند نماید. فیزیولوژی ارتباطی است میان علوم پایه و پزشکی. زیبایی فیزیولوژی در این است که مطالب جداگانه در مورد عملکرد سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌های بدن را با هم در آمیخته و به صورت یک واحد عملکردی در بدن انسان به تصویر می‌کشد. بدن انسان در حقیقت چیزی فراتر از مجموع اجزای آن می‌باشد و تداوم حیات به عملکرد همزمان و پابه‌پای تمامی این قسمت‌های جداگانه بستگی دارد نه به عملکرد هر یک از اجزای بدن به شکل مجزا از سایر قسمت‌ها.

حال این سؤال پیش می‌آید که چگونه این قسمت‌های جدا از یکدیگر با هم همکاری می‌کنند تا عملکرد کل بدن به صورت یک واحد کامل درآید؟ خوشبختانه بدن ما دارای شبکه‌های وسیعی از کنترل فیدبکی است که موجب تعادل عملکرد این اندام‌ها می‌شود و بدون این سیستم‌های کنترلی، ادامه حیات ممکن نمی‌باشد. فیزیولوژیست‌ها به این ثبات داخلی در بدن انسان که موجب تداوم حیات می‌شود، هومئوستاز می‌گویند. در هنگام بیماری، تعادل در بدن به هم می‌خورد و هومئوستاز مختل می‌گردد. حتی اگر شدت یک اختلال در بدن به بیش از حد خاصی برسد، کل بدن قادر به ادامه حیات نخواهد بود. یکی از اهداف این کتاب تأکید بر اثربخشی و زیبایی مکانیسم‌های

هومئوستازی بدن و همچنین توضیح عملکردهای غیرطبیعی آنها در بیماری‌های مختلف می‌باشد.

موضوع دیگر این است که لازم است تا حد امکان صریح باشیم. پیشنهادات و انتقادات بسیاری از طرف دانشجویان، فیزیولوژیست‌ها و پزشکان سرتاسر دنیا به ما ارسال شده است که تمامی آنها مورد بررسی قرار گرفته و در بازبینی کتاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این وجود، به علت احتمال وجود اشتباه در طی جمع‌بندی و مرتب‌سازی هزاران مطلب از داده‌های استفاده شده در کتاب، از تمامی خوانندگان درخواست می‌نمایم که اشکالات احتمالی کتاب را به ما گوشزد نمایند. فیزیولوژیست‌ها از اهمیت فیدبک در عملکرد بهینه بدن انسان به خوبی آگاهند، بنابراین وجود فیدبک جهت ارتقای هرچه بیشتر کتاب فیزیولوژی پزشکی نیز مهم می‌باشد. از تمامی کسانی که به ما یاری رسانده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌نماییم. نظرات و پیشنهادات شما در ارتقای کتاب کمک کننده بوده است. در اینجا لازم است تا چندین مورد را درباره ویرایش چهاردهم این کتاب به اطلاع شما برسانم. با اینکه بسیاری از فصل‌ها مورد بازخوانی و تجدید نظر قرار گرفته و مطالب جدید فیزیولوژی و شکل‌های جدید برای توضیح این مطالب به آنها اضافه شده است، اما سعی ما بر این بوده که حجم کل کتاب تغییر چندانی پیدا نکند تا برای دانشجویان پزشکی و علوم زیستی قابل استفاده باشد. منابع جدیدی که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عمدتاً به خاطر اصول فیزیولوژیکی که در آنها ارائه شده است و همچنین به خاطر کیفیت منابع آنها و سهولت در دستیابی به آنها انتخاب شده‌اند. منابع جدید انتهایی هر فصل شامل مقالاتی می‌باشند که عمدتاً در مجلات علمی چند سال اخیر به چاپ رسیده‌اند و به رایگان در سایت PubMed به نشانی اینترنتی <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> قابل دسترس می‌باشند. استفاده از این منابع و همچنین رفرنس‌هایی که در آنها آمده است می‌تواند پوشش کاملی از کل حیطه فیزیولوژی را در اختیار دانشجویان قرار دهد.

تلاش‌ها جهت ارائه کتابی که تا حد ممکن خلاصه باشد، متأسفانه باعث شده که ضرورتاً بسیاری از اصول و قواعد فیزیولوژیک را ساده‌تر و خلاصه‌تر بیان نماییم. با این وجود، می‌توانید از منابع انتهایی فصل‌ها جهت یادگیری هر چه بیشتر مجادلات و سؤالات بی‌پاسخی که در طی مطالعه عملکردهای پیچیده بدن انسان در سلامت و بیماری با آنها روبرو می‌شوید، استفاده نمایید.

متن این کتاب در دو اندازه تهیه شده است. متن دارای اندازه بزرگتر مربوط به اطلاعات فیزیولوژیک بنیادین است که دانشجویان در طی تمامی فعالیت‌ها و مطالعات پزشکی خود به آنها نیاز خواهند داشت. مطالبی که با اندازه کوچکتر و با زمینه رنگی و در کادر ارائه شده‌اند، انواع مختلفی از مباحث را دربر می‌گیرند که عبارتند از: (۱) مطالب آناتومیک، بیوشیمیایی و سایر اطلاعاتی که ذکر خلاصه‌ای از آنها ضروری می‌باشد، اما دانشجویان آنها را با جزئیات بیشتری در سایر مباحث درسی خود فرا می‌گیرند، (۲) اطلاعات فیزیولوژیکی که در برخی حیطه‌های پزشکی بالینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و (۳) اطلاعاتی که برای آن دسته از دانشجویان که به مطالعه عمیق‌تر مکانیسم‌های فیزیولوژیک اختصاصی علاقه‌مند، ارزش بسزایی برخوردار است.

در ebook این کتاب لینک‌هایی وجود دارد که شامل انیمیشن‌های ویدئویی و سؤالات خودآزمایی هستند که قابل استفاده توسط کامپیوترها، گوشی‌های هوشمند و تبلت می‌باشند. به منظور خودآزمایی بیشتر خوانندگان می‌توانند از کتاب سؤالات فیزیولوژی گایتون و هال بهره‌مند شوند که حاوی بیش از هزار سؤال از کتاب اصلی می‌باشد. امیدواریم که این موارد در فهم اصول اساسی فیزیولوژی برای خوانندگان مفید واقع شود.

از کسانی که در آماده‌سازی این کتاب ما را همراهی کردند، سپاسگزاری می‌کنیم. این افراد شامل همکاران گروه فیزیولوژی و بیوفیزیک دانشگاه می‌سی‌سی‌پی هستند که شما می‌توانید با مراجعه به سایت <http://physiology.umc.edu/> از تحقیقات آنها مطلع شوید. همچنین به طور ویژه از استفان لوکاس برای کمک‌های بی‌دریغش و از جیمز پرکین برای طراحی‌های ارزشمندش تشکر می‌کنیم. علاوه بر این از الیس اوگرادی، جنیفر شرینز، گریس اوندرلایند، ربکا گراولیو و سایر همکاران الزویر نیز کمال قدردانی را داریم.

در آخر از تمام خوانندگان محترم که همیشه برای بهبود این کتاب به ما کمک می‌کنند نیز تشکر کرده و امیدواریم از مطالعه کتاب لذت برده و آن را بهتر از ویرایش قبلی بیابند.

جان. ای هال

میشل. ای هال

بنام خداوند جان آفرین                      حکیم سخن در زبان آفرین

اگر قرن بیستم شاهد پیشرفت‌های شگفت‌انگیز در فیزیک و شاخه‌های کاربردی وابسته به آن مانند تکنولوژی و انفورماتیک بود، امید می‌رود قرن بیست و یکم عصر شکوفایی علوم زیستی و یافتن سازوکارهای درمان بیماری‌های بی‌درمان کنونی باشد. پیدایش ویروس ناشناخته کورونا در ۲۰۱۹ و همه‌گیر شدن آن و خسارات بیشماری که به زندگی جهانیان وارد ساخت عجز جامعه جهانی دانشمندان را در برابر این ذره به ظاهر ناچیز نشان داد ولی نباید فراموش کرد که زیست‌شناسان سلولی و ملکولی با تحقیقات پرشتاب خود به سرعت ساختار و مکانیسم عمل آن را شناسایی کردند و امید می‌رود واکسن و داروهای لازم نیز به زودی ساخته شود. در حال حاضر اهمیت علوم پایه زیستی به خصوص در زمینه‌های «بیولوژی سلولی و ملکولی» بیش از پیش آشکار شده است و با نگاهی به کتب مرجع فیزیولوژی از حدود بیست سال پیش تاکنون می‌توان به حجم عظیم مطالب جدید و پیشرفت‌هایی که در شناخت فرایندهای زیستی و سازوکارهای ملکولی آنها فراهم آمده است پی برد.

این نگرش «سلولی و ملکولی» در آخرین ویراست کتاب فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال که همچنان به همت فیزیولوژی‌دانان برجسته هر چند سال یک بار ویرایش و به روز می‌شود و انتشار می‌یابد کاملاً نمایان است. کتاب حاضر شامل تقریباً همه مباحث اصلی فیزیولوژی است و مترجمان آن خود از فیزیولوژی‌دانان با سابقه دیرینه در ترجمه متون علوم زیستی می‌باشند.

توفیق همکاران و مدیران سخت‌کوش انتشارات اندیشه رفیع را در ادامه خدمات فرهنگی خود از خداوند متعال مسألت دارم.

سید علی حائری روحانی

استاد فیزیولوژی دانشگاه تهران

تابستان ۱۳۹۹

## بنام خدا

کتاب فیزیولوژی گایتون یکی از معدود کتب فیزیولوژی است که در عین سادگی مطالب، حاوی نکات بسیار مهم و روزمره در مورد فیزیولوژی پزشکی است. این کتاب هر پنج سال یک بار تجدید چاپ می‌شود و هر بار، مطالب جدید و کشفیات تازه در زمینه‌های مختلف فیزیولوژی انسانی و پاتوفیزیولوژی به آن افزوده می‌گردد.

سه ویرایش قبلی کتاب که در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ توسط اینجانبان ترجمه و ویرایش گردیده بود، خوشبختانه مورد استقبال اساتید و دانشجویان رشته‌های مختلف علوم پزشکی قرار گرفت و این امر ما را بر آن داشت تا ویرایش سال ۲۰۲۱ را نیز آماده کرده و در اختیار دانشجویان و اساتید محترم قرار دهیم؛ باشد که قدمی هر چند کوچک در راه ارتقای دانش فیزیولوژی و علوم پزشکی برداشته باشیم. متأسفانه در این ویرایش دوست عزیز و مترجم توانا جناب آقای دکتر کامران قاسمی را از دست دادیم که در اینجا یادشان را گرامی می‌داریم.

مطالعه این کتاب برای دانشجویان رشته‌های مختلف اعم از فیزیولوژی، پزشکی، داروسازی و رشته‌هایی مثل تغذیه، دندان‌پزشکی، پزشکی مولکولی، بیوشیمی و همچنین برای دانشجویانی که به قسمت‌ها و یا بخش‌هایی خاص از آن نیاز دارند، توصیه می‌شود. در ترجمه و ویرایش این کتاب نیز همچون سه ویرایش قبلی از نظر استاد مسلم، معلم بی‌نظیر و دانشمند گرانقدر، جناب پروفیسور دکتر علی حائری روحانی بسیار بهره‌مند شدیم که در اینجا لازم می‌دانیم، صمیمانه از این استاد عزیز تشکر و قدردانی نماییم. در آخر از زحمات همکاران در انتشارات اندیشه رفیع نیز کمال قدردانی و تشکر را داریم که زحمت چاپ و نشر این اثر را پذیرا شدند.

از اساتید، دانشجویان و سروران گرامی تقاضا داریم هرگونه نظر انتقادی و اصلاحی خود را به وسیله پست الکترونیکی زیر با ما در میان بگذارند و در اعتلای هرچه بیشتر این اثر به ما کمک نمایند.

با تشکر

مترجمین

**بخش ۹ - دستگاه عصبی: (۱) اصول کلی و فیزیولوژی دستگاه‌های حسی**  
۷۳۱

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۴۶ - سازمان‌دهی دستگاه عصبی، عملکردهای بنیادین سیناپس‌ها و میانجی‌های عصبی | ۷۳۲ |
| طرح کلی دستگاه عصبی                                                            | ۷۳۲ |
| سطوح اصلی عملکرد دستگاه عصبی مرکزی                                             | ۷۳۵ |
| مقایسه دستگاه عصبی با یک رایانه                                                | ۷۳۶ |
| سیناپس‌های دستگاه عصبی مرکزی                                                   | ۷۳۶ |
| خصوصیات ویژه انتقال سیناپسی                                                    | ۷۵۳ |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۴۷ - گیرنده‌های حسی، مدارهای نورونی برای پردازش اطلاعات                | ۷۵۵ |
| انواع گیرنده‌های حسی و محرک‌هایی که تشخیص می‌دهند                          | ۷۵۵ |
| تبدیل محرک‌های حسی به ایمپالس‌های عصبی                                     | ۷۵۷ |
| انتقال سیگنال‌های دارای شدت‌های متفاوت در راه‌های عصبی - جمع زمانی و فضایی | ۷۶۲ |
| انتقال و پردازش سیگنال‌ها در مجموعه‌های نورونی                             | ۷۶۳ |
| پایداری و ناپایداری مدارهای نورونی                                         | ۷۶۹ |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۴۸ - حواس پیکری: (۱) سازمان‌دهی عمومی، حس‌های لامسه و وضعیت | ۷۷۱ |
| مسیرهای حسی انتقال سیگنال‌های پیکری به دستگاه عصبی مرکزی        | ۷۷۴ |
| انتقال در سیستم ستون خلفی - نوار میانی                          | ۷۷۴ |
| انتقال سیگنال‌های حسی در مسیر قدامی طرفی                        | ۷۸۴ |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۴۹ - حواس پیکری: (۲) درد، سردرد و حس حرارت                 | ۷۸۷ |
| درد تند و درد کند و کیفیت آنها                                 | ۷۸۷ |
| گیرنده‌های درد و محرک‌های آنها                                 | ۷۸۷ |
| مسیرهای دوگانه برای انتقال سیگنال‌های درد به دستگاه عصبی مرکزی | ۷۸۹ |
| دستگاه سرکوب درد ("ضد درد") در مغز و نخاع                      | ۷۹۲ |
| درد ارجاعی                                                     | ۷۹۴ |
| درد احشایی                                                     | ۷۹۴ |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| حس‌های حرارت                          | ۸۰۰ |
| بخش ۱۰ - دستگاه عصبی: (۲) حس‌های ویژه | ۸۰۳ |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| فصل ۵۰ - چشم: (۱) اپتیک بینایی  | ۸۰۴ |
| اصول فیزیکی اپتیک               | ۸۰۴ |
| اپتیک چشم                       | ۸۰۹ |
| سیستم مایع چشم - مایع داخل چشمی | ۸۱۶ |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| فصل ۵۱ - چشم: (۲) عملکرد گیرنده‌ای و عصبی شبکیه | ۸۲۰ |
| آناتومی و عملکرد اجزاء ساختاری شبکیه            | ۸۲۰ |
| فتوشیمی دید                                     | ۸۲۳ |
| دید رنگی                                        | ۸۲۹ |
| عملکرد عصبی شبکیه                               | ۸۳۱ |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| فصل ۵۲ - چشم: (۳) نوروفیزیولوژی مرکزی بینایی | ۸۳۹ |
| مسیرهای بینایی                               | ۸۳۹ |
| سازمان‌بندی و عملکرد قشر بینایی              | ۸۴۰ |
| الگوهای نورونی تحریک طی آنالیز تصویر بینایی  | ۸۴۳ |
| حرکات چشم و کنترل آنها                       | ۸۴۵ |
| کنترل خودمختار تطابق و قطر مردمک             | ۸۵۰ |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| فصل ۵۳ - حس شنوایی         | ۸۵۳ |
| پرده صماخ و سیستم استخوانی | ۸۵۳ |
| حلزون                      | ۸۵۵ |
| مکانیسم‌های مرکزی شنوایی   | ۸۶۲ |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| فصل ۵۴ - حس‌های شیمیایی - چشایی و بویایی | ۸۶۸ |
| حس چشایی                                 | ۸۶۸ |
| حس بویایی                                | ۸۷۳ |

## بخش ۱۱ - دستگاه عصبی؛ نوروفیزیولوژی حرکتی و انسجامی ۸۷۹

### فصل ۵۵ - اعمال حرکتی نخاع؛ رفلکس‌های نخاعی ۸۸۰

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| سازمان‌بندی نخاع برای اعمال حرکتی                    | ۸۸۰ |
| گیرنده‌های حسی عضله؛ دوک‌های عضلانی و اندام‌های وتري | ۸۸۲ |
| گلزی و نقش آنها در کنترل عضله                        | ۸۸۹ |
| رفلکس خم‌کننده و رفلکس‌های عقب‌کشیدن                 | ۸۹۱ |
| رفلکس اکستانسور متقاطع                               | ۸۹۱ |
| مهار متقابل و عصب‌دهی متقابل                         | ۸۹۲ |
| رفلکس‌های وضعیتی و حرکتی                             | ۸۹۲ |

### فصل ۵۶ - کنترل اعمال حرکتی به وسیله قشر و ساقه مغز ۸۹۶

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| قشر حرکتی و مسیر قشری - نخاعی   | ۸۹۶ |
| کنترل اعمال حرکتی توسط ساقه مغز | ۹۰۴ |
| حس‌های دهلیزی و حفظ تعادل       | ۹۰۶ |

### فصل ۵۷ - همکاری مخچه و عقده‌های قاعده‌ای در کنترل کلی حرکات ۹۱۳

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| مخچه و اعمال حرکتی آن                        | ۹۱۳ |
| عقده‌های قاعده‌ای و عملکردهای حرکتی آنها     | ۹۲۶ |
| انسجام بخش‌های زیادی از کل سیستم کنترل حرکتی | ۹۳۲ |

### فصل ۵۸ - قشر مغز، اعمال هوشمندانه مغز، یادگیری و حافظه ۹۳۴

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| آناتومی فیزیولوژیک قشر مغز                                                                        | ۹۳۴ |
| اعمال نواحی قشری اختصاصی                                                                          | ۹۳۵ |
| عمل جسم پینه‌ای و رابط قدامی در انتقال افکار، خاطره‌ها، آموخته‌ها و سایر اطلاعات بین دو نیمکره مخ | ۹۴۴ |
| افکار، هوشیاری و حافظه                                                                            | ۹۴۵ |

### فصل ۵۹ - مکانیسم‌های رفتاری و انگیزشی مغز - دستگاه لیمبیک و هیپوتالاموس ۹۵۲

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| سیستم‌های تحریک‌کننده - برانگیزاننده مغز   | ۹۵۲ |
| سیستم لیمبیک                               | ۹۵۶ |
| هیپوتالاموس، مرکز اصلی کنترل دستگاه لیمبیک | ۹۵۷ |
| اعمال اختصاصی سایر قسمت‌های دستگاه لیمبیک  | ۹۶۳ |

## فصل ۶۰ - حالات فعالیت مغز - خواب، امواج مغزی، صرع، سایکوزها و دمانس ۹۶۷

|      |     |
|------|-----|
| خواب | ۹۶۷ |
|------|-----|

### فصل ۶۱ - دستگاه عصبی خودمختار و مدولای غده فوق‌کلیوی ۹۸۲

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| سازمان‌بندی عمومی دستگاه عصبی خودمختار                                                                  | ۹۸۲ |
| خصوصیات پایه عملکرد سمپاتیک و پاراسمپاتیک                                                               | ۹۸۵ |
| تحریک اعضاء جداگانه در برخی موارد و تحریک دسته جمعی در موارد دیگر توسط دستگاه‌های سمپاتیک و پاراسمپاتیک | ۹۹۶ |

### فصل ۶۲ - جریان خون مغز، مایع مغزی - نخاعی و متابولیسم مغز ۱۰۰۱

|                         |      |
|-------------------------|------|
| جریان خون مغز           | ۱۰۰۱ |
| سیستم مایع مغزی - نخاعی | ۱۰۰۶ |
| متابولیسم مغز           | ۱۰۱۱ |

## بخش ۱۲ - فیزیولوژی دستگاه گوارش ۱۰۱۳

### فصل ۶۳ - اصول کلی عملکرد گوارشی - حرکت، کنترل عصبی و جریان خون ۱۰۱۴

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| اصول کلی حرکت لوله گوارش                     | ۱۰۱۴ |
| کنترل عصبی عملکرد گوارشی، سیستم عصبی روده‌ای | ۱۰۱۷ |
| کنترل هورمونی تحرک دستگاه گوارش              | ۱۰۲۰ |
| انواع عملکردی حرکات دستگاه گوارش             | ۱۰۲۲ |
| جریان خون گوارشی - گردش خون احشایی           | ۱۰۲۳ |

### فصل ۶۴ - انتقال و مخلوط‌سازی غذا در دستگاه گوارش ۱۰۲۷

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| خوردن غذا                                             | ۱۰۲۷ |
| عملکردهای حرکتی معده                                  | ۱۰۳۰ |
| حرکات روده باریک                                      | ۱۰۳۴ |
| حرکات کولون                                           | ۱۰۳۷ |
| سایر رفلکس‌های خودکار که در فعالیت روده‌ای مؤثر هستند | ۱۰۳۹ |

### فصل ۶۵ - اعمال ترشحات دستگاه گوارش ۱۰۴۰

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| اصول کلی ترشح در دستگاه گوارش | ۱۰۴۰ |
| ترشح بزاق                     | ۱۰۴۳ |
| ترشح معدی                     | ۱۰۴۵ |

## بخش ۱۴ - غدد درون ریز و تولیدمثل ..... ۱۱۸۷

### فصل ۷۵ - مقدمه‌ای بر غدد درون ریز ..... ۱۱۸۸

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| همه‌پیکاری اعمال بدن توسط پیام‌رسان‌های شیمیایی    | ۱۱۸۸ |
| ساختمان شیمیایی و ساخت هورمون‌ها                   | ۱۱۸۹ |
| ترشح و حمل هورمون‌ها در خون و پاک‌شدن آن‌ها از خون | ۱۱۹۳ |
| مکانیسم عمل هورمون‌ها                              | ۱۱۹۵ |

### فصل ۷۶ - هورمون‌های هیپوفیز و کنترل آنها توسط

#### هیپوتالاموس ..... ۱۲۰۵

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| غده هیپوفیز و ارتباط آن با هیپوتالاموس      | ۱۲۰۵ |
| هیپوتالاموس ترشح هیپوفیز را تنظیم می‌کند    | ۱۲۰۷ |
| اعمال فیزیولوژیک هورمون رشد                 | ۱۲۰۹ |
| غده هیپوفیز خلفی و ارتباط آن با هیپوتالاموس | ۱۲۱۸ |

### فصل ۷۷ - هورمون‌های متابولیک تیروئید ..... ۱۲۲۱

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| ساخت و ترشح هورمون‌های متابولیک تیروئید | ۱۲۲۱ |
| اعمال فیزیولوژیک هورمون‌های تیروئید     | ۱۲۲۶ |
| تنظیم ترشح هورمون تیروئید               | ۱۲۳۱ |

### فصل ۷۸ - هورمون‌های قشر فوق کلیه ..... ۱۲۳۸

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| کورتیکواستروئیدها: مینرالوکورتیکوئیدها، گلوکوکورتیکوئیدها و آندروژن‌ها | ۱۲۳۸ |
| ساخت و ترشح هورمون‌های قشر فوق کلیه                                    | ۱۲۳۹ |
| اعمال مینرالوکورتیکوئیدها - آلدوسترون                                  | ۱۲۴۳ |
| اعمال گلوکوکورتیکوئیدها                                                | ۱۲۴۸ |

### فصل ۷۹ - انسولین، گلوکاگون و دیابت قندی ..... ۱۲۶۲

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| انسولین و اثرات متابولیک آن | ۱۲۶۳ |
| گلوکاگون و اعمال آن         | ۱۲۷۴ |
| خلاصه تنظیم غلظت گلوکز خون  | ۱۲۷۷ |

### فصل ۸۰ - هورمون پاراتیروئید، کلسی‌تونین، متابولیسم

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| کلسیم و فسفات، ویتامین D، استخوان و دندان‌ها          | ۱۲۸۶ |
| خلاصه تنظیم کلسیم و فسفات در مایع خارج سلولی و پلاسما | ۱۲۸۶ |
| استخوان و رابطه آن با کلسیم و فسفات خارج سلولی        | ۱۲۸۹ |
| ویتامین D                                             | ۱۲۹۵ |
| هورمون پاراتیروئید                                    | ۱۲۹۸ |
| کلسی‌تونین                                            | ۱۳۰۲ |

|                   |      |
|-------------------|------|
| ترشح لوزالمعده‌ای | ۱۰۵۱ |
| ترشح صفرا از کبد  | ۱۰۵۴ |
| ترشحات روده باریک | ۱۰۵۸ |

### فصل ۶۶ - هضم و جذب در دستگاه گوارش ..... ۱۰۶۱

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| هضم غذاهای مختلف با هیدرولیز  | ۱۰۶۱ |
| اصول پایه جذب در دستگاه گوارش | ۱۰۶۶ |
| جذب در روده باریک             | ۱۰۶۷ |
| جذب در روده بزرگ: تشکیل مدفوع | ۱۰۷۳ |

### فصل ۶۷ - فیزیولوژی اختلالات گوارشی ..... ۱۰۷۵

## بخش ۱۳ - متابولیسم و تنظیم دما ..... ۱۰۸۵

### فصل ۶۸ - متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت آدنوزین

#### تری فسفات ..... ۱۰۸۶

### فصل ۶۹ - متابولیسم لیپیدها ..... ۱۱۰۰

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| ساختار شیمیایی اصلی تری‌گلیسریدها (چربی‌های خنثی) | ۱۱۰۰ |
| انتقال لیپیدها در مایعات بدن                      | ۱۱۰۰ |

### فصل ۷۰ - متابولیسم پروتئین ..... ۱۱۱۸

### فصل ۷۱ - کبد ..... ۱۱۲۶

### فصل ۷۲ - تعادل‌های غذایی: تنظیم تغذیه، چاقی و

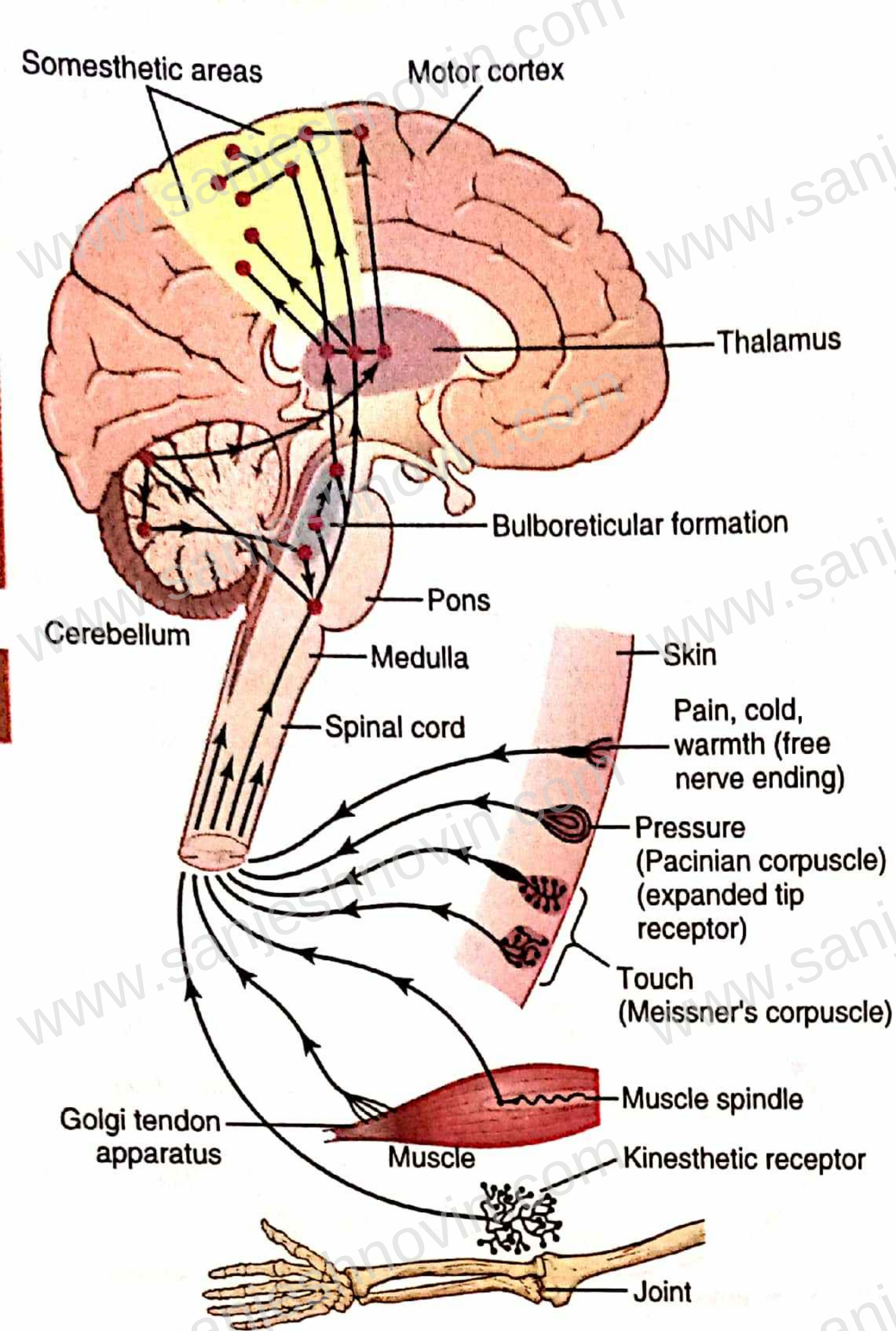
#### گرسنگی شدید؛ ویتامین‌ها و مواد معدنی ..... ۱۱۳۵

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| در شرایط پایدار دریافت و برون‌ده انرژی با هم در تعادل هستند | ۱۱۳۵ |
| تنظیم دریافت غذا و ذخیره انرژی                              | ۱۱۳۸ |

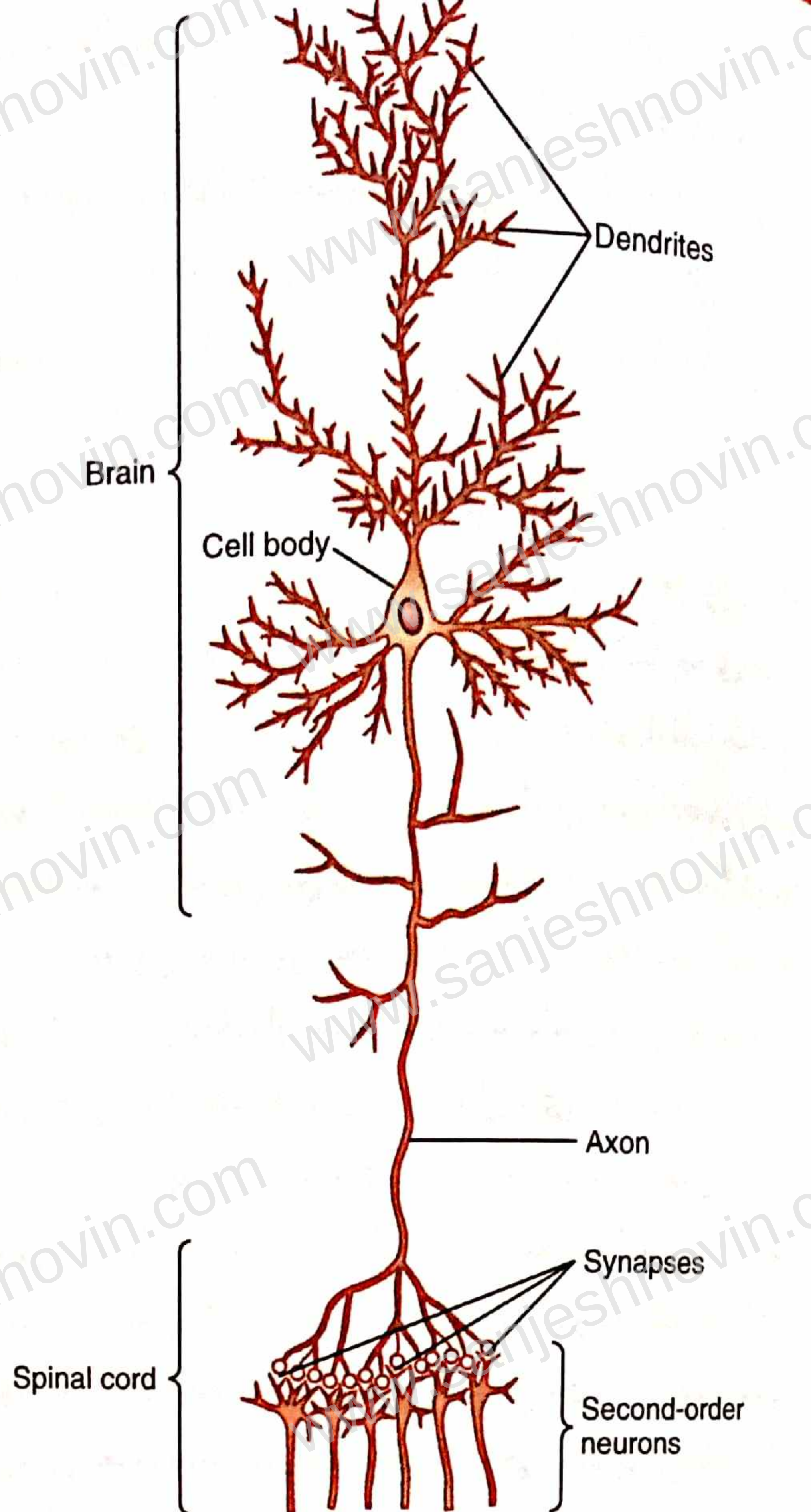
### فصل ۷۳ - انرژی و میزان متابولیسم ..... ۱۱۵۹

### فصل ۷۴ - تنظیم درجه حرارت بدن و تب ..... ۱۱۷۰

|                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| دماهای طبیعی بدن                                                                | ۱۱۷۰ |
| درجه حرارت بدن به وسیله تعادل تولید گرما در مقابل از دست‌دادن گرما کنترل می‌شود | ۱۱۷۰ |
| تنظیم درجه حرارت بدن - نقش هیپوتالاموس                                          | ۱۱۷۶ |
| اختلالات تنظیم دمای بدن                                                         | ۱۱۸۱ |



شکل ۲-۴۶. محور حسی - پیکری دستگاه عصبی.



شکل ۱-۴۶. ساختار یک نورون بزرگ در مغز که قسمت‌های مهم عملکردی آن نشان داده شده است.

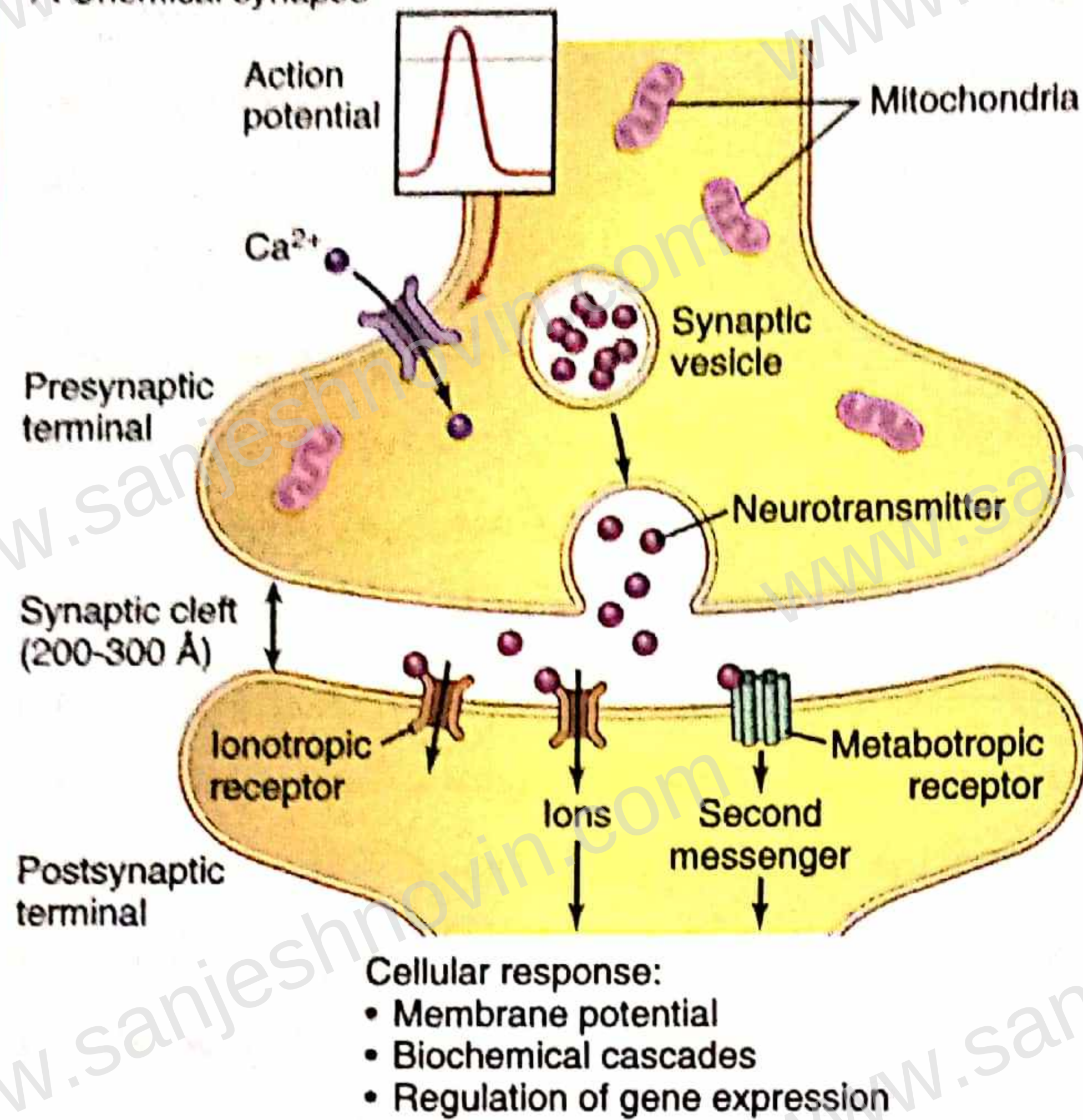
**شکل ۳-۴۶، محور اعصاب حرکتی "اسکلتی"**  
دستگاه عصبی برای تنظیم انقباض عضلات اسکلتی را نشان می‌دهد. موازی با این محور، یک دستگاه دیگر به نام **دستگاه اعصاب خود مختار** وجود دارد که عضلات صاف، غدد و سایر دستگاه‌های داخلی بدن را تنظیم می‌کند (در **فصل ۶۱** در این باره صحبت شده است).

توجه کنید همان طور که در **شکل ۳-۴۶** نشان داده شده است، عضلات اسکلتی از طریق بسیاری از قسمت‌های دستگاه عصبی مرکزی تنظیم می‌شوند. این قسمت‌ها عبارتند از: (۱) نخاع؛ (۲) ماده مشبک در بصل النخاع، پل مغزی و مزانسفال، (۳) عقده‌های قاعده‌ای، (۴) مخچه و (۵) قشر حرکتی. هر یک از این مناطق نقش خاصی دارند، مناطق پایین تر عمدتاً مسؤول پاسخ‌های خودکار و ناگهانی عضلات به محرک‌های حسی و مناطق بالاتر مسؤول حرکات عضلانی پیچیده تر هستند که توسط روند پردازش افکار در مغز تنظیم می‌شوند.

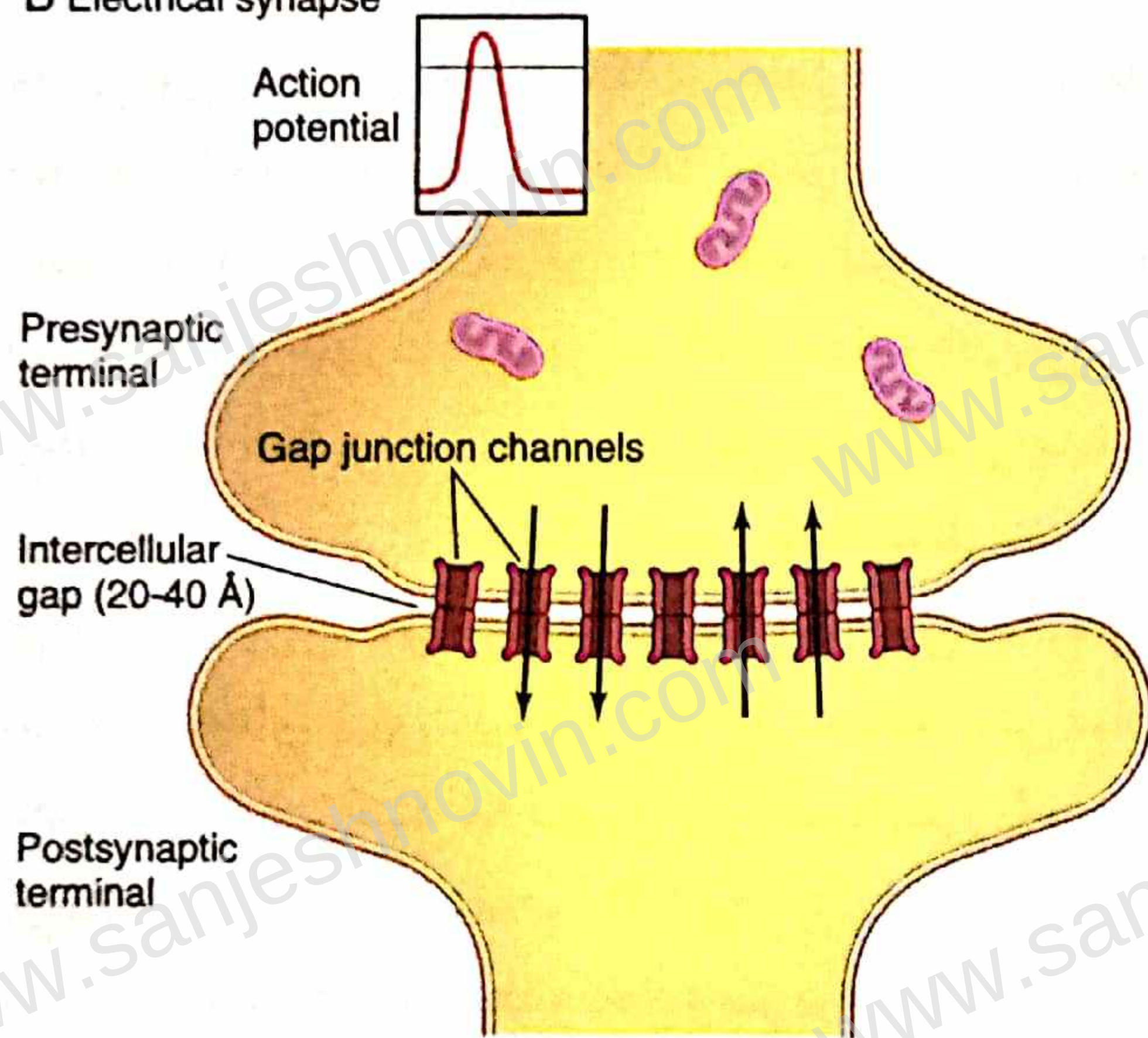
## بخش حرکتی دستگاه عصبی - اندام‌های افکتور (اجرایی)

می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین نقش‌های دستگاه عصبی، تنظیم فعالیت‌های مختلف بدنی است. این هدف از چند طریق به دست می‌آید: (۱) انقباض عضلات اسکلتی مناسب در کل بدن، (۲) انقباض عضلات صاف احشاء داخلی و (۳) ترشح مواد شیمیایی فعال از غدد درون ریز و برون ریز در بسیاری از قسمت‌های بدن. این فعالیت‌ها در مجموع، **اعمال حرکتی دستگاه عصبی** را تشکیل می‌دهند و عضلات و غدد بدن نیز **اندام‌های اجرایی** نامیده می‌شوند. زیرا آنها ساختارهای آناتومیکی حقیقی هستند که وظایفی را طبق سیگنال‌های عصبی انجام می‌دهند.

## A Chemical synapse



## B Electrical synapse



شکل ۴۶-۵. آناتومی فیزیولوژیک یک سیناپس شیمیایی (A) و یک سیناپس الکتریکی (B).

می‌کند که ناقل یا میانجی عصبی (neurotransmitter) یا به طور ساده ماده ناقل نامیده می‌شود و این ناقل به نوبه خود بر پروتئین‌های گیرنده موجود در غشای نورون بعدی اثر می‌کند و باعث تحریک یا مهار نورون یا تغییر حساسیت آن می‌شود. تاکنون بیش از ۵۰ ماده ناقل مهم شناخته شده‌اند. برخی از شناخته‌شده‌ترین ناقل‌ها عبارتند از: استیل کولین، نوراپی نفرین، اپی نفرین، هیستامین، اسید گاما آمینوبوتیریک (GABA)، گلیسین، سروتونین و گلو تامات.

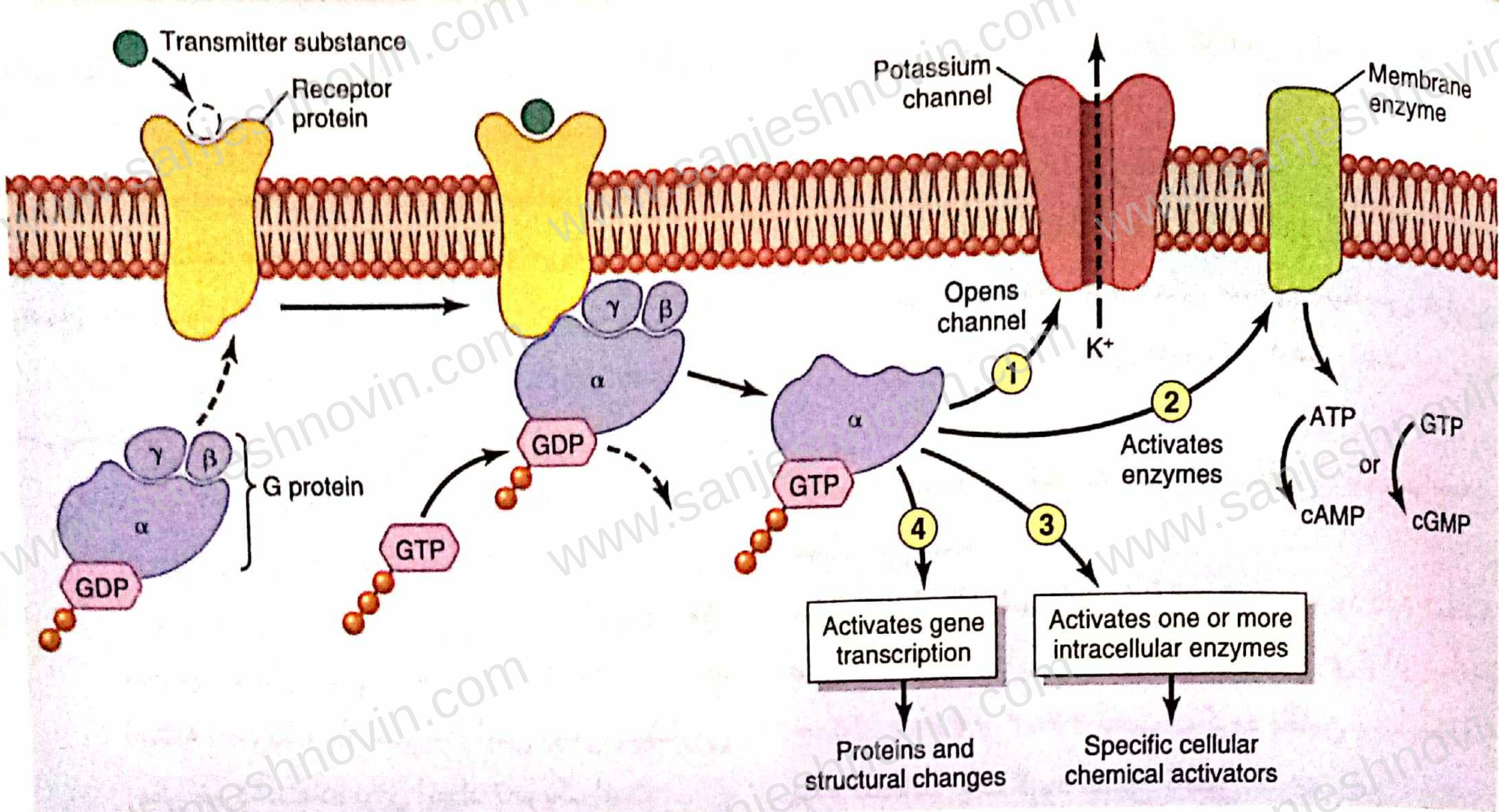
در سیناپس‌های الکتریکی سیتوپلاسم سلول‌های مجاور به طور مستقیم توسط خوشه‌هایی از کانال‌های یونی به نام **اتصالات شکافی** (۱) که امکان حرکت آزادانه یون‌ها از درون یک سلول به سلول دیگر را فراهم می‌کنند، با هم در تماس هستند. درباره این اتصالات در **فصل ۴** صحبت شد. همین اتصالات شکافی و سایر اتصالات مشابه باعث می‌شوند که پتانسیل‌های عمل از یک فیبر عضله صاف احشایی به فیبر بعدی (**فصل ۸**) و از یک سلول عضله قلبی به سلول بعدی (**فصل ۹**) منتقل شوند.

با وجودی که بیشتر سیناپس‌های مغز از نوع شیمیایی هستند، اما سیناپس‌های الکتریکی و شیمیایی می‌توانند همزمان در سیستم عصبی مرکزی وجود داشته باشند و با یکدیگر در تعامل باشند. هدایت دوطرفه سیناپس‌های الکتریکی به آنها امکان می‌دهد تا به هماهنگ‌سازی فعالیت‌های گروه بزرگی از نورون‌های درهم پیچیده کمک نمایند. به عنوان مثال، سیناپس‌های الکتریکی میزان جمع‌بندی دپلاریزاسیون‌های زیر آستانه‌ای همزمان را در یک گروه از نورون‌های درهم تنیده تشخیص داده و بدین ترتیب امکان افزایش حساسیت عصبی را فراهم نموده و باعث تخلیه همزمان این گروه از نورون‌ها می‌گردند.

### هدایت "یک‌طرفه" در سیناپس‌های شیمیایی.

سیناپس‌های شیمیایی یک خصوصیت بسیار مهم دارند که آنها را برای انتقال اکثر سیگنال‌های دستگاه عصبی بسیار مطلوب می‌کند. آنها همیشه سیگنال‌ها را در یک جهت منتقل می‌کنند یعنی از نورونی که ماده ناقل را ترشح می‌کند و نورون پیش سیناپسی نامیده می‌شود به سمت نورونی که ماده ناقل بر آن اثر می‌کند و نورون پس سیناپسی نام دارد. این روند همان اصل هدایت یک‌طرفه در سیناپس‌های شیمیایی است و با هدایت دوطرفه سیگنال‌ها که در

سیناپس‌های الکتریکی رخ می‌دهد، کاملاً متفاوت است. مکانیسم هدایت یک‌طرفه باعث می‌شود که سیگنال به سمت اهداف مشخص حرکت کند. در واقع، آنچه به دستگاه عصبی اجازه می‌دهد اعمال بی‌شمار خود را در رابطه با حس، کنترل حرکتی، حافظه و بسیاری از اعمال دیگر انجام دهد،



**شکل ۷-۴۶.** سیستم "پیام‌رسان ثانویه" که به وسیله آن یک ماده ناقل از نورون اول می‌تواند نورون دوم را فعال کند. ابتدا رسپتور تغییر شکل پیدا کرده و بدین ترتیب سبب آزادسازی زیرواحد آلفای ( $\alpha$ ) فعال شده پروتئین G به داخل سیتوپلاسم نورون دوم می‌گردد. چهار اثری که متعاقب فعال شدن پروتئین G روی می‌دهند، در شکل نشان داده شده‌اند که عبارتند از: (۱) باز شدن یک کانال یونی در غشای نورون دوم، (۲) فعال شدن یک سیستم آنزیمی در غشای نورون، (۳) فعال شدن یک سیستم آنزیمی درون سلولی و یا (۴) القای رونویسی از ژن در نورون دوم. بازگشت پروتئین G به حالت غیرفعال خود هنگامی رخ می‌دهد که گوانوزین تری فسفات (GTP) متصل به زیرواحد  $\alpha$  هیدرولیز شده و به گوانوزین دی فسفات (GDP) تبدیل شود و زیرواحدهای  $\beta$  و  $\gamma$  مجدداً به زیرواحد  $\alpha$  متصل شوند.

بدین ترتیب سیستم پیام‌رسان ثانویه غیرفعال گردد. سپس زیرواحد  $\alpha$  مجدداً به زیرواحدهای  $\beta$  و  $\gamma$  متصل شده و کمپلکس پروتئین G را به وضعیت غیرفعال خود باز می‌گرداند.

واضح است که فعال شدن سیستم‌های پیام‌رسان ثانویه در نورون (چه از نوع پروتئین G و چه انواع دیگر) بر ایجاد تغییر بلند مدت در خصوصیات پاسخ‌دهی مسیرهای مختلف نورونی بسیار مهم است. در **فصل ۵۸** در بحث مربوط به عملکردهای حافظه در دستگاه عصبی درباره این موضوع به تفصیل صحبت خواهد شد.

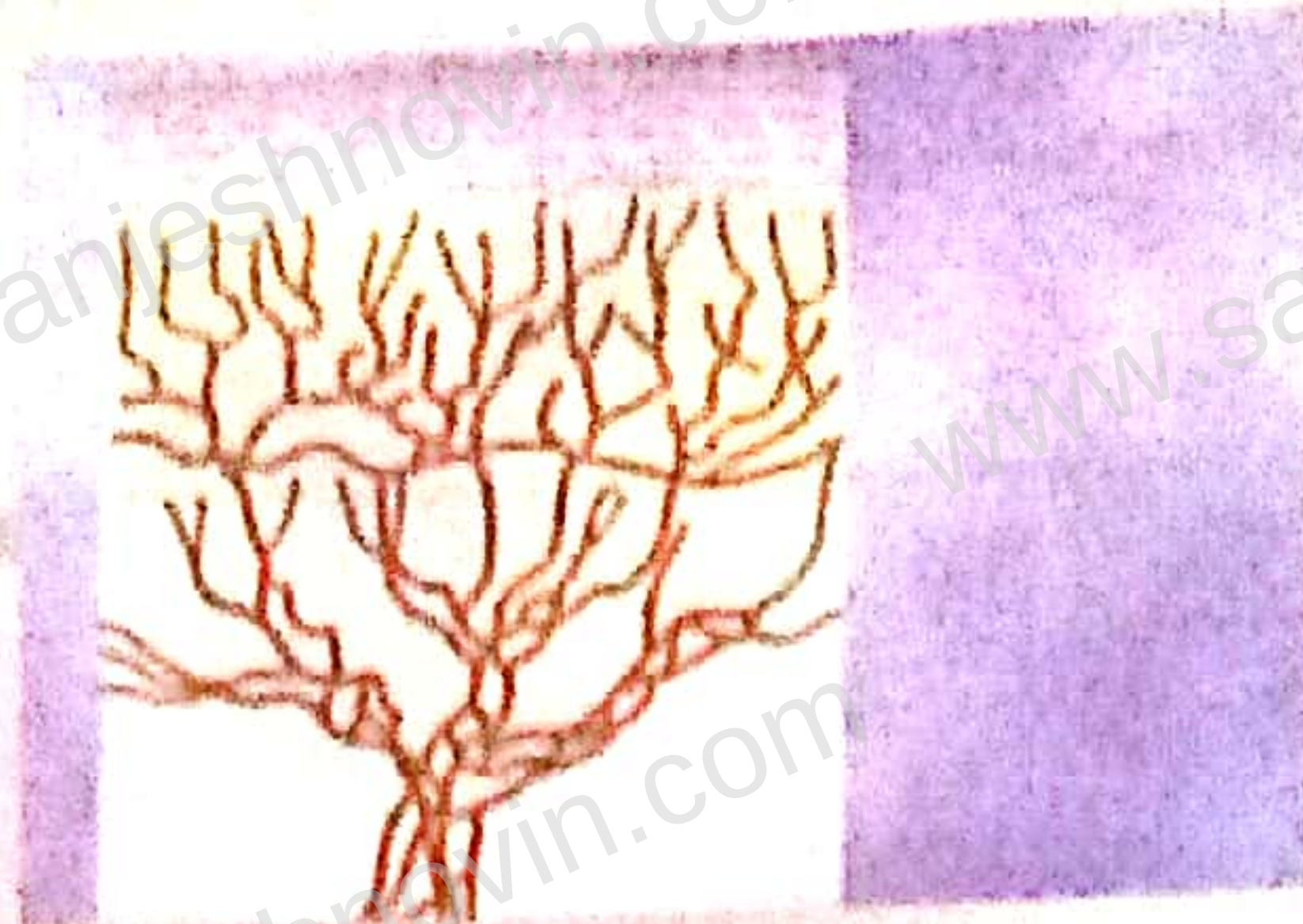
### گیرنده‌های تحریکی یا مهارتی در غشای پس‌سیناپسی

فعال شدن برخی از گیرنده‌های پس‌سیناپسی باعث می‌شود که نورون پس‌سیناپسی تحریک شود و برخی دیگر از آنها، نورون پس‌سیناپسی را مهار می‌کنند. وجود گیرنده‌های مهارتی علاوه بر گیرنده‌های تحریکی، یک بُعد دیگر به

۳. فعال شدن یک یا چند آنزیم درون سلولی. پروتئین G می‌تواند به طور مستقیم یک یا چند آنزیم درون سلولی را فعال کند. این آنزیم‌ها نیز به نوبه خود می‌توانند بسیاری از فعالیت‌های شیمیایی خاص را در سلول به راه بیندازند.

۴. فعال شدن رونویسی از ژن. این مورد یکی از مهم‌ترین اثرات فعال شدن سیستم پیام‌رسان ثانویه است، زیرا رونویسی ژنی باعث می‌شود که پروتئین‌های جدیدی درون نورون تولید شوند. بنابراین ساختار سلول یا روند متابولیسم نورون تغییر می‌کند. در واقع به خوبی می‌دانیم که تغییرات ساختاری، به خصوص در روندهای مربوط به حافظه بلند مدت، در نورونی که به طور مناسب فعال شده است، رخ می‌دهد.

پروتئین G هنگامی غیرفعال می‌شود که GTP متصل به زیرواحد  $\alpha$  هیدرولیز شده و به GDP تبدیل شود. این عمل باعث می‌شود تا زیرواحد  $\alpha$  از پروتئین هدف خود جدا شود و



## گیرنده‌های حسی، مدارهای نورونی برای پردازش اطلاعات

نشان داده شوند. سایر گیرنده‌ها در فصل‌های مربوط به دستگاه‌های حسی مورد بحث قرار می‌گیرند. در **شکل ۴۷-۱** برخی از انواع گیرنده‌های مکانیکی که در پوست و احشای عمقی یافت می‌شوند، نشان داده شده‌اند.

### حساسیت افتراقی گیرنده‌ها

چگونه دو نوع گیرنده حسی مختلف، انواع مختلف محرک‌های حسی را کشف می‌کنند؟ پاسخ این است که آنها از طریق "حساسیت افتراقی" (*differential sensitivity*) این وظیفه را به انجام می‌رسانند. یعنی این که هر گیرنده به یک نوع محرک خاص که برای آن طراحی شده است بیشترین حساسیت را دارد و نسبت به سایر محرک‌ها تقریباً پاسخ نمی‌دهد. بنابراین، سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی چشم نسبت به نور پاسخ بسیار عالی می‌دهند ولی نسبت به محدوده طبیعی محرک‌هایی نظیر گرما، سرما و فشار روی کره چشم یا تغییرات شیمیایی در خون تقریباً بدون پاسخ هستند. گیرنده‌های اسلمزی هسته سوپرا اپتیک در هیپوتالاموس، تغییرات اندک اسمولالیت مایعات بدن را حس می‌کنند ولی هرگز به صدا پاسخ نمی‌دهند. در نهایت، گیرنده‌های درد در پوست تقریباً هیچ گاه توسط لمس معمول یا محرک‌های فشاری تحریک نمی‌شوند ولی به محض اینکه محرک‌های لمسی به حدی شدید شوند که به بافت‌ها آسیب برسانند، این گیرنده‌ها شدیداً فعال می‌شوند.

### مودالیت‌ه حس - اصل "خطوط نشان‌دار"

هر یک از انواع حس‌های پایه‌ای که انسان می‌تواند تجربه کند (درد، لمس، نور، صدا و غیره)، مودالیت‌ه (*modality*) حس نامیده می‌شود. با وجود این، ما مودالیت‌ه‌های مختلف

درک ما از سیگنال‌های درون بدن و جهان پیرامون ما توسط سیستم پیچیده‌ای از گیرنده‌های حسی میسر می‌شود. این گیرنده‌ها محرک‌های حسی از قبیل لمس، صدا، نور، درد، سرما و گرما را تشخیص می‌دهند. هدف این فصل توضیح مکانیسم‌های پایه‌ای است که این گیرنده‌ها به کار می‌برند تا محرک‌های حسی را به سیگنال‌های عصبی تبدیل کنند که بعداً به دستگاه عصبی هدایت و در آنجا پردازش شوند.

### انواع گیرنده‌های حسی و محرک‌هایی که تشخیص می‌دهند

در **جدول ۴۷-۱** اکثر گیرنده‌های حسی بدن فهرست و طبقه‌بندی شده‌اند. این جدول نشان می‌دهد که پنج نوع گیرنده حسی پایه وجود دارد: (۱) **گیرنده‌های مکانیکی** که فشرده‌شدن یا تحت فشار قرارگرفتن مکانیکی گیرنده یا بافت‌های مجاور گیرنده را درک می‌کنند، (۲) **گیرنده‌های حرارتی** که تغییرات دما را درک می‌کنند، برخی نسبت به سرما و برخی نسبت به گرما حساس هستند، (۳) **گیرنده‌های درد** (*nociceptor*) که آسیب‌های شیمیایی و فیزیکی وارده به بافت‌ها را درک می‌کنند، (۴) **گیرنده‌های الکترومغناطیسی** که در شبکیه چشم، نور را دریافت می‌کنند و (۵) **گیرنده‌های شیمیایی** که طعم غذا در دهان، بو در بینی، سطح اکسیژن خون شریانی، اسمولالیت مایعات بدن، غلظت دی‌اکسیدکربن و سایر عواملی که ساختار شیمیایی بدن را تشکیل می‌دهند، درک می‌کنند.

در این فصل، عملکرد برخی از انواع خاص گیرنده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. در ابتدا گیرنده‌های مکانیکی محیطی توضیح داده می‌شوند تا برخی از اصول عملکرد گیرنده‌ها