فصل دوم

فیزیولوژی بافت عضلانی

اهداف رفتاری: دانش‌آموز در پایان این فصل باید بتواند :

۱ــ انواع بافت عضلانی را توضیح دهد.

۲ــ ساختمان بافت هم‌بند عضله را تشریح کند.

۳ــ ساختمان یاخته‌ی عضلانی را شرح دهد.

۴ــ تئوری انقباض را کاملاً توضیح دهد.

۵ ــ انواع انقباض را تعریف کند.

۶ ــ راه‌های تولید انرژی در عضله را تشریح کند.

۷ــ انواع تارهای عضلانی را تعریف کند.

۸ ــ تأثیر تعداد واحد حرکتی را در تولید نیرو توضیح دهد.

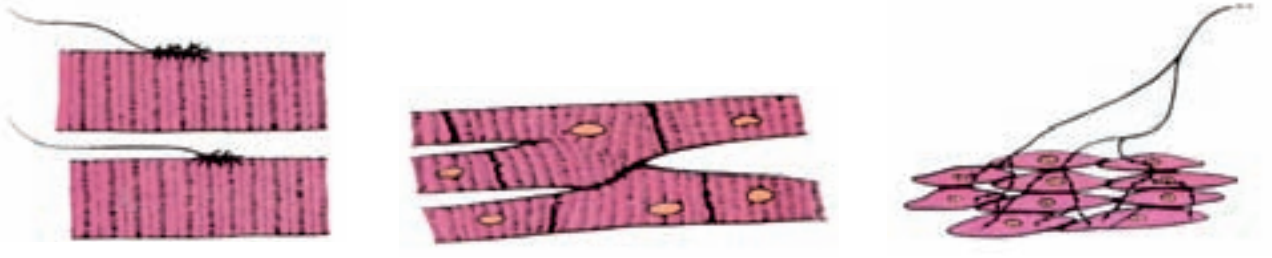
فیزیولوژی بافت عضلانی

سه نوع بافت عضلانی در بدن انسان یافت می‌شود :

۱ــ عضله‌ی اسکلتی (مخطط) ۲ــ عضله‌ی قلبی ۳ــ عضله‌ی صاف.

شکل ۱ــ۲ انواع بافت عضلانی را نشان می‌دهد.

۴۰ تا ۵۰ درصد وزن بدن افراد بالغ را عضلات تشکیل می‌دهند. عضله‌ی اسکلتی توسط تاندون‌ها به استخوان‌ها متصل شده‌اند و حرکت مفاصل و استخوان‌ها را بر عهده دارند. هر عضله‌ی اسکلتی از تعدادی یاخته‌ی عضلانی یا تار عضلانی تشکیل شده است و یک عصب حرکتی به یک گروه تار عضلانی عصب رسانی می‌کند (واحد حرکتی) از این‌رو، عضلات اسکلتی به صورت ارادی عمل می‌کنند.



شکل ۱ــ۲ــ انواع بافت عضلانی

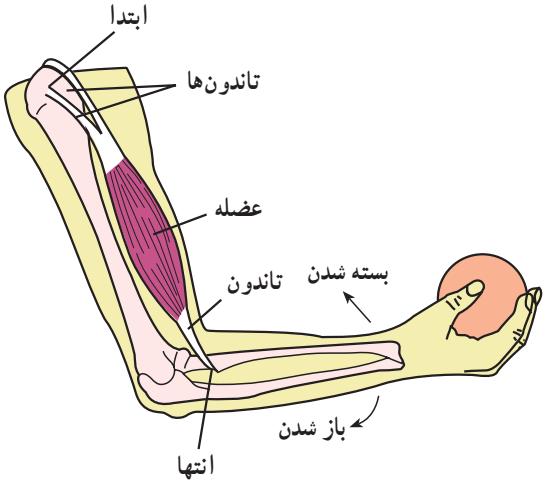
عضله‌ی قلبی از نظر ظاهری شبیه تارهای عضلانی اسکلتی است اما از نظر عملکرد به صورت غیرارادی عمل می‌کند. در بخش دستگاه گردش خون به آن اشاره خواهد شد.

عضله‌ی صاف، هم از نظر ظاهر و هم از نظر عمل، با عضله‌ی اسکلتی متفاوت است و به صورت غیرارادی عمل می‌کند.

ساختمان عضله‌ی اسکلتی

بیش‌تر عضلات اسکلتی توسط تاندون‌ها به استخوان متصل‌اند. طول تاندون‌ها در عضلات متفاوت است. هر عضله، دارای یک ابتدا و یک انتهاست که هنگام کوتاه شدن (عضله) انتها به ابتدا نزدیک می‌شود.

شکل ۲ــ۲ انتها و ابتدای یکی از عضلات را نشان می‌دهد.

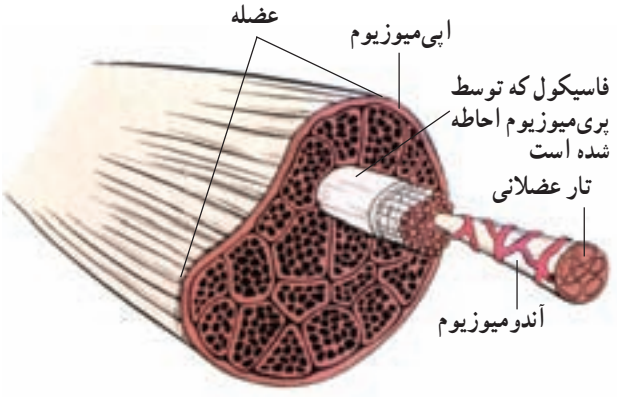


شکل ۲ــ۲ــ محل اتصال عضله‌ی جلوی بازو

عضلات ممکن است بازکننده[۱] و یا تاکننده[۲] باشند. هر عضله، یک عضله‌ی موافق[۳] و یک عضله‌ی مخالف[۴] دارد.

در عضله‌ی اسکلتی یاخته‌ها یا تارها در یک ردیف طولی قرار گرفته‌اند. ممکن است هر عضله دارای تارهای زیاد یا کم باشد.

هر عضله از بافت هم‌بندی که آن‌را احاطه کرده تشکیل شده است. این بافت هم‌بند را «اپی‌میوزیوم» می‌نامند و به تاندون‌ها ختم می‌شود. در داخل عضله، تارهای عضلانی توسط پری‌میوزیوم، که بافت هم‌بند دیگری است، متصل شده‌اند و مجموعه‌ای به نام «فاسیکول» را ساخته‌اند. فاسیکول‌ها از تارهای عضلانی تشکیل شده‌اند. هر تار عضلانی، توسط بافت هم‌بندی به‌نام «آندومیوزیوم» احاطه شده است. این بافت‌های هم‌بند، در نهایت به یکدیگر متصل می‌شوند و تاندون را تشکیل می‌دهند (شکل ۳ــ۲).



شکل ۳ــ۲ــ بافت هم‌بند عضله‌ی اسکلتی

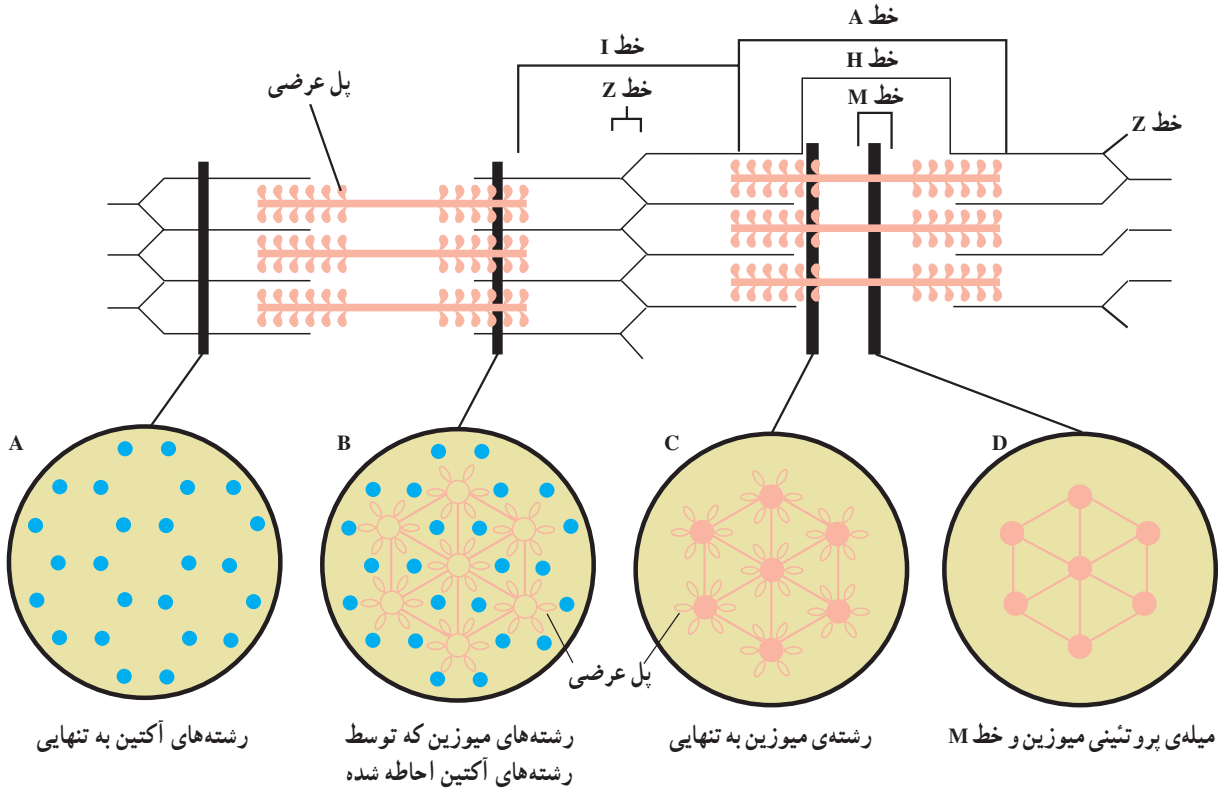
ساختمان یک سلول عضلانی (سارکومر)[۵]

غشا یاخته‌ی عضلانی (تار) «سارکولما[۶]» نامیده می‌شود. تارهای[۷] عضلانی شامل میوفیبریل‌های[۸] بلند و درازی هستند که حدود ۱ تا ۲ میکرون بیش‌تر قطر ندارند. تارچه‌ها (میوفیبریل‌ها) از زیر واحدهایی تشکیل شده‌اند به نام سارکومرها که بخش‌های تیره (A) و روشن (I) دارند و ظاهری مخطّط به عضله داده‌اند.

سارکومر از یک رشته‌ی ضخیم به نام میوزین[۹] (قابل مشاهده در خط A) و یک بخش نازک به نام آکتین[۱۰] (قابل مشاهده در خط I) تشکیل شده است. روی رشته‌های ضخیم تیره رنگ، بخش برجسته‌ای به نام پل‌های ارتباطی قرارگرفته است و در وسط هر بخش ضخیم یک خط روشن به نام H

۱ــ Extensor ۲ــ Flexor ۳ــ Synergetic ۴ــ Antagonist ۵ــ Sarcomere
۶ــ Sarcolemma ۷ــ Fibers ۸ــ Myofibrils ۹ــ Myosin ۱۰ــ Actin

وجود دارد. رشته‌های نازک روشن هستند و روی هر قسمت روشن، یک خط تیره به‌نام Z است. رشته‌ها از خط Z شروع و در سرتاسر نوار I ادامه دارند و قسمتی از آن‌ها وارد خط A می‌شوند. حد فاصل هر دو خط Z را یک «سارکومر» می‌گویند (شکل ۴ــ۲).



شکل ۴ــ۲

ماده‌ی بین تارچه‌ها سیتوپلاسم تار عضلانی[۱] نام دارد و اطراف هر تارچه با شبکه‌ی سارکوپلاسمیک احاطه شده است. هم‌چنین میتوکندری فراوانی که عامل تولید انرژی است در سیتوپلاسم تار عضلانی یافت می‌شود. اطراف هر تارچه شبکه‌ی سارکوپلاسمیک متشکل از لوله‌ها و مخازنی است که درون آن یون کلسیم ذخیره شده است. از این‌رو به راحتی یون کلسیم را در اختیار تار عضلانی قرار می‌دهد.

هر تار عضلانی، دارای یک عصب حرکتی است. هر عصب حرکتی چند تار عضلانی را تحت کنترل دارد که آن را «واحد حرکتی[۲]» می‌نامند.

شبکه‌ی مویرگی نیز به هر تار عضلانی خون‌رسانی می‌کند.

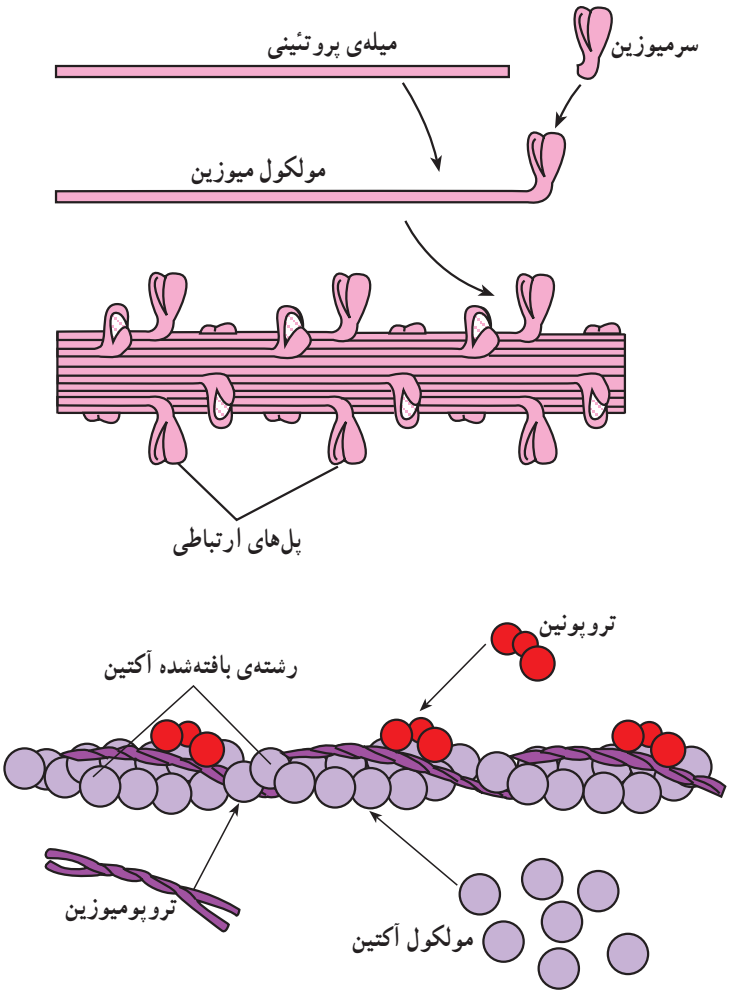
هر تار عضلانی دارای یک سیاه‌رگ و یک سرخ‌رگ است که غذا و اکسیژن را در اختیار عضله قرار می‌دهد و مواد زاید را از عضله خارج می‌کند.

هر تارچه دارای رشته‌هایی‌ست که در درون خود، پروتئین آکتین و میوزین دارد.

ساختمان آکتین و میوزین

هر رشته آکتین دارای سه پروتئین است. آکتین[۳]، تروپونین[۴] و تروپومیوزین[۵] (این پروتئین‌ها قابل انقباض‌اند.) پروتئین‌میوزین که ضخیم‌تر است دارای محل‌های برجسته به نام پل‌های ارتباطی‌ست (شکل ۵ ــ۲).

۱ــ Sarcoplasm ۲ــ Motor Unit ۳ــ Actin ۴ــ Troponin ۵ــ Tropomyosin



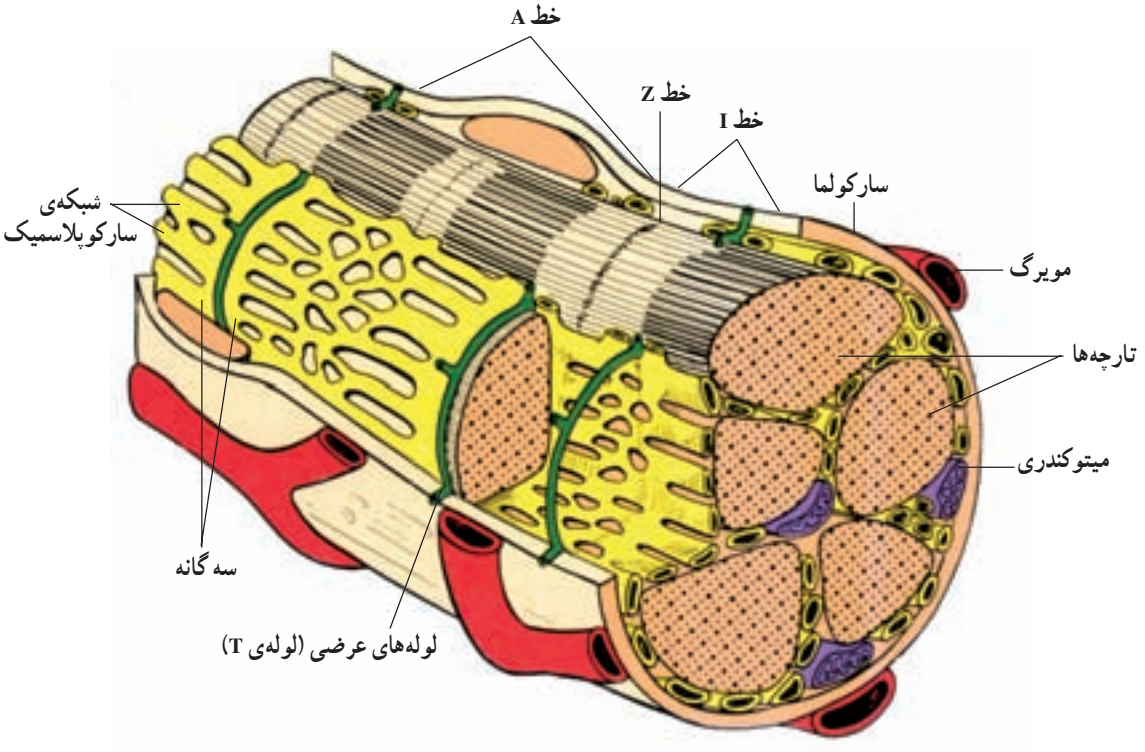
شکل ۵ــ۲ــ ساختمان آکتین و میوزین

تئوری یا مدل انقباض رشته‌ها به روش سرخوردن

تاریخچه‌ی این تئوری، به زمان فیزیولوژیست یونانی گالن[1] برمی‌گردد. سپس دو دانشمند انگلیسی به‌نام هاکسلی[2] و هانسون[3] این تئوری را در سال ۱۹۵۵ بنا نهادند.

هرگاه عصب حرکتی تار عضلانی تحریک شود، سبب تحریک غشای یاخته عضلانی می‌شود، بنابراین شبکه‌ی سارکوپلاسمیک (شکل۶ــ۲) یون کلسیم را از مخازن خود آزاد می‌کند.

۱ــ Galen ۲ــ Huxley ۳ــ Hanson



شکل ۶ ــ۲ــ ساختمان شبکه‌ی سارکوپلاسمیک و مخازن کلسیم

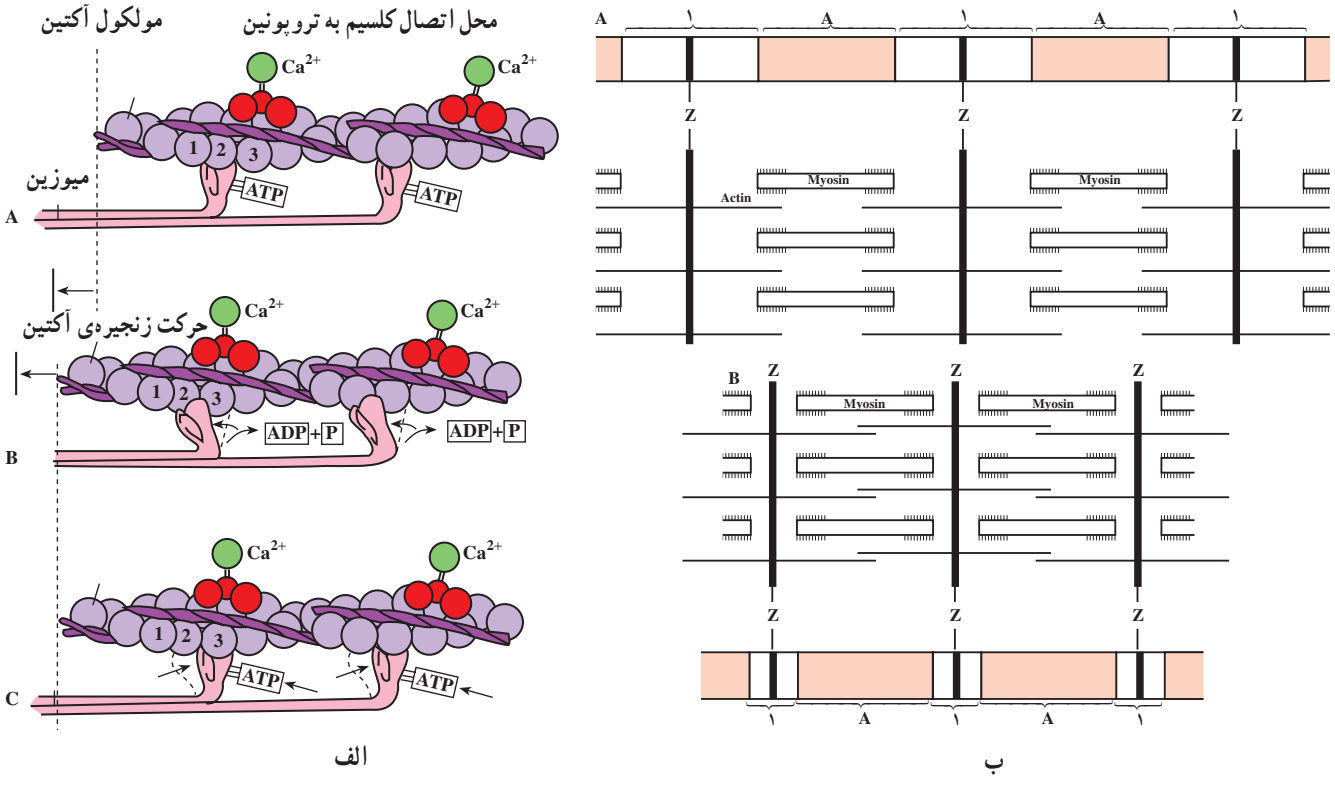
یون کلسیم سبب فعال شدن پروتئین تروپونین موجود در آکتین می‌شود و در نتیجه باعث می‌گردد که به پل‌های ارتباطی میوزین بچسبد. پس از اتصال این دو به یکدیگر، یک آنزیم کلیدی مهم فعال می‌شود که «آدنوزین تری‌فسفاتاز» نام دارد. این آنزیم ATP را تبدیل به انرژی می‌کند. بار دیگر به واکنش زیر توجه کنید.

$$ATP \xrightarrow[\text{فسفات آزاد}]{\text{آدنوزین تری فسفاتاز}} ADP + Pi + \text{انرژی}$$

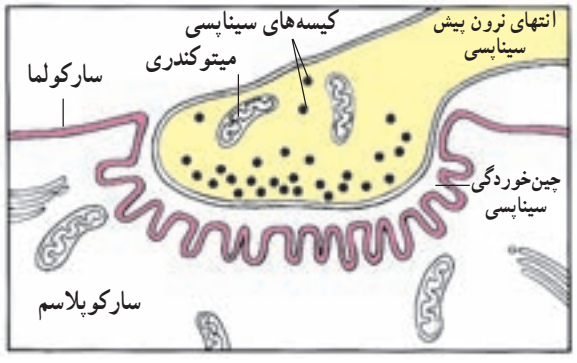
هر پل ارتباطی دارای یک مولکول ATP است، که وقتی تبدیل به انرژی شود آن‌ها را به حرکت درمی‌آورد. بنابراین، تروپونین، که به پل‌های ارتباطی متصل است، بر روی میوزین‌ها می‌لغزد یا سر می‌خورد (مانند حرکت پارو روی یک قایق). در نتیجه، کل پروتئین آکتین بر روی میوزین سر می‌خورد و ضمن نزدیک شدن دو خط Z به یکدیگر، طول عضله کوتاه می‌گردد (مرحله B). بعد از اتمام تحریک، کلسیم مجدداً به مخازن برمی‌گردد و پیوند بین تروپونین و پل‌های ارتباطی نیز قطع می‌شود و عضله به حالت استراحت و طول اولیه برمی‌گردد (مرحله C). شکل ۷ــ۲ مراحل تئوری انقباض را به روشنی نشان می‌دهد.

همان‌طور که اشاره شد، هر تار عضلانی دارای عصب حرکتی است. محل اتصال عصب و عضله را «صفحه‌ی محرکه» می‌گویند.

در انتهای هر یاخته عصبی (نرون) کیسه‌های محتوی «استیل کولین» وجود دارد. این ماده، انتقال‌دهنده‌ی تحریک‌های عصبی به صفحه‌ی محرکه و شروع انقباض است. پس از پایان تحریک، ماده‌ی دیگری به‌نام «استیل کولین استراز» از کیسه‌ها ترشح می‌شود و اثر استیل کولین را خنثی می‌کند (شکل ۸ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ مراحل انقباض در عضله‌ی اسکلتی (A,B,C)



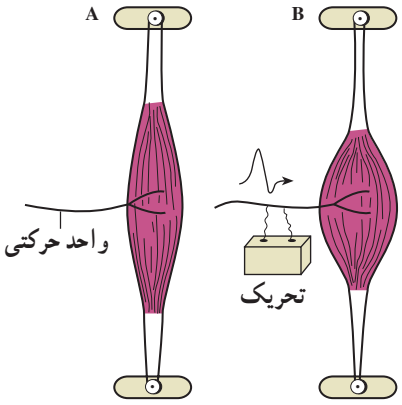
شکل ۸ ــ۲ــ صفحه‌ی محرکه

انواع انقباض

شما، به عنوان یک دانش‌آموز رشته‌ی تربیت بدنی، باید با مسئله‌ی انقباض آشنا باشید زیرا در فعالیت‌های ورزشی با آن سر و کار دارید. در این کتاب با دو نوع انقباض آشنا می‌شوید : ایزومتریک[۱] و ایزوتونیک[۲].

۱ــ انقباض ایزوتونیک: انقباض ایزوتونیک، انقباضی‌ست که در آن طول عضله کوتاه می‌شود (شکل ۹ــ۲) و انتها به ابتدا نزدیک می‌گردد.

۱ــ Isometric ۲ــ Isotonic



شکل ۹ــ۲ــ نمونه‌ی یک انقباض ایزوتونیک

در این شکل، ساعد با انقباض عضله‌ی دو سر جابه‌جا می‌شود و کار صورت می‌گیرد. فرمول کار را از درس فیزیک به یاد دارید.

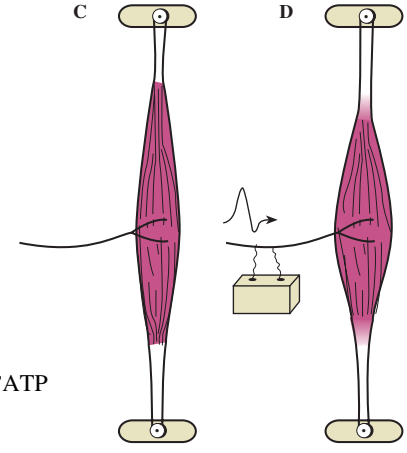
$$W = F \times D$$

مسافت جابه‌جایی = D نیرو = F کار = W

اگر در این‌جا، نیرو ۷ کیلوگرم و جابه‌جایی ۷ سانتی‌متر باشد، کار اجرا شده برابر ۴۹ کیلوگرم بر سانتی‌متر است.

$$W = ۷ \times ۷ = ۴۹$$

۲ــ انقباض ایزومتریک: در این نوع انقباض، طول عضله تغییر نمی‌کند امّا تمام اتفاقاتی که در تئوری انقباض خوانده‌اید به وقوع می‌پیوندد. از آن‌جا که در مقابل عضله یک مقاومت قرار دارد طول عضله کوتاه نمی‌شود، مثل زمانی که دست را بدون خم کردن به دیوار فشار می‌دهید و دیوار، در برابر دست شما یک مقاومت به شمار می‌آید (شکل ۱۰ــ۲).



شکل ۱۰ــ۲ــ نمونه‌ی یک انقباض ایزومتریک

انواع تارهای عضلانی

دو نوع تار عضلانی در عضلات انسان وجود دارد. تُند[۱]، انقباض و کُند انقباض[۲].

در نوع تند انقباض عضله به سرعت منقبض می‌شود : از نظر ساختمانی این نوع تارها بیش‌تر دارای آنزیم‌هایی هستند که در گلیکولیز و راه بی‌هوازی نقش دارند و گلیکوژن زیادی دارند. این نوع تارها زود خسته می‌شوند و ذخیره‌ی انرژی آن‌ها به صورت ATP است و ظاهر سفیدی دارند. از این‌رو، به آن‌ها، «تارهای سفید» نیز می‌گویند.

نوع کُند انقباض، بیش‌تر در کارهای طولانی استفاده می‌شوند و سرعتی نیستند. آن‌ها ظاهر قرمز رنگی دارند و دارای گلیکوژن و میتوکندری فراوان‌اند و آنزیم‌های چرخه‌ی کربس در آن‌ها به‌مقدار زیاد موجود است.

انرژی عضله

عضله از سه راه انرژی تولید می‌کند و براساس ذخایری که دارد، یعنی فسفوکرآتین، گلیکوژن، پروتئین و چربی‌ها به سه طریق در تولید انرژی شرکت می‌کند.

۱ــ تولید انرژی از فسفوکرآتین: به فرمول زیر توجه نمایید :

$$\underset{\text{فسفوکرآتین}}{PC} \xrightleftharpoons{\text{آنزیم}} \underset{\text{فسفات آزاد}}{Pi} + \underset{\text{کرآتین}}{C} + \text{انرژی}$$

$$\underset{\text{آدنوزین دی‌فسفات}}{ADP} + \underset{\text{فسفر آزاد}}{Pi} + \text{انرژی} \xrightleftharpoons{\text{آنزیم}} ATP$$

۲ــ تولید انرژی از راه گلیکولیز[۳]

$$\text{گلیکوژن} \rightarrow \text{گلوکز} \xrightarrow{\text{آنزیم‌ها}} \text{اسیدلاکتیک} + \text{انرژی} + ۳ADP + Pi \xrightarrow{\text{آنزیم‌ها}} ۳ATP$$

۱ــ Fast.twitch

۲ــ Slow. Twitch

۳ــ گلیکولیز یعنی : تجزیه‌ی گلیکوژن

۳ــ تولید انرژی از سه ماده‌ی غذایی در چرخه‌ی کربس

$$\left.\begin{matrix}\text{گلیکوژن}\\ \text{پروتئین}\\ \text{لیپید}\end{matrix}\right\} + O_2 \xrightarrow[\text{(اکسیداتیو)}]{\text{آنزیم‌های چرخه‌ی کربس}} H_2O + CO_2 + \text{انرژی} + ADP + Pi \xrightarrow{\text{آنزیم‌ها}} ATP$$

توجه شود که مقدار تولید انرژی در شیوه‌ی سوم بسیار زیاد است. به‌عنوان مثال، گلیکوژن ۳۹ مولکول ATP را بازسازی می‌کند ولی با توجه به این‌که نوع پروتئین‌ها و لیپیدها در این‌جا مشخص نیست تعداد ATP در فرمول مشخص نشده است.

راه‌های اول و دوم را غیرهوازی و راه سوم را هوازی می‌نامند.

«غیرهوازی[1]» یعنی فعالیت‌های کوتاه‌مدت و سریع که بدن فرصت تبادل گازی با خارج را ندارد و با کمبود و بدهی اکسیژن روبه‌رو است (فعالیت‌های تا ۳۰ ثانیه) مانند دوهای سرعت ۵۰ متر و ۱۰۰ متر و فعالیت‌های زیر حداکثر سرعت (فعالیت‌های تا حدود ۴ دقیقه) مانند دوهای ۴۰۰ متر و ۸۰۰ متر.

«هوازی[2]» یعنی فعالیت‌های طولانی مدت که در مجاورت اکسیژن صورت می‌گیرد و بدن فرصت، تبادل گازی با خارج را دارد (فعالیت‌های بیش از ۴ دقیقه). مانند دوهای استقامتی ۵۰۰۰متر و ۱۰۰۰۰ متر.

تأثیر تعداد واحد حرکتی در تولید نیرو: هر چه تعداد تارهای عضلانی یک عضله بیش‌تر باشد آن عضله نیروی بیش‌تری تولید می‌کند. پس هر چه عضله حجیم‌تر باشد نیرو نیز افزایش می‌یابد. اما بعضی عضلات با این‌که تارهای کم‌تری دارند سریع‌تر منقبض می‌شوند زیرا نرون‌های بیش‌تری به آن عضله می‌رسد مثل چشم که حرکات بسیار سریعی دارد. در حالی‌که عضله‌ی چهارسر ران نیروی بیش‌تری تولید می‌کند. از سوی دیگر، هر چه تعداد واحدهای حرکتی یک عضله بیش‌تر باشد نیروی تولید شده نیز بیشتر است. به عنوان مثال اگر عضله‌ی چهارسرران، دارای ۳۰۰ واحد حرکتی باشد به نسبت عضله‌ی دو سر بازو که دارای مثلاً ۱۵۰ واحد حرکتی‌است نیروی بیش‌تری تولید می‌کند.

ناراحتی‌های ماهیچه‌ای: ماهیچه‌ها کم‌تر دچار عفونت می‌شوند. اما از آن‌جا که قسمت عمده‌ای از بدن ما را تشکیل می‌دهند و بلافاصله بعد از پوست قرار دارند در معرض خطرات و صدمات خارجی قرار می‌گیرند.

۱ــ کوفتگی ماهیچه‌ای: معمولی‌ترین ناراحتی ماهیچه است که در اثر کار و فشار زیاد در ماهیچه‌های مربوط پدید می‌آید. در این حالت ماهیچه‌ها و زردپی آن‌ها بسیار دردناک می‌شود، اما آسیبی به آن‌ها وارد نمی‌شود. یک حمام گرم و اندکی استراحت و استفاده از مایعات مناسب، درد و کوفتگی را از بین می‌برند.

۲ــ گرفتگی ماهیچه: هرگاه بدون گرم کردن مفید بدن، فعالیت ماهیچه‌ای شدیدی داشته باشید و یا مدتی طولانی ورزش کنید ماهیچه دچار گرفتگی دردناک خواهد شد.

در این حالت ماهیچه به حال انقباض می‌افتد و حالت استراحت نمی‌پذیرد. علت آن فقدان موقتی اکسیژن و مواد مغذی در ماهیچه است. ماساژ ماهیچه، حمام گرم، استفاده از مایعات مفید در بهبود این ناراحتی مؤثر است. اگر گرفتگی ماهیچه در آب و در حالت شنا اتفاق بیفتد ممکن است باعث مرگ شناگر شود.

۱ــ Anacrobic

۲ــ Acrobic

خودآزمایی

۱ــ نقش شبکه‌ی سارکوپلاسمیک را در تحریک عضلانی بیان نمایید.

۲ــ تئوری انقباض عضله‌ی اسکلتی را شرح دهید.

۳ــ انقباض ایزومتریک و ایزوتونیک را تعریف کنید.

۴ــ سه راه تولید انرژی در عضله را توضیح دهید و برای آن مثال ورزشی ارائه کنید.

۵ــ اگر دونده‌ای مسافت ۱۵۰۰ متر را در زمان ۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه دویده باشد از کدام روش کسب انرژی کرده است؟

۶ــ بازیکن بسکتبال در پرش‌های ریباند از کدام روش کسب انرژی می‌کند؟

۷ــ شناگری که ۵۰ متر را در زمان ۲۰ ثانیه شنا کرده است انرژی موردنیاز را از کدام طریق به‌دست آورده است؟

۸ــ بازیکن فوتبال از کدام روش کسب انرژی می‌کند؟ توضیح دهید.

۹ــ بازیکن تنیس روی میز از کدام طریق کسب انرژی می‌کند؟ شرح دهید.

۱۰ــ یک ژیمناست در حرکات زمینی برای به‌دست آوردن انرژی خود کدام روش کسب انرژی را باید تقویت کند؟

فصل سوم

فیزیولوژی بافت عصبی

اهداف رفتاری: دانش‌آموز در پایان این فصل باید بتواند :

۱ــ نرون‌ها را از نظر عمل طبقه‌بندی کند.
۲ــ پتانسیل استراحت و عمل را تعریف کند.
۳ــ سیناپس را تشریح کند.
۴ــ مننژها و عمل آن را تعریف کند.
۵ــ نخاع و اعمال آن را توضیح دهد.
۶ــ عمل بصل‌النخاع، هیپوتالاموس و مخچه را شرح دهد.
۷ــ نیم‌کره‌های مخ را توضیح دهد و اعصاب مغزی را نام ببرد.
۸ــ عمل دستگاه عصبی خودکار را توضیح دهد.

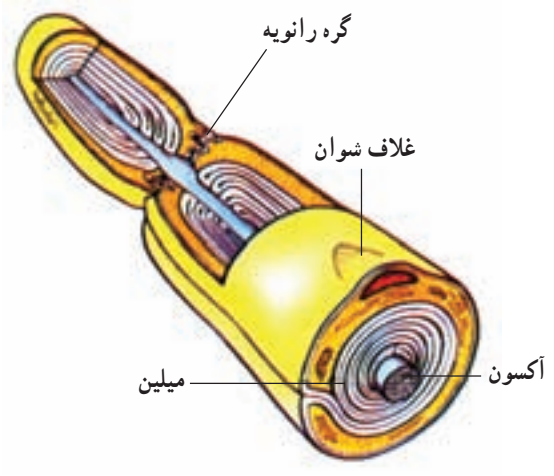
هر یاخته‌ی عصبی را یک «نرون» می‌گویند. دستگاه عصبی از تعداد زیادی نرون تشکیل شده است.

ساختمان نرون

هر نرون می‌تواند اطلاعات را از نرون دیگر و یا از محیط دریافت و به یاخته‌ی بعدی منتقل کند. نرون‌ها از نظر شکل متفاوت‌اند اما همه‌ی آن‌ها تقریباً یک ساختمان دارند. جسم یاخته‌ای یا سوما[۱] که از آن شاخه‌هایی به‌نام دندریت[۲] بیرون می‌آید و بخشی از نرون است که جسم یاخته‌ای به‌وسیله‌ی آن پیام‌های عصبی را از نرون یا محیط دریافت می‌کند. و از انتهای آن رشته‌ی بلندی به‌نام آکسون[۳] منشعب می‌شود. جسم یاخته‌ای دارای هسته و چند هستک، نوکلئوپلاسم یا شیره‌ی هسته و توده‌های کروماتین است. در ساختمان شیمیایی سیتوپلاسم، مقدار زیادی چربی وجود دارد. شبکه‌ی آندوپلاسمی، دانه‌های ریبوزوم، میتوکندری، دستگاه گلژی و لیزوزوم از اجزای دیگر یاخته عصبی هستند. علاوه بر این، اجسام نیسل نیز دیده می‌شود که رنگ‌های قلیایی را به خود جذب می‌کند. این اجسام فقط در جسم یاخته‌ای و دندریت وجوددارد.

آکسون‌ها دو نوع‌اند : یا غلاف میلین[۴] دارند و یا فاقد آن هستند. غلاف میلین از یک لایه‌ی لیپوپروتئین ساخته شده است که در طول آکسون پیوسته نیست و در نواحی مختلف گسستگی دارد که آن‌را «گره رانویه[۵]» می‌نامند. غلاف میلین به‌وسیله‌ی غلاف دیگری به نام شوان پوشیده می‌شود، که به حالت مارپیچ به‌وجود می‌آید (شکل ۱ــ۳). غلاف شوان یک پوشش محافظ برای آکسون است.

۱ــ Soma ۲ــ Dendrites ۳ــ Axon ۴ــ Myeline ۵ــ Nodes of Ranvier



شکل ۱ــ۳ــ ساختمان آکسون

آکسون، پیام‌های عصبی را از جسم یاخته‌ای می‌گیرد و به‌نرون بعدی می‌رساند. بنابراین، دندریت نقش گیرنده و آکسون، نقش فرستنده را بازی می‌کند. انتهای آکسون شاخه شاخه است و محل اتصال نرون بعدی‌ست. این محل را سیناپس (پیوندگاه) می‌نامند. در انتهای سیناپس کیسه‌هایی وجود دارد که پر از ماده‌ی انتقال‌دهنده است. شکل ۲ــ۳ ساختمان یک یاخته‌ی عصبی را نشان می‌دهد.

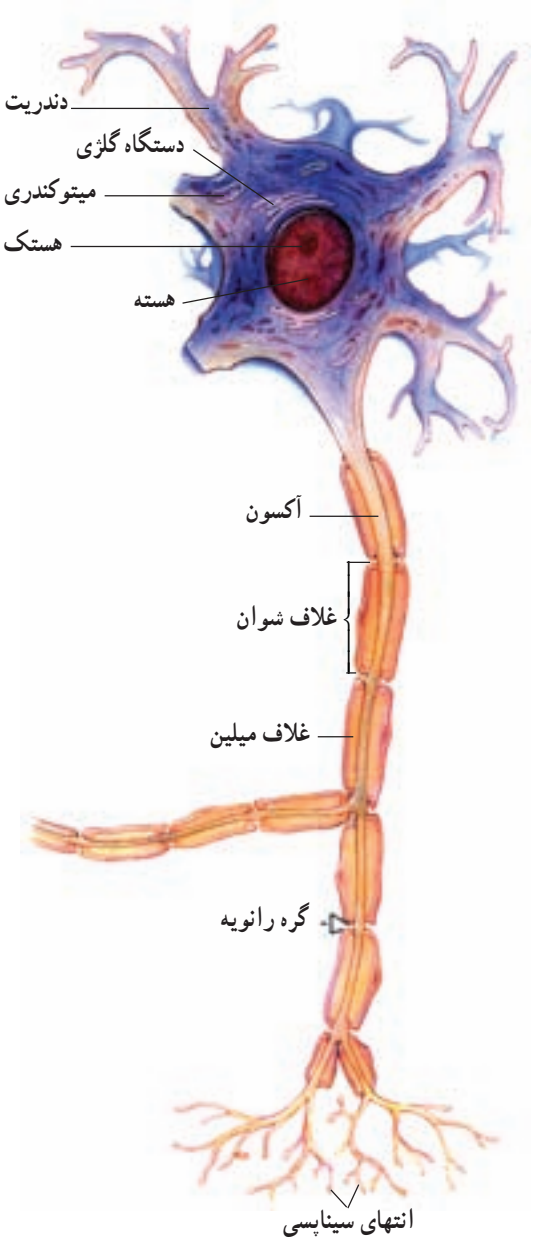
نرون‌ها از نظر شکل به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱ــ یک قطبی

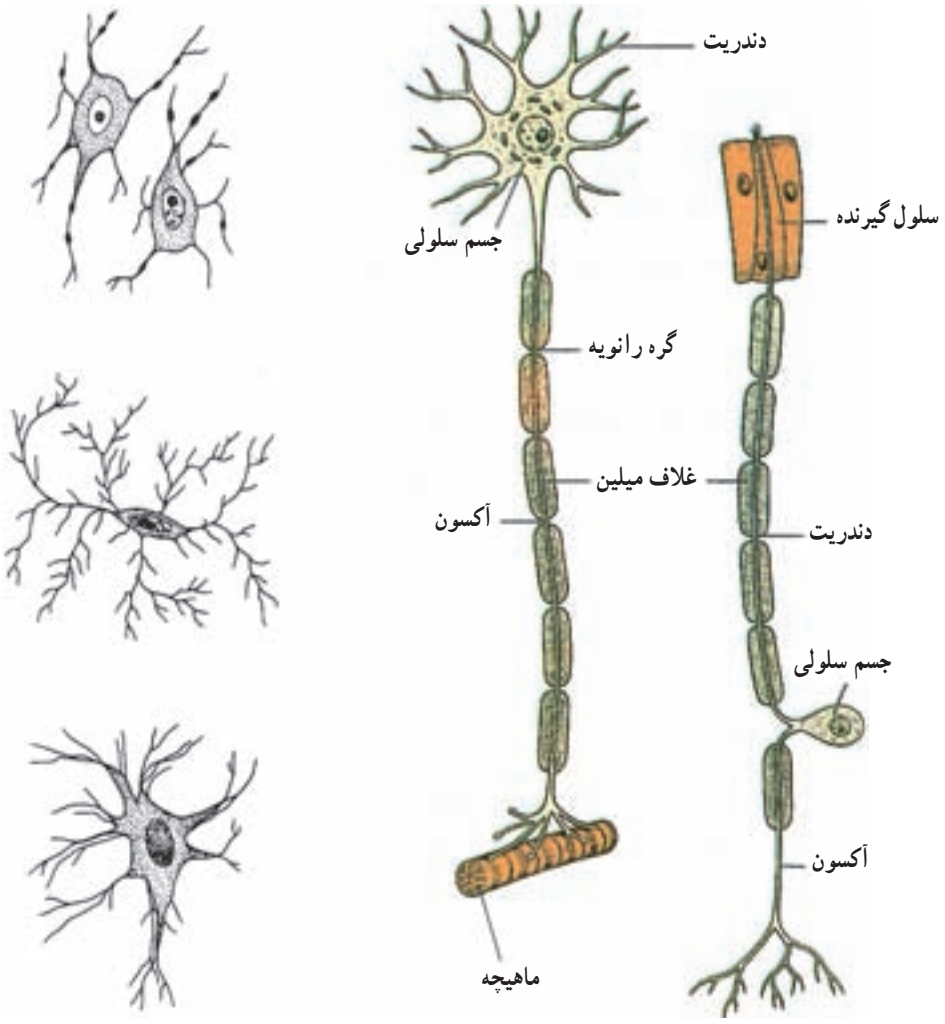
۲ــ دو قطبی

۳ــ چند قطبی

هرگاه از یک قسمت جسم یاخته‌ای یک آکسون و دندریت خارج شده باشد آن‌را «یک قطبی» می‌نامند. این نوع نرون در عقده‌های نخاعی دستگاه عصبی مرکزی دیده می‌شوند. اگر از دو ناحیه‌ی جسم یاخته‌ای آکسون و دندریت منشعب شده باشد آن‌را «دوقطبی» می‌نامند، مانند گیرنده‌های بویایی انسان که در مخاط بینی قرار دارند. هرگاه دندریت‌ها از چند ناحیه‌ی جسم یاخته‌ای و آکسون از ناحیه‌ی دیگر آن خارج شود آن‌را «چند قطبی» می‌نامند. نرون‌های بیش‌تر نواحی دستگاه عصبی از این نوع‌اند که براساس شکل جسم یاخته‌ای آن و خروج دندریت و آکسون نیز به هرمی، دانه‌ای، سه شاخه و ... تقسیم شده‌اند. شکل ۳ــ۳ انواع نرون را نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۳ــ ساختمان نرون



الف ــ نرون حسی　　ب ــ نرون حرکتی　　ج ــ سلول‌های نوروگلیا

شکل ۳ــ۳ــ ساختار و انواع سلول‌های بافت عصبی

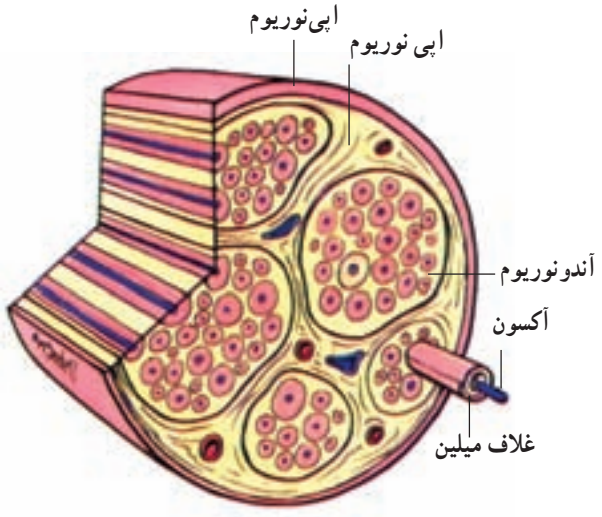
نرون‌ها از نظرعمل به سه دسته‌ی **آوران**[1]، **وابران**[2] و **رابط** تقسیم می‌شوند. نرون‌هایی را که گیرنده‌ی تحریکات خارجی و داخلی (مرکزبر یا حسی) هستند آوران (مرکزبر یا حسی) و آن دسته که از مراکز عصبی خارج می‌شوند (حرکتی یا محیط بر) وابران (حرکتی یا محیط بر) و تعدادی دیگر را که نقش رابط بین دو نرون را بازی می‌کنند «رابط» می‌نامند. به آن دسته از نرون‌های وابران که با عضلات سیناپس می‌شوند، «نرون حرکتی» می‌گویند.

تکثیر نرون‌ها تا حدود دو سالگی ادامه دارد و از آن پس دیگر تقسیم نمی‌شوند اما تار عصبی قابلیت رشد دارد، یعنی آکسون‌ها طویل‌تر می‌شوند.

بافت هم‌بند تار عصبی و عصب

هر تار عصبی دارای بافت هم‌بند است که از یاخته‌های غیرعصبی به‌نام نوروگلی[3] تشکیل شده است و نقش محافظ را دارد. بافت همبند یک عصب را اپی‌نوریوم می‌نامند. تعدادی رشته‌ی عصبی در دستجاتی به‌نام «فاسیکول» جمع شده‌اند که به‌وسیله‌ی بافت هم‌بندی به‌نام اپی‌نوریوم پوشانده شده است و هر تار عصبی یک بافت هم‌بند به‌نام آندونوریوم دارد (شکل ۴ــ۳).

۱ــ Afferent　　۲ــ Efferent　　۳ــ Neuroglia



شکل ۴ــ۳ــ بافت هم‌بند عصب و تارعصبی

ارتباط بین قطر تار عصبی و سرعت هدایت: تارهای عصبی از نظر قطر و سرعت هدایت به سه گروه تقسیم می‌شوند :

۱ــ تارهای نوع A که دارای غلاف میلین هستند و قطر بیش‌تری دارند. سرعت هدایت در این تارها زیاد و تا ۱۲۰ متر در ثانیه است. این نوع تارها اغلب مسئولیت هدایت محرک‌های عصبی از نوع فشار، لمس، درد و دما را در پوست بر عهده دارند.

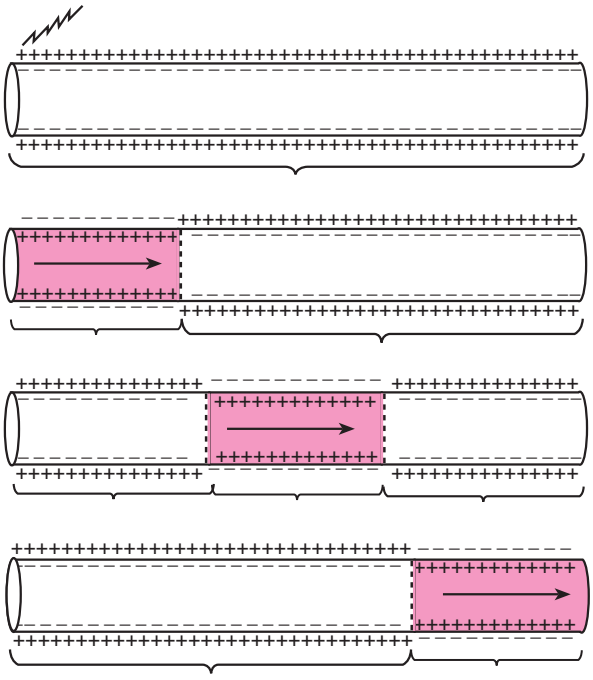
۲ــ نوع B اندازه‌ای متوسط دارند و دارای غلاف میلین هستند اما از تارهای عصبی نوع A کندترند. این نوع تارها در سیستم عصبی خودکار قرار دارند و پیام‌های عصبی را از مراکز عصبی به گره‌های عصبی می‌برند.

۳ــ تارهای نوع C، غلاف میلین ندارند و نسبت به دو نوع تار A و B سرعتشان کم است. سرعت در این تارها بین ۰/۵ تا ۲ متر در ثانیه است و بیش‌تر نرون‌های حسی، که مربوط به اعصاب محیطی می‌شوند، از این نوع‌اند.

پتانسیل استراحت و عمل در یاخته‌های عصبی

در حالت استراحت غشای تار عصبی دارای بار الکتریکی‌است یعنی درون غشا دارای بار منفی (یون پتاسیم) و بیرون غشا دارای بار مثبت (یون سدیم) است. به این حالت پتانسیل استراحت می‌گویند.

با تحریک عصبی، پتانسیل استراحت به هم می‌خورد و درون غشا مثبت و بیرون غشا منفی می‌گردد که با جابه‌جایی یون‌های سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^-) همراه است. این حالت را پتانسیل فعالیت (عمل) می‌گویند.

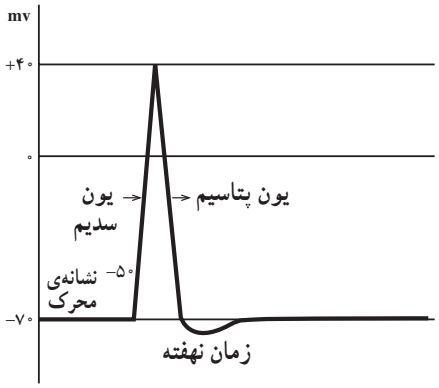


شکل ۵ ــ۳

پتانسیل استراحت در یک یاخته‌ی عصبی منهای ۷۰ میلی‌ولت است (هر ولت ۱۰۰۰ میلی‌ولت است) با شروع تحریک، پتانسیل یاخته به سرعت به ۴۰ میلی‌ولت تغییر می‌یابد و پتانسیل یاخته به پتانسیل فعالیت تبدیل می‌شود. پس از آن و با سرعت هرچه تمام‌متر پتانسیل یاخته به منهای ۷۰ میلی‌ولت برمی‌گردد.

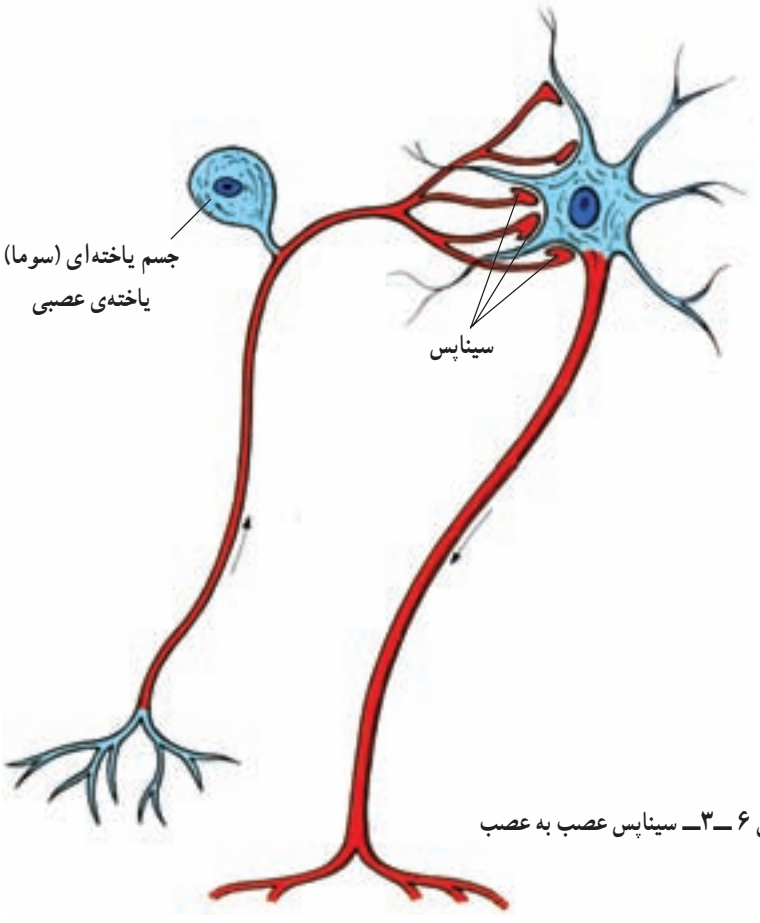
تمامی این روند کم‌تر از یک هزارم ثانیه طول می‌کشد.

برای مثال، هنگامی که تار عصبی حرکتی متصل به عضله، تحریک می‌شود تحریک به غشای تار عضلانی می‌رسد و سبب تحریک تار عضلانی می‌شود. در نتیجه عضله منقبض می‌شود.



سیناپس: محل اتصال آکسون یک نرون با جسم یاخته‌ای نرون دیگر را «سیناپس» می‌گویند.

تحریک به‌وسیله‌ی دندریت‌ها دریافت می‌شود و از آکسون عبور می‌کند و به انتهای آکسون می‌رسد. اگر یاخته‌ی عصبی با یاخته‌ی دیگری تشکیل سیناپس داده باشد تحریک به آن یاخته منتقل می‌گردد.



شکل ۶ ــ۳ــ سیناپس عصب به عصب

همانطور که در شکل۶ ــ۳ ملاحظه می‌کنید، انتهای آکسون دارای چین‌خوردگی‌هایی است که پر از ماده‌ی انتقال‌دهنده است. تعدادی میتوکندری نیز در آن دیده می‌شود که انرژی لازم را برای تخلیه‌ی ماده‌ی انتقال‌دهنده از کیسه‌ها تأمین می‌کنند. موادانتقال‌دهنده، موادی هستند که بین فضای سیناپسی نفوذ کرده، غشای یاخته‌ی بعدی را تحریک می‌کند. این مواد مانند استیل‌کولین، دوپامین، آدرنالین و گابا هستند. بین جسم یاخته‌ی نرون بعدی و آکسون فاصله‌ای وجود دارد که آن‌را «فضای سیناپسی» می‌نامند. هرگاه تحریک به پایان برسد ماده‌ی دیگری ترشح می‌شود و ماده‌ی انتقال‌دهنده را بی‌اثر می‌کند. برای مثال، استیل‌کولین استراز، استیل‌کولین را بی‌اثر می‌کند، در نتیجه تحریک پایان می‌یابد.

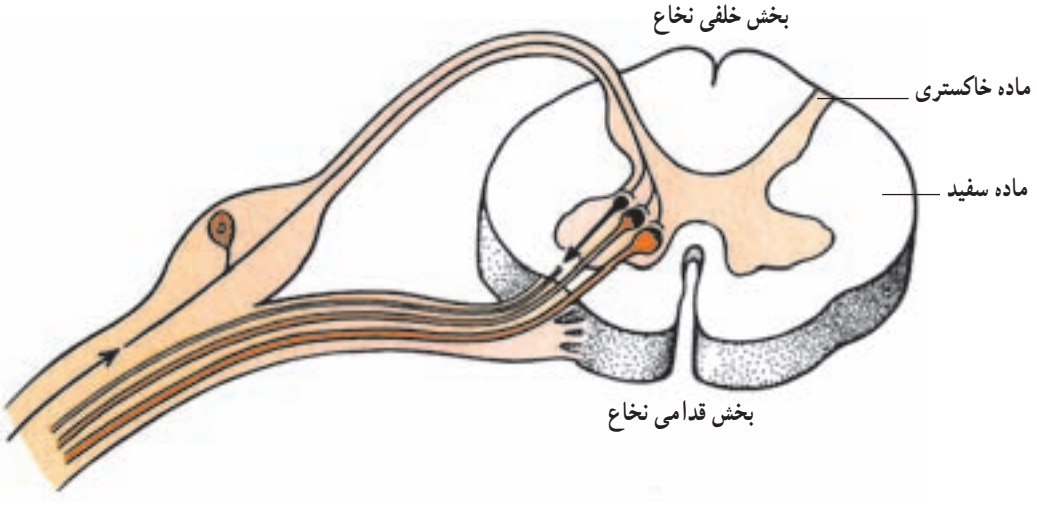
حال که با ساختار نرون، سیناپس و پتانسیل فعالیت آشنا شدید، به تقسیم‌بندی دستگاه عصبی می‌پردازیم. دستگاه عصبی به دو بخش مرکزی و محیطی تقسیم می‌شود. دستگاه عصبی مرکزی[1] شامل : نخاع، بصل‌النّخاع، پل مغزی، مخچه، مغز میانی و نیمکره‌های مخ است. دستگاه عصبی محیطی، شامل اعصابی‌ست که ارتباط بخش مرکزی با سایر قسمت‌های بدن را برقرار می‌کند.

مننژ (پرده‌های خارجی دستگاه عصبی مرکزی)

مغز و نخاع، به‌وسیله‌ی پرده‌هایی به‌نام مننژ به دو روش شیمیایی و مکانیکی حفاظت می‌شوند. در نوع شیمیایی پرده‌ها یک سدّ شیمیایی در اطراف بافت عصبی می‌سازند و در نوع مکانیکی شدّت ضربه بر استخوان سر و ستون مهره‌ها را کاهش می‌دهند.

دستگاه عصبی مرکزی

نخاع (مغز تیره) : از اولین مهره گردن شروع و تا سطح دومین مهره‌ی کمری ادامه دارد. دارای دو بخش سفید و خاکستری است. آکسون‌های بخش سفید، قسمت‌های مختلف نخاع و نیز نخاع را به مغز ارتباط می‌دهند. سفیدی آن به علت وجود میلین در آکسون‌هاست. بخش سفید از دسته تارهای عصبی تشکیل شده است. این تارها امواج عصبی را به مغز یا به طرف اندام‌ها می‌برند و یا از اندام‌ها به سوی مغز می‌فرستند، که به راه‌های بالارو و پایین رو تقسیم می‌شوند. راه‌های بالارو و پایین رو نخاع پیام‌های حسّی را به مغز و پیام‌های حرکتی را به طرف عضلات بدن می‌برند (شکل ۷ــ۳).



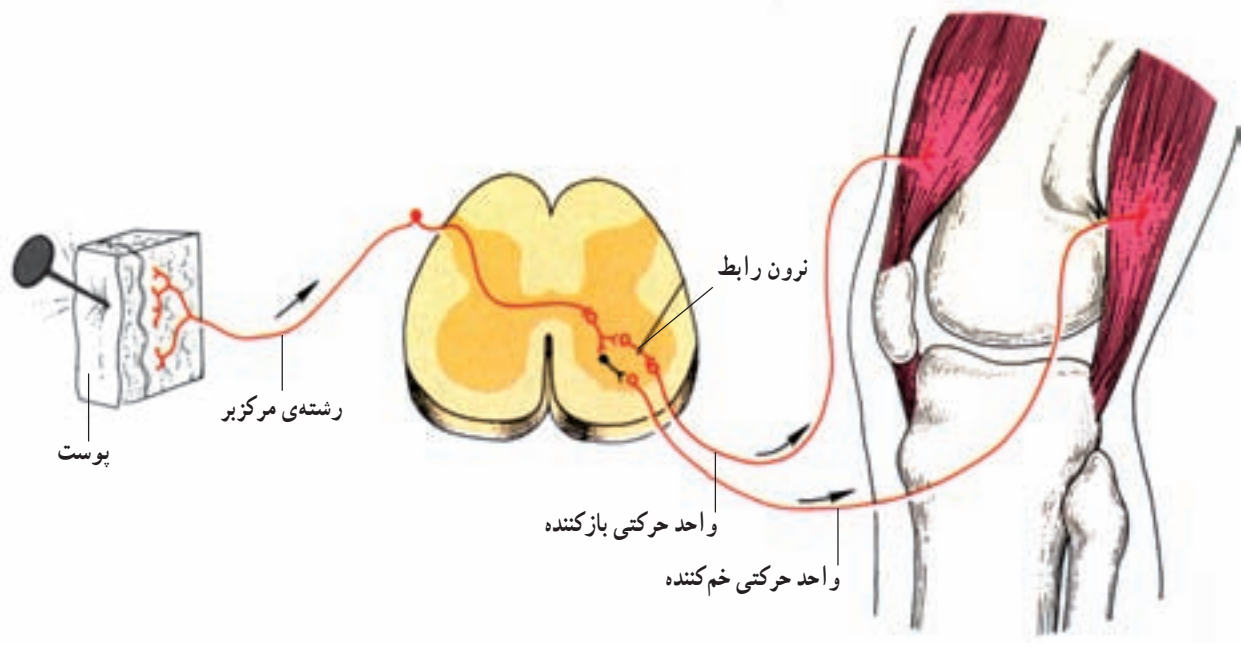
شکل ۷ــ۳ــ مقطع نخاع

۱ــ (CNS) Centeral Nervous System

دسته تارهایی که امواج عصبی را به نخاع می‌آورند، قرینه هستند و از ریشه‌های خلفی نخاع وارد می‌شوند. برعکس تارهایی که پیام‌های عصبی را از نخاع خارج می‌کنند از ریشه‌ی قدامی نخاع بیرون می‌آیند. ریشه‌ی قدامی و خلفی در نهایت به هم می‌رسند و یک عصب نخاعی را می‌سازند که هم تار «آوران» وهم «وابران» دارند. در انسان سی و یک جفت عصب نخاعی وجود دارد که از گردن تا کمر قرار گرفته‌اند و پس از خروج از نخاع به انشعاباتی تقسیم می‌شوند. انتهای نخاع به صورت یک دسته تار عصبی، که «دم اسب» نامیده می‌شود، بیرون آمده است. قطع تارهای عصبی سبب بی‌حسی و فلج اندامی می‌شود که تار عصبی مربوط به آن است. به همین دلیل، نخاع در ستون مهره‌ها جای گرفته تا از ضربه‌های محیطی در امان بماند.

اعمال نخاع: نخاع دو وظیفه‌ی اصلی زیر را بر عهده دارد :

۱ــ کنترل بازتاب‌ها: بازتاب‌ها، یکی از مهم‌ترین اعمال نخاع است. هرگاه یک سوزن تیز به انگشت دست شما بخورد بی‌اختیار دست را به عقب می‌کشید. این یک بازتاب است که شما را از خطر دور می‌سازد. نوعی دیگر از بازتاب، زمانی‌ست که شما به پزشک مراجعه می‌کنید و او با یک چکش ضربه‌ای به‌زیر کشکک شما می‌زند و پای شما به‌طور غیرارادی به بالا پرتاب می‌شود. این‌ها بازتاب‌هایی‌ست که نخاع آن‌ها را کنترل می‌کند و اغلب انسان را از خطر آگاه می‌سازد و شما تصمیم می‌گیرید که بدن را از آسیب دور کنید (شکل ۸ ــ۳).



شکل ۸ ــ۳ــ کنترل بازتاب‌های نخاع

۲ــ انتقال اطلاعات: بسیاری از اطلاعات توسط اعصاب نخاعی از مغز به نخاع می‌رسد و یا از نخاع به مغز ارسال می‌شود. بنابراین، تبادل اطلاعات یکی دیگر از اعمال نخاع است.

بخش‌های دیگر دستگاه عصبی درون جمجمه قرار دارد. بصل‌النخاع، پل مغزی و مغز میانی در امتداد نخاع قرار گرفته است. آن‌ها را «ساقه‌ی مغز» می‌خوانند.

بصل‌النخاع: این دستگاه عصبی علاوه بر نقش ارتباطی بین مغز و نخاع، اعمال خود کار و غیرارادی مهمی را کنترل می‌کند. از جمله گردش خون (تعداد ضربان قلب)، تنفس (مثل سرفه و عطسه و دم و بازدم) و اعمال دستگاه گوارش (بلع، تهوع و استفراغ).

پل مغزی: در بالای بصل‌النخاع قرار گرفته است و شامل راه‌های بالارونده و پایین‌رونده می‌شود و سبب ارتباط بین مغز و مراکز پایین‌تر می‌گردد.

مغز میانی: در بالای پل مغزی قرار گرفته است و ریشه‌های عصب محرک چشم، جسم سیاه، که بعضی اعمال حرکتی را برعهده دارد، در آن قرار دارد.

هیپوتالاموس: ناحیه‌ی دیگری‌است که اعمالی مانند تنظیم ترشح هورمون‌ها، تنظیم گرمای بدن، تنظیم آب بدن و گرسنگی و سیری را برعهده دارد.

مخچه: بخشی از دستگاه عصبی است که در پسِ سرقرارگرفته است و شامل دو نیم‌کره است که با توده‌ای به‌نام ورمیس[1] (کرمینه) به هم مرتبط می‌شوند. مخچه در حفظ تعادل بدن و هماهنگی حرکات، نقش مهمی دارد. مخچه دارای دو بخش سفید و خاکستری است. بخش خاکستری مخچه در بیرون و بخش سفید آن، در درون مخچه قرار دارد.

نیم‌کره‌های مخ: در امتداد ساقه‌ی مغز قرار گرفته‌اند و با یک شیار عمیق از هم جدا می‌شوند. دارای دو بخش خاکستری و سفید است. در سر تا سر مخ شیارهای عمیق و کم عمق وجود دارد. شیارهای عمیق نیم‌کره‌ها را به چند بخش (لوب) تقسیم می‌کنند.

در لوب پیشانی یک بخش به نام قشر حرکتی وجود دارد که حرکات بدن به‌وسیله‌ی آن صورت می‌گیرد. شکل **۹ــ۳** محل کنترل حرکات بدن و مناطق حسی را نشان می‌دهد.

شکل ۹ــ۳ــ محل کنترل حرکات بدن و مناطق حسی

دستگاه عصبی خودکار

بعضی از اعمال بدن به صورت غیرارادی یا خودکار است. دستگاه عصبی خودکار شامل دو بخش سمپاتیک و پاراسمپاتیک است. این دستگاه کنترل عصبی دستگاه گردش خون قلب و عروق، تنفس، گوارش (روده‌ها، معده، کیسه‌ی صفرا، لوزالمعده، غدد بزاقی) غدد عرقی و اشکی و بخش مرکزی غدد فوق کلیه را بر عهده دارد. اثر اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک برعکس یکدیگرند. برای مثال، تحریک اعصاب سمپاتیک سبب تند شدن ضربانِ قلب و تحریک اعصاب پاراسمپاتیک باعثِ کُند شدن آن می‌شود.

۱ــ Vermis

خودآزمایی

۱ــ نرون‌ها را از نظر عمل تقسیم‌بندی کنید و شرح دهید.
۲ــ پتانسیل استراحت و عمل را توضیح دهید.
۳ــ سیناپس چیست؟ توضیح دهید و مواد انتقال‌دهنده را شرح دهید.
۴ــ عمل مننژها چیست؟ توضیح دهید.
۵ــ اعمال نخاع را شرح دهید.
۶ ــ عمل بصل‌النّخاع چیست؟
۷ــ اعمال مخچه و هیپوتالاموس را شرح دهید.
۸ــ عمل نیمکره‌های مخ را توضیح دهید.
۹ــ عمل دستگاه عصبی خودکار را شرح دهید.

فصل چهارم

فیزیولوژی غده‌های درون‌ریز و هورمون‌ها

اهداف رفتاری: دانش‌آموز در پایان این فصل باید بتواند :

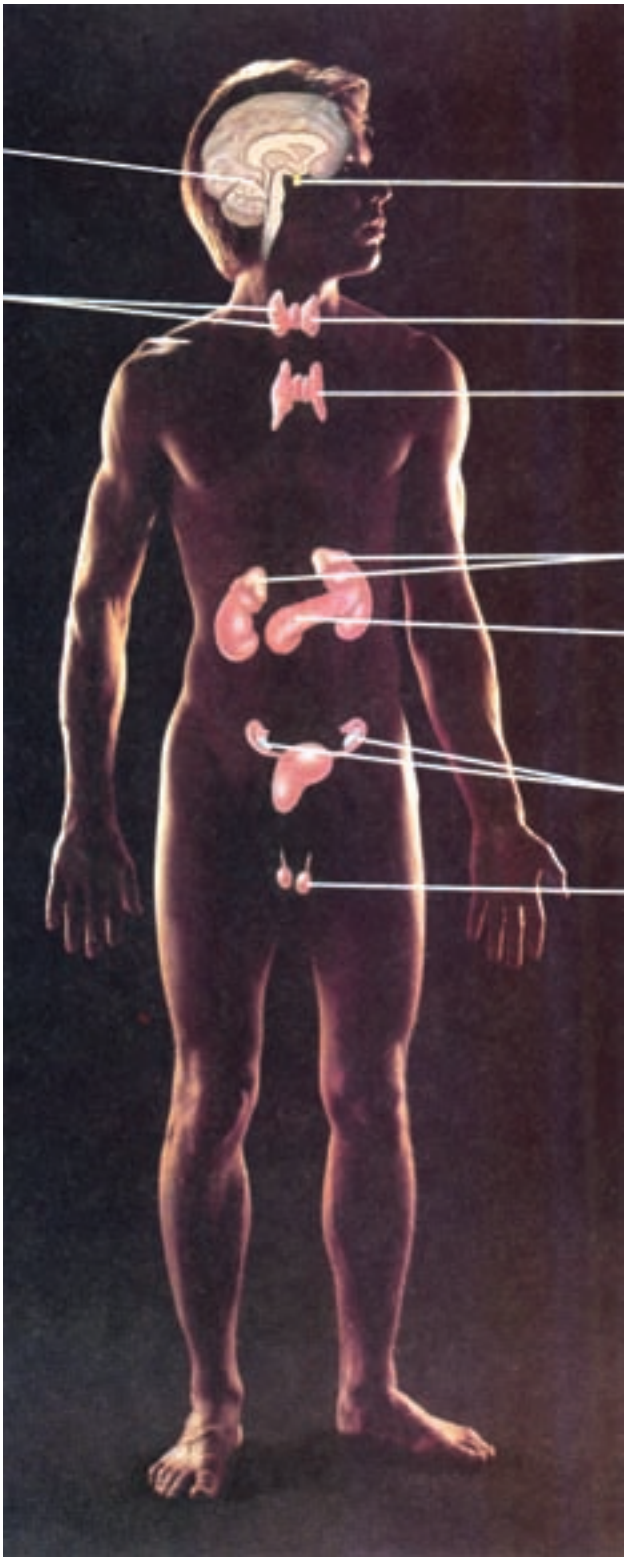
۱ــ غدد درون‌ریز را تعریف کند.
۲ــ ساختمان هورمون‌ها را شرح دهد.
۳ــ چگونگی عمل هورمون‌ها را توضیح دهد.
۴ــ نقش هورمون‌ها را شرح دهد.
۵ ــ کنترل ترشح هورمون‌ها را توضیح دهد.
۶ ــ اعمال هورمون‌های هیپوفیز را شرح دهد.
۷ــ اعمال هورمون‌های غده‌ی صنوبری را توضیح دهد.
۸ــ اعمال هورمون‌های غده‌ی تیروئید را شرح دهد.
۹ــ اعمال هورمون‌های غده‌ی پاراتیروئید را توضیح دهد.
۱۰ــ اعمال هورمون‌های بخش قشری و مرکزی غده‌ی فوق کلیه را شرح دهد.
۱۱ــ اعمال هورمون‌های غده‌ی لوزالمعده را شرح دهد.
۱۲ــ هورمون‌ها و اعمال غدد جنسی را توضیح دهد.
۱۳ــ نقش غده‌ی تیموس را بیان کند.

غدد درون‌ریز

در بدن انسان، غده‌هایی وجود دارند که ترشحات خود را به درون خون می‌ریزند. این غده‌ها مجرای ترشّحی ندارند، از این‌رو، به آن‌ها «غده‌های درون‌ریز» می‌گویند و ترشّحات آن را هورمون می‌نامند. در مقابل، بعضی از غدّه‌ها هستند که ترشّحات خود را از راه مجراهای موجود می‌ریزند، مثل غده‌های بزاقی که به آن‌ها «غده‌های برون‌ریز» می‌گویند.

غده‌های درون‌ریز بدن عبارت‌اند از : هیپوفیز، تیروئید، پاراتیروئید، لوزالمعده، فوق کلیه، تیموس، تخمدان‌ها و بیضه‌ها. شکل ۱ــ۴ محل قرار گرفتن غدّه‌ها را مشخص کرده است.

ساختمان هورمون‌ها: هورمون‌ها از نظر شیمیایی سه نوع‌اند : یا از پروتئین ساخته شده‌اند که مجموعه‌ی اسیدهای آمینه هستند و یا استروئیدی هستند که در ساختمان آن‌ها چربی به‌کار رفته است و یا پلی‌پپتیدی‌اند که حداقل از ۳ تا ۱۹۸ اسید آمینه ساخته شده‌اند.



شکل ۱ــ۴ــ محل قرار گرفتن غدد درون‌ریز بدن انسان

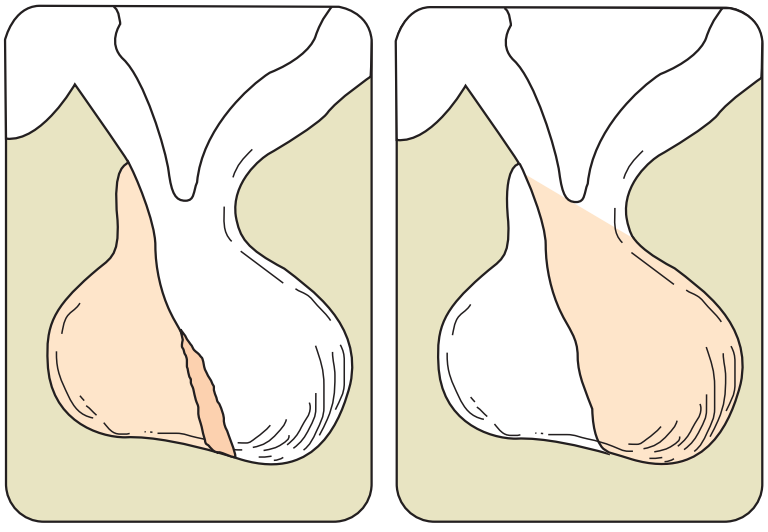
چگونگی عمل هورمون‌ها: هورمون‌ها دارای دو نوع عمل موضعی و عمومی هستند. برخی از هورمون‌ها پس از وارد شدن به خون بر بیش‌تر یاخته‌ها و بافت‌های بدن اثر می‌گذارند. دراین صورت، عمل آن عمومی است و برخی دیگر، فقط روی یک اندام ویژه اثر می‌گذارد که عمل آن موضعی است. هورمون‌ها به مقدار کم ترشح می‌شوند و از طریق خون خود را به بافت هدف می‌رسانند. منظور از بافت هدف، بافتی است که دارای گیرنده‌های آن هورمون است. بنابراین، ممکن است مثلاً گیرنده‌های یک هورمون فقط در عضله موجود باشد، با این توضیح که در این‌جا عضله را «بافت هدف» می‌نامیم.

نقش هورمون‌ها: هورمون‌ها پس از ریخته شدن در خون و رسیدن به بافت هدف، به گیرنده‌ی خود متصل می‌شوند و این اتصال به‌طورکلّی سبب می‌شود اعمال زیر تحقق یابد : ۱ــ سوخت و ساز بدن (متابولیسم و فعالیت آنزیم‌ها)، ۲ــ تنظیم تولید مثل ۳ــ رشد بدن ۴ــ حفظ تعادل داخلی بدن ۵ ــ ترشح بعضی از غده‌ها.

کنترل ترشح هورمون‌ها: هورمون‌ها به مقدار کم اعمال بسیار مهمی را در بدن به عهده دارند. مقدار هورمون‌ها باید در حدّ طبیعی باشد و افزایش یا کاهش مقدار آن سبب اختلال در اعمال بدن می‌شود. از این‌رو، باید به نحوی مقدار آن تنظیم شود. معمولاً زمانی که هورمونی ترشح شود و مقدار آن به حد مناسب برسد، به‌عنوان یک محرک بازدارنده، روی ترشح غده اثر می‌گذارد. در حقیقت، هورمون‌ها خودْ تنظیم‌اند. گاهی ترشح بعضی هورمون‌ها بر غده‌ی دیگر اثر می‌گذارد و ترشح آن‌را تنظیم می‌کند و گاه پیام‌های عصبی سبب تنظیم ترشّح آن غده می‌شود. در ترشح هورمون‌ها هیپوتالاموس نقش مهمی بازی می‌کند. بعضی از هورمون‌ها در هیپوتالاموس ساخته می‌شود و پس از ورود به خون بر غدّه‌های درون‌ریز اثر می‌گذارد و ترشح آن‌ها را تنظیم می‌کند.

غده‌ی هیپوفیز

این غده‌ی بسیارکوچک در قاعده‌ی مغز قرار دارد و به‌وسیله‌ی ساقه هیپوفیز با هیپوتالاموس در ارتباط است و به بخش‌های پیشین، پسین و میانی تقسیم می‌شود و مهم‌ترین غده‌ی بدن است. بخش میانی در اعمال بدن انسان نقشی ندارد. شکل ۲ــ۴ غده‌ی هیپوفیز را نشان می‌دهد.



قدامی (پیشین) خلفی (پسین)

شکل ۲ــ۴ــ غده‌ی هیپوفیز

هورمون‌های بخش پیشین

این هورمون‌ها عبارت‌اند از : هورمون رشد، پرولاکتین، محرک تیروئید و محرک فولیکولی ــ هورمون لوتئینی و محرک‌بخش قشری غده‌ی فوق کلیه.

۱ــ هورمون رشد یا سوماتوتروپین[1]: این هورمون از یک پروتئین کوچک ساخته می‌شود و سبب تحریک رشد بدن می‌گردد. این اثرات تقریباً روی تمام بافت‌های بدن اعمال می‌شود. به‌ویژه روی استخوان و عضلات. عمل هورمون رشد در اثر موادی است به‌نام سوماتومدین[2] که در کبد ساخته می‌شود. میزان ترشح هورمون در شرایط مختلف تفاوت می‌کند. در خواب، ترشح هورمون بیش از بیداری است و هر چه خواب عمیق‌تر باشد شدّت ترشح بیش‌تر می‌شود. گرسنگی و کاهش قندخون و نیز فعالیت ورزشی سبب افزایش هورمون رشد می‌گردد.

اعمال اصلی هورمون رشد در بدن افزایش پروتئین‌سازی در یاخته‌ها، افزایش جذب کلسیم و بازجذب فسفر در لوله‌های کلیوی است. هورمون رشد سبب تجزیه‌ی چربی می‌شود. کم‌بود این هورمون در کودکان، سبب کاهش رشد و کوتولگی و ترشح بیش از حد آن، پیش از سن بلوغ، باعث غول‌پیکری می‌شود. اگر ترشح زیاد، پس از بلوغ صورت گیرد سبب رشد عرضی بیش از حدّ استخوان‌های دست‌ها و صورت و سر می‌شود که به آن «آکرومگالی» می‌گویند.

هورمون رشد در هنگام ورزش افزایش می‌یابد و سبب تجزیه‌ی چربی‌ها و قندها می‌شود و انرژی لازم برای فعالیت را مهیا می‌کند.

۲ــ هورمون پرولاکتین [3] ***(لاکتوژن)***: این هورمون از نظر شیمیایی و عملی شبیه هورمون رشد است. عمل پرولاکتین ساختن شیر و ترشح آن از پستان‌هاست. مقدار این هورمون در زنان بیش از مردان است و در دوران بارداری افزایش می‌یابد. مقدار ترشح پرولاکتین در شب بیش از روز است. موج عصبی ناشی از تحریکی که با مکیدن نوزاد ایجاد می‌شود سبب افزایش پرولاکتین می‌شود.

۳ــ هورمون محرک تیروئید (تیروتروپین[4]***)***: این هورمون بر یاخته‌های تیروئید اثر می‌کند و سبب رها شدن هورمون‌های تیروئیدی می‌شود. جذب یُد و ساخته شدن هورمون‌های تیروئید تحت تأثیر این هورمون است. مقدار ترشح این هورمون، بستگی به‌میزان هورمون تیروکسین در خون دارد. هرگاه تیروکسین افزایش یابد، هورمون محرک تیروئید کاهش می‌یابد. سرما نیز سبب تحریک ترشح این هورمون می‌شود.

هنگام اسکی یا کوه‌نوردی در هوای سرد، هورمون محرک تیروئید و درنتیجه، هورمون تیروکسین افزایش می‌یابد و سبب بالا بردن دمای بدن و خون‌رسانی بیش‌تر به بدن می‌شود.

۴ــ هورمون اف‌اس‌هاش (FSH) یا محرک فولیکولی و لوتئینی LH (گونادوتروپین[5]***)***: دو هورمون محرک غدد جنسی، یعنی (LH)و(FSH) دو هورمون دیگری هستند که از بخش پیشین غده‌ی هیپوفیز ترشح می‌شوند و یاخته‌های هدف آن غدد جنسی‌اند. هورمون (LH) در مردان سبب تحریک یاخته‌های بینابینی بیضه‌ها و ترشّح تستوسترون می‌شود و هورمون

۱ــ Somatotropin
۲ــ Somatomedin
۳ــ Prolactin
۴ــ Thyroid Stimulating hormone (Thyrotropin)
۵ــ Gonadotropin