



دانشگاه علوم پزشکی شیراز
دانشکده پزشکی – بخش فارماکولوژی

سامانه اعصاب خودمختار

آخرین بازنگری: اسفند ۱۳۹۲

تهیه و تدوین:

دکتر حسین میرخانی

استاد فارماکولوژی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

www.h-mirkhani.ir
mirkhanh@sums.ac.ir

فهرست

۳	مقدمه و اهداف کلی
۴	سامانه اعصاب خودمختار
۴	تفاوت های بین سامانه اعصاب خودمختار و پیکری
۵	تقسیم بندی اعصاب سامانه خودمختار
۵	تفاوت های بین سامانه اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک
۶	میانجی های عصبی (نوروترانسمیترها) و گیرنده ها در مسیر عصب رسانی سامانه های عصبی خودمختار و سوماتیک
۸	بیوسنتز، ذخیره سازی، آزاد سازی و تجزیه میانجی های عصبی موجود در سامانه اعصاب خودمختار
۸	بیوسنتز، ذخیره سازی، آزاد سازی و تجزیه استیل کولین
۹	بیوسنتز، ذخیره سازی، آزاد سازی و تجزیه نورآدرنالین و آدرنالین
۱۰	بررسی آثار سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر روی اعضای مختلف بدن
۱۰	چشم
۱۱	قلب
۱۲	عضله صاف عروقی
۱۲	عضلات صاف برونش
۱۲	دستگاه گوارش
۱۳	دستگاه ادراری
۱۳	غدد عرقی
۱۳	اثرات متابولیک
۱۵	بررسی میزان یادگیری
۱۶	خودآزمایی

سامانه اعصاب خود مختار

مقدمه و اهداف کلی

سامانه اعصاب خودمختار، کنترل فعالیت عمدتاً غیر ارادی بسیاری از اعضای بدن از جمله قلب، عروق، دستگاه گوارش، دستگاه ادراری تناسلی و را به عهده دارد. آشنایی کامل و دقیق با آناتومی و فیزیولوژی این سامانه برای درک اثر داروهای موثر بر آن الزامی است و در واقع با حصول این آشنایی، در غالب موارد می توان آثار درمانی و عوارض جانبی دارو را پیش بینی کرد. در این فصل ویژگی های آناتومیک این سامانه، میانجی های عصبی موجود در آن و نحوه ساخت، اثر و پایان عمل آنها، گیرنده های تحریک شونده توسط این میانجی ها و در نهایت آثار فیزیولوژیک حاصل از این تحریک مورد بحث قرار خواهد گرفت. همچنین با توجه به وجود تشابهاتی بین این سامانه و اعصاب پیکری (که حرکات ارادی انسان را به عهده دارند)، این دسته از اعصاب نیز به اختصار در کنار سامانه اعصاب خودمختار مورد بحث قرار می گیرند.

پس از مطالعه این فصل دانشجو باید بتواند :

- وجوه مهم آناتومیکی سامانه اعصاب خود مختار و اعصاب پیکری را شرح داده و تفاوت های بین آن ها را برشمارد.
- تفاوت های آناتومیکی بین دو سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک را شرح دهد.
- میانجی های عصبی و گیرنده های تحریک شونده توسط آنها در مسیر عصب رسانی اعصاب خودمختار و پیکری را شرح دهد.
- بیوسنتز، ذخیره سازی، نحوه آزادی و پایان اثر استیل کولین و نور آدرنالین را بیان کند.
- آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر عملکرد چشم، قلب، عروق، راه های هوایی، دستگاه گوارش، دستگاه ادراری، غدد عرقی و متابولیسم را همراه با گیرنده های دخیل در این اعمال را شرح دهد.

سامانه اعصاب خودمختار

سامانه اعصاب خودمختار (autonomic nervous system; ANS) که به آن سامانه اعصاب نباتی، احشایی و یا غیر ارادی نیز اطلاق می شود از اعصاب، عقده ها (ganglia) و شبکه هایی (plexuses) تشکیل شده که عصب رسانی به قلب، عروق خونی، غدد و دیگر اندامهایی را کنترل می کند که در کنترل ارادی موجود زنده نیستند. در مقابل سامانه اعصاب خودمختار، سامانه اعصاب پیکری (somatic nervous system) که به آن سامانه اعصاب حرکتی (motor) و گاهی نیز سامانه اعصاب ارادی اطلاق می شود قرار دارد. سامانه اخیر مسئول حرکت عضلات اسکلتی (مخطط) است.

امروزه اطلاق اعصاب غیر ارادی به سامانه اعصاب خودمختار و اعصاب ارادی به سامانه اعصاب پیکری چندان رایج نیست زیرا برای این نامگذاری استثناهایی مطرح است. به عنوان مثال اگرچه فعالیت قلب تماماً تحت کنترل سامانه اعصاب خودمختار است اما افرادی وجود دارند که به اراده خود می توانند تعداد ضربان قلب خود را تغییر دهند. همچنین اگرچه عضلات بین دنده ای و دیافراگم از سامانه اعصاب پیکری عصب می گیرند اما انقباض این عضلات غیر ارادی است و انسان فقط برای مدت کوتاهی می تواند فعالیت آنها را تحت کنترل قرار دهد.

آشنایی با آناتومی و فیزیولوژی سامانه اعصاب خودمختار برای درک فارماکولوژی داروهای موثر بر این سامانه ضروری است و در اکثر موارد با دانستن چگونگی اثر این سامانه بر روی یک اندام خاص، می توان آثار داروهای موثر بر سامانه اعصاب خودمختار را بر روی آن اندام پیش بینی کرد.

تفاوت های بین سامانه اعصاب خودمختار و پیکری

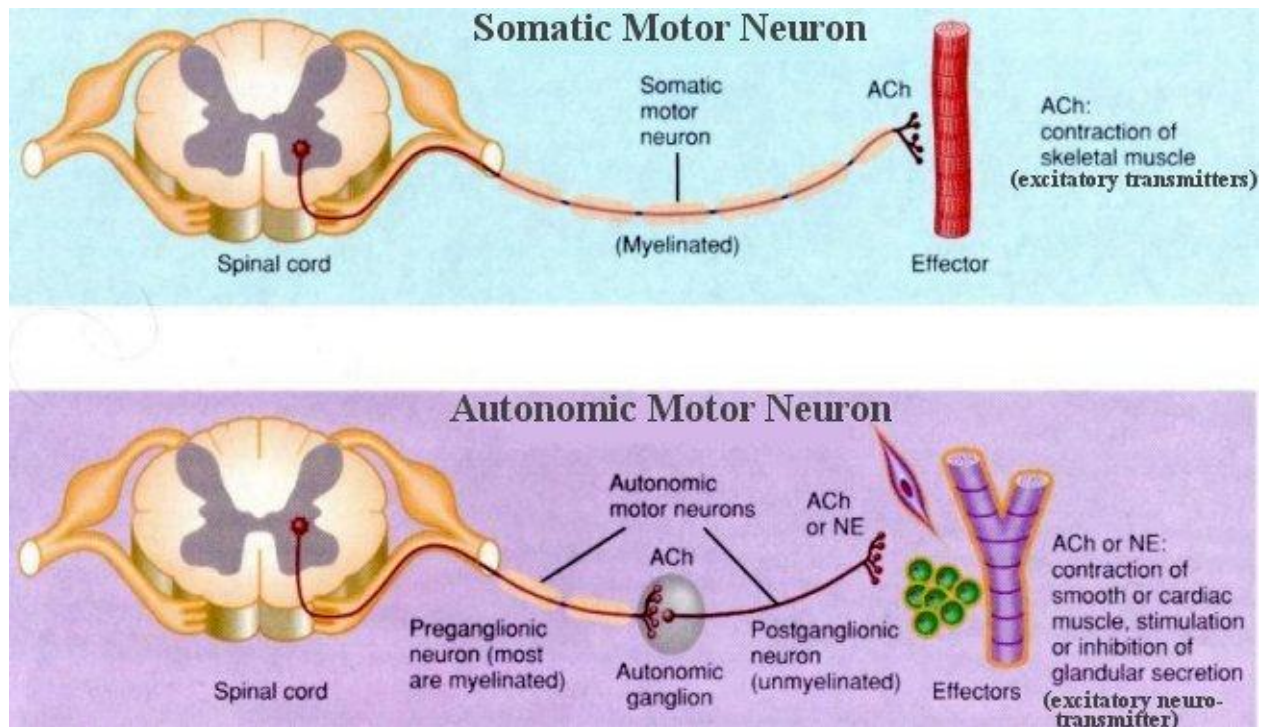
اعصاب وابران (efferent) خودمختار در بدن انتشار گسترده ای دارند. این اعصاب در خارج از محور مغزی - نخاعی (در محیط) تشکیل گانگلیونها را می دهند. گانگلیونها مناطقی هستند که در آنها تراکم شدیدی از سیناپس آکسون - دندریت و آکسون - جسم سلولی نورونهای پیش گانگلیونی (preganglionic) و پس گانگلیونی (postganglionic) وجود دارند (شکل ۱).

اعصاب پیکری (حرکتی) به عضلات اسکلتی می روند و در غالب موارد ارادی هستند. اعصاب پیکری هیچ گونه گانگلیون محیطی ندارند و سیناپس های این اعصاب به طور تام در داخل محور مغزی - نخاعی قرار دارند (شکل ۱). نورون های پس گانگلیونی سامانه اعصاب خودمختار عموماً میلین ندارند در حالی که اعصاب پیکری دارای میلین هستند، از این رو هدایت پیام عصبی در این اعصاب سریعتر از اعصاب وابران سامانه اعصاب خودمختار است (شکل ۱). در صورت قطع اعصاب در محور مغزی - نخاعی، عضلات اسکلتی که از اعصاب پیکری عصب می گیرند دچار فلج کامل و در اثر مرور زمان دچار آتروفی می شوند در صورتی که عضلات صاف، قلب و غدد در صورت قطع اعصاب خودمختار درجاتی از فعالیت خودبخودی را دارا هستند.

ذکر این نکته لازم است که اعصاب خودمختار علاوه بر نورون های وابران (حرکتی) از نورون های آوران (حسی) نیز تشکیل شده اند. به عنوان مثال چهار پنجم فیبرهای عصب واگ حسی هستند. این فیبرها اطلاعات کلی از وضعیت اندام های عصب گیری شده از سامانه خودمختار را در اختیار مراکز بالاتر قرار می دهند. گیرنده های حساس به فشار که در سینوس کاروتید و قوس آئورت قرار دارند و شیمی-گیرنده هایی که در شریان کاروتید قرار دارند سبب ایجاد پیام عصبی در فیبرهای

حسی سامانه خودمختار می شوند و این فیبرها به مراکز کنترل کننده قلب و عروق و تنفس در بصل النخاع می روند. مراکز مذکور بعد از دریافت اطلاعات از محیط، توسط اعصاب حرکتی، وضعیت فشار خون، ضربان قلب و تنفس فرد را تنظیم می کنند.

مراکز تنظیم فعالیت سامانه اعصاب خودمختار در مغز اگرچه به طور مداوم و بازتابی تنظیم اعضای عصب گیری شده را در اختیار دارند اما خود تحت تاثیر قسمت های دیگر مغز هم می باشند از این رو تغییرات هیجانی در فرد، تغییر دمای محیط و خواب و بیداری، می توانند باعث تغییر میزان فعالیت سامانه خودمختار شوند.



شکل ۱- مقایسه نورون حرکتی پیکری (سوماتیک) و خودمختار (اتونومیک) از نظر آناتومی

تقسیم بندی اعصاب سامانه خودمختار

سامانه اعصاب خودمختار را بر اساس اعصاب حرکتی آن به دو سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک تقسیم می کنند. به سامانه سمپاتیک با توجه به خروج اعصاب آن در ناحیه سینه ای و کمری نخاع، سینه ای - کمری (Thoraco-Lumbar) و به سامانه پاراسمپاتیک با توجه به خروج اعصاب آن از جمجمه و همچنین قسمت خاجی نخاع، جمجمه ای - خاجی (Cranio-Sacral) نیز می گویند (شکل ۲).

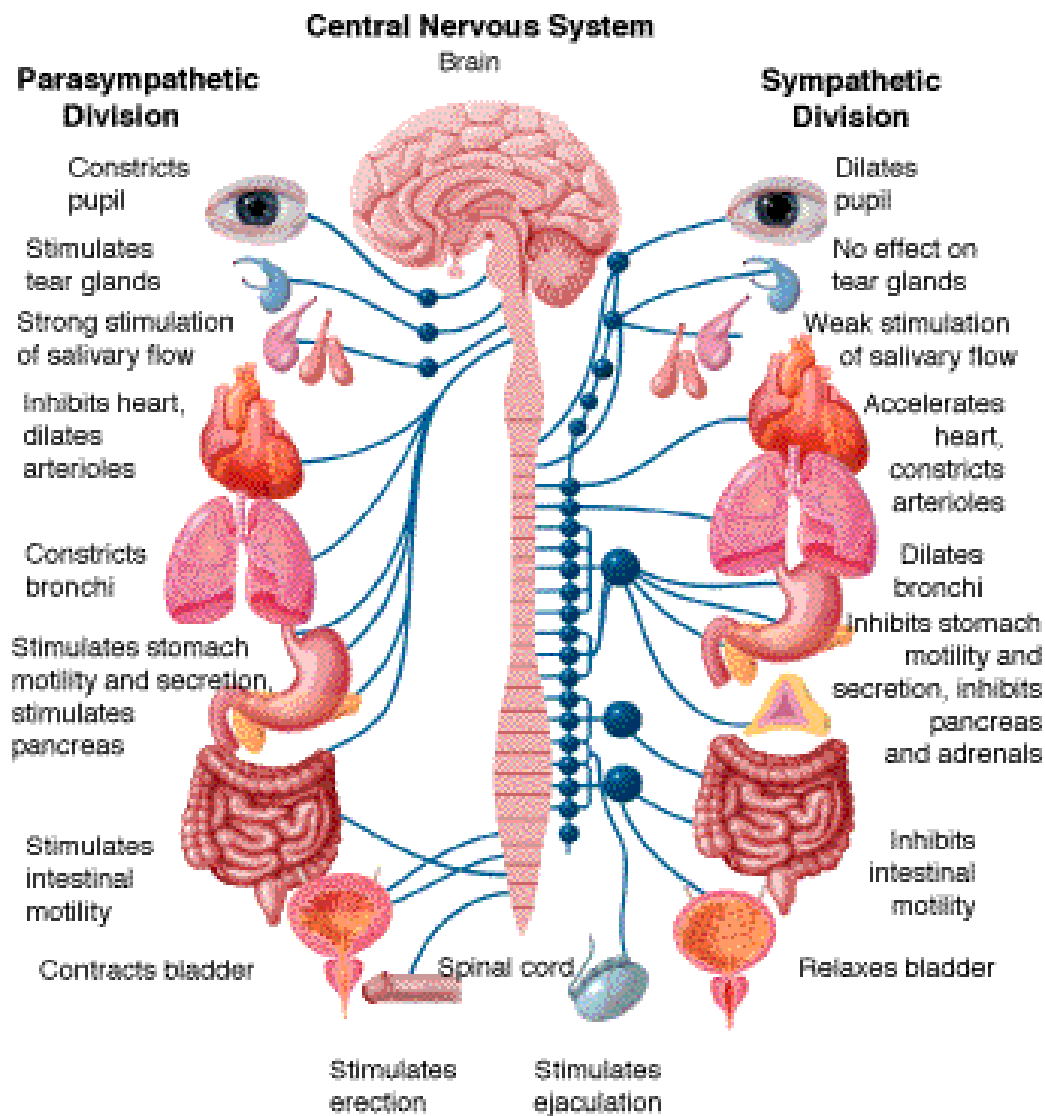
تفاوت های بین سامانه اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک

انتشار سامانه اعصاب سمپاتیک بسیار گسترده است. همچنین یک فیبر پیش گانگلیونی این سامانه با تعداد زیادی فیبر پس گانگلیونی سیناپس حاصل می کند. این فیبرها می توانند در چندین گانگلیون انتشار پیدا کنند و فیبرهای پس گانگلیونی چند گانگلیون مجزا را تحریک کنند.

سامانه اعصاب پاراسمپاتیک دارای انتشار محدودتری است و بر خلاف سامانه سمپاتیک، در اکثر گانگلیون ها فیبر پیش گانگلیونی با تعداد محدودی فیبر پس گانگلیونی سیناپس می کند. البته مطلب فوق در همه جا صادق نیست مثلاً در

گانگلیون های روده ای سامانه پاراسمپاتیک، نسبت فیبر پیش گانگلیونی به اجسام سلولی نورونهای پس گانگلیونی ۱ به ۸۰۰۰ است.

اکثر گانگلیون های سامانه سمپاتیک در نزدیک نخاع و به تعداد ۲۲ جفت و به صورت دو زنجیره در دو طرف نخاع قرار دارند. گانگلیون های سامانه پاراسمپاتیک در نزدیک عضو و گاهی در جدار عضو قرار دارند (مثلاً روده). باتوجه به توضیحات فوق فیبرهای پیش گانگلیونی در سامانه اعصاب سمپاتیک کوتاه و فیبرهای پس گانگلیونی بلند و در مورد سامانه پاراسمپاتیک فیبرهای پیش گانگلیونی بلند و فیبرهای پس گانگلیونی کوتاه هستند (شکل ۲).

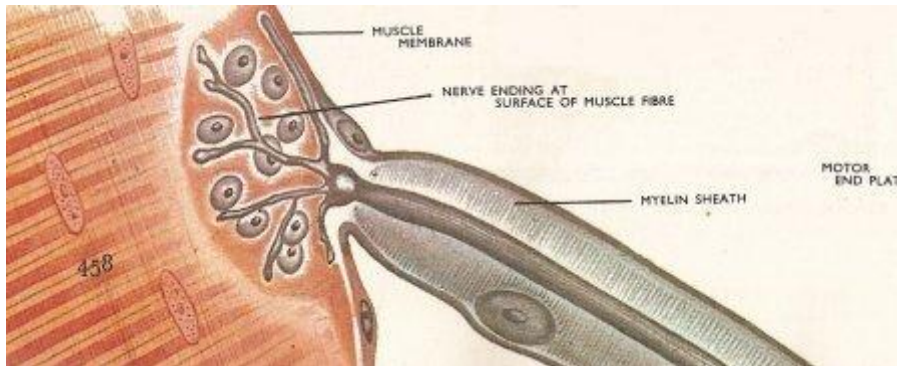


شکل ۲- مقایسه آناتومیک اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک (اتونومیک) از نظر آناتومی

میانجی های عصبی (نوروترانسمیترها) و گیرنده ها در مسیر عصب رسانی سامانه های عصبی خودمختار و سوماتیک

سامانه اعصاب پیکری، در محیط گانگلیون ندارد. عصب حرکتی پس از خروج از نخاع به طرف عضله مخطط می رود و در آن قسمت با فیبرهای عضلانی سیناپس می کند. به این مکان "اتصال عصب-عضله" (neuromuscular junction) گفته می شود. ماده ای که از انتهای عصب آزاد می شود و سبب تحریک عضله می گردد استیل کولین (ACh) است. گیرنده هایی

که استیل کولین آنها را تحریک می کند نیکوتینی عضلانی (Nicotinic-muscular; Nm) نام دارند. علت این نامگذاری این است که نیکوتین توانایی تحریک و تقلید اثر استیل کولین بر این گیرنده ها را داراست. استیل کولین سبب انقباض عضلات اسکلتی می شود. به مکانی که انتهای نورون سوماتیک بر روی فیبر عضله اسکلتی پخش می شود صفحه حرکتی انتهایی (Motor End plate) می گویند (شکل ۳).



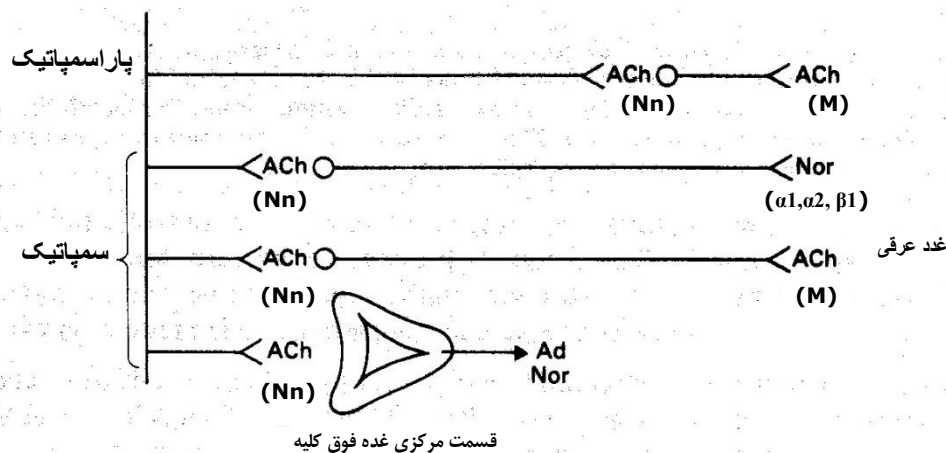
شکل ۳- یک نورون پیکری (سوماتیک) و صفحه حرکتی انتهایی

سامانه اعصاب خودمختار در محیط گانگلیون دارد. عمل هدایت پیام در گانگلیون ها و بین فیبرهای پری و پس گانگلیونی در هر دو سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک توسط استیل کولین صورت می پذیرد. گیرنده های موجود در گانگلیون عمدتاً نیکوتینی عصبی (Nicotinic-neuronal; Nn) است (شکل ۴). علت نامگذاری این گیرنده به نام نیکوتینی، تحریک این گیرنده ها و تقلید اثر استیل کولین بر این گیرنده ها توسط نیکوتین است. با این همه با توجه به آنکه گیرنده های نیکوتینی گانگلیون ها و عضلات تفاوت هایی با هم دارند و در حال حاضر نیز داروهایی در دسترس است که توانایی اثرگذاری اختصاصی بر یکی از این دو نوع گیرنده را دارا هستند این دو گیرنده را بر اساس مکان آناتومیکی آنها به عضلانی و عصبی تقسیم کرده اند.

علی رغم تشابه دو سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک در گانگلیون ها، این دو سامانه در محل سیناپس عصب-عضو با یکدیگر تفاوت های بارزی دارند. در مورد سامانه پاراسمپاتیک عصب پس گانگلیونی در محل اتصال عصب-عضو، استیل کولین را آزاد می کند و گیرنده تحریک شونده در این ناحیه موسکارینی (Muscarinic; M) نام دارد (شکل ۴). این گیرنده ها به این نام شناخته می شوند زیرا ماده ای به نام موسکارین که از بعضی از قارچهای سمی بدست می آید آنها را تحریک می کند. ماده فوق آثار استیل کولین بر روی گیرنده های موسکارینی را تقلید می کند.

در مورد سامانه سمپاتیک در قریب به اتفاق سیناپسهای عصب-عضله، میانجی آزاد شده نورادرنالین است و گیرنده های تحریک شونده β_1 , α_2 , α_1 نام دارند (شکل ۴). لازم به تذکر است که ممکن است بر روی یک عضو فقط یکی از گیرنده های فوق و یا تمام گیرنده ها وجود داشته باشند. در کنار گیرنده های مذکور، در بعضی از اعضا گیرنده ی به نام β_2 نیز وجود دارد. این گیرنده توسط آدرنالین به شدت تحریک می شود ولی نورادرنالین بر روی آن اثر چندانی ندارد.

غدد عرقی تنظیم کننده دمای بدن (thermoregulatory) مهمترین استثنا در مورد مطلب ذکر شده برای سامانه سمپاتیک هستند. اگرچه این نوع از غدد عرقی از سامانه سمپاتیک عصب می گیرند اما ماده میانجی آزاد شده در سیناپس عصب-غده، استیل کولین و گیرنده تحریک شونده موسکارینی است (شکل ۴).



شکل ۴- میانجی های عصبی و گیرنده ها در مسیر عصب رسانی سامانه های اعصاب پاراسمپاتیک و سمپاتیک.

Ach= acetylcholine, Nor= noradrenaline, Ad= adrenaline, Nn= nicotinic-neuronal, M= muscarinic

سلول های قسمت مرکزی غده فوق کلیه که اصطلاحاً به آنها سلول های کرومافینی (chromaffin cells) نیز گفته می شود از نظر آناتومیک اجسام سلول های عصبی هستند که فاقد اکسون می باشند. قسمت مرکز غده فوق کلیه مانند گانگلیونی است که جسم سلولی پس گانگلیونی را دارد اما این جسم سلولی اکسون ندارد. قسمت مرکزی غده فوق کلیه فقط از سامانه سمپاتیک عصب می گیرد. این عصب که یک عصب پیش گانگلیونی است در محل اتصال به سلول های قسمت مرکزی غده فوق کلیه استیل کولین را آزاد می کند و گیرنده های تحریک شونده از نوع نیکوتینیک عصبی (Nn) هستند (عیناً مانند آنچه که در تمام گانگلیون های سامانه خود مختار روی میدهد). سلول های بخش مرکزی غده فوق کلیه در پاسخ به تحریک فوق، آدرنالین و مقدار کمی نورآدرنالین را به داخل خون ترشح می کنند (شکل ۴).

در یک جمع بندی کلی تمام اعصاب پاراسمپاتیک و عصب سمپاتیک که به غدد عرقی تنظیم کننده حرارت می روند کولینرژیک و اعصاب سمپاتیک که به اعضای دیگر غیر از غدد عرقی تنظیم کننده حرارت می روند آدرنرژیک هستند. (پسوند ارژیک -ergic- هرگاه به نام ماده ای اضافه شود نشانگر آن است که عصب با واسطه آزادسازی آن ماده، عمل خود را انجام می دهد). بایستی متذکر شد که صحیح تر است به دسته اول، "اعصاب استیل کولینرژیک" و به دسته دوم، "اعصاب نورآدرنرژیک" گفته شود اما به طور معمول از شکل کوتاه شده کولینرژیک و آدرنرژیک استفاده می شود.

بیوسنتز، ذخیره سازی، آزاد سازی و تجزیه میانجی های عصبی موجود در سامانه اعصاب خودمختار

بیوسنتز، ذخیره سازی، آزادسازی و تجزیه استیل کولین (شکل ۵)

برای سنتز استیل کولین، ابتدا کولین جذب عصب کولینرژیک می شود. پس از آن کولین با ریشه استیل حاصل از استیل کوآنزیم A ترکیب شده و تولید استیل کولین می کند. استیل کولین تولید شده، در درون وزیکول هایی که در پایانه عصب موجودند ذخیره می شود. متعاقب تحریک عصب و دپلاریزاسیون آن یون های کلسیم از خارج سلول به داخل سلول

سرازیر می شوند. ورود یون های مذکور سبب ممزوج شدن وزیکول ها با دیواره پایانه عصبی و ریزش استیل کولین داخل آنها به شکاف سیناپسی می گردد. ریزش استیل کولین به داخل شکاف سیناپسی سبب تحریک گیرنده های مربوطه می شود. سم بوتولینوس در همین مرحله و با مهار آزاد سازی استیل کولین عوارض متعددی را ایجاد می کند و در نهایت با فلج عضلات تنفسی سبب مرگ بیمار می شود.

تجزیه استیل کولین توسط آنزیم کولین استراز سبب پایان اثر این ماده بر روی گیرنده ها می شود. آنزیم مذکور در شکاف سیناپسی موجود است و استیل کولین را در زمانی بسیار کوتاه (0.2 میلی ثانیه) تجزیه می کند. حاصل تجزیه استیل کولین، کولین و اسیداستیک است. قسمت عمده ای از کولین حاصله مجدداً به داخل عصب بازجذب می گردد و اسید استیک از شکاف سیناپسی به طرف خارج انتشار می یابد. مقدار ناچیزی از استیل کولین به صورت دست نخورده از شکاف سیناپسی خارج می شود و به پلازما راه می یابد و توسط کولین استراز پلاسمایی تجزیه می گردد. به کولین استراز پلاسمایی، کولین استراز کاذب (pseudocholine esterase) نیز اطلاق می گردد.

بیوسنتز، ذخیره سازی، آزاد سازی و تجزیه نورآدرنالین و آدرنالین (شکل ۵)

برای سنتز نورآدرنالین و آدرنالین ابتدا اسید آمینه تیروزین به داخل عصب وارد می شود. اسید آمینه فوق هیدروکسیله شده و به ماده ای به نام دوپا (DOPA) تبدیل می شود. پس از آن دوپا به دوپامین تبدیل می شود. دوپامین از مهمترین میانجی های عصبی موجود در مغز به حساب می آید و اعصاب دوپامینرژیک در مغز اعمال مهمی را به عهده دارند. در اعصاب سمپاتیک، دوپامین به نورآدرنالین تبدیل می شود. نورآدرنالین حاصله در وزیکول های موجود در پایانه عصبی ذخیره می شود. دیلاریزاسیون عصب، سبب ورود کلسیم بداخل پایانه عصبی و ممزوج شدن وزیکول ها با دیواره پایانه عصبی می شود. متعاقب امتزاج، نورآدرنالین در شکاف سیناپسی آزاد شده و سبب تحریک گیرنده ها می گردد.

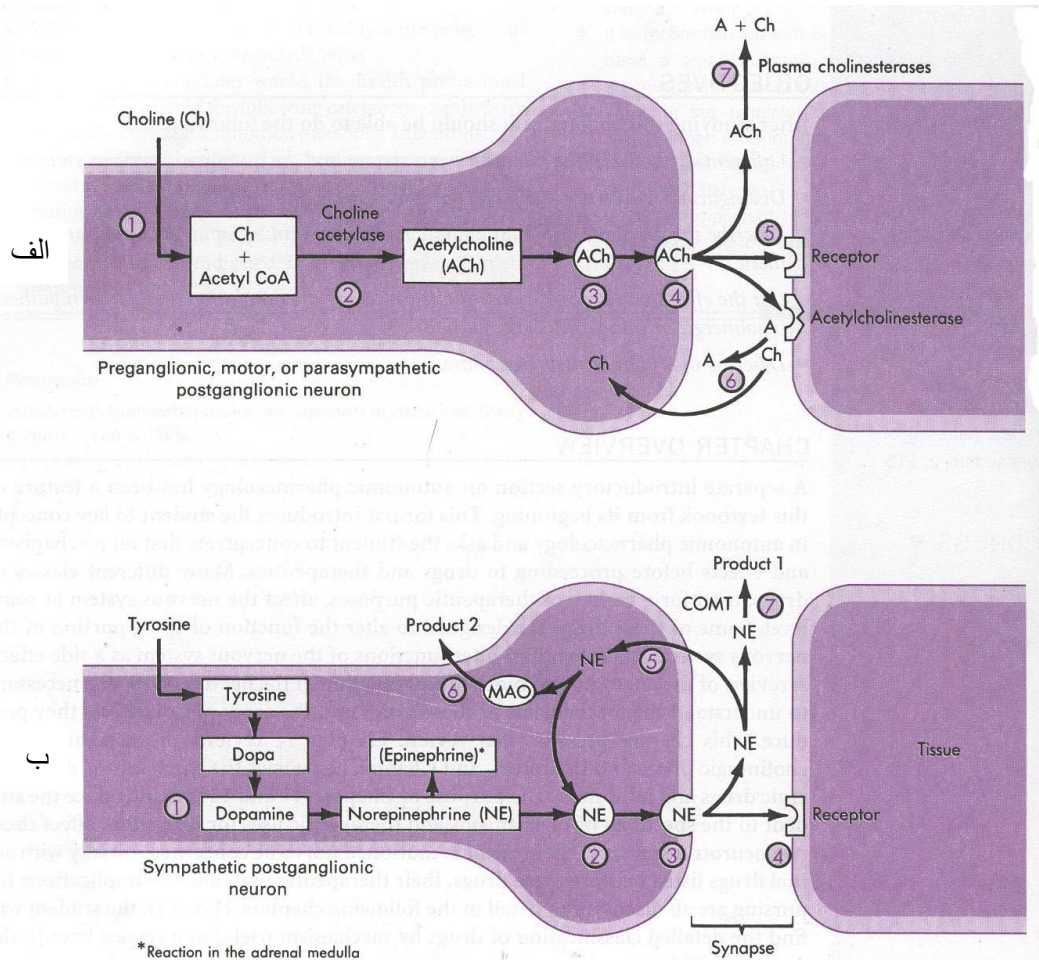
در بعضی از اعضاء مانند قسمت مرکزی غده فوق کلیه و مغز آنزیمی وجود دارد که سبب تبدیل نورآدرنالین به آدرنالین می شود از این رو آدرنالین فقط در اعضای مذکور یافت می شود. پایان اثر نورآدرنالین بر روی گیرنده از سه طریق ممکن است:

۱- بازجذب نورآدرنالین به داخل عصب

۲- تجزیه توسط آنزیم MAO (مونو آمین اکسیداز)

۳- تجزیه توسط آنزیم COMT (کاتکول ا-متیل ترانسفراز)

از این سه راه، مهمترین راه بازجذب به داخل عصب است. مقداری از نورآدرنالین بازجذب شده در داخل وزیکول ها ذخیره می شود و در تحریک های بعدی عصب مجدداً آزاد می شود و مقداری از آن توسط آنزیم MAO تجزیه می گردد. آنزیم MAO در سطح خارجی میتوکندری های پایانه عصبی قرار دارد. نورآدرنالین مادامیکه در درون وزیکولها قرار دارد از تاثیر این آنزیم به دور است اما چنانچه نورآدرنالین در خارج از وزیکول و به صورت آزاد در سیتوپلاسم وارد شود توسط آنزیم فوق تجزیه می شود. آنزیم فوق علاوه بر عصب آدرنرژیک در بسیاری از اعضای بدن از جمله مغز و سلول های مخاطی دستگاه گوارش موجود است. بالاترین غلظت از این آنزیم در کبد و کلیه وجود دارد. به واسطه وجود این آنزیم در سلول های مخاطی دستگاه گوارش و کبد، مصرف نورآدرنالین از طریق خوراکی هیچگونه اثر سیستمیکی را ایجاد نمی کند. تعدادی از داروهای ضد افسردگی با مهار بازجذب نورآدرنالین در مغز اثر خود را اعمال می کنند.



شکل ۵- سنتز، ترشح و پایان اثر استیل کولین و نور آدرنالین

الف- عصب کولینرژیک. ۱: جذب کولین به داخل عصب، ۲: سنتز استیل کولین، ۳: تجمع استیل کولین در وزیکول، ۴: پاره شدن وزیکول و آزادی استیل کولین به شکاف سیناپسی، ۵: اثر استیل کولین بر عضو هدف به واسطه اشغال گیرنده، ۶: تجزیه استیل کولین توسط کولین استراز، ۷: تجزیه استیل کولین خارج شده از سیناپس توسط کولین استراز پلاسمایی

ب- عصب آدرنرژیک. ۱: سنتز نورآدرنالین، ۲: تجمع نورآدرنالین در وزیکول، ۳: پاره شدن وزیکول و آزادی نورآدرنالین به شکاف سیناپسی، ۴: اثر نورآدرنالین بر عضو هدف به واسطه اشغال گیرنده، ۵: بازجذب نور آدرنالین به داخل عصب، ۶: تجزیه نورآدرنالین توسط آنزیم MAO، ۷: تجزیه توسط آنزیم COMT

آنزیم COMT به طور وسیعی در تمام بدن گسترش یافته است اما در پایانه عصبی آدرنرژیک یافت نمی شود. این آنزیم به میزان زیاد در کبد وجود دارد و نقش مهمی در تجزیه موادی مانند نورآدرنالین و آدرنالین موجود در خون دارد.

بررسی آثار سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر روی اعضای مختلف بدن (جدول ۱)

چشم

الف) عنبیه (iris)

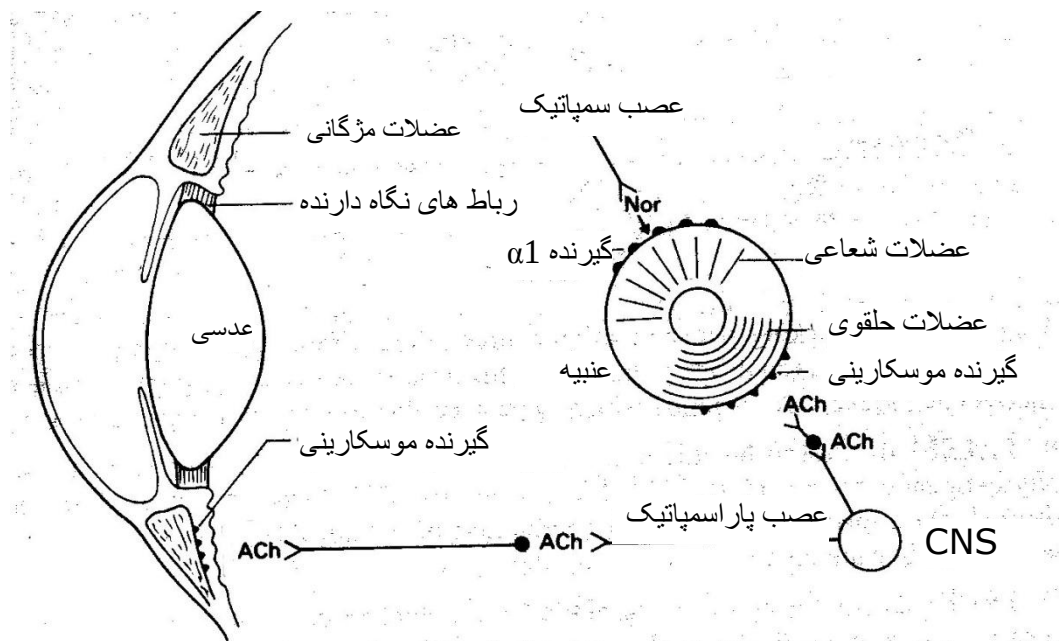
بر روی عنبیه دو دسته عضلات شعاعی (radial) و حلقوی (circular) وجود دارند. سامانه سمپاتیک با واسطه تحریک گیرنده α_1 سبب انقباض عضلات شعاعی و در نتیجه گشاد شدن مردمک یا میدریاز (mydriasis) می شود (شکل ۶).

سامانه پاراسمپاتیک با اثر برگیرنده های موسکارینی موجود بر عضلات حلقوی باعث انقباض این عضلات و در نتیجه تنگ شدن مردمک یا میوز (Miosis) می گردد (شکل ۶).

(ب) عدسی چشم (lens)

عدسی چشم در داخل یک کپسول قرار دارد و این کپسول به واسطه رباط هایی به دو طرف کشیده می شود از این رو این لیگامنت ها به طور طبیعی سبب کاهش تحدب عدسی می شوند (شکل ۶). انقباض عضلات مژگانی سبب شل شدن رباط ها و افزایش تحدب عدسی می شود در حالیکه انبساط این عضلات سبب کشیده شدن رباط ها و کاهش تحدب عدسی می گردد. سامانه سمپاتیک اثر ناچیزی بر این عضلات دارند.

سامانه پاراسمپاتیک به طور موثری باعث انقباض عضلات مژگانی و در نتیجه افزایش تحدب عدسی می شود. در این حالت عدسی دارای تطابق برای دید نزدیک است.



شکل ۶- عصب گیری چشم از سامانه اعصاب خودمختار. ACh= acetylcholine, Nor= noradrenaline

قلب

الف) گره سینوسی - دهلیزی [Sinoatrial (SA) node]

سامانه سمپاتیک با تحریک گیرنده های β_1 سبب افزایش ضربان سازی گره SA می شود و تعداد ضربان قلب را بالا می برد.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده های M سبب کاهش ضربان سازی گره SA شده و تعداد ضربان قلب را کاهش می دهد.

(ب) قدرت انقباضی قلب

سامانه سمپاتیک از طریق تحریک گیرنده های β_1 سبب افزایش قدرت انقباضی قلب در عضلات دهلیزی و بطنی می گردد.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده M سبب کاهش قدرت انقباضی دهلیزها می شود اما باتوجه به اینکه این سامانه بر روی عضلات بطنی عصب نمی فرستد تاثیری در قدرت انقباضی بطن ها ندارد. باید به یاد داشت که بر روی عضلات بطنی گیرنده های M وجود دارد. چنانچه این گیرنده ها توسط داروها و یا سموم تحریک شوند سبب کاهش قدرت انقباض می شوند.

ج) گره دهلیزی-بطنی [Atrioventricular (AV) node]

سامانه سمپاتیک با تحریک گیرنده های β_1 سبب افزایش هدایت و کاهش زمان تحریک ناپذیری در گره AV می شود. به این ترتیب موج الکتریکی سریع تر از دهلیز به بطن منتقل می شود. علاوه بر این احتمال آنکه ضربان های نابجا و پیش از موعد از گره AV بگذرند و به بطن ها انتقال یابند بیشتر می شود.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده های M سبب کاهش هدایت و افزایش زمان تحریک ناپذیری در گره AV می شود. به این ترتیب موج الکتریکی دیرتر از دهلیز به بطن منتقل می شود. علاوه بر این احتمال آنکه ضربان های نابجا و پیش از موعد از گره AV بگذرند و به بطن ها انتقال یابند کمتر می شود.

عضله صاف عروقی

الف) عروق پوست و احشاء

سامانه سمپاتیک از طریق تحریک گیرنده α_1 سبب انقباض عروق پوست و احشاء می شود. سامانه پاراسمپاتیک بر روی عروق پوست و احشایی عصب نمی فرستد از این رو در تنظیم کشش این عروق اثری ندارد اما بر روی عروق مذکور گیرنده های M وجود دارد. چنانچه این گیرنده ها توسط داروها تحریک شوند سبب گشادی عروق می شوند.

ب) عروق عضلات اسکلتی

عروق عضلات اسکلتی در اثر تحریک گیرنده های β_2 گشاد می شود.

مشابه عروق عضلات احشائی، سامانه پاراسمپاتیک به عروق عضلات اسکلتی نیز عصب رسانی نمی کند.

عضلات صاف برونش

تحریک گیرنده های β_2 سبب انبساط عضلات صاف برونش می شود.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده های M سبب انقباض عضلات صاف برونش و افزایش ترشحات برونشی می شود.

دستگاه گوارش

الف) غدد بزاقی (salivary glands)

سامانه سمپاتیک سبب افزایش جزئی ترشح بزاق می شود. بزاق ترشح شده بسیار لزج و ویسکوز است.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده M به طور بسیار موثری سبب افزایش ترشح بزاق می شود. بزاق ترشح شده آبکی است.

ب) عضلات صاف دیواره روده و اسفنگتر مقعد

سامانه سمپاتیک با تحریک گیرنده β_2 سبب شل شدن خفیف دیواره و با تحریک گیرنده α_1 سبب انقباض خفیف

اسفنگترها می شود. سامانه فوق به طور خفیف در جهت جلوگیری از دفع عمل می کند.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده های M دیواره را منقبض و اسفنگترها را شل می کند. سامانه فوق به شکل قابل توجه و موثری در عمل دفع نقش دارد.

(ج) ترشحات معده ای - روده ای

سامانه سمپاتیک اثر چندانی بر ترشحات روده ای ندارد.

سامانه پاراسمپاتیک با تحریک گیرنده های M سبب افزایش ترشحات معده ای - روده ای می شود.

دستگاه ادراری

سامانه سمپاتیک از طریق تحریک گیرنده β_2 به طور جزئی سبب شل شدن عضله دیواره مثانه و از طریق تحریک گیرنده α_1 به شکل بارز تری سبب انقباض عضله مثلی (trigone) می شود. سامانه فوق در جهت جلوگیری از دفع ادرار عمل می کند.

سامانه پاراسمپاتیک از طریق تحریک گیرنده M سبب انقباض قابل توجه دیواره مثانه و شل شدن قابل توجه عضله مثلی می شود. سامانه فوق در جهت دفع ادرار عمل می کند.

غدد عرقی

غدد عرقی تنظیم کننده حرارت توسط اعصاب سمپاتیکی که استثنائاً استیل کولین ترشح می کنند و سبب تحریک گیرنده های M در این غدد می شوند تحریک شده و با ترشح عرق دمای بدن را تنظیم می کنند.

غدد عرقی آپوکرین نقشی در تنظیم حرارت بدن ندارند. این غدد در کف دست، زیر بغل و بعضی نقاط دیگر قرار دارند و اغلب در حالت استرس شروع به ترشح عرق می کنند. سامانه سمپاتیک این غدد را نیز تحریک می کند اما میانجی شیمیایی آزاد شده در کنار این غدد نورآدرنالین و گیرنده تحریک شونده α_1 است.

سامانه پاراسمپاتیک بر روی غدد عرقی عصب رسانی ندارد.

اثرات متابولیک

سامانه سمپاتیک در کبد از طریق تحریک گیرنده های α_1 و β_2 به طور موثری سبب گلوکونئوژنز و گلیکوژنولیز می شود و قند خون را افزایش می دهد. همین سامانه با تحریک گیرنده های α و β_3 در بافت چربی، سبب تجزیه چربی و بالا رفتن اسیدهای چرب آزاد در خون می شود. اسیدهای چرب آزاد می توانند در عضلات متابولیزه شده و تولید ATP کنند. همچنین کبد با استفاده از آنها می تواند گلوکز تولید کند.

سامانه پاراسمپاتیک تاثیری در اعمال فوق ندارد.

با توجه به اثرات سامانه سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر روی اعضای مختلف بدن می توان گفت که این دو سامانه در بسیاری از اعضاء به صورت متضاد هم رفتار می کنند (مثل قلب و مثانه) اما گاهی عمل دو سامانه یکسان (مثلاً در ترشح بزاق) و در بعضی از اندام ها با توجه به عدم عصب رسانی یکی از سامانه ها عملاً دو سامانه تاثیری بر روی یکدیگر ندارند (مثل عضلات صاف عروقی).

جدول ۱- آثار سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر روی اعضای بدن

پاراسمپاتیک		سمپاتیک		عضو
گیرنده	اثر	گیرنده	اثر	
M M	انقباض	α_1	انقباض (میوز)	چشم عنبیه عضلات شعاعی عضلات حلقوی عضلات مژگانی
	انقباض	----	----	
	انقباض	----	----	
M M M	کاهش کاهش (دهلیز) کاهش هدایت، افزایش زمان تحریک ناپذیری	β_1 β_1 β_1	افزایش تعداد ضربان افزایش قدرت افزایش هدایت، کاهش زمان تحریک ناپذیری	قلب گره سینوسی قدرت انقباض گره دهلیزی-بطنی
----- ----	----- -----	α_1 β_2	انقباض اتساع	عضلات صاف عروق پوست، عروق احشایی عروق عضلات اسکلتی
M	انقباض	β_2	اتساع	عضله صاف برونشی
M M M M	افزایش انقباض اتساع افزایش	α_1 β_2 α_1 ----	افزایش اتساع (خفیف) انقباض (خفیف) -----	راه های گوارشی ترشح بزاقی عضلات دیواره اسفنگترها ترشحات
M M	انقباض اتساع	β_2 α_1	اتساع انقباض	دستگاه ادراری دیواره مثانه اسفنگتر
----- ----	----- -----	M α_1	افزایش افزایش	پوست غدد عرقی تنظیم کننده دما آپوکرین
----- ----	----- -----	α_1 / β_2 β_3	گلوکونژنز، گلیکونولیز لیپولیز	اعمال متابولیک کبد سلول های چربی

دانشگاه علوم پزشکی شیراز
دانشکده پزشکی - بخش فارماکولوژی

سامانه اعصاب خود مختار

بررسی میزان یادگیری

در صورتی که مطلب مربوط به هر مورد را آموخته اید، در مقابل آن علامت بزنید. در غیر این صورت مجدداً قسمت مربوطه را مطالعه نمایید.

- ☐ ویژگی های مهم آناتومیکی سامانه اعصاب خود مختار و اعصاب پیکری
- ☐ تفاوت های مهم اعصاب خود مختار و اعصاب پیکری
- ☐ تقسیم بندی سامانه اعصاب خود مختار
- ☐ تفاوت های بین سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک
- ☐ میانجی های عصبی و گیرنده های تحریک شونده در مسیر عصب رسانی اعصاب پیکری
- ☐ میانجی های عصبی و گیرنده های تحریک شونده در مسیر عصب رسانی سمپاتیک
- ☐ میانجی های عصبی و گیرنده های تحریک شونده در مسیر عصب رسانی پاراسمپاتیک
- ☐ بیوسنتز، ذخیره سازی، نحوه آزادی و پایان اثر استیل کولین
- ☐ بیوسنتز، ذخیره سازی، نحوه آزادی و پایان اثر نور آدرنالین و آدرنالین
- ☐ اثر تحریک عصب پیکری بر عضله مخطط
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر چشم
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر عملکرد قلب
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر عروق
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر راه های هوایی
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر دستگاه گوارش
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر دستگاه ادراری
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر غدد عرقی
- ☐ آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر متابولیسم

دانشگاه علوم پزشکی شیراز
دانشکده پزشکی - بخش فارماکولوژی

سامانه اعصاب خودمختار

خودآزمایی

- ۱- مهم ترین تفاوت های سامانه اعصاب خودمختار و پیکری کدام است؟
- ۲- مهم ترین تفاوت های سامانه اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک کدام است؟
- ۳- سامانه اعصاب خودمختار، علاوه بر اعصاب و ابران دارای اعصاب آوران نیز هست. این اعصاب چه وظیفه ای به عهده دارند؟
- ۴- استیل کولین سبب تحریک کدام گیرنده ها می شود؟ این گیرنده ها در چه محل هایی وجود دارند؟ آیا این گیرنده ها مختص سامانه پاراسمپاتیک هستند؟
- ۵- نورآدرنالین و آدرنالین کدام گیرنده ها را تحریک می کنند؟
- ۶- آیا میانجی عصبی آزاد شده از اعصاب سامانه سمپاتیک در تمام اعضاء نورآدرنالین است؟
- ۷- مسیر بیوسنتز استیل کولین را شرح دهید.
- ۸- مسیر سنتز نورآدرنالین و آدرنالین را شرح دهید.
- ۹- در مغز اعصاب دوپامینرژیک (آزاد کننده دوپامین) موجود است. با توجه به اینکه دوپامین پیش ساز نورآدرنالین و آدرنالین است چگونه است که بعضی از اعصاب فقط همین ماده را سنتز و آزاد می کنند؟
- ۱۰- در مغز اعصاب آدرنرژیک (آزاد کننده آدرنالین) موجود است. این اعصاب چه ویژگی دارند که بر خلاف اعصاب سمپاتیک به جای نورآدرنالین، توانایی آزادی آدرنالین دارند؟
- ۱۱- پایان اثر استیل کولین بر روی گیرنده چگونه صورت می گیرد؟
- ۱۲- راه های پایان یافتن اثر نورآدرنالین بر روی گیرنده را نام ببرید. کدامیک از این راهها سهم بیشتری در پایان اثر نورآدرنالین دارد؟
- ۱۳- بیوسنتز آدرنالین در کدامیک از اعضای بدن انجام می گیرد؟
- ۱۴- قارچ های خانواده آینوسایب (Inocybe) و کلایتوسایب (Clitocybe) حاوی مقادیر قابل توجهی از موسکارین هستند. فردی به دنبال خوردن این قارچ ها دچار مسمومیت با موسکارین شده است. پیش بینی می کنید که این فرد چه علائم بالینی را نشان دهد؟
- ۱۵- کوکائین مهار گر بازجذب نورآدرنالین است. پیش بینی می کنید فردی که با این ماده مخدر مسموم شده است، چه علائم بالینی محیطی را نشان دهد؟
- ۱۶- آثار تحریک سامانه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر چشم، قلب، عروق، راه های هوایی، دستگاه گوارش، دستگاه ادراری، غدد عرقی و متابولیسم را مرور کنید.