

تشریح و فیزیولوژی اعصاب و دستگاه عصبی

هدف های رفتاری : در پایان این فصل، از فراگیر انتظار می رود :

- ۱- تشریح دستگاه عصبی بدن دام را توضیح دهد.
- ۲- نحوه عمل (فیزیولوژی) دستگاه عصبی بدن دام را بیان کند.
- ۳- نحوه ایجاد و هدایت پیام های عصبی در بدن را توضیح دهد.
- ۴- قسمت های مختلف دستگاه عصبی مرکزی را شرح دهد.
- ۵- دستگاه عصبی محیطی و وظیفه آن را توضیح دهد.
- ۶- تشریح دستگاه عصبی ماهی را توضیح دهد.

دستگاه عصبی در تمام فعالیت های حیاتی بدن موجودات زنده دخالت دارد. این دستگاه تحریکات عصبی را از سطح بدن به مراکز درونی و بالعکس می رساند و نقش کنترل کننده، تشدید کننده و یا بازدارنده را در اعمال مختلف موجود زنده، بازی می کند. در واقع، دستگاه عصبی مسئول برقراری و حفظ ارتباطات داخلی و خارجی و نیز سازش موجود زنده با محیط است.

ساختمان بافت عصبی

این بخش به طور کلی، شامل سه ماده مختلف است.

- ۱- ماده خاکستری - از رشته های عصبی فاقد میلین^۱ تشکیل شده است.
- ۲- ماده سفید - از رشته های عصبی میلین دار تشکیل شده است.
- ۳- سلول های نوروگلی - سلول هایی غیر عصبی هستند که سلول های عصبی را محافظت می کنند و در بعضی از سلول های عصبی عمل ساختن میلین را انجام می دهند. این سلول ها هم چنین تغذیه سلول های عصبی را نیز به عهده دارند.

۱- میلین : ماده ای از جنس چربی است که آکسون بعضی از رشته های عصبی را احاطه کرده است.

مهم ترین عمل دستگاه عصبی، به شرح زیر می باشد :

۱- انقباض ماهیچه های مخطط ارادی در سراسر بدن

۲- انقباض ماهیچه های صاف غیر ارادی

۳- ترشح هورمون

دستگاه عصبی به دو قسمت اصلی تقسیم می شود :

۱- دستگاه عصبی مرکزی که شامل مغز و نخاع است.

۲- دستگاه عصبی محیطی که شامل اعصاب مغزی، اعصاب نخاعی و دستگاه عصبی

خودکار می شود.

سلول عصبی

سلول عصبی یا نرون، واحد دستگاه عصبی می باشد. هر نرون، از سه قسمت تشکیل شده که شامل : جسم سلولی و دو زائده به نام های دندریت و آکسون می باشد (شکل ۱-۳). هر نرون، می تواند دارای یک یا چند دندریت باشد، اما فقط می تواند یک آکسون داشته باشد. جسم سلولی نرون، حاوی هسته و سیتوپلاسم است. وظیفه دندریت، هدایت تحریکات وارده به عضو، به طرف جسم سلولی است. وظیفه آکسون، هدایت این تحریکات از جسم سلولی به طرف نرون های دیگر یا عضو گیرنده حرکت می باشد.

بر حسب تعداد زواید، نرون ها را به سه گروه تقسیم می کنند :

الف) نرون یک قطبی : یک زائده از جسم سلولی آن خارج شده، تشکیل آکسون و دندریت

را می دهد.

ب) نرون دو قطبی : آکسون و دندریت به صورت قرینه از جسم سلولی آن خارج شده اند.

ج) نرون چند قطبی : دارای یک آکسون و چندین دندریت است (شکل ۲-۳).

وظیفه نرون ها، عبارتست از : هدایت تحریکات از عضو به مراکز عصبی (مغز و نخاع)، هم چنین

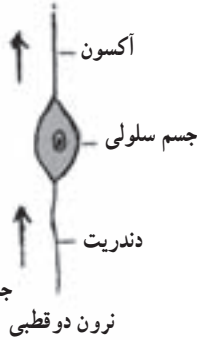
هدایت دستورات عصبی از این مراکز به اعضای بدن.

نوروگلی : این ستون ها کوچک تر از نرون ها هستند و وظیفه نگهداری، محافظت و تغذیه

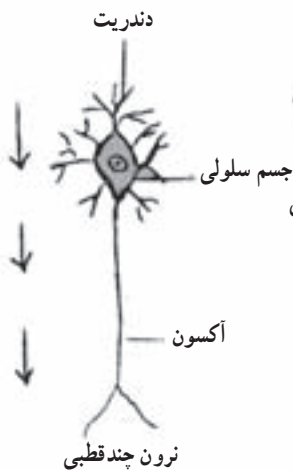
نرون ها را بر عهده دارند.



نرون یک قطبی

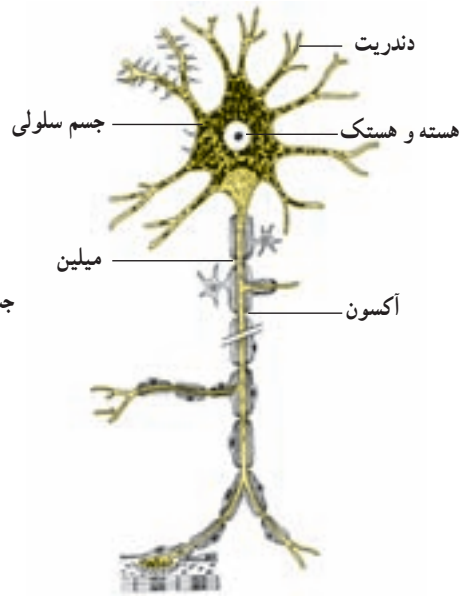


نرون دو قطبی



نرون چند قطبی

شکل ۲-۳- انواع نرون



شکل ۱-۳- ساختمان سلول عصبی

پرده‌های پوششی مغز و نخاع

پرده‌های پوششی مخصوصی که مغز و نخاع را می‌پوشانند، پرده‌های مننژ نام دارند. رگ‌های خونی، از طریق این پرده‌ها به مغز و نخاع ارتباط پیدا می‌کنند. پرده‌های مغز و نخاع در سه طبقه قرار دارند.

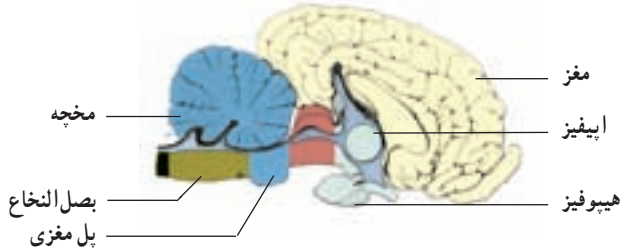
(الف) نرم شامه: داخلی‌ترین لایه پوششی مغز و نخاع است.

(ب) عنکبوتیه: پرده بسیار نازک و شفاف است که در بین دو پرده نرم شامه و سخت شامه قرار گرفته است.

(ج) سخت شامه: خارجی‌ترین پرده پوششی مغز و نخاع است و بسیار سخت می‌باشد.

مایع مغزی نخاعی

مایعی است زلال و روشن که توسط شبکه‌های متشکل از رگ‌های منتر ترشح می‌شود. این مایع، مغز و نخاع را در برابر ضربات و فشارهای وارد به جمجمه، محافظت می‌کند (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- مغز و مخچه اسب

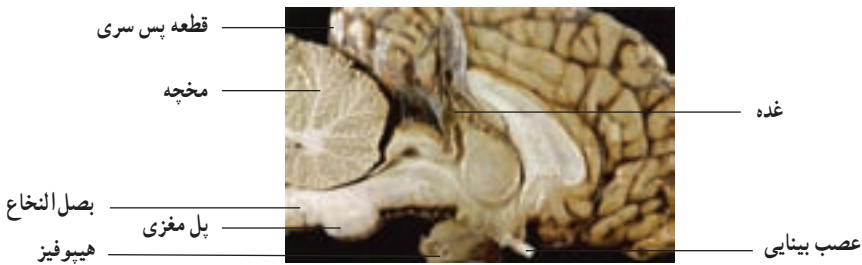
مغز: مغز به وسیله کاسه سر و غشاهای منتر محافظت می‌شود و شامل قسمت‌های زیر می‌باشد:

۱- مخ

شامل دو نیم‌کره راست و چپ است. قسمت قشری آن، به رنگ خاکستری و قسمت عمقی‌تر آن به رنگ سفید می‌باشد. در هریک از دو نیم‌کره، حفره‌هایی وجود دارد که به آن‌ها بطن‌های جانبی چپ و راست گویند. بطن سوم نیز به وسیله مجرای به نام شیار سیلویوس، با بطن چهارم که بین مخچه و نخاع قرار دارد در ارتباط است.



(الف)



(ب)

شکل ۳-۴- قسمت‌های مختلف مغز گاو (الف) و مغز اسب (ب)

سطح نیمکره‌های مخ، دارای نواحی برجسته و فرورفته زیادی است. نواحی برجسته آن را «شکنج» و نواحی فرو رفته را «شیار» گویند. همین شیار و شکنج‌ها، سبب می‌شوند که ناحیه قشری مخ وسعت بیشتری پیدا کند. هرچه سطح شیارها و شکنج‌ها بیش تر باشد قدرت یادگیری موجود زنده نیز بیش تر است. شیارهای مخ، آن را به قطعه‌های مختلف تقسیم می‌کنند که عبارتند از: قطعه پیشانی، قطعه گیجگاهی، قطعه آهیانه و قطعه پشت‌سری.



شکل ۳-۶- مغز بز (سطح پایینی)

شکل ۳-۵- مغز بز (سطح بالایی)

شیار طولی، مخ را در جهت جلویی - عقبی، به دو نیمکره چپ و راست تقسیم می‌کند. هریک از نیمکره‌های مخ، اعمال حرکتی نیمه مقابل بدن را کنترل می‌کنند.

تالاموس: ساختمان‌های گرد و مدوری هستند که از ماده خاکستری مخ، تشکیل شده‌اند و در قاعده مخ قرار دارند. دستورهای حسی، ابتدا به تالاموس می‌رسند و بعد به مراکز حسی قشر مخ انتقال می‌یابند. بنابراین وظیفه تالاموس دریافت، تقویت و انتقال پیام‌های حسی است.

هیپوتالاموس: در ناحیه کف بطن سوم، در زیر تالاموس، هسته‌هایی قرار دارند که در اصطلاح به آن‌ها «هیپوتالاموس» گویند. هیپوتالاموس، مرکز بسیاری از اعمال غیرارادی بدن، از قبیل: تشنگی، گرسنگی، خواب، بیداری و تنظیم درجه حرارت بدن است.

۲- ساقه مغز

قسمتی از مغز است که نیمکره‌های مخ را به نخاع، متصل می‌کند و شامل: بصل النخاع، بل مغزی و مغز میانی است.

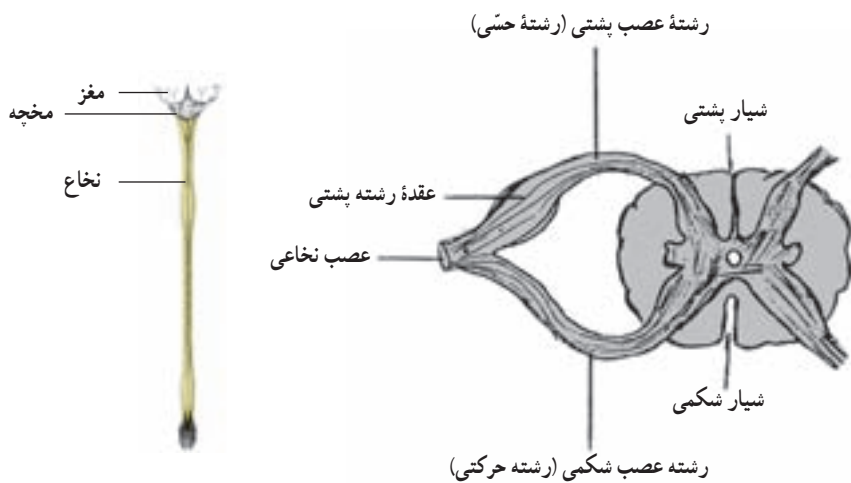
بصل نخاع عقبی ترین قسمت ساقه مغز است که در بسیاری از اعمال حیاتی بدن نقش دارد.

۳- مخچه

مخچه، در حفره عقبی جمجمه قرار دارد. عمل مخچه حفظ تعادل بدن است.

نخاع

نخاع، بخشی از دستگاه عصبی مرکزی است که در قسمت عقبی مغز و در کانال ستون مهره‌ها واقع است. در قسمت جلویی نخاع، بصل نخاع قرار دارد. در حیوانات اهلی، قسمت عقبی و انتهایی نخاع، از نزدیک آخرین مهره کمری تا اواسط مهره خاجی امتداد می‌یابد. نخاع، به وسیله شیارهایی به نام «شیارهای شکمی» و «پشتی» به دو نیمه راست و چپ تقسیم می‌شود. نخاع، از نظر ساختمان داخلی، دارای دو بخش: ماده خاکستری و ماده سفید است. ماده خاکستری در برش عرضی نخاع به شکل پروانه‌ای (ضربدر) به صورت چهار شاخ (زائیده) دیده می‌شود. به دو شاخ بالایی، شاخ پشتی و به دو شاخ پایینی، شاخ‌های شکمی نخاع گویند (شکل ۷-۳)



شکل ۸-۳- نخاع

شکل ۷-۳- نمایش مقطع نخاع و ساختمان عصب نخاعی

عمل نخاع: ایجاد رابطه بین مغز و سایر قسمت‌های بدن است. نخاع، همچنین مرکز برخی از اعمال انعکاسی بدن است. در مورد هدایت تحریک عصبی از اندام‌ها به طرف مغز و با هدایت دستورها از مغز به طرف اندام‌ها، نخاع به وسیله راهنمای حرکتی و حسّی به عنوان اندام رابط مغز یا قسمت‌های دیگر بدن عمل می‌کند.

اعمال انعکاسی نخاع: در واقع قسمتی از مکانیسم دفاعی بدن است که سریع‌تر از اعمال

ارادی صورت می‌گیرد. مانند کنارکشیدن ناگهانی دست در موقع تماس با جسم نوک تیز. عمل انعکاسی، ممکن است با به‌کارگیری اراده متوقف شود. مثلاً هنگام تماس دست با جسم گرم، به جای این‌که دست کنار کشیده شود، می‌تواند با اراده حیوان، در تماس دست با جسم گرم، باقی بماند. در یک عمل انعکاسی، قسمت‌های زیر شرکت دارند (شکل ۶-۱).

۱- رشته حسی: تحریک عصبی را دریافت کرده و آن را به شاخ پستی ماده خاکستری نخاع، هدایت می‌کند.

۲- نخاع: در نخاع، رشته‌های عصبی ارتباطی، دستور عصبی را به شاخ شکمی نخاع، منتقل می‌کنند.

۳- رشته عصبی حرکتی: در شاخ شکمی نخاع قرار دارد. این سلول، دستور عصبی را از بخش ماده خاکستری دریافت نموده و آن را به اندام هدایت می‌کند.

۴- اندام حرکتی: مانند عضله که با دستور عصب حرکتی تحریک شده، عمل لازم را انجام می‌دهد.

دستگاه عصبی محیطی

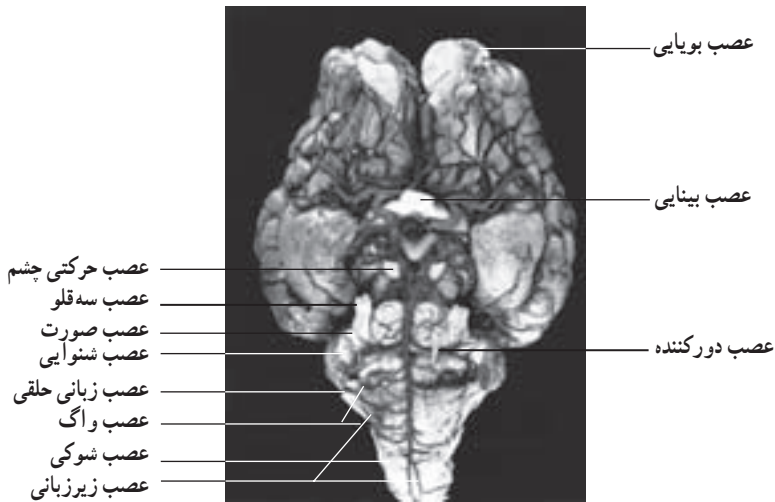
دستگاه عصبی محیطی، شامل اعصاب مغزی، اعصاب نخاعی و دستگاه عصبی خودمختار است.

الف) اعصاب مغزی: دوازده جفت عصب، از نواحی مختلف مغز، سرچشمه می‌گیرند که در اصطلاح به آن‌ها «اعصاب مغزی» گویند. این اعصاب برحسب وظیفه‌ای که انجام می‌دهند، نامگذاری می‌شوند و عبارتند از:

۱- عصب بویایی: در عمل بویایی دخالت دارد.

۲- عصب بینایی: در عمل دیدن (بینایی) دخالت دارد.

۳- عصب حرکتی چشم (اکولوموتور): در زمان تاییدن نور به چشم، باعث تنگ شدن مردمک چشم می‌شود.



شکل ۹-۳- مغز گاو

۴- عصب اشتیاقی یا قرقره‌ای (تروکلنار): باعث ثابت ماندن کره چشم در یک سمت

می‌شود.

۵- عصب سه قلو: رشته حسّی این عصب، الیاف حسّی صورت را تأمین می‌کند. انشعابات

رشته حرکتی این عصب، به عضلات جوشی صورت، عصب می‌دهند.

۶- عصب دورکننده (مبعده): این عصب، باعث می‌شود که چشم‌ها در کره چشم در

موقعیت مناسبی قرار گیرند.

۷- عصب صورت: انشعابات این عصب، رشته‌های حرکتی عضلات صورت و گوش‌ها را

تأمین می‌کنند.

۸- عصب شنوایی: در عمل شنوایی و تعادل بدن دخالت دارد.

۹- عصب زبانی-حلقی: این عصب، موجب فعالیت حرکتی حلق و حنجره می‌شود.

۱۰- عصب واگ: انشعابات این عصب به حلق، حنجره و دستگاه گوارش می‌روند.

۱۱- عصب شوکی: این عصب به عضلات نگهدارنده سر، انشعاب می‌دهد.

۱۲- عصب زیرزبانی: این عصب، رشته‌های حرکتی زبان را تأمین می‌کند.

ب) اعصاب نخاعی: این اعصاب از قسمت‌های مختلف نخاع، سرچشمه گرفته، به اعضای

بدن وارد می‌شوند.

دستگاه عصبی خودکار

این دستگاه، بخشی از دستگاه عصبی محیطی است که اعمال احشای بدن را کنترل می‌کند. این دستگاه، به کنترل فشار خون، حرکات و ترشح دستگاه گوارش، عمل عرق کردن، کنترل درجه حرارت بدن، دفع مدفوع و ادرار کمک می‌کند. بعضی از این اعمال، تقریباً به طور کامل و بعضی دیگر به طور نسبی، به وسیله دستگاه عصبی خودمختار، کنترل می‌شوند. دستگاه عصبی خودکار، به دو قسمت تقسیم می‌شود:

۱- دستگاه عصبی سمپاتیک، ۲- دستگاه عصبی پاراسمپاتیک.

دستگاه عصبی سمپاتیک: شامل طناب‌های عصبی زنجیرمانندی است که دارای گره‌های عصبی فراوان است. این طناب‌های عصبی، از قاعده جمجمه، در دو طرف ستون مهره‌ها به طرف بدن کشیده شده است و تا استخوان خاجی ادامه دارد. گره‌های مزبور، جفت هستند و از قسمت جلو به عقب در نواحی گردن، سینه، کمر، لگن و ناحیه خاجی وجود دارند. این گره‌ها به وسیله رشته‌های ارتباطی، به نخاع و سپس به وسیله نخاع با دستگاه عصبی مرکزی مربوط می‌شوند.

وظیفه دستگاه عصبی سمپاتیک: این دستگاه به ماهیچه‌های قلب، ماهیچه‌های دیواره رگ‌های خونی و احشا (معه، لوزالمعده و روده‌ها) عصب می‌فرستد. هم‌چنین به غدد عرق و ماهیچه‌های غیرارادی پوست نیز عصب می‌دهد و قابلیت ارتجاعی تمام ماهیچه‌های ارادی و غیرارادی را حفظ می‌کند.

دستگاه عصبی پاراسمپاتیک: دستگاه خودکار، ضمیمه‌ایست که از طریق زوج‌های اعصاب مغزی شماره ۳، ۷، ۹ و ۱۰ و هم‌چنین از قسمت خاجی نخاع خارج شده است و به اندام‌های مورد نظر وارد می‌شوند.

اثرات دستگاه عصبی خودکار بر روی اندام‌های مختلف بدن

تعداد کمی از اندام‌ها یا غدد، تنها دارای یک منشأ عصبی، یعنی منشأ عصبی سمپاتیک یا پاراسمپاتیک می‌باشند. اما اکثر اندام‌ها، دارای هر دو منشأ عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک هستند و از هر یک از این دو دستگاه، رشته‌هایی دریافت می‌کنند. تأثیر هر یک از دستگاه‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک بر اندام‌های مختلف بدن، متفاوت است.

بدین معنی که تحریک به وسیله عصب سمپاتیک، موجب بروز اثرات تحریکی در بعضی از اندام‌ها و سبب بروز اثرات بازدارندگی در اندام‌های دیگر می‌شود. این قانون، در مورد دستگاه عصبی

پاراسمپاتیک نیز صادق است. هم‌چنین، هنگامی که تحریک عصب سمپاتیک موجب بروز اثرات تحریکی در یک اندام شود، تحریک عصب پاراسمپاتیک در آن اندام، معمولاً حالت بازدارندگی دارد. به عبارت دیگر، اثرات این دو دستگاه عصبی (سمپاتیک و پاراسمپاتیک) در یک اندام مخالف هم می‌باشند.

دستگاه عصبی طیور

دستگاه عصبی مهره‌داران مسئول ایجاد ارتباط بین حیوان و محیط و هم‌چنین مسئول برقراری تعادل در اندام‌های داخلی بدن حیوان می‌باشد. حیوان به وسیله گیرنده‌های حسی با محیط اطراف خود در ارتباط است. محیط داخلی بدن، به وسیله گیرنده‌های دستگاه عصبی موجود در ماهیچه‌ها، مفاصل، لیگمان‌ها و اندام‌های موجود در حفره شکمی کنترل می‌شود. رشته‌های عصبی آوران، اطلاعات حسی را به دستگاه عصبی مرکزی رسانده، رشته‌های عصبی وایران، دستورات عصبی را از دستگاه عصبی مرکزی به اندام‌های مختلف بدن از قبیل ماهیچه‌ها و غدد، منتقل می‌کنند. دستگاه عصبی پرندگان (طیور) نیز، همانند این دستگاه در پستانداران به دو بخش دستگاه عصبی مرکزی و دستگاه عصبی محیطی تقسیم می‌شود.

دستگاه عصبی مرکزی، شامل:

مغز، مخ و ساقه مغزی می‌باشد.

اختلاف مغز پرندگان با مغز پستانداران، در رشد زیاد قسمت بینایی مغز پرندگان است.

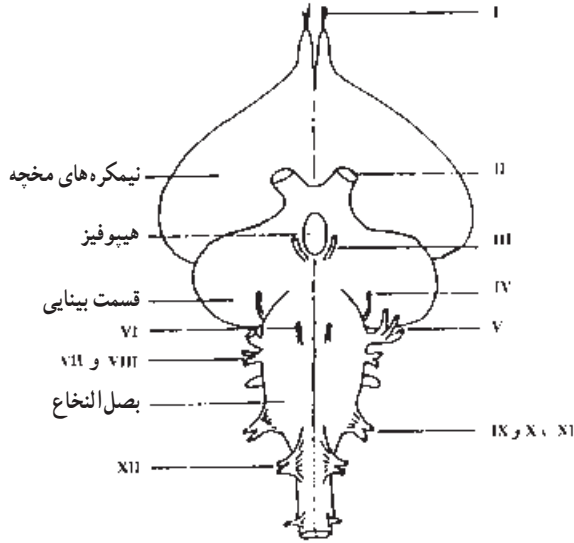
هیپوتالاموس: قسمتی از مغز است که از چهار هسته، تشکیل شده است. این قسمت از مغز پرندگان مانند هیپوتالاموس در پستانداران مرکز بسیاری از اعمال غیرارادی، از قبیل: تنظیم درجه حرارت بدن، تنفس، گرسنگی، تشنگی و فعالیت‌های جنسی است.

نخاع: این بخش در طیور برخلاف پستانداران در تمام طول کانال نخاعی، دارای قطر یکسانی بوده، فاقد ناحیه انتهایی، به نام دم اسب می‌باشد. نخاع از ناحیه جلو به بصل النخاع متصل است و تا آخرین قسمت استخوان ستون مهره‌ها به نام پیگوستیل، ادامه دارد.

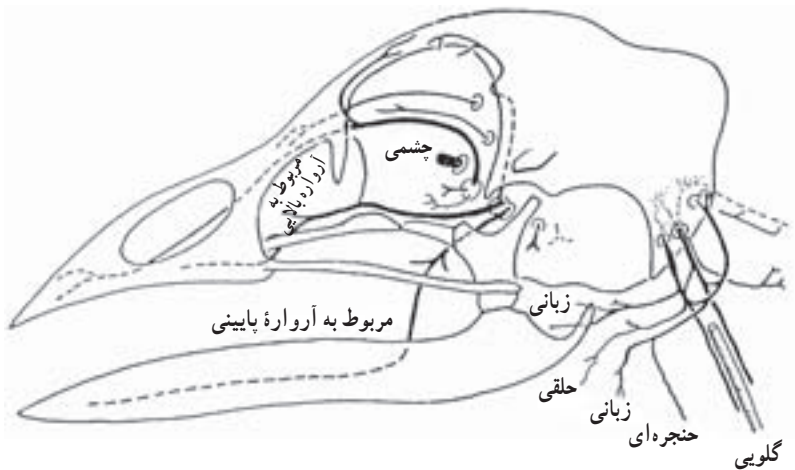
تشریح ساختمان داخلی نخاع طیور، مانند نخاع در پستانداران، دارای یک منطقه خاکستری، شبیه حرف انگلیسی اچ (H) در مرکز نخاع می‌باشد که به وسیله ماده سفیدرنگی احاطه شده است.

دستگاه عصبی محیطی

این دستگاه، شامل: اعصاب مغزی، اعصاب نخاعی و دستگاه عصبی خودمختار است.
 اعصاب مغزی: شامل دوازده (۱۲) جفت عصب است که از قسمت‌های مختلف مغز سرچشمه می‌گیرند. وظایف و نامگذاری این اعصاب، مشابه اعصاب مغزی در پستانداران می‌باشد.

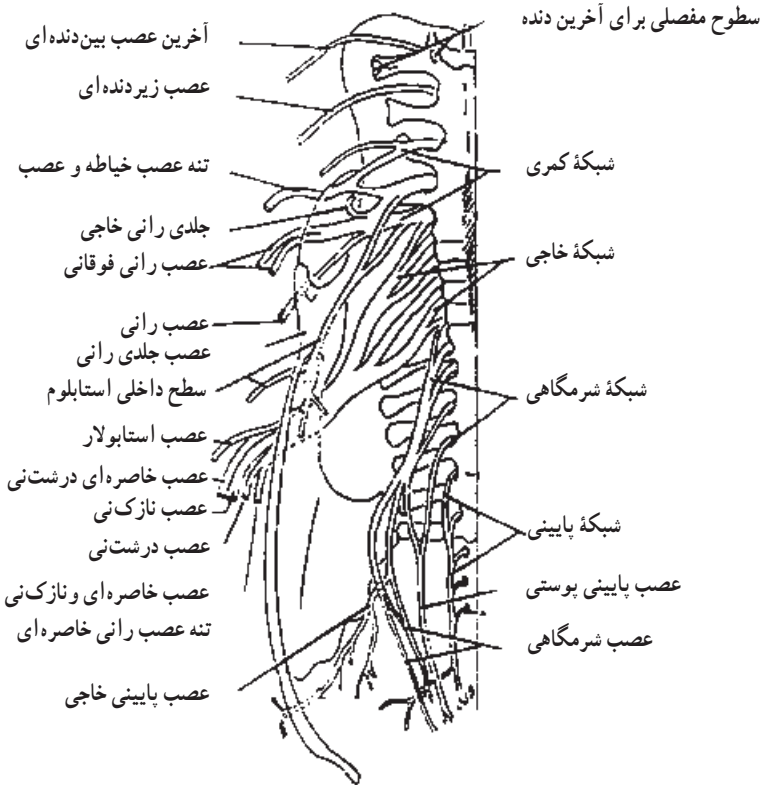


شکل ۱۰-۳- منظره قسمت شکمی مغز مرغ و نمایش اعصاب مغزی در آن



شکل ۱۱-۳- نمایش اعصاب مغزی مرغ

اعصاب نخاعی: از قسمت‌های مختلف نخاع سرچشمه می‌گیرند و از به هم پیوستن چندین عصب نخاعی شبکه‌های عصبی، به وجود می‌آیند، (شکل ۱۲-۳). این شبکه‌های عصبی، عبارتند از: شبکه عصب بازویی، شبکه عصب کمری، شبکه عصب خاجی و شبکه عصب انتهایی.



شکل ۱۲-۳- نمایش شبکه‌های عصبی مرغ خانگی

دستگاه عصبی خودکار

این دستگاه، به دو بخش سمپاتیک و پاراسمپاتیک تقسیم می‌شود. اغلب، هر دوی این اعصاب، روی اعضای مختلف بدن، تأثیر گذاشته، باعث تنظیم اعمال آن اعضا و عکس‌العمل آن‌ها نسبت به عوامل مختلف محیطی می‌شوند. این دستگاه برخلاف نام آن، کاملاً مستقل نیست، بلکه تحت نفوذ دستگاه عصبی مرکزی می‌باشد.

دستگاه عصبی سمپاتیک: این دستگاه، در طیور از رشته‌های عصبی و ابران تشکیل شده

است که از طریق شاخه‌های شکمی اعصاب سینه‌ای و کمری، نخاع را ترک و به زنجیره عقده‌های شوکی که به موازات ستون مهره‌ها قرار دارد، وارد می‌شوند.

دستگاه عصبی پاراسمپاتیک: تمام اعصابی که از تنه سمپاتیک منشأ نمی‌گیرند متعلق به سیستم عصبی پاراسمپاتیک می‌باشند. آن‌ها نیز به همان اندام و بافت‌هایی عصب می‌دهند که عصب‌های سمپاتیک عصب‌دهی می‌کنند. در بیان کلی می‌توان گفت که این دو سیستم کارهای متضادی روی اندام‌ها انجام می‌دهند. مانند افزایش یا کاهش جریان خون به یک اندام که باعث تنظیم واکنش پرنده به محیط اطراف می‌شود.

دستگاه عصبی ماهیان

دستگاه عصبی ماهی، از مغز و نخاع و رشته‌های عصبی تشکیل شده است.

مغز ماهیان، نسبتاً کوچک و دراز بوده و در استخوان جمجمه جای دارد. در مغز ماهیان پنج

قسمت به شرح زیر قابل تشخیص است:

۱- مغز جلویی

۲- مغز رابط

۳- مغز میانی

۴- مغز کوچک (مخچه)

۵- مغز پشتی (بصل النخاع)

مغز جلویی، در کوسه‌ها و سپرماهیان نسبت به ماهیان استخوانی، بزرگ‌تر می‌باشد. دو نیم‌کره مغز در ماهیان غضروفی به طور کامل از یکدیگر مجزا نمی‌باشد. برعکس در ماهیان دودی، مغز جلویی بزرگ‌تر و دو نیم‌کره آن، کاملاً از یکدیگر مجزا هستند. مغز جلویی در ماهیان استخوانی کوچک است و در قسمت قدامی آن لب بویایی قرار دارد. از لب بویایی، نوار بویایی خارج می‌شود. این نوار، در جلو پهن‌تر شده، پیاز بویایی را به وجود می‌آورد. به مجموعه نوار و پیاز بویایی، «قطعه بویایی» گویند. این قطعه در ماهیان استخوانی، کوچک‌تر از قطعه بویایی ماهیان غضروفی می‌باشد.

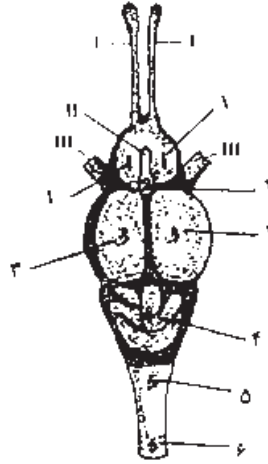
مغز رابط از خارج چندان مشخص نیست و از ۳ قسمت تشکیل شده است: ابی‌تالاموس،

تالاموس، هیپوتالاموس.

از هر مهره یک جفت عصب خارج می‌شود. این اعصاب، وظیفه انتقال دستوره‌های عصبی صادر شده از مغز را به سایر اندام‌ها به عهده دارند. هریک از این اعصاب، دارای یک شاخه شکمی

و یک شاخه پستی می باشد که به صورت دستگاه عصبی سمپاتیک به یکدیگر متصل می شوند. برآمدگی هایی که در نخاع دیده می شوند، مربوط به محل هایی است که رشته های عصبی به اندام های حرکتی می روند.

ماهیان استخوانی، دارای ۱۰ جفت عصب مغزی می باشند.



- I- اعصاب بویایی II- غده پینه آل III- اعصاب چشمی
 ۱- مغز جنوبی ۲- مغز دوقلو ۳- لب های بینایی مغز میانی
 ۴- مغز کوچک یا مخچه ۵- مغز پستی یا بصل النخاع
 ۶- طناب نخاعی

شکل ۱۳-۳- مغز در ماهیان استخوانی - قزل آلا

ارزشیابی فصل سوم

- ۱- روش های کنترل فعالیت های بدن را به وسیله دستگاه عصبی، بیان کنید.
- ۲- اجزای یک نرون را نام ببرید و وظیفه هر کدام را بیان کنید.
- ۳- تقسیم بندی نرون ها را بر حسب وظیفه نام ببرید.
- ۴- وظیفه تالاموس و هیپوتالاموس را بیان کنید.
- ۵- اعمال نخاع را بنویسید.
- ۶- قسمت های مختلف یک عمل انعکاسی را با ذکر یک مثال بیان کنید.
- ۷- قسمت های مختلف مغز پرندگان را نام ببرید.
- ۸- مهم ترین اختلاف بین مغز پرندگان با مغز پستانداران چیست؟
- ۹- فرق نخاع پرندگان با نخاع پستانداران، در چیست؟
- ۱۰- قسمت های مختلف مغز ماهیان را نام ببرید.