

از ساده‌ترین افکار و احساسات تا پیچیده‌ترین ادراکات و اعمال ما حاصل فعالیت مغزی است که در سر ما جای گرفته و وزن تقریبی ۱۴۰۰ گرم دارد. نوروسایکولوژی (neuropsychology) شاخه‌ای از تحقیقات مغز است که به عنوان پلی میان علوم زیستی و علوم انسانی، نه تنها چگونگی تعامل سیستم عصبی با رفتارها را تبیین می‌کند، بلکه به ارائه راه‌حل‌های کاربردی نیز برای مشکلات روان‌شناختی و عصبی می‌پردازد. هدف این فصل، فراهم آوردن درکی جامع از مبانی نوروسایکولوژی و معرفی روش‌های گوناگون ارزیابی مغز است تا زمینه‌ای برای مطالعه عمیق‌تر و تخصصی‌تر در سایر موضوعات مرتبط ایجاد گردد.

تعریف و جایگاه نوروسایکولوژی

نوروسایکولوژی علمی میان‌رشته‌ای است که در آن از روش‌های علوم اعصاب و روان‌شناسی برای درک ارتباطات پیچیده میان مغز و رفتار انسان استفاده می‌شود. این علم با هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل ارتباط میان ساختار مغز و کارکردهای شناختی از قبیل حافظه، زبان، ادراک و تصمیم‌گیری ایجاد شده است.

از نقطه نظر تاریخی، روش‌های اولیه مطرح شده در حوزه نوروسایکولوژی مبتنی بر پژوهش‌های آسیب و ضایعه بوده‌اند. به بیانی دیگر، درک اولیه بشر از اینکه مغز جایگاه ذهن و خودآگاهی است، تا حد زیادی براساس مشاهدات تغییرات رفتاری، تفکر و خودآگاهی در افراد مبتلا به آسیب مغزی شکل گرفت. مطالعاتی که در قرن بیستم درباره ارتباط بین شناخت و مناطق مختلف مغز انجام شده، اغلب براساس بررسی افراد مبتلا به آسیب‌های مغزی یا تحت عمل جراحی بوده است. این افراد شامل کسانی بوده‌اند که دچار آسیب مغزی در اثر تصادف یا سکنه شده‌اند، یا تحت عمل جراحی برای درمان صرع یا برداشتن تومور قرار گرفته‌اند و یا حتی دچار بیماری‌های پیش‌رونده مثل آلزایمر بوده‌اند. این مطالعات به ما کمک کرده‌اند تا بفهمیم کدام قسمت‌های مغز در چه فرایندهای شناختی نقش دارند و منجر به درک عمیقی از نحوه سازمان‌یافتن مغز انسان و نحوه انجام وظایف مختلف در آن شده‌است. این یافته‌ها، به شکل‌گیری نظریه‌های مهمی درباره سازمان‌یافتگی کارکردی مغز و ارتباط آن با توانایی‌های مغزی انجامید.

با وجود اهمیت روش ضایعه، این رویکرد ذاتاً توصیفی و پس‌نگر است؛ یعنی ابتدا آسیب رخ می‌دهد و سپس کارکرد از دست‌رفته بررسی می‌شود. برای تکمیل این نگاه، حوزه‌ای تجربی‌تر یعنی **سایکوفیزیولوژی** (psychophysiology) مطرح شد که تلاش می‌کند رابطه مغز و رفتار را به صورت علی و دست‌کاری‌پذیر مطالعه کند.

سایکوفیزیولوژی با به‌کارگیری روش‌های تجربی نظیر **تحریک مستقیم دستگاه عصبی** (دارویی، مکانیکی یا الکتریکی)، **مهار یا تخریب انتخابی نواحی مغزی** و نیز **ثبت و پایش فعالیت‌های نورونی، عمدتاً در مدل‌های حیوانی**، به بررسی سازوکارهای زیستی رفتار و سازمان کارکردی ساختارهای عصبی می‌پردازد. این آزمایش‌ها امکان آزمون فرضیه‌های علی درباره عملکرد مدارهای عصبی را فراهم کرده و برای توسعه رویکردهای درمانی و پیشگیرانه در اختلالات شناختی و روانی اهمیت زیادی دارند.

بنابراین تفاوت بنیادین این دو حوزه در نوع استنتاج است: نوروسایکولوژی بیشتر به استنتاج کارکرد از پیامدهای آسیب در انسان می‌پردازد، در حالی که سایکوفیزیولوژی از طریق دستکاری مستقیم دستگاه عصبی به استنتاج علی درباره عملکرد سامانه‌های عصبی دست می‌یابد.

در مطالعه انسان، به دلیل محدودیت‌های اخلاقی، امکان تخریب یا تحریک مستقیم مغز همانند مدل حیوانی وجود ندارد؛ از این رو نوروسایکولوژی از ابزارهایی مانند آزمون‌های عصب‌روان‌شناختی و تصویربرداری مغزی برای شناسایی الگوهای کارکردی استفاده می‌کند.

با ظهور روش‌های تصویربرداری غیرتهاجمی مانند پت (PET-Positron Emission Tomography) و تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی (fMRI-Functional Magnetic Resonance Imaging) بسیاری از یافته‌های کلاسیک مطالعات ضایعه مورد تأیید قرار گرفتند. همین هم‌گرایی اولیه باعث شد برخی پژوهشگران در آغاز تصور کنند که تصویربرداری عصبی صرفاً تأییدکننده دانسته‌های پیشین است و ارزش افزوده چشمگیری نسبت به مطالعات ضایعه به‌ویژه با توجه به هزینه‌های بالا و پیچیدگی فنی این روش‌ها ندارد.

اما بعدها مشخص شد که تصویربرداری عصبی مزیت‌های اساسی دارد. در مطالعات ضایعه، محل آسیب غالباً از روی الگوی نقص رفتاری استنباط می‌شد و بنابراین با عدم قطعیت مکانی همراه بود؛ در حالی که تصویربرداری عصبی امکان مشاهده مستقیم نواحی فعال مغز را فراهم کرد. در نتیجه، تمرکز پژوهش از تعیین «محل عملکرد» به بررسی «نحوه مشارکت نواحی در یک عمل» تغییر یافت.

بر همین اساس، این دو رویکرد امروزه مکمل یکدیگر تلقی می‌شوند؛ مطالعات ضایعه نشان می‌دهند یک ناحیه برای یک کارکرد ضروری است، و تصویربرداری عصبی چگونگی همکاری نواحی مختلف در تحقق همان کارکرد را آشکار می‌کند.

مفاهیم اساسی در نوروسایکولوژی

درک مفاهیم اساسی نوروسایکولوژی (عصب‌روان‌شناسی) سبب می‌شود تا به شکل دقیق‌تری ارتباط بین مغز و رفتار را درک کنیم. این مفاهیم به‌گونه‌ای

تدوین شده‌اند که قادر به مدل‌سازی و توضیح مکانیسم‌های عصبی زیربنای فرایندهای شناختی، از جمله ادراک، توجه، حافظه، زبان، حل مسئله، و تصمیم‌گیری هستند. این دانش نه تنها به ما کمک می‌کند تا فهمی جامع از چگونگی پردازش اطلاعات در مغز داشته باشیم، بلکه ابزاری قدرتمند برای تشخیص، ارزیابی و مداخله در اختلالات عصبی-روان‌شناختی فراهم می‌آورد.

برخی از مفاهیم کلیدی نوروسایکولوژی که در ادامه به تفصیل به آن‌ها پرداخته خواهد شد، عبارت‌اند از:

● نورون‌ها و شبکه‌های عصبی

نورون‌ها، واحدهای اصلی دستگاه عصبی هستند که وظیفه انتقال پیام‌های الکتروشیمیایی را بر عهده دارند. هر نورون از بخش‌هایی چون دندریت‌ها، جسم سلولی و آکسون تشکیل شده است و از طریق فرایندهایی مانند پتانسیل عمل و انتقال سیناپسی با سایر نورون‌ها ارتباط برقرار می‌کند.

شبکه‌های عصبی، حاصل اتصال‌های متعدد و فوق‌العاده پیچیده همین نورون‌ها به یکدیگر هستند. این شبکه‌ها، ساختارهای **دینامیک و خودسازمان‌دهنده‌ای** را تشکیل می‌دهند که اساس تمامی فرایندهای شناختی عالی انسان، از یادگیری و حافظه گرفته تا زبان و تصمیم‌گیری را بنا می‌نهند. هیچ رفتار، احساس یا فرایند ذهنی پیچیده‌ای بدون فعالیت هماهنگ و ارکسترگونه میلیاردها نورون در این شبکه‌های عصبی به هم پیوسته، رخ نمی‌دهد. این ساختار شبکه‌ای، مغز را قادر می‌سازد تا اطلاعات را به صورت **موازی و توزیع‌شده** پردازش کرده و به محیط پیرامون خود به طور مؤثر پاسخ دهد.

● فرایندهای شناختی

فرایندهای شناختی به مجموعه‌ای از فرایندهایی گفته می‌شود که انسان به وسیله آن‌ها قادر به ادراک، تفکر، یادگیری، حافظه، زبان و حل مسئله است. نوروسایکولوژی می‌کوشد ارتباط این فرایندها را با ساختارهای عصبی شناسایی کند و نشان دهد که هر بخش از مغز چگونه در شکل‌گیری تجربه‌های ذهنی نقش دارد.

با بهره‌گیری از ابزارهایی مانند تصویربرداری مغزی (PET, EEG, fMRI)، پژوهشگران می‌توانند فعالیت‌های عصبی مرتبط با عملکردهایی چون توجه یا تصمیم‌گیری را در نواحی خاص مغز مشاهده کنند. برای مثال، لوب پیش‌پیشانی در کنترل تصمیم‌گیری، خودتنظیمی و برنامه‌ریزی نقش اساسی دارد، در حالی که لوب گیجگاهی برای پردازش زبان و حافظه شنیداری حیاتی است.

● انعطاف‌پذیری مغز (Neuroplasticity)

انعطاف‌پذیری عصبی به توانایی مغز برای تغییر، بازسازی و سازمان‌دهی مجدد ارتباطات عصبی در پاسخ به تجربه‌ها، یادگیری یا آسیب اشاره دارد. این ویژگی اساس یادگیری در دوران کودکی، رشد مهارت‌ها در بزرگسالی، و حتی بهبودی پس از ضایعات مغزی است. به علاوه، مغز با این قابلیت قادر است بعد از آسیب، عملکردهای جدیدی را یاد بگیرد و آن‌ها را جایگزین عملکردهای آسیب‌دیده کند. این مفاهیم اساسی به درک بهتر نوروسایکولوژی و کاربردهای آن در تشخیص و درمان اختلالات مختلف کمک می‌کنند. انعطاف‌پذیری مغز نشان می‌دهد که سیستم عصبی برخلاف تصور قدیمی، ساختاری ایستا ندارد، بلکه همواره در حال تغییر و سازگاری است.

نوروسایکولوژی در ابعاد مختلف: بررسی انواع زیرشاخه‌ها

نوروسایکولوژی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود که تفاوت عمده آن‌ها در موضوع مورد بحث، روش تحقیق و کاربرد آن‌ها است.

● نوروسایکولوژی بالینی

نوروسایکولوژی بالینی شاخه‌ای از نوروسایکولوژی است که به کاربرد مفاهیم و روش‌های علمی در تشخیص و درمان اختلالات عصبی و شناختی می‌پردازد. این شاخه از ابزارهای مختلف ارزیابی، از جمله آزمون‌های شناختی مانند آزمون‌های هالستد، ریتان، لوریا و نبرسکا، روش‌های تصویربرداری مغزی و بررسی تاریخچه پزشکی برای شناسایی آسیب‌ها و اختلالات مغزی استفاده می‌کند. علاوه بر تشخیص، نوروسایکولوژی بالینی در برنامه‌ریزی درمان‌های مناسب، مانند توان بخشی شناختی و درمان‌های روان‌شناختی، نقش مهمی دارد. نوروسایکولوژی در زمینه پژوهش نیز حرفی برای گفتن دارد؛ مطالعات پژوهشی انجام شده در این حوزه، الگوهایی از چگونگی سازمان‌یافتگی کنش‌های روان‌شناختی مغز ارائه می‌دهند. به طور کلی، این رشته به بهبود عملکرد شناختی بیماران و پیشگیری از پیشرفت بیماری‌های مغزی کمک می‌کند. با استفاده از روش‌های نوین تصویربرداری مانند fMRI و PET، نوروسایکولوژی بالینی قادر است نقشه دقیقی از وضعیت مغز بیماران تهیه کرده و درمان‌های هدفمندتری را برای اختلالات مغزی طراحی کند.

● نوروسایکولوژی تجربی

این شاخه از نوروسایکولوژی به انجام پژوهش‌های آزمایشگاهی و تجربی می‌پردازد و چگونگی عملکرد مغز را در فرایندهای شناختی خصوصاً در افراد سالم و حیوانات بررسی می‌کند.

این رشته از طریق انجام آزمایش و ارائه محرک، بیشتر به تجزیه و تحلیل روابط بین ساختارهای مغزی و فرایندهای ذهنی و شناختی می‌پردازد و سعی می‌کند تا عملکرد مغز را در پاسخ به محرک‌های مختلف و در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده مورد ارزیابی قرار دهد.

در نوروسایکولوژی تجربی، پژوهشگران به وسیله ابزارهای مختلف علمی مانند آزمون‌های روان‌شناختی، روش‌های تصویربرداری مغزی مانند fMRI، PET، EEG و مدل‌های تجربی شامل آزمایشات کنترل شده با حیوانات یا انسان‌ها داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و سپس این داده‌ها را تحلیل می‌کنند تا الگوهای خاصی از فعالیت مغزی و شناختی را شناسایی کنند. یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای این حوزه، پژوهش‌های مرتبط با راست‌برتری و چپ‌برتری است. یافته‌های این پژوهش‌ها، تفاوت‌های ساخت مغزی افراد راست‌برتر و چپ‌برتر را مشخص کرده‌اند.

● نوروسایکولوژی شناختی

شاخه‌ای از نوروسایکولوژی است که به مطالعه ارتباط بین ساختارها و فرایندهای مغزی و عملکردهای شناختی مانند تفکر، حافظه، توجه، ادراک، زبان، حل مسئله و تصمیم‌گیری می‌پردازد. این رشته در تلاش است تا مکانیسم‌های عصبی که پشت این فرایندهای شناختی قرار دارند را شناسایی کند و بفهمد آسیب به نواحی خاص مغز، چگونه می‌تواند بر توانایی‌های شناختی انسان تأثیر بگذارد. نوروسایکولوژی شناختی نمایانگر هم‌گرایی روان‌شناسی شناختی و نوروسایکولوژی است.

در این رشته پژوهشگران از روش‌های مختلفی مانند آزمایش‌های شناختی، تصویربرداری مغزی مانند fMRI و مطالعات موردی برای بررسی نحوه عملکرد مغز در فرایندهای شناختی استفاده می‌کنند. هدف اصلی نوروسایکولوژی شناختی، درک بهتر از چگونگی پردازش اطلاعات توسط مغز و تأثیرات آسیب‌های مغزی بر این فرایندها است. به عنوان مثال، در صورتی که یک فرد به آسیب مغزی دچار شود، نوروسایکولوژی شناختی می‌تواند به شناسایی این که کدام نواحی مغز آسیب دیده‌اند و چه تأثیری بر مهارت‌های شناختی فرد می‌گذارند کمک کند.

نوروسایکولوژی شناختی دو هدف اصلی دارد:

(۱) توضیح الگوهای عملکرد شناختی آسیب‌دیده و سالم در بیماران مبتلا به آسیب مغزی؛ این هدف به توضیح چگونگی آسیب به یک یا چندین بخش از فرایندهای مغزی در عملکردهای شناختی مختلف می‌پردازد. به عنوان مثال، مشکلاتی چون پروزوپاگنوزیا (اختلال در شناسایی چهره‌ها) و آنومیا (اختلال در نام‌بردن) می‌تواند ناشی از آسیب به فرایندهای خاصی باشد که برای شناسایی چهره‌ها یا تولید گفتار در عملکرد عادی ضروری هستند.

(۲) استنباط فرایندهای شناختی نرمال با استفاده از الگوهای آسیب‌دیده و سالم در بیماران؛ هدف دوم این است که از طریق الگوهای مشاهده‌شده در بیماران مبتلا به آسیب مغزی، به نتایج و استنباط‌هایی درباره نحوه سازمان‌دهی سیستم شناختی سالم دست یابیم.

روش‌های ارزیابی مغز

مطالعه مغز انسان یکی از جذاب‌ترین و چالش‌برانگیزترین موضوعات در علوم اعصاب و روان‌شناسی است. از آنجاکه مغز مرکز اصلی تمامی فعالیت‌های شناختی، رفتاری و احساسی انسان است، شناخت دقیق ساختار و عملکرد آن می‌تواند به درک بهتر بیماری‌ها، اختلالات و فرایندهای ذهنی کمک کند.

روش‌های ارزیابی مغز به طور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: روش‌های ساختاری و روش‌های عملکردی. این روش‌ها دانشمندان را قادر می‌سازند تا ساختار فیزیکی مغز و نحوه عملکرد آن را در شرایط مختلف مطالعه کنند. هر یک از این روش‌ها ویژگی‌ها، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند که در ادامه توضیح داده می‌شود:

● روش‌های ساختاری

این روش‌ها اطلاعاتی را درباره آناتومی مغز ارائه می‌دهند و بر ساختار فیزیکی مغز تمرکز دارند. این روش‌ها به درک دقیق از ماتریس ساختاری مغز کمک می‌کنند که تمام فعالیت‌های مغزی بر پایه آن شکل می‌گیرد. از آنجاکه به طور کلی، ساختار مغز در مقیاس بزرگ (ماکرو) در طول زمان ثابت است، روش‌های ساختاری برای بررسی تغییرات پایدار و بلندمدت در مغز مفید هستند. با این حال، در مقیاس زیرسلولی (میکرو)، تغییراتی حتی در بازه‌های زمانی کوتاه (چند دقیقه یا ثانیه) می‌توانند رخ دهند. در ادامه، به بررسی چند روش اصلی ارزیابی ساختاری مغز آشنا خواهیم کرد که هر یک کاربردها و مزایای خاص خود را دارند.

- تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (Magnetic Resonance Imaging) یکی از پیشرفته‌ترین روش‌های غیرتهاجمی برای مطالعه ساختار مغز است که براساس خواص مغناطیسی هسته‌های اتمی عمل می‌کند. در این روش، میدان مغناطیسی قدرتمندی ایجاد می‌شود که اتم‌های هیدروژن موجود در آب و چربی بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این میدان مغناطیسی قوی باعث می‌شود چرخش مغناطیسی هسته‌های هیدروژن یعنی پروتون‌ها در یک راستا



قرار گیرد. سپس این پروتون‌ها در معرض پرتویی از امواج رادیویی قرار می‌گیرند و پروتون‌های مختلف بدن شروع به حرکت چرخشی یا اسپینی (spinning movement) می‌نمایند. هنگامی که امواج رادیویی خاموش می‌شوند، هسته‌های تحریک شده به حالت اولیه خود بازمی‌گردند و در این فرایند انرژی آزاد می‌کنند. این انرژی به شکل سیگنال‌های الکترومغناطیسی توسط گیرنده MRI دریافت شده و تحلیل می‌شود تا تصویر نهایی تولید گردد. شدت این سیگنال‌ها به غلظت آب و چربی در بافت‌های مختلف بستگی دارد و باعث ایجاد کنتراست بین ماده خاکستری، ماده سفید و مایع مغزی-نخاعی می‌شود؛ چراکه ماده خاکستری شامل سلول‌های مغزی با غلظت بالای آب، ماده سفید شامل اتصالات عصبی با پوشش میلین چربی و مایع مغزی-نخاعی (CSF) غلظت آب بالایی دارند. علاوه بر این، MRI امکان تحلیل کمی و دقیق ویژگی‌های ساختاری مغز مانند ضخامت قشر مغز و یکپارچگی ماده سفید را هم فراهم می‌کند. از آنجاکه میدان مغناطیسی و امواج رادیویی در MRI تنها روی فعالیت مغناطیسی اتم‌ها تأثیر می‌گذارند و هیچ‌گونه جریان الکتریکی در بدن ایجاد نمی‌کنند، این روش برای بیمار بی‌خطر است. این ویژگی باعث شده است که MRI به یکی از مطمئن‌ترین ابزارها برای ارزیابی دقیق ساختار مغز تبدیل شود.

- تصویربرداری وزنی انتشار (DWI)

تصویربرداری وزنی انتشار (Diffusion Weighted Imaging) تکنیکی پیشرفته است که برای مطالعه شبکه‌های ارتباطی مغز و بررسی ماده سفید استفاده می‌شود. این روش با تمرکز بر انتشار مولکول‌های آب در طول فیبرهای عصبی، جهت‌گیری و ویژگی‌های ساختاری این فیبرها را شناسایی می‌کند. به طور خاص، چون میلین (پوشش چربی اطراف آکسون‌ها) مانع عبور آب می‌شود، مولکول‌های آب تمایل دارند به موازات فیبرهای عصبی حرکت کنند. این ویژگی به DWI امکان می‌دهد تا دسته‌های مختلف فیبرهای عصبی (ترکت‌ها) را شناسایی کرده و پارامترهایی مانند ضخامت و یکپارچگی آن‌ها را ارزیابی کند. DWI ابزاری غیرمستقیم است که از اطلاعات مربوط به حرکت مولکول‌های آب برای استنباط ساختارهای ماده سفید استفاده می‌کند. این روش در شناسایی تغییرات ساختاری مرتبط با بیماری‌ها، مانند آسیب به ماده سفید در اختلالات عصبی، کاربرد ویژه‌ای دارد. همچنین DWI می‌تواند به دانشمندان کمک کند تا شبکه‌های ارتباطی مغز را بهتر درک کنند و نحوه تأثیر این شبکه‌ها را بر عملکردهای شناختی تحلیل کنند. این تکنیک، در کنار سایر روش‌های تصویربرداری، دیدگاهی جامع از ساختار و عملکرد مغز ارائه می‌دهد.

- تصویربرداری توموگرافی کامپیوتری (CT)

تصویربرداری توموگرافی کامپیوتری (Computed Tomography Scan) یکی از روش‌های قدیمی و همچنان کاربردی برای بررسی ساختار مغز است. این تکنیک با استفاده از اشعه ایکس (روننگن) و ترکیب تصاویر مقطعی، تصاویری سه بعدی از مغز ایجاد می‌کند. CT عمدتاً برای شناسایی آسیب‌های شدید ساختاری مانند خون‌ریزی، تومورها یا شکستگی‌های جمجمه استفاده می‌شود. اگرچه وضوح تصاویر CT نسبت به MRI پایین‌تر است، اما به دلیل سرعت و هزینه کمتر، در شرایط اورژانسی می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد. این روش به طور خاص برای شناسایی تغییرات ساختاری کلان در مغز طراحی شده است و نمی‌تواند تغییرات جزئی یا میکروسکوپی را که MRI یا DWI قادر به تشخیص آن هستند، شناسایی کند. با این حال، به دلیل توانایی آن در ارائه تصاویر سریع و کاربرد در تشخیص فوری، همچنان یکی از روش‌های کلیدی در ارزیابی اولیه ساختار مغز محسوب می‌شود.

● روش‌های عملکردی

روش‌های عملکردی برای بررسی فعالیت‌های پویا و فرایندهای مغزی مرتبط با وظایف شناختی خاص کاربرد دارند، زیرا آن‌ها تغییرات آنی و فعالیت‌های فیزیولوژیکی موقت مغز را ثبت می‌کنند.

روش‌های تصویربرداری عملکردی مغز به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: روش‌های مستقیم و روش‌های غیرمستقیم. روش‌های مستقیم به طور مستقیم فعالیت عصبی مغز را اندازه‌گیری کرده و اطلاعات دقیقی در مورد نحوه فعالیت مناطق مختلف مغزی در زمان واقعی ارائه می‌دهند. این روش‌ها معمولاً به اندازه‌گیری سیگنال‌های الکتریکی یا مغناطیسی مغز می‌پردازند که به طور مستقیم از فعالیت سلول‌های عصبی نشئت می‌گیرند. از جمله این روش‌ها می‌توان به الکتروانسفالوگرافی (EEG) و مگنتوانسفالوگرافی (MEG) اشاره کرد.

در مقابل، روش‌های غیرمستقیم به اندازه‌گیری تغییرات فیزیولوژیکی هستند که به طور غیرمستقیم با فعالیت مغز مرتبط می‌شوند. این روش‌ها معمولاً به ارزیابی تغییرات جریان خون، اکسیژن‌رسانی یا فعالیت متابولیکی مغز می‌پردازند که به دنبال فعالیت عصبی در مناطق مختلف مغزی رخ می‌دهد. روش‌هایی مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی (fMRI) و توموگرافی تابش پوزیترون (PET) جزء این دسته از روش‌ها محسوب می‌شوند.

- روش‌های بررسی عملکردی مستقیم مغز

در حوزه تصویربرداری عملکردی مغز، روش‌های مختلفی وجود دارند که به ما این امکان را می‌دهند تا فعالیت‌های مغزی را در زمان واقعی بررسی کنیم. این روش‌ها به ویژه در مطالعه فرایندهای شناختی و روانی مغز اهمیت دارند.

یکی از قدیمی‌ترین و شناخته‌شده‌ترین روش‌ها برای ارزیابی فعالیت الکتریکی مغز، الکتروانسفالوگرافی (electroencephalogram) است. در این

روش، الکترودهایی به سطح سر متصل می‌شوند که فعالیت الکتریکی کورتکس یا قشر مغز را اندازه‌گیری می‌کنند. یکی از ویژگی‌های برجسته EEG، وضوح (رزولوشن) زمانی خوب آن است که این روش را قادر می‌سازد تا تغییرات سریع در فعالیت مغزی را ثبت کند. با این حال، برخی محدودیت‌ها در این روش وجود دارد و برای تفسیر نتایج آن باید با دقت بیشتری عمل کرد. برای مثال، پتانسیل الکتریکی مناطق زیرقشری در پدیدایی امواج پتانسیل قشر مغز تأثیر دارد، به همین دلیل برای تفسیر اهمیت فیزیولوژیکی EEG، باید به ساخت‌های زیرقشری به ویژه تالاموس که راه‌انداز قشر تازه مخ است، توجه کرد. همچنین، سیگنال‌های الکتریکی غیرمغزی مانند انقباضات عضلات صورت و چشم، ضربان قلب و حتی نویزهای محیطی نیز می‌توانند به سیگنال‌های EEG افزوده شوند و آن‌ها را دچار اختلال کنند. علاوه بر این، چون مغز به طور هم‌زمان در بسیاری از نواحی خود فعالیت الکتریکی تولید می‌کند، سیگنال‌های EEG معمولاً ترکیبی از فعالیت‌های مختلف مغزی هستند و جدا کردن آن‌ها دشوار است. با این حال، EEG همچنان یک ابزار مؤثر در اندازه‌گیری پتانسیل‌های برانگیخته یا پتانسیل‌های وابسته به رویداد (ERP) است که به محققان این امکان را می‌دهد تا زمان‌بندی دقیق فرایندهای شناختی مختلف را بررسی کنند.

بیشتر بدانیم

پتانسیل وابسته به رویداد (ERP)

پتانسیل وابسته به رویداد (Event-Related Potential) یا رویدادی به نوسانات الکتریکی کوچکی در مغز گفته می‌شود که به دنبال یک رویداد خاص، مانند یک تحریک حسی، حرکت یا یک تصمیم‌گیری شناختی، ظاهر می‌شوند. این پتانسیل‌ها با استفاده از تکنیک‌های الکتروانسفالوگرافی (EEG) ثبت می‌شوند و اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی پردازش‌های حسی، شناختی و حرکتی در مغز ارائه می‌دهند.

ERPها شامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها هستند که هر کدام در بازه‌های زمانی مشخصی پس از رویداد ظاهر می‌شوند و براساس ماهیت و منبع خود، به دو دسته‌ی برون‌زاد و درون‌زاد تقسیم می‌شوند. این مؤلفه‌ها معمولاً براساس زمان نسبی پس از رویداد (میلی‌ثانیه) و قطبیت (مثبت یا منفی) نام‌گذاری می‌شوند؛ مانند P100 یا N200.

مؤلفه‌های برون‌زاد و درون‌زاد

مؤلفه‌های برون‌زاد

این مؤلفه‌ها بازتابی از پردازش‌های اولیه‌ی حسی هستند و مستقیماً به ویژگی‌های فیزیکی محرک مانند شدت یا فرکانس صدا یا نور وابسته‌اند. به عنوان مثال، P100 و N100 که در بازه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از تحریک ظاهر می‌شوند، به پردازش اولیه‌ی اطلاعات حسی مانند دیداری یا شنیداری مرتبط‌اند. در توضیح مؤلفه‌های یادشده باید گفت که:

مؤلفه N100 یک موج منفی است که تقریباً ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از ارائه‌ی محرک ظاهر می‌شود. N100 بیشتر با پردازش حسی اولیه مرتبط است و معمولاً در پاسخ به محرک‌های شنیداری، دیداری یا حسی ظاهر می‌شود. این مؤلفه بازتابی از توجه انتخابی نیز می‌باشد، به طوری که وقتی فرد توجه بیشتری به محرک دارد، دامنه‌ی N100 افزایش می‌یابد.

مؤلفه P100 مثبت است و در بازه‌ی ۸۰ تا ۱۳۰ میلی‌ثانیه پس از تحریک مشاهده می‌شود. P100 عمدتاً با پردازش دیداری مرتبط است و بیشتر از نواحی پس‌سری مغز نشئت می‌گیرد. این مؤلفه به ویژگی‌های فیزیکی محرک مانند کنتراست و شدت وابسته است.

مؤلفه‌های درون‌زاد

این مؤلفه‌ها بیشتر بازتابی از فرایندهای شناختی و ارزیابی ذهنی هستند و به ویژگی‌های فیزیکی محرک وابسته نیستند. به عنوان مثال P300 که حدود ۳۰۰ میلی‌ثانیه پس از تحریک ظاهر می‌شود، به فرایندهایی مانند توجه، ارزیابی و تصمیم‌گیری مرتبط است. این مؤلفه‌ها معمولاً در بازه‌ی زمانی طولانی‌تر (۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه) پس از رویداد مشاهده می‌شوند.

مقایسه‌ی این دو دسته به پژوهشگران کمک می‌کند تا بین پردازش‌های حسی و شناختی تمایز قائل شوند و کارکردهای مختلف مغز را بهتر درک کنند. از این رو، مطالعه‌ی ERPها ابزار بسیار مفیدی در تحقیقات علوم اعصاب و روان‌شناسی شناختی به شمار می‌رود.

روش مرتبط دیگری که در بررسی فعالیت مغز استفاده می‌شود، مگنتوانسفالوگرافی (MEG-magnetoencephalography) است. MEG از یک اصل فیزیکی مبتنی بر قانون آمپر استفاده می‌کند. براساس این قانون هر زمان جریان الکتریکی از یک هادی (مانند مغز) عبور کند، میدان مغناطیسی تولید می‌شود. این روش با استفاده از حسگرهای بسیار حساس میدان مغناطیسی، فعالیت‌های مغزی مشابه به آنچه که EEG اندازه‌گیری می‌کند را ثبت می‌کند. یکی از مزایای اصلی MEG نسبت به EEG این است که میدان‌های مغناطیسی تحت تأثیر جمجمه قرار نمی‌گیرند، در نتیجه کمتر دچار اعوجاج حجمی می‌شوند و بنابراین تعیین منبع قشری - به ویژه برای منابع مماسی در شیارهای قشری - با دقت مکانی بیشتری انجام می‌شود. با وجود دقت مکانی بالاتر و تفکیک زمانی بسیار خوب، هزینه‌ی بالای تجهیزات، نیاز به اتاق‌های محافظ مغناطیسی و پیچیدگی تحلیل داده‌ها سبب شده است استفاده از MEG در

مقایسه با EEG محدودتر باقی بماند.

- روش‌های بررسی عملکردی غیرمستقیم مغز

روش‌های عملکردی غیرمستقیم به روش‌هایی گفته می‌شود که فعالیت عصبی را نه با ثبت مستقیم پتانسیل‌های الکتریکی نورون‌ها، بلکه از طریق پیامدهای فیزیولوژیک ناشی از آن بررسی می‌کنند. افزایش فعالیت نورونی با افزایش مصرف انرژی همراه است و این امر موجب تغییراتی در جریان خون مغزی، اکسیژن‌رسانی و متابولیسم گلوکز می‌شود. این پدیده که به **کوپلینگ عصب - عروقی** معروف است مبنای اصلی روش‌هایی مانند fMRI، fNIRI و PET را تشکیل می‌دهد. بنابراین در این روش‌ها، شاخص اندازه‌گیری شده نماینده‌ای غیرمستقیم از فعالیت نورونی محسوب می‌شود و دارای تأخیر زمانی نسبت به فعالیت واقعی نورون‌ها است. در ادامه، ویژگی‌ها و کاربردهای این روش‌ها به صورت مستقل بررسی خواهد شد.

تصویربرداری مغناطیسی عملکردی (fMRI)

تصویربرداری مغناطیسی عملکردی (fMRI) یکی از متداول‌ترین و قوی‌ترین روش‌های غیرمستقیم است که برای اندازه‌گیری فعالیت مغز استفاده می‌شود. این تکنیک با استفاده از اسکنر MRI که شامل میدان‌های مغناطیسی قوی و امواج رادیویی است، غلظت خون اکسیژنه را یا به صورت دقیق‌تر، نسبت هموگلوبین اکسیژنه به هموگلوبین بدون اکسیژن در مغز اندازه‌گیری می‌کند. در واقع، هنگام فعالیت نورونی در مغز، نیاز به اکسیژن افزایش می‌یابد و خون اکسیژنه بیشتری به آن ناحیه جریان می‌یابد و fMRI این تغییرات در میزان اکسیژن را اندازه‌گیری می‌کند. مهم‌ترین مزیت این روش دقت فضایی بالای آن است که می‌تواند مناطق مختلف مغز را با دقت میلی‌متری شبیه‌سازی کند. با این حال، به دلیل کند بودن پاسخ‌های همودینامیک در مقایسه با فعالیت الکتریکی مغز، دقت زمانی آن نسبت به سایر روش‌ها کمتر است.

fMRI برای بررسی ارتباطات بین نواحی مختلف مغز و تحلیل نحوه پردازش اطلاعات در زمان‌های کوتاه و فعالیت‌های شناختی مختلف مثل تصمیم‌گیری، حافظه، یا احساسات بسیار مفید است. این تکنیک همچنین به طور گسترده‌ای در مطالعات بالینی برای بررسی اختلالات عصبی و بیماری‌های مغزی همچون آلزایمر یا سکته مغزی کاربرد دارد.

تصویربرداری مادون قرمز نزدیک عملکردی (fNIRI)

تصویربرداری مادون قرمز نزدیک عملکردی (fNIRI) یک روش غیرتهاجمی است که برای اندازه‌گیری تغییرات در غلظت اکسیژن خون به کار می‌رود. در این روش، نور از طریق الیاف نوری به سطح جمجمه تابیده می‌شود و پس از عبور از بافت‌ها و مغز باز می‌گردد. با اندازه‌گیری این نور بازتابیده شده، می‌توان غلظت هموگلوبین اکسیژنه و غیراکسیژنه را در نواحی مختلف مغز سنجید. یکی از مزایای fNIRI نسبت به fMRI این است که این روش هزینه کمتری دارد و نیاز به تجهیزات پیچیده‌تری ندارد. با این حال، دقت فضایی این روش محدود است، چرا که نور تنها می‌تواند به عمق کمی از مغز نفوذ کند. همچنین، برای اندازه‌گیری دقیق‌تر فعالیت‌های مغز، fNIRI نیاز به داشتن چندین حسگر نوری (optode) دارد. با این حال، fNIRI از این مزیت برخوردار است که برای استفاده در کودکان و نوزادان که نمی‌توانند به مدت طولانی در دستگاه MRI قرار بگیرند، بسیار مناسب است.

توموگرافی گسیل پوزیترون (PET)

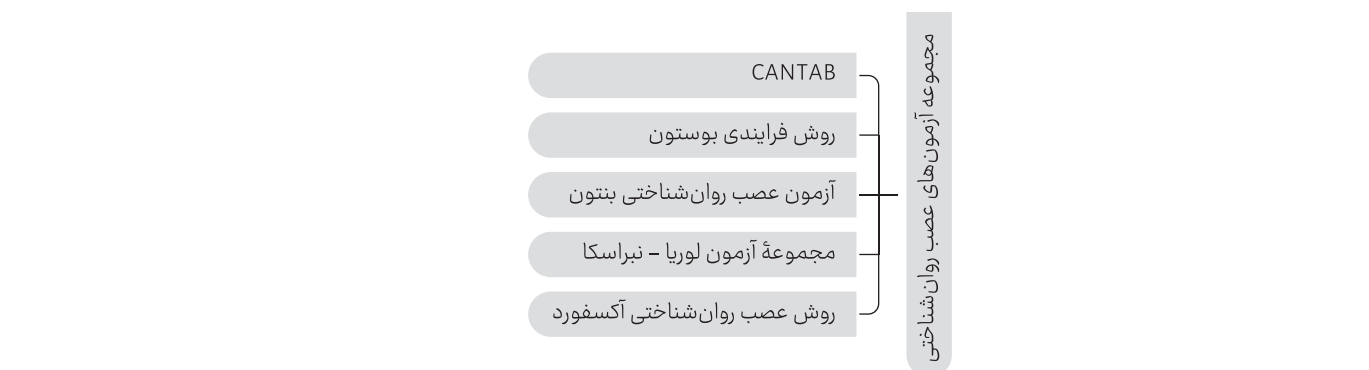
توموگرافی گسیل پوزیترون (PET) یکی از تکنیک‌های پیشرفته‌ای است که برای اندازه‌گیری فعالیت‌های متابولیک مغز از آن استفاده می‌شود. در این روش، ماده‌ای رادیواکتیو به بدن فرد تزریق می‌شود که معمولاً از طریق خون به مغز منتقل می‌شود. این ماده رادیواکتیو پس از گسیل پوزیترون با سایر ذرات برخورد کرده و تابش‌های خاصی ایجاد می‌کند که توسط دستگاه PET قابل شبیه‌سازی است. معمول‌ترین ماده رادیواکتیو مورد استفاده در PET، اکسیژن رادیواکتیو است که از آن برای اندازه‌گیری جریان خون و اکسیژن در مغز استفاده می‌شود.

PET نسبت به fMRI از دقت زمانی پایین‌تری برخوردار است، چرا که هر اسکن حدود ۹۰ ثانیه زمان می‌برد و به دلیل نیاز به تزریق مواد رادیواکتیو، استفاده از آن محدود است. با این حال، PET می‌تواند علاوه بر اندازه‌گیری میزان اکسیژن، ترکیبات شیمیایی دیگری مانند انتقال‌دهنده‌های عصبی و داروهای روان‌گردان را ردیابی کند. این ویژگی باعث می‌شود که PET در مطالعاتی که نیاز به بررسی فرایندهای پیچیده‌تری مانند اثر داروها و مواد شیمیایی مغزی دارند، کاربرد داشته باشد. استفاده ترکیبی از PET و fMRI نیز این امکان را می‌دهد که هم‌زمان داده‌های ساختاری و عملکردی مغز را تجزیه و تحلیل کرد.

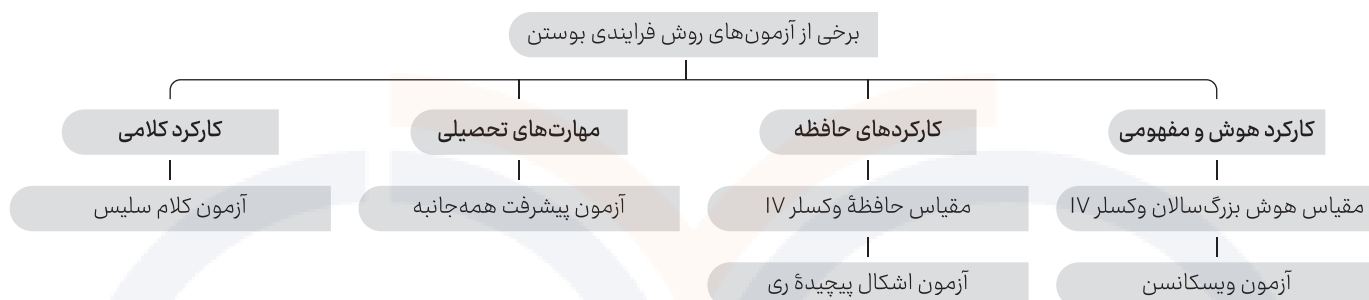
آزمون‌های عملکردی عصب - روان‌شناختی

آزمون‌های عملکردی عصب-روان‌شناختی ابزارهایی غیرمستقیم برای ارزیابی سلامت مغز و کارکردهای شناختی هستند. این آزمون‌ها بر پایه مشاهده و تحلیل عملکردهای رفتاری و ذهنی فرد طراحی شده‌اند و می‌توانند شواهد معتبری از آسیب‌های مغزی، اختلالات شناختی یا افت عملکردی در نواحی خاصی از مغز ارائه دهند. برخلاف روش‌های تصویربرداری که ساختار یا فعالیت مغزی را مستقیماً نشان می‌دهند، آزمون‌های عصب‌روان‌شناختی با سنجش عملکردهایی نظیر توجه، حافظه، زبان، تصمیم‌گیری، هماهنگی حسی-حرکتی و درک فضایی، وضعیت عملکردی نواحی مختلف مغز را ارزیابی می‌کنند.

تعداد منتخبی از این آزمون‌ها در تصویر زیر بیان شده است:



به عنوان نمونه، تعدادی از آزمون‌هایی که در روش فرایندی بوستون (کاپلان، ۱۹۸۸) به منظور ارزیابی عصب روان‌شناختی به کار می‌رود، عبارت‌اند از:



هدف ارزیابی با آزمون‌ها معمولاً تشخیص اختلالات به منظور تغییر رفتار است. به طور مثال، آزمون‌های هوش و پیشرفت تحصیلی ممکن است برای تشخیص مشکلات خاص در کودکان مدرسه‌ای مانند ضعف در حافظه کوتاه مدت یا کندی در خواندن به کار روند تا بتوانند در جهت کمک به آموزش آن‌ها استفاده شوند. در عصب روان‌شناسی بالینی، اهداف ارزیابی ممکن است متفاوت باشند. اهداف ارزیابی عصب روان‌شناختی شامل موارد زیر است: تعیین سطح کلی کارکرد مغز و شناسایی اختلالات مغزی و محل دقیق آن؛ در این بخش تلاش می‌شود تا ارزیابی دقیقی از ظرفیت شناختی فرد به دست آید، به گونه‌ای که به دور از هرگونه سوگیری باشد.

تسهیل مراقبت و توان بخشی بیمار؛ ارزیابی‌های پی‌درپی می‌تواند اطلاعاتی درباره میزان بهبودی فرد و امکان بازگشت به سبک زندگی قبلی او فراهم کند. شناسایی سازمان غیرعادی مغز؛ در برخی افراد مانند چپ‌دست‌ها یا کسانی که صدمات مغزی دوران کودکی را تجربه کرده‌اند، ساختار مغز ممکن است غیرعادی باشد. این اطلاعات برای جراحان مغز و اعصاب که ممکن است در طی عمل جراحی بخواهند از آسیب به نواحی حساس مانند مناطق اولیه گفتاری جلوگیری کنند، می‌تواند مفید باشد.

مستند کردن بازبازی کارکرد پس از آسیب مغزی؛ ارزیابی آسیب مغزی و پیش‌بینی میزان بهبودی قابل انتظار از آن، علاوه بر توان بخشی ذهنی، باید از طریق ارزیابی اثربخشی درمان‌ها، به ویژه در مورد نئوپلاسم‌ها (تومورها) یا ناهنجاری‌های عروقی، بررسی شود.

ارتقای پیامدهای واقعی؛ ارزیابی به بیمار و خانواده او کمک می‌کند تا نقایص باقی‌مانده از آسیب‌ها را بهتر درک کنند و از این طریق بتوانند اهداف واقع‌بینانه زندگی و برنامه‌های توان بخشی مناسب طراحی کنند.

۱) نقش سنجش هوش در ارزیابی عصب روان‌شناختی عملکرد مغزی

اکثر ارزیابی‌ها در حوزه عصب روان‌شناسی با بررسی هوش عمومی آغاز می‌شود؛ چراکه این آزمون‌ها اطلاعات پایه‌ای در خصوص عملکرد شناختی فرد فراهم می‌کنند و می‌توانند به شناسایی الگوهای آسیب در بیماران نورولوژیک کمک کنند. در این میان **مقیاس هوش وکسلر (WAIS)** یکی از پرکاربردترین ابزارهای سنجش است. مقیاس‌های هوش وکسلر، که نخستین بار توسط دیوید وکسلر در میانه قرن بیستم طراحی شدند، طی سال‌ها و در پاسخ به تحولات نظری و فناوری، چندین بار بازنگری شده‌اند. نسخه چهارم این مقیاس (WAIS-IV) که در سال ۲۰۰۸ معرفی شد، شامل ۱۰ خرده‌آزمون اصلی و ۵ خرده‌آزمون فرعی است و برای سنین ۱۶ تا ۹۰ سال مناسب است. این نسخه بر پایه چهار شاخص شناختی بنا شده است:

شاخص درک کلامی (VCI) شامل خرده‌آزمون‌هایی مانند شباهت‌ها، واژگان و اطلاعات است و توانایی‌های کلامی، دانش عمومی و استدلال زبانی را می‌سنجد.



شاخص استدلال ادراکی (PRI) شامل خرده‌آزمون‌های طراحی با مکعب‌ها، استدلال ماتریسی و تکمیل تصاویر است و توانایی استدلال بصری-فضایی، سازمان‌دهی دیداری و ادراک غیرکلامی را ارزیابی می‌کند.

شاخص حافظه کاری (WMI) شامل خرده‌آزمون‌هایی مانند فراخوانی ارقام و حساب است و ظرفیت نگهداری و دستکاری اطلاعات ذهنی را می‌سنجد. شاخص سرعت پردازش (PSI) شامل خرده‌آزمون‌هایی همچون کدگذاری و جست‌وجوی نمادها است و توانایی انجام سریع و دقیق کارهای ساده دیداری-حرکتی را ارزیابی می‌کند.

نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که آسیب‌های مشخص در نیمکره چپ مغز معمولاً با کاهش نسبی در نمره هوش بهر کلامی همراه هستند، درحالی‌که ضایعات نیمکره راست بیشتر موجب افت در نمره هوش بهر عملکردی می‌شوند.

در ارزیابی دقیق‌تری از عملکرد بیماران دارای آسیب مغزی، وارینگتون و همکاران (۱۹۸۶) تفاوت معناداری در عملکرد خرده‌آزمون‌های کلامی و غیرکلامی در بیماران با ضایعات نیمکره چپ و راست گزارش کردند. در تحلیل آن‌ها، چهار خرده‌آزمون کلامی (حساب، شباهت‌ها، فراخوانی ارقام، و درک مطلب) و سه آزمون غیرکلامی (تکمیل تصاویر، طراحی با مکعب‌ها و تنظیم تصاویر) بررسی شد که در ادامه به توصیف مختصر هر یک می‌پردازیم: خرده‌آزمون شباهت‌ها (similarities) برای سنجش تفکر انتزاعی و توانایی طبقه‌بندی مفاهیم طراحی شده است. فرد باید رابطه‌ای معنی‌دار میان دو مفهوم بیان کند که نشانگر قدرت استدلال مفهومی است.

خرده‌آزمون حساب (arithmetic) علاوه بر سنجش توانایی عددی، مستلزم تمرکز و حافظه کاری است.

فراخوانی ارقام (digit span) ظرفیت حافظه کوتاه‌مدت و دقت توجه را اندازه‌گیری می‌کند.

درک مطلب (comprehension) بازتابی از توانایی فهم اجتماعی و داوری عملی در موقعیت‌های زندگی روزمره است.

تکمیل تصاویر (picture completion) مهارت‌های تشخیص جزء از کل و دقت بینایی را مورد سنجش قرار می‌دهد.

در بخش غیرکلامی، آزمون طراحی با مکعب‌ها (block design) توانایی دیداری-فضایی، ساخت‌سازی و سرعت پردازش را ارزیابی می‌کند.

خرده‌آزمون تنظیم تصاویر (picture arrangement) نیز به توانایی ترتیب‌دهی منطقی اتفاقات و استنتاج زمانی-مفهومی می‌پردازد.

تحقیقات آن‌ها نشان دادند که ضایعات نیمکره چپ معمولاً باعث افت معنادار در آزمون‌های کلامی می‌شوند، درحالی‌که آسیب‌های نیمکره راست بیشتر عملکردهای غیرکلامی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. البته تعیین دقیق میزان افت هوش مستلزم داشتن اطلاعاتی از سطح عملکرد پیش از آسیب است که معمولاً از طریق سوابق تحصیلی، شغلی و اجتماعی بیمار برآورد می‌شود.

نسخه پنجم این آزمون (WAIS-V) که در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، ساختار کلی نسخه چهارم را حفظ کرده، اما با افزودن خرده‌آزمون‌های جدید مانند پازل‌های تصویری (visual puzzles) و وزن‌های شکلی (figure weights)، دقت اندازه‌گیری توانایی‌های دیداری-فضایی و استدلال سیال را افزایش داده است. همچنین روش‌های امتیازدهی در WAIS-V بهبود یافته‌اند تا اطلاعات تشخیصی دقیق‌تر و انعطاف‌پذیری بیشتری در طراحی ارزیابی‌ها فراهم شود.

در مجموع، درحالی‌که این نوشتار عمدتاً بر پایه WAIS-IV تنظیم شده، باید توجه داشت که نسخه پنجم وکسلر (WAIS-V) امروزه در بسیاری از مراکز تخصصی به عنوان ابزار ارزیابی استاندارد به کار می‌رود. درک تحول این آزمون‌ها برای متخصصان عصب‌روان‌شناسی از نظر انتخاب ابزار مناسب برای بیماران مختلف، حائز اهمیت اساسی است.

۲) آزمون‌های اختصاصی برای نواحی مختلف مغز

با توجه به عملکردهای متنوع و پیچیده مغز، آزمون‌های مختلفی برای ارزیابی بخش‌های گوناگون آن طراحی شده است.

در این بخش، نمونه‌هایی از آزمون‌های رایج که برای سنجش کارکرد نواحی خاص مغز به کار می‌روند، ارائه می‌شود:

الف) آزمون استروپ (stroop test)

آزمون استروپ برای ارزیابی عملکردهای اجرایی و مهار شناختی طراحی شده است. در این آزمون، کلمات نام رنگ‌ها به رنگ‌های متضاد نوشته می‌شوند و فرد باید نام رنگ‌ها را بخواند، نه خود کلمات. انجام صحیح این آزمون نیازمند مهار فرایند خودکار خواندن کلمات است، که این مهار برای بسیاری از آزمودنی‌ها چالش‌برانگیز است. در مطالعه‌ای، بیماران با ضایعات پیشانی سمت چپ قادر به مهار خواندن کلمات نبودند و در نتیجه در انجام این آزمون مشکل داشتند. این آزمون به‌ویژه به ارزیابی مهارت‌های مهارتی و توانایی مدیریت توجه به اطلاعات متضاد می‌پردازد و به عملکرد قشر پیش‌پیشانی وابسته است.

ب) آزمون برج لندن (tower of London)

آزمون برج لندن یکی از آزمون‌های معتبر و استاندارد برای ارزیابی برنامه‌ریزی شناختی و توانایی پیش‌بینی پیامدهای رفتار است. در این آزمون، از آزمودنی

خواسته می‌شود که مهره‌های رنگی را از یک موقعیت ابتدایی به موقعیت هدف انتقال دهد، به طوری که تعداد حرکات به حداقل برسد و قوانین خاصی رعایت شود. موفقیت در این آزمون نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و تفکر پیشرفته است که نشان‌دهنده عملکرد نواحی قشر پیش‌پیشانی مغز است.

عملکرد ضعیف در این آزمون به طور مستقیم با آسیب‌های وارد به قشر پیش‌پیشانی مغز که مسئول بسیاری از وظایف اجرایی است، مرتبط است. در بیماران مبتلا به ضایعات در این نواحی، مشکلاتی چون شروع نامناسب فعالیت‌ها، استراتژی‌پردازی ضعیف و ناتوانی در اصلاح اشتباهات به طور شایع مشاهده می‌شود. این مشکلات به ویژه در بیمارانی که توانایی‌های شناختی سطح بالا مانند برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی را از دست داده‌اند، نمود می‌یابد.

(ج) آزمون دسته‌بندی کارت ویسکانسین (WCST)

آزمون دسته‌بندی کارت ویسکانسین یکی از ابزارهای معتبر برای ارزیابی انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی تغییر استراتژی‌های پاسخ‌دهی در بیماران است. این آزمون به ویژه برای شناسایی آسیب‌های قطعه‌پیشانی مغز و ارزیابی عملکرد شناختی در افراد طراحی شده است. در این آزمون، چهار کارت محرک با ویژگی‌های مختلف مانند رنگ، شکل و تعداد اجزا به آزمودنی ارائه می‌شود. فرد باید کارتها را براساس ویژگی‌های خاصی مانند رنگ، شکل یا تعداد اجزا با یکدیگر هماهنگ کند و بچیند. نکته قابل توجه در آزمون این است که ویژگی صحیح در هر مرحله تغییر می‌کند. ابتدا پاسخ درست براساس رنگ است، سپس بدون هشدار قبلی، ویژگی‌های صحیح به شکل یا تعداد اجزا تغییر می‌کند و فرد باید استراتژی خود را برای تطبیق با این تغییرات تنظیم کند. آسیب به لوب پیشانی باعث اختلال در انعطاف‌پذیری شناختی و رفتاری فرد می‌شود. این اختلال به طور خاص در تغییر استراتژی‌های پاسخ‌دهی و تطبیق با تغییرات محیطی نمود پیدا می‌کند. هنگامی که فرد قادر به تغییر رفتار خود به طور مؤثر و متناسب با شرایط جدید نباشد، این حالت به عنوان «در جاماندگی» شناخته می‌شود. در این حالت، افراد مبتلا به آسیب در لوب پیشانی رفتار خود را به یک الگوی ثابت و انعطاف‌ناپذیر محدود می‌کنند و به طور مداوم به استراتژی‌های قبلی خود ادامه می‌دهند، حتی زمانی که اطلاعات جدید نشان می‌دهد که آن‌ها دیگر صحیح نیستند. در آزمون ویسکانسین، این پدیده به وضوح قابل مشاهده است. افرادی که آسیب در لوب پیشانی دارند، معمولاً نمی‌توانند با تغییر ویژگی‌های درست مانند تغییر رنگ به شکل یا تعداد اجزا، به طور مؤثر تطبیق یابند و به انتخاب‌های نادرست ادامه می‌دهند. این آزمون به طور مؤثری نشان‌دهنده نقش حیاتی لوب پیشانی در انعطاف‌پذیری و تنظیم رفتار در پاسخ به تغییرات است.

(د) آزمون تمایز دو نقطه‌ای (two-point discrimination)

این آزمون جهت بررسی کارکرد حسی دقیق در سطح قشر آهیانه‌ای به کار می‌رود و توانایی فرد در تشخیص دو محرک لمسی مجزا را روی پوست می‌سنجد. فاصله‌ای که فرد بتواند دو نقطه مجزا را حس کند، بسته به تراکم گیرنده‌های حسی و یکپارچگی مسیرهای آوران و نواحی قشری مرتبط متغیر است. به عنوان مثال، اگر در معاینه، فرد در دست چپ توانایی تمایز دو نقطه با فاصله نزدیک‌تر را داشته باشد، اما در دست راست تنها فاصله‌های بیشتر را تشخیص دهد، احتمال آسیب در **قشر آهیانه‌ای نیمکره چپ** مطرح می‌شود، چراکه حس دست راست به نیمکره چپ مغز منتقل می‌شود. این ابزار برای تشخیص آسیب‌های قشر آهیانه خلفی که مسئول پردازش دقیق لمس است، کاربرد بالینی دارد.

در این آزمایش، فاصله دو نقطه برای قابل تمایز بودن اندازه‌گیری می‌شود. برای انجام این آزمون معمولاً از دو سوزن یا دو نوک پرگار استفاده می‌شود. در شرایط طبیعی، آستانه تمایز دو نقطه در نوک انگشتان حدود ۴ میلی‌متر است. با این حال، آنچه از نظر بالینی اهمیت بیشتری دارد، مقایسه آستانه تمایز بین دو سمت بدن است. به عنوان مثال، اگر فردی در **دست راست** خود توانایی تشخیص دو نقطه با **فاصله ۴ میلی‌متر** را داشته باشد، اما در **دست چپ** تنها فاصله‌های **بیش از ۶ میلی‌متر** را تفکیک کند، این می‌تواند نشان‌دهنده آسیب در ناحیه آهیانه‌ای نیمکره راست مغز باشد، زیرا **حس دست چپ** به **نیمکره راست** منتقل می‌شود. این ابزار برای تشخیص آسیب‌های قشر آهیانه خلفی که مسئول پردازش دقیق لمس است، کاربرد بالینی دارد.

(ه) آزمون اشکال پیچیده ری (Rey complex figure test)

آزمون اشکال پیچیده ری برای ارزیابی عملکرد و آسیب در نواحی مختلف مغز از جمله لوب‌های پیشانی، گیجگاهی و آهیانه‌ای طراحی شده است. این آزمون توانایی فرد در شبیه‌سازی و یادآوری طرح‌های پیچیده را بررسی می‌کند. آزمودنی ابتدا تصویر پیچیده‌ای را مشاهده می‌کند و سپس باید آن را بازسازی کرده و پس از گذشت مدت زمانی از حافظه خود بازسازی آن را انجام دهد. این آزمون به طور ویژه می‌تواند آسیب‌های مغزی در نواحی مختلف مغز را شناسایی کند و نقشی حیاتی در تشخیص اختلالات ادراکی، حافظه‌ای و فضایی ایفا می‌کند.

عملکرد ضعیف در این آزمون می‌تواند نشان‌دهنده آسیب در نواحی مختلف مغز باشد که به ویژه در پردازش اطلاعات بصری و فضایی نقش دارند. به طور خاص، آسیب در لوب‌های پیشانی ممکن است باعث مشکلات در برنامه‌ریزی و استراتژی‌پردازی، آسیب در لوب گیجگاهی می‌تواند بر حافظه و یادآوری تأثیر بگذارد و اختلال در لوب آهیانه‌ای می‌تواند بر توانایی‌های ادراکی فضایی فرد تأثیر بگذارد. به همین دلیل، این آزمون ابزار مفیدی برای ارزیابی آسیب‌های مغزی و اختلالات شناختی مختلف است.

نوروسایکولوژی شاخه‌ای از علوم شناختی است که به مطالعه رابطه بین ساختار و عملکرد مغز و رفتار و فرایندهای ذهنی می‌پردازد. این رشته به بررسی تأثیر آسیب‌های مغزی بر شناخت و رفتار کمک می‌کند و در عین حال اطلاعاتی درباره عملکرد طبیعی مغز ارائه می‌دهد.

مفاهیم اساسی نوروسایکولوژی پایه‌ای برای درک ارتباط میان مغز و رفتار هستند. این مفاهیم شامل نورون‌ها و شبکه‌های عصبی به عنوان واحدهای پایه‌ای سیستم عصبی، فرایندهای شناختی مانند حافظه، توجه و زبان، ارتباط میان ساختارها و عملکردهای مغزی با رفتار، و انعطاف‌پذیری مغز (نوروپلاستیسیته) است که به توانایی مغز در بازسازی و سازگاری با تجربیات اشاره دارد. این مفاهیم به نوروسایکولوژی کمک می‌کنند تا پیچیدگی‌های عملکرد مغز را تحلیل کند و در تشخیص، درمان، و بازتوانی اختلالات عصبی-شناختی نقش مؤثری ایفا کند.

نوروسایکولوژی دارای زیرشاخه‌ها و انواع مختلفی است. این تقسیم‌بندی‌ها به طور عمده براساس نوع اختلالات، فرایندهای شناختی و کاربردهای مختلف علمی و بالینی انجام می‌شود. سه شاخه اصلی مورد بحث در این فصل عبارت‌اند از: نوروسایکولوژی بالینی که بر تشخیص و درمان اختلالات عصبی و شناختی تمرکز دارد، نوروسایکولوژی تجربی که عملکرد مغز را در شرایط آزمایشگاهی بررسی می‌کند و نوروسایکولوژی شناختی که به ارتباط میان ساختارهای مغزی و فرایندهای شناختی مانند حافظه و زبان می‌پردازد.

ابزارهای تصویربرداری مغزی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

(۱) روش‌های ساختاری که اطلاعاتی درباره ساختار فیزیکی مغز ارائه می‌دهند. یکی از این روش‌ها تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) است که تصاویر واضحی از ماده خاکستری، ماده سفید و مایع مغزی-نخاعی ارائه می‌کند و برای اندازه‌گیری ضخامت قشر مغز و بررسی تغییرات ناشی از بیماری‌ها یا فرایند پیری کاربرد دارد. روش دیگر، تصویربرداری وزنی انتشار (DWI) است که با اندازه‌گیری حرکت مولکول‌های آب، مسیرها و اتصال‌های ماده سفید مغز را تحلیل کرده و به درک ارتباطات ساختاری در مغز کمک می‌کند.

(۲) روش‌های عملکردی که به بررسی فعالیت‌های لحظه به لحظه مغز می‌پردازند. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) روش‌های عملکردی مستقیم که شامل:

الکتروانسفالوگرافی (EEG): این روش برای اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی مغز با دقت زمانی بالا به کار می‌رود.

مگنتوانسفالوگرافی (MEG): این روش برای ثبت میدان‌های مغناطیسی تولیدشده توسط فعالیت الکتریکی مغز به کار می‌رود که با مکانی بهتری از EEG دارد، اما گران‌تر و کمتر رایج نسبت به آن است.

ب) روش‌های عملکردی غیرمستقیم که شامل:

تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی (fMRI): این روش تغییرات جریان خون اکسیژن‌دار را در مغز با وضوح مکانی بالا بررسی می‌کند.

تصویربرداری مادون قرمز نزدیک عملکردی (fNIRS): این روش غلظت هموگلوبین اکسیژن‌دار و بدون اکسیژن را با استفاده از نور مادون قرمز نزدیک اندازه‌گیری می‌کند.

تصویربرداری با توموگرافی انتشار پوزیترون (PET): این روش فعالیت‌های متابولیکی مغز را با استفاده از مواد رادیواکتیو بررسی می‌کند.

آزمون‌های عملکردی عصب-روان شناختی ابزارهایی هستند که برای ارزیابی عملکردهای شناختی مختلف مغز طراحی شده‌اند و به کمک آن‌ها می‌توان آسیب‌های مغزی، اختلالات شناختی و تغییرات در کارکردهای مغز را شناسایی کرد. این آزمون‌ها براساس ارزیابی رفتار و عملکرد ذهنی فرد انجام می‌شوند و می‌توانند نشان‌دهنده مشکلات در نواحی خاص مغز باشند. در این راستا، آزمون‌هایی مانند آزمون استروپ، آزمون برج لندن، آزمون ویسکانسین و آزمون اشکال پیچیده ری از جمله ابزارهای معتبر برای بررسی عملکردهای شناختی در افراد هستند.

سؤالات کنکور دکتری

(۱) کدام روش برای بررسی اثر یک محرک خاص بر کنش‌های مغزی مناسب‌تر است؟ (علوم ۱۳۹۶)

(۱) پتانسیل فراخوانده مغزی (ERP) (۲) تموج مغناطیسی (MRI) (۳) توموگرافی کامپیوتری (CAT) (۴) موج نگار مغزی (EEG)

(۲) امواج مربوط به مؤلفه‌های درون‌زاد پتانسیل وابسته به رویداد فراخوانده چند میلی‌ثانیه پس از تحریک حسی ظاهر می‌شوند؟ (علوم ۱۳۹۶)

۱۰ (۴)

۵۰ (۳)

۷۵ (۲)

۱۰۰ (۱)

(۳) در بررسی مغز کدام روش فعالیت سلول‌های عصبی را از طریق ردیابی علائم الکتریکی ثبت می‌کند؟ (علوم ۱۳۹۸)

(۱) الکتروانسفالوگرام (EEG) (۲) مغزنگاری کامپیوتری (CT اسکن)

(۳) پرتونگاری انتشار پوزیترون (PET) (۴) تصویر برداری رزونانس مغناطیسی (MRI)

(۴) کدام آزمون به عملکرد و آسیب هر سه لوب، پیشانی گیجگاهی و آهیانه‌ای حساس است؟ (علوم ۱۳۹۸)

(۱) استروپ (۲) ویسکانسین (۳) برج‌های لندن (۴) اشکال پیچیده ری

(۵) اگر در معاینه بیماری متوجه شویم که در آزمایش تمایز دو نقطه در دست چپ این فاصله برای ۱ و ۴ میلی‌متر و دست راست ۶ میلی‌متر است وجود یا عدم

وجود کدام ضایعه مغزی مطرح است؟ (علوم ۱۴۰۱)

(۱) ضایعه قطعه پس‌سری نیمکره چپ (۲) ضایعه قطعه آهیانه‌ای نیمکره چپ

(۳) ضایعه قطعه آهیانه‌ای نیمکره راست (۴) فقدان ضایعه مغزی

(۶) کدام آزمون عصب روان‌شناختی برای سنجش کنش اجرایی برنامه ریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ (علوم ۱۴۰۱)

(۱) ساخت دنباله (۲) عملکرد پیوسته (۳) برج لندن (۴) دسته بندی کارت‌ها

(۷) ناتوانی یا دشواری در تغییر از یک آمایه به آمایه دیگر چه نام دارد؟ (علوم ۱۴۰۱)

(۱) سازمان دهی (۲) پیوستگی عملکرد (۳) خود تنظیمی (۴) در جاماندگی

(۸) توانایی انتزاع و ایجاد مفاهیم، توسط کدام خرده آزمون وکسلر سنجیده می‌شود؟ (علوم ۱۴۰۴)

(۱) حساب (۲) شباهت‌ها (۳) اطلاعات (۴) مکعب‌ها

(۹) ثبت تغییرات خفیف در امواج کوتاه الکتروانسفالوگرام در پاسخ به محرک حسی مجزا، چه نام دارد؟ (علوم ۱۴۰۴)

(۱) پتانسیل رویدادی (۲) سلول منفرد

(۳) فراجمعه‌ای مغناطیسی (۴) الکتریکی فراجمعه‌ای

پاسخ تشریحی کنکور دکتری

(۱) گزینه ۱ برای بررسی اثر یک محرک خاص بر کنش‌های مغزی، پتانسیل فراخوانده مغزی (ERP) به عنوان مناسب‌ترین روش شناخته می‌شود. این تکنیک به طور خاص به اندازه‌گیری تغییرات در فعالیت مغزی ناشی از محرک‌های بیرونی می‌پردازد و می‌تواند اطلاعات دقیقی در مورد زمان بندی و نحوه پاسخ‌دهی مغز به محرک‌ها فراهم کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۲: موج مغناطیسی (MRI) عمدتاً برای تصویربرداری ساختاری و مطالعه ساختار مغز به کار می‌رود و نمی‌تواند به طور مستقیم اثرات محرک‌های خاص را بررسی کند.

گزینه ۳: توموگرافی کامپیوتری (CAT) بیشتر برای تصویربرداری ساختاری و ارزیابی آسیب‌های مغزی استفاده می‌شود.

گزینه ۴: موج‌نگار مغزی (EEG) می‌تواند فعالیت الکتریکی مغز را بررسی کند، اما پتانسیل فراخوانده مغزی (ERP) برای مطالعه اثرات محرک‌ها دقیق‌تر است، زیرا با هم‌زمانی پاسخ‌های مغزی با محرک‌ها مطابقت دارد.

(۲) گزینه ۴ سازمان سنجش گزینه ۴ را به عنوان پاسخ صحیح مشخص کرده است؛ با این حال، هیچ‌یک از این گزینه‌ها دقیق نیستند، چون در مورد ظهور امواج مربوط به مؤلفه‌های درون زاد پتانسیل وابسته به رویداد

فراخوانده بازه ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه صحیح‌تر است. با توجه به گزینه‌ها ۱۰۰ میلی‌ثانیه، یعنی گزینه ۱ محتمل‌ترین پاسخ است؛ چراکه امواج ثبت‌شده در پتانسیل وابسته به رویداد تا ۱۰۰ هزارم ثانیه، به شدت تحت تأثیر عوامل برون زاد قرار دارند. تغییر ویژگی‌هایی مانند شدت محرک می‌تواند دامنه این امواج را تغییر دهد. در مقابل، امواجی که بعد از ۱۰۰ میلی‌ثانیه ظاهر می‌شوند، بیشتر به عوامل درونی مانند تغییرات روانی فرد وابسته هستند و با عنوان مؤلفه‌های درون زاد شناخته می‌شوند.

(۳) گزینه ۱ برای ثبت فعالیت سلول‌های عصبی از طریق ردیابی علائم الکتریکی، روش الکتروانسفالوگرام (EEG) مناسب‌ترین گزینه است. این روش قادر است سیگنال‌های الکتریکی ناشی از فعالیت عصبی در مغز را ثبت و تحلیل کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۲: مغزنگاری کامپیوتری (CT Scan) روش تصویربرداری ساختاری از مغز است و فعالیت الکتریکی را ثبت نمی‌کند.

گزینه ۳: پرتونگاری انتشار پوزیترون (PET) روشی است که برای تصویربرداری از متابولیسم و فعالیت شیمیایی مغز به کار می‌رود، نه برای ردیابی فعالیت الکتریکی.

عملکردهای کلیدی قشر پیش‌پیشانی محسوب می‌شود.

۷) گزینه ۴ دشواری یا ناتوانی در تغییر از یک استراتژی یا پاسخ به استراتژی دیگر به‌طور علمی به «در جاماندگی» معروف است. این مشکل در افراد مبتلا به آسیب در لوب پیشانی رخ می‌دهد و آن‌ها قادر به تنظیم رفتار خود برای انطباق با تغییرات نیستند. در آزمون ویسکانسین، این اختلال به وضوح نمایان می‌شود، زیرا افرادی که دچار آسیب در این ناحیه مغزی هستند، در تغییر استراتژی خود با مشکل مواجه می‌شوند و به‌طور مداوم از همان الگوی قبلی استفاده می‌کنند، حتی زمانی که آگاه‌اند که دیگر صحیح نیست.

۸) گزینه ۲ خرده‌آزمون «شباهت‌ها» یکی از زیرآزمون‌های مقیاس کلامی در آزمون وکسلر است که به منظور سنجش توانایی انتزاع یا تفکر انتزاعی، طبقه‌بندی و ایجاد مفاهیم طراحی شده است. در این خرده‌آزمون، فرد باید شباهت‌های میان دو شیء یا مفهوم را بیان کند، مثلاً: «درخت و گل چه شباهتی دارند؟». این آزمون سطح تفکر انتزاعی و استدلال مفهومی را ارزیابی می‌کند و نیازمند توانایی تشخیص روابط کلی میان مفاهیم است. همچنین مستقیماً با عملکرد لوب پیش‌پیشانی در ارتباط است.

۹) گزینه ۱ پتانسیل‌های رویدادی (ERP) نوسانات الکتریکی کوچکی هستند که در EEG ثبت می‌شوند و در پاسخ به محرک حسی، شناختی یا حرکتی خاص به وجود می‌آیند. این پاسخ‌ها با استفاده از میانگین‌گیری سیگنال EEG در طول چندین تکرار محرک استخراج می‌شوند تا تغییرات خفیف اما معنادار در امواج مغزی شناسایی شوند.

گزینه ۴: تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) روشی است که برای تصویربرداری ساختاری و عملکردی مغز استفاده می‌شود، اما فعالیت الکتریکی را ثبت نمی‌کند.

۴) گزینه ۴ آزمون اشکال پیچیده ری به‌ویژه برای ارزیابی عملکرد و آسیب در نواحی مختلف مغز از جمله لوب‌های پیشانی، گیجگاهی و آهیانه‌ای طراحی شده است. این آزمون توانایی فرد در شبیه‌سازی و یادآوری طرح‌های پیچیده را بررسی می‌کند و می‌تواند آسیب‌های مغزی در این نواحی مختلف را شناسایی کند.

۵) گزینه ۲ کلید رسمی آزمون گزینه ۲ (ضایعه قطعه آهیانه‌ای نیمکره چپ) به عنوان پاسخ درست اعلام شده است. در آزمون تمایز دو نقطه‌ای، کاهش دقت در دست راست (۶ میلی‌متر) نسبت به دست چپ (۴ میلی‌متر) نشانگر آسیب در نواحی قشر حسی مغز است. با توجه به پردازش قشری حسی متقاطع می‌توان توجیه کرد که لوب آهیانه‌ای چپ، ورودی‌های حسی دست راست را پردازش می‌کند و از آن‌جا که سؤال درباره تشخیص دو نقطه در یک اندام محیطی (دست) است و نه ادراک فضایی یا توجه، گزینه ۲ به عنوان پاسخ دقیق قابل دفاع است.

۶) گزینه ۳ آزمون برج لندن یک آزمون عصب-روان‌شناختی معتبر برای ارزیابی کنش‌های اجرایی به‌ویژه برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، و حل مسئله است. در این آزمون، آزمودنی باید مهره‌هایی را طبق قوانین مشخص به نحوی جابه‌جا کند که به یک الگوی هدف برسد؛ این فرایند نیازمند برنامه‌ریزی ذهنی پیش از عمل و مهار پاسخ‌های آنی است، که از جمله

خودنگار...

روان‌آموز

از زمان‌های بسیار دور، سیستم عصبی انسان به عنوان یکی از پیچیده‌ترین و برجسته‌ترین سیستم‌های زیستی در بدن مورد توجه دانشمندان و محققان بوده است. در دوران باستان، بقراط به نقش مغز در کنترل بدن اشاره کرد و آن را به عنوان مرکز فرماندهی بدن در نظر گرفت. این تفکر در قرون بعدی ادامه یافت و با پیشرفت‌های علمی در دوران رنسانس و عصر جدید، مطالعات گسترده‌تری درباره ساختار و عملکرد سیستم عصبی آغاز شد. در قرن نوزدهم، کشفیات اساسی مانند ساختار نورون‌ها و نقش سیناپس‌ها، درک ما را از ارتباطات عصبی به شدت تغییر داد. این پیشرفت‌ها پایه‌گذار مفاهیم مدرن در زمینه عصب‌شناسی و نوروسایکولوژی شدند و راه را برای مطالعه ساختار و عملکرد سیستم عصبی هموار ساختند.

تکامل شناختی سیستم عصبی به دو بخش اصلی، یعنی سیستم عصبی مرکزی (central nervous system – CNS) و سیستم عصبی پیرامونی (peripheral nervous system – PNS)، به وضوح نشان‌دهنده پیچیدگی و هماهنگی بالای این سیستم است. سیستم عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است و به عنوان مرکز پردازش اطلاعات و هماهنگی عملکردهای حیاتی بدن عمل می‌کند. مغز به عنوان یک جزء ویژه از این سیستم شناخته می‌شود، چراکه حدود ۲۰ درصد از خون پمپاژ شده از قلب به مغز می‌رسد و این جریان خون، امکان تکامل و گسترش بخش‌های مختلف مغز، از جمله قشر مخ و نواحی دیگر آن را فراهم کرده است و بدین سان مغز توانایی ایفای نقش‌های پیچیده‌ای در پردازش اطلاعات حسی، کنترل حرکات و تصمیم‌گیری را یافته است. از سوی دیگر، سیستم عصبی پیرامونی که از اعصاب نخاعی و مجموعه‌ای تشکیل شده است، به عنوان واسطه‌ای میان سیستم عصبی مرکزی و سایر بخش‌های بدن عمل می‌کند و اطلاعات حسی و حرکتی را منتقل می‌نماید. این بخش خود به دو زیرسیستم تقسیم می‌شود:

(۱) سیستم عصبی پیکری یا سوماتیک (SNS) مسئولیت کنترل حرکات ارادی و انتقال اطلاعات حسی از اندام‌ها به CNS را بر عهده دارد و تمام بدن به استثنای احشا یعنی عضلات مخطط، استخوان، مفاصل، پوست و مخاط را عصب‌دهی می‌کند.

(۲) سیستم عصبی احشایی یا خودمختار (ANS) وظیفه تنظیم عملکردهای غیرارادی مانند تنفس، ضربان قلب و گوارش را بر عهده داشته، عضلات صاف، عضله قلبی، غدد برون ریز و عروق خونی را عصب می‌دهد و به دو بخش سمپاتیک (واکنش به استرس) و پاراسمپاتیک (حفظ آرامش و بازسازی) تقسیم می‌شود. در این فصل، با تمرکز بر بررسی ساختار کلی سیستم عصبی و دسته‌بندی‌های مختلف آن، سعی داریم به تفکیک و تحلیل ویژگی‌های ساختاری و عملکردی هر دو بخش سیستم عصبی مرکزی و پیرامونی بپردازیم.

سیستم عصبی مرکزی: ساختار و دسته‌بندی

با در نظر گرفتن دسته‌بندی سیستم دستگاه عصبی، می‌توان گفت که سیستم عصبی مرکزی به عنوان مرکز فرماندهی، نقشی حیاتی در تمامی جنبه‌های زندگی انسان دارد. از این جهت، شناخت روند تحول و تکامل آن، به ویژه رشد مغز، گامی اساسی در درک عملکرد سیستم عصبی است.

● مغز: جزء نخست سیستم عصبی مرکزی

مغز به عنوان پیچیده‌ترین و پیشرفته‌ترین ساختار در بدن، در دوران جنینی فرایند تحول شگفت‌انگیز را طی می‌کند. این روند از شکل‌گیری اولیه لوله عصبی در هفته‌های ابتدایی جنینی آغاز شده و به تدریج با تمایز به بخش‌های مختلف مغز و نخاع ادامه می‌یابد. لوله عصبی اولیه به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: رأس قدامی که مغز را تشکیل می‌دهد و بخش خلفی که به نخاع تبدیل می‌شود. در طول این زمان، مغز نیز به سه بخش اصلی پیش مغز (forebrain)، میان مغز (midbrain)، و مغز پسین (hindbrain) تمایز می‌یابد که هر کدام وظایف خاص خود را ایفا می‌کنند.

- آناتومی و عملکرد کلی مغز: یک مرور کلی

مغز انسان که حدود ۲ درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد، مسئول هماهنگی فعالیت‌های بدن، کنترل رفتارها، پردازش اطلاعات حسی و تولید احساسات و افکار است. این اندام شامل نورون‌ها، گلیاها و دیگر سلول‌های حمایت‌کننده است. نورون‌ها مسئول انتقال پیام‌های عصبی هستند، درحالی‌که سلول‌های گلیال نقش حمایتی دارند و وظایفی همچون تغذیه نورون‌ها، حذف ضایعات و عایق‌بندی آکسون‌ها را بر عهده دارند. مغز به عنوان حفاظت‌شده‌ترین اندام بدن، درون یک پوشش استخوانی محکم به نام جمجمه قرار گرفته و در حوضچه‌ای از مایع مغزی-نخاعی (cerebrospinal fluid – csf) شناور است. این مایع به کاهش ضربه‌ها و ایجاد یک محیط پایدار برای عملکرد نورون‌ها کمک می‌کند.

- ستون‌های حفاظتی مغز: نقش مننژها و بطن‌ها در سیستم عصبی

سیستم عصبی انسان دارای ساختارهای حمایتی و حفاظتی پیچیده‌ای به نام مننژها و بطن‌ها هستند که نقش حیاتی در حفظ عملکرد و ایمنی مغز دارند. ساختار حفاظت‌کننده اطراف مغز و نخاع، به مننژ معروف است.

مننژها شامل سه لایه محافظتی اصلی یعنی سخت‌شامه (dura mater)، عنكبوتیه (arachnoid) و نرم‌شامه (pia mater) هستند که مغز و نخاع را احاطه کرده‌اند. سخت‌شامه به عنوان بیرونی‌ترین لایه، ساختاری محکم و مقاوم در برابر ضربه‌های مکانیکی دارد. عنكبوتیه که لایه میانی است، شامل

فضای تحت عنکبوتیه یا زیرعنکبوتیه است و محیطی را برای گردش مایع مغزی-نخاعی (CSF) فراهم می‌آورد. نرم‌شامه لایه داخلی و نازکی است که به صورت مستقیم با سطح مغز و نخاع ارتباط دارد و به تغذیه و محافظت سلول‌های عصبی کمک می‌کند.

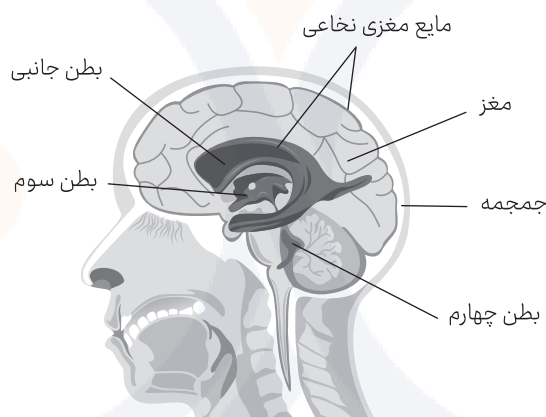
بطن‌های مغزی سیستم توخالی متشکل از چهار بطن اصلی که شامل دو بطن جانبی، بطن سوم و بطن چهارم هستند، می‌باشند.

بطن‌های مغز، سیستمی توخالی متشکل از چهار بخش اصلی (دو بطن جانبی، بطن سوم و بطن چهارم) هستند که حاوی مایع مغزی-نخاعی (CSF) هستند که توسط شبکه کوروییدی (choroid plexus) تولید می‌شود. بطن‌ها نقش مهمی در تنظیم فشار داخل جمجمه و حفظ هموستازی محیط داخلی سیستم عصبی مرکزی ایفا می‌کنند.

ساختار هماهنگ و تعاملی بین منته‌ها و بطن‌ها تضمین‌کننده عملکرد بهینه مغز و سیستم عصبی مرکزی است. این سیستم، محیطی ایمن و پایدار را برای فعالیت‌های حیاتی عصبی فراهم می‌کند و به همین دلیل اختلال در عملکرد هر یک از اجزای آن می‌تواند تأثیرات جدی بر سلامت عصبی داشته باشد.

سیستم اعصاب پیرامونی توسط دو لایه منته احاطه شده است. قشر عنکبوتیه و حوضچه CSF همراه آن، به طور اختصاصی مغز و نخاع را پوشش می‌دهند. در خارج از سیستم عصبی مرکزی (CNS)، لایه‌های بیرونی و درونی (سخت‌شامه و نرم‌شامه) به یکدیگر متصل شده و غلافی تشکیل می‌دهند که اعصاب نخاعی، اعصاب جمجمه‌ای و عقده‌های خودکار را در بر می‌گیرد.

بطن‌های مغز که به عنوان حفره‌های داخلی سیستم عصبی مرکزی شناخته می‌شوند، نقش حیاتی در تولید و گردش مایع مغزی نخاعی (CSF) ایفا می‌کنند و به طور سیستماتیک با یکدیگر ارتباط دارند. بطن‌های جانبی در هر نیمکره مغز قرار دارند و به بطن سوم از طریق سوراخ‌های بین‌بطنی (مونرو) متصل می‌شوند. بطن سوم، واقع در ناحیه میانی مغز، به بطن چهارم از طریق مجرای سیلویوس (مجرای مغزی) متصل می‌شود. این ساختارها علاوه بر تأمین مایع مغزی نخاعی، به تنظیم فشار داخل جمجمه و دفع مواد زائد مغزی کمک می‌کنند.



جریان CSF در بطن‌های جانبی آغاز می‌شود و سپس به بطن سوم منتقل می‌گردد. از آنجا، مایع از طریق مجرای سیلویوس به بطن چهارم راه می‌یابد. در بطن چهارم، CSF از طریق روزنه‌هایی به فضای زیرعنکبوتیه انتشار می‌یابد و کل سیستم عصبی مرکزی را احاطه می‌کند. در نهایت، این مایع دوباره از طریق عروق خونی جذب می‌شود.

- تحول و انعطاف‌پذیری مغز از آغاز تا بلوغ

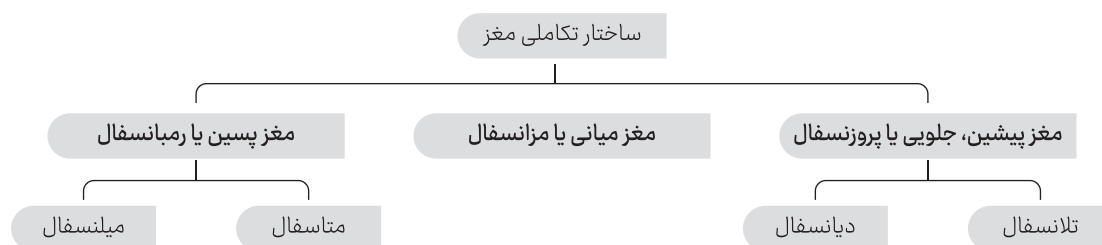
رشد فیزیکی مغز در دوران جنینی از مراحل ابتدایی تشکیل لوله عصبی تا شکل‌گیری ساختارهای پیچیده مغزی مراحل زیر را طی می‌کند:

(۱) تشکیل لوله عصبی: حدود هفته سوم بارداری، لایه اکتودرم (پوسته خارجی جنین) به شکل یک نوار باریک و مسطح در می‌آید که به سمت داخل خم می‌شود و در نهایت، حالتی مانند لوله‌ای توخالی را به خود می‌گیرد. این لوله عصبی پایه و اساس سیستم عصبی مرکزی را تشکیل می‌دهد.

(۲) رشد و توسعه ساختاری: در طول هفته‌های بعدی، لوله عصبی به تدریج توسعه می‌یابد و با تقسیم سلولی در داخل لوله و ایجاد نوروها، به ساختارهای پیچیده‌تر تبدیل می‌شود. لوله از سمت جلو بزرگ شده و مغز را ایجاد می‌کند و قسمت عقبی لوله عصبی ساختار لوله‌ای شکل خود را حفظ کرده و به نخاع تبدیل می‌گردد.

(۳) تقسیم و شکل‌گیری نواحی مغزی: به تدریج، لوله عصبی که در این مرحله شامل سه حفره متصل به یکدیگر است به بخش‌های مختلف تقسیم می‌شوند. این حفره‌ها به بطن‌ها تبدیل شده و بافت‌های اطراف آن‌ها سه بخش اصلی مغز را که همان مغز پیشین، مغز میانی و مغز پسین می‌باشند، تشکیل می‌دهند. حفره سری واقع در جلوی سر با نام پروزانسفال یا مغز پیشین به سه حفره مجزا تقسیم می‌شود که بطن‌های جانبی و بطن سوم را ایجاد می‌کند. ناحیه اطراف بطن‌های جانبی به تلانسفال و ناحیه اطراف بطن سوم به دیانسفال تبدیل می‌شود. تلانسفال در نهایت دو نیمکره مغز را می‌سازد و دیانسفال را در

بر می‌گیرد و حفره دوم در درون مغز میانی با نام مزانسفال باریک شده و مجرای مغزی را شکل می‌دهد. حفره سوم با نام رمبانسفال یا مغز پسین نیز به دو ساختار متانسفال و میلنسفال تکامل پیدا می‌کنند.



- ساختارهای اصلی سیستم عصبی مرکزی

مغز پیشین

مغز پیشین یکی از بخش‌های اصلی مغز است که خود دارای دو جزء اصلی **تلاانسفال** و **دیانسفال** می‌باشد که در مراحل اولیه رشد سیستم عصبی مرکزی شکل می‌گیرد. مغز پیشین مسئول عملکردهای پیچیده‌ای همچون تفکر، یادگیری، حافظه و کنترل حرکات ارادی است. همچنین، این ناحیه در پردازش احساسات و رفتارهای اجتماعی نقش مهمی ایفا می‌کند. تلاانسفال شامل قشر مخ: (cerebral cortex)، سیستم لیمبیک و عقده‌های پایه است درحالی‌که دیانسفال به عنوان بخش دیگری از **مغز پیشین** ساختارهای کلیدی برای تنظیم اطلاعات حسی، حرکتی، و خودمختار را در بر دارد و اجزای اصلی آن **تالاموس** و **هیپوتالاموس** می‌باشد. ضخامت قشر مخ حدود ۳ میلی‌متر است و عمدتاً شامل گلیاها، اجسام سلولی، دندریتها و آکسون‌های متصل به هم است. در ادامه، بخش‌های مختلف مغز پیشین را مورد بررسی دقیق‌تر قرار می‌دهیم.

۱) تلاانسفال (telencephalon)

تلاانسفال بزرگ‌ترین بخش مغز پیشین است و ساختارهای مهمی را شامل می‌شود که مسئول عملکردهای عالی شناختی، حرکتی، و احساسی هستند. این بخش شامل قشر مخ (cerebral cortex) است که در پردازش اطلاعات حسی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی حرکات، و تفکر نقش دارد. عقده‌های قاعده‌ای (basal ganglia)، که بخشی از تلاانسفال هستند، در تنظیم حرکات ارادی و یادگیری نقش دارند. همچنین، سیستم لیمبیک (limbic system)، شامل ساختارهایی مانند هیپوکامپ و آمیگدال، مسئول حافظه، یادگیری، و احساسات است. حفره‌های داخلی تلاانسفال به نام بطن‌های جانبی، مایع مغزی-نخاعی را در خود جای داده و به پایداری شیمیایی و فیزیکی مغز کمک می‌کنند.

الف) قشر مخ (cerebral cortex)

قشر مخ بیرونی‌ترین لایه مغز است که از ماده خاکستری تشکیل شده و مسئول عملکردهای عالی شناختی، حسی، حرکتی، و رفتاری انسان است. این ساختار به چهار لوب اصلی تقسیم می‌شود:

لوب پیشانی (فرونتال، frontal lobe): مسئول کنترل حرکات ارادی، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و شخصیت

لوب آهیانه‌ای (پرییتال، parietal lobe): مسئول پردازش اطلاعات حسی-بدنی، فضایی و توجه به محیط

لوب گیجگاهی (تمپورال، temporal lobe): مسئول حافظه، درک زبان، و پردازش شنوایی

لوب پس سری (اکسیپیتال، occipital): مسئول پردازش بینایی

این تقسیم‌بندی به مغز اجازه می‌دهد تا عملکردهای پیچیده‌ای را به طور مؤثر انجام دهد. در فصل‌های آینده به جزئیات عملکردی آن‌ها خواهیم پرداخت. قشر مخ به علت ارتباط گسترده با سایر قسمت‌های مغز، مرکز تحلیل و یکپارچه‌سازی اطلاعات ورودی و تنظیم پاسخ‌های پیچیده است. ضخامت آن بین ۲ تا ۴ میلی‌متر است و شامل میلیاردها نورون است که از طریق چین‌خوردگی‌های فراوان (شیارها و برجستگی‌ها) سطح وسیعی را ایجاد کرده و ظرفیت پردازش بالایی را فراهم می‌کنند. به دلیل نقش حیاتی قشر مخ در فرایندهای شناختی، این بخش به عنوان مهم‌ترین ساختار در عملکردهای عالی انسانی شناخته می‌شود.

از آنجا که نیمکره‌های مخ هر یک با اندام‌های سمت مقابل خود ارتباط دارند، تحریک قشر حرکتی اولیه در نیمکره‌هاست موجب حرکت بخش‌هایی از سمت چپ بدن می‌شود و بالعکس، تحریک قشر حرکتی در نیمکره چپ به حرکت بخش‌های سمت راست بدن منجر خواهد شد. این ارتباط متقابل، پایه‌ای برای کنترل حرکات ارادی در بدن فراهم می‌کند و نشان‌دهنده سازمان‌دهی خاص عملکردهای حرکتی در مغز است.

بیشتر بدانیم

معرفی و نقش شیارها و شکاف‌های مغز در ساختار مغز

شیارهای مغز (sulci) چین‌خوردگی‌ها و فرورفتگی‌هایی هستند که در سطح خارجی مغز به‌ویژه در قشر مخ، دیده می‌شوند. این شیارها به همراه برآمدگی‌های مغز (gyri) به افزایش سطح قشر مخ کمک می‌کنند و باعث می‌شوند که مغز بتواند حجم زیادی از نورون‌ها را در فضای محدود جمجمه جای دهد. شیارهای مهم و اصلی مغز عبارت‌اند از:

شیار مرکزی (central sulcus) که شیار رولاندو نیز نامیده می‌شود. این شیار لوب پیشانی را از لوب آهیانه‌ای جدا می‌کند. بین ناحیه حرکتی اولیه (پیش‌مرکزی) و ناحیه حسی اولیه (پس‌مرکزی) قرار دارد.

شیار جانبی (lateral sulcus) که شیار سیلویین نیز نامیده می‌شود. لوب پیشانی و لوب آهیانه‌ای را از لوب گیجگاهی (temporal lobe) جدا می‌کند و یکی از عمیق‌ترین شیارهای مغز است.

شیار آهیانه‌ای-پس‌سری (parieto-occipital sulcus) لوب آهیانه‌ای را از لوب پس‌سری جدا می‌کند. این شیار در سطح داخلی مغز بهتر دیده می‌شود.

شیار کالکراین (calcarine sulcus) در لوب پس‌سری قرار دارد. مرکز اصلی پردازش بینایی در اطراف این شیار است.

شیار سینگولیت (cingulate sulcus) در سطح داخلی نیمکره‌های مغزی دیده می‌شود. بخشی از سیستم لیمبیک است و نقش مهمی در تنظیم احساسات و حافظه دارد.

اهمیت شیارهای مغز

شیارهای مهم مغز، به تفکیک لوب‌ها و نواحی مختلف مغز کمک می‌کنند و نقش مهمی در سازمان‌دهی عملکردهای شناختی و حسی دارند. آن‌ها باعث افزایش سطح قشر مغز می‌شوند که امکان پردازش‌های پیشرفته را فراهم می‌کند. به علاوه از این شیارها به‌عنوان نقاط مرجع برای مکان‌یابی بخش‌های خاص مغز استفاده می‌شوند.

شکاف‌های مهم مغز

علاوه بر شیارها، شکاف‌ها (fissures) نیز وجود دارند که تفاوت‌هایی با شیارها دارند. شکاف‌ها به‌طور معمول عمیق‌تر و وسیع‌تر از شیارها هستند و وظیفه جداسازی بخش‌های اصلی مغز از یکدیگر را دارند. در مغز، به‌طور عمده دو شکاف اصلی داریم:

۱) شکاف طولی (longitudinal fissure): این شکاف دو نیمکره مغزی را از هم جدا می‌کند. این شکاف در طول مغز امتداد دارد و آن را به دو نیمکره چپ و راست تقسیم می‌کند.

۲) شکاف عرضی (transverse fissure): به آن شکاف مخچه‌ای نیز گفته می‌شود و مغز بزرگ را از مخچه جدا می‌کند.

توجه: در برخی منابع آموزشی و سؤالات کنکور، شکاف‌های اصلی مغز نیز به‌طور کلی در دسته شیارها (فرورفتگی‌ها) لحاظ می‌شوند.

ب) سیستم لیمبیک

سیستم لیمبیک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ساختارهای مغز پیشین، مجموعه‌ای از ساختارهای به‌هم‌پیوسته است که نقش اساسی در تنظیم احساسات، حافظه، و انگیزش دارد. این سیستم شامل بخش‌هایی مانند هیپوکامپ، آمیگدال، هیپوتالاموس و قشر سینگولیت است که هرکدام وظایف منحصر به فردی در پردازش اطلاعات عاطفی، یادگیری و هماهنگی پاسخ‌های رفتاری بر عهده دارند. این سیستم با ارتباطات گسترده‌ای که با قشر مخ و سایر بخش‌های مغز دارد، نه تنها در مدیریت واکنش‌های احساسی، رفتارهای جنسی و کنجکاوی، بلکه در تصمیم‌گیری و تنظیم رفتارهای مرتبط با بقا نیز نقشی کلیدی دارد.

این سیستم شامل اجزای قشری و زیرقشری است که هر یک نقش مهمی در عملکرد این سیستم دارند. از مهم‌ترین اجزای زیرقشری دستگاه لیمبیک می‌توان به آمیگدال (بادامه)، سبتوم (ناحیه جداری، هیپوکامپ، و جسم پستانی (mammillary body) اشاره کرد.

اجزای اصلی بخش قشری سیستم لیمبیک شامل شکنج سینگولیت (ناحیه کمربندی) و ناحیه اینسولا (ناحیه جزیره‌ای) هستند که نقش مهمی در تنظیم احساسات و پردازش اطلاعات عاطفی و شناختی ایفا می‌کنند. به‌طور خاص، دو ناحیه کلیدی، یعنی ناحیه گیجگاهی و ناحیه کمربندی، در پردازش اطلاعات احساسی و تنظیم رفتارهای شناختی مشارکت دارند. این نواحی به‌ویژه در مدیریت هیجانات و واکنش‌های اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

قشر لیمبیک (limbic cortex) در اطراف حاشیه نیمکره‌های مخ واقع شده است. این ساختار که به‌عنوان بخشی از سیستم لیمبیک شناخته می‌شود، شامل نواحی‌ای همچون هیپوکامپ، شکنج پاراهیپوکامپ، آمیگدال و بخشی از قشر پیشانی و تمپورال است. قشر لیمبیک در حاشیه داخلی (medial margin) نیمکره‌های مغزی قرار دارد و به این دلیل «لیمبیک» نامیده می‌شود که از کلمه لاتین limbus به معنای «حاشیه» گرفته شده است. وظایف آن شامل پردازش احساسات، حافظه و برخی جنبه‌های رفتار است. قشر لیمبیک به‌دلیل ارتباط نزدیک خود با بخش‌های دیگر مغز، نظیر قشر پیش‌پیشانی و

سیستم پاداش، تأثیر عمیقی بر تصمیم‌گیری، یادگیری و ایجاد عادات دارد. درک بهتر از عملکرد این ناحیه می‌تواند به روشن شدن مکانیسم‌های عصبی-زیستی اختلالاتی مانند اضطراب، افسردگی و اعتیاد کمک کند و افق‌های جدیدی برای درمان‌های مبتنی بر علوم اعصاب بگشاید.

(ج) عقده‌های پایه (basal ganglia)

عقده‌های پایه یا قاعده‌ای گروهی از هسته‌های زیرقشری در مغز هستند که در کنترل حرکات ارادی، یادگیری حرکتی، تنظیم هیجانات و رفتار شناختی نقش حیاتی ایفا می‌کنند. این ساختارها با قشر مخ و سایر نواحی مغز ارتباط تنگاتنگی دارند و از طریق مسیرهای پیچیده‌ای اطلاعات را پردازش می‌کنند. اجزای اصلی عقده‌های پایه عبارت‌اند از:

هسته دم‌دار (caudate nucleus) که در یادگیری، حافظه و تصمیم‌گیری نقش دارد.

پوتامن (putamen) عمدتاً در تنظیم حرکات و کنترل حرکات ارادی مشارکت دارد.

گلوبوس پالیدوس (globus pallidus) در مهار حرکات غیرضروری و تسهیل حرکات مطلوب نقش دارد.

هسته زیرتالاموسی (subthalamic nucleus) در تنظیم فعالیت حرکتی از طریق ارتباط با سایر بخش‌های عقده‌های پایه اهمیت دارد.

جسم سیاه (substantia nigra) دوپامین تولید می‌کند و در تنظیم حرکات و انتقال اطلاعات نقش دارد.

عقده‌های قاعده‌ای به عنوان ساختارهای عمیق مغزی در تبدیل طرح حرکتی (motor plan) به برنامه حرکتی (motor program) نقش حیاتی ایفا می‌کنند. منظور از این طرح، برنامه‌ریزی اولیه برای انجام یک حرکت خاص است که هنوز به حرکات دقیق و هماهنگ تبدیل نشده است. برنامه حرکتی، نسخه پالایش شده و دقیق‌تری از طرح حرکتی است که برای اجرای واقعی حرکت به عضلات ارسال می‌شود. این برنامه حرکتی شامل جزئیات دقیق مانند ترتیب فعال‌سازی عضلات، شدت و زمان‌بندی انقباض آن‌هاست. طرح کلی حرکتی در قشر مخ آغاز می‌شود، جایی که ایده یا نقشه اولیه حرکت شکل می‌گیرد. سپس این اطلاعات به هسته دم‌دار و پوتامن منتقل می‌شود. هسته دم‌دار و پوتامن طرح حرکتی را پردازش کرده و از آنجا دسته تارهایی به گلوبوس پالیدوس منتقل می‌شود.

در این فرایند، گلوبوس پالیدوس نقش حیاتی دارد به این صورت که در مسیر مستقیم، با کاهش فعالیت گلوبوس پالیدوس درونی (GPI)، مهار تالاموس برداشته شده و حرکت تسهیل می‌شود و در مسیر غیرمستقیم، با افزایش فعالیت GPI از طریق هسته زیرتالاموسی حرکات ناخواسته سرکوب می‌شوند. این سیگنال‌های پالایش شده از طریق تالاموس به قشر حرکتی اولیه بازمی‌گردند و در نهایت دستورات دقیق برای اجرای حرکت از طریق اعصاب حرکتی به عضلات ارسال می‌شود. نقص در عملکرد عقده‌های پایه می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های مختلفی شود، از جمله: پارکینسون که ناشی از کاهش دوپامین در جسم سیاه است که باعث کندی حرکت، لرزش و سفتی عضلات می‌شود.

کرة هانتینگتون که ناشی از تخریب نورون‌های جسم مخطط، مجموع هسته‌های دم‌دار و پوتامن، است که منجر به حرکات غیرارادی و مشکلات شناختی می‌گردد.

دیستونی و توهومات حرکتی: حرکات غیرطبیعی ناشی از اختلال در تعادل مسیرهای حرکتی

(۲) دیانسفال (diencephalon)

دیانسفال بخشی از مغز پیشین است که میان نیمکره‌های مخ (تلانسفال) و مغز میانی قرار دارد و وظایف حیاتی متعددی در بدن ایفا می‌کند. این بخش شامل ساختارهای مهمی مانند تالاموس، هیپوتالاموس، اپی‌تالاموس و ساب‌تالاموس است که هر یک نقش مهمی در تنظیم فرایندهای حسی، حرکتی، هورمونی و خودکار ایفا می‌کنند.

تالاموس که در بخش پشتی دیانسفال قرار دارد به عنوان مرکز اصلی انتقال و پردازش اطلاعات حسی و حرکتی در مغز عمل می‌کند. این ساختار دارای دو لوب می‌باشد و از هسته‌های متعددی تشکیل شده که براساس وظایف و موقعیتشان دسته‌بندی می‌شوند. هسته‌های شکمی مانند هسته شکمی خلفی مسئول انتقال اطلاعات حسی بدن و صورت به قشر مغز هستند، درحالی‌که هسته‌های پشتی در پردازش پیچیده‌تر اطلاعات حسی و شناختی نقش دارند. تارهایی که از سیستم لیمبیک، هسته‌های پایه و مخچه با قشر مرتبط اند در تالاموس ارتباط سیناپسی برقرار می‌نمایند.

هسته‌های پشتی میانی، به‌ویژه پولوینار، با سیستم لیمبیک در ارتباط هستند و در پردازش اطلاعات چندحسی، تنظیم توجه، حافظه و واکنش‌های هیجانی نقش دارند. این ارتباط باعث هماهنگی بین اطلاعات حسی و واکنش‌های احساسی شده و در رفتارهای هدفمند مؤثر است. از سوی دیگر، هسته‌های جلویی شکمی که شامل هسته شکمی قدامی (VA) و هسته شکمی جانبی (VL) هستند با هسته‌های قاعده‌ای و مخچه مرتبط‌اند. هسته VA اطلاعات حرکتی را از گره‌های قاعده‌ای به قشر پیش حرکتی منتقل کرده و در برنامه‌ریزی حرکات نقش دارد، درحالی‌که VL اطلاعات حرکتی را از مخچه و گره‌های قاعده‌ای به قشر حرکتی اولیه ارسال می‌کند و کنترل حرکات دقیق را بر عهده دارد. این تعاملات، تالاموس را به مرکزی برای پردازش و هماهنگی اطلاعات



حسی، حرکتی و هیجانی تبدیل می‌کند. از میان هسته‌های تالاموس، هسته زانویی جانبی (LGN) و هسته زانویی میانی (MGN) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. LGN اطلاعات بینایی را از شبکه دریافت کرده و به قشر بینایی اولیه ارسال می‌کند، درحالی‌که MGN مسئول پردازش اطلاعات شنوایی و انتقال آن به قشر شنوایی است. این دو هسته به ترتیب در مسیرهای بینایی و شنوایی نقش کلیدی ایفا می‌کنند و درک دقیق فعالیت آن‌ها برای تحلیل سیستم‌های حسی ضروری است.

هیپوتالاموس بخشی کوچک اما حیاتی از دیانسفال است که در قسمت زیرین تالاموس و بالای ساقه مغز قرار دارد. این ساختار در دو سوی بخش تحتانی بطن سوم قرار گرفته و از نظر موقعیت آناتومیکی، مرز میان سیستم عصبی مرکزی و سیستم غدد درون‌ریز محسوب می‌شود. هیپوتالاموس از چندین هسته تشکیل شده است که هر کدام وظایف مشخصی در تنظیم فرایندهای حیاتی بدن، از جمله تنظیم دما، گرسنگی، تشنگی، چرخه‌های شبانه‌روزی و هورمون‌ها دارند. علاوه بر نقش فیزیولوژیک، این بخش از **دیانسفال مرکز اصلی کنترل انگیزش و عاطفه** در مغز است و با سیستم لیمبیک و سایر هسته‌های عصبی ارتباط برقرار می‌کند، بنابراین هماهنگی میان هیجانات، رفتارهای انگیزشی و پاسخ‌های بدن به محرک‌ها در این ناحیه انجام می‌شود.

بیشتر بدانیم

حیوان دیانسفالی: یک مدل تجربی برای درک نقش هیپوتالاموس در رفتار

برای درک عمیق‌تر عملکرد حیاتی دیانسفال، به‌ویژه نقش هیپوتالاموس در تعدیل رفتار، مطالعات بر روی مدل «حیوان دیانسفالی» (Diencephalic Animal) بسیار روشنگر بوده‌اند. این حیوانات، اگرچه فاقد ساختارهای پیچیده‌تر مغزی مانند **عقدده‌های قاعده‌ای و نیمکره‌های مغزی** (قشر مخ) هستند، اما از دستگاه بویایی سالم برخوردارند و قادر به تشخیص بوها از فواصل دور می‌باشند.

نکته حائز اهمیت این است که در این مدل، هیپوتالاموس و غده هیپوفیز دست‌نخورده باقی می‌مانند. این امر به معنای حفظ کنترل آن‌ها بر دستگاه‌های هورمونی بدن و تضمین انسجام فیزیولوژیک در حفظ تعادل درونی (هومئوستاز) است. به‌عنوان مثال، حیوانات دیانسفالی قادر به تنظیم دمای بدن خود هستند، که نشان‌دهنده حفظ برخی عملکردهای حیاتی مستقل است. با این حال، فقدان قشر مخ و سایر ساختارهای مرتبط، مانع از مصرف کافی غذا و آب برای حفظ طول عمر آن‌ها می‌شود.

دیانسفال، و به‌طور خاص هیپوتالاموس، بعدی عاطفی و انگیزشی به رفتار می‌افزاید که منجر به پایداری و انرژی‌دار شدن آن می‌گردد. این موضوع در تضاد با رفتارهای مشاهده شده در حیواناتی است که تنها بخش‌های پایینی مغزشان دست‌نخورده باقی مانده است. برای مثال، حیواناتی که بخش‌هایی از مخ آن‌ها برداشته شده، ممکن است رفتارهایی شبیه به خشم بروز دهند، اما این رفتارها فاقد انسجام، پایداری و انرژی لازم هستند. مطالعات کلاسیک والتر کنون (Walter Cannon) و فیلیپ بارد (Philip Bard) در دهه ۱۹۲۰، این یافته‌ها را بیش از پیش تقویت کرد. آن‌ها دریافتند که برای بروز پدیده‌ای که «خشم کاذب» (Sham Rage) نامیدند - که شامل علائم فیزیولوژیکی خشم مانند افزایش ضربان قلب، سیخ شدن موها و فشار خون بالا بود - بقای بخش خلفی هیپوتالاموس ضروری است. این رفتار، به‌دلیل عدم وجود محرک واقعی و فقدان هدفمندی، «خشم کاذب» نام گرفت تا از خشم هدفمند یک حیوان طبیعی متمایز شود.

گزارش‌های بالینی نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند؛ بیمارانی که دچار ضایعات هیپوتالاموسی هستند، گاهی حملات هیجانی شدید و کنترل‌نشده‌ای شبیه به خشم یا خنده بی‌دلیل را تجربه می‌کنند.

علاوه بر «خشم کاذب»، یکی دیگر از ویژگی‌های برجسته رفتار حیوان دیانسفالی، **فعالیت مداوم و بی‌هدف** آن است. برای مثال، این حیوانات در فضاهای باز بدون هدف مشخصی سرگردان می‌شوند. این دو رفتار (خشم کاذب و سرگردانی بی‌هدف) نشان می‌دهند که دیانسفال، به‌ویژه هیپوتالاموس، نقش اساسی در «انرژی‌بخشی» به رفتار ایفا می‌کند. این انرژی‌بخشی ممکن است باعث شده باشد که برخی پژوهشگران، این رفتارها را «عاطفی» یا «انگیزشی» قلمداد کنند. با این حال، از آنجایی که این رفتارها فاقد هدفمندی مشخص هستند، شاید بتوان آن‌ها را «انگیزش کاذب» نامید تا از انگیزش هدفمند در حیوانات سالم متمایز داده شوند.

در غیاب کنترل مناسب از سوی **قشر مخ** (بخشی عالی‌تر از مغز پیشین)، این سطح بالای فعالیت و هیجان که توسط نواحی ابتدایی‌تر مغز (از جمله خود دیانسفال) ایجاد می‌شود، در حیوانات فاقد این کنترل قشری، افراطی و نامتناسب به نظر می‌رسد. این امر تأکیدی است بر لزوم وجود ساختارهای عالی‌تر مغزی برای هدایت و هدفمند کردن انرژی‌های رفتاری که توسط نواحی پایین‌تر تأمین می‌شود و نشان‌دهنده یک سلسله مراتب کنترلی در سازمان‌دهی رفتار است.

هیپوتالاموس نقش مهمی در **تنظیم فعالیت غده هیپوفیز** (hypophysis) ایفا می‌کند و از طریق دو مسیر اصلی با آن ارتباط دارد. این مسیرها عبارت‌اند از:

(۱) ارتباط با هیپوفیز خلفی

هیپوتالاموس، هورمون‌های اکسی‌توسین و وازوپرسین را تولید کرده و آن‌ها را به هیپوفیز خلفی منتقل می‌کند. این هورمون‌ها در هیپوفیز خلفی ذخیره می‌شوند و در پاسخ به نیاز بدن آزاد می‌گردند. اکسی‌توسین در انقباض رحم و شیردهی نقش دارد و وازوپرسین در تنظیم تعادل آب، فشار خون و میزان خروج ادرار مؤثر است.

۲) ارتباط با هیپوفیز قدامی

هیپوتالاموس از طریق شبکهٔ مویرگی سیستم هیپوتالاموس-هیپوفیز، هورمون‌های آزادکننده و بازدارنده را ترشح می‌کند. این هورمون‌ها بر هیپوفیز قدامی تأثیر می‌گذارند و موجب ترشح هورمون‌هایی نظیر گنادوتروپیک می‌شوند که وظیفهٔ اصلی آن‌ها تنظیم عملکرد غدد جنسی (تخمندان‌ها و بیضه‌ها) است. به همین دلیل است که هیپوتالاموس ساختار اصلی مرتبط با غدهٔ هیپوفیز در مغز محسوب می‌شود. این ارتباطات نشان‌دهندهٔ نقش حیاتی هیپوتالاموس در حفظ تعادل هورمونی و تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک بدن است.

مغز میانی (mesencephalon)

مغز میانی بخشی از ساقهٔ مغز است که بین پل مغزی (pons) و دیانسفال و به بیان دیگر اطراف مجرای مغزی قرار دارد. این بخش از مغز در عملکردهایی همچون پردازش حسی و حرکتی، تنظیم حرکات چشم، شنوایی، بینایی و حفظ هوشیاری نقش دارد. مغز میانی شامل دو بخش اصلی است: **تکتوم** (tectum) و **تگمنتوم** (tegmentum). این اجزا با همکاری یکدیگر نقش مهمی در هماهنگی اطلاعات حسی و حرکتی و حفظ عملکردهای حیاتی بدن ایفا می‌کنند.

۱) تکتوم

تکتوم به معنای «سقف یا بام» در بخش پشتی مغز میانی قرار دارد و شامل دو ساختار اصلی به نام برجستگی یا کولیکول‌های فوقانی و تحتانی است. کولیکول فوقانی (superior colliculus): این برجستگی‌ها در پردازش اطلاعات بینایی و کنترل حرکات چشم نقش دارند، به ردیابی حرکات اشیاء در محیط کمک می‌کنند و در رفلکس‌های بینایی مانند حرکت چشم به سمت یک محرک نقش دارد. کولیکول تحتانی (Inferior Colliculus): بخشی از مسیر شنوایی و مسئول پردازش اولیهٔ اطلاعات صوتی هستند و سیگنال‌های شنوایی را به هستهٔ زانویی - میانی تالاموس و سپس به قشر شنوایی منتقل می‌کند.

۲) تگمنتوم

تگمنتوم به معنای «پوشش یا کلاهک» در بخش مرکزی و قدامی مغز میانی زیر تکتوم قرار دارد و شامل ساختارهای کلیدی متعددی است:

۱) هستهٔ قرمز (red nucleus): در هماهنگی حرکات ارادی و کنترل حرکات ظریف اندام‌ها نقش دارد.

۲) جسم سیاه (substantia nigra): دارای نورون‌هایی است که با عقده‌های پایه ارتباط می‌گیرد. تخریب این ناحیه با بیماری پارکینسون مرتبط است.

۳) هسته‌های عصب حرکتی سوم و چهارم: کنترل حرکات چشم و عملکرد عضلات چشمی را بر عهده دارند.

۴) ساخت شبکه‌ای (reticular formation): شبکه‌ای یک شبکهٔ گسترده از نورون‌ها و فیبرهای عصبی است که در مرکز ساختارهایی مانند مغز میانی، پل مغزی، بصل النخاع و نخاع قرار دارد. این ساختار از هسته‌های پراکنده‌ای تشکیل شده و از طریق ارتباط با سایر بخش‌های مغز و نخاع در تنظیم بسیاری از عملکردهای حیاتی بدن نقش دارد. این ساختار با تعدیل و پالایش ورودی‌های حسی، از اشباع بیش از حد اطلاعات در قشر جلوگیری می‌کند و در کنترل حرکات خودکار، تعادل و رفلکس‌هایی مانند بلع و سرفه مؤثر است. ساخت شبکه‌ای با مراکز حیاتی بصل النخاع در تنظیم تنفس، ضربان قلب و فشار خون نیز همکاری دارد. بخش صعودی این شبکه که به **سیستم فعال‌کنندهٔ مشبک صعودی (ARAS)** شناخته می‌شود، نقش اساسی در حفظ بیداری و سطح هوشیاری ایفا می‌کند و از طریق فعال‌سازی تالاموس، بدون نیاز به تحریک مستقیم قشر، آگاهی پایدار را برقرار نگه می‌دارد؛ از این رو آسیب آن می‌تواند به کاهش سطح هوشیاری یا کما منجر شود.

۵) مادهٔ خاکستری اطراف مجرا (Periaqueductal Gray – PAG): ناحیه‌ای از مادهٔ خاکستری است که اطراف مجرای مغزی سیلویوس قرار دارد و بطن سوم را به بطن چهارم متصل می‌کند. این بخش در سرکوب درد از طریق مسیرهای نزولی ضد درد و تنظیم رفتارهای دفاعی و احساسی (مانند ترس) نقش دارد.

مغز پسین

مغز پسین یکی از بخش‌های اصلی مغز است که در پشت و پایین مغز قرار گرفته و شامل ساختارهایی است که در تنظیم عملکردهای حیاتی بدن و هماهنگی حرکات نقش دارند. این قسمت خود به دو بخش اصلی متانسفال (metencephalon) و میلنسفال (myelencephalon) تقسیم می‌شود که هر کدام شامل ساختارهای حیاتی با وظایف مشخص هستند و با همکاری یکدیگر در تنظیم عملکردهای حیاتی بدن مانند تنفس و ضربان قلب، هماهنگی حرکات، تعادل و انتقال اطلاعات بین بخش‌های مختلف مغز و نخاع نقش دارند.

(۱) متانسفال

متانسفال شامل پل مغزی و مخچه (cerebellum) است.

پل مغزی بخشی از ساقه مغز است که در قسمت زیرین مغز و بالای بصل النخاع (مدولا) در قسمت شکمی مخچه قرار دارد. این ساختار نقش حیاتی در انتقال اطلاعات بین مغز و نخاع ایفا می‌کند و پیام‌های عصبی را بین بخش‌های مختلف مغز، از جمله مخچه و قشر مغز، هماهنگ می‌سازد. پل مغز در تنظیم عملکردهای حیاتی مانند انگیزش، خواب و بیداری نقش دارد، چرا که بخشی از ساخت شبکه‌ای در مرکز آن واقع شده است و حاوی هسته‌هایی است که در کنترل حرکات چشم، تعادل، و حواس، از جمله شنوایی و چشایی، مشارکت می‌کنند. این بخش به دلیل موقعیت مرکزی خود در مسیرهای عصبی، یکی از مهم‌ترین قسمت‌های سیستم عصبی مرکزی محسوب می‌شود.

مخچه بخشی از مغز است که در پشت پل مغز و زیر نیمکره‌های مغزی قرار دارد و از طریق راه‌های عصبی متعدد با پل مغز در ارتباط است و در نتیجه فعالیت آن، اطلاعات حسی و حرکتی بین مخچه و سایر بخش‌های مغز و بدن منتقل می‌شوند. مخچه به عنوان یک رهبر هماهنگی، در تنظیم حرکات بدن، حفظ تعادل، و یادگیری حرکتی نقش حیاتی دارد. آسیب به مخچه می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند عدم تعادل، لرزش و حرکات ناهماهنگ شود که به این وضعیت آتاکسی (ataxia) گفته می‌شود. مخچه با پردازش اطلاعات دریافتی از سایر بخش‌های سیستم عصبی، حرکات روان و دقیق را مدیریت می‌کند و مانند یک رهبر ارکستر، هماهنگی بین بخش‌های مختلف را برقرار می‌کند.

(۲) میلنسفال

میلنسفال بخشی از مغز جنینی است که در طول تکامل به ساختاری به نام بصل النخاع (medulla oblongata) که به آن پیاز مغز تیره نیز گفته می‌شود، تبدیل می‌شود. این قسمت در پایین‌ترین بخش ساقه مغز و بالای نخاع قرار دارد و مسئول کنترل عملکردهای حیاتی بدن است. میلنسفال در دوران جنینی از ناحیه عقبی لوله عصبی شکل می‌گیرد و شامل هسته‌های عصبی مهمی است که در تنظیم تنفس، ضربان قلب، بلع و رفلکس‌های حیاتی نقش دارند. همچنین، این بخش نقش کلیدی در انتقال پیام‌های عصبی از نخاع به تالاموس و سایر بخش‌های مغز دارد. این منطقه به عنوان یک مرکز پردازش و انتقال اطلاعات، نقشی حیاتی در هماهنگی بین مغز و بدن ایفا می‌کند و آسیب به آن می‌تواند به اختلالات جدی در عملکردهای حیاتی منجر شود.

● نخاع: جزء دوم سیستم عصبی مرکزی

پس از مغز، اولین و پیچیده‌ترین بخش سیستم عصبی مرکزی (CNS)، به دومین جزء این سیستم حیاتی، یعنی نخاع می‌پردازیم. نخاع ساختاری طولی و استوانه‌ای است که درون ستون مهره‌ها قرار دارد؛ این ستون، که شامل بخش‌های گردنی، سینه‌ای، کمری، خاجی و دنبالچه‌ای است، نقش تکیه‌گاه و سپر مکانیکی آن را ایفا می‌کند. نخاع همانند مغز در پوششی از مننژها قرار گرفته و توسط مایع مغزی-نخاعی احاطه می‌شود؛ مجموعه‌ای که موجب محافظت مکانیکی، پایداری شیمیایی و ایزولاسیون آن در برابر ضربه‌ها و تغییرات محیط داخلی بدن می‌گردد.

در یک نگاه کارکردی، نخاع در دستگاه عصبی مرکزی دو مسئولیت بنیادین را بر عهده دارد: نخست، ایفای نقش ارتباطی میان مغز و اندام‌های محیطی؛ و دوم، سازمان‌دهی پاسخ‌های رفلکسی.

- نقش نخاع به عنوان رابط بین مغز و اندام‌های محیطی

پیام‌های حسی از اندام‌های بدن مانند دست‌ها، پاها و تنه، به طور مستقیم وارد مغز نمی‌شوند، بلکه ابتدا وارد نخاع شده و سپس از طریق مسیرهای صعودی به مغز منتقل می‌شوند. به همین ترتیب، پیام‌های حرکتی نیز مستقیماً از مغز به عضلات نمی‌رسند، بلکه ابتدا به نخاع فرستاده شده و از آن‌جا از طریق مسیرهای نزولی به اندام‌های حرکتی هدایت می‌شوند. این الگوی ارتباطی، نخاع را به گذرگاهی حیاتی و واسطه‌ای ضروری برای انتقال مؤثر پیام‌های عصبی بین مغز و سایر بخش‌های بدن تبدیل می‌کند.

با توجه به توضیحات داده شده، انتقال اطلاعات در نخاع از طریق دو مسیر اصلی صورت می‌گیرد:

(الف) ریشه‌های پشتی (dorsal roots) که حاوی رشته‌های آوران حسی هستند و پیام‌های حسی را از گیرنده‌های محیطی به نخاع وارد می‌کنند.

(ب) ریشه‌های شکمی (ventral roots) شامل رشته‌های وابران حرکتی‌اند که فرمان‌های حرکتی را از نخاع به عضلات و غدد بدن انتقال می‌دهند.

این دو نوع ریشه با هم ترکیب شده و اعصاب نخاعی را تشکیل می‌دهند که هر یک ناحیه‌ای خاص از بدن را عصب‌دهی می‌کنند. این ساختار هماهنگ و سازمان‌دهی‌شده، پایه درک توزیع حسی و حرکتی بدن و همچنین مبنای تفسیر یافته‌های نورولوژیک در ضایعات عصبی است.

- کنترل واکنش‌های غیرارادی یا رفلکس‌های نخاعی

نخاع نه تنها نقش گذرگاه پیام‌های عصبی را ایفا می‌کند، بلکه به طور مستقل نیز می‌تواند برخی پاسخ‌های سریع، خودکار و غیرارادی را سازمان‌دهی کند که به آن‌ها **بازتاب یا رفلکس نخاعی** گفته می‌شود. این پاسخ‌ها بدون نیاز به پردازش اولیه در قشر مخ ایجاد می‌شوند، هرچند اطلاعات هم‌زمان به مغز نیز

ارسال می‌شود و آگاهی از رویداد پس از وقوع پاسخ حاصل می‌گردد. رفلکس‌ها رفتارهایی سریع و ناخودآگاه هستند که هدف آن‌ها محافظت از بدن در برابر خطرات است. برای نمونه، زمانی که فردی به‌طور ناگهانی دست خود را بر روی یک جسم داغ یا تیز قرار می‌دهد، بدون نیاز به مداخله مغز، دست خود را سریعاً عقب می‌کشد. علت سرعت بالای این واکنش‌ها آن است که مسیر عصبی رفلکس تنها در سطح نخاعی عمل می‌کند و نیازی نیست پیام عصبی به مغز برسد و سپس بازگردد. البته در حین بروز رفلکس، پیام به مغز نیز فرستاده می‌شود تا از وقوع آن آگاه گردد، اما این آگاهی پس از واکنش اتفاق می‌افتد. هر رفلکس نخاعی از یک مدار عملکردی موسوم به قوس رفلکسی تشکیل شده است که سه بخش اصلی دارد:

(۱) بازوی آوران که نورون حسی که محرک دریافتی را از گیرنده‌های محیطی به نخاع منتقل می‌کند.

(۲) مرکز رفلکس که ناحیه‌ای در ماده خاکستری نخاع است که وظیفه پردازش سریع پیام و آغاز پاسخ را بر عهده دارد.

(۳) بازوی وایران که نورون حرکتی است که پیام خروجی را از نخاع به اندام هدف، معمولاً عضله، منتقل می‌نماید.

رفلکس‌های نخاعی پاسخ‌هایی ذاتی، غیرارادی و سریع هستند که از بدو تولد در دستگاه عصبی انسان وجود دارند. برخی از این واکنش‌ها مانند رفلکس کششی، وتری و عقب‌کشیدن در سراسر زندگی فعال باقی می‌مانند، درحالی‌که برخی دیگر نظیر رفلکس بابینسکی (Babinski sign) و رفلکس مورو (Moro reflex) صرفاً در دوره نوزادی بروز می‌کنند و با بلوغ دستگاه عصبی مرکزی، به‌ویژه در نتیجه تقویت مهار قشری، به‌طور طبیعی ناپدید می‌شوند. تداوم یا بازگشت این رفلکس‌ها در بزرگسالی می‌تواند نشانه‌ای از اختلال در مسیرهای مهار قشری باشد.

بیشتر بدانیم

ارتباط انواع رفلکس‌ها با سطوح مختلف دستگاه عصبی

رفلکس‌ها را معمولاً براساس نوع گیرنده و پاسخ مشاهده‌شده می‌توان به چهار دسته سطحی، عمقی، احشایی و اختصاصی تقسیم کرد. با این حال باید توجه داشت که این تقسیم‌بندی الزاماً به معنای محل اجرای قوس رفلکس نیست؛ به بیان دیگر، همه رفلکس‌ها نخاعی نیستند و برخی از آن‌ها در ساقه مغز یا مراکز بالاتر یکپارچه می‌شوند. بنابراین این دسته‌بندی بیشتر کاربرد بالینی دارد تا آناتومیک.

رفلکس‌های سطحی از تحریک گیرنده‌های پوستی آغاز می‌شوند و معمولاً پاسخ‌های محافظتی ایجاد می‌کنند. این رفلکس‌ها پلی‌سیناپتیک هستند و علاوه بر نخاع تحت کنترل مسیرهای نزولی قشری نیز قرار دارند. به همین علت در ضایعات راه‌های هرمی، مهار قشری از بین رفته و پاسخ‌های اولیه مجدداً ظاهر می‌شوند؛ نمونه شناخته‌شده آن پاسخ کف‌پایی یا علامت Babinski sign است. رفلکس گالانت نیز در همین گروه قرار می‌گیرد و بیشتر نشان‌دهنده بلوغ مسیرهای مهار مغز بر نخاع است تا صرفاً عملکرد یک قوس نخاعی ساده.

رفلکس‌های عمقی که نمونه شاخص آن‌ها رفلکس کششی است، از گیرنده‌های عمقی به‌ویژه دوک‌های عضلانی آغاز می‌شوند. این رفلکس‌ها عمدتاً مونوسیناپتیک یا تک‌سیناپسی بوده و در سطح نخاع یکپارچه می‌شوند، اما شدت آن‌ها توسط مسیرهای نزولی قشر حرکتی، عقده‌های قاعده‌ای و مخچه تنظیم می‌گردد. بنابراین تغییر در این رفلکس‌ها اغلب نشان‌دهنده اختلال در تنظیم فوق‌نخاعی تونوس عضلانی است، نه فقط آسیب موضعی نخاع.

رفلکس‌های احشایی متعلق به سیستم عصبی خودمختار هستند و در تنظیم همئوستاز داخلی بدن نقش دارند. این رفلکس‌ها معمولاً چندسیناپسی بوده و مرکز یکپارچه‌سازی آن‌ها در شبکه‌ای از هسته‌های ساقه مغز و هیپوتالاموس قرار دارد. برای مثال هنگام افزایش ناگهانی فشار خون، گیرنده‌های کششی موجود در سینوس کاروتید و قوس آئورت فعال می‌شوند و پیام را به هسته منفرد در بصل‌النخاع منتقل می‌کنند؛ در پاسخ، فعالیت واگ افزایش یافته و تون سمپاتیک کاهش می‌یابد که حاصل آن کاهش ضربان قلب و اتساع عروقی است. این مکانیسم همان رفلکس بارورسپتوری (Baroreceptor reflex) است و نمونه‌ای روشن از رفلکس‌هایی محسوب می‌شود که اگرچه به صورت غیرارادی بروز می‌کنند، اما نخاعی محسوب نمی‌شوند.

رفلکس‌های اختصاصی به پاسخ‌هایی گفته می‌شود که توسط گیرنده‌های حسی ویژه ایجاد شده و به یک دستگاه عملکردی خاص محدود هستند. این رفلکس‌ها اغلب در سطح ساقه مغز سازمان می‌یابند. نمونه بارز آن رفلکس تنگ شدن مردمک در پاسخ به نور است که مسیر آوران آن از شبکه و عصب بینایی عبور کرده و در میان مغز یکپارچه می‌شود و از طریق الباف پاراسمپاتیک عصب سوم باعث انقباض مردمک می‌گردد. این پاسخ که به نام رفلکس نوری مردمک (Pupillary light reflex) شناخته می‌شود، یکی از شاخص‌ترین نشانه‌های سلامت ساقه مغز و عملکرد دستگاه عصبی خودمختار به شمار می‌آید.

در نتیجه، گرچه رفلکس‌ها در معاینه به صورت سطحی، عمقی، احشایی و اختصاصی توصیف می‌شوند، اما از نظر نوروفیزیولوژیک می‌توانند در سطوح مختلف محور عصبی - از نخاع تا ساقه مغز و مراکز خودمختار مرکزی - سازمان یافته باشند؛ همین موضوع سبب می‌شود بررسی رفلکس‌ها نه تنها برای ارزیابی نخاع، بلکه برای تعیین سطح ضایعه در کل دستگاه عصبی مرکزی اهمیت تشخیصی داشته باشد.