کتاب
مغز انسان

راهنمای تصویری ساختار، کارکرد و اختلالات مغز

تألیف

ریتا کارتر

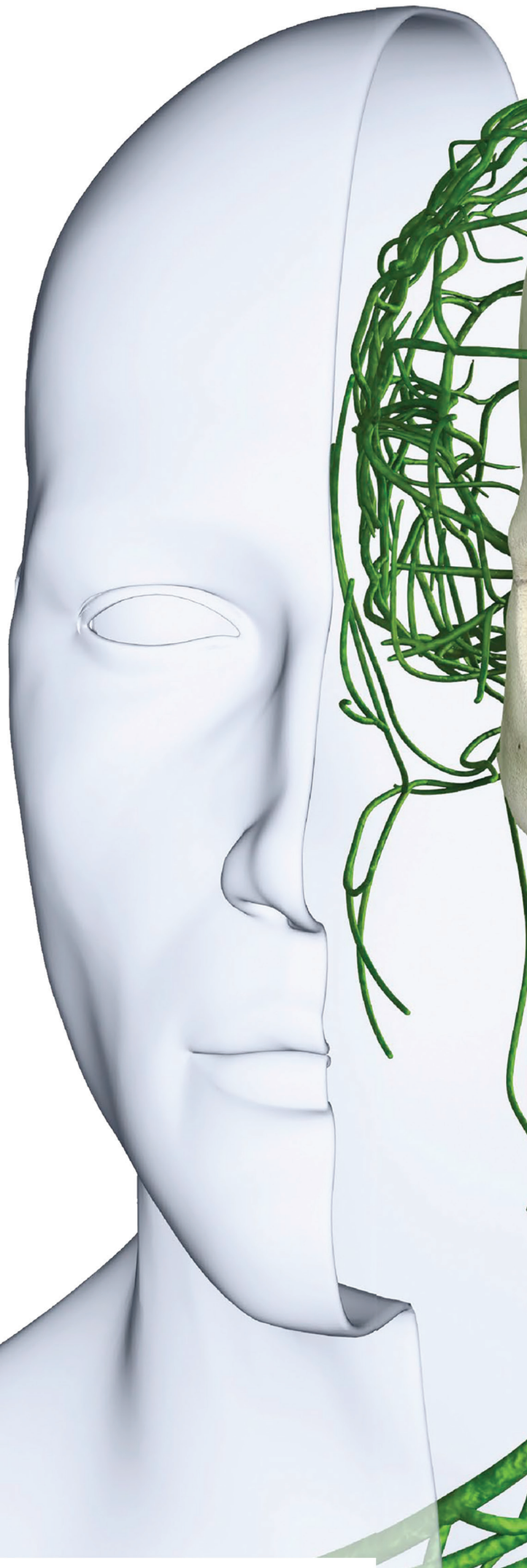
سوزان آلدریج

مارتین پیج

استیو پارکر

ترجمه

ابوذر گل‌ورز



کتاب ارجمند

تقدیم با احترام به
استاد فرهیخته‌ام دکتر امراله ابجدیان
بزرگ‌مردی که ترجمان اعجاز ذهن در بستر بی‌بدیل کلام و معناست

فهرست

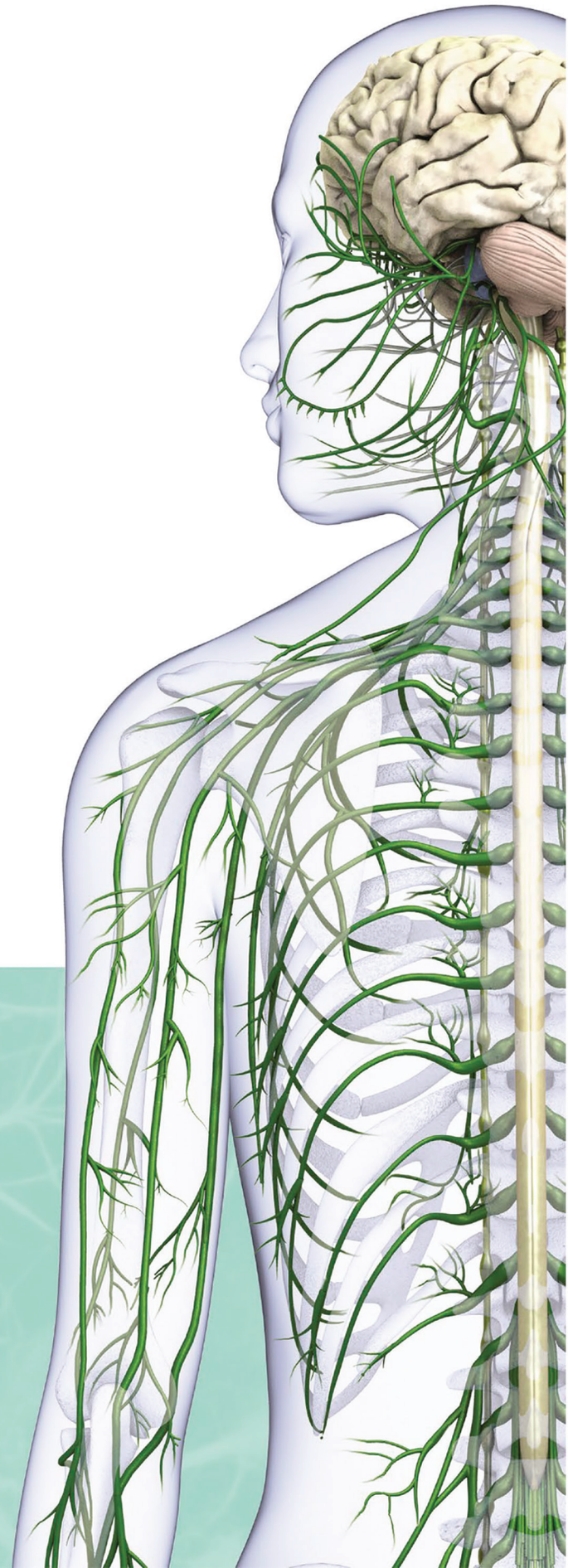
مقدمهٔ مترجم ۸

یک اندام غیر عادی ۱۰
بررسی مغز ۱۲
نقاط عطف در علوم اعصاب ۱۴
اسکن مغزی ۱۶
سفری به درون مغز ۱۹

مغز و بدن ۴۱
کارکردهای مغز ۴۲
دستگاه عصبی ۴۴
مغز و دستگاه عصبی ۴۶
اندازهٔ مغز، مصرف انرژی و محافظت ۴۸
تکامل ۵۲

ساختمان مغز ۵۵
ساختارهای مغز ۵۶
مناطق و تقسیمات مغزی ۶۱
هسته‌های مغز ۶۲
تالاموس، هیپوتالاموس و غدهٔ هیپوفیز ۶۴
ساقهٔ مغز و مخچه ۶۶
دستگاه لیمبیک ۶۸
قشر مغز ۷۰
سلول‌های مغزی ۷۴
تکانه‌های عصبی ۷۶
نقشهٔ مغزی و شبیه‌سازی ۷۸

حس‌ها ۸۱
چگونه دنیا را حس می‌کنیم ۸۲
چشم ۸۴
قشر بینایی ۸۶
گذرگاه‌های بینایی ۸۸
ادراک بینایی ۹۰
دیدن ۹۲



گوش ۹۴
معنادار کردن صدا ۹۶
شنیدن ۹۸
بو ۱۰۰
ادراک بو ۱۰۲
مزه ۱۰۴
لامسه ۱۰۶
حس ششم ۱۰۸
علائم درد ۱۱۰
تجربهٔ درد ۱۱۲

حرکت و کنترل ۱۱۵
تنظیم ۱۱۶
دستگاه درون‌ریز عصبی ۱۱۸
طراحی حرکت ۱۲۰
اجرای حرکت ۱۲۲
عمل ناهشیار ۱۲۴
نورون‌های آینه‌ای ۱۲۶

هیجانات و احساسات ۱۲۹
مغز هیجانی ۱۳۰
هیجان هشیار ۱۳۲
تمایل و پاداش ۱۳۴

مغز اجتماعی ۱۳۷
رابطهٔ جنسی، عشق و بقا ۱۳۸
ابراز ۱۴۰
خود و دیگران ۱۴۲
مغز اخلاقی ۱۴۴

زبان و تعامل ۱۴۷
ژست‌ها و زبان بدن ۱۴۸
ریشه‌های زبان ۱۵۰
نواحی زبانی ۱۵۲
گفتگو ۱۵۴
خواندن و نوشتن ۱۵۶

حافظه و خاطره ۱۵۹
اصول حافظه ۱۶۰
شبکهٔ حافظه ۱۶۲
ذخیرهٔ خاطره ۱۶۴
یادآوری و بازشناسی ۱۶۶
حافظهٔ غیر عادی ۱۶۸

تفکر ۱۷۱
هوش ۱۷۲
خلاقیت و شوخ‌طبعی ۱۷۴
باور و خرافه ۱۷۶
خطاهای ادراکی ۱۷۸

هشیاری ۱۸۱
هشیاری چیست؟ ۱۸۲
مکان‌یابی هشیاری ۱۸۴
توجه و هشیاری ۱۸۶
مغز بلااستفاده ۱۸۸
تغییر هشیاری ۱۹۰
خواب و رؤیاها ۱۹۲
زمان ۱۹۴
خود و هشیاری ۱۹۶

مغز منحصربه‌فرد ۱۹۹
طبیعت و تربیت ۲۰۰
اثرگذاری بر مغز ۲۰۲
شخصیت ۲۰۴
مشاهده و تحریک مغز ۲۰۶
مغزهای عجیب ۲۰۸

تحول و افزایش سن ۲۱۱
مغز نوزاد ۲۱۲
کودکی و نوجوانی ۲۱۴
مغز بزرگ‌سال ۲۱۶
مغز سالمند ۲۱۸
مغز آینده ۲۲۰

بیماری‌ها و اختلالات ۲۲۵
مغز بیمار ۲۲۶
جراحی مغز ۲۳۶

واژه‌نامه ۲۵۴

نمایه ۲۶۳

مقدمهٔ مترجم

من یک مغز هستم و سایر اعضای بدنم ضمیمهٔ آن هستند.
آرتور کانن دویل

مطالعهٔ مغز انسان شاید در ابتدا منحصر به حوزهٔ پزشکی به نظر برسد، اما در حقیقت این انحصار ممکن است بیشتر در زمینهٔ ساختمان یا سخت‌افزار مغز درست باشد؛ بررسی کارکردها و کنش‌های ذهنی یا به عبارتی نرم‌افزار مغز یک موضوع بین رشته‌ای است. به همین دلیل ریتا کارتر در کتاب حاضر علاوه بر معرفی تقریباً مفصل ساختارهای دستگاه‌های مختلف عصبی، از چشم‌انداز سایر رشته‌ها و زمینه‌ها از جمله علوم کامپیوتری، جامعه‌شناسی، تکامل و به‌ویژه روان‌شناسی به اتفاقاتی که در مغز و ذهن انسان رخ می‌دهد، پرداخته است. مغز اندامی است که با تمام حوزه‌های روان‌شناختی مانند احساس و ادراک، شناخت، رفتار، اختلالات، شخصیت و... مرتبط است.

مغز انسان شباهت‌هایی با برخی از موجودات نخستی دارد، اما در واقع پیچیده‌ترین ساختاری است که تاکنون شناسایی شده و طبیعی است که بعضی از کارکردهای آن هنوز به‌خوبی شناخته و درک نشده‌اند؛ به همین دلیل است که دانش کنونی ما از کهکشان‌ها و اجرام آسمانی بیشتر از اطلاعات‌مان از مغز و ذهن خودمان است.

اینکه عضوی تا این اندازه حیاتی قرن‌ها برای بشر ناشناخته مانده، گواه پیچیدگی آن است؛ و از روزی که این عضو اسرارآمیز توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است تا به امروز همواره حقایقی شگفت‌انگیز از کارکرد مغز برای انسان آشکار می‌شود و هنوز هم رازهای بسیاری از این اندام جادویی برای انسان پنهان مانده است. با ظهور تکنولوژی‌های تصویربرداری، اکنون اطلاعات ما از ساختمان مغز تقریباً کامل است. اگرچه ابزارهای تصویربرداری کارکردی نیز به شناخت عملکرد مغزی و رخدادهای درون سلول‌های عصبی کمک کرده‌اند، هنوز چرایی و چگونگی بعضی از این کنش‌ها و نقش آنها در سلامت روانی و یا ابتلا به اختلالات روانی مبهم باقی مانده است.

کتاب مغز انسان کتابی نسبتاً جامع است که با بهره‌گیری از تصاویر دقیق، مثال‌های متنوع و تکنولوژی‌های جدید خواننده را هم با ساختار و هم با عملکرد مغز آشنا می‌کند و نحوهٔ اثرگذاری متقابل دستگاه عصبی و فرایندهای روان‌شناختی بر یکدیگر را با جزئیات توصیف می‌کند.

در فصول مختلف کتاب، خواننده علاوه بر تعاریف مورد نیاز، با ساختارهای مغزی مرتبط با هر مفهوم و شیوهٔ عملکرد آنها در آن حوزه نیز آشنا می‌شود؛ به فراخور مطالب در هر فصل بخشی هم به اختلالات مربوط به موضوع آن فصل اختصاص یافته است.

در سه فصل ابتدایی به‌طور عمده ساختمان دستگاه‌های عصبی به تصویر کشیده شده است. فصل اول به تاریخچه‌ای از فعالیت‌های صورت‌گرفته در حوزهٔ کاوش مغز از ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد تا زمان کنونی می‌پردازد و در انتهای فصل، نویسنده با ۲۰ تصویر MRI خواننده را به سفری جذاب به درون مغز می‌برد و ساختارهای عمدهٔ مغز را نشان می‌دهد.

فصل دوم به برخی از ویژگی‌های کلیدی مغز و حقایق مرتبط با ساختار دستگاه‌های عصبی و پیام‌رسانی اشاره می‌کند. در این بخش اعصاب موجود در دستگاه‌های عصبی مرکزی و پیرامونی، نحوهٔ خون‌رسانی و تغذیهٔ مغز و لایه‌های محافظ ساختار عصبی به تصویر کشیده شده‌اند. قسمت پایانی فصل نیز به تکامل مغزی برخی از موجودات اختصاص یافته است.

در فصل سوم، مغز و ساختارهای متصل به آن از جمله مخچه و ساقهٔ مغز باز شده و اجزای درونی آنها مانند هسته‌های داخلی مغز و غدد نشان داده شده‌اند. علاوه بر این، خواننده با برش‌های مختلف مغزی، شیارها، شکنج‌ها و تقسیم‌بندی‌های ساختاری و کارکردی مغز آشنا می‌شود و مغز را از زوایای مختلف می‌بیند. مخاطبان همچنین دو اصل اساسی نوروسایکولوژی یعنی اصول عدم تقارن مغزی و تقاطع اطلاعات ورودی و خروجی دستگاه عصبی را می‌آموزند. بخشی از این فصل نیز به ساختارهای درونی مخچه، ساقهٔ مغز، دستگاه لیمبیک و لایه‌های قشری اختصاص دارد. ساختار، انواع و نحوهٔ عملکرد سلول‌های عصبی و شیوهٔ تعامل و پیام‌رسانی آنها از طریق انتقال‌دهنده‌های عصبی هم به‌تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در انتهای این فصل بعضی از اقدامات صورت‌گرفته به‌منظور شبیه‌سازی مغز ذکر شده است.

موضوع فصل چهارم حواس پنجگانه و ساختار اندام‌های دریافت‌کنندهٔ اطلاعات حسی، تبدیل این اطلاعات به ادراک‌های هشیار در مغز و مناطق مغزی مربوط به هر یک از این حواس است. همچنین نویسنده در هر قسمت به برخی از پلاک‌های مرتبط با هر حس و اختلالات مربوط به حواس پنجگانه اشاره کرده است. پس از آن کارتر حس ششم یا حس عمقی و اختلالات مرتبط با این حس به‌ویژه احساس انواع درد را معرفی کرده است.

کارکردهای خودکار یا غیر ارادی دستگاه عصبی مانند تنفس، تنظیم دما، تولید و ترشح هورمون‌ها، تنظیم تعادل حیاتی بدن و اعمال بازتابی در فصل پنج مطرح شده‌اند. علاوه بر این، بخشی از این فصل به چرخه‌های خواب و بیداری، طراحی، تنظیم و اجرای حرکت

می‌پردازد و در انتهای فصل نیز به اختلالات حرکتی و مناطق احتمالی مؤثر در اختلالات اختصاص دارد. از سوی دیگر، با توجه به اینکه برخی از فعالیت‌های روزمرهٔ ما به‌صورت خودکار شکل می‌گیرد، نویسنده نحوهٔ اجرای اعمال ناهشیار و فرایندها و مناطق مغزی مرتبط با آنها را نیز شرح داده است. وی با اشاره به نورون‌های آینه‌ای، شیوهٔ عملکرد آنها در حرکات، هیجانات و نیات را توضیح داده است.

موضوع فصل ششم مغز هیجانی است و در آن به تعدادی از هیجانات و نواحی مغزی مرتبط با آنها و همچنین کارکرد این مناطق در اثر بروز هیجانات و پردازش‌های مغزی اشاره شده است.

با توجه به اینکه انسان موجودی اجتماعی است، بخشی از مغز ما نیز به تعاملات و فرایندهای اجتماعی اختصاص دارد. در فصل هفتم، سه مفهوم عشق، رابطهٔ جنسی و بقا در ارتباط با تعاملات اجتماعی مورد بحث قرار گرفته‌اند و برخی از هیجانات عمدهٔ مرتبط با روابط اجتماعی نیز مطرح شده‌اند. از سوی دیگر، بعضی از مفاهیم درهم‌تنیده با ارتباط‌های اجتماعی مانند اخلاقیات، نوع‌دوستی و جامعه‌ستیزی ذیل عنوان مغز اخلاقی در این فصل گنجانده شده‌اند. با توجه به اینکه یکی از کارکردهای مختل در اختلالات طیف اوتیسم تعامل اجتماعی با دیگران است، نویسنده به این اختلال و ارتباط آن با نظریهٔ ذهن نیز اشاره کرده است.

در فصل هشتم به اصلی‌ترین شیوهٔ ارتباطات انسانی یعنی استفاده از زبان اشاره شده است، اما منظور نویسنده از زبان صرفاً یک اندام فیزیکی یا گفتار کلامی نیست، بلکه ژست‌ها و زبان بدن را نیز در این فصل گنجانده است. وی ضمن ذکر شیوه‌های یادگیری زبان، تفاوت‌های موجود در زبان‌های مختلف و فرهنگ‌های متفاوت و سبک‌های گوناگون کاربرد زبان در میان انسان‌ها، به ساختارها و فرایندهای مغزی مرتبط با کاربرد زبان نیز اشاره کرده است. کارتر در قسمتی از فصل به تشریح اتفاقات شکل‌گرفته در حین یک گفتگو در مغز گوینده و شنونده پرداخته است و بخشی از مطالب مربوط به زبان را به خواندن و نوشتن و فرایندهای دخیل در آنها اختصاص داده است. در پایان این فصل خواننده با انواع زبان‌پریشی‌ها و اختلالات مربوط به خواندن و نوشتن آشنا می‌شود.

در فصل نهم فرایندهای تشکیل حافظه، مناطق مغزی دخیل در شکل‌گیری حافظه و به خاطر آوردن اطلاعات، انواع حافظه و نواحی مربوط به هر یک از آنها برای خوانندگان تشریح شده‌اند و همانند سایر فصل‌ها به تعدادی از مشکلات مرتبط با به‌یادسپاری یا یادآوری اطلاعات نیز اشاره شده است.

در فصل دهم مخاطبان با بعضی از کنش‌های عالی ذهن مانند تفکر، تصمیم‌گیری، خلاقیت و... آشنا می‌شوند. علاوه بر این، نویسنده به نقش هوش در این فرایندها اشاره کرده است و در بخشی دیگر نقش سیستم‌های باوری و اعتقادی را در تفکر انسان مطرح می‌کند. با توجه به اینکه تعداد زیادی از اختلالات روانی با تحریف‌های موجود در شناخت و تفکر انسان ارتباط دارند، کارتر برخی از اختلالات مرتبط با سیستم فکری از جمله خطاهای ادراکی را نیز معرفی کرده است.

در فصل یازدهم هشیاری و بعضی از مفاهیم مرتبط با آن مانند توجه و تمرکز، خواب و رؤیا و همچنین موضوعاتی مانند خود و زمان توصیف شده‌اند. با توجه به نقش نقایص هشیاری در بعضی از اختلالات روانی در انتهای فصل تعدادی از این مشکلات مرتبط با حوزهٔ هشیاری مانند تجارب خارج از بدن یا تجارب نزدیک به مرگ ذکر شده‌اند.

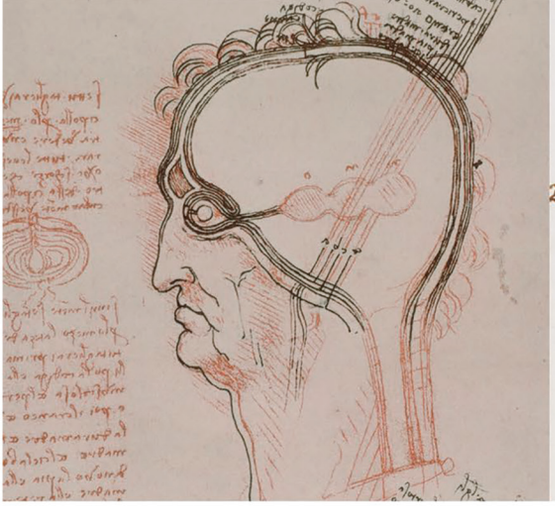
کارتر در فصل دوازدهم به یکتایی مغزهای افراد، تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود در مغز انسان‌ها و همچنین در بین دو جنس و حتی در بین دوقلوها و در فرهنگ‌ها و خانواده‌های متفاوت اشاره کرده است. شخصیت هر انسان بیانگر منحصربه‌فرد بودن او است، در نتیجه نویسنده به‌منظور تأکید بر این یکتایی به ارتباط شخصیت با مغز پرداخته و در این راستا بعضی از نشانگرها، آزمون‌ها و اختلالات شخصیت را ذکر کرده است. علاوه بر این، برخی از شیوه‌های نوین تحریک و مطالعهٔ مغز و جراحی‌های مغزی نیز در این فصل مطرح شده‌اند.

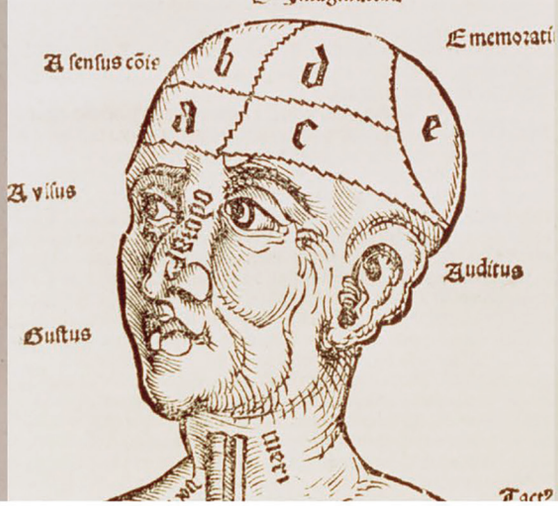
در فصل سیزدهم نویسنده از منظر تحولی به مغز نگاه کرده است و تغییرات ساختاری و عملکردی دستگاه عصبی انسان را در چرخهٔ زندگی یعنی از لقاح تا زمان مرگ مورد بررسی قرار داده است. وی علاوه بر تکامل طبیعی دستگاه عصبی و مغز از زاویهٔ دیگری نیز به تکامل پرداخته و به پیشرفت‌های چشمگیر در زمینهٔ تکنولوژی ساخت هوش مصنوعی، اندام‌های مصنوعی و کنترل آنها توسط فرایندهای فکری اشاره کرده است.

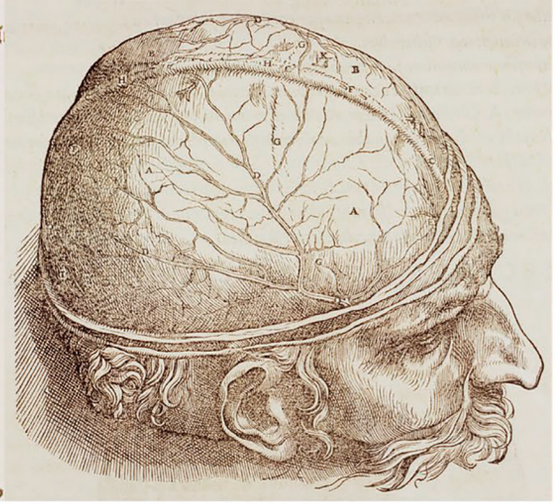
در فصل پایانی پس از توضیحی کوتاه دربارهٔ نظریه‌های تاریخی و تعریف و تشخیص اختلالات روانی، بیش از چهل مورد از این بیماری‌ها و اختلالات به همراه تعاریف، بعضی از علل، علائم و نشانه‌ها، زیرنوع‌ها، مناطق مغزی دخیل و... به‌طور مختصر توصیف شده است.

در امر ترجمهٔ این کتاب تلاش کردم تا از متداول‌ترین واژگان و اصطلاحات مربوط به حوزهٔ علوم اعصاب استفاده کنم و امیدوارم که متن فارسی این اثر بتواند مفاهیمی را که نویسنده به زبانی جذاب و شیوا مطرح کرده، به خوانندگان منتقل کند. در پایان لازم می‌دانم صمیمانه از جناب آقای دکتر محسن ارجمند، مدیر محترم انتشارات ارجمند، و سایر کارکنان پرتلاش این مجموعه به‌ویژه تیم طراحی و صفحه‌آرایی که مقدمات ترجمه و چاپ این کتاب را فراهم کردند، قدردانی کنم. امید است این اثر به خوانندگان علاقه‌مند به مطالعهٔ مغز کمک کند تا دانش بهتر و عمیق‌تری از این اندام اسرارآمیز به دست بیاورند و آن را در راستای شناخت بهتر خود و مراجعان‌شان به کار ببرند.

به‌طور قطع ترجمهٔ حاضر عاری از اشتباه نیست و لذا صمیمانه پذیرای نظرات و پیشنهادات اصلاحی خوانندگان محترم خواهم بود:
golvarz.books@gmail.com







یک اندام غیر عادی

مغز انسان شبیه به هیچ چیز دیگری نیست. برخلاف سایر اندام‌ها، مواد و محتوای مغز از پیش در آن قرار داده نشده است – وزن مغز ۳ پوند (۱/٤ کیلوگرم) یا بیشتر است و از گوشتهٔ گرد و چین‌خورده با غلظتی بین ژله و کرهٔ جامد تشکیل شده است. مغز مانند ریه‌ها منبسط و منقبض نمی‌شود، مثل قلب پمپاژ نمی‌کند یا شبیه به مثانه مواد قابل مشاهده‌ای ترشح نمی‌کند. اگر قسمت فوقانی سر فردی را برش بزنید و از نزدیک درون آن را نگاه کنید، شاهد وقوع هیچ اتفاقی در مغز نخواهید بود.

جایگاه هشیاری

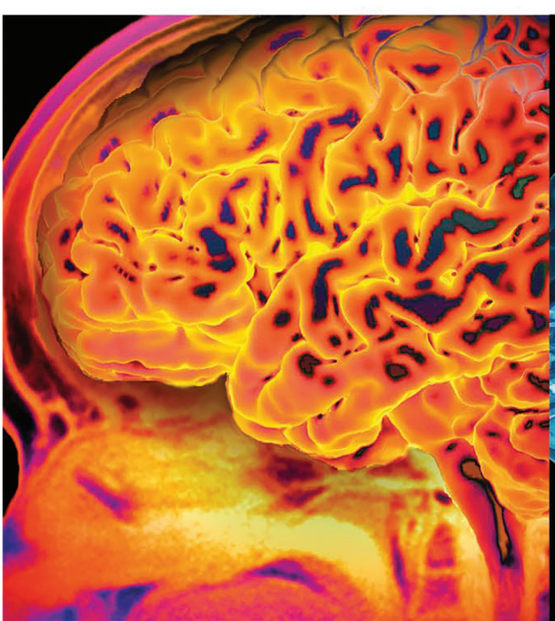
به این ترتیب، شاید عجیب نباشد که برای قرن‌ها محتویات جمجمهٔ انسان نسبتاً بی‌اهمیت قلمداد می‌شد. مصریان باستان در حین مومیایی کردن اموات‌شان، مغز آنها را از جمجمه خارج کرده و دور می‌انداختند، اما در عین حال قلب را با دقت و احتیاط حفظ می‌کردند. ارسطو، فیلسوف یونان باستان، معتقد بود که مغز رادیاتوری برای خنک کردن خون است. رنه دکارت، دانشمند فرانسوی، کمی بیشتر به مغز توجه کرده و اظهار کرد که مغز آنتنی است که واسطهٔ ارتباط روح با بدن است. اما در حال حاضر و به علت پیشرفت‌های صورت‌گرفته به عجایب کامل مغز توجه می‌شود.

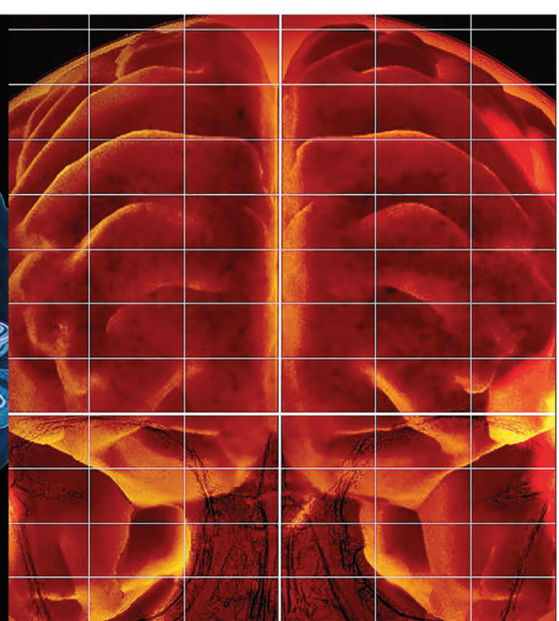
اساسی‌ترین کارکرد مغز زنده نگه‌داشتن سایر بخش‌های بدن است. در میان ۱۰۰ میلیارد نورون مغز، برخی از آنها تنفس، ضربان قلب و فشار خون را تنظیم می‌کنند و بعضی دیگر گرسنگی، تشنگی، میل جنسی و چرخهٔ خواب را کنترل می‌نمایند. علاوه بر این، مغز هیجانات، ادراک‌ها و افکاری را تولید می‌کند که به رفتار جهت می‌دهند. در نتیجه مغز وظیفهٔ هدایت و اجرای اعمال را به عهده دارد. در نهایت، مغز مسئول آگاهی هشیار ذهن است.

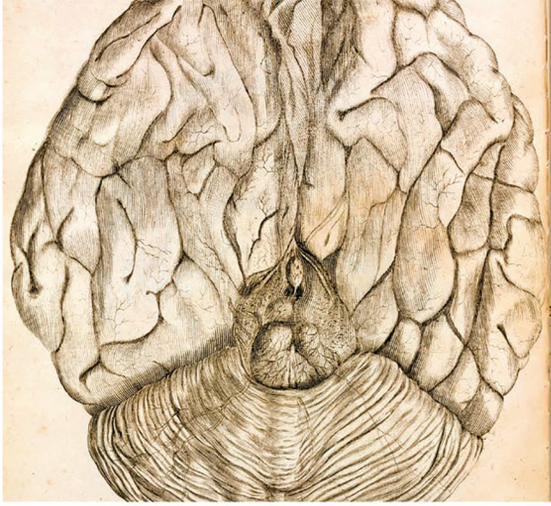
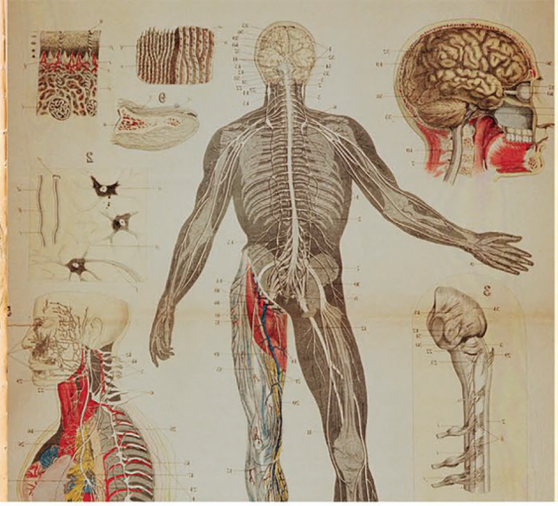
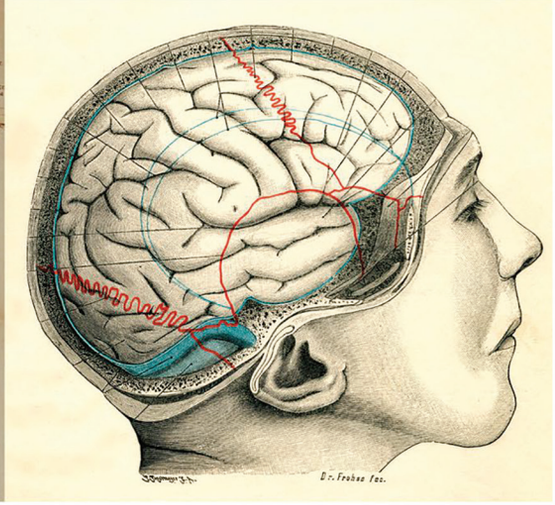
مغز پویا

تا حدود ۱۰۰ سال پیش، تنها شواهد برای ارتباط مغز و ذهن از «آزمایش‌های طبیعی» به دست می‌آمدند؛ این آزمایش‌ها حوادثی بودند که در آنها آسیب به سر موجب انحرافاتی در رفتارهای مصدومان می‌شد. پزشکان متعهد و سخت‌کوش با مشاهدهٔ بیمارانی که چنین تجاربی داشتند –و سپس انطباق نقایص آنها با مناطق آسیب‌دیدهٔ مغزشان– نقشهٔ مناطق مغزی را تنظیم کردند. این کار به‌کندی پیش می‌رفت زیرا دانشمندان مجبور بودند برای بررسی شواهد فیزیولوژیکی، در انتظار مرگ بیماران بنشینند. در نتیجه، تا اوایل قرن بیستم، می‌شد تمام مطالب شناخته‌شده دربارهٔ اساس فیزیکی ذهن را تنها در یک جلد کتاب گنجاند.

از آن زمان تاکنون، پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی مقدمات شکل‌گیری انقلابی در علوم اعصاب را فراهم کرده‌اند. میکروسکوپ‌های قدرتمند مشاهدهٔ جزئیات ساختمان پیچیدهٔ مغز را امکان‌پذیر کردند. افزایش پیشرفت‌های صنعت برق به شناخت





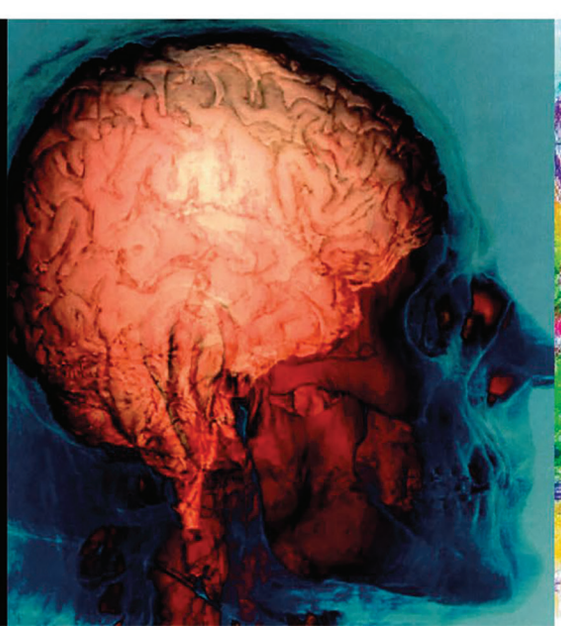
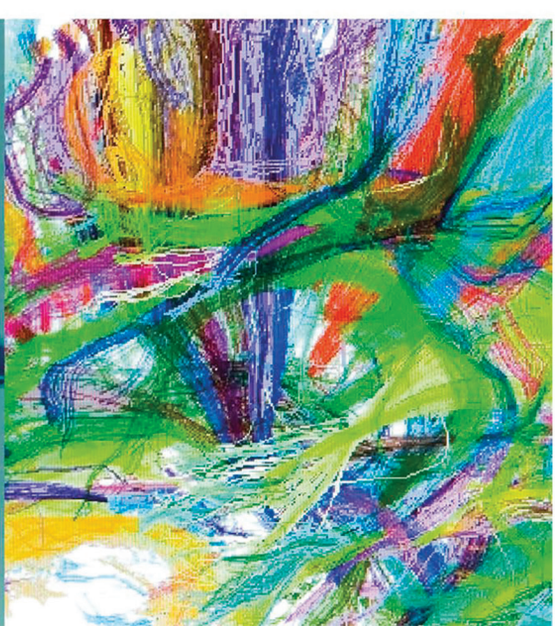
پویایی‌های مغز کمک کرد و سپس با ظهور الکتروانسفالوگرافی (EEG) مشاهده و اندازه‌گیری این پویایی‌ها مقدور شد. در نهایت، ابداع دستگاه‌های تصویربرداری کارکردی مغز به دانشمندان کمک کرد که درون مغز زنده و مکانیسم‌های آن را در حین فعالیت ببینند. طی ۲۰ سال گذشته، توموگرافی نشر پوزیترون (PET)، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی کارکردی (fMRI) و جدیدتر از همه، انسفالوگرافی مغناطیسی (MEG) نقشهٔ مفصل‌تر و دقیق‌تری از کارکردهای مغز تولید کرده‌اند.

چشم‌انداز بی‌پایان

در حال حاضر مسائلی برای ما روشن شده‌اند: مداربندی‌ای که باعث تداوم فرایندهای حیاتی می‌شود، سلول‌هایی که انتقال‌دهنده‌های عصبی را تولید می‌کنند، سیناپس‌هایی که از طریق آنها پیام‌ها از سلولی به سلول دیگری منتقل می‌شوند و رشته‌های عصبی که درد را انتقال می‌دهند یا اندام‌های ما را به حرکت در می‌آورند. ما می‌دانیم که اندام‌های حسی‌مان اشعه‌های نوری و امواج صوتی را به پیام‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند و می‌توانیم مسیر آنها به مناطق تخصصی قشری را که به پیام‌ها واکنش نشان می‌دهند ردگیری کنیم. ما می‌دانیم که چنین محرک‌هایی به‌وسیلهٔ بادامه سبک‌سنگین و ارزش‌گذاری شده و به هیجانات تبدیل می‌شوند. بادامه قطعهٔ ریزی از بافت است که برخلاف ظاهر کوچک خود از عهدهٔ فعالیت‌های سنگینی برمی‌آید. ما می‌توانیم ببینیم که هیپوکامپ خاطره‌ای را بازیابی می‌کند، یا اینکه قشر پیش‌پیشانی قضاوتی اخلاقی انجام می‌دهد. ما می‌توانیم الگوهای عصبی مرتبط با سرگرمی، همدلی –حتی هیجان *شادنفرود* در هنگام مشاهدهٔ شکست حریف– را شناسایی کنیم. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی‌های تصویربرداری نشان می‌دهند که مغز سیستمی حساس و به‌طرز حیرت‌آوری پیچیده است و هر بخش آن تقریباً بر سایر بخش‌ها تأثیر می‌گذارد. برای نمونه، شناخت «سطح بالا» از سوی لوب‌های پیشانی برای اثرگذاری بر تجربهٔ حسی پس‌خوراند می‌دهد؛ بنابراین آنچه در هنگام مشاهدهٔ یک شیء می‌بینیم توسط انتظارات و همچنین تأثیر برخورد نور به شبکیه شکل می‌گیرد. برعکس، پیچیده‌ترین تولیدات مغز ممکن است به پایین‌ترین مکانیسم‌های آن وابسته باشند. برای مثال، واکنش‌های بدنی که آنها را به‌عنوان هیجان احساس می‌کنیم موجب قضاوت‌های هوشمندانه می‌شوند و با آسیب به ساقهٔ مغز که از پایین‌ترین بخش‌های مغز است هشیاری هم دچار اختلال می‌شود. برای پی بردن به پیچیدگی مسئله باید بدانید که این سیستم در گردن متوقف نمی‌شود بلکه تا نوک انگشتان پا گسترش می‌یابد، حتی ممکن است برخی ادعا کنند که این سیستم به ذهن‌های دیگری هم که فرد با آنها تعامل دارد توسعه می‌یابد.

بررسی مغز از دیدگاه علوم اعصاب فعالیت در حال پیشرفتی است و هیچ‌کس نمی‌داند تصویر نهایی چگونه خواهد بود. شاید به این علت باشد که مغز به‌اندازه‌ای پیچیده است که هرگز نمی‌تواند خودش را به‌طور کامل بشناسد. بنابراین نمی‌توان این کتاب را به‌عنوان توصیف کاملی از مغز در نظر گرفت. بر اساس شناختی که امروزه از مغز داریم –با تمام زیبایی و پیچیدگی‌اش– این کتاب یک دید واحد به تمام زوایای مغز انسان به ما ارائه می‌کند. شگفت‌زده شوید.

ریتا کارتر

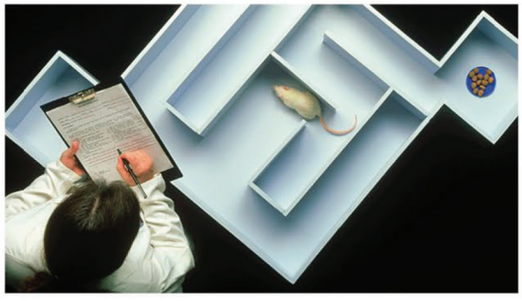



بررسی مغز

مغز آخرین اندام انسانی است که رازهای خود را برملا کرده است. برای مدتی طولانی، انسان‌ها حتی نتوانسته بودند بفهمند کارکرد مغز چیست. کشف ساختمان، کارکردها و فرایندهای مغز سفری طولانی و آهسته در طول هزاران سال بوده است و در طی این سال‌ها دانش انسان دربارهٔ این اندام رازآلود توسعه یافته و تجمیع شده است.

کاوش مغز

کندوکاو مغز دشواری خاصی دارد؛ زیرا ساختارهای آن ظریف هستند و نمی‌توان با چشم غیر مسلح فرایندهای آن را مشاهده کرد. این واقعیت که جذاب‌ترین محصول مغز، یعنی هشیاری، شبیه به فرایندهای جسمی نیست مشکل را پیچیده‌تر می‌کند، بنابراین هیچ مدرک واضحی برای نیاکان دور ما وجود نداشت که این سازه را با مغز مرتبط کنند. در هر صورت، در طول قرن‌ها، فلاسفه و پزشکان به شناختی از مغز دست یافته‌اند و طی ۲۵ سال اخیر با ظهور تکنیک‌های تصویربرداری از مغز، دانشمندان علوم اعصاب نقشهٔ مفصلی از آنچه پیش‌تر یک قلمروی کاملاً مرموز بود طراحی کرده‌اند.

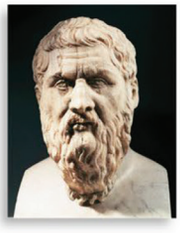


استفاده از خرموش‌ها
مغز خرموش‌ها شباهت زیادی به مغز انسان دارد. تا پیش از توسعهٔ روش‌های تصویربرداری، دانشمندان تنها با بررسی مغز خرموش‌ها یا سایر موجودات غیرانسانی می‌توانستند به‌طور مستقیم بافت مغز را ببینند.

پاپیروس

۴۰۰۰ ق. م.
نوشته‌های اولیهٔ سومری به اثر سرخوشی تخم خشخاش اشاره می‌کنند.

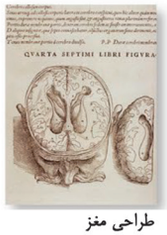
۱۷۰۰ ق. م.
دست‌نویس‌های پاپیروسی مصری توصیف دقیقی از مغز ارائه می‌کنند؛ اما مصری‌ها ارزش زیادی برای این عضو قائل نیستند؛ آنها قبل از مومیایی کردن اجساد و برخلاف سایر اندام‌ها، مغز متوفی را خارج می‌کنند و دور می‌اندازند. این کار حاکی از آن است که مصری‌ها مغز را برای رجعت بی‌فایده می‌دانستند.



افلاطون

۳۸۷ ق. م.
افلاطون، فیلسوف یونانی، در آتن تدریس می‌کند؛ او معتقد است که مغز جایگاه فرایندهای ذهنی است.

۴۵۰ ق. م.
یونانی‌های اولیه مغز را به‌عنوان جایگاه حواس انسان تشخیص می‌دهند.



طراحی مغز

۱۵۴۳
آندرئاس وسالیوس، پزشک اروپایی، نخستین کالبدشناسی «نوین» را با طراحی‌های دقیقی از مغز انسان منتشر می‌کند.

۱۶۶۴
توماس ویلیس، فیزیولوژیست آکسفورد، نخستین اطلس مغز را منتشر می‌کند و جایگاه کارکردهای گوناگون را در «واحدهای» مجزای مغزی مشخص می‌کند.

اطلس مغز

۱۷۷۴
فرانتس آنتون مسمر، پزشک آلمانی، «مغناطیس حیوانی» را معرفی می‌کند که بعدتر به هیپنوتیزم مشهور می‌شود.

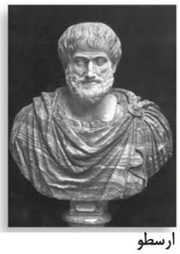
۱۸۴۸
یک میلهٔ آهنی وارد مغز فینیاس گیج می‌شود (ص. ۱۴۵).

۴۰۰۰ ق. م. | ۳۰۰۰ ق. م. | ۲۰۰۰ ق. م. | ۱۰۰۰ ق. م. | ۱۵۰۰ | ۱۶۰۰ | ۱۷۰۰ | ۱۸۰۰

۲۵۰۰ ق. م.
سوراخ کردن جمجمه (سوراخ‌های ایجادشده در جمجمه با دریل) روند متداولی برای جراحی در بین فرهنگ‌ها است. این کار احتمالا برای تسکین اختلالات مغزی از قبیل صرع یا بنا به علل آیینی یا معنوی انجام می‌شود.

سوراخ کردن جمجمه

۳۳۵ ق. م.
ارسطو، فیلسوف یونانی، دوباره بر باور باستانی مبنی بر تسلط قلب تأکید می‌کند؛ مغز رادیاتوری است که از گرمایش شدید بدن پیشگیری می‌کند.



ارسطو

۱۷۰ ق. م.
گالن، پزشک رومی، این نظریه را مطرح می‌کند که خُلق و طبع انسان به چهار «مزاج» (مایعات موجود در بطن‌های مغز) مرتبط است. این ایده به‌مدت بیش از ۱۰۰۰ سال برقرار می‌ماند. توصیفات ساختاری گالن که توسط نسل‌های متعددی از پزشکان استفاده شده به‌طور عمده بر پژوهش روی میمون‌ها و خوک‌ها مبتنی بوده است.

گالن در حین کار

۱۶۴۹
رنه دکارت، فیلسوف فرانسوی، مغز را به‌عنوان یک سیستم هیدرولیک توصیف می‌کند که کنترل رفتار را در اختیار دارد. هرچند، کنش‌های «عالی‌تر» ذهنی به‌وسیلهٔ یک وجود غیر مادی تولید می‌شوند که از طریق غدهٔ صنوبری با بدن تعامل می‌کند.

رنه دکارت

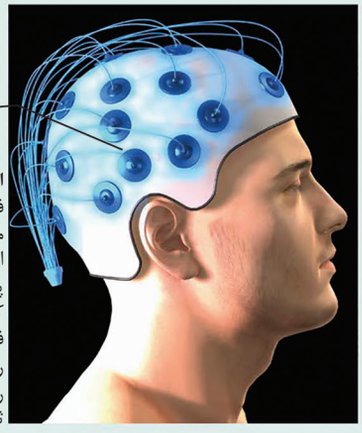
۱۷۹۱
لوییجی گالوانی، فیزیک‌دان ایتالیایی، [با ایجاد شوک] موجب انقباض در پاهای قورباغه‌ها می‌شود و در پی آن اساس الکتریکی فعالیت عصبی را کشف می‌کند.

لوییجی گالوانی

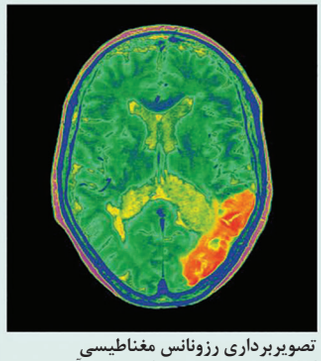
۱۸۴۹
هرمان فان هلمهولتز، فیزیک‌دان آلمانی، سرعت انتقال عصبی را اندازه‌گیری می‌کند و پس از آن ایدهٔ وابستگی ادراک به «استنباط‌های ناهشیار» را مطرح می‌کند.

ظهور تکنیک‌های تصویربرداری

تقریباً تا سال‌های اخیر دانشمندان قادر نبودند به بسیاری از فعالیت‌های مغز پی ببرند. تنها روشی که به‌واسطهٔ آن می‌توانستند کارکردهایی نظیر بینایی، هیجان یا گفتار را با مناطق مغزی کنترل‌کننده‌شان منطبق کنند این بود که فردی را پیدا کنند که به علت صدمهٔ مغزی یکی از توانایی‌هایش مختل شده باشد و سپس صبر کنند که او از دنیا برود تا بتوانند جایگاه و وسعت آسیب مغزی را بررسی کنند. در غیر این صورت، دانشمندان تنها با مشاهدهٔ رفتار انسان‌ها می‌توانستند حدس بزنند که برای مغز آنها چه رخ داده است. امروزه، تکنیک‌های تصویربرداری نوین از قبیل fMRI و EEG (ص. ۱۶) به دانشمندان علوم اعصاب امکان می‌دهند که در حین انجام تکالیف مختلف یا فرایندهای گوناگون فکری توسط فرد، فعالیت الکتریکی مغز او را مشاهده کنند. این کار به آنها اجازه می‌دهد که انواع رفتارها، هیجان‌ها و... را با انواع اختصاصی فعالیت مغزی مرتبط کنند. تسهیل مشاهدهٔ مغز توسط تکنیک‌های تصویربرداری امکان انفجار اطلاعات در علوم اعصاب را فراهم کرده است و به شناخت عمیق‌تری از مغز و نحوهٔ کار آن منجر شده است.



الکترودها
فعالیت عصبی را می‌توان از طریق اتصال الکترودهایی به پوست سر اندازه‌گیری کرد. این الکترودها فعالیت الکتریکی مغز را دریافت کرده و آن را به‌صورت دیجیتال ثبت می‌کنند.



تصویربرداری رزونانس مغناطیسی
اسکن‌های مغزی می‌توانند بافت آسیب‌دیده را نشان دهند، برای نمونه، منطقهٔ قرمز در اسکن MRI فوق نشان‌دهندهٔ آسیب ناشی از یک سکته است.

۱۸۵۹
چارلز داروین در منشأ گونه‌ها را منتشر می‌کند.

۱۸۶۲–۷۴
بروکا و ورنیکه (ص. ۱۴) دو منطقهٔ اصلی زبانی را در مغز کشف می‌کنند.

۱۸۷۴
کارل ورنیکه در باب آفازی (اختلالات زبانی ناشی از آسیب مغزی) مطلبی را منتشر می‌کند.

۱۸۸۹
سانتیاگو رامون ای. کاخال در دکترین نورون پیشنهاد می‌کند که سلول‌های عصبی عناصر مستقلی هستند و واحدهای اساسی مغز را تشکیل می‌دهند. او در سال ۱۹۰۶ برندهٔ جایزهٔ نوبل می‌شود.

حدود ۱۹۰۰
زیگموند فروید فعالیتش را در عصب‌شناسی رها می‌کند تا در مورد روان‌پویایی مطالعه و بررسی کند. موفقیت روان‌کاوی فرویدی به مدت نیم‌قرن موجب کاهش اهمیت روان‌پزشکی فیزیولوژیکی شد.

زیگموند فروید

۱۹۰۶
سانتیاگو رامون ای. کاخال نحوهٔ ارتباط سلول‌های عصبی را شرح می‌دهد.

سلول‌های عصبی در هیپوکامپ جوندگان

۱۹۱۹
گوردون مورگان هولمز، عصب‌شناس ایرلندی، جایگاه بینایی را در قشر مخطط (قشر بینایی اولیه) تعیین می‌کند.

۱۹۳۴
ایگاس مونیز، عصب‌شناس پرتغالی، نخستین جراحی لوکوتومی را انجام می‌دهد (که بعدتر تحت عنوان لوبوتومی شناخته می‌شود، ص. ۱۵). او همچنین آنژیوگرافی، یکی از نخستین تکنیک‌های تصویربرداری از مغز را ابداع کرد.

ایگاس مونیز

۱۹۵۳
برندا میلنر بیماری به نام HM (ص. ۱۶۳) را توصیف می‌کند که پس از جراحی هیپوکامپ، حافظه‌اش را از دست داده است.

۱۹۸۱
راجر والکات اسپری به دلیل فعالیت در زمینهٔ کارکردهای متفاوت دو نیمکرهٔ مغز موفق به دریافت جایزهٔ نوبل می‌شود (ص. ۱۵ و ۲۰۹).

۱۹۸۳
بنجامین لیبت مطلبی را دربارهٔ زمان‌بندی ارادهٔ آگاهانه منتشر می‌کند (ص. ۱۵).

۲۰۱۳
ایالات متحده و اتحادیهٔ اروپا پروژه‌های شبیه‌سازی مغز انسان را آغاز می‌کنند. کانکتوم، یک تلاش مشترک جهانی است که نخستین نمودارهای اتصالات نورونی را عرضه می‌کند.

۱۹۰۰

۲۰۰۰

۱۸۵۰
فرانتس جوزف گال، جمجمه‌شناسی (ص. ۱۴) را کشف می‌کند، این علم صفات شخصیتی را به مناطق خاصی از سر نسبت می‌دهد.

۱۸۷۳
دانشمند ایتالیایی کامیلیو گلژی روش [رنگ‌آمیزی با] نیترات نقره را منتشر می‌کند و مشاهدهٔ اعصاب را به‌طور یکپارچه امکان‌پذیر می‌کند. او در سال ۱۹۰۶ برندهٔ جایزهٔ نوبل می‌شود.

سلول‌های عصبی

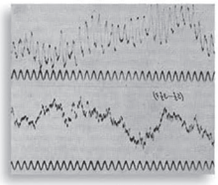
۱۹۰۶
آلوار آلزایمر زوال پیش‌پیری را توصیف می‌کند (ص. ۲۳۵).

۱۹۱۴
هنری هلت دیل، فیزیولوژیست بریتانیایی، استیل‌کولین اولین انتقال‌دهندهٔ عصبی کشف‌شده را [از نمونهٔ زیستی] جدا کرده و به‌صورت خالص درمی‌آورد. او در سال ۱۹۳۶ برندهٔ جایزهٔ نوبل می‌شود.

۱۹۰۹
کربینین برادمن بر اساس ساختار عصبی، ۵۲ منطقهٔ قشری مجزا را توصیف می‌کند. این منطقه‌بندی امروزه همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد (ص. ۷۱).

نقشهٔ قشری

۱۹۲۴
نخستین الکترونسفالوگرافی‌ها توسط هانس برگر اجرا می‌شود.



الکترونسفالوگرافی

۱۹۵۷
دابلیو. پنفیلد و تی. راسموسن یک هومونکولوس حرکتی و حسی طراحی می‌کنند (ص. ۱۴ و ۱۰۷).

۱۹۷۰–۸۰
اسکن‌های مغزی توسعه می‌یابند: SPECT، PET، MRI و MEG در این همگی در این دهه پدید می‌آیند.

۱۹۷۳
تیموتی بلیس و ترژه لومو توانش بلندمدت را توصیف می‌کنند (ص. ۱۶۲).

۱۹۹۱
جیاکومو ریتزولاتی در پارما، نورون‌های آینه‌ای را کشف می‌کند (ص. ۱۵ و ۱۲۶–۱۲۷).

تصویربرداری مغناطیسی اولیه

نقاط عطف در علوم اعصاب

بخش عمدهٔ دانش ما دربارهٔ مغز از پژوهش آهسته و توأم با زحمت گروه‌های عظیمی از انسان‌ها به دست آمده است. هرچند، گهگاه در تاریخچهٔ علوم اعصاب اکتشاف‌ها یا ایده‌های چشمگیر ناشی از تلاش‌های یک دانشمند به‌تنهایی مشاهده می‌شود. در ادامه ثابت شده است که برخی از این موارد پیشرفت‌های ارزشمندی بوده‌اند، در حالی که بعضی دیگر علی‌رغم اثرگذاری‌شان، به بن‌بست رسیده‌اند.

مردی که خودش را گم کرد

فینیاس گیج

پس از اینکه بخشی از مغز سرکارگر آمریکایی، مؤدب و دوست‌داشتنی راه‌آهن طی حادثه‌ای آسیب دید، وی به‌طرز چشمگیری تغییر کرد و به‌شدت بددهان شد (ص. ۱۴۵). این بیمار اولین موردی بود که نشان داد جایگاه توانایی‌هایی همچون قضاوت اجتماعی و اخلاقی را می‌توان در لوب پیشانی پیدا کرد.

آسیب فاجعه‌بار
این بازسازی جمجمهٔ فینیاس گیج نشان می‌دهد که چگونه یک میلهٔ آهنی به لوب‌های پیشانی مغزش آسیب وارد کرد.

جمجمه‌شناسی

فرانتس جوزف گال

گال فکر می‌کرد که بر اساس برجستگی‌های جمجمه می‌توان به شخصیت فرد پی برد. او ادعا کرد که قدرت توانمندی‌ها تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ برآمدگی‌ها است و این امر باعث می‌شود که جمجمه به‌طور چشمگیری برجسته شود. این دیدگاه در قرن نوزده در آمریکا و اروپا بسیار پرطرفدار بود؛ در آن زمان تقریباً هر شهر یک مؤسسهٔ جمجمه‌شناسی داشت. اگرچه ایدهٔ موضعی بودن کارکردهای مغز گال بی‌معنی به نظر می‌رسید، در حال حاضر تا حدود زیادی درست از آب درآمده است. آن دسته از پژوهش‌های تصویربرداری که به‌منظور تعیین جایگاه کارکردهای مغزی صورت می‌گیرند اغلب «جمجمه‌شناسی نوین» نامیده می‌شوند.

سر جمجمه‌شناسی
ادعا می‌شد که مدل‌هایی از این دست برآمدگی‌هایی را روی جمجمه نشان می‌دهند و این برجستگی‌ها شخصیت فرد را برملا می‌کنند. برخی از طبقات عبارت‌اند از «ملایمت» یا «خیرخواهی».

مناطق زبانی

بروکا و ورنیکه

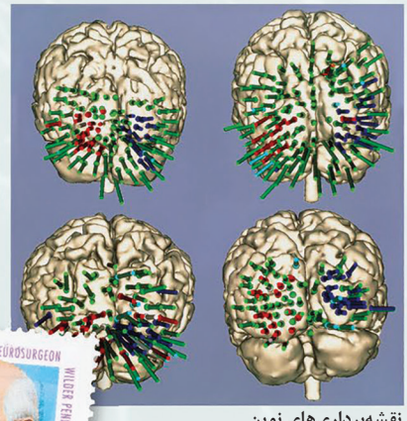
در سال ۱۸۶۱ پل بروکا، پزشک فرانسوی، بیماری را توصیف کرد که فقط می‌توانست کلمهٔ «تان» را بگوید؛ بنابراین نام او را آقای «تان» گذاشت. بروکا پس از مرگ تان، مغز او را مورد مطالعه قرار داد و متوجه آسیب به بخشی از قشر پیشانی چپ او شد. این بخش مغز به «ناحیهٔ بروکا» مشهور شد (ص. ۱۵۲). کارل ورنیکه، عصب‌شناس آلمانی، در سال ۱۸۷۶ متوجه شد که آسیب به بخش متفاوتی از مغز هم می‌تواند موجب مشکلات زبانی شود (این منطقه به «ناحیهٔ ورنیکه» معروف شد). این دو دانشمند نخستین افرادی بودند که به‌روشنی مناطق کارکردی مغز را تعریف کردند.

پل بروکا — کارل ورنیکه

ترسیم نقشهٔ مغز

وایلدر پنفیلد

نخستین نقشهٔ مشروح کارکرد مغز انسان توسط وایلدر پنفیلد، جراح مغز کانادایی، طراحی شد. او با بیمارانی که برای کنترل صرع تحت عمل جراحی قرار می‌گرفتند کار می‌کرد. هنگامی که مغز آنها باز بود و بیماران هشیار بودند، پنفیلد با یک الکترود قشر را با دقت وارسی می‌کرد و به واکنش‌های فرد نسبت به لمس بخش‌های مختلف مغزش توجه می‌کرد. پنفیلد نخستین فردی بود که به نقش لوب گیجگاهی در یادآوری اشاره کرد و نقشهٔ مناطق قشری را که حرکات را کنترل می‌کنند و حس‌های بدنی را به وجود می‌آورند ترسیم کرد.



نقشه‌برداری‌های نوین
امروزه تصویربرداری پیشرفته (تصویر بالا را ببینید) امکان انطباق فعالیت عصبی با تکالیف ذهنی را فراهم می‌کند. هرچند، بخش عمدهٔ نقشهٔ پایهٔ مغز نیم‌قرن پیش‌تر توسط پنفیلد تهیه شده است.

تمبر کانادایی

کاشت مغزی اولیه

خوزه دلگادو

دکتر خوزه دلگادو، عصب‌شناس اسپانیایی، یک کاشت مغزی ابداع کرد که از راه دور و توسط امواج رادیویی قابل کنترل بود. او متوجه شد که می‌تواند با فشردن یک دکمه رفتار حیوان و انسان را کنترل کند. دلگادو در آزمایش مشهورش در سال ۱۹۶۴، با یک گاو خشمگین مواجه شد و با فعال‌سازی کاشت موجود در مغز گاو، حیوان را در یک قدمی خودش متوقف کرد. در آزمایشی دیگر، او ابزار را در مغز شامپانزه‌ای که به جفتش زورگویی می‌کرد قرار داد. وی کنترل را در قفس گذاشت تا شامپانزهٔ قربانی با استفاده از آن، رفتار بد حیوان قلدر را «خاموش کند».

دلگادو و گاو

لوبوتومی

نخستین لوبوتومی‌ها در دهۀ ۱۸۸۰ انجام شدند، اما این تلاش‌ها در دهۀ ۱۹۳۰ با جهش مواجه شدند. در آن زمان ایگاس مونیز، جراح مغز و اعصاب پرتغالی، متوجه شد که قطع عصب‌هایی که از قشر پیشانی به تالاموس می‌روند علائم روان‌پریشی را در برخی از بیماران کاهش می‌دهد. والتر فریمن، جراح آمریکایی، با استفاده از روش مونیز «لوبوتومی یخ‌شکن» را ابداع کرد. او در خلال سال‌های ۱۹۳۶ تا دهۀ ۱۹۵۰ برای درمان انواع مختلفی از مشکلات ۴۰ تا ۵۰ هزار بیمار را لوبوتومی کرد. در گذشته از این شیوۀ جراحی به‌طور افراطی استفاده شده و اکنون شیوه‌ای منزجرکننده محسوب می‌شود.

با این حال این روش در بسیاری از موارد موجب تسکین درد می‌شد: پیگیری بیماران در انگلستان به این نتیجه رسید که ۴۱ درصد از آنها «بهبود یافتند» یا «وضعیت‌شان بهتر شد»، ۲۸ درصد «بهبود جزئی یافتند»، ۲۵ درصد «هیچ تغییری» نشان ندادند، ۴ درصد فوت کردند و ۲ درصد بدتر شدند.

سوراخ کردن جمجمه

ایجاد سوراخ در سر به‌وسیلۀ دریل از دوران پیش از تاریخ و جهت درمان طیف گسترده‌ای از بیماری‌ها به کار رفته است. جمجمه‌برداری معادل نوین آن است و به‌منظور کاهش فشار درون جمجمه اجرا می‌شود.

لوبوتومی «یخ‌شکن»

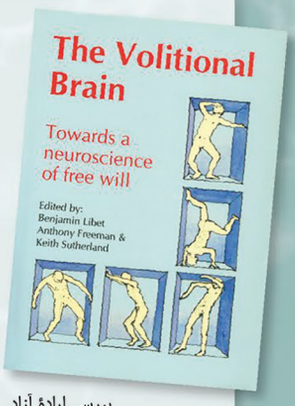
والتر فریمن، تصویر بالا، متوجه شد که می‌تواند لوبوتومی را با بی‌حسی موضعی انجام دهد. وی یک یخ‌شکن را از بالای چشم بیمار وارد می‌کرد و آن را مانند برف‌پاک‌کن به چپ و راست حرکت می‌داد.

یخ‌شکن

تصمیم‌های هشیارانه

بنجامین لیبت

بنجامین لیبت، دانشمند علوم اعصاب آمریکایی، (ص. ۱۹۵) در اوایل دهۀ ۱۹۸۰ طی مجموعه‌آزمایش‌های خلاقانه‌ای نشان داد که آنچه ما «تصمیم‌های» هشیارانه برای رفتار می‌دانیم در واقع فقط اطلاع از کاری است که مغزِ ناهشیار انجام می‌دهد. آزمایش‌های لیبت تلویحات فلسفی عمیقی دارد زیرا در وهلۀ اول نتایج حاکی از این هستند که ما دربارۀ کاری که انجام می‌دهیم گزینۀ هشیارانه‌ای نداریم و بنابراین نمی‌توانیم خودمان را دارای ارادۀ آزاد تصور کنیم.



بررسی ارادۀ آزاد

حافظه‌سازی

هنری جی. مولیسون

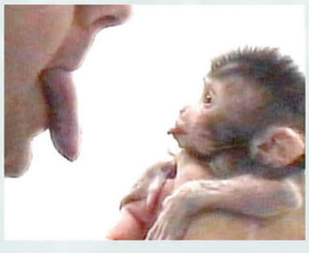
در سال ۱۹۵۳، «HM» ۲۷ ساله در آمریکا تحت عمل جراحی قرار گرفت تا حملات شدید صرعش را متوقف کند. جراحان که در آن زمان از کارکردهای هیپوکامپ بی‌اطلاع بودند منطقۀ بزرگی از آن را خارج کردند (ص. ۱۶۳). هنگامی که او به هوش آمد نمی‌توانست خاطرات جدید را ذخیره کند و تا پایان عمر هم به همین شکل باقی ماند. این حادثۀ غم‌انگیز بیانگر نقش حیاتی هیپوکامپ در فراخوانی اطلاعات بود.

گیرافتاده در زمان

هنری جی. مولیسون- عموماً با عنوان «HM» شناخته می‌شود- یکی از پربررسی‌ترین بیماران تاریخ پزشکی نوین بود.

نورون‌های آینه‌ای

نورون‌های آینه‌ای (ص. ۱۲۷-۱۲۶) در سال ۱۹۹۱ و به‌طور تصادفی کشف شدند. گروهی از پژوهشگران در ایتالیا تحت رهبری جیاکومو ریتزولاتی فعالیت عصبی را در مغز میمون و حین انجام حرکات دسترسی رصد می‌کردند. یک روز هنگامی که میمونی به یکی از پژوهشگران نگاه می‌کرد، محقق به‌طور غیر عمد حرکت او را تقلید کرد و متوجه شد که فعالیت عصبی مغز میمون در واکنش به این حرکت تقلیدی، مشابه فعالیت عصبی در زمانی بود که خود میمون این کار را انجام می‌داد. برخی تصور می‌کنند که نورون‌های آینه‌ای اساس نظریۀ ذهن، تقلید و همدلی هستند.



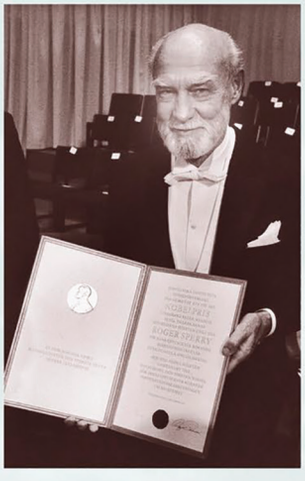
ماکاک‌های مقلد

نورون‌های آینه‌ای وضعیتی را در مغز مشاهده‌گر ایجاد می‌کنند که به وضعیت مغز فرد مورد مشاهده شبیه است و به این وسیله یک تقلید خودکار را تولید می‌کنند.

آزمایش‌های مغز دوپاره

راجر اسپری

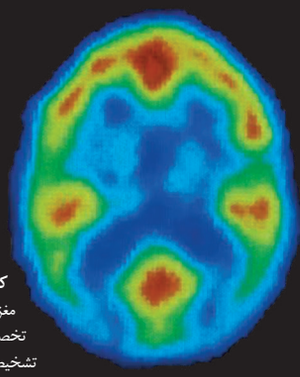
راجر اسپری، عصب‌زیست‌شناس، آزمایش‌های مغز دوپاره را روی افرادی انجام داد که طی عمل جراحی برای درمان صرع، نیمکره‌های مغزشان از هم جدا شده بودند (ص. ۲۰۹). نتایج نشان دادند که در موقعیت‌های خاص، هر نیمکره می‌تواند افکار و اهداف متفاوتی داشته باشد. این مسئله موجب طرح سؤالی عمیق در این مورد شد که آیا هر فرد فقط یک «خود» دارد.



راجر اسپری جایزۀ نوبل را در سال ۱۹۸۱ دریافت می‌کند

اسکن مغزی

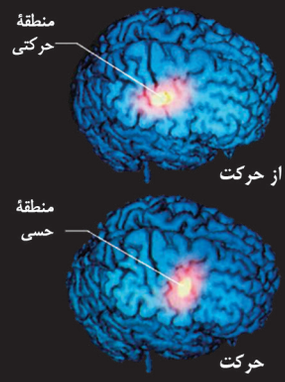
تکنیک‌های تصویربرداری مغز را می‌توان به دو نوع متفاوت تقسیم کرد، تصویربرداری ساختمانی که دربارهٔ ساختار مغز اطلاعات می‌دهد و تصویربرداری کارکردی که به پژوهشگران امکان می‌دهد تا شیوهٔ کار مغز را ببینند. این روش‌ها در کنار یکدیگر علوم اعصاب را متحول کرده‌اند.



اسکن‌های PET
این اسکن‌ها مستلزم تزریق نشانگر رادیواکتیوی هستند که به گلوکز مغز می‌چسبد. مناطق با فعالیت بالا (قرمز) گلوکز را به‌عنوان سوخت جذب می‌کنند. رنگ نشانگر حاکی از بخش‌هایی از مغز است که شلیک می‌کنند.

کارکرد

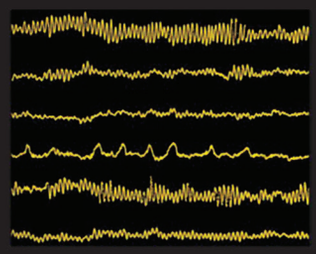
مغز از واحدهایی تشکیل شده که برای انجام کارهای اختصاصی تخصص یافته‌اند. تصویربرداری کارکردی مغز به‌طور عمده دربارهٔ تشخیص این مسئله است که کدام واحدها در کدام فعالیت‌ها نقش بیشتری دارند. این کار به دانشمندان علوم اعصاب امکان می‌دهد که نقشهٔ مفصلی از کارکردهای مغزی تهیه کنند. ما اکنون می‌دانیم که ادراک‌ها، زبان، حافظه، هیجان و حرکت در کجا رخ می‌دهند. تصویربرداری علاوه بر اینکه نشان می‌دهد کارکردهای مختلف چگونه با یکدیگر کار می‌کنند، یک نگاه اجمالی در خصوص پیچیده‌ترین جنبه‌های روان‌شناسی انسانی هم فراهم می‌کند. برای نمونه، ما با مشاهدهٔ مغز فردی در حال تصمیم‌گیری متوجه می‌شویم که تصمیم‌های به‌ظاهر منطقی به‌وسیلهٔ مغز هیجانی برانگیخته می‌شوند. تصویربرداری مغز شطرنج‌بازان ماهر علت وابستگی تبحر به تمرین را نشان می‌دهد. مشاهدهٔ مغز فردی که با یک چهرهٔ ترسناک مواجه می‌شود نشان می‌دهد که هیجان مسری است.



فعالیت زمان واقعی
انسفالوگرافی مغناطیسی (MEG) ردهای مغناطیسی فعالیت مغزی را ثبت می‌کند. این روش در نشان دادن مکان وقوع فعالیت قدرتمند نیست، اما در تعیین زمان‌بندی عملکرد خوبی دارد. در اینجا، مغز برای حرکت انگشت برنامه‌ریزی می‌کند و ۴۰ میلی‌ثانیه بعد هم‌زمان با وقوع حرکت، فعالیت مغز تغییر می‌کند.

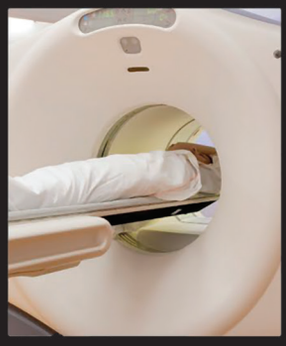
امواج مغزی

الکتروانسفالوگرافی‌ها (EEGs) فعالیت الکتریکی ایجادشده توسط شلیک سلول‌های عصبی را نشان می‌دهند. آنها «امواج مغزی» متمایزی را ثبت می‌کنند که بیانگر سرعت شلیک در حالت‌های متفاوت ذهن هستند.



پنجره‌ای رو به مغز

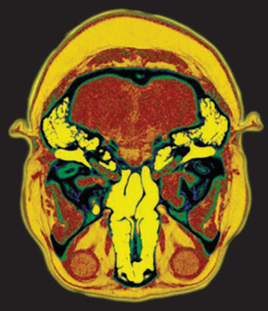
ساختار مغز به‌خوبی شناخته شده است، اما تا چندی پیش تنها با حدس زدن می‌شد به شیوهٔ خلق افکار، هیجانات و ادراک‌ها از سوی مغز پی برد. اکنون تکنولوژی تصویربرداری امکان مشاهدهٔ مغز زنده و شیوهٔ کار آن را فراهم کرده است. مغز با تولید بارهای کوچک الکتریکی کار می‌کند. تصویربرداری کارکردی فعال‌ترین مناطق مغز را نشان می‌دهد. این کار به شیوه‌های مختلفی انجام می‌شود از قبیل: اندازه‌گیری مستقیم فعالیت الکتریکی (EEG)، ثبت میدان‌های مغناطیسی ایجادشده توسط فعالیت الکتریکی (MEG)، اندازه‌گیری عوارض جانبی سوخت‌وسازی از قبیل تغییرات در جذب گلوکز (PET) و جریان خون (fMRI).

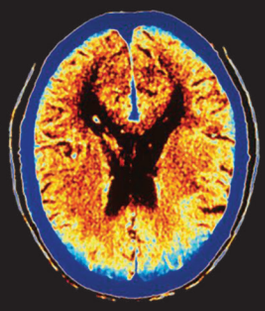


اسکنر PET
اسکنرهای توموگرافی نشر پوزیترون (PET) علائم نشانگرهای رادیواکتیو در بافت را ثبت می‌کنند تا فعالیت مغزی را نشان دهند.

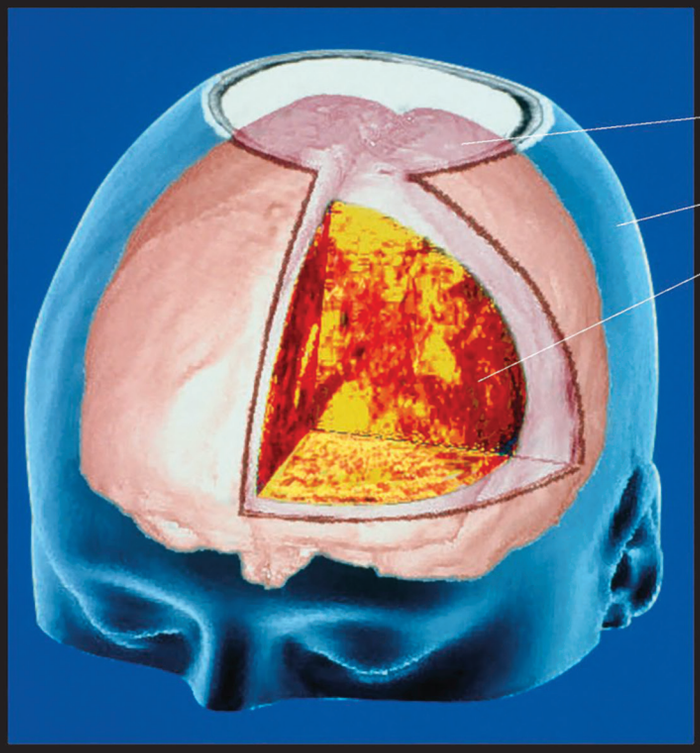
ساختمان

مغز با آنچه در ظاهر دیده می‌شود بسیار متفاوت است. تصویربرداری توموگرافی کامپیوتری (CT) با استفادهٔ ترکیبی از کامپیوتر و اشعه‌های ایکس دقیق، «برش‌های» متعددی از بدن را تولید می‌کند. این کار به شما امکان می‌دهد که بافت‌هایی از بدن را که در حالت عادی مبهم و نامشخص هستند، از هر زاویه یا در هر سطحی به‌روشنی ببینید، برای مثال به ساختارهای درونی و ظریف مغز وضوح می‌بخشد. به‌علاوه رنگ‌آمیزی مصنوعی مناطق نیز بخش‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کند. اسکن‌های CT به‌طور کامل ساختاری هستند: آنها شکل اندام را نشان می‌دهند اما شیوهٔ کار آن را خیر. آنها در ایجاد تمایز بین بافت‌های نرم و استخوانی عملکرد خوبی دارند و بنابراین در تشخیص تومورها و لخته‌های خونی سودمند هستند.





جزئیات ساختاری
این تصاویر CT بافت‌های مختلف را با جزئیات نشان می‌دهند: تصویر سمت چپ مخچه و کرهٔ چشم را به رنگ قرمز، استخوان‌ها را به رنگ آبی و سبز، و سینوس‌ها و حفره‌های گوش را با زرد روشن نشان می‌دهد. تصویر سمت راست یک مغز سالم را نمایش می‌دهد (جلوی مغز در پایین تصویر قرار دارد). مناطق سیاه‌رنگ بطن‌های مملو از مایع هستند.



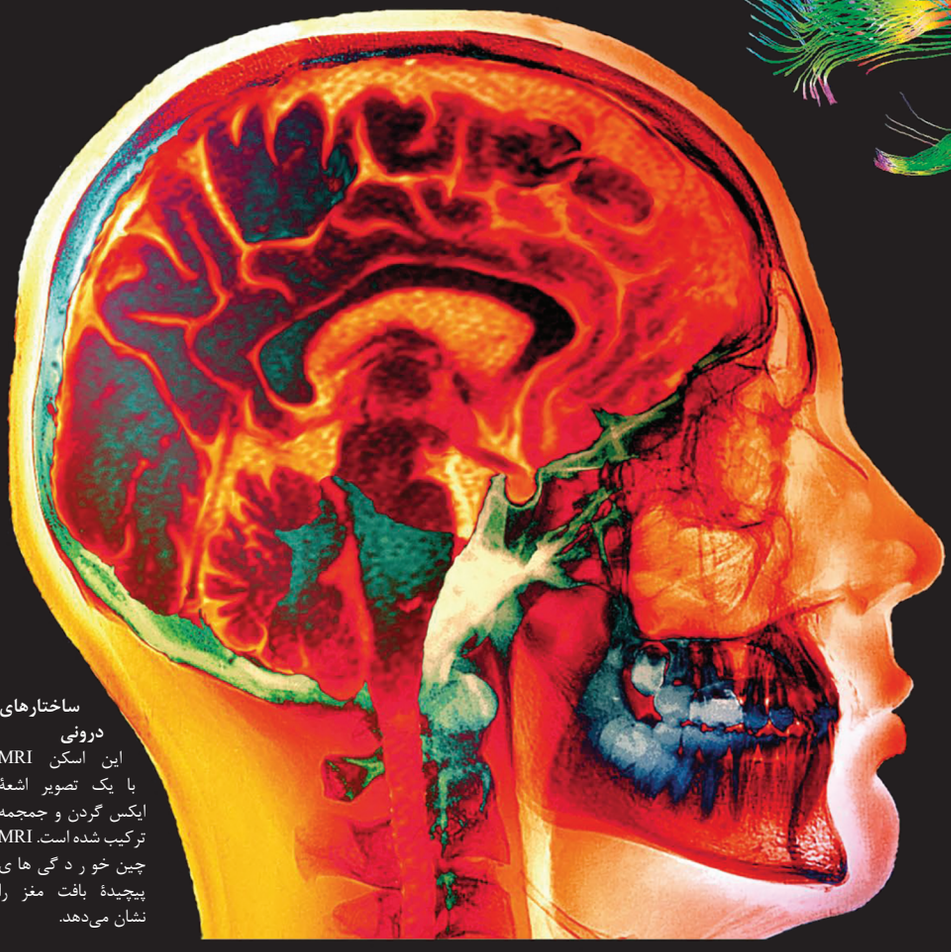
مغز سه‌بعدی
CT تصاویر مغز را به‌صورت سه‌بعدی به نمایش می‌گذارد و برای نشان دادن وضعیت داخلی مغز می‌توان این تصاویر را «برش زد». در اینجا، یک‌چهارم قدامی و راست پوشش‌ها و سطح مغز برداشته شده‌اند تا بافت زیرین نمایان شود.

تصویربرداری رزونانس مغناطیسی

تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) نسبت به CT تمایز بهتری بین انواع بافت ارائه می‌کند. این روش به‌جای استفاده از اشعهٔ ایکس، از یک میدان مغناطیسی قدرتمند استفاده می‌کند که باعث می‌شود اتم‌های هیدروژن در بدن آرایش جدیدی به خود بگیرند. هسته‌های اتم‌ها یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند که توسط اسکنر «خوانده» شده و به یک تصویر کامپیوتری سه‌بعدی تبدیل می‌شود. مغز با سرعت بالایی اسکن می‌شود (معمولاً هر ۲ تا ۳ ثانیه یک‌بار) تا «برش‌هایی» مشابه با اسکن‌های CT تولید شود. افزایش فعالیت عصبی باعث تغییر در جریان خون می‌شود که میزان اکسیژن منطقه را دگرگون می‌کند و در علائم مغناطیسی تغییر ایجاد می‌کند. تصویربرداری رزونانس مغناطیسی کارکردی (fMRI) سطوح مختلف فعالیت الکتریکی را که در بخش‌های ساختاری مغز رخ می‌دهند به نمایش می‌گذارد.

گذرگاه‌های عصبی در مغز

یکی از روش‌های MRI به نام تصویربرداری تنسور پخش، مسیر آب را در طول رشته‌های عصبی ثبت می‌کند. در اینجا رشته‌های آبی‌رنگ از بالا به پایین می‌روند، رشته‌های سبزرنگ از جلو به عقب و رشته‌های قرمز بین دو نیمکره جریان دارند.

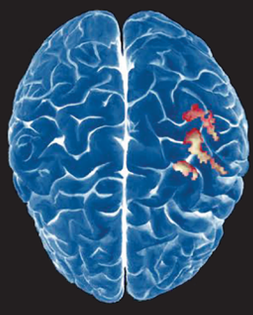


ساختارهای درونی

این اسکن MRI با یک تصویر اشعهٔ ایکس گردن و جمجمه ترکیب شده است. MRI چین خو ر د گی ها ی پیچیدهٔ بافت مغز را نشان می‌دهد.

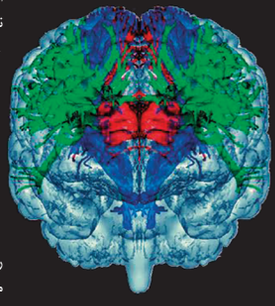
حرکت

fMRI برای تعیین مکان فعالیت مغزی عملکرد مناسبی دارد. در این تصویر (بخش خلفی مغز در بالا قرار دارد)، منطقهٔ قرمز نشان‌دهندهٔ فعالیت در ناحیهٔ مسئول حرکت دست راست است. هر طرف بدن توسط نیمکرهٔ مخالف مغز کنترل می‌شود.



جزئیات رشته‌ها

این تصویر تنسور پخش نمای دیگری از رشته‌های عصبی را نشان می‌دهد. رشته‌های سبز بخش‌های مختلف دستگاه لیمبیک را به هم وصل می‌کنند. رشته‌های آبی از مخچه آغاز شده و به ستون مهره‌ها وصل می‌شوند. رشته‌های قرمز دو نیمکره را به یکدیگر متصل می‌کنند.



تصویربرداری ترکیبی

هر یک از تصویربرداری‌ها مزایای خاص خود را دارند. برای نمونه، MRI برای نشان دادن جزئیات مناسب است، اما در ترسیم نقشهٔ رویدادهای پرسرعت بسیار کند است. EEG و MEG سریع هستند ولی در تعیین مکان فعالیت‌ها عملکرد مناسبی ندارند. پژوهشگران برای دست‌یابی به اسکن‌هایی که هم فرایندهای سریع و هم مکان فرایندها را نشان دهند، از دو یا چند روش برای تولید یک تصویر ترکیبی استفاده می‌کنند. برای مثال، در اینجا (راست) MRI با وضوح بالا که تصویربرداری آن حدود ۱۵ دقیقه طول می‌کشد، با یک fMRI با وضوح پایین که تولید آن فقط چند ثانیه طول می‌کشد ترکیب شده و جایگاه فعالیت در مناطق مغزی دخیل در شنیدن کلام را نشان می‌دهد. در خلال تکالیفی از این دست که جنبه‌های متعددی دارند، مناطق تغییر می‌کنند و باید به‌سرعت و هماهنگ با یکدیگر کار کنند. مناطق درگیر در یک تکلیف از فردی به فرد دیگر متفاوت هستند، بنابراین بررسی‌ها اغلب اطلاعات مربوط به داوطلبان را تلفیق می‌کنند تا به یک میانگین دست یابند.

بررسی زبان

در اغلب افراد، مناطق زبانی اصلی مغز در نیمکرهٔ چپ قرار دارند، بنابراین هنگامی که فرد به کلمات گفتاری گوش می‌کند این مناطق فعالیت بیشتری نشان می‌دهند. نیمکرهٔ راست نیز برای تکمیل شنیدن و تمایز میان لحن و آهنگ ضروری است.

برش‌های به‌هم‌متصل

در اینجا، یک اسکن ترکیبی CT و MRI سطح چین‌خوردگی‌های مغز را به تصویر می‌کشد. این تصویر همچنین استخوان‌های جمجمه و مهره‌های فوقانی را نشان می‌دهد.