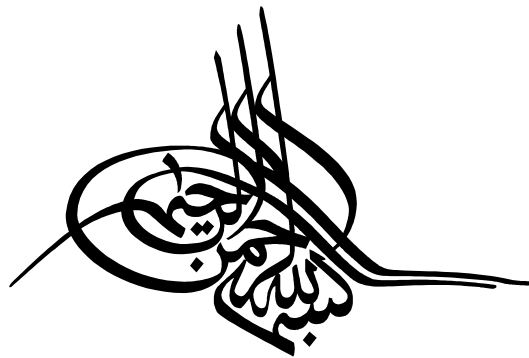




روانشناسی فیزیولوژیک، انگیزش و هیجان

سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد

مجموعه روانشناسی و علوم تربیتی ۲
مؤلف: فروزان سلیمی‌فر

روانشناسی فیزیولوژیک، انگیزش و هیجان / فروزان سلیمی‌فر
مشاوران صعود ماهان، ۹۵
۳۹۵ ص: جدول، نمودار (آمادگی آزمون کارشناسی ارشد)

ISBN : ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۶۶-۰۷-۰

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

فارسی - چاپ دوم

۱- روانشناسی فیزیولوژیک، انگیزش و هیجان

۳- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی

فروزان سلیمی‌فر

ج - عنوان

LB ۲۳۵۳/الف ۳۴۷ ت ۲۳

رده‌بندی دیویی: ۳۷۸/۱۶۶۴

شماره کتابشناسی ملی: ۱۱۲۶۷۷۶

۲- آزمونها و تمرینها (عالی)
۴- دانشگاهها و مدارس عالی - ایران - آزمونها



نام کتاب: روانشناسی فیزیولوژیک، انگیزش و هیجان
مؤلف: فروزان سلیمی‌فر
ناشر: مشاوران صعود ماهان
نوبت و تاریخ چاپ دوم / ۹۵
تیراژ: ۲۰۰۰ جلد
قیمت: ۳۷۰/۰۰۰ ریال
شابک: ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۶۶-۰۷-۰

انتشارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقاطع مطهری،
روبروی قنادی هتل بزرگ تهران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰
تلفن: ۸۸۱۰۰۱۱۳-۴

سخن ناشر

آیا آنانکه می‌دانند با آنانکه نمی‌دانند برابرند؟ (قرآن کریم)

پس از حمد و سپاس و ستایش به درگاه بی‌همتای احدیت و درود بر محمد مصطفی، عالی نمونه بشریت که در تاریخ دور تاریخ، بنا به فرمان نافذ صمدیت از میان مردمی برخاست که خود بودند در پست‌ترین حد توحش و ضلال و بربریت و آنگاه با قوانین شامل خویش هم ایشان را راهبری نمود و رهانید از بدویت و استعانت جوییم از قرآن کریم، کتابی که هست جاودانه و بی‌نقص تا ابدیت.

کتابی که در دست دارید آخرین ویرایش از مجموعه کتب خودآموز مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان است که بر مبنای خلاصه درس و تأکید بر نکات مهم و کلیدی و تنوع پرسش‌های چهار گزینه‌ای جمع‌آوری شده است. در این ویرایش ضمن توجه کامل به آخرین تغییرات در سرفصل‌های تعیین شده جهت آزمون‌های ارشد تلاش گردیده است که مطالب از منابع مختلف معتبر و مورد تأکید طراحان ارشد با ذکر مثال‌های متعدد بصورت پرسش‌های چهار گزینه‌ای با کلید و در صورت لزوم تشریح کامل ارائه گردد تا دانشجویان گرامی را از مراجعه به سایر منابع مشابه بی‌نیاز نماید.

لازم به ذکر است شرکت در آزمون‌های آزمایشی ماهان که در جامعه آماری گسترده و در سطح کشور برگزار می‌گردد می‌تواند محک جدی برای عزیزان دانشجو باشد تا نقاط ضعف احتمالی خود را بیابند و با مرور مجدد مطالب این کتاب، آنها را برطرف سازند که تجربه سال‌های مختلف موکد این مسیر به عنوان مطمئن‌ترین راه برای موفقیت می‌باشد.

لازم به ذکر است از پورتال ماهان به آدرس www.mahanportal.ir می‌توانید خدمات پشتیبانی را دریافت دارید. و نیز بر خود می‌بالیم که همه ساله میزان تطبیق مطالب این کتاب با سؤالات آزمون‌های ارشد- که از شاخصه‌های مهم ارزیابی کیفی این کتاب‌ها می‌باشد- ما را در محضر شما سربلند می‌نماید.

در خاتمه بر خود واجب می‌دانیم که از همه اساتید بزرگوار و دانشجویان ارجمند از سراسر کشور و حتی خارج از کشور و همه همکاران گرامی که با ارائه نقطه نظرات سازنده خود ما را در پربارتر کردن ویرایش جدید این کتاب یاری نمودند سپاسگزاری نموده و به پاس تلاش‌های بی‌چشمداشت، این کتاب را به محضرشان تقدیم نماییم.

مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان
معاونت آموزش

فهرست

عنوان

صفحه

بخش اول: فیزیولوژیک	۷
فصل اول: تعریف، فنون و روش‌های تحقیق در روان‌شناسی فیزیولوژیک و علوم اعصاب	۹
فصل دوم: ساختار واکنش سلول‌های دستگاه عصبی	۱۵
فصل سوم: آناتومی دستگاه عصبی (نورو آناتومی)	۳۹
فصل چهارم: دستگاه عصبی مرکزی	۶۵
فصل پنجم: ادراک و حرکت	۷۳
فصل ششم: دستگاه غده‌های درون ریز	۱۰۷
فصل هفتم: فیزیولوژیک رفتارهای انگیزشی	۱۱۹
فصل هشتم: یادگیری و حافظه	۱۶۷
سوالات تالیفی ۱	۲۰۵
سوالات تالیفی ۲	۲۰۷
سوالات تالیفی ۳	۲۰۹
سوالات روان‌شناسی فیزیولوژیک	۲۱۲
بخش دوم: نظریه‌های انگیزش	۲۱۵
بخش سوم: هیجان	۲۷۷
سوالات انگیزش و هیجان	۳۳۲
پاسخ سوالات انگیزش و هیجان	۳۳۹
سوالات و پاسخنامه آزمون سراسری ۷۹-۹۵	۳۴۱
منابع	۳۹۵

بخش اول

فیزیولوژیک

عناوین اصلی

- ♦ فصل اول: تعریف، فنون و روش‌های تحقیق
در روان‌شناسی فیزیولوژیک و علوم اعصاب
- ♦ فصل دوم: ساختار و اکشن سلول‌های دستگاه عصبی
- ♦ فصل سوم: آناتومی دستگاه عصبی (نورو آناتومی)
- ♦ فصل چهارم: دستگاه عصبی مرکزی
- ♦ فصل پنجم: ادراک و حرکت
- ♦ فصل ششم: دستگاه غده‌های درون‌ریز
- ♦ فصل هفتم: فیزیولوژیک رفتارهای انگیزشی
- ♦ فصل هشتم: یادگیری و حافظه

فصل اول

تعریف، فنون و روش‌های تحقیق در روان‌شناسی فیزیولوژیک و علوم اعصاب

- تعریف روان‌شناسی فیزیولوژیک
- نظری بر تاریخچه روان‌شناسی فیزیولوژیک
- روش‌های تحقیق در روان‌شناسی فیزیولوژیک

فصل اول

تعریف، فنون و روش‌های تحقیق در روان‌شناسی فیزیولوژیک و علوم اعصاب

۱- تعریف روان‌شناسی فیزیولوژیک

روان‌شناسی فیزیولوژیک به عنوان یک علم میان رشته‌ای به بررسی رابطه بین مغز و رفتار می‌پردازد. روان‌شناسی فیزیولوژیک با تحریک مستقیم (دارویی، مکانیکی و الکتریکی)، ثبت یا تخریب فعالیت‌های مغز، فرآیندهای زیستی و ساخت‌های عصبی را بررسی می‌کند. هر چه ابزار پژوهش کامل‌تر و پیچیده‌تر باشد تنوع این شیوه‌ها نیز بیشتر می‌شود.

۲- نظری بر تاریخچه روان‌شناسی فیزیولوژیک

از آغاز پدیدایی رشته روان‌شناسی، روان‌شناسی فیزیولوژیک نقش مهمی داشته است. روان‌شناسی علمی، فعالیت خود را با طرح اصول روان‌شناسی فیزیولوژیک، توسط وونت در سال ۱۸۷۴ آغاز کرد. پژوهش‌های روان‌شناسی فیزیولوژیک حدود ۲۰ درصد از پژوهش‌های روان‌شناسی کشور آمریکا و قریب به هزار نفر از روان‌شناسان آن در روان‌شناسی فیزیولوژیک به تحقیق مشغول هستند. روان‌شناسی فیزیولوژیک، مانند سایر علوم اعصاب با توجه به توسعه ابزارهای تحقیق در بیست و پنج سال اخیر از پیشرفت خوبی برخوردار بوده است.

یافته‌های مگون و موروزی در پنجاه سال اخیر نشان می‌دهد که دستگاه شبکه‌ای موجود در ساقه مغز، نظام انرژی‌دهنده و هشپاری است. الدز و میلنر نیز به وجود ساخت‌هایی در مغز پی بردند که جهت رفتار را مشخص می‌کنند؛ آن‌ها این ساخت‌ها را مرکز لذت، نامیدند. مبانی تشریحی فیزیولوژی که اهمیت بسیاری در نتایج رفتار مثبت و منفی دارند، توسط روان‌شناسان یادگیری، مانند اسکینر تبیین شد.

بخش پایانی آن گستره شیمی اعصاب^۱ است که از سال ۱۹۲۱ با انتقال سیناپس شیمیایی مطرح شد؛ این بخش پس از جنگ جهانی دوم، به ویژه در اثر پژوهش‌های اکلز و همکارانش توانست چگونگی سیناپس شیمیایی و اثر ناقل‌ها را تشریح کند. داروشناسی روانی^۲ نیز امکانات جدیدی را فراهم کرده است. بدین ترتیب نظام‌های انتقال‌دهنده^۳ و تعدیل‌کننده عصبی^۴ با توصیفی مشروح، چگونگی اثر شیمیایی مغز را در شیوه‌های رفتار تعیین می‌کنند و بالاخره اندازه‌گیری‌های غیر تهاجمی فعالیت‌های مغز با روش تصویربرداری امکان مشاهده کارکرد مغز فرد زنده را به هنگام تفکر، احساس و ادراک بدون عمل جراحی بر روی کامپیوتر فراهم می‌کند؛ این روش در ده سال اخیر پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای داشته است.

1- neurochemistry
2- psychopharmacology
3- transmitter system
4- modulator system

۳- روش‌های تحقیق در روان‌شناسی فیزیولوژیک

محققان معمولاً از دو روش برای بررسی رابطه بین فرآیندهای مغزی و رفتار استفاده می‌کنند. در روش اول مواد مؤثر در فیزیولوژی را به عنوان متغیر مستقل دستکاری می‌کنند و به اندازه‌گیری متغیر وابسته (یعنی رفتار) می‌پردازند. در روش دوم، رفتار به عنوان متغیر مستقل دستکاری می‌شود و تغییرات فیزیولوژی را به عنوان متغیر وابسته اندازه می‌گیرند. در روان‌شناسی زیست‌شناختی و روان‌شناسی عصب‌شناختی، روش اول و در روان‌شناسی فیزیولوژیک روش دوم کاربرد دارد.

الف) روش‌های تهاجمی^۱

معمولاً در آزمایش‌های حیوانی برای ثابت نگهداشتن سر حیوان و وارد کردن الکتروود یا سرنگ به بافت عصبی مغز از دستگاه استرئوتاکی^۲ استفاده می‌کنند. محققان پس از مشخص کردن ناحیه مورد نظر، با استفاده از اطلس مغز که مختصات محل مورد نظر را در جهات مختلف به میلیمتر نشان می‌دهد، از محل تقاطع محورهای جلویی پشتی و طرفی میانی کاسه سر، محل مورد نظر را بر روی مجسمه حیوان علامتگذاری می‌کنند. سپس در محل علامتگذاری شده سوراخی ایجاد کرده و با قراردادن نگهدارنده الکتروود بر روی سوراخ، با چرخاندن پیچ تنظیم‌کننده، می‌توان الکتروود را به میزان نشان داده شده در اطلس مغز در ناحیه مورد نظر وارد کرد.

۱- **روش تخریب:** روش تخریب^۳ بازگشت‌پذیر و بازگشت‌ناپذیر بافت عصبی یکی از روش‌های متداول تحقیق در روان‌شناسی زیست‌شناختی و روان‌شناسی فیزیولوژیک است. آسیب در ناحیه‌ای از مغز در رفتار اختلال ایجاد می‌کند، چون این اختلال می‌تواند به دلایل متفاوتی باشد، تعبیر و تفسیر نتایج آن بسیار دشوار است. در اینجا براساس نتایج روش تخریب به آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱- ناحیه آسیب دیده برای هدایت رفتار اهمیت دارد.

۲- اختلال مشاهده شده در رفتار ناشی از اثر جانبی حذف رفتار دیگر است.

۳- اثر آسیب موقتی است، زیرا فرآیندهای جبران عصبی و روان‌شناختی به ترمیم اختلال می‌پردازند.

۴- با اینکه ناحیه آسیب دیده تارهایی به ناحیه دیگری می‌فرستد که برای رفتار مسئولیت دارد، ولی فرمان هسته ناحیه آسیب دیده برای پدیدایی رفتار اهمیت دارد. برای ظهور هر رفتار، همکاری و هماهنگی بخش‌های مختلف مغز ضروری است.

۵- آسیب یک منطقه سبب عدم بازداری منطقه دیگر می‌شود، زیرا قبل از آسیب از فعالیت منطقه دیگر جلوگیری به عمل می‌آورد.

۶- اثر پدید آمده یک اثر ثانوی است که به علت عمل جراحی یا فرآیند درمان پیش آمده است.

وقتی رفتار مختل شده برای مدت طولانی ادامه یابد، می‌توان نتیجه گرفت که ناحیه آسیب دیده برای پدیدایی آن رفتار اهمیت دارد و چنانچه در رفتار حیوان پس از آسیب تغییری ایجاد نشود، در این صورت آن ناحیه برای پدیدایی آن رفتار نقشی ندارد.

۲- **روش تحریک^۴:** تحریک مغز در جراحی اعصاب و تحریک الکتریکی مغز بویژه کرتکس، در جریان جراحی اعصاب به یافته‌های مهمی در تعیین گستره کنش روانی منجر شده است. پنفیلد و یاسپر (۱۹۵۴) و پنفیلد و راسموسن (۱۹۵۰) در کلینیک جراحی اعصاب مونترال موفق شدند در افراد مبتلا به صرع کانونی، موضع ایجادکننده حمله صرعی را در قطعه‌ای گيجگاهی بدون آسیب سایر مراکز، جراحی کنند. در این روش می‌توان با تحریک الکتریکی سطح خارجی مجسمه، با دقت کمتری به تعیین گستره کنش‌های رفتاری نایل شد. روان‌شناسی زیست‌شناختی با این روش توانست به یکی از یافته‌های مهم، یعنی خود تحریک‌شدگی درون مجسمه‌ای در فرآیند تقویت دست یابد. در این روش می‌توان به جای تحریک الکتریکی از تحریک شیمیایی (تزریق مواد شیمیایی تحریک‌کننده و بازدارنده به بافت عصبی) استفاده کرد.

ب) موج‌نمای الکتریکی مغز^۵

ثبت فعالیت الکتریکی مغز انسان یکی از روش‌های مهم تحقیق ارتباط بین مغز و رفتار به شمار می‌رود. فرآیند پردازش اطلاعات در مغز خیلی سریع (در فاصله زمانی میلی ثانیه) انجام می‌شود و با روش تصویربرداری امکان‌پذیر نیست؛ لذا اندازه‌گیری آن باید با

1- invasive method

2- lesion method

3- stimulation method

4- stereotaxie

5- intracranial self stimulation

دقت و سرعت لازم انجام گردد. اگرچه روش موج‌نگاری مغزی از دقت زمانی لازم برخوردار است، این نقطه ضعف را دارد که در تعیین گستره تشریحی، منشأ تغییر پتانسیل به دقت نشان داده نمی‌شود. از روش موج‌نگاری مغناطیسی^۱ مغز می‌توان برای ثبت تعیین گستره دقیق سود جست.

۱- تاریخچه و شیوه اندازه‌گیری: تاریخچه کشف فعالیت الکتریکی مغز با پیشرفت فنون اندازه‌گیری پتانسیل و تقویت آن در قرن نوزده و بیست میلادی رابطه عمیق دارد. پس از کشف الکتریسیته زیستی^۲ توسط گالوانی^۳ و همسرش (۱۷۹۱)، برای نخستین بار ماتوسی (۱۸۴۸) امواج پتانسیل ماهیچه‌ای و ریموند امواج پتانسیل تارهای عصبی را اندازه‌گیری کردند. کتون (۱۸۵۷) نیز نخستین محقق به شمار می‌آید که توانست امواج پتانسیل ارتجالی کرتکس مغز حیوان سالم را ثبت کند. سپس برگر (۱۹۰۲) براساس آزمایش‌هایی که بر روی سگ‌ها و گربه‌ها انجام داد، موج نمای الکتریکی مغز انسان را کشف کرد. اگرچه موج مغز الکتریکی مغز امواج پتانسیل کرتکس مغز را نشان می‌دهد، فرستادن پتانسیل الکتریکی مناطق زیر قشری به کرتکس، در پدیدایی آن مؤثر است. برای تفسیر اهمیت فیزیولوژیکی موج نمای الکتریکی مغز باید به ساخت‌های زیر قشری بویژه تالاموس - به عنوان راهانداز قشر مخ - توجه کرد. امواج آلفا در حالت بیداری و توجه کمتر بینایی، از قطعه پس سری قابل ثبت هستند. به هنگام تمرکز بینایی و دقت توجه فوراً در امواج آلفا وقفه ایجاد می‌شود؛ در بیشتر افراد امواج بتا (۱۳-۴۰ هرتز) با فرکانس بالا قابل ثبت هستند. این پدیده را «وقفه آلفا» می‌نامند.

۲- مبانی فیزیولوژی اعصاب: علائم موج نگار الکتریکی مغز نشان‌دهنده تجمع فعالیت ساخت‌های عصبی با نظام‌های متفاوت انتقال‌دهنده‌ها هستند. به نظر نمی‌رسد که فرآیندهای پردازش اطلاعات تنها از یک مسیر فیزیولوژیکی انجام شود؛ زیرا چنین امری غیر زیستی و نامحتمل است. به همین دلیل موج نگار الکتریکی مغز و پتانسیل مغز وابسته به رویداد (فراخوانده)، برای شناخت و رفتار اهمیت دارند.

نظم امواج موج نگار الکتریکی مغز به نظم ساخت و آرایش‌یافته‌ای قشر تازه مخ بستگی دارد. ولی ساخت اصلی آنها با وجود تفاوت لایه‌های مناطق مغزی یکسان است. دندریتها امروزه، عامل اصلی تشکیل امواج مغزی شناخته می‌شوند؛ یا به عبارت دیگر تغییرات پتانسیل کرتکس مغز به دلیل جریان الکتریکی بین دندریت و جسم سلولی یاخته‌های عصبی به وجود می‌آیند.

۳- کاربرد بالینی موج نمای الکتریکی مغز: در موارد بالینی از موج نمای الکتریکی مغز برای تشخیص و تعیین گستره ابتلای بیماری، تشخیص مرگ مغزی، ارزیابی عمق بی‌حسی در بیهوشی، بررسی اثر داروها در دارو درمانی و ارزیابی آسیب‌های مغزی در عصب‌شناسی استفاده می‌کنند. موج نمای الکتریکی مغز همچنان به عنوان یک روش تشخیص مطلوب برای طبقه‌بندی انواع صرع‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(ج) پتانسیل وابسته به رویداد (فراخوانده)

پتانسیل وابسته به رویداد (فراخوانده) پتانسیل الکتریکی مغز است که در جریان رویداد حسی، حرکتی و روانشناختی یا قبل و بعد از آن در موج نمای الکتریکی مغز قابل اندازه‌گیری است. معمولاً دامنه امواج پتانسیل وابسته به رویداد (۱-۳ میکروولت) کوچکتر از دامنه امواج پتانسیل ارتجالی موج‌نمای الکتریکی مغز است.

۱- مؤلفه‌های درون‌زاد و برون‌زاد: اساساً بین مؤلفه‌های پتانسیل با تعداد سلول‌های عصبی مناطق مغزی زیر الکترو، همبستگی وجود دارد. امواج تا ۱۰ میلی ثانیه را پتانسیل ساقه مغز می‌نامند که مؤلفه‌های آن در ایستگاه‌های مختلف نظام شنیداری تجمع یافته‌اند و از آن به کاسه سر انتقال می‌یابد. مؤلفه‌های بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلی ثانیه پس از تحریک، بیشتر از مناطق فرافکنی قشر تازه مخ ناشی می‌شوند. تمام مؤلفه‌هایی که پس از ۱۰۰ میلی ثانیه ظاهر می‌شوند، تغییرات ناشی از تغییرات روانی را نشان می‌دهند که تنها به شرایط محرک - پاسخ بستگی ندارند. این مؤلفه‌ها را مؤلفه‌های درون‌زاد می‌نامند؛ زیرا پیش‌بینی می‌شود، منشأ این تغییرات در درون ارگانیزم است.

1- magneto encephalogram (MEG)
 2- electroencephalogram (EEG)
 3- bioelectricity

۲- تأثیر شدت و کیفیت تحریک در ظهور پتانسیل وابسته به رویداد: فعالیت سلول‌های مغز به شدت تحریک الگو بستگی دارد. اکثر محققان اعتقاد دارند که پتانسیل وابسته به رویداد هنگامی قابل تشخیص است که شدت تحریک به اندازه شدت تحریک آستانه باشد. کیفیت تحریک مانند تغییر رنگ الگوهای تحریک، در میزان دامنه امواج پتانسیل وابسته به رویدادی دیداری مؤثر است، به طوری که دامنه امواج پتانسیل وابسته به رویداد دیداری برای رنگ قرمز بیشتر از سایر رنگ‌ها است. امروزه از پتانسیل وابسته به رویداد در تشخیص بیماری‌های چشم از قبیل تغییر شکست نور عدسی، اختلال ماکولا، مردمک و راه عصبی بینایی و بیماری‌های گوش، مانند اختلال راه عصب شنوایی و دیگر اختلال‌های مناطق مغزی و نخاعی استفاده می‌کنند.

(د) روش‌های تصویربرداری

سه روش موج‌نگاری الکتریکی مغز، پتانسیل وابسته به رویداد (فراخوانده) و موج‌نگاری مغناطیسی مغز روش‌هایی هستند که به صورت کمی و پیوسته، چگونگی فرآیند پردازش اطلاعات مغز انسان را نشان می‌دهند که این روش‌ها فقط تغییرات منظم الکتریکی و مغناطیسی شبکه وسیع قشری را مشخص می‌کنند و آگاهی از تغییرات پتانسیل مناطق زیر قشری با روش غیرمستقیم امکان‌پذیر است. با توجه به اینکه چگونگی کنش و حرکت تعدیل‌کننده‌های عصبی و گیرندگان در فرآیندهای الکتریکی مغناطیسی، نامعلوم هستند، استفاده از روش تصویربرداری برای تکمیل تصویر فرآیند مغز انسان، اجتناب‌ناپذیر است.

۱- روش‌های پرتونگاری: در سال‌های اخیر محققان با استفاده از روش توموگرافی کامپیوتری^۱ که یک روش غیر تهاجمی و بی‌خطر است، مغز بیمار را مطالعه می‌کنند. در این روش سر بیمار را در یک محور گردون قرار می‌دهند که از یک طرف اشعه رونتگن به سر بیمار تابانده می‌شود و از طرف دیگر دستگاه کشف‌کننده میزان خاصیت پرتوافشانی نسوج مغزی را اندازه‌گیری می‌کند و به کامپیوتر می‌دهد. در این روش محور را سه درجه می‌چرخانند و فرآیند را آنقدر تکرار می‌کنند تا مجموعه از زوایای مختلف واری شود. سپس کامپیوتر، بازسازی تصاویر دو بعدی در برش‌های مختلف را انجام می‌دهد.

۲- روش اندازه‌گیری خون نواحی مغزی: محدودیت این روش در این است که اندازه‌گیری گردش خون نواحی مغزی به زمانی حدود ۴۵ ثانیه نیاز دارد و در این فاصله زمانی نمی‌توان تغییرات گردش خون در مناطق مختلف مغز را بر اساس رویدادهای روانی تحلیل کرد.

۳- روش اندازه‌گیری سوخت و ساز قند خون: یا پرتونگاری انتشار پوزیترون (PET)، این امکان را برای محققین فراهم می‌آورد که مقدار فعالیت سوخت و سازی را در بخش‌های مختلف مغز، مورد ارزیابی قرار دهند. این روش غالباً برای توضیح موارد تشخیص غیر ممکن بیماری بر اساس اطلاعات موجود از آسیب موضعی بیمار کاربرد پیدا می‌کند.

۴- روش‌های مغناطیسی: فعالیت الکتریکی سلول‌های مغز انسان میدان مغناطیسی ضعیفی ایجاد می‌کند که با کشف‌کننده‌های حساس قابل ثبت است. مزیت روش تصویرسازی موج مغناطیسی (MRI) در این است که ارگانیزم در معرض پرتو افشانی اشعه رونتگن قرار نمی‌گیرد و به جای آن از امواج رادیویی استفاده می‌شود. تاکنون هیچ‌گونه شواهدی مبنی بر آثار سوء ناشی از روش تصویرسازی موج مغناطیسی به‌دست نیامده است.

رابطه ذهن و مغز

در روان‌شناسی فیزیولوژیک علاوه بر پاسخ به پرسش‌های کاربردی، بعضی مباحث مهم فلسفی نیز مطرح می‌شود. اینکه چه رابطه‌ای بین مغز و ذهن وجود دارد؟ آیا ذهن می‌تواند مستقل از مغز وجود داشته باشد؟ اگر نه، پس، چه ارتباطی بین ساختار فیزیکی و کارکرد مغز که منجر به ایجاد ذهن می‌شود وجود دارد؟ وراثت چگونه بر رفتار تأثیر می‌گذارد؟ استعداد ما برای رفتار محصول تاریخچه تکاملی است و سوالاتی از این دست از مباحث فلسفی مورد مطالعه روان‌شناسی فیزیولوژیک می‌باشد. مهمترین پرسش در این بخش رابطه بین بدن و مغز و ماهیت این رابطه است. بانفوذترین مواضع فلسفی راجع به مساله ذهن - بدن به صورت طبقه‌بندی شده و حفظ تربیت تاریخی آنان در زیر ذکر می‌شود.

1- petit malepilepsy

مواضع فلسفی در ارتباط با مساله ذهن – بدن (ذهن – مغز)

ثنویت^۱: ذهن و مغز را اساساً جدا از هم قلمداد می‌کنند؛ بدین معنا که هر کدام مستقل از دیگری می‌تواند وجود داشته باشد. تعامل‌نگری^۲: نوعی از ثنویت است که براساس نوشته‌های فیلسوف فرانسوی رنه دکارت مطرح شده است. او ذهن و مغز را در تعامل با هم قلمداد می‌کند و معتقد است هر یک روی دیگری تأثیر می‌گذارد (چگونگی این تعامل همیشه مبهم بوده است). توازی‌نگری^۳: نوع دیگری از ثنویت که به وسیله فیلسوف هلندی اسپینوزا مطرح شده است، او ذهن و مغز را مجزا از هم تلقی می‌کند و معتقد است که هیچ‌کدام تأثیری روی دیگری ندارد. با این حال فعالیت‌های ذهن و مغز در توافق با هم هستند، مثل دو ساعت دقیق که می‌توانند یک زمان را به ما نشان دهند بدون اینکه یکی روی دیگری تأثیر بگذارد. وحدت‌گرایی^۴: وحدت‌گرایان معتقدند که فقط یک نوع ماده در جهان وجود دارد. وحدت‌گرایان مختلف راجع به ماهیت این ماده اتفاق نظر ندارند.

ذهن‌گرایی^۵: شاخه‌ای از وحدت‌گرایی است که مبتنی بر نوشته‌های فیلسوف ایرلندی جورج برکلی است. او معتقد است جهان فقط در ذهن یک نفر یا فقط در ذهن خدا وجود دارد. بدون ذهن، جهان فیزیکی نمی‌تواند موجود باشد. مادی‌گرایی^۶: شاخه‌ای از وحدت‌گرایی است که معتقدند فقط یک جهان مادی وجود دارد. ذهن‌ها نمی‌توانند وجود داشته باشند یا حداقل نمی‌توانند مستقلاً موجود باشند.

اصالت‌پدیدار‌ثانوی^۷: موضع نزدیک به ماده‌گرایی است. براساس این موضع معتقدند که فعالیت مغزی، ذهن را تولید می‌کند؛ اما این تولید صرفاً تصادفی است. درست مثل ماشین چمن زنی که تصادفاً صدا ایجاد می‌کند. ذهن تأثیری روی فعالیت مغزی ندارد همان‌طور که صدا تأثیری در عملکرد ماشین چمن زنی ندارد.

موضع‌این‌همانی^۸: نوعی از وحدت‌گرایی است که در آن معتقدند ذهن و مغز دو نوع توصیف درباره یک چیز هستند. فقط یک چیز در جهان وجود دارد؛ اما این چیز نه ذهنی است و نه مادی بلکه ذهنی – مادی است.

پان‌پروتوسایکیک^۹: تعبیری از موضع‌این‌همانی که بر اساس آن هشیاری به صورت اولیه موجود است و در تمام مواد به‌صورت بالقوه وجود دارد.

موضع خاصیت‌ثانوی^{۱۰}: این گروه معتقدند که ذهن خاصیت خود ماده نیست؛ بلکه ماده فقط مغز است؛ اما به عنوان یک خاصیت جدید هنگامی ظاهر می‌شود که ماده به‌صورت ویژه‌ای سازمان یافته باشد. (برای مقایسه می‌توان از خواص آب نام برد که هنگامی پدید می‌آید که هیدروژن و اکسیژن ترکیب می‌شوند حتی خود اکسیژن و هیدروژن به تنهایی این خواص را ندارند).

-
- 1- Dualism
 - 2- Intera Ctionalism
 - 3- Parallelism
 - 4- Monism
 - 5- Mentalism
 - 6- Materialism
 - 7- Epiphenomendism
 - 8- Identity position
 - 9- panprotopsyhic identism
 - 10- Emergent property position

فصل دوم

ساختار واکنش سلول‌های دستگاه عصبی

- ♦ مبانی زیست‌شناسی - شیمی فیزیولوژی سلول
- ♦ تبادل سلول با محیط اطراف خویش
- ♦ تبادل اطلاعات و مواد مورد نیاز درون سلول
- ♦ اساس دستگاه عصبی
- ♦ دستگاه پیرامونی
- ♦ پتانسیل آرامش
- ♦ پتانسیل فعالیت
- ♦ یاخته‌ها و تکانه‌های عصبی
- ♦ نورون و گلیا
- ♦ پیک‌های عصبی و گیرنده‌های عصبی
- ♦ ناقل‌های سیناپس‌های شیمیایی

فصل دوم

ساختار واکنش سلول‌های دستگاه عصبی

مبانی زیست – شیمی فیزیولوژی سلول

مشاهدات میکروسکوپی سلول نشان می‌دهند که هر سلول از غشاء، سیتوپلاسم و هسته تشکیل شده است. سیتوپلاسم و هسته سلول را محتوای سلول یا پروتوپلاسم^۱ می‌نامند. پروتوپلاسم در برگیرنده اجزای اصلی آب، محلول نمک، مواد سفیده‌ای (پروتئین)، مواد چربی (لیپید) و مواد قندی (گلوکید) است.

ترکیبات شیمیایی سلول

هر سلول از عناصر طبیعی محدودی ساخته شده است. شش عنصر کربن (C)، هیدروژن (H)، (ازت) (N)، اکسیژن (O)، فسفر (P) و گوگرد (S) ۹۹ درصد وزن سلول را تشکیل می‌دهند. قندها مهمترین تولیدکننده انرژی سلول به شمار می‌آیند. اسیدهای چرب مهمترین مؤلفه‌های غشای سلول به شمار می‌آیند که از زنجیره‌های هیدروکربن (CH) و گروه کاربوکسیل - مولکولی مرکب از دو اتم اکسیژن و یک اتم هیدروژن متصل به یک اتم کربن (COOH) - تشکیل شده‌اند. هیدروکربن‌ها در آب حل نمی‌شوند و آب گریز هستند، در حالی که گروه کاربوکسیل آب دوست هستند و بخش فعال اسید چرب را می‌سازد. اسیدهای آمینه مواد اصلی پروتئین‌ها را تشکیل می‌دهند.

چهارمین ماده اصلی سلول‌های نوکلئوتیدها هستند که از مهمترین آن‌ها می‌توان آدنوزین تری فسفات را نام برد. وظیفه اصلی نوکلئوتیدها انتقال اطلاعات زیستی و تأمین انرژی شیمیایی است.

در اینجا باید به نقش آنزیم‌ها^۲ نیز اشاره شود. آنزیم‌ها میانجی‌های زیستی، مولکول‌های سفیده‌ای هستند که جریان کنش‌های شیمیایی بدن را بدون تغییر ساخت خود تسهیل و تسریع می‌کنند. در بدن انسان هزاران نوع آنزیم وجود دارد که زندگی بدون آن‌ها میسر نیست.

مولکول‌های بزرگ و انتقال اطلاعات زیستی

مهمترین مولکول‌های بزرگ سه‌گانه سلول عبارتند از: پلی ساکاریدها^۳، پروتئین‌ها^۴، و اسیدهای نوکلئید^۵. پلی ساکاریدها که در طبیعت یافت می‌شوند از صدها و هزاران مولکول قند ساده (گلوکز) تشکیل شده‌اند. مهمترین پلی ساکارید حیوانی، گلیکوژن است. مواد سفیده‌ای (پروتئین‌ها) به عنوان آنزیم وظیفه تسهیل و تسریع واکنش‌های شیمیایی را به عهده دارند. مهمترین اسیدهای نوکلئیک سلول، اسید دزوکسی ریبونوکلیک (DNA) و اسید ریبونوکلیک (RNA) هستند. در انسان و دیگر

1- interstitium
2- hydrophilic
3- polysaccharide
4- protein
5- nucleic acids

موجودات زنده اطلاعات ژنتیکی در مولکول اسید دزاکسی ریبونوکلیک (DNA) رمزگردانی می‌شود. در غشای سلول مولکول‌های سفیده‌ای هم وجود دارند که وظایف آن‌ها عبارت است از:

- ۱- مواد سفیده‌ای (پروتئینی) غشاء در لایه آب دوست چربی (لیپید) شکاف ایجاد می‌کند، با مجرا و منفذ ایجاد شده، ورود و خروج مولکول‌های آب و نمک میسر می‌شود.
- ۲- مواد سفیده‌ای غشاء نقش حامل را به عهده دارند؛ این مواد به وسیله ترکیب با مولکول‌های دیگر، آنها را جابجا می‌کنند.
- ۳- مواد سفیده‌ای غشاء در سوخت و ساز سلول شرکت می‌کنند.
- ۴- مواد سفیده‌ای غشاء نیز مانند مولکول کلسترین برای استحکام غشاء اهمیت دارند.

تبادل سلول با محیط اطراف خویش

پیش از آنکه مواد موجود در مایع فضای برون سلولی مورد استفاده سلول قرار گیرد، باید آن مواد از غشاء عبور کنند. این امر با نفوذپذیری و انتقال فعال - که به انرژی نیاز دارد - انجام می‌شود.

- ۱- **انتقال غیرفعال:** نفوذپذیری از دو طریق، غشاء سلول یا منافذ موجود در آن امکان‌پذیر است. نفوذپذیری مهمترین مکانیزم تبادل بدن نیز تلقی می‌گردد. فرآیند نفوذپذیری به انرژی نیازمند نیست و به این دلیل آن را انتقال غیر فعال می‌نامند.
- ۲- **انتقال فعال:** برخی از مواد مانند اسیدهای آمینه یا یون‌های پتاسیم که غلظت آنها در فضای برون سلولی کم و در فضای درون سلولی زیاد است، نمی‌توانند از طریق انتشار در درون سلول جمع شوند؛ زیرا انتشار و نفوذپذیری همیشه از غلظت زیاد به غلظت کم انجام می‌شود. بدین ترتیب انتقال آنها به وسیله غشای سلول به انرژی نیاز دارد. پمپ سدیم پتاسیم مهمترین فرآیند انتقال فعال به شمار می‌رود که با آن یون‌های سدیم از سلول خارج می‌شوند و یون‌های پتاسیم به درون سلول راه می‌یابند.

تبادل اطلاعات و مواد مورد نیاز درون سلول

تقریباً نیمی از حجم سلول را اندامک‌های موجود در آن تشکیل می‌دهند. تمام این اندامک‌ها از غشاء پوشیده شده‌اند؛ ساخت غشاء آن مانند غشاء پلاسماست. سطح غشاء اندامک‌های درون سلولی نزدیک به ده برابر سطح غشاء پلاسماست. وسیع‌ترین غشاءها، غشاء شبکه اندوپلاسمی است که ریبوزوم‌ها را در بر می‌گیرد. دستگاه گلژی از محدودی غشاء تیغه‌ای ساخته شده که از آن‌ها کیسه‌هایی^۱ (مانند لیزوزوم‌ها و پراکیزوم^۲) پدید می‌آیند. همچنین هسته سلول و میتوکندری‌ها از غشاء پوشیده شده‌اند. تبادل مواد در غشاءهای درونی با فرآیند انتشار و نفوذپذیری مانند غشاء پلاسمای انجام می‌شود.

غلظت یون‌های درون سلولی از غلظت یون‌های برون سلولی متفاوت است، به طوری که در درون سلول غلظت یون‌های پتاسیم بیشتر و غلظت یون‌های سدیم کمتر از برون سلول است. در مقابل این کاتیون‌ها، آنیون‌های کلر در فضای برون سلولی و تعدادی مولکول‌های سفیده‌ای با بار منفی در درون سلول قرار دارند.

اساس دستگاه عصبی

اساس دستگاه عصبی انسان را سلول‌های عصبی تشکیل می‌دهند که حدود ۲۵ میلیارد (25×10^9) آن‌ها در مغز انسان وجود دارند. اندازه و شکل این سلول‌ها با یکدیگر متفاوتند ولی همه آن‌ها از سه قسمت جسم سلولی^۳، یک آکسون^۴ و چند دندریت^۵، ساخته شده‌اند. آکسون ارتباط یک سلول عصبی را با سلول‌های دیگر برقرار می‌کند پس جسم سلولی و دندریت‌ها با آکسون به سلول‌های دیگر ختم می‌شوند. آکسون و دندریت‌ها می‌توانند از محل خارج از جسم سلولی دارای انشعاب‌های مختلفی باشند. انشعاب آکسون‌ها را انشعاب موازی می‌نامند. طول آکسون‌ها و انشعاب‌های موازی آن بسیار متفاوت هستند. تفاوت شکل سلول‌های عصبی به انشعاب‌های دندریتی آنها بستگی دارد. برخی سلول‌های عصبی زاویه دندریت ندارند و فقط یک یا دو آکسون دارند.

1- collateral
 2- perokisome
 3- soma
 4- axon
 5-dendrite

هر سلول عصبی به علاوه اینکه می‌تواند به وسیله آکسون و انشعابات موازی با آن با سلول‌های عصبی دیگر ارتباط سیناپسی داشته باشد، می‌تواند با سلول‌های ماهیچه‌ای و سلول‌های ترشحی (غدد) ارتباط سیناپسی برقرار می‌کند. انواع ارتباط سیناپسی عبارتند از: سیناپس آکسون جسم سلولی، آکسون دندریتی، آکسون آکسونی و صفحه محرکه عصبی - ماهیچه‌ای. بیشتر سلول‌های عصبی به وسیله ارتباط سیناپسی با سلول‌های عصبی دیگر مرتبط هستند؛ ولی تعدادی از آن‌ها نیز با آکسون خود با سلول‌های ماهیچه‌ای و سلول‌های ترشحی ارتباط دارند.

دستگاه عصبی برای تعامل سودمند با محیط و پایداری از فعالیت فرمان برندگان به گیرنده‌هایی نیازمند است تا به تغییرات محیطی و درون ارگانیسمی پاسخ دهد و چگونگی این تغییرات را به اطلاع دستگاه عصبی برساند. ارگانیسم برای محقق شدن این وظیفه، سلول‌های عصبی ویژه‌ای به نام گیرندگان^۱ در اختیار دارد. بنابراین گیرنده، سلول عصبی اختصاص یافته‌ای است که به تغییرات معین درون ارگانیسمی و محیطی حساسیت نشان می‌دهد.

سلول‌های عصبی از بافت محافظ مخصوصی به نام سلول‌های نوروگلی^۲ پوشیده شده‌اند. سلول‌های نوروگلی انواع مختلفی دارند که از جمله می‌توان از اولیگودندروگلیا^۳ (این سلول‌ها در میلین‌زایی تار عصبی شرکت می‌کنند) و آستروگلیا^۴ (سلول‌های ذخیره‌ساز یون‌های پتاسیم - در جریان تحریک سلول - پتاسیم را در اختیار سلول عصبی قرار می‌دهند) نام برد. افزون بر وظیفه حفاظتی به احتمال زیاد سلول‌های نوروگلی در تغذیه سلول‌های عصبی و ساخت سد نیمه تراوای مغز - خون سهیم هستند. سد نیمه تراوای موجود بین عروق و مغز، امکان عبور ترکیبات شیمیایی از عروق به مغز و نیز خروج آن‌ها از مغز را فراهم می‌کند.

ترکیبات مایع فضای برون - سلولی و مایع مغزی - نخاعی مشابه هستند و تبادل مواد سلول‌های عصبی به وسیله این محیط درونی انجام می‌شود.

دستگاه پیرامونی

- ۱- **ساخت اعصاب:** در اعصاب پیرامونی، هر آکسون با سلول‌های نوروگلی و سلول‌های شوان^۵ پوشانده شده است. آکسون و سلول شوان را تار عصبی توسط سلول‌های شوان احاطه شوند که این سلول‌ها به نوبه خود پوشش چربی پروتئینی (میلین) را می‌سازند این قبیل تارهای عصبی را تارهای پوشش‌دار (میلین‌دار) می‌نامند. پوشش تارهای عصبی در فاصله معینی (۱ تا ۲ میلیمتر) قطع می‌شود که این محل را به نام کاشف آن گره رانویه^۶ می‌نامند.
- ۲- **طبقه‌بندی تارهای عصبی:** تارهای عصبی پوشش‌دار و بدون پوشش از لحاظ سرعت هدایت جریان عصبی متفاوت هستند. سرعت جریان عصبی به قطر تار و قطر پوشش (میلین‌دار یا بدون میلین) بستگی دارد. هر چه تار عصبی قطورتر باشد، سرعت هدایت جریان عصبی آن بیشتر است. بنابراین سرعت هدایت جریان عصبی در تارهای پوشش‌دار (میلین‌دار) بیشتر از تارهای بدون پوشش (بدون میلین) است. در بیماری اسکروز مولتیپل غلاف میلین مناطقی از دستگاه عصبی مرکزی و محیطی به صورت حمله‌ای یا پیشرونده تخریب می‌شود.
- هر عصب از تعدادی تارهای عصبی تشکیل شده و طبقه‌بندی آن بیشتر به منطقه‌ای بستگی دارد که عصب آن منطقه را (مانند پوست، ماهیچه و احشاء) زیر نفوذ دارد، بنابراین اعصاب پوست، ماهیچه و مفاصل را اعصاب بدنی^۷ و اعصاب احشاء را اعصاب احشایی^۸، نباتی یا غیر ارادی^۹ می‌نامند.
- ۳- **کنش عمومی سلول‌های عصبی:** سلول‌های عصبی ارگانیسم اختصاصی پردازش اطلاعات را دارند و آن را به صورت علائم الکتریکی از خود نشان می‌دهند. این امر به دریافت، انتشار و انتقال اطلاعات به یک یا چند سلول دیگر، تقسیم می‌شود. سلول

1- receptros
 2- neuroqlia
 3- oligodendroglia
 4- astroglia
 5- Schwanncells
 6- node of Ranvier
 7- somatic nerve
 8- visccral nerve
 9- vegetative or autono me nerve

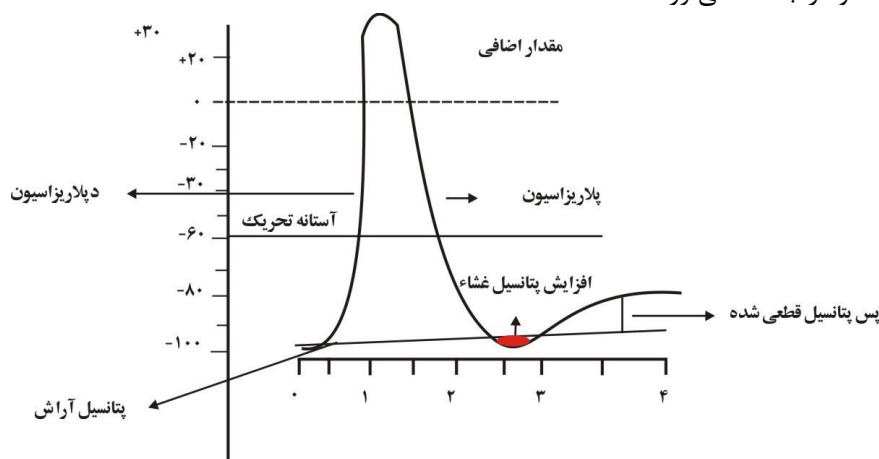
عصبی می‌تواند از طریق ارتباط سیناپسی آکسون دندریتی یا آکسون جسم سلولی اطلاعات را از سلول عصبی دیگر دریافت کند. افزون بر این سلول عصبی از طریق گیرنده‌های دستگاه حواس و در موقع خاص با دندریت خود، مستقیماً از محیط، اطلاعات حسی دریافت می‌کند. انتشار اطلاعات دریافتی به وسیله آکسون و انتقال اطلاعات به وسیله ارتباط سیناپسی انجام می‌شود. مهمترین خصیصه سلول عصبی تحریک‌پذیری آن است. تحریک‌پذیری سلول عصبی به دلیل ساختمان غشای آن است.

پتانسیل آرامش

سلول عصبی مانند دیگر سلول‌های بدن غشاء دارد که از طریق آن اختلاف پتانسیل موجود بین فضای برون سلولی و درون سلولی قابل اندازه‌گیری است. از آنجا که این اختلاف پتانسیل در غشاء ظاهر می‌شود، آن را پتانسیل غشا نیز می‌نامند. وقتی سلول در چنین وضع آرامی بسر می‌برد، پتانسیل غشاء را پتانسیل آرامش^۱ نیز می‌نامند. هنگامی که سلول فعال می‌شود تغییرات مثبتی در این پتانسیل ایجاد می‌شود که آن را پتانسیل فعالیت^۲ می‌نامند. توانایی سلول عصبی و ایفای وظایف آن بستگی به پتانسیل آرامش دارد. با توجه به تفاوت غلظت یون‌ها، در وضعیت پتانسیل آرامش، یون‌های پتاسیم - که غلظت آن در درون سلول بیشتر است - به راحتی می‌توانند از منافذ غشاء عبور کنند (خاصیت اسمزی) و به عبارت دیگر نفوذپذیری غشاء برای یون‌های پتاسیم به مراتب بهتر از دیگر یون‌هاست. پتانسیل آرامش را پتانسیل انتشار پتاسیم نیز می‌نامند.

پتانسیل فعالیت

هنگامی که سلول عصبی تحریک می‌شود، نفوذپذیری غشاء در ابتدا برای یون‌های سدیم و سپس برای یون‌های پتاسیم تغییر می‌کند و پتانسیل آرامش تا حد آستانه تحریک (۵۰ میلی ولت) افزایش می‌یابد و وقتی بدین حد رسید، پتانسیل فعالیت به مدت ۰/۲ تا ۰/۵ میلی ثانیه ایجاد می‌شود. نظر به اینکه در این مرحله، سلول بار منفی در حال آرامش خود را از دست می‌دهد، آن را مرحله دپلاریزاسیون^۳ می‌نامند. بخش مثبت مرحله دپلاریزاسیون بین صفر تا ۳۰ میلی ولت به نام مقدار اضافی معروف است. سپس پتانسیل فعالیت از نقطه نوک به آرامی به سوی پتانسیل آرامش بازمی‌گردد که آن را مرحله رپلاریزاسیون^۴ می‌نامند؛ زیرا سلول مجدداً بار اولیه خود را بدست می‌آورد.



انتشار پتانسیل فعالیت

چنانچه در محلی از سلول عصبی، پتانسیل غشاء تا حد آستانه دپلاریزه شود، در این صورت پتانسیل فعالیت ایجاد می‌شود. بنابراین بین محل تحریک و مکان‌های بدون تحریک غشاء (بین جسم سلولی و آکسون شکل مذکور) اختلاف پتانسیل به وجود می‌آید و جریان عصبی از محل دپلاریزه شده به سوی دپلاریزه نشده منتشر می‌شود، بدین ترتیب تکانه عصبی در طول تار عصبی و

1- resting potential
 2- action potential
 3- depolarization
 4- repolarization

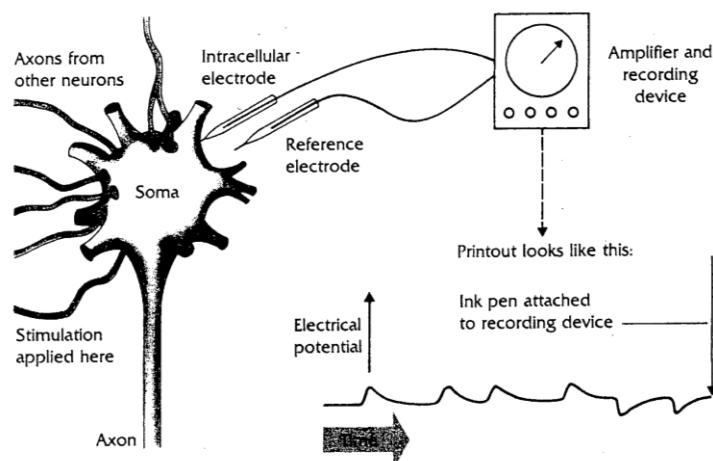
انشعاب‌های آن جریان می‌یابد. معمولاً انتشار جریان عصبی در هر سلول فقط در یک جهت انجام می‌شود؛ چرا که انتشار جریان عصبی از طریق سیناپسها به صورت یک طرفه و فقط در یک جهت امکان پذیر است. این نوع انتشار را هدایت مستقیم و عکس آنرا هدایت معکوس^۱ می‌نامند.

سرعت جریان عصبی به قطر تار عصبی و پوشش (میلین) تار عصبی بستگی دارد. در تارهای عصبی پوشش‌دار، غشاء سلول فقط در محل گره زانویه دیلاریزه می‌شود، بدین ترتیب انتشار تحریک از گره زانویه به گره زانویه انجام می‌شود؛ این نوع انتشار را هدایت جهشی^۲ می‌نامند.

تجمع زمانی^۳

بازتاب، ویژگی تجمع زمانی را نشان می‌دهد. اثر محرک‌هایی که پی در پی ظاهر می‌شوند با یکدیگر جمع می‌شود. وقتی شرینگتون به پای سگ ضربه زد آن پا حرکت نکرد اما پس از تکرار سریع ضربه‌های یکسان پای سگ بالا رفت. سرعت زیاد مجموعه‌ی ضربه‌ها باعث بزرگ‌تر شدن پاسخ می‌شد. شرینگتون می‌پنداشت پتانسیل فعالیت منفرد (منتج از فشار کم) موجب تحریک در سیناپس یاخته‌ی بعدی می‌شود اما برای تولید پتانسیل فعالیت در آن یاخته کافی نیست. یعنی تحریک در یاخته‌ی دوم کمتر از آستانه خواهد بود. او تصور می‌کرد که این تحریک زیرآستانه در طول شکاف دومین نرون کم‌کم کاهش می‌یابد اما قادر است تا با دومین تحریک کوچک که سریعاً پس از آن می‌آید، جمع شود. توالی سریع ضربه‌ها موجب ایجاد مجموعه‌ای از پتانسیل‌های فعالیت در نرون گیرنده می‌شود که آن نیز به نوبه‌ی خود مجموعه‌ای از تحریکات زیر آستانه‌ای را در یاخته‌ی پس سیناپسی (یاخته‌ای که درون داده‌های سیناپسی را از یاخته‌های پیش سیناپسی دریافت می‌کند) ایجاد می‌کند. اگر تحریکات با سرعت کافی ایجاد شود باز هم می‌توانند با هم ترکیب شوند تا از آستانه فراتر روند و بنابراین پتانسیل فعالیت را در نرون پس سیناپسی ایجاد می‌کنند.

چند دهه پس از کار شرینگتون اندازه‌گیری بعضی از ویژگی‌های یاخته‌ی منفرد که او اشاره کرده بود، امکان‌پذیر شد. برای ثبت فعالیت فراخوانده در یک نرون به‌وسیله‌ی درون داد سیناپسی، پژوهشگران می‌توانند میکرو الکتروود کوچکی را در جسم یاخته‌ای کار گذارند. در ضمن قطر الکتروود باید کوچک باشد تا بتواند بدون تخریب وارد یاخته‌ی کوچک شود. بیشتر الکتروودهای معمولی یک لوله‌ی شیشه‌ای دارند که با محلول‌های نمک غلیظ پر می‌شود، مثلاً با ۲ تا ۳ مولار کلرید پتاسیم پر می‌شود و قطر نوک آن‌ها از ۰/۰۰۰۲ میلی‌متر باریک‌تر است. این الکتروود در یک نرون قرار داده شده و با سیمی به وسایل ثبت‌کننده همانند شکل زیر چسبانده می‌شود. الکتروود مرجع نیز در جایی بیرون از یاخته قرار داده می‌شود تا مدار را کامل کند.



دستگاهی برای ثبت پاسخ یاخته به فعالیت سیناپسی

- 1- salutatory conduction
- 2- Saltatory conduction
- 3- Temporal Summation