

# فیزیولوژی سلولی عصب و عضله

چاپ چهارم

تألیف  
گری ماتیوس

ترجمه  
دکتر علی مقیمی

دانشیار فیزیولوژی (نوروفیزیولوژی)  
گروه زیست‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	ماتیوز، گری. جی. ۱۹۳۹ - م. Matthews, Gary G.
عنوان و نام پدیدآور:	فیزیولوژی سلولی عصب و عضله / تألیف گری ماتیوز؛ ترجمه علی مقیمی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری:	۲۹۰ ص.: مصور.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۸۷.
شابک:	(ISBN: 978-964-386-258-9)
یادداشت:	فیبا.
یادداشت:	Cellular physiology of nerve and muscle, 4th ed, C 2003.
موضوع:	نورون‌ها.
موضوع:	یاخته‌های ماهیچه.
موضوع:	نورون‌ها -- یاخته‌شناسی.
موضوع:	ماهیچه‌ها -- یاخته‌شناسی.
موضوع:	نورون‌ها -- فیزیولوژی.
موضوع:	ماهیچه‌ها -- فیزیولوژی.
شناسه افزوده:	مقیمی، علی، ۱۳۴۴ - مترجم.
رده بندی کنگره:	QP ۳۶۳ / م ۲ ف ۹ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی:	۵۷۳/۸۳۶
شماره کتابخانه ملی:	۲۴۴۵۱۶۳



انتشارات، شماره ۵۸۷

### فیزیولوژی سلولی عصب و عضله

تألیف

گری ماتیوز

ترجمه

دکتر علی مقیمی

ویراستار علمی

دکتر مرتضی بهنام رسولی

وزیری، ۲۹۰ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ دوم، تابستان ۱۳۹۰

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۴۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-386-258-9

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۸۶-۲۵۸-۹

## فهرست مطالب

مقدمه مولف برای چاپ سوم	۵
مقدمه مولف برای چاپ چهارم	۷
مقدمه مترجم	۹
بخش یک: منشأ پتانسیل الکتریکی غشاء	۱۱
فصل ۱: مقدمه‌ای بر سیگنال‌های الکتریکی در سیستم عصبی	۱۳
فصل ۲: ترکیب مایعات درون و برون یاخته‌ای	۲۱
فصل ۳: حفظ حجم یاخته‌ای	۳۱
فصل ۴: پتانسیل غشایی: تعادل یونی	۴۳
فصل ۵: پتانسیل غشایی: وضعیت پایدار یونی	۶۱
بخش دو: فیزیولوژی یاخته‌های عصبی	۸۱
فصل ۶: ایجاد پتانسیل عمل در عصب	۸۳
فصل ۷: پتانسیل عمل آزمایشات ولتاژ کلامپ	۱۱۵
فصل ۸: انتقال سیناپسی در اتصال عصب-عضله	۱۴۳
فصل ۹: انتقال سیناپسی در سیستم عصبی مرکزی	۱۶۷
بخش سه: فیزیولوژی یاخته‌های عضلانی	۲۰۱
فصل ۱۰: مزدوج شدن تحریک-انقباض در عضله اسکلتی	۲۰۳
فصل ۱۱: کنترل عصبی انقباض عضله	۲۱۹
فصل ۱۲: عضله قلبی: سیستم عصبی خودکار	۲۳۳
ضمیمه الف: محاسبه معادله نرنست	۲۵۷
ضمیمه ب: محاسبه معادله گولدمن	۲۶۳
ضمیمه پ: ویژگی‌های الکتریکی یاخته‌ها	۲۶۷
منابع	۲۷۹
واژه‌نامه	۲۸۵

## مقدمه مولف برای چاپ سوم

کتاب حاضر بر رفتار الکتریکی یاخته‌های عصبی و عضلانی تاکید دارد و هدف آن آشنا کردن دانشجویانی است که قبلاً درس زیست‌شناسی مقدماتی را گذرانده و اصول اساسی شیمی و فیزیک را می‌دانند. اگر چه قصد این نیست که بررسی جامعی از فیزیولوژی عصب و عضله انجام شود، اما بیشترین بخش مطالب را به اصول کلی و اساسی شیمیایی و فیزیکی عمل یاخته‌های عصبی و عضلانی محدود کرده‌ام. در تجربه‌ام بعنوان یک مدرس، تصور می‌کنم که سازوکارهای الکتریکی یاخته‌های تحریک‌پذیر جزو مشکل‌ترین مباحث برای دانشجویان زیست‌شناسی است. بخشی از مسئله به این دلیل است که دانشجویان جدید در استنباط اصول اساسی حاصل از حقایق و نتایج آزمایشی که در توصیفات فیزیولوژی عصب-عضله به دست می‌آیند، مشکل دارند. رویکرد من برای غلبه بر این مشکل، استفاده از یکسری نمونه‌های ساده و خلاصه‌سازی نتایج آزمایشات به صورت شماتیک است، به طوری که هر کدام برای توضیح یک قانون خاص مناسب می‌باشند. لذا مثالهایی از آزمایشات عملی را که فکر می‌کنم جذاب می‌باشند، در کتاب وارد کرده‌ام. ولی برای عمده موارد، آزمایشات فرضی و نمونه‌هایی را برای جلب توجه روی نکته به خصوصی فراهم آورده‌ام. [همچنین] از آوردن مقادیر کمی ضروری که در جمع‌بندی و ارائه یک مطلب مورد استفاده باشد، کوتاهی نکرده‌ام. اما معادله‌های آنها را به کتاب وارد نکرده‌ام.

در چاپ فعلی کتاب، خواص مولکولی کانال‌های یونی و نیز توضیح اعمال میانجی‌های عصبی را که با واسطه پیامبرهای ثانویه درون یاخته‌ای انجام می‌شود، بسط داده‌ام. مثل کنترل عصبی قلب که به عنوان نمونه‌ای از یک سیستم عملکرد پیامبرهای ثانویه استفاده شده است. این تغییر شامل سیستم عصبی خودکار نیز می‌شود و در چاپ سوم به عنوان مبحثی عمده و جدید وارد شده است. همچنین لیست منابع پیشنهادی را بسط داده و به روز نموده‌ام. واکنش مثبت نسبت به دو ویرایش اول این کتاب خوشحال‌کننده بود. خصوصاً روش استفاده شده برای تدریس ویژگی‌های الکتریکی یاخته‌ها، یعنی روشهایی که مبتنی بر ارائه مدل‌های ساده شده جهت توصیف اصول زیر بنایی می‌باشد، نشان‌دهنده موفقیت این رویکرد بوده است. امیدوارم که مدرسان و دانشجویان بتوانند که سومین ویرایش را نیز مقدمه‌ای مفید برای جنبه‌های یاخته‌ای زیست‌شناختی عصب و فیزیولوژی عضله بیابند. مایلم اشاره کنم که اخیراً مقدمه‌ای عمومی از زیست‌شناسی عصب تحت عنوان *نورویوبیولوژی: مولکول‌ها، یاخته‌ها و سیستم‌ها* نوشته‌ام. این کتاب نیز به وسیله موسسه Blackwell Science منتشر گردیده است. که امیدوارم آن کتاب نیز برای دانشجویانی که به درک عمیق تر نورویوبیولوژی علاقه‌مندند، مفید باشد.

## مقدمه مولف برای چاپ چهارم

در چاپ چهارم کتاب فیزیولوژی یاخته‌ای عصب و عضلات، مطالب جدیدی در چندین حوزه اضافه شده است. یک فصل آغازین برای معرفی ویژگی‌های اساسی علامت‌دهی الکتریکی در سیستم عصبی افزوده شده تا زمینه را برای ورود به جزئیات در بخش اول کتاب فراهم سازد. بحث انتقال سیناپسی بیشتر شده است تا انعطاف‌پذیری سیناپسی که مورد درخواست دانشجویان و مدرسان بوده است را شامل شود. یک ضمیمه جدید نیز افزوده شده که ویژگی‌های الکتریکی پایه‌ای یاخته‌ها را به طور بسیار جزیی تری پوشش داده و برای کسانی که مایل به دانستن جزئیات کمیتی بیشتری می‌باشند، مناسب خواهد بود.

شاید برجسته‌ترین تغییر در این چاپ، کارهای گرافیکی و تصاویر بسیار جدید باشد. همانند چاپ‌های قبلی، هدف هر شکل، روشن‌تر نمودن نکته‌ای خاص از بحث می‌باشد و من امیدوارم که تصاویر جدید ضمن موثرتر بودن و جذابیت بینایی، هدف آموزشی‌شان حفظ شده باشد.

همچنین دانشجویان باید توجه داشته باشند که نقاشی‌های متحرکی نیز برای بعضی از تصاویر وجود دارند که در عناوین مربوطه آمده است. این نقاشی‌ها در تار نمای [www.blackwellscience.com](http://www.blackwellscience.com) با ردگیری درسنامه عمومی من برای نورویولوژی: نورویولوژی: مولکولها، یاخته‌ها و سیستم‌ها، قابل دستیابی می‌باشد.

به رغم تغییرات و بهبودی زیاد در چاپ چهارم، هسته درونی کتاب یعنی نمایش قدم به قدم قوانین فیزیکی و شیمیایی ضروری برای درک علامت‌دهی الکتریکی یاخته‌ها باقی مانده است. و چنین محتوایی، ضرورتاً کمی می‌باشد اما، مطمئن هستم که رویکرد مورد استفاده در این کتاب به دانشجویان امکان می‌دهد که درک بالایی از چگونگی تولید سیگنال‌های الکتریکی و استفاده از آن‌ها در ارتباطات یاخته‌ای را به دست آورند.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم تقدیر و تشکر ویژه‌ای از داوران و ارزیابان زیر به عمل آورم که توصیه‌های تخصصی آنان در خصوص تغییرات به عمل آمده در چاپ چهارم بسیار ارزشمند بوده و بر غنای کتاب افزوده است.

1. Klous W. Beyenbach, Cornell University
2. Scott Chandler, UCLA
3. Jon Johnson, University of Pittsburgh
4. Robert Paul Malchow, University of Illinois at Chicago
5. Stephen D. Meriney, University of Pittsburgh

## مقدمه مترجم

امروزه دانش فیزیولوژی با سرعتی بی سابقه و با کمک سایر علوم (همچون زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، بیوشیمی، بافت‌شناسی و حتی علوم مهندسی مانند کامپیوتر و ...) درجه‌های جدیدی را به دنیای پیچیده و پر از نظم و دقت سازو کارهای بدن انسان و جانوران می‌گشاید.

از اولین زمره‌های وجود پدیده‌های الکتریکی بدن جانوران و طراحی آزمایشات ابتدایی برای اثبات وجود الکتریسیته جانوری حدود سه قرن می‌گذرد. و اکنون (اگر چه آن فرضیات منسوخ شده‌اند) به وجود مکانیسم‌های دقیقی در یاخته‌های تحریک‌پذیر (مانند یاخته‌های عصبی و عضلانی) پی برده‌ایم که دلالت بر وجود پتانسیل‌های الکتریکی قابل کشف در حالت استراحت و حین فعالیت‌های آن‌ها دارد و این ضرورت تا به جایی ریشه دوانده است که نه تنها اساس فعالیت‌های حرکتی بدن و کار قلب و عروق را به این ویژگی‌های الکتریکی وابسته می‌دانیم، بلکه به جرأت می‌توانیم هر نوع فعالیت رفتاری، روانی و حتی شناختی در تمام سطوح تکاملی جانوران و نیز انسان را به آن وابسته بدانیم. بر این اساس است که مبحث فیزیولوژی سلول‌های عصبی و عضلانی به عنوان یکی از موضوعات اصلی و پایه‌ای در آموزش فیزیولوژی محسوب شده و در کلیه کتاب‌های فیزیولوژی پزشکی، دامپزشکی، زیست‌شناسی، روانشناسی و نیز مهندسی پزشکی به این موضوع پرداخته می‌شود. اما جهت رفع نیاز دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران این حوزه، مباحث موجود در کتاب‌های مذکور کافی نبوده و وجود کتابی که (برای فارسی‌زبانان) به طور جامع و دقیق مطالب را مطرح و پشتوانه‌های محاسباتی و فیزیکی - شیمیایی عملکرد یاخته عصبی و عضلانی را بیان کرده باشد، به جد احساس می‌شد. کتاب فیزیولوژی سلولی عصب و عضله که حاصل تجربه وافر مؤلف و پس از بررسی‌ها و اعمال پیشنهادات عده‌ای از متخصصان صاحب‌نظر، نگارش و به چاپ چهارم نیز رسیده است، به خوبی نیازهای دانشجویان و مدرسان شاخه‌های مختلف را که در پی درک عمیق‌تر و دقیق‌تری از فیزیولوژی می‌باشند، برآورده می‌سازد.

بر خود لازم می‌دانم از تلاش مجدانه آقای رحیمی و خانم نشاطی که در ترجمه بخشی از چاپ قدیمی کتاب اقدام نموده بودند قدردانی کنم هر چند به دلیل ورود چاپ چهارم و تغییرات زیاد موفق به استفاده از همکاری آنان نشده و ناچار شدم مجدداً و به تنهایی کار ترجمه را آغاز و به اتمام برسانم. از همکار و استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مرتضی بهنام رسولی که با قبول زحمت ویراستاری علمی متن ترجمه شده، اینجانب را از راهنمایی‌های ارزنده خود بهره‌مند کردند، تشکر و قدردانی داشته و از ویراستار ادبی جناب آقای محمدجعفر تابنده حقیقی که با دقت و تیزبینی نکات ارزشمندی را برای بهبود متن فارسی پیشنهاد نمودند، نیز سپاسگزارم. همچنین از مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد که در مراحل مختلف ارزیابی و آماده‌سازی کتاب تلاش نموده و کتاب را با کیفیت مطلوب به زیور طبع آراسته‌اند، تشکر می‌کنم. در پایان، از کلیه صاحب‌نظرانی که نکات اصلاحی را به اینجانب گوشزد نمایند، مراتب تشکر و سپاس خود را اعلام می‌دارم (moghimim@ferdowsi.um.ac.ir).

دکتر علی مقیمی