



مبانی فیزیولوژی جانوری به زبان ساده

دکتر فرزانه نظری سرنجه دکتر زهرا قاسم زاده

«عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور»

دکتر سکینه علیجان پور

«عضو هیئت علمی دانشگاه گنبدکاووس»

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است!

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

شده است: «إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	سیزده
فصل اول. فیزیولوژی سلول.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ محیط داخلی و همئوستازی.....	۲
۱-۱-۱ فیدبک منفی.....	۴
۲-۱-۱ فیدبک مثبت.....	۴
۲-۱ سلول.....	۵
۱-۲-۱ ساختار غشاء سلول.....	۵
۲-۲-۱ پروتئین‌های غشاء.....	۷
۳-۲-۱ کربوهیدرات‌های غشاء.....	۹
۳-۱ انتقال مواد از غشاء سلول.....	۹
۱-۳-۱ انتشار ساده.....	۱۰
۲-۳-۱ اسمز (انتشار خالص آب).....	۱۱
۳-۳-۱ انتشار تسهیل شده.....	۱۳
۴-۳-۱ انتقال فعال.....	۱۵
۵-۳-۱ انتقال فعال ثانویه.....	۱۷
۶-۳-۱ انتقال ماکرومولکول‌ها.....	۱۸
۴-۱ پتانسیل استراحت غشاء.....	۱۹
۱-۴-۱ مکانیسم ایجاد پتانسیل استراحت غشاء.....	۲۱

۲۶	۵-۱ تولید و هدایت پتانسیل عمل.....
۲۹	۶-۱ سیگنال‌ها در دندریت‌ها و جسم سلولی.....
۳۳	۷-۱ پتانسیل عمل در آکسون‌ها.....
۳۴	۸-۱ عوامل مؤثر در ایجاد پتانسیل عمل.....
۳۴	۱-۸-۱ کانال‌های دریچه‌دار وابسته به ولتاژ سدیمی و پتاسیمی.....
۳۵	۲-۸-۱ کانال‌های دریچه‌دار وابسته به ولتاژ سدیمی.....
۳۶	۳-۸-۱ کانال‌های دریچه‌دار وابسته به ولتاژ پتاسیمی.....
۳۶	۹-۱ دوره تحریک‌ناپذیری.....
۳۷	۱۰-۱ هدایت پتانسیل عمل در آکسون.....
۳۹	۱۱-۱ هدایت جهشی.....
۴۰	۱۲-۱ اثرات میلینه شدن بر سرعت هدایت.....
۴۱	۱۳-۱ انتقال در سیناپس.....
۴۶	۱۴-۱ انتقال‌دهنده‌های عصبی.....
۴۷	۱۵-۱ سلول‌های عضلانی.....
۴۷	۱-۱۵-۱ ساختار عضلات اسکلتی.....
۴۹	۱-۱۵-۱ مولکول میوزین.....
۵۰	۲-۱۵-۱ فیلامان اکتین.....
۵۱	۳-۱۵-۱ مکانیسم انقباض (حرکت در طول یکدیگر یا سرخوردن فیلامنت اکتین و میوزین).....
۵۴	۴-۱۵-۱ تحریک عضله اسکلتی.....
۵۶	۲-۱۵-۱ عضله صاف.....
۵۸	۱-۲-۱۵-۱ پدیده قفل شدن (چفت شدن) در عضله صاف.....
۵۸	۲-۲-۱۵-۱ انواع عضله صاف.....
۶۰	خلاصه فصل اول.....
۶۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....
۶۵	خودآزمایی تشریحی فصل اول.....
۶۷	فصل دوم. دستگاه گردش خون.....
۶۷	هدف کلی.....
۶۷	هدف‌های یادگیری.....
۶۷	مقدمه.....
۶۸	۱-۲ انواع ساختارهای پمپ‌کننده.....
۶۹	۲-۲ دستگاه‌های گردش خون در گروه‌های مختلف جانوری.....
۷۴	۳-۲ الگوی گردش خون مهره‌داران.....
۷۴	۱-۳-۲ گردش خون ساده.....
۷۵	۲-۳-۲ گردش خون مضاعف.....
۷۶	۴-۲ ساختار قلب.....

۷۶	۱-۴-۲ ساختار قلب در مهره‌داران.....
۷۸	۲-۴-۲ ساختار قلب در ماهیان.....
۸۰	۳-۴-۲ ساختار قلب در دوزیستان.....
۸۰	۴-۴-۲ ساختار قلب در خزندگان.....
۸۵	۵-۴-۲ ساختار قلب در پرندگان و پستانداران.....
۸۷	۵-۲ سیکل قلبی.....
۸۹	۶-۲ تغییرات میزان فشار و حجم خون در قلب طی یک چرخه قلبی.....
۹۰	۷-۲ تغییرات فشار در بطن‌ها.....
۹۰	۸-۲ تغییرات فشار در آنورت.....
۹۱	۹-۲ فعالیت الکتریکی قلب.....
۹۳	۱۰-۲ مکانیسم خودتحریکی در گره سینوسی.....
۹۳	۱۱-۲ هدایت پیام در سیستم تحریکی - هدایتی قلب.....
۹۵	۱۲-۲ پتانسیل عمل قلبی.....
۹۷	۱۳-۲ الکتروکاردیوگرام.....
۹۸	۱۴-۲ کنترل ریتم‌سیسته و هدایت ایмпالس توسط اعصاب قلبی.....
۹۸	۱۵-۲ صداهای قلب.....
۹۹	۱۶-۲ برون‌ده، حجم ضربه‌ای و ضربان قلب.....
۱۰۰	۱۷-۲ همودینامیک خون (قوانین فیزیکی جریان خون).....
۱۰۲	۱-۱۷-۲ جریان خون.....
۱۰۲	۲-۱۷-۲ فشار خون.....
۱۰۴	۳-۱۷-۲ متوسط فشار شریانی.....
۱۰۴	۱۸-۲ ساختار رگ‌های خونی در مهره‌داران.....
۱۰۶	۱۹-۲ مویرگ‌ها.....
۱۰۹	۲۰-۲ سیستم لنفاوی.....
۱۱۰	۲۱-۲ همولنف و خون.....
۱۱۳	۲۲-۲ پروتئین‌های خون.....
۱۱۳	۲۳-۲ گروه‌های خونی.....
۱۱۴	خلاصه فصل دوم.....
۱۱۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....
۱۱۸	خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....
۱۱۹	فصل سوم. فیزیولوژی تنفس.....
۱۱۹	هدف کلی.....
۱۱۹	هدف‌های یادگیری.....
۱۱۹	مقدمه.....
۱۲۲	۱-۳ تهویه و تبادل گاز در محیط‌های آبی.....

۱۲۵	۳-۱-۱ مکانیسم تهویه در ماهی‌ها.....
۱۲۸	۳-۲ تهویه و تبادل گاز در محیط هوایی.....
۱۳۰	۳-۲-۱ تهویه شش‌ها در پرندگان.....
۱۳۲	۳-۲-۲ تهویه شش‌ها در پستانداران.....
۱۳۶	۳-۳ ظرفیت پذیرش.....
۱۳۷	۳-۴ حجم‌های ششی.....
۱۳۹	۳-۵ تهویه آلوئولی.....
۱۴۲	۳-۶ انتقال گازها در خون.....
۱۴۳	۳-۶-۱ انتقال اکسیژن.....
۱۴۵	۳-۶-۱-۱ عوامل مؤثر بر میل ترکیبی هموگلوبین به اکسیژن.....
۱۴۶	۳-۶-۲ انتقال دی‌اکسیدکربن در خون.....
۱۴۸	۳-۷ مکانیسم پایه تنفس.....
۱۴۹	۳-۸ کنترل شیمیایی تنفس.....
۱۵۱	خلاصه فصل سوم.....
۱۵۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم.....
۱۵۴	خودآزمایی تشریحی فصل سوم.....
۱۵۵	فصل چهارم. تعادل آب و یون‌ها.....
۱۵۵	هدف کلی.....
۱۵۵	هدف‌های یادگیری.....
۱۵۵	مقدمه.....
۱۵۶	۴-۱ سیستم‌های درگیر در تعادل آب و یون‌ها جانوران.....
۱۵۹	۴-۲ استراتژی‌های دفع نیتروژن در جانوران.....
۱۶۰	۴-۳ تعادل آب و یون‌ها در مهره‌داران.....
۱۶۳	۴-۴ ساختار نفرون.....
۱۶۷	۴-۵ اعمال نفرون.....
۱۶۷	۴-۶ فیلتراسیون.....
۱۶۹	۴-۷ نیروهای فیزیکی مؤثر در فیلتراسیون گلومرولی.....
۱۷۰	۴-۷-۱ فشار هیدروستاتیک مویرگ گلومرولی.....
۱۷۰	۴-۷-۲ فشار اسمزی کلئیدی (انکوتیک) مویرگ گلومرولی.....
۱۷۰	۴-۷-۳ فشار هیدروستاتیک کپسول بومن.....
۱۷۱	۴-۷-۴ فشار اسمزی کلئیدی کپسول بومن.....
۱۷۱	۴-۸ تنظیم فیزیولوژیکی GFR.....
۱۷۲	۴-۹ عوامل مؤثر بر GFR.....
۱۷۴	۴-۱۰ کنترل فیزیولوژیکی GFR.....
۱۷۵	۴-۱۱ نقل و انتقالات توبولی.....

۱۷۶	۱-۱۱-۴ بازجذب و ترشح در توبول پروگزیمال.....
۱۷۸	۲-۱۱-۴ بازجذب و ترشح در قوس هنله.....
۱۷۹	۳-۱۱-۴ بازجذب و ترشح در توبول دیستال و مجرای جمع کننده قشری.....
۱۸۰	۱۲-۴ هورمون‌ها و فاکتورهای مؤثر بر بازجذب و ترشح توبولی.....
۱۸۴	۱۳-۴ حداکثر انتقال یا ماکزیمم انتقال توبولی (Tm).....
۱۸۴	۱۴-۴ کلیرانس کلیوی.....
۱۸۵	۱۵-۴ دفع ادرار.....
۱۸۷	۱۶-۴ تنظیم PH.....
۱۸۹	۱-۱۶-۴ ترشح H^+ و بازجذب HCO_3^- فیلتره شده.....
۱۸۹	۲-۱۶-۴ تولید HCO_3^- جدید.....
۱۹۲	خلاصه فصل چهارم.....
۱۹۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم.....
۱۹۵	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم.....
۱۹۷	فصل پنجم. فیزیولوژی دستگاه گوارش.....
۱۹۷	هدف کلی.....
۱۹۷	هدف‌های یادگیری.....
۱۹۷	مقدمه.....
۱۹۸	۱-۵ اعمال اصلی دستگاه گوارش.....
۱۹۸	۲-۵ انواع دستگاه گوارش.....
۱۹۹	۳-۵ روش‌های کسب ماده غذایی در جانوران.....
۲۰۴	۴-۵ قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش.....
۲۱۱	۵-۵ نحوه تولید و ترشح اسید معده.....
۲۱۲	۶-۵ مراحل کنترل ترشح معده.....
۲۱۲	۷-۵ روده باریک.....
۲۱۶	۸-۵ کبد.....
۲۱۸	۹-۵ روده بزرگ (کولون).....
۲۱۹	۱۰-۵ هضم و جذب کربوهیدرات‌ها.....
۲۲۰	۱۱-۵ هضم و جذب پروتئین‌ها.....
۲۲۰	۱۲-۵ هضم و جذب لیپیدها.....
۲۲۲	۱۳-۵ کنترل حرکات و ترشحات مجرای گوارشی.....
۲۲۲	۱۴-۵ عملکرد خودبه‌خودی عضله صاف.....
۲۲۳	۱۵-۵ شبکه‌های عصبی درونی.....
۲۲۵	۱۶-۵ اعصاب خارجی.....
۲۲۵	۱۷-۵ هورمون‌های معدی-روده‌ای.....
۲۲۶	خلاصه فصل پنجم.....

۲۲۸	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم.....
۲۲۹	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم.....
۲۳۱	فصل ششم. فیزیولوژی دستگاه عصبی.....
۲۳۱	هدف کلی.....
۲۳۱	هدف‌های یادگیری.....
۲۳۱	مقدمه.....
۲۳۲	۱-۶ سازمان‌یابی دستگاه عصبی در گروه‌های مختلف جانوری.....
۲۳۴	۲-۶ دستگاه عصبی در مهره‌داران.....
۲۳۵	۳-۶ چگونگی تشکیل و رشد و نمو مغز.....
۲۳۸	۴-۶ بافت‌شناسی دستگاه عصبی.....
۲۳۸	۵-۶ انواع نورون‌ها در دستگاه عصبی.....
۲۴۰	۶-۶ سلول‌های گلیال.....
۲۴۲	۷-۶ حفاظت از مغز و نخاع.....
۲۴۵	۸-۶ ساختار و عملکرد دستگاه عصبی در پستانداران.....
۲۴۵	۱-۸-۶ ساختار و عملکرد نخاع.....
۲۴۶	۱-۱-۸-۶ اعمال نخاع در دستگاه عصبی.....
۲۴۷	۲-۱-۸-۶ نقش ارتباطی نخاع.....
۲۴۷	۳-۱-۸-۶ نقش مرکزی نخاع.....
۲۴۹	۲-۸-۶ ساختار و عملکرد مغز در پستانداران.....
۲۵۳	۱-۲-۸-۶ مغز میانی یا مزنسفال.....
۲۵۴	۲-۲-۸-۶ مغز جلویی.....
۲۵۴	۳-۲-۸-۶ تالاموس.....
۲۵۵	۴-۲-۸-۶ دستگاه لیمبیک.....
۲۵۷	۵-۲-۸-۶ عقده‌های قاعده‌ای.....
۲۵۸	۹-۶ نیمکره‌های مغز.....
۲۵۹	۱۰-۶ شیارهای سطح نیمکره‌های مغز.....
۲۶۰	۱۱-۶ مناطق عملکردی قشر مغز.....
۲۶۰	۱-۱۱-۶ مناطق حسی قشر مغز.....
۲۶۲	۲-۱۱-۶ مناطق حرکتی قشر.....
۲۶۲	۳-۱۱-۶ مناطق ارتباطی.....
۲۶۲	۱۲-۶ دستگاه عصبی خودمختار.....
۲۶۳	۱-۱۲-۶ نورون‌های پیش‌گانگلیونی و پس‌گانگلیونی.....
۲۶۴	۲-۱۲-۶ آناتومی دستگاه سمپاتیک.....
۲۶۵	۳-۱۲-۶ آناتومی دستگاه پاراسمپاتیک.....
۲۶۶	۱۳-۶ تونوس سمپاتیک و پاراسمپاتیک.....

۶-۱۴	اعمال تحریکی و مهاري ناشی از تحریک سمپاتیک و پاراسمپاتیک.....	۲۶۶
۶-۱۵	اعصاب مغزی.....	۲۶۸
۶-۱۶	دریافت اطلاعات حسی و انتقال آن به سیستم عصبی مرکزی.....	۲۷۱
۶-۱۷	انواع گیرنده‌های حسی.....	۲۷۲
۶-۱۸	گیرنده‌های حس‌های پیکری.....	۲۷۲
۶-۱۹	مسیرهای حسی انتقال سیگنال‌های پیکری به سیستم عصبی مرکزی.....	۲۷۳
۶-۲۰	مسیرهای حرکتی دستگاه عصبی.....	۲۷۸
۶-۲۰-۱	مسیر مستقیم یا مسیر قشری-نخاعی یا راه هرمی.....	۲۷۸
۶-۲۰-۲	مسیر غیرمستقیم یا مسیر خارج هرمی.....	۲۷۸
	خلاصه فصل ششم.....	۲۷۹
	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم.....	۲۸۱
	خودآزمایی تشریحی فصل ششم.....	۲۸۲
	فصل هفتم. فیزیولوژی دستگاه اندوکرین.....	۲۸۳
	هدف کلی.....	۲۸۳
	هدف‌های یادگیری.....	۲۸۳
	مقدمه.....	۲۸۳
۷-۱	انواع هورمون‌ها.....	۲۸۵
۷-۲	نحوه ساخت و مکانیسم اثر هورمون‌های پروتئینی.....	۲۸۵
۷-۳	نحوه ساخت و مکانیسم اثر هورمون‌های استروئیدی.....	۲۸۶
۷-۴	غده هیپوفیز.....	۲۸۶
۷-۴-۱	نوروهورمون‌های هیپوفیز خلفی.....	۲۸۹
۷-۴-۲	هورمون رشد (GH).....	۲۹۲
۷-۴-۳	ناهنجاری‌های مربوط به هورمون رشد.....	۲۹۳
۷-۵	غده تیروئید.....	۲۹۴
۷-۵-۱	مراحل تشکیل و ترشح هورمون‌های تیروئیدی.....	۲۹۵
۷-۵-۲	عملکردهای هورمون‌های تیروئیدی.....	۲۹۷
۷-۵-۳	اختلالات در ترشح هورمون‌های تیروئیدی.....	۲۹۸
۷-۶	غده پانکراس (لوزالمعده).....	۲۹۹
۷-۶-۱	هورمون انسولین.....	۳۰۱
۷-۶-۱-۱	عوامل مؤثر بر ترشح انسولین.....	۳۰۱
۷-۶-۱-۲	اعمال هورمون انسولین.....	۳۰۱
۷-۶-۲	هورمون گلوکاگون.....	۳۰۲
۷-۶-۳	دیابت ملیتوس.....	۳۰۲
۷-۷	غدد فوق کلیه (غدد آدرنال).....	۳۰۴
۷-۷-۱	مینرالوکورتیکوئیدها.....	۳۰۵

۳۰۵	..... گلوکوکورتیکوئیدها.
۳۰۶	..... اختلالات بخش قشری غده فوق کلیه.
۳۰۷	..... عملکرد بخش مرکزی آدرنال.
۳۰۸	..... غدد پاراتیروئید.
۳۰۹	..... غده پینه‌آل (کاجی یا صنوبری).
۳۱۰	..... غدد جنسی (گنادها).
۳۱۰	..... ۱-۱۰-۷ دستگاه تناسلی نر.
۳۱۰	..... ۱-۱-۱۰-۷ مجاری اسپرم بر.
۳۱۴	..... ۲-۱۰-۷ دستگاه تناسلی ماده.
۳۲۰	..... ۱-۲-۱۰-۷ رحم.
۳۲۱	..... ۱۱-۷ هورمون‌های جنسی زنانه.
۳۲۵	..... خلاصه فصل هفتم.
۳۲۶	..... خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم.
۳۲۸	..... خودآزمایی تشریحی فصل هفتم.
۳۲۹	..... پاسخنامه.
۳۳۱	..... منابع.

پیشگفتار

در بسیاری از گرایش‌های رشته زیست‌شناسی، فیزیولوژی جانوری به‌عنوان یک درس پایه تدریس می‌شود. در این کتاب سعی شده تا مطالب مهم فیزیولوژی از کتب معتبر که در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند، تدوین و گردآوری شود. کتاب حاضر موضوعات و مبانی اساسی علم فیزیولوژی جانوری شامل فیزیولوژی سلول، قلب و عروق، تنفس، کلیه، گوارش، اندوکراین و اعصاب را در گروه‌های مختلف جانوری مدنظر قرار داده است؛ بنابراین دانشجویان عزیز در صورت نیاز به مطالعه و مطالب بیشتر می‌توانند به منابع انتهای کتاب مراجعه کنند. مطالعه این کتاب برای دانشجویان رشته‌های مختلف زیست‌شناسی توصیه می‌شود. امید است که این کتاب بتواند دانشجویان را به مطالعه فیزیولوژی علاقه‌مند کند و اطلاعات کافی را در اختیار آن‌ها قرار دهد.

مؤلفان

فصل اول

فیزیولوژی سلول

هدف کلی

آشنایی با ساختار و عملکرد سلول.

هدف‌های یادگیری

بعد از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. قسمت‌های مختلف سلول را بشناسید.
۲. ساختار غشاء را شرح دهید.
۳. انواع پروتئین‌های غشاء و نقش‌های مختلف آن‌ها بشناسید.
۴. روش‌های انتقال مواد از غشاء سلول را شرح دهید.
۵. مکانیسم ایجاد پتانسیل استراحت غشاء را شرح دهید.
۶. نحوه تولید پتانسیل عمل را در سلول‌های تحریک‌پذیر شرح دهید.
۷. دوره تحریک‌ناپذیری را شرح دهید.
۸. نقش میلین را در هدایت پتانسیل عمل شرح دهید.
۹. انواع سلول‌های عضلانی را نام برده و با هم مقایسه کنید.
۱۰. مکانیسم انقباض عضله اسکلتی را شرح دهید.

مقدمه

فیزیولوژی علم مطالعه چگونگی فعالیت و عملکرد جانوران و بررسی فرایندهای اثرگذار بر نحوه فعالیت آن‌ها است. عملکرد هر موجود زنده نیز حاصل فعالیت اندام‌ها،

بافت‌ها و سلول‌های مختلفی است که در کنار یکدیگر و هماهنگ با هم عمل می‌کنند. فعالیت سلول‌ها نیز نتیجه بیان ژن‌های مختلف در سلول‌ها است؛ بنابراین با توجه به سازمان‌یابی موجودات در سطوح مختلف، می‌توان برای علم فیزیولوژی سطوح و ترازهای مختلف در نظر گرفت. **فیزیولوژی سلولی و مولکولی** پایین‌ترین سطح علم فیزیولوژی است که پایه و اساس سطوح بالاتر را تشکیل می‌دهد. در این سطح از علم فیزیولوژی خصوصیات بیوشیمیایی، بیوفیزیکی و ژنتیکی سلول مورد بررسی قرار می‌گیرد. در **فیزیولوژی اندام‌ها و دستگاه‌های بدن** نیز عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن جانوران مانند تنفس، گوارش، تولیدمثل و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد. برخی از فیزیولوژیست‌ها نیز نحوه انجام رفتار یا فرایندی خاص را در گروه خاصی از موجودات مورد مطالعه قرار می‌دهند مانند فیزیولوژی پرندگان، فیزیولوژی پستانداران دریازی و یا فیزیولوژی انسانی (**فیزیولوژی موجود زنده**).

هدف بسیاری از تحقیقات فیزیولوژی دستیابی به شناخت بدن انسان، افزایش دانش بشری در دستیابی به راه‌های درمان بیماری‌های انسانی و دستیابی به هدف‌های اقتصادی است (مانند تحقیقات فیزیولوژیکی که جهت اصلاح ژن و ارتقا سلامت در دام و حیوانات اهلی انجام می‌شود). با این وجود بسیاری از فیزیولوژیست‌ها نیز علاقه‌مند به دانش نحوه تغییر عملکرد موجودات زنده در گذر زمان، کشف منشأ و ماهیت تنوع فرایندهای فیزیولوژیک و نیز نقش و ویژگی‌های فیزیولوژیک جانوران بر پراکنش و فراوانی گونه‌ها در محیط و زیستگاه‌های مختلف هستند.

۱-۱ محیط داخلی و هومئوستازی

سلول‌های بدن جانوران پسرلولی در یک محیط آبی قرار گرفته‌اند (مایع بین‌سلولی یا خون) که اصطلاحاً **محیط داخلی** گفته می‌شود (در مقایسه با محیط خارجی احاطه‌کننده کل بدن جانور). سلول‌های بدن به‌طور پیوسته با این محیط داخلی در حال تبادل مواد هستند. سلول‌ها از این محیط مواد غذایی و اکسیژن مورد نیاز خود را برداشت کرده و مواد دفعی متابولیکی خود را به آن وارد می‌کنند. موجودات زنده دائماً با تغییرات محیطی (مانند تغییر دمای محیط، آب، اکسیژن، مقدار غذای در دسترس) مواجه هستند که در نهایت بر روی محیط داخلی اثر می‌گذارد. در این حالت

شرایط این محیط مانند مقدار اکسیژن، مقدار گلوکز و مقدار الکترولیت‌ها، دما و ... باید در یک محدوده معین باقی بماند که به عملکرد سلول‌ها آسیبی وارد نشود.

جانوران بر اساس نحوه مقابله با تغییرات وضعیت محیط خارجی دو دسته هستند:

الف) تبعیت‌کننده‌ها: در این گروه از جانوران هنگام مواجهه با تغییرات محیط خارجی، شرایط محیط داخلی تغییر می‌کند مانند تغییر دمای بدن ماهی در آب سرد یا گرم؛ بنابراین همه سلول‌های بدن ماهی باید قادر به مقابله با اثرات تغییرات دمای خارجی باشند.

ب) تنظیم‌کننده‌ها: در این گروه از جانوران، شرایط محیط داخلی در وضعیت نسبتاً ثابتی حفظ می‌شود. به‌عنوان مثال، دمای بدن شما چه در اتاق گرم باشید و چه در محیط سرد باشید در حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود زیرا بدن مجهز به مکانیسم‌های تنظیم‌کننده برای حفظ ثبات دمای داخلی است و بنابراین اغلب سلول‌های بدن شما مجبور نیستند با اثرات تغییرات دمای محیط مقابله کنند.

حفظ و ثبات شرایط محیط داخلی به‌رغم تغییرات محیط خارجی **هومئوستازی** گفته می‌شود. حفظ هومئوستازی از طریق هماهنگی فرایندهای فیزیولوژیک به انجام می‌رسد. به عبارتی فعالیت بافت‌ها و اندام‌ها باید با یکدیگر هماهنگ باشند که برای مهار یا تنظیم متغیر ویژه‌ای واکنش خاصی را نشان دهند. به‌عنوان مثال هنگامی که در یک محیط سرد قرار می‌گیرید عضلات شما با لرزش خودبه‌خودی، گرما تولید می‌کند تا گرمای از دست رفته بدن را جبران کند و هنگامی که در یک محیط گرم قرار می‌گیرد فعالیت غدد عرق سبب از دست رفتن گرما از بدن شما می‌شود؛ بنابراین، دمای بدن شما به این علت نسبتاً ثابت است که فرایندهای فیزیولوژیک متعددی فعالانه تغییر می‌کنند تا سرعت تولید و دفع گرما را نسبت به یکدیگر تنظیم کنند.

در بدن موجودات زنده، سلول‌ها و بافت‌های متعددی وجود دارد که در فواصل دوری از یکدیگر قرار گرفته‌اند؛ بنابراین جهت حفظ هومئوستازی و هماهنگی این سلول‌ها با یکدیگر، بدن به مکانیسم‌هایی نیاز دارد که فعالیت سلول‌ها را با هم هماهنگ و کنترل کند. در بیشتر قسمت‌های بدن، این هماهنگی و ارتباط توسط اعصاب و

هورمون‌ها برقرار می‌شود. این سیستم‌های کنترلی و هماهنگ‌کننده از مکانیسم‌های فیدبک مثبت و فیدبک منفی استفاده می‌کنند (۱).

۱-۱-۱ فیدبک منفی

کنترل فیدبکی یکی از مکانیسم‌های حفظ همئوستازی در جانوران است. در فیدبک منفی، پاسخی که به محرک داده می‌شود سبب کاهش شدت محرک می‌شود. به‌عنوان مثال، در سیستم گردش خون، افزایش فشارخون سبب تحریک گیرنده‌های فشار (گیرنده‌های فشار یا بارورسپتورها، گیرنده‌های مکانیکی حساس به کشش هستند که در دیواره بسیاری از رگ‌های خونی اصلی قرار دارند) در دیواره‌های شریان‌ها از جمله شریان آئورت و شریان کاروتید می‌شود. این افزایش فشارخون به‌عنوان یک پیام عصبی از طریق نورون‌های آوران به مرکز کنترل قلبی-عروقی در بصل‌النخاع منتقل می‌شود. این مرکز در پاسخ به پیام‌های ورودی، سیگنال‌های وبران از طریق سیستم خودمختار ارسال می‌کند که سبب کاهش ضربان قلب و فشارخون می‌شود. رفلکس بارورسپتورها برای کنترل فشارخون در یک محدوده مشخص، یک فیدبک منفی است. در حقیقت بسیاری از سیستم‌های فیزیولوژیک بدن از طریق فیدبک منفی باعث حفظ همئوستازی می‌شوند.

۱-۱-۲ فیدبک مثبت

اگر پاسخی که به محرک داده می‌شود سبب تقویت اثر محرک گردد به‌عنوان فیدبک مثبت شناخته می‌شود. لخته شدن خون یک مثال خوب از فیدبک مثبت است. هنگامی که یک رگ خونی پاره می‌شود، تشکیل لخته شروع می‌شود و طی آن آنزیم‌های متعددی که عوامل انعقادی خون نامیده می‌شوند، فعال می‌گردند. برخی از آنزیم‌های فعال شده سبب فعال شدن آنزیم‌های دیگری می‌شوند. این آنزیم‌های فعال شده نیز سبب فعال شدن آنزیم‌های اطراف خود می‌شوند که سبب تشکیل بیشتر لخته خون می‌شود. این فرایند تا زمانی که منفذ رگ آسیب‌دیده مسدود شود، ادامه می‌یابد.

باید توجه داشت که جانوران با استفاده از کنترل‌کننده آنتاگونیستی، یعنی تنظیم‌کننده‌های مستقلی که اثرات متضاد بر یک مسیر دارند واکنش‌های فیزیولوژیک را با هم هماهنگ می‌کنند. به‌عنوان مثال هورمون انسولین سبب کاهش قندخون می‌شود

درحالی که هورمون گلوکاگون سبب افزایش قند خون می‌شود؛ بنابراین این دو هورمون به‌عنوان کنترل‌کننده‌های آنتاگونیستی قندخون عمل می‌کنند (۱، ۲).

۱-۲ سلول

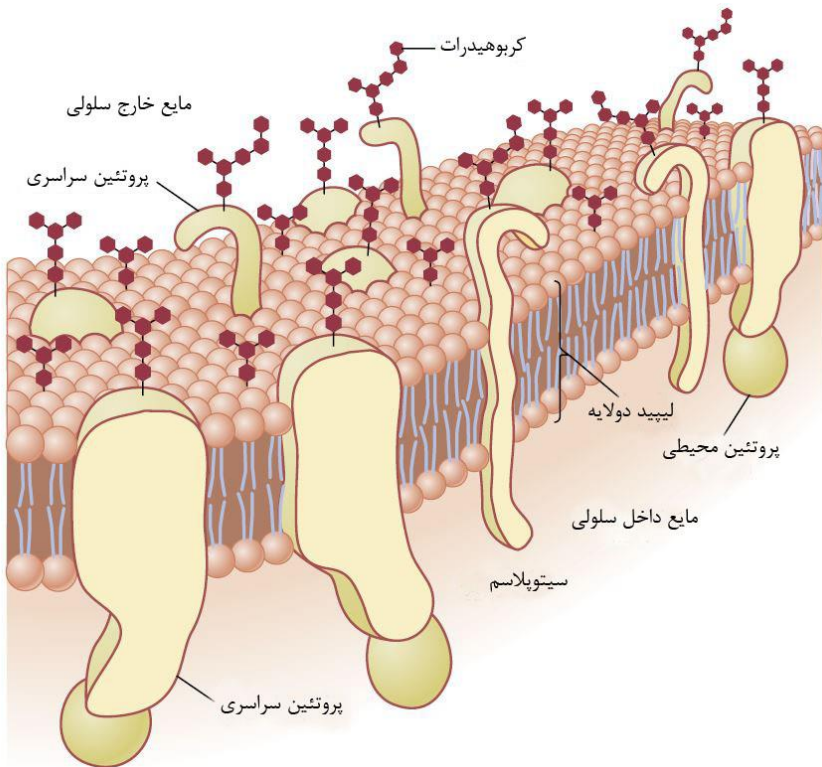
بدن همه موجودات زنده از سلول ساخته شده است. در حقیقت سلول واحد سازنده بدن موجودات زنده است؛ بنابراین برای درک عملکرد ساختارها و اعضای مختلف بدن جانوران لازم است ابتدا سلول و قسمت‌های مختلف آن را بشناسیم. هر سلول به‌طورکلی از سه قسمت هسته، سیتوپلاسم و غشاء پلاسمایی تشکیل شده است: هسته حاوی ماده ژنتیکی است و مسئول کنترل فعالیت‌های سلولی است. هسته توسط غشای هسته از سیتوپلاسم جدا می‌شود. سیتوپلاسم سلول حاوی اندامک‌های سلولی مانند شبکه آندوپلاسمی، دستگاه گلژی، لیزوزوم‌ها و مواد مختلف سازنده سلول از جمله آب، الکترولیت‌ها و مواد غذایی است.

۱-۲-۱ ساختار غشاء سلول

غشاء سومین جزء سلول‌های جانوری است که یک ساختار لیپوپروتئینی دو لایه است که به سلول هویت و شکل می‌دهد و داخل سلول را از محیط احاطه‌کننده و سایر سلول‌های اطراف جدا می‌کند. عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن به غشاء سلول‌های آن بستگی دارد. فیلتراسیون پلاسمای و تشکیل ادرار در کلیه، هضم و جذب مواد غذایی و ترشح آنزیم‌ها در دستگاه گوارش از طریق غشاء سلول‌های آن صورت می‌گیرد. تولید و انتقال پیام عصبی و انقباض عضلانی نیز به علت تغییر نفوذپذیری غشاء به یون‌های سدیم و پتاسیم صورت می‌گیرد؛ بنابراین مطالعه فیزیولوژی غشاء جهت درک صحیح فرایندهای فیزیولوژیک ضروری است.

غشاهای سلولی (همه غشاهایی که در یک سلول وجود دارد؛ شامل غشای پلاسمایی که سلول را احاطه می‌کند و غشاء احاطه‌کننده اندامک‌های درون‌سلولی است) در انواع مختلف سلول‌ها ساختمان مشابهی دارد. غشاء از لیپیدها (۴۲ درصد)، پروتئین‌ها (۵۵ درصد) و کربوهیدرات‌ها (۳ درصد) تشکیل شده است. این مواد در مدلی که به نام مدل موزاییک سیال معروف است ساختار غشاء را به وجود می‌آورند. مدل موزاییک سیال در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. بر اساس این مدل، ساختار

اصلی غشاء یک لیپید دو لایه است که هر لایه آن صفحه‌ای از مولکول‌های فسفولیپید است که سر فسفاتی و قطبی آن‌ها به سمت داخل و یا خارج سلول قرار دارد و زنجیره‌های اسیدچرب این مولکول‌ها که آب‌گریز هستند رو به روی یکدیگر قرار گرفته و بخش میانی دو لایه لیپیدی را تشکیل می‌دهد. زنجیره‌های اسیدچرب از طریق نیروهای واندروالس در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. لایه‌های داخلی و خارجی دو لایه فسفولیپیدی دارای انواع مختلفی از فسفولیپیدها هستند. فسفاتیدیل اتانول آمین و فسفاتیدیل سرین در لایه داخلی بیشتر هستند در حالی که فسفاتیدیل کولین بیشتر در لایه خارجی وجود دارد. این امر سبب نامتقارن بودن غشاء لیپیدی می‌شود. زنجیره‌های اسیدچرب مولکول‌های فسفولیپید دارای حرکات قابل ملاحظه‌ای هستند. به‌عنوان مثال



شکل ۱-۱. ساختار غشای سلولی. این قسمت عمدتاً از چربی دو لایه متشکل از مولکول‌های فسفولیپید ساخته شده است اما تعداد زیادی مولکول پروتئین از غشاء بیرون زده‌اند. همچنین اجزای کربوهیدراتی به پروتئین‌های بیرون غشاء و دیگر مولکول‌های پروتئینی درون غشاء متصل شده‌اند (۲).

مولکول‌های فسفولیپیدی در همان لایه لیپیدی که حضور دارند به‌طور جانبی جابه‌جا می‌شوند و یا می‌توانند دور محور طولی خود بچرخند. این حرکات سبب سیالیت غشاء و ایجاد منافذ کوچک برای عبور مواد کوچک از غشاء می‌شوند. علاوه بر فسفولیپیدها، غشاء سلول‌های جانوری دارای کلسترول نیز است. غشای اندامک‌ها نسبت به غشای پلاسمایی کلسترول کمتری دارد.

مولکول کلسترول در غشاهای زیستی نقش مهمی دارد. حلقه غیرقطبی کلسترول در بخش میانی غشاء دو لایه قرار می‌گیرد و برهم‌کنش میان زنجیره‌های اسیدچرب را کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش حرکات زنجیره‌های اسیدچرب و در نتیجه افزایش سیالیت غشاء می‌گردد. انتهای دیگر مولکول کلسترول، فضای میان سر فسفولیپیدها را پر می‌کند و در نتیجه سبب کاهش نفوذپذیری غشاء نسبت به مواد می‌شود.

دما، یکی از عواملی است که بر سیالیت غشاء مؤثر است. کاهش دما و افزایش دما به ترتیب موجب کاهش و افزایش سیالیت غشاء می‌شود. در دماهای پایین نیروهای واندروالسی بین لیپیدهای غشاء تقویت می‌شود و بنابراین با کاهش حرکات مولکولی، سیالیت غشاء کاهش می‌یابد. غشاهای فیزیولوژیک (37 درجه سانتی‌گراد) به‌صورت مایع هستند و سیالیت بالایی دارند، اما در دماهای زیر ۳۷ درجه، به حالت ژله‌ای درمی‌آیند و سیالیت کمتری دارند. در آزمایشگاه، دمایی که در آن غشاء از حالت ژله‌ای (سیالیت پایین) به حالت مایع (سیالیت بالا) تبدیل می‌شود را دمای انتقالی یا دمای گذار^۱ (T_m) می‌گویند. دمای انتقالی در غشاهای مختلف برحسب نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده غشاء، متفاوت است. کلسترول در دماهای مختلف بر سیالیت غشاء اثری دوگانه دارد. در دمای بالاتر از دمای T_m با کاهش سیالیت غشاء از سیالیت بیش از حد آن جلوگیری می‌کند و در دمای پایین‌تر از T_m با افزایش سیالیت غشاء مانع از انجماد آن می‌شود. به عبارتی می‌توان گفت کلسترول تعدیل‌کننده سیالیت غشاء است (۱، ۲).

۲-۲-۱ پروتئین‌های غشاء

پروتئین‌های غشاء بیش از نیمی از جرم غشاء را تشکیل می‌دهند. پروتئین‌های غشاء را بر اساس نحوه قرار گرفتن در غشاء به پروتئین‌های سراسری یا اینتگرال^۲ و

1. Transition Temperature, T_m

2. Integral