
بسم الله الرحمن الرحيم

دعای مطالعه

اَللهُمَ اَخرِجنی مِن ظُلُماتِ الوَهمِ وَاَکرِمنی بِنُورِ الفَهمِ

اَللهُمَ افتِح عَلَینا اَبوابَ رَحمَتِکَ وَ انشُر عَلَینا خَزائِنَ عُلُومِکَ

بِرَحمَتِکَ یا اَرحَمَ الرّاحِمینَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی‌های فکر و گرامی بدار به نور فهم

پروردگارا، بگشای بر ما درهای رحمتت را و بگستران گنج‌های دانشت را به امید رحمت

تو ای مهربان‌ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله‌ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه‌ی این عمل نادرست، موجب رواج بی‌اعتمادی در جامعه و بروز پی‌آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می‌گردد.

آناهید گستر خلیلی

AGK

Anahid Gostar Khalili

جامع سلولی و مولکولی

ویژه تمامی گروه‌های علوم پایه پزشکی و مجموعه زیست‌شناسی

براساس لودیش ۲۰۲۱

مؤلفین:

منصور عرب

«دانشجوی دکتری تخصصی (Ph.D) سلولی کاربردی دانشگاه تهران»

ملیحه میرگلوی بیات

سرشناسه	: عرب، منصور، ۱۳۶۱-، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	: جامع سلولی و مولکولی: ویژه تمامی گروه‌های علوم پایه پزشکی و مجموعه زیست‌شناسی براساس لودیش ۲۰۲۱/ مولفین منصور عرب، ملیحه میرگلوی بیات.
مشخصات نشر	: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	: ۷۰۸ ص. مصور، جدول.
شابک	: 978-622-90871-5-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتاب حاضر برگرفته از کتاب "Molecular cell biology, 9th. Ed, c2021" اثر هاروی اف. لودیش ... [و دیگران] است.
موضوع	: یاخته‌شناسی -- راهنمای آموزشی (عالی)
	: Cytology -- Study and teaching (Higher)
	: زیست‌شناسی مولکولی -- راهنمای آموزشی (عالی)
	: Molecular biology -- Study and teaching (Higher)
شناسه افزوده	: میرگلوی بیات، ملیحه، ۱۳۶۸-، گردآورنده
شناسه افزوده	: لودیش، هاروی اف.
شناسه افزوده	: Lodish, Harvey F.
رده‌بندی کنگره	: QH۵۸۱/۲
رده‌بندی دیویی	: ۵۷۱/۶
شماره کتابشناسی	: ۹۴۹۳۵۴۹

انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام کتاب: AGK جامع سلولی و مولکولی

مؤلفین: منصور عـرب . ملیحه میرگلوی بیات

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: سوم . ۱۴۰۵

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ . پژمان . صحافی: جوان مدیر فنی و هنری: مریم آرده

مدیر تولید: اقبال شرقی تایپ و صفحه‌آرایی: بیتا اندوژفر

مرجع قیمت

سایت رسمی آناهیدگسترخلیلی

agkpublish.com

آموزشگاه/ فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب‌غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مرکز فروش: ۰۲۱۶۶۵۶۹۲۱۶ مدیر فروش: ۰۹۹۰۲۱۰۵۲۹۲

www.agkpublish.com agkpublisher@gmail.com

تقدیم به:

عمه امام زمان حضرت زینب (س)

و شهید بهشتی

طلیعه سخن مؤلف:

هم اینک که قلم در دست دارم، خدا را شاکرم که فرصتی مجدد فراهم کرد تا بتوانم قدمی در راه او بردارم و قلمی برای او بزنم. سپاس خدای را که راه علم را نشانم داد تا این‌که بتوانم با شناخت آثارش، اندکی پی به قدرت بی‌نهایتش ببرم و در نهایت خضوع بگویم: شکراً لله.

و اما اثری که پیش رو دارید نتیجه اندک اندوخته این حقیر در سال‌های تحصیل و تدریسم می‌باشد. سعیم بر این بوده که کتاب بیانی ساده، منسجم، جامع و در عین حال خلاصه و کنکوری داشته و تصاویر آن گویا باشد، عمده مطالب این چاپ، طبق لودیش ۲۰۲۱ می‌باشد که برای همه داوطلبان ارشد و دکتری و دبیری قابل استفاده است و با این اثر نیازی به تهیه کتاب دیگری (مثل لودیش، ضمیمه و ...) نیست.

در این‌جا لازم می‌دانم از تمامی عزیزانی که به طرق مختلف ما را در تهیه این کتاب یاری نمودند، تشکر کنم به ویژه: از همسر عزیزم،که اگر حمایت‌های او نبود شاید این اثر به این زودی چاپ نمی‌شد. از پدر و مادرم که دعای خیرشان همیشه پشت سرم بوده، از همکاران آتلیه انتشارات به‌ویژه سرکار خانم آرده و خانم اندوژفر و در نهایت از استاد عزیزم جناب آقای دکتر خلیلی که خیلی به بنده لطف داشتند و حامی و راهنمایم بودند. امیدوارم که این اندک، مقبول خداوند و حجتش حضرت صاحب (عج) قرار بگیرد و گره‌گشای راه شما در کسب علم و معرفت باشد. با ما در ارتباط باشید. بهترین‌ها را برایتان از خالق هستی خواستارم.

با احترام
Hajmansour90@yahoo.com
منصور عرب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۷
فصل دوم: غشاء (Membrane) ۳۰
فصل سوم: ناقلین غشایی (Membrane transporters) ۵۸
فصل چهارم: اسکلت سلولی (Cytoskeleton) ۸۹
فصل پنجم: اتصالات سلولی (Cell junctions) ۱۴۹
فصل ششم: سیگنالینگ (Signaling) ۱۸۳
فصل هفتم: میتوکندری (Mitochonderia) ۲۲۶
فصل هشتم: شبکه اندوپلاسمی (Endoplasmic reticulum) ۲۵۳
فصل نهم: دستگاه گلژی (Golgi apparatus) ۲۵۷
فصل دهم: لیزوزوم (Lysosome) ۲۶۰
فصل یازدهم: پراکسی‌زوم (Peroxysome) ۲۶۳
فصل دوازدهم: هسته (Necleus) ۲۶۷
فصل سیزدهم: دستگاه عصبی (Nervous System) ۲۶۸
فصل چهاردهم: کروپلاست (Chloroplast) ۲۸۴
فصل پانزدهم: DNA ۲۹۱
فصل شانزدهم: همانندسازی DNA (Replication) ۳۳۲
فصل هفدهم: جهش و ترمیم (Mutation and Repair) ۳۵۵
فصل هجدهم: رونویسی (Transcription) ۳۷۱
فصل نوزدهم: ترجمه (Translation) ۴۲۵
فصل بیستم: دسته‌بندی پروتئین‌ها (Protein Sorting) ۴۴۴
فصل بیست و یکم: نقل و انتقال وزیکولی ۴۷۵
فصل بیست و دوم: تنظیم بیان ژن ۴۹۶
فصل بیست و سوم: سیکل سلولی ۵۲۷
فصل بیست و چهارم: مرگ سلولی ۵۶۳
فصل بیست و پنجم: سرطان ۵۷۲
فصل بیست و ششم: سلول‌های بنیادی (Stem cells) ۵۹۲
فصل بیست و هفتم: ایمنی‌شناسی ۶۰۴
فصل بیست و هشتم: پاسخ به محیط سلولی ۶۳۳
فصل بیست و نهم: تکنیک‌ها و ابزارها ۶۴۷
واژه‌نامه ۷۰۰
منابع ۷۰۸

فصل ۱

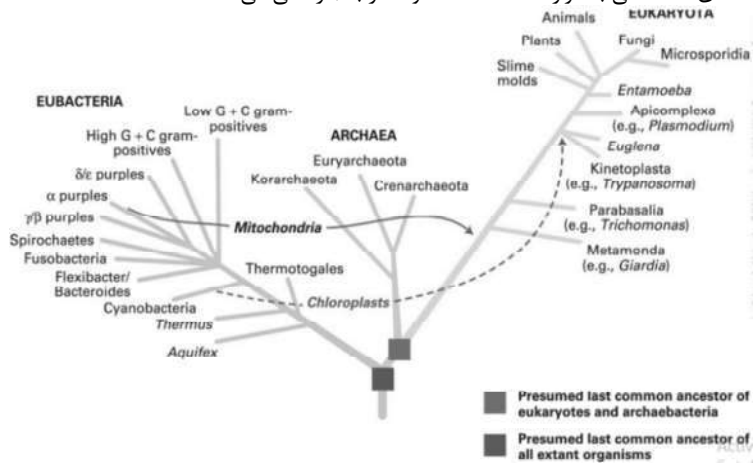
مقدمه

کوچک‌ترین واحد ساختاری هر موجود زنده، **سلول** نامیده می‌شود. چنان‌چه بدن موجودات را به یک ساختمان تشبیه کنیم، سلول‌ها آجرهای تشکیل‌دهنده این بنا هستند.

از یک دیدگاه، دو نوع سلول در جهان زیستی وجود دارد: سلول یوکاریوتی و پروکاریوتی. سلول‌های پروکاریوتی به وسیله غشای پلاسمایی احاطه شده، هسته نداشته و ساختار درونی نسبتا ساده‌ای دارند و شامل یوباکتری‌ها (باکتری‌های واقعی) و آرکی باکتری‌ها می‌باشند. اما سلول‌های یوکاریوتی، حاوی غشای پلاسمایی، هسته و اندامک‌های فراوان هستند و شامل گیاهان، جانوران، قارچ‌ها و آغازیان می‌باشند. ناحیه‌ای که بین غشای پلاسمایی و هسته قرار گرفته، **سیتوپلاسم** نامیده می‌شود که از سیتوزول (آب، یون‌های محلول، مولکول‌های کوچک و پروتئین‌ها) و اندامک‌ها (مثل هسته، میتوکندری، شبکه اندوپلاسمی (ER)، گلژی، لیزوزوم، پراکسی‌زوم، کلروپلاست و واکوئل) تشکیل شده است.

اما از لحاظ درخت تکاملی، ارگانیسم‌ها یک جد مشترک دارند که براساس معیارهای فیزیولوژیکی و توالی ماکرومولکول‌ها (هم‌چون DNA و پروتئین‌ها) به سه شاخه‌ی «**یوباکتری، آرکی‌باکتری** و **یوکاریوت**» تقسیم می‌شوند.

یوباکتری‌ها به دو شکل گرم + و گرم - وجود دارند. باکتری‌های گرم - مثل E.coli در روش رنگ‌آمیزی گرم، رنگ نمی‌گیرند. آرکی‌باکتری‌ها از لحاظ توالی DNA و ساختار شیمیایی غشا متفاوت از یوباکتری‌ها هستند و اغلب در شرایط سخت (مثل چشمه‌های آتشفشانی با حرارت، غلظت نمک و فشار بالا) زندگی می‌کنند.



شکل ۱-۱. درخت تکاملی بیانگر منشا گرفتن تمام موجودات از یک جد مشترک می‌باشد.

فصل

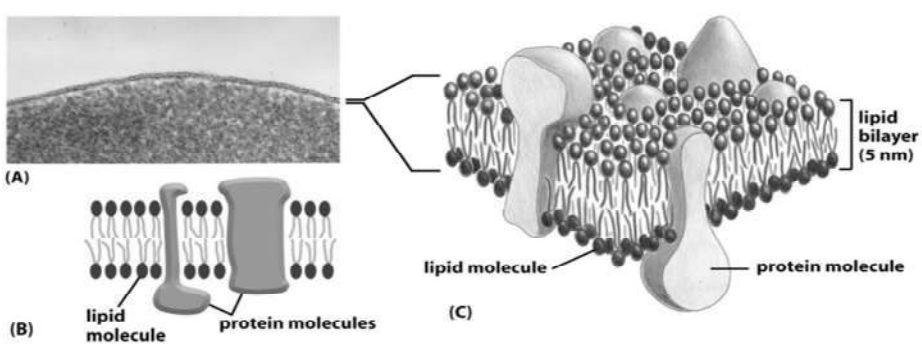
۲

غشاء (Membrane)

از ویژگی‌های هر موجود مادی، داشتن **"محدودیت و حد و مرز"** می‌باشد. همان‌طور که محدوده یک باغ و یا یک ساختمان با دیوارهایش، و محدوده بدن ما با پوست مشخص می‌شود، سلول نیز حد و مرزی دارد، کـه غشـاء نـام دارد. غشـاء، سـلول را از محیط پیرامون جدا می‌کند و به آن معنا می‌دهد. اولین سلول‌ها پس از شکل‌گیری غشاء به وجود آمـده‌انـد. در یوکـاریوت‌هـا، غشاها هم‌چنین حدود اندامک‌های سلولی (مثل هسته، میتوکندری و ...) را مشخص می‌کنند.

ساختمان غشاء

غشاهای زیستی همگی ساختمان مشابهی دارند و از دو لایه لیپیدی که پـروتئین‌هـا در بـین آن جـای گرفتـه‌انـد تشـکیل می‌شوند. دو لایه فسفولیپیدی با ممانعت از حرکت اغلب مواد محلول در آب، از یک سمت غشاء به سمت دیگـر و دادن جـواز عبور به برخی مولکول‌ها، به‌عنوان یک سد نفوذپذیر عمل می‌کند، که به حفظ تفاوت‌های ویژه بین درون و بیـرون سـلول و یـا اندامک کمک می‌کند. پروتئین‌ها هم به نوبه خود نقش‌های اختصاصی مانند انتقال مواد، شکل‌دهی، انتقال سـیگنال، اتصـالات سلولی و... را بر عهده دارند و باعث می‌شوند هر غشاء عملکردهای اختصاصی خود را داشته باشد.



شکل ۱-۲. اجزای اصلی سازنده غشاء

فصل

۳

ناقلین غشایی
(Membrane transporters)

از ویژگی‌های موجود زنده، امکان **تبادل مولکول** با محیط اطرافش می‌باشد، بدون این ارتباط سلول می‌میرد. از طرفی می‌دانیم، پیرامون یک سلول زنده را غشاء در بر می‌گیرد. غشاء سد نفوذپذیر **(نیمه تراوا)** فیزیکوشیمیایی می‌باشد که هر مولکولی امکان عبور از آن را ندارد.

عوامل دخیل در عبور مولکول‌ها از غشاء

سه عامل در عبور مواد از غشای دولایه‌ی خالص لیپیدی، نقش دارد:

۱. **درصد آبگریزی**[۱]، که با **ضریب K**[۲] نمایش داده می‌شود (هر چه ماده آبگریزتر = ضریب k بیش‌تر).

۲. اندازه

۳. **شیب غلظت** (اختلاف غلظت) در دو سمت غشا

هر چه مولکولی **"آبگریزتر،کوچک‌تر** و **با شیب غلظت بیش‌تر"** باشد، با سرعت بالاتری از غشاء عبور می‌کند. بنابراین نفوذپذیری غشاء به مواد مختلف، متفاوت می‌باشد.

انواع نفوذپذیری غشاء

اولین مرحله محدودکننده سرعت، عبور مولکول‌ها از محیط آبی به محیط آبگریز دو لایه لیپیدی است.

عبور مواد از غشای دو لایه لیپیدی خالص، به دو حالت زیر می‌باشد:

۱. **عبور مجاز**: گازها (مثل O2، N2، CO2، NH3 و...)، مولکول‌های هیدروفوب (مثل هورمون‌های استروئیدی[۳]، تیروکسین، رتینوئیک اسید، داروها، اسیدهای چرب و سموم) و مولکول‌های قطبیِ کوچکِ بدون بار (مثل آب، اوره، اتانول و گلیسرول) از غشاء عبور می‌کنند.

۲. **عدم عبور**: مولکول‌های باردار (نظیر یون‌های Mg^{2+}، Cl^- و $HCO3^-$، HPO_4^{2-} و مولکول‌هایی چون اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها، نوکلئوتیدها، ATP، گلوکز- ۶ فسفات) و مولکول‌های بزرگِ بی‌بار (مثل گلوکز و فروکتوز)، از غشاء عبور نمی‌کنند.

---

۱. یا میزان حلالیت در چربی

۲. که ضریب تفکیک نامیده می‌شود.

۳. مثل کورتیزول، استروژن، تستوسترون، آلدوسترون و ...

فصل

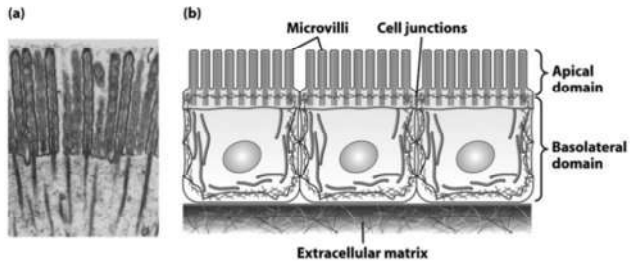
۴

اسکلت سلولی (Cytoskeleton)

هنگامی که با میکروسکوپ به دنیای شگفت‌انگیز سلول‌ها نظری بیندازیم، **تنوع شکل و حرکت** آن‌ها ما را به تعجب واخواهد داشت. آن‌چه در ابتدا نظر ما را به خود جلب خواهد کرد این است که برخی سلول‌ها، از جمله اسپرم مهره‌داران، مژک‌دارانی همانند تتراهایمانا و تاژک‌دارانی نظیر کلامیدومونا، به وسیله مژک‌ها و تاژک‌های خود با سرعت بالایی حرکت می‌کنند. سرعت حرکت سلول‌های بدون تاژک و مژک، از جمله آمیب‌ها و ماکروفاژهای انسانی آهسته‌تر است؛ و ناشی از حرکات هماهنگ خود سلول می‌باشد. به علاوه، برخی از سلول‌ها ممکن است به سلولی دیگر متصل شده و سطح سنگ‌فرشی مثل اپی‌تلیوم را به وجود بیاورند. تعدادی از سلول‌ها (مانند نورون‌ها) نیز دیده می‌شوند که دارای زوایدی طویل هستند که ممکن است طول آن‌ها به یک متر نیز برسد.

با نگاهی دقیق‌تر به سازمان‌دهی داخل سلول‌ها، متوجه خواهیم شد که هر اندامک دارای **"جایگاهی مشخص"** است؛ به‌عنوان مثال خواهیم دید دستگاه گلژی، عموما در کنار هسته قرار دارد.

از طرفی قبلا گفته شد سلول‌های اپی‌تلیوم **قطبیت**[1] دارند و شامل دو ناحیه متفاوت از هم، راسی و جانبی- پایینی می‌باشند. مثال دیگری از قطبیت را در ماکروفاژ (نوعی سلول ایمنی) و سلول‌های مهاجر می‌توان ملاحظه نمود که قسمت جلویشان منبسط و در عقب منقبض می‌شوند و حرکت کرمی شکل دارند. قطبیت در این‌جا به معنای توانایی سلول در ایجاد مناطقی است که از لحاظ عملکردی کاملا متفاوت باشند.



1. Polarity

فصل

۵

اتصالات سلولی (Cell junctions)

گردهمایی سلول‌ها برای تشکیل بافت

در موجودات پرسلولیِ پیچیده (مثل گیاهان و جانوران)، یک نوع سلول‌های خاص، اغلب گردهم آمده و **بافت**[1] را می‌سازند. بافت‌های مختلف، ممکن است در کنار هم قرار گرفته و **اندام**[2] را تشکیل دهند. هر بافت، عمل خاصی را انجام می‌دهد: مثلا بافت‌های عصبی و آوندی، به ترتیب پیام عصبی و جریان آب را منتقل می‌کنند و اندام، یک یا چند کار مختلف را انجام می‌دهد. ایجاد بافت و اندام یک مزیت تکاملی محسوب می‌شود و باعث سازگاری موجود زنده به محیط‌های مختلف می‌شود. گردهمایی بافت‌های گوناگون در کنار هم توسط مولکول‌های اتصالی (چسبندگی) انجام می‌شود. اتصالات سلولی علاوه بر اجتماع (گردهمایی)، در انتقال اطلاعات بین سلول‌ها نیز نقش دارند که در بسیاری از فرایندها از جمله بقا، تکثیر، تمایز و مهاجرت مهم می‌باشد. بنابراین تعجب‌آور نیست که نقص در این نوع اتصالات منجر به طیف وسیعی از بیماری‌های عصبی-عضلانی، ناهنجاری‌های اسکلتی و نیز سرطان می‌شود.

نکته: گردهمایی سلول‌ها در بافت‌های گوناگون به دو صورت حاصل می‌شود: **اتصالات مستقیم (سلول به سلول)**[3] و **غیرمستقیم (سلول به ماتریکس)**[4].

انواع اتصالات سلولی

اتصالات سلولی به سه شکل **محکم، لنگری و شکاف‌دار** وجود دارند. اتصالات محکم و لنگری باعث افزایش استحکام (حفظ ساختار بافت) می‌شوند ولی اتصالات شکاف‌دار در نقل و انتقال مولکول‌ها بین دو سلول مجاور نقش دارند (و نقش ارتباطی دارند و استحکامی نیستند). از لحاظ توزیع، اتصالات لنگری و شکاف‌دار در اکثر سلول‌ها وجود دارند ولی اتصالات محکم عمدتا در اپی‌تلیوم دیده می‌شوند.

1. Tissue
2. Organ
3. Cell-cell
4. Cell-matrix

فصل

۶

سیگنالینگ (Signaling)

مسیرهای پیام‌رسانی در سلول

هیچ سلولی به‌طور انفرادی زندگی نمی‌کند. ارتباط بین سلولی خاصیت بنیادی تمام سلول‌هاست. ارتباط در تک سلولی‌هایی هم‌چون مخمر از طریق **فرومون**[1] می‌باشد که در تکثیر و تمایز و ... دخالت می‌کند. این در حالی است که در جانوران و گیاهان از طریق **هورمون‌ها** و سایر مولکول‌های پیام‌رسان متابولیسم، رشد و تمایز تنظیم می‌شود.

انواع انتقال پیام

پیام‌رسانی به سه طریق آزادشدن سیگنال، تماس فیزیکی و Gap junction ممکن است انجام شود.

۱. آزاد شدن سیگنال

مولکول‌های سیگنال، براساس فاصله‌ای که طی می‌کنند به سه نوع "اتوکراین، پاراکراین و اندوکراین" تقسیم می‌شوند.

در پیام‌رسانی اتوکراین (Autocrine) که نوعی **خودتنظیمی**[2] می‌باشد، مولکول‌های سیگنالینگ به خود سلول ترشح‌کننده سیگنال، متصل شده و اثر می‌گذارند (تحریک یا مهار می‌کنند). برخی از فاکتورهای رشد از این طریق عمل می‌کنند و جالب این‌جاست، این نوع پیام‌رسانی از مشخصه‌های سلول‌های توموری نیز می‌باشد، زیرا بسیاری از این سلول‌ها با ترشح بیش از حد فاکتورهای رشد بر سر خود، موجب تکثیر بی‌رویه خودشان می‌شوند. گاهی اوقات پروتئین‌های اینتگرال غشایی یک سلول نیز ممکن است برش خورده و داخل سلول شوند و یک پیام ارسال کنند (مثل مسیر Notch /Delta).

در پیام‌رسانی پاراکراین (Paracrine)، مولکول‌های سیگنالینگ از یک سلول ترشح شده و بر سلول‌های مجاور اثر می‌گذارند؛ مانند ترشح استیل کولین از سلول عصبی و فاکتورهای رشد پروتئینی دخیل در تکوین موجودات پرسلولی.

در پیام‌رسانی اندوکراین (Endocrine)، مولکول‌های سیگنالینگ، پس از ترشح از سلول، وارد جریان خون شده و بر سلول‌های هدفی که از آن‌ها دور است اثر می‌گذارند. مثال‌های شاخص این مسیر، هورمون‌هایی مانند انسولین و اپی‌نفرین می‌باشند.

۲. تماس فیزیکی

گاهی ممکن است بین پروتئین‌های اینتگرال دو سلول، اتصال برقرارشود که نتیجه این اتصال، ارسال پیام می‌باشد.

---

1. Pheromones
2. Self- regulation

فصل

۷

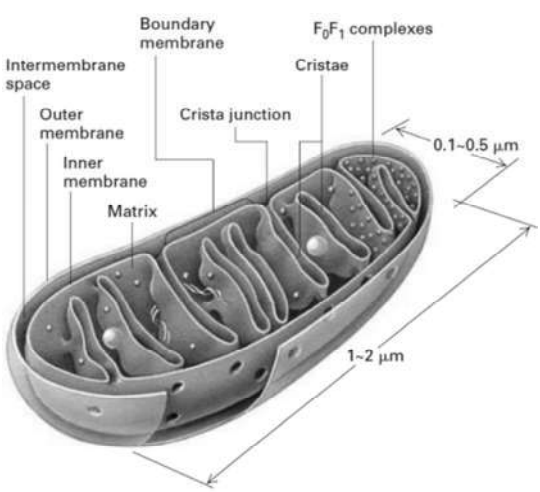
میتوکندری (Mitochonderia)

از حدود ۲/۷ میلیارد سال پیش، سیانوباکتری‌های مولد O_2 به وجود آمدند که باعث افزایش تولید اکسیژن جو شدند. استفاده از این O_2 توسط ارگانیسم‌ها، توسط مسیر اکسیداسیون هوازی، مسیر بسیار کارامدی برای تولید انرژی می‌باشد. در سلول‌های یوکاریوتی، اکسیداسیون هوازی توسط میتوکندری‌ها انجام می‌شود. لذا میتوکندری با مصرف اکسیژن، به‌عنوان کارخانه تولید ATP عمل می‌کند.

مورفولوژی

میتوکندری اندامکی دو غشایی با عرض ۰/۵ الی ۰/۱ میکرون و طول تا ۲ میکرون و از جمله بزرگ‌ترین اندامک‌ها در سلول می‌باشد. اکثر سلول‌های یوکاریوتی دارای میتوکندری‌های متعددی هستند که ممکن است تا حدود ۲۵٪ از حجم سیتوپلاسم را اشغال کنند. به‌طور کلی میتوکندری‌ها از لحاظ محل فعالیت در جایی حضور دارند که به انرژی (ATP) نیاز داشته باشد. مثلا در سلول جدار معده (که باعث اسیدی شدن آن می‌شود) دارای میتوکندری فراوانی می‌باشد (به دلیل وجود فراوان پمپ‌های H^+ مصرف‌کننده ATP).

نکته: مثل سایر اندامک‌ها، تعداد میتوکندری در فاز G2 (و حتی در M) دو برابر می‌شود.



شکل ۱-۷. ساختار داخلی میتوکندری

ساختمان میتوکندری

میتوکندری از بخش‌های مختلفی تشکیل شده که عبارتند از:

۱. غشای خارجی (Outer membrane)

این غشاء که نمایی صاف به میتوکندری می‌دهد، در معرض تماس مستقیم با سیتوزول بوده، نسبت به پروتون‌ها نفوذپذیر است و نوعی کانال پورین به نام VDAC[1]، فراوان‌ترین پروتئین آن می‌باشد.

1. Voltage-dependent anion channels

فصل

۸

شبکه اندوپلاسمی
(Endoplasmic reticulum)

بزرگ‌ترین سیستم غشادار داخلی، انـدامکی اسـت کـه شـبکه اندوپلاسـمی **(ER)** خوانـده مـی‌شـود[۱]. شـبکه اندوپلاسـمی مجموعه‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های درهم فرورفته و پیوسته‌ای است که می‌تواند از غشای پلاسمایی شروع و تـا فضـای پیرامـون هسته کشیده شود. در ضمن به فضای درونی **ER**، **لومن**[۲] گفته می‌شود.

انواع شبکه اندوپلاسمی

شبکه اندوپلاسمی را می‌توان به دو نوع **شبکه اندوپلاسمی خشن (RER)** [۳] و **شبکه اندوپلاسـمی صـاف (SER)**[۴] دسـته‌بنـدی کرد. SER از این جهت بدین نام خوانده می‌شود که غشای آن سطحی صاف دارد و از سوی دیگر غشـای RER بـه دلیـل اتصـال ریبوزوم‌ها، ناصاف است.

شبکه اندوپلاسمی صاف محل سنتز اسیدهای چـرب و فسفولیپیدهاسـت. در مقابـل شـبکه اندوپلاسـمی خشـن بـه همـراه ریبوزوم‌های متصل به آن، محل سنتز پروتئین‌های غشایی و ترشحی است؛ شبکه اندوپلاسمی خشن مسئول تولید حـدود ۱/۳ پروتئین‌های سلول است. در سلول‌های عضلانی، اختصاصی‌ترین نوع شبکه اندوپلاسمی وجود دارد که به شبکه **سارکوپلاسـمی یا SR**[۵] معروف است. SR در ذخیره Ca^{2+} نقش دارد. شکل دیگری از شبکه اندوپلاسمی را در آزمایشگاه و بعـد از سـانتریفیوژ می‌توان مشاهده نمود که به آن‌ها **میکروزوم**[۶] می‌گویند که به شکل وزیکول‌های کوچکی مـی‌باشـند. از میکـروزوم‌هـا بـرای مطالعه ساختمان و عملکرد ER استفاده می‌شود، چون بسیاری از ویژگی‌های بیوشیمیایی ER (مثل انتقال پروتئین) را در خود حفظ کرده‌اند.

---

۱. بزرگ‌ترین سیستم غشادار داخلی، ER و بزرگ‌ترین اندامک یوکاریوتی، هسته می‌باشد. در ضـمن غشـای خـارجی هسـته در امتـداد ER خشن است.

2. Lumen
3. Rough Endoplasmic Reticulum
4. Smooth Endoplasmic Reticulum
5. Sarcoplasmic reticulum
6. Microsome

فصل

۹

دستگاه گلژی (Golgi apparatus)

دستگاه گلژی

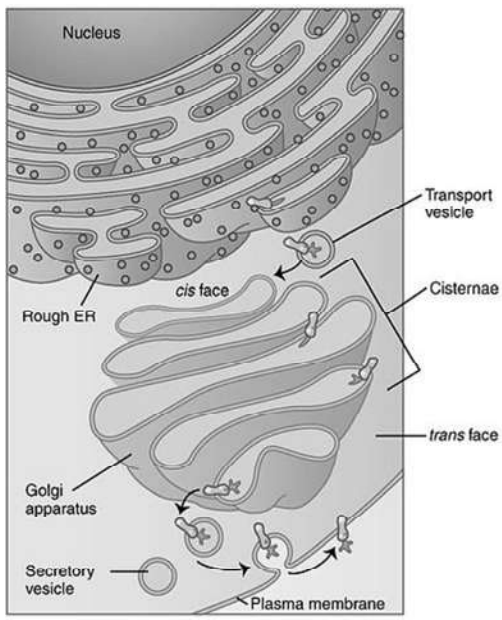
کمپلکس گلژی به صورت ردیفی از کیسه‌های مسطح و پهن (سیسترن) می‌باشد که در مرکز سلول و در مجاورت هسته قرار دارد.

ساختمان دستگاه گلژی

مشاهده دستگاه گلژی در زیر میکروسکوپ الکترونی امکان تشخیص سه بخش را می‌دهد: ساکول، دیکتوزوم و دستگاه گلژی.

۱. **ساکول**[1] یا **سیسترن** (به معنای ظرف آب و مایعات)[2]: کوچکترین جزء سازنده کمپلکس گلژی بوده و شامل کیسه‌های پهن و هِلالی شکل غشایی می‌باشد که بخش میانی آن صاف اما بخش کناری‌اش چین خورده و متراکم است. ساکول‌ها بر هم منطبق هستند ولی متصل به هم نمی‌باشند و بین آن‌ها سیتوزول قرار گرفته است.

۲. **دیکتیوزوم** (Dictyosome): با روی هم قرارگرفتن ۶ تا ۸ (در برخی موارد بیش‌تر) ساکول، یک دیکتیوزوم شکل می‌گیرد. دیکتیوزوم‌ها واحد اصلی تشکیل‌دهنده گلژی می‌باشند. هر دیکتیوزوم شامل سه ناحیه می‌باشد: **سیس، میانه و ترانس**.



شکل ۱-۹. دستگاه گلژی و محل قرارگیری آن در سلول

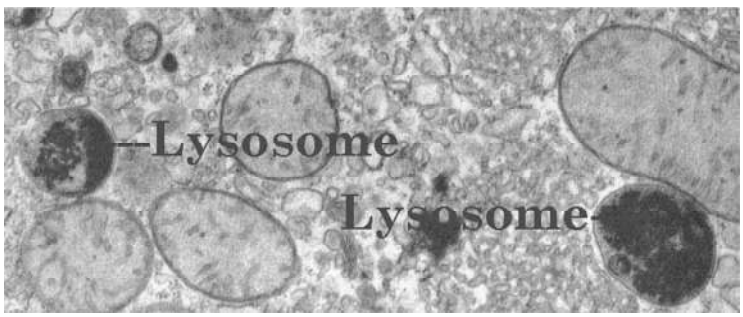
1. Saccul
2. Cisterna

فصل

۱۰

لیزوزوم (Lysosome)

لیزوزوم‌ها، اندامک‌هایی مستقل و با غشایی منفرد در سلول‌های یوکاریوتی می‌باشند، که حاوی آنزیم‌های اسید هیدرولاز هستند. غشای لیزوزوم‌ها قابلیت تلفیق با غشاهای دیگر از جمله وزیکول‌های اندوسیتوزی را دارد و بدین ترتیب مواد مختلف را تجزیه می‌کند. لیزوزوم‌ها در سلول‌های جانوری (به غیر از RBC)، گیاهی و تک سلولی‌ها وجود دارند، ولی باکتری‌ها لیزوزوم ندارند[۱].



شکل ۱-۱۰. ساختمان لیزوزوم

ساختمان لیزوزوم

در کل ساختمان لیزوزوم از دو قسمت تشکیل شده است: غشاء و ماتریکس.

ماتریکس، قسمت درونی لیزوزوم می‌باشد، که توسط غشاء احاطه شده است. ماتریکس لیزوزوم ترکیب بسیار متراکمی دارد و غنی از آنزیم‌های هیدرولازی[۲] (تجزیه کننده) می‌باشد.

---

۱. البته فضای پری‌پلاسمیک در باکتری‌های گرم منفی، معادل لیزوزوم‌ها در نظر گرفته می‌شود که حاوی آنزیم‌های هیدرولازی می‌باشد.

2. Hydrolase

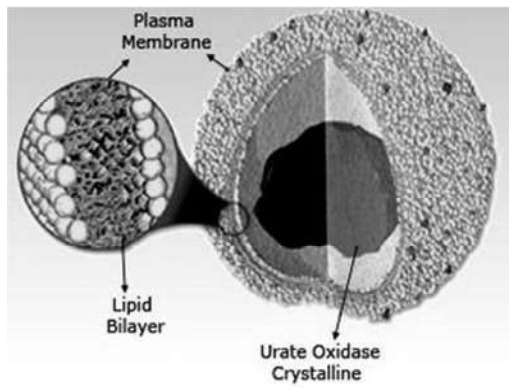
فصل

۱۱

پراکسی‌زوم (Peroxysome)

پراکسی‌زوم اندامکی کروی و کوچک با یک غشای منفرد می‌باشد که در تمام پستانداران (به‌جز اریتروسیت‌ها) و در بیش‌تر یوکاریوت‌ها (حتی در گیاهان و مخمرها) وجود دارد. برخلاف میتوکندری و کلروپلاست، پراکسی‌زوم DNA و ریبوزوم ندارد. بنابراین تمام پروتئین‌های پراکسی‌زومی توسط ژن‌های هسته‌ای کد می‌شوند، روی ریبوزوم‌های آزاد درون سیتوزول سنتز شده، و سپس به درون پراکسی‌زوم از پیش موجود و یا تازه ساخته شده وارد می‌شوند. اندازه و ترکیب آنزیمی پراکسی‌زوم‌ها در سلول‌های مختلف، بسیار متغیر است. تمامی پراکسی‌زوم‌ها حاوی آنزیم‌های اکسیداز و کاتالاز می‌باشند. پراکسی‌زوم آنزیم‌هایی دارد که اسیدهای چرب را به مولکول‌های کوچک‌تر (مورد استفاده برای بیوسنتز) تجزیه می‌کند و هم‌چنین سم‌زدایی می‌نماید.

آنزیم‌های اکسیداز، از اکسیژن مولکولی برای اکسیدکردن سوبستراهای متفاوت (همانند اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب) استفاده کرده و آن‌ها را به اجزای کوچک‌تر می‌شکنند. طی این فرایند، H_2O_2 (که یک ماده مخرب است) تولید می‌شود که توسط **کاتالاز** به H_2O و اکسیژن تبدیل می‌شود. در پستانداران، پراکسی‌زوم بیش‌تر از همه در سلول‌های کبدی به فراوان یافت می‌شود که در آن‌جا حدود ۱ تا ۲ درصد حجم سلول را تشکیل می‌دهد.



شکل ۱-۱۱. ساختمان پراکسی‌زوم

فصل

۱۲

هسته (Necleus)

هسته بزرگ‌ترین اندامک در سلول‌های جانوری است، در مرکز سلول قرار دارد، واجد غشای داخلی و خارجی است. غشای داخلی، ساختار هسته را تعیین می‌کند و در اکثر سلول‌ها، غشای خارجی در امتداد ER می‌باشد و فضای بین غشاهای داخلی و خارجی هسته در ادامه لومن ER می‌باشند. در محل قرارگیری NPC، دو غشای داخلی و خارجی به هم می‌رسند. کانال NPC، جزو بزرگ‌ترین سازه‌های پروتئینی شناخته شده است که در ورود و خروج در جهت شیب غلظت مواد از به هسته نقش دارد. پایداری غشای داخلی هسته وابسته به اسکلت لامینی است که بدان شکل و سختی می‌دهد که فسفریلاسیون وسیع لامین در اوایل میتوز باعث فروپاشی هسته می‌گردد.

هسته، وجه تمایز سلول‌های یوکاریوتی با پروکاریوتی می‌باشد. پروکاریوت‌ها هسته ندارند. هسته، محل استقرار DNA می‌باشد، لذا عمل همانندسازی و رونویسی در این اندامک انجام می‌شود. هسته، حاوی چندین زیربخش بدون غشا مثل اجسام هسته‌ای می‌باشد که هر یک نقش‌های خاصی دارند. هسته، ساختاری پویا دارد (یعنی بزرگ و کوچک می‌شود)، که پروتئین‌ها بین آن و اجسام هسته‌ای در حال تردد هستند (بررسی بیش‌تر در رونویسی). به نواحی غیرهستکی در هسته، نوکلئوپلاسم می‌گویند که واجد هتروکروماتین‌ها و یوکروماتین‌ها می‌باشد.

کروموزوم‌های هسته‌ای به دو شکل اینترفازی و میتوزی وجود دارند. در فرم اینترفازی، کروموزوم‌ها نازک و پراکنده هستند، با میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده‌اند و به دو شکل یوکروماتین و هتروکروماتین دیده می‌شوند. میتوز، کروموزوم‌ها متراکم شده و با میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند (در متافاز).

فصل

۱۳

دستگاه عصبی (Nervous System)

از نظر تشریحی دستگاه عصبی شامل دو بخش مرکزی (**CNS**)[1] و محیطی (**PNS**)[2] می‌باشد که CNS شامل مغز و نخاع و PNS شامل رشته‌ها و گره‌های عصبی است.

از نظر ساختمانی دستگاه عصبی از دو نوع سلول تشکیل شده است:

۱. **نورون‌ها**؛ سلول‌های تحریک‌پذیری هستند که دریافت، انتقال و پردازش سیگنال‌های عصبی را برعهده دارند و به‌عنوان واحد عملی دستگاه عصبی شناخته می‌شوند.

۲. **گلیال‌ها**[3]؛ سلول‌های تحریک‌ناپذیری هستند که در حفاظت و تغذیه نورون‌ها شرکت دارند اما در نقل و انتقال جریان عصبی دخالت مستقیمی ندارند (و به‌عنوان سلول‌های پشتیبان شناخته می‌شوند). در ادامه با این سلول‌ها بیش‌تر آشنا می‌شویم.

اجزای تشکیل‌دهنده نورون

نورون‌ها از پیش‌سازهای نوروبلاستی تقریبا کروی منشا می‌گیرند و از قطبی‌ترین و پیچیده‌ترین سلول‌های بدن می‌باشند. نورون‌ها پس از تمایز عمدتا شامل چهار قسمت مختلف جسم سلولی، دندریت، آکسون و پایانه‌های آکسونی می‌شوند:

۱. **جسم سلولی**[4]؛ از هسته و سیتوپلاسم تشکیل می‌شود و در بخش مرکزی سلول قرار دارد.

۲. **دندریت‌ها**[5]؛ زایده‌های شاخه شاخه‌ای[6] هستند که پیام عصبی را از سایر نورون‌ها دریافت کرده و به هسته سلول منتقل می‌کنند.

۳. **آکسون**[7]؛ زائده‌ای باریک و بلند است که همانند یک سیم انتقال عمل می‌کند و پیام‌ها را از جسم سلولی دور می‌کند. قطر آکسون‌ها از یک میکرومتر در برخی نورون‌های مغز انسان تا یک میلی‌متر در برخی ماهی‌های غول‌آسا متغیر است. آکسون‌ها اغلب توسط عایق‌های الکتریکی به نام **غلاف میلینی** که از سلول‌های گلیال ساخته شده است، پوشانده می‌شوند. داشتن عایق باعث افزایش سرعت انتقال الکتریکی می‌شود. لازم به ذکر است که آکسون، جسم سلولی را در یک برجستگی به نام **تپه آکسونی**[8] ترک می‌کند، از تپه آکسونی پتانسیل‌های عمل برمی‌خیزند و به پایانه‌های آکسونی هدایت می‌شوند.

---

1. Central nervous system
2. Peripheral nervous system

۳. که نوروگلی یا گلیا نیز خوانده می‌شوند.

4. Cell body
5. Dendrites

۶. دندریت از واژه دندرون (Dendron) به معنی درخت، به خاطر شاخه شاخه بودن گرفته شده است.

7. Axon
8. Axon hillock

فصل

۱۵

DNA

اسید داکسی ریبونوکلئیک[1] یا DNA، به‌عنوان جایگاه «ذخیره اطلاعات ژنتیکی» شناخته شده و حاوی دستورات لازم برای ساختن پروتئین‌های موجود زنده می‌باشد. این مولکول را از این رو نوکلئیک اسید می‌نامند که برای اولین بار از هسته استخراج شده و دارای خاصیت اسیدی می‌باشد. مولکول‌های DNA درون سلول بسته‌بندی شده و ساختارهایی به نام **کروموزوم**[2] را ایجاد می‌کنند. به‌عنوان مثال در پروکاریوت‌ها یک مولکول DNA و درواقع یک کروموزوم و در یوکاریوت‌ها چندین مولکول DNA و در نتیجه چندین کروموزوم را شاهد هستیم. کروموزوم‌ها در سلول‌های یوکاریوتی به صورت DNA دو رشته‌ای خطی و در سلول‌های باکتریال به صورت دو رشته‌ای حلقوی می‌باشند. DNA پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها به ترتیب در نوکلئوئید (**Nucleoid**) و هسته (**Nucleos**) که در مرکز سلول هستند، قرار می‌گیرد.

مولکول DNA، ویژگی‌هایی دارد که آن را به یک «**مولکول ویژه**»[3] تبدیل کرده و باعث حفظ اطلاعات ژنتیکی شده است:

- **پایداری بسیار بالا:** از نظر شیمیایی DNA به بسیاری از شرایط کره زمین فوق‌العاده پایدار می‌باشد. امکان بازیابی توالی DNA از فسیل‌های ده‌ها هزار ساله گواهی بر این مطلب است.
- **داشتن سیستم ترمیمی**: کوچک‌ترین تغییر در مولکول DNA می‌تواند منجر به نقص در فعالیت سلول و حتی مرگ شود. سلول با انجام تعمیر، نهایت دقت را در حفاظت از این ساختار به کار می‌برد.
- **امکان سازمان‌دهی مناسب:** رشته‌های بسیار طویل DNA با اتصال به پروتئین‌های خاصی تا خورده و متراکم می‌شوند.
- **امکان انتقال اطلاعات به نسل بعدی:** DNA طی فرآیندی به‌نام «**همانندسازی**» دو برابر شده و سپس سلول تقسیم خواهد شد.

طی فرآیند **رونویسی**[4]، اطلاعات ذخیره شده در DNA به صورت اسید ریبونوکلئیک (RNA) نسخه‌برداری می‌شود. مرحله‌ی بعدی سنتز پروتئین است. سنتز پروتئین **ترجمه**[5] نامیده می‌شود، زیرا زبان توالی نوکلئوتیدی DNA و RNA به زبان توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها ترجمه می‌گردد.

در این فصل در مورد اجزای تشکیل‌دهنده‌ی ساختمان DNA تا اشکال پیچیده‌ی آن بحث خواهد شد که به ترتیب عبارت است از:

نوکلئوتید ← DNA تک رشته ← DNA دو رشته ← کروماتین ← کروموزوم.

---

1. Deoxy ribonucleic acid
2. Chromosome
3. Master molecule
4. Transcription
5. Translation

فصل

۱۶

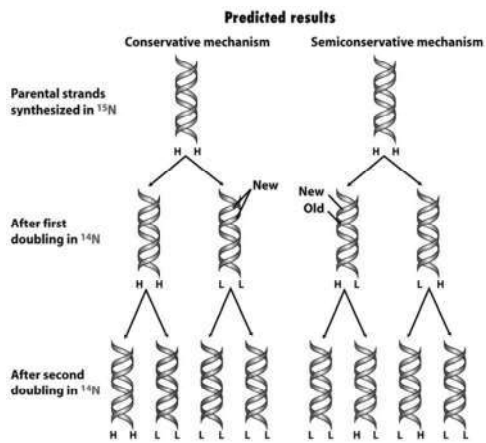
همانندسازی DNA (Replication)

مدت‌ها قبل از این‌که ساختمان DNA شناخته شود، دانشمندان از توانایی موجودات زنده در ایجاد نسخه‌های دقیقاً مشابه خود در تعجب بودند.

در دهه‌ی ۱۹۴۰ شواهدی به دست آمد که نقش DNA به‌عنوان مولکول ژنتیک را نشان می‌داد. در دهه ۱۹۵۰ واتسون و کریک مدل مارپیچی ساختمان DNA را ارائه کردند و مشخص شد که DNA به‌عنوان یک الگو[1] در همانندسازی و انتقال اطلاعات ژنتیکی عمل می‌کند.

نکاتی کلی راجع به همانندسازی

- همانندسازی، شامل همانندسازی کل کروموزوم‌ها یعنی DNA و پروتئین‌های تشکیل دهنده‌ی آن می‌باشد.
- همانندسازی به صورت **نیمه حفاظتی**[2] است: یعنی این که طی این فرایند، دو رشته DNA از هم باز شده و از هر رشته به‌عنوان الگو برای ساختن یک رشته جدید استفاده می‌شود. لذا در یک سلول تازه تقسیم شده، از دو رشته، یک رشته مربوط به DNA قبلی است که آن را رشته مادری نامیده و رشته دیگر که تازه سنتز شده، رشته دختری نام می‌گیرد. این مدل همانندسازی، توسط دو دانشمند به نام‌های «مزلسون و استال[3]» ارائه شد.



شکل ۱-۱۶. مدل همانندسازی نیمه حفاظتی؛ مزلسون و استال، در ابتدا باکتری‌ها را در محیط کشت حاوی ازت ۱۵ (ایزوتوپ سنگین) به اندازه یک نسل اجازه رشد دادند (نسل اول). سپس این باکتری‌ها را به محیط دارای ازت ۱۴ منتقل و از نسل ۲ به بعد در محیط‌های حاوی ازت ۱۴ (N14/N14) کشت دادند. در هر نسل وقتی DNA را (با استفاده از سانتریفیوژ) استخراج کردند مشاهده شد که یک باند سنگین (ازت ۱۵) در ته لوله ایجاد می‌شود که از ازت ۱۴ قابل تمایز است. و در هر نسل، با انجام همانندسازی مقدار DNA دارای ایزوتوپ سنگین نصف می‌شود.

1. Template
2. Semi conservative
3. Meselson and Stahl

- هر واحد همانندسازی، دارای یک نقطه شروع[1] و دو ناحیه پایان[2] می‌باشد.
- همانندسازی به‌صورت **دو طرفه**[3] می‌باشد.
- همانندسازی دو رشته، **هم‌زمان** می‌باشد.
- آنزیم اصلی همانندسازی، DNA پلیمراز می‌باشد. آنزیم‌ها و پروتئین‌های دیگری نیز در این امر با DNA پلیمراز همکاری می‌کنند.
- سنتز DNA توسط آنزیم DNAپلیمراز، در جهت $5' \rightarrow 3'$ می‌باشد.

عوامل همانندسازی

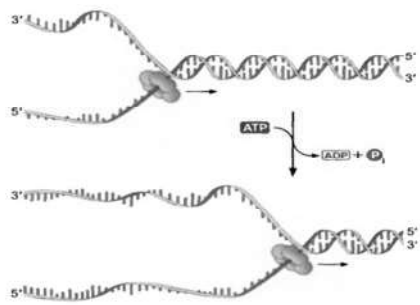
در همانندسازی عواملی فعال هستند که شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. نوکلئوتید: ماده اولیه برای همانندسازی است و شامل dATP , dCTP, dGTP, dTTP می‌باشد.

۲. الگو (Template): در همانندسازی، از هر دو رشته DNA، همزمان به‌عنوان الگو، استفاده می‌شود.

۳. عوامل شناسایی‌کننده‌ی جایگاه شروع: DnaA در باکتری‌ها، **ORC** در مخمر، مبدأ همانندسازی را شناسایی کرده و به آن متصل می‌شوند[4].

۴. هلیکاز: DnaB در باکتری‌ها، آنتی‌ژن -T در ویروس SV40 و MCM در یوکاریوت‌ها مثالی از هلیکازها می‌باشند که همگی هگزامر هستند. هلیکاز باعث باز شدن پیوند هیدروژنی بین دو رشته DNA می‌شود. این آنزیم برای باز کردن هر پیوند هیدروژنی، دو عدد ATP مصرف می‌کند.



شکل ۲-۱۶. عملکرد هلیکاز را نشان می‌دهد.

۵. آنزیم پایدارکننده تک رشته: DNA وقتی که توسط هلیکازها باز می‌شود به‌طور ذاتی تمایل دارد به حالت دو رشته‌ای برگردد. لذا پروتئین‌هایی وجود دارند که به DNAهای تک رشته شده متصل می‌شوند و از اتصال مجدد آن‌ها به یکدیگر ممانعت می‌کنند. در پروکاریوت‌ها پروتئین **SSBP**[5] و در یوکاریوت‌ها پروتئین **RPA**[6] که آن را **RFA**[7] نیز می‌نامند این نقش را برعهده دارد.

1. Origin site
2. Terminus site
3. Bidirectional

۴. در لودیش، صحبتی از عوامل و حتی نحوه‌ی همانندسازی پروکاریوتی نشده است.

5. Single-stranded binding proteins
6. Replication Protein A
7. Replication Factor A

منابع

۱. بیوشیمی لنینجر، ترجمه دکتر محمدی، انتشارات آییژ، ۱۳۸۱.

۲. بیوشیمی هارپر، ترجمه دکتر محمدنژاد و همکاران، انتشارات اندیشه رفیع، ۱۳۸۶.

۳. زیست‌شناسی سلولی و مولکولی لودیش، ترجمه دکتر محمدنژاد و همکاران، انتشارات اندیشه رفیع، ۱۴۰۰.

۴. زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دکتر مجد و شریعت‌زاده، انتشارات آییژ، ۱۳۸۸.

۵. زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، مریم خالصی، انتشارات سنجش تکمیلی، ۱۳۸۸.

جامـــع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

بانک سوالات

جمع‌آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به‌صورت فصل‌بندی شده

الگـــوریتم

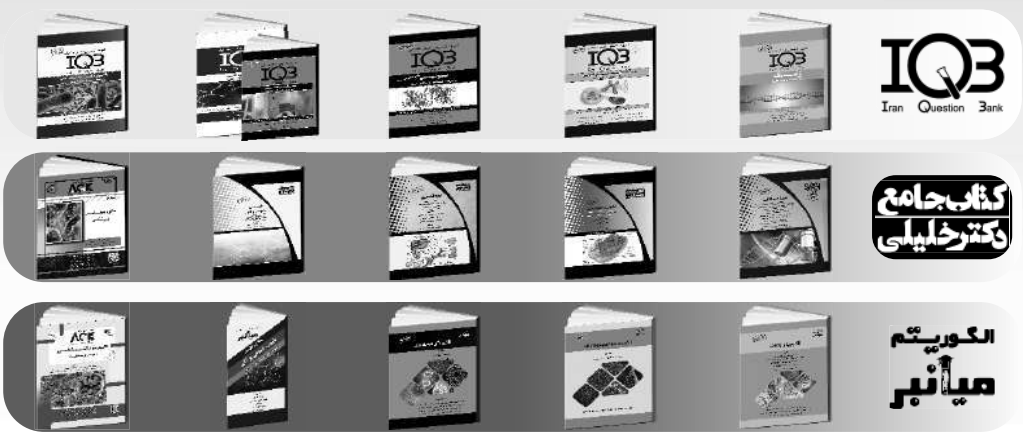
چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۱) گروه تألیفی دکتر خلیلی

ژنتیک | سلولی مولکولی | بیوشیمی | شیمی عمومی آلی | باکتری‌شناسی



کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۲) گروه تألیفی دکتر خلیلی

ایمنی‌شناسی | بیوشیمی | خون‌شناسی | سلولی مولکولی | باکتری‌شناسی



جامــع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

بانک سوالات

جمع‌آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به‌صورت فصل‌بندی شده

الگــوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

کتاب‌های کارشناسی ارشد مجموعه علوم آزمایشگاهی (۳) گروه تألیفی دکتر خلیلی

بیوشیمی | ایمنی‌شناسی | انگل‌شناسی | باکتری‌شناسی | قارچ‌شناسی | سلولی مولکولی | ویروس‌شناسی







مجموعه کتاب‌های زبان انگلیسی گروه تألیفی دکتر خلیلی



دریافت نمونه‌ی کتاب به‌صورت رایگان

FREE DOWNLOAD

www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی

آناهیـد گستـر خـلیـلی

نمایندگی	شماره تماس	نمایندگی	شماره تماس
اراک (آقای حسینی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	سبزوار (آقای شریفان)	۰۹۱۰۱۷۱۱۸۷۲
اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	شاهرود (آقای سلمانی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱
ارومیه (آقای آرمیون)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	شهرکرد (خانم تقی‌پور)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹
اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	شیراز (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲
اصفهان (آقای کیانی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	فسا (خانم شعبانی)	۰۹۱۹۳۷۱۳۷۴۲
اهواز (آقای دکتر رضازاده)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹
ایلام (آقای دکتر بوچانی)	۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷
بروجرد (آقای احمدی‌صدر)	۰۹۱۹۶۸۵۳۱۱۶	کرمان (خانم ضمانتی‌یار)	۰۹۱۳۱۹۸۱۲۷۰
بم (خانم سرحدی‌نژاد)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۹	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸
بیرجند (آقای دکتر بهروان)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	کوهدشت (خانم یاریان)	۰۹۱۹۵۳۷۱۸۹۰
تبریز (خانم عاصمی‌زاده)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	گرگان (آقای شاه‌علی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷
جهرم (آقای یاعلی جهرمی)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹
جیرفت (خانم دکتر محمدی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۰	مشهد (خانم دکتر شجاعی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴
خرم‌آباد (خانم میر)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹
رشت (خانم تنها)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۳	نیشابور (آقای موسوی)	۰۹۱۹۶۳۵۰۷۶۸
رفسنجان (آقای یوسفی)	۰۹۱۹۶۸۲۹۲۸۰	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴
زاهدان (آقای مهمان‌دوست)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۵	همدان (آقای سوری)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵
زنجان (خانم دکتر هوشیار)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	یاسوج (آقای مرتضوی)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۴
ساری (آقای دکتر اکبری)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	یزد (خانم آزاد)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳

بانک کتاب ناهید

«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»



- ✓ جامع‌ترین بانک کتاب
- ✓ تحویل روزانه
- ✓ ارسال به تمامی نقاط کشور
- ✓ سفارش کتاب به‌صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir

کتب دانشگاهی، فنی‌و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتب نفیس

فروشگاه: تهران – خیابان انقلاب- روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده – طبقه همکف – پلاک ۳۳۱

تلفن: ٦٦٤٨٩٣٧٥ – ۰۲۱ – ٦٦٤٨٩٣٤٩ – ۰۲۱