فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمین ۱۱

پیشگفتار مولفین ۱۳

فصل اول: بیولوژی سلولی ۱۵

۱-۱) اجزای سازندهٔ ارگانیسم‌ها ۱۶

۱-۲) داکسی ریبونوکلئیک اسید، ژن‌ها و کروموزوم‌ها ۱۸

۱-۳) چطور مقدار mRNA تنظیم می‌شود ۲۵

۱-۴) از RNA پیامبر تا پروتئین‌های عملکردی ۲۷

۱-۵) از داکسی ریبونوکلئیک اسید و پروتئین تا یک سلول با عملکرد اختصاصی ۳۰

۱-۶) تفاوت‌های ریبونوکلئیک اسید بین ژنوم‌ها ۳۳

۱-۷) بیماری‌هایی ناشی از واریانت‌ها و جهش‌های ژنومی ۳۴

۱-۸) غالب یا مغلوب ۳۵

۱-۹) داکسی ریبونوکلئیک اسید خارج هسته‌ای: بقایای باکتریایی ۳۶

۱-۱۰) رده‌های سلولی و کشت سلولی ۴۰

فصل دوم: تکامل جنینی ۴۷

۲-۱) لقاح و تکامل اولیه جنینی ۵۴

۲-۲) تومور سلول‌های جنسی و سلول‌های زایا ۶۱

فصل سوم: سلول بنیادی چیست؟ ۶۷

۳-۱) خواص سلول‌های بنیادی که آنها را از سلول‌های دیگر متمایز می‌کند چیست؟ ۶۸

۳-۲) همه توانی، پرتوانی و سلول‌های بنیادی جنینی ۷۱

۳-۳) چندتوانی، تک توانی و سلول‌های بنیادی بالغین ۷۵

۳-۴) تقسیم سلولی و پیری: نقش تلومراز ۷۷

۳-۵) ارتباط بین تقسیم سلولی و تمایز ۷۸

۶-۳) اپی‌ژنتیک سلول‌های بنیادی ۸۰

فصل چهارم: از موش تا انسان: تاریخچه سلول‌های بنیادی جنینی ۸۳

۴-۱) چگونگی آغاز: سلول‌های پرتوان در جنین‌های اولیه ۸۴

۴-۲) رده‌های سلولی کارسینومای جنینی موش ۸۷

۴-۳) سلول‌های پرتوان جنین اولیه ۹۱

۴-۴) رده‌های سلولی بنیادی جنینی موش ۹۲

۴-۵) به سمت سلول‌های بنیادی جنینی انسان ۹۷

۴-۶) در مسیر درمان بر پایه سلول‌های بنیادی (سل تراپی بنیادی) ۱۰۵

۴-۷) تفسیر مغرضانه ۱۰۷

۴-۸) آینده: پیوند سلول‌های بنیادی به عنوان یک درمان کلینیکال ۱۰۸

۴-۹) نقطه عطف تاریخ در قرن ۲۱: سلول‌های بنیادی پرتوان القایی ۱۰۸

فصل پنجم: منشأ و انواع سلول‌های بنیادی، نامگذاری ۱۱۷

۵-۱) سلول‌های بنیادی پرتوان ۱۱۸

۵-۲) سلول‌های بنیادی چندتوان ۱۳۸

فصل ششم: کلون کردن: تاریخچه و کاربردهای کنونی ۱۴۷

۶-۱) قبل از دالی ۱۴۷

۶-۲) کلون کردن حیوانات خانگی: اسنوپی، میسی و کپی‌کت ۱۶۴

۶-۳) فقط تصور کنید چه چیزی می‌تواند باشد ۱۶۸

۶-۴) کلون‌سازی دام‌های اهلی ۱۷۳

۶-۵) چالش‌های کلون سازی ۱۷۵

فصل هفتم: پزشکی بازساختی: کاربردهای بالینی سلول‌های بنیادی ۱۷۹

۷-۱) پیوند سلول درمانی ۱۸۴

۷-۲) تعداد سلول‌های لازم برای پیوند سلولی ۱۸۷

۷-۳) چرا برخی بیماری‌ها در آینده با سلول‌های بنیادی قابل درمان هستند و برخی دیگر غیرقابل درمانند؟ ۱۸۹

۷-۴) بهترین سلول‌های بنیادی برای پیوند ۲۰۳

۷-۵) ترکیب ژن درمانی با پیوند سلول‌های بنیادی ۲۰۷

۷-۶) محل‌های پیوند سلول‌های بنیادی و اثراتشان ۲۱۰

۷-۷) انواع سلول‌های قابل دسترس برای پیوند سلولی ۲۱۵
۷-۸) پیوند سلول‌های بنیادی: جایی که ما ایستاده‌ایم ۲۲۰
۷-۹) خطرات مرتبط با پیوند سلول‌های بنیادی ۲۲۴
۷-۱۰) پس زده شدن سلول‌های بنیادی پیوند شده ۲۲۸
۷-۱۱) مهندسی بافت ۲۳۹

فصل هشتم: سلول‌های بنیادی در دامپزشکی ۲۴۷

۸-۱) درمان حیوانات خانگی ۲۴۹

فصل نهم: سلول‌های بنیادین کاردیومیوسیت: چه کاری می‌توانیم با آنها انجام دهیم؟ ۲۵۷

۹-۱) قلب و ترمیم قلبی ۲۶۱
۹-۲) از سلول‌های بنیادی پرتوان تا سلول‌های قلبی ۲۷۲

فصل دهم: سلول‌های بنیادی بالغ: تولید ارگان‌های کوچک خود تشکیل شونده در ظرف کشت ۲۸۷

۱۰-۱) سلول‌های بنیادی بالغ در اندام‌های داخلی ۲۸۸
۱۰-۲) سلول‌های بنیادی بالغ در روده ۲۹۱
۱۰-۳) سلول‌های بنیادی بالغ در بافت عضله ۲۹۳
۱۰-۴) چیزهایی که ما از سلول‌های بنیادی بالغ می‌آموزیم ۲۹۷
۱۰-۵) آینده: ارگانوئیدها و کاربردشان در ترمیم بافت‌ها و اندام‌ها ۲۹۸

فصل یازدهم: توریسم سلول‌های بنیادی ۲۹۹

۱۱-۱) تعریف توریسم سلول‌های بنیادی ۲۹۹
۱۱-۲) تفاوت بین کارآزمایی و درمان چیست؟ ۳۰۶
۱۱-۳) دیدگاه جامعه بین المللی در مورد تحقیقات سلول‌های بنیادی ۳۲۱

فصل دوازدهم: سلول‌های بنیادی سرطانی: از کجا آمده‌اند و به کجا می‌روند ۳۲۳

۱۲-۱) سرطان: مشاهدات و سؤالات ۳۲۴
۱۲-۲) معرفی سلول‌های بنیادی و سرطان ۳۲۴
۱۲-۳) رفتار سلول‌های سرطانی: تمام تومورها و تمام سلول‌های درون تومور یکسان به نظر نمی‌رسند ۳۲۸
۱۲-۴) آدنومای کولون: یک مورد برای نقش یک سلول بنیادی بالغ به عنوان منبع سلول بنیادی ۳۳۰
۱۲-۵) سلول‌های بنیادی سرطانی چگونه ایجاد می‌شوند: انتقال اپیتلیال - مزانشیمال ۳۴۲

۱۲-۶) چگونه مسیرهای انتقال سیگنال رشد در سلول‌های سرطانی فعال می‌شوند ۳۴۳
۱۲-۷) سلول‌های بنیادی سرطانی به عنوان سلول‌های توموری سیار ۳۴۵
۱۲-۸) مرحله نهایی: شروع رشد متاستاز ۳۴۵
۱۲-۹) آیا یک سلول بنیادی سرطانی می‌تواند به نوع دیگری از سلول تبدیل شود؟ ۳۴۶
۱۲-۱۰) سلول‌های بنیادی سرطانی: توسعه داروهای جدید جهت درمان سرطان ۳۴۷
۱۲-۱۱) نتایج و چالش‌های تحقیق ۳۴۸

فصل سیزدهم: کاربرد سلول‌های بنیادی انسانی برای اندام بر روی تراشه: انجام کارآزمایی‌های بالینی بدون نیاز به بیمار ۳۵۱

۱۳-۱) مقدمه ۳۵۲
۱۳-۲) اندام بر روی تراشه ۳۵۲
۱۳-۳) چرا ما نیاز به مدل‌های اندام و بیماری بر روی تراشه داریم ۳۵۶
۱۳-۴) مدل‌های ارگان بر روی تراشه انسانی برای بیماری‌های کراتین ۳۵۸
۱۳-۵) چالش‌های مدل‌های بیماری‌های انسانی به صورت اندام بر روی تراشه ۳۵۹
۱۳-۶) جایگاه کنونی فناوری اندام بر تراشه ۳۵۹
۱۳-۷) کاربردهای ارگان بر روی تراشه ۳۶۵
۱۳-۸) نتیجه‌گیری ۳۶۷

فصل چهاردهم: کاربرد سلول‌های بنیادی برای کشف داروهای جدید، مؤثر و ایمن ۳۶۹

۱۴-۱) یک دیدگاه کوتاه تاریخی در مورد اکتشاف مواد دارویی ۳۷۰
۱۴-۲) اکتشافات دارویی مدرن ۳۷۳
۱۴-۳) چالش‌ها و فرصت‌های موجود در کشف مواد دارویی ۳۷۵
۱۴-۴) چگونه ایمن بودن داروهای جدید تضمین می‌شوند ۳۸۱

فصل پانزدهم: ثبت اختراعات، فرصت‌ها و چالش‌ها: مسائل حقوقی و مالکیت معنوی مرتبط با سلول‌های بنیادین ۳۸۷

۱۵-۱) شرکت‌ها و اتحادیه‌ها ۳۹۰
۱۵-۲) مسائل مربوط به حق ثبت اختراع: چشم انداز فعلی مالکیت معنوی ۳۹۱
۱۵-۳) اروپا در مقایسه با ایالات متحده ۳۹۴
۱۵-۴) ملاحظه بیشتر در مسائل حقوقی و اخلاقی ۴۰۰

فصل شانزدهم: چشم انداز سلول‌های بنیادین در آینده ۴۰۳

۱-۱۶) ترکیب فناوری‌ها: مدل‌های جدید بیماری‌های انسانی برای کشف ترکیبات دارویی ۴۰۸

۲-۱۶) پزشکی شخصی و داروهایی ایمن‌تر ۴۱۰

۳-۱۶) نکات نهایی ۴۱۲

واژه نامه ۴۱۷

پیشگفتار مترجمین

جاودانگی آرزوی دیرینه بشر بوده و از ابتدای آفرینش آن را رؤیایی دست نیافتنی می‌پنداشته تا بدان جا که بشر این خواسته را از قله‌ها و چشمه‌های دور تا جادوها و خرافات دنبال کرده است در حالی که غافل از آن بوده است که پتانسیل جاودانگی توسط خداوند دانا در وجودش نهادینه شده است.

محققان امروزی از این نیروی درون زا به عنوان سلول‌های بنیادی تعبیر می‌کنند. جالب اینجاست که اگر این سلول‌ها نتوانند جاودانگی را برای بشر فراهم کنند، حداقل امکانات لازم برای پیری سالم را برای او در دسترس قرار خواهند داد. این منطقی است که سبب شده تا امروزه سلول‌های بنیادی را به عنوان زمینه‌ای جالب و جذاب برای علوم زیست‌شناسی و علوم درمانی مطرح کنیم.

این کتاب با پشتوانه‌ای قوی از تحقیقات و همراهی زمینه‌های مختلفی علمی به معرفی، بررسی و مطالعه این سلول‌ها پرداخته است.

بخش‌هایی از این کتاب این سلول‌ها را از دیدگاه زیستی، جنینی، بیماری‌زایی به ویژه سرطان مورد بحث قرار داده است. بخش‌هایی دیگر از این کتاب به مبانی کاربردی این سلول‌ها در زمینه همسانه‌سازی، علوم دامی، پزشکی بازساختی می‌پردازد. بخش مهم و مورد جنجال این کتاب نگاهی نو به زمینه‌های سوء استفاده اقتصادی، توریسم سلول‌های بنیادی و مباحث ثبت اختراع در این زمینه را پوشش می‌دهد.

امیدواریم این اثر مورد قبول جامعه علمی کشورمان واقع شود و از آنجا که هیچ صانع دست بشری دور از خطا نیست از تک تک عزیزان خواهشمندیم ما را در بهبود این اثر یاری کنند.

زمستان ۱۳۹۹

پیشگفتار مولفین

در طول تاریخ، بشر به دنبال چشمه جوانی یعنی اکسیری برای زندگی ابدی که ذهن و بدن ما را جوان نگاه دارد، بوده است. آیا دانشمند زیست پزشکی مدرن با اکتشافات خود در زمینه سلول‌های بنیادی، موفق خواهند شد که جادوگران و کیمیاگران را شکست دهند یا خیر؟ این کتاب برای پرداختن به این سؤال و سایر سؤالات در مورد اینکه سلول‌های بنیادی برای سلامتی جامعه چه مزایایی چه در حال حاضر و چه در آینده نزدیک خواهند داشت تهیه شده است. و از آنجا که تحقیقات سلول‌های بنیادی خیلی سریع، فقط طی چهار سال پس از چاپ اول این کتاب، پیشرفت نموده است، این کتاب به یک، به‌روزرسانی نیاز داشت. نسخه دوم این کتاب شامل بخش‌های جدیدی در زمینه بیوتکنولوژی، اندام‌ها بر تراشه و واقعیت‌ها و رویدادهای درمانی با سلول‌های بنیادی است.

اندام‌های بدن ما از مخلوطی از سلول‌های تخصصی ساخته شده‌اند که نحوه عملکرد هر عضو را مشخص می‌کنند. این سلول‌های تخصصی عمر بسیار کوتاه‌تری نسبت به خود ما دارند: سلول‌های مغزی سال‌ها زندگی می‌کنند، اما سلول‌های سفید خون، سلول‌های پوستی و سلول‌های روده بعضی اوقات فقط برای چند روز زنده می‌مانند. این بدان معناست که این سلول‌ها به‌طور مداوم نیاز به جایگزینی دارند. سلول‌های بنیادی که در بدن ما پنهان هستند منبعی برای این سلول‌های تخصصی جدید خواهند بود. سلول‌های بنیادی در مغز استخوان، که همه سلول‌های خونی ما را تشکیل می‌دهند، برای ده‌ها سال جهت بازیابی خون و سیستم ایمنی بدن برای بیماران مبتلا به لوسمی (سرطان خون) که تحت درمان قرار گرفته بودند، استفاده شده‌اند. پیوند بسیار ساده و قابل ملاحظه این سلول‌های بنیادی از اهدا کننده سالم به بیمار پس از درک زیست‌شناختی اساسی آنها صورت گرفت. در طی ۲۰ سال گذشته، بسیاری از انواع مختلف سلول‌های بنیادی، حتی در بافت‌هایی مانند مغز و قلب که تصور نمی‌شد سلول بنیادین دشته باشند کشف گردیده است. دانشمندان با درک بهتر زیست‌شناسی این سلول‌ها، امید دارند تا روزی از آنها، دقیقاً مانند سلول‌های بنیادی مغز استخوان استفاده کنند. سلول‌های بنیادی جنینی، بدون شک شگفت‌انگیزترین و در عین حال بحث‌برانگیزترین سلول‌هایی هستند که در جنین چند روزه دیده می‌شوند. تا همین اواخر، این سلول‌ها تنها سلول‌های بنیادی بودند که قادر به ساختن تمام ۲۰۰ یا بیشتر سلول‌های تخصصی بدن بودند. با این وجود، هنگامی که فکر می‌کردیم استفاده از آن‌ها یک مشکل اساسی است؛ چرا که با اعتراضات اخلاقی که منافع احتمالی بیماران را در نظر می‌گرفت روبه‌رو می‌شد، تحقیقات سلول‌های بنیادی یک

چرخش جدید و کاملاً غیرمنتظره‌ای به خود گرفت و آن کشف سلول‌های بنیادی پرتوان القایی از طریق برنامه‌ریزی مجدد سلول‌های بالغین بود که برای آن شینیا یاماناکا و سر جان گوردون مشترکاً در سال ۲۰۱۲ جایزه نوبل دریافت کردند. این کشف در کمتر از ۱۰ سال این زمینه را دگرگون کرد و به دانشمندان در سراسر جهان اجازه داد تا در تحقیقات سلول‌های بنیادی پرتوان مشارکت داشته باشند. ما تازه شروع به دیدن تأثیر این کشف در تحقیقات زیست‌پزشکی کرده‌ایم و نسخه جدید این کتاب پیش‌بینی می‌کند که این استفاده‌ها در آینده نزدیک چه معنایی خواهند داشت. از آنجا که قدرت این سلول‌ها قابلیت کنترل دارد، باعث ایجاد هیجان در زمینه سلول‌های بنیادی و رساندن آن‌ها به تحقیقات بالینی و دانشگاهی شده است. دانشمندان شاهد یک فناوری شگفت‌انگیز در حال ظهور هستند که مرزهای آن ناشناخته است. پزشکان فرصت‌های جدیدی را برای درمان بیماری‌های سالمندی می‌بینند. کارآفرینان بیوتکنولوژی انتظار دارند فرصت‌های جدید در بازاریابی برای محصولات تجاری مبتنی بر سلول‌های بنیادی ایجاد شود. در بین رهبران سیاسی و مذهبی، سؤالاتی مطرح می‌شود:

آیا ما این فناوری را نیاز خواهیم داشت، آیا بی‌خطر است، و به کجا خواهد رسید؟

کجا محدودیت‌هایی برای علم و جامعه خواهیم داشت؟

مانند اغلب مواردی که علم درب جدیدی را باز می‌کند، مسائلی نیز می‌توانند به اشتباه پیش بروند. با حسن‌نیت، ممکن است خیلی سریع به جلو پیش برویم، و ادعاهای علمی شگفت‌انگیز ممکن است به نظر ما قوی نباشند و حتی ممکن است این ادعاها واقعیت نداشته باشند. درست مانند بسیاری از حرفه‌های دیگر، صداقت شخصی و جذب شهرت و ثروت همگی می‌تواند بر رفتارهای فردی تأثیر گذاشته و تحقیقات سلول‌های بنیادی قبلاً در این زمینه با موارد جدی تقلب همراه بوده است. شیوه‌های به کارگیری تجاری غیرقانونی سلول‌های بنیادی با سرعت همه‌گیری روبه‌رشد است و این رشد آنچه به عنوان "توریسم سلول‌های بنیادی" شناخته شده است، هیچ نشانه‌ای از توقف نشان نمی‌دهد، هر چند که متخصصان به بیماران از عدم اثر یا حتی خطرات برخی کاربردهای نا به جای آنها هشدار می‌دهند. این کتاب تحولات سریع در زمینه سلول‌های بنیادی را به وضوح در متن بیان می‌کند. این کتاب یک مرور کلی قابل درک و جامع از تاریخ و وضعیت فنی را ارائه می‌دهد، و حقایق را از داستان و وعده‌های خالی از واقعیت برای افراد غیرمتخصص در این زمینه متمایز می‌کند. چه دانشجو باشید و چه بیمار، سیاستمدار یا حقوقدان، کارآفرین باشید یا صرفاً علاقه‌مند باشید، امیدواریم که شما از این کتاب به همان اندازه لذت ببرید که ما از تحقیق و نوشتن آن لذت بردیم!

کریستین مامری، آنیا وان دستوپه، برنارد ای.جی رولن، هانس کلیورس

فصل اول

بیولوژی سلولی

رئوس مطالب این فصل

۱-۱) ترکیب موجودات زنده
۱-۲) دئوکسی ریبونوکلئیک اسید، ژن‌ها و کروموزوم‌ها
۱-۳) نحوه تنظیم مقدار اسید ریبونوکلئیک پیامبر
۱-۴) از اسید ریبونوکلئیک پیامبر تا یک پروتئین عملکردی
۱-۵) از اسیددئوکسی ریبونوکلئیک و پروتئین‌ها تا سلول‌هایی با عملکردهای خاص
۱-۵-۱) تنظیمات اپی‌ژنیک
۱-۵-۲) RNA مداخله‌گر
۱-۶) تفاوت‌های دئوکسی ریبونوکلئیک اسید بین ژنوم‌ها

۱-۷) بیماری‌های ناشی از تغییرات و جهش ژنوم
۱-۸) غالب یا مغلوب
۱-۹) دئوکسی ریبونوکلئیک اسید خارج هسته‌ای
۱-۱۰) رده‌های سلولی و کشت سلولی

این کتاب به سلول‌های بنیادی و کاربردشان در علم پزشکی، بیوتکنولوژی و توسعهٔ دارویی می‌پردازد. در بحث کاربرد سلول‌های بنیادی بخش‌های متنوعی از بیولوژی، ژنتیک، اپی‌ژنتیک و بیوشیمی تا تولید داربست‌ها و سازه‌های سه‌بعدی در مهندسی بافت مطرح است. به همین دلیل شناخت اصول بیولوژی سلولی و مولکولی برای درک بهتر سلول‌های بنیادی مورد نیاز می‌باشد. این مباحث در این فصل از کتاب معرفی می‌شوند.

۱-۱) اجزای سازندهٔ ارگانیسم‌ها

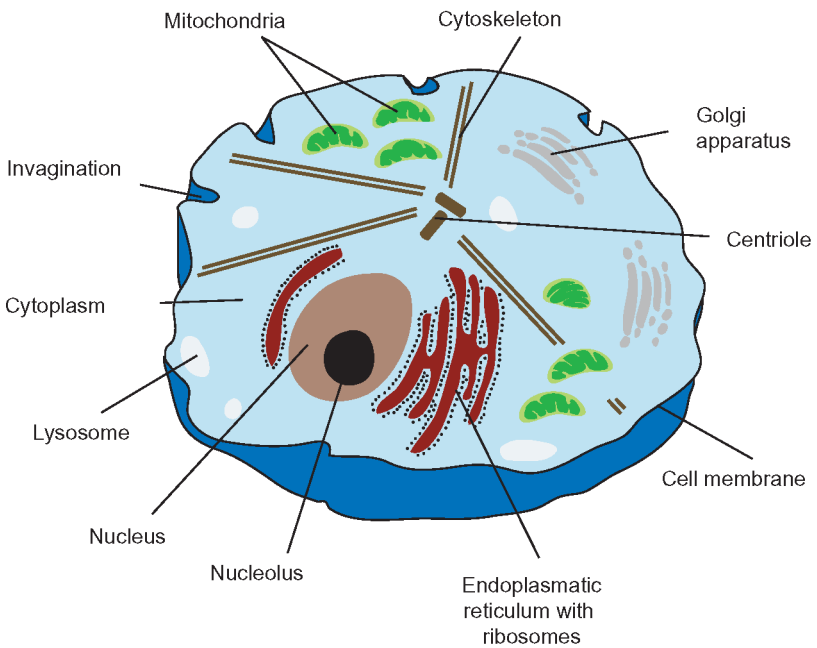
انسان و حیوانات به علاوه گیاهان و درختان حاوی بافت‌ها و ارگان‌های عملکردی مختلفی هستند که از سلول‌های متنوعی تشکیل شده‌اند. سلول‌ها به عنوان بلوک‌های ساختمانی منجر به تشکیل یک موجود زنده می‌شوند. تمامی سلول‌های حیوانی ساختار مشابهی دارند: ۱. یک لایهٔ خارجی که غشای پلاسمایی گفته می‌شود که از دولایه مولکول‌های لیپیدی تشکیل شده است. ۲. مایع داخلی که سیتوپلاسم نامیده می‌شود. سیتوپلاسم حاوی ساختارهای کوچک زیادی است که اندامک نامیده می‌شوند که هرکدام از آنها عملکرد خاصی در سلول دارند. بسیاری از اندامک‌های سلولی به وسیلهٔ غشایی که دارند از سیتوپلاسم جدا می‌شوند. شکل سلول توسط اسکلت سلولی[1] تعیین و حمایت می‌شود که یک داربست قابل انعطاف متشکل از مولکول‌های پلیمری از جنس پروتئین می‌باشد. این پلیمرهای پروتئینی با تشکیل شبکه‌ای شکل سلول را تشکیل داده و به آن حرکت می‌بخشند.

در داخل سلول پروتئین‌های بی‌شماری واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی را تسهیل می‌کنند و انتقال سایر مولکول‌ها نیازمند انجام عملکردهای خاص سلولی است (شکل ۱-۱).

هسته به عنوان اندامکی شاخص در زیر میکروسکوپ در سلول دیده می‌شود. هسته حاوی کروموزوم‌هایی است که بخشی از آن از داکسی ریبونوکلئیک اسید (DNA) ساخته شده است. (یک مولکول طویل DNA در هر کروموزوم است). کروموزوم به عنوان یک نقشهٔ از پیش ساخته شده سلولی برای آنچه در آن است و کاری که انجام می‌دهد شناخته می‌شود. اگرچه سلول‌ها می‌توانند شکل‌ها و عملکردهای مختلفی داشته باشند، ولی توالی DNA در همهٔ سلول‌ها یک فرد یکسان است (به استثنای سلول‌های خونی خاص). یکی دیگر از ساختارهای برجسته در سلول میتوکندری است. این اندامک‌ها به

1. Cytoskeleton

تعداد زیاد وجود دارند و انرژی مورد نیاز سلول‌ها را تأمین می‌کنند. سلول‌هایی که انرژی زیادی نیاز دارند مثل سلول‌های قلبی حاوی تعداد زیادی میتوکندری هستند. انرژی همچنین برای تشکیل پروتئین‌هایی که کدهای ژنتیکی را به عنوان الگو استفاده می‌کنند نیاز است. پروتئین‌های اساسی که از این روش ساخته می‌شوند وارد ساختارهای لوله‌ای شبکهٔ اندوپلاسمی می‌شوند و آنجا طی فرایندی به پروتئین‌های عملکردی تبدیل و سپس وارد شبکهٔ گلژی می‌شوند. سپس به داخل وزیکول‌های کوچک منتقل شده که حفره[1] گفته می‌شوند و به محلی که سلول به آنها نیاز دارد منتقل می‌گردند. هر سلول یک ساختار پویا یعنی دارای یک منبع انرژی، کارخانه‌ها و سیستم‌های انتقالی است.

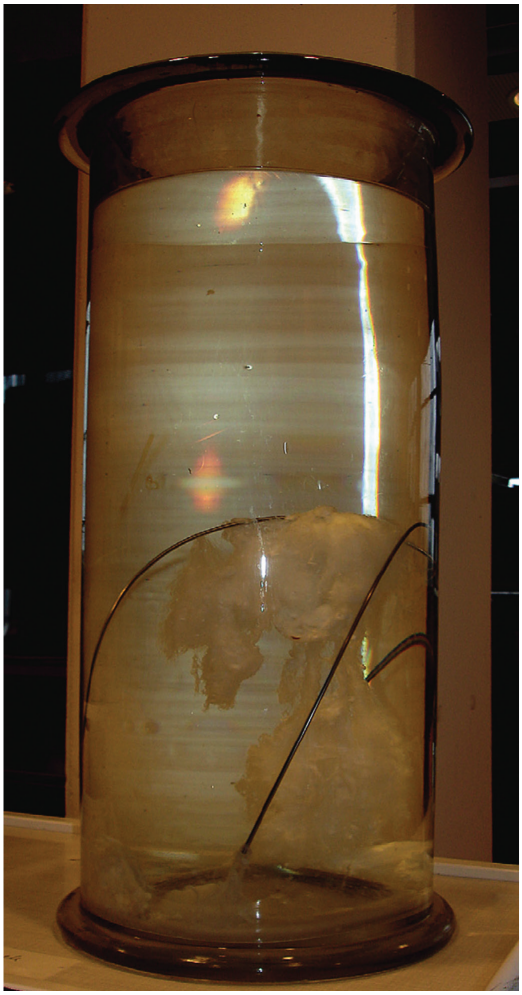


شکل ۱-۱) نمایش شماتیک یک سلول حیوانی. سلول حاوی مایعی به نام سیتوپلاسم است که توسط یک غشای سلولی (یا غشاء پلاسمایی) محصور می‌شود. هسته شامل اطلاعات ژنتیکی است. شکل یک سلول توسط اسکلت سلولی آن تعیین می‌شود. پروتئین‌ها و لیپیدها در شبکه آندوپلاسمی تولید می‌شوند. دستگاه گلژی مسئول انتقالات داخل سلولی است. لیزوزوم‌ها، وزیکول‌های کوچک حاوی آنزیم هستند که می‌توانند ساختارهای سلولی و پروتئین‌هایی که دیگر لازم نیستند را تجزیه کنند. انرژی لازم برای سلول توسط میتوکندری تولید می‌شود.

1. Vacuoles

۲-۱) داکسی ریبونوکلئیک اسید، ژن‌ها و کروموزوم‌ها

داکسی ریبونوکلئیک اسید (DNA) در هر کدام از سلول‌های بدن ما حضور دارد و حاوی تمامی اطلاعات مورد نیاز همان سلول است. در انسان DNA به ۲۳,۰۰۰ ژن مختلف تقسیم می‌شود که هر کدام از این‌ها کدکنندهٔ یک یا چند پروتئین است. چطور اطلاعات در DNA ذخیره می‌شوند و چطور به پروتئین‌های عملکردی ترجمه می‌شوند؟ چطور سلول تصمیم می‌گیرد که پروتئینی را بسازد. برای تعیین این موارد سلول‌های بنیادی می‌توانند به کار گرفته شوند و همچنین از این طریق می‌توان فهمید که سلول‌های بنیادی می‌توانند ابزاری مناسبی برای تحقیقات درمانی و بیوتکنولوژی باشند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲) DNA را می‌توان از سلول‌ها جدا کرده و رسوب داد (از مایع جدا کرد). رسوب آن به عنوان ماده سفید و چسب مانند ظاهر می‌شود.