زیست شناسی یازدهم

فصل ششم : تقسیم یاخته

گفتار ۲ :میتوز

گفتار ۲ رِشتِمان (میتوز)

واژه‌شناسی

رشتمان (mitosis/میتوز)
(میتو) به معنی رشته و میتوز فرایندی است که در آن تعداد رشته‌های فام‌تن ثابت می‌مانند و واژه رشتمان از کلمه‌های رشته و مان تشکیل شده که رشته به فام‌تن‌ها و مان حالت و فرایندی را نشان می‌دهد که در آن فام‌تن‌ها ثابت می‌مانند.

وظیفه دوک تقسیم

در **رِشتِمان** مادّهٔ ژنتیک، که در مرحلهٔ S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد. فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به‌طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند. برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام **دوک تقسیم** ایجاد می‌شود (شکل ۵ـ الف). دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و سانترومر فام‌تن به آن متصل می‌شود. با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند.

جنس دوک تقسیم

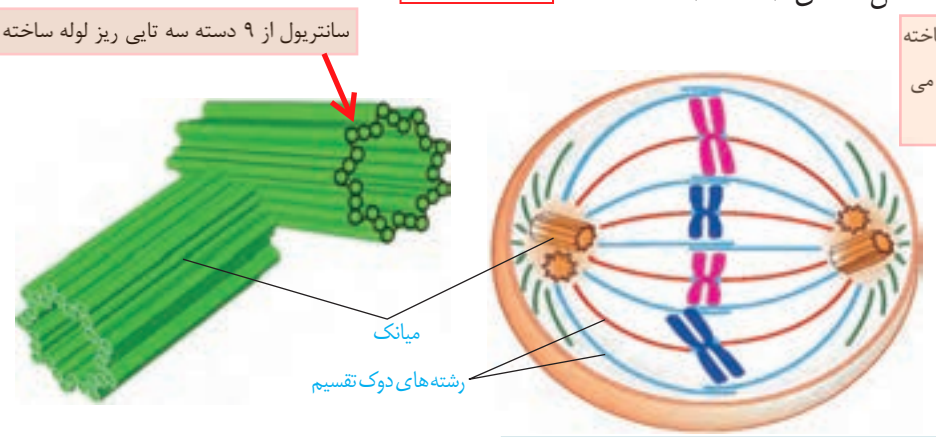
در یاخته‌های جانوری، **میانک‌ها (سانتریول‌ها)** ساخته‌شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.

در مرحله G۲

میانک‌ها، یک جفت استوانهٔ عمود برهم‌اند که در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دوبرابر می‌شوند. هر یک از این استوانه‌ها، از تعدادی لولهٔ کوچک‌تر پروتئینی تشکیل شده‌است. ساختار میانک‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.

جنس میانک ها

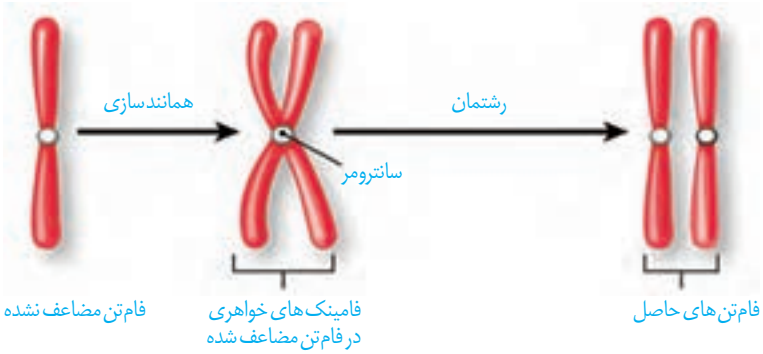
نکته: سانتریول در یاخته های جانوری وجود دارد، اغلب یاخته های گیاهی سانتریول ندارند ولی دوک هنگام تقسیم شکل می گیرد.



شکل ۵ـ الف) دوک تقسیم
ب) جفت میانک

نکته رشته های دوک به سه شکل دیده می شوند.آیا میتوانید در شکل بالا آنها را مشخص کنید؟

رشتمان، فرایندی پیوسته است، ولی زیست‌شناسان برای سادگی، آن را مرحله‌بندی می‌کنند. طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در رشتمان را در شکل ۶ مشاهده می‌کنید.



شکل ۶ـ طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در رشتمان

فام تن مضاعف شده دوکروماتیدی (فامینکی)و تک کروماتیدی هر کدام دارای یک سانترومر می باشند

توجه ☺ : پوشش هسته در **اواخر پروفاز** شروع به تجزیه شدن می کند که در مرحله **پرومتافاز** ادامه پیدا می کند و سبب از بین رفتن و ناپدید شدن پوشش هسته می گردد .(هدف رسیدن رشته های دوک به کروموزوم ها)

پروفاز: در این مرحله، رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. به‌طوری که به‌تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشرده شدن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

دقت کنیم

پرومتافاز: در این مرحله، پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. در همین حال سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

متافاز: فام‌تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند.

دقت کنیم

آنافاز: در این مرحله، با تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر، فامینک‌ها از هم جدا می‌شوند. فاصله گرفتن فامینک‌ها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به فام‌تن انجام می‌شود. فام‌تن‌ها که اکنون تک فامینکی‌اند، به دو سوی یاخته (قطب) کشیده می‌شوند.

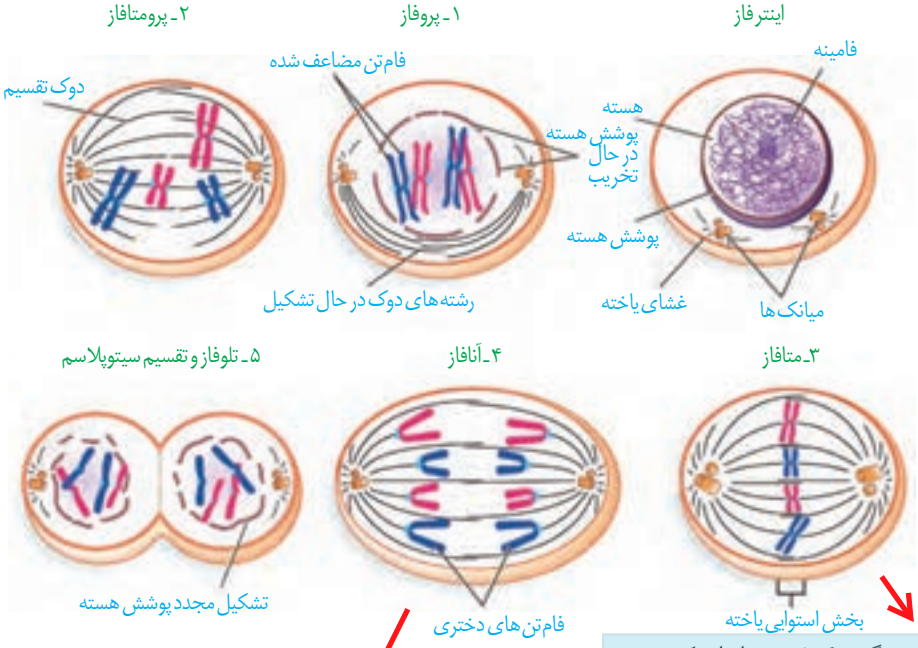
دقت کنیم

تلوفاز: رشته‌های دوک تخریب شده و فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد. مراحل تقسیم رشتمان در شکل ۷ نشان داده‌شده است.

نکته

کروموزوم ها به رشته های دوک در **متافاز** متصل می شوند ولی به **همه** رشته‌های دوک کروموزوم متصل نمی‌شود.

به دلیل فشردگی زیاد کروموزوم، **بهترین** مرحله برای تهیه کاریوتیپ ، مرحله **متافاز** است



شکل ۷ـ طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم رشتمان

حداکثر فشردگی و **کوتاه ترین** اندازه کروموزوم

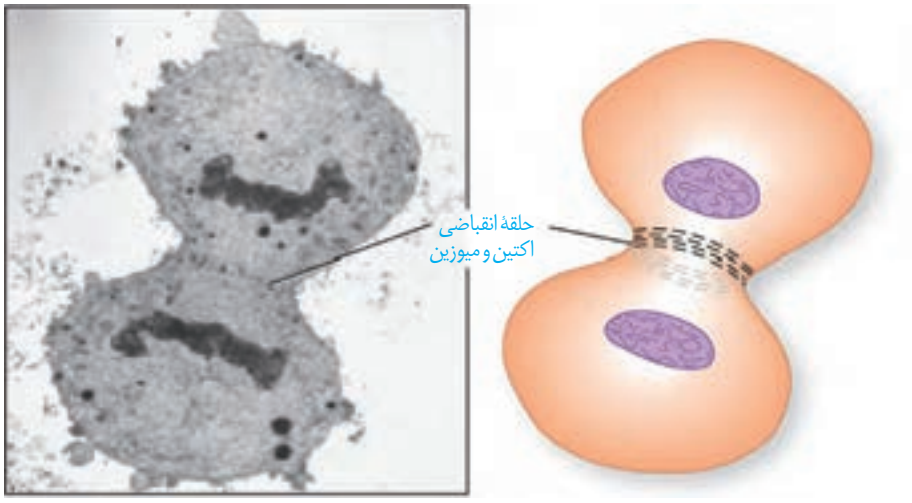
در مرحله انافاز افزایش طول یاخته و حداکثر فاصله بین سانترومرها وجود دارد

تقسیم سیتوپلاسم

پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاختهٔ جدید تشکیل می‌شود.

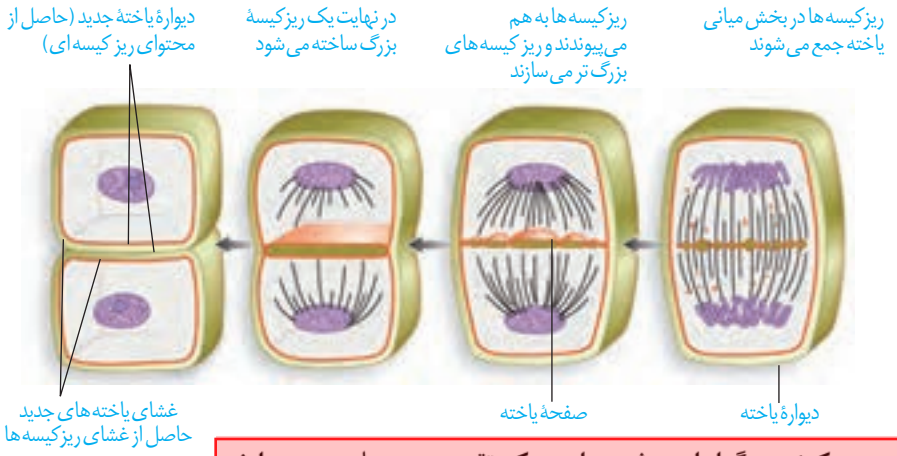
@mirzaei_zist

در یاخته‌های جانوری تقسیم سیتوپلاسم با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمربندی در سیتوپلاسم قرار می‌گیرد و به غشا متصل است. با تنگ شدن این حلقهٔ انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند (شکل ۸).



شکل ۸ـ تقسیم سیتوپلاسم در یک یاختهٔ جانوری

در یاخته‌های گیاهی، حلقهٔ انقباضی تشکیل نمی‌شود. در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام **صفحهٔ یاخته‌ای** در محلّ تشکیل دیوارهٔ جدید، ایجاد می‌شود. این صفحه با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به‌هم پیوستن آنها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغهٔ میانی و دیوارهٔ یاخته‌اند. با اتصال این صفحه به دیوارهٔ یاختهٔ مادری دو یاختهٔ جدید از هم جدا می‌شوند (شکل ۹). ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم که سال گذشته با آنها آشنا شدید در هنگام تشکیل دیوارهٔ جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.



شکل ۹ـ تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ گیاهی

نکته

حین فرآیند **سیتوکینز** در **گیاهان**، **رشته های دوک** تقسیم همچنان وجود **دارند**.

فعّالیت ۱

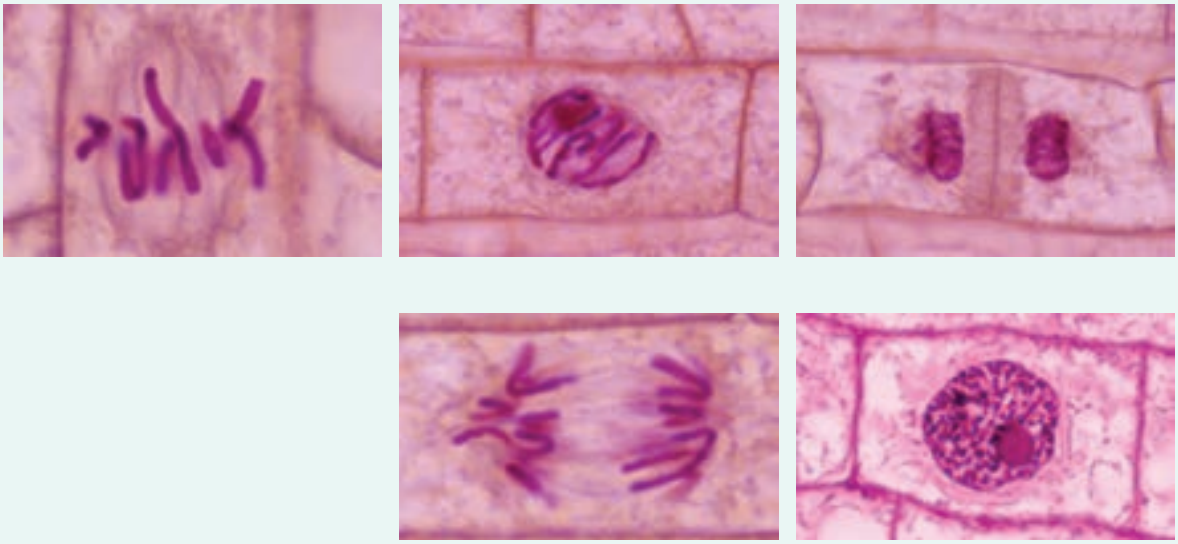
در دنیای جانداران یاخته‌های چندهسته‌ای به روش‌های مختلفی ایجاد می‌شوند. در سال گذشته با بعضی از این یاخته‌ها آشنا شدید. آیا می‌توانید بعضی از آنها را نام ببرید؟ در مورد نحوهٔ تشکیل این نوع از یاخته‌ها تحقیق کنید و نتیجهٔ آن را به کلاس ارائه دهید.

جواب

یاخته های **عضلهٔ اسکلتی**، انواعی از یاخته های **چندهسته ای** هستند. این یاخته ها از **به هم پیوستن** چندین یاختهٔ تک هسته ای در دوران جنینی تشکیل میشوند و به همین علت چندین هسته دارند. در گروهی دیگر از یاخته ها، تقسیم میتوز صورت می گیرد، ولی سیتوپلاسم تقسیم نمی شود. نتیجهٔ این فرآیند نیز، ایجاد یاخته هایی **چندهسته ای** است.

فعّالیت ۲

با توجه به آنچه دربارهٔ چرخه یاخته‌ای فراگرفته‌اید تصاویر میکروسکوپی زیر را بر اساس مراحل آن، با شماره‌گذاری مرتب کنید.



تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم‌شده است

بعضی یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های مریستمی گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند. همین یاخته‌ها در شرایط خاصی، مثلاً شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حدّ تعداد یاخته‌ها، تقسیم خود را کاهش می‌دهند و یا متوقف می‌کنند. برعکس، یاخته‌های عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند. این یاخته‌ها چگونه تشخیص می‌دهند در چه زمان یا به چه مقداری باید تقسیم شوند؟ چه عواملی تنظیم‌کنندهٔ سرعت و تعداد تقسیم یاخته‌اند؟ چگونه تعداد چرخه‌های یاخته تنظیم می‌شوند و چرا این تنظیم در برخی یاخته‌ها به‌هم می‌خورد؟

سوال

عوامل تنظیم‌کنندهٔ تقسیم یاخته

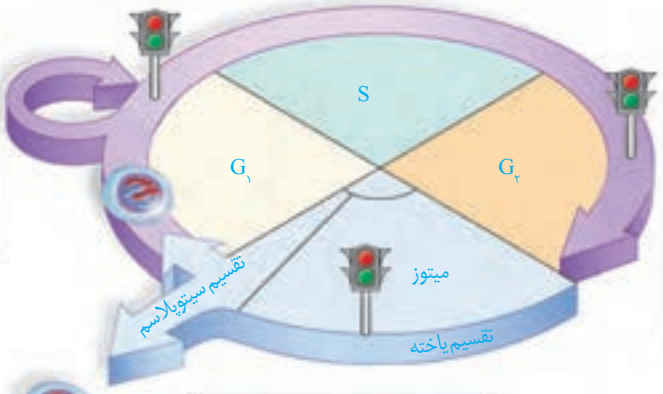
یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی (الف) و مواد شیمیایی (ب) سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند.

مثال هایی از مواد شیمیایی تنظیم کننده سرعت تقسیم

۱ انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. ۲ پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند. این پروتئین‌ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می‌کنند؛ یا در گیاهان در محل آسیب‌دیده، ۳ نوعی عامل رشد تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، تودهٔ یاخته ایجاد کنند. این تودهٔ یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؛ ۴ با نوعی عامل رشد، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد. مثال دیگر این مواد، اریتروپویتین است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. با توجه به آنچه آموختید این ماده بر کدام بخش بدن اثر می‌گذارد و نتیجهٔ آن چیست؟

توجه ☺ : **هورمون اریتروپویتین** توسط گروه ویژه ای از یاخته های کلیه و کبد به درون خون ترشح می شود که بر روی مغز استخوان اثر می کند تا سرعت تولید گویچه های قرمز را زیاد کند.

در چرخهٔ یاخته‌ای، چند **نقطهٔ وارسی** وجود دارد. نقاط وارسی مراحلی از چرخهٔ یاخته‌اند که به آن اطمینان می‌دهند که مرحلهٔ قبل کامل شده است و عوامل لازم برای مرحلهٔ بعد آماده اند. در شکل ۱۰ بعضی از این نقاط را می‌بینید.



نقطهٔ وارسی «G_1» یاخته را از سلامت «دِنا» مطمئن می‌کند. اگر «دِنا» آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به‌راه می‌افتد.

اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای رشتمان فراهم نباشد، نقطهٔ وارسی «G_2» اجازهٔ عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.

نقطهٔ وارسی متافازی برای اطمینان از این موضوع است که فام‌تن‌ها به‌صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

شکل ۱۰ـ نقاط وارسی در چرخهٔ یاخته

واژه‌شناسی

دگرنشینی (metastasis/متاستاز)
«متا» به معنی دگر و «استاز» به معنی ایستادن و تثبیت است. دگرنشینی نیز به معنای برخاستن از یک بافت یا اندام و نشستن در بافت یا اندام دیگر است.

تقسیم بی‌رویهٔ یاخته

یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به‌هم بخورد، چه وضعی پیش می‌آید؟ نتیجه می‌تواند ایجاد یک تومور باشد. **تومور**، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می‌شود. تومورها به دو نوع خوش‌خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند.

انواع تومور

ویژگی تومور نوع خوش خیم: نوع خوش‌خیم رشدی[۱] کم دارد و یاخته‌های آن در جای خود[۲] می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شوند[۳] که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند. البته در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند. **لیپوما** یکی از انواع تومورهای خوش خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و تودهٔ یاخته ایجاد می‌کند (شکل ۱۱ـ الف).

الف)

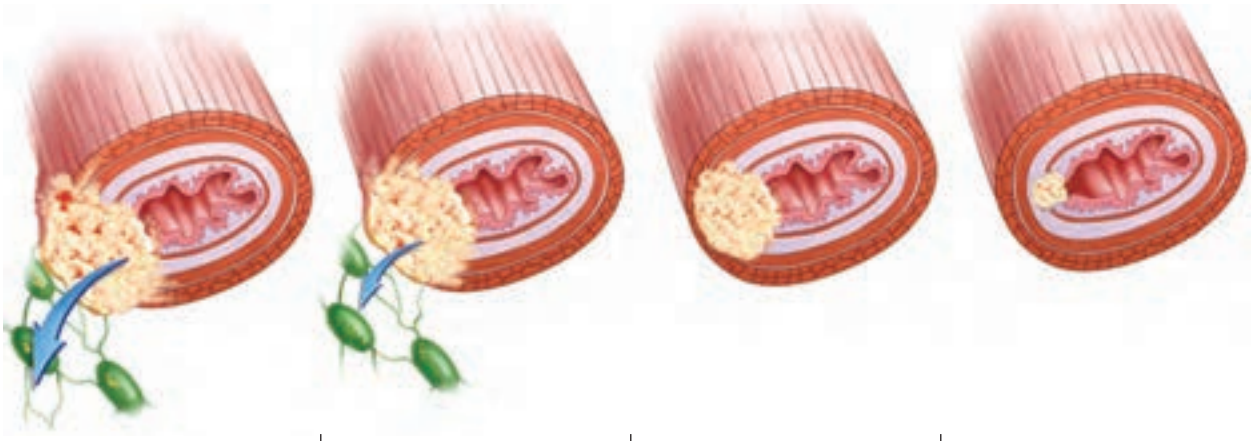
ب)

تصویر ۱۱ـ الف) تومور خوش خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج
ب) ملانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه دار پوست

ویژگی تومور نوع بدخیم :

تومور بدخیم یا سرطان به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی **دگرنشینی (متاستاز)** دارد؛ یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون، یا به ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند (شکل ۱۲). علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در مادهٔ ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخهٔ یاخته از کنترل خارج شود (شکل ۱۱ـ ب).

شکل ۱۲ـ مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی



۱ـ یاختهٔ سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.

۲ـ یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.

۳ـ یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.

۴ـ یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.

تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. **بافت‌برداری**[1] روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود. آزمایش خون به این شناسایی کمک می‌کند.

روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است. در پرتودرمانی، یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می شوند، به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. شیمی درمانی با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همهٔ بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش نیز آسیب برسانند. مرگ این یاخته‌ها از عوارض جانبی شیمی‌درمانی است که باعث ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود. حتی بعضی افراد که تحت‌تأثیر تابش‌های شدید یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.

عوارض جانبی شیمی درمانی

بیشتر بدانید

یاخته‌های سرطانی در صورت وجود مادهٔ غذایی و فضای کافی می‌توانند به طور دائم تقسیم شوند. یاخته‌های سرطانی زنی سیاه‌پوست به نام هنریتا لکس Henrietta Lacks که در سال ۱۹۵۱ در اثر همین بیماری درگذشت، همچنان در حال تقسیم در محیط آزمایشگاهی بسیاری از نقاط جهان است. محققان زیادی از یاخته‌های هلا Hela (مخفف نام هنریتا لکس) در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی استفاده می‌کنند. این یاخته‌ها می‌توانند در مجاورت یاخته‌های دیگر، آنها را به حالت سرطانی در بیاورند.

۱ـ Biopsy

بیشتر بدانید

یاخته‌های سرطانی و یاخته‌های عادی در چند ویژگی با هم تفاوت دارند:

۱ـ یاخته‌های سرطانی، تقسیمات بدون کنترل دارند.

۲ـ شکل یاخته‌های سرطانی با یاخته‌های عادی تفاوت دارد. همچنین ممکن است یاخته‌های سرطانی، چندهسته‌ای شوند.

۳ـ بسیاری از یاخته‌های سرطانی نامیرا هستند؛ یعنی برخلاف یاخته‌های عادی بعد از چند تقسیم نمی‌میرند.

۴ـ یاخته‌های عادی در حضور عوامل، رشد تقسیمات خود را شروع می‌کنند و با اتمام آن، پایان می‌دهند. بسیاری از یاخته‌های سرطانی حتی بدون حضور عوامل رشد، می‌توانند تقسیم شوند.

۵ـ در یاخته‌های عادی در محیط کشت، با تکثیر و رسیدن لبهٔ یاخته‌ها به هم، تقسیم متوقف می‌شود. درضمن، یاخته‌های عادی در محیط کشت نیازمند سطح جامد برای اتصال‌اند. یاخته‌های سرطانی هیچ کدام از این خصوصیات را ندارند. این موضوع، علت توانایی دگرنشینی یاخته‌های سرطانی را نشان می‌دهد.

۶ـ یاخته‌های عادی در اثر آسیب‌دیدگی، دچار خزان یاخته‌ای می‌شوند، ولی یاخته‌های سرطانی نمی‌میرند.

۷ـ یاخته‌های سرطانی موادی را تولید می‌کنند که باعث ایجاد رگ‌های جدید خونی می‌شوند تا فرایند غذارسانی و دفع مواد زاید به راحتی انجام شود (شکل مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی).

وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

پروتئین‌ها، تنظیم‌کنندهٔ چرخهٔ یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها محصول عملکرد ژن‌ها هستند. بنابراین، مشخص است که در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند. ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان مؤثرند. علت شیوع بیشتر بعضی سرطان‌ها در بعضی جوامع، همین مسئله است.

عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند. پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دِنا» آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، موادغذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

فعّالیت ۳

با استفاده از منابع علمی بررسی کنید که کدام نوع از سرطان‌ها در کشور ما شیوع بیشتری دارند. چرا بعضی انواع سرطان در بخش‌های خاصی از کشور ما شایع‌ترند؟

بیشتر بدانید

جدول ۲ـ برخی عوامل مؤثر بر بروز سرطان

پرتوها	عوامل شیمیایی	خوراکی و آشامیدنی‌ها	ویروس‌ها	هورمون	عوامل ژنی
● پرتو X ● پرتو گاما ● پرتو فرابنفش (سولاریوم ـ آفتاب‌سوختگی)	● دخانیات ● نیکل ● آرسنیک ● بنزن ● دیوکسین ● آزبست (پشم‌شیشه) ● اورانیوم ● پلی وینیل کلراید PVC	● نوشیدنی‌های الکلی ● گوشت و ماهی دودی ● غذاهای نیترات‌دار	● هپاتیت ب ● هرپس سیمپلکس ● پاپیلوما	● قرص‌های ضد بارداری	ژن‌های مؤثر در بروز ● رتینوبلاستوما ● سرطان پروستات ● سرطان معده ● سرطان پوست ● سرطان خون ● سرطان رحم

دقت کنیم

مرگ یاخته ی بدن به دو شکل انجام می شود: ۱. **به صورت تصادفی** ۲. **مرگ برنامه ریزی شده**

مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی[۱] باشد؛ مثلاً در بریدگی، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، **بافت مردگی**[1] گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ[۲] یاخته‌ای شامل یک سری فرایندهای دقیقاً برنامه‌ریزی شده است که در بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایند با رسیدن علایمی به یاخته شروع می‌شود. به دنبال این رخداد، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیهٔ اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

مثال هایی از مرگ برنامه ریزی شده:

حذف یاخته‌های پیر یا آسیب‌دیده، مانند آنچه در آفتاب‌سوختگی[۱] اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعهٔ فرابنفش‌اند آفتاب‌سوختگی می‌تواند سبب آسیب به «دِنا» یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب‌دیده، آنها را حذف می‌کند. مثال دیگر، حذف یاخته‌های اضافی از بخش‌های[۲] عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان است (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ـ حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه‌ریزی‌شده

فعّالیت ۴

با استفاده از خمیر بازی (چند رنگ) و بارعایت موارد بهداشتی، مراحل تقسیم رشتمان را طراحی کنید. برای این‌کار، عدد فام‌تنی یاختهٔ فرضی را ۴ یا ۶ در نظر بگیرید. هر مجموعه فام‌تن را با یک رنگ انتخاب کنید و با توجه به این فعالیت به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) در متافاز فام‌تن های همتا نسبت به هم چگونه روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند؟

ب) با توجه به عدد فام‌تنی انتخابی، تعداد فام‌تن‌ها و فامینک‌ها را قبل و بعد از رشتمان تعیین کنید.