

فصل ۶

تقسیم یاخته

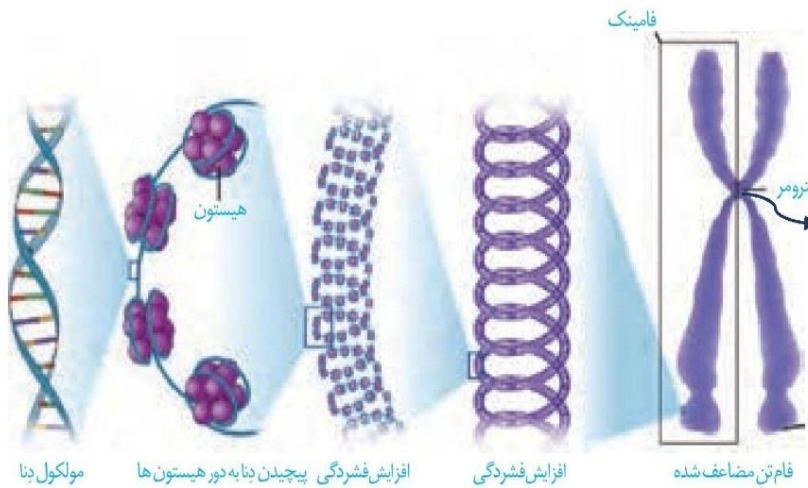
یک عدد

زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه به نوزادی با میلیاردها یاخته تبدیل می‌شود. روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، به طوری که تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد. این افزایش شگفت‌انگیز با تقسیمات پیاپی یاخته‌ها صورت می‌پذیرد. با توجه به مطالبی که در سال‌های گذشته فرا گرفتید، چه انواعی از تقسیم در بدن یک فرد بالغ را می‌شناسید؟ هر نوع از این تقسیم‌ها در چه نوع یاخته‌هایی، انجام می‌شود؟ نتیجه هر نوع از تقسیم چیست؟ آیا همه یاخته‌های بدن، تقسیم می‌شوند؟

گفتار ۱ فام تن (کروموزوم)

همان طور که می دانید فام تن از **دنا (DNA)** و پروتئین تشکیل شده است. به شکل ۱ توجه کنید. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فام تن های هسته، کمتر و به صورت توده ای از رشته های درهم است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می گویند. هر رشته فامینه دارای واحدهای **تکراری** به نام **هسته تن (نوکلئوزوم)** است. در هر هسته تن، مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام **هیستون** پیچیده است. ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت فامینه است. **پیش از تقسیم یاخته**، رشته های فامینه دو برابر و در **حین تقسیم یاخته** فشرده می شوند (شکل ۱).

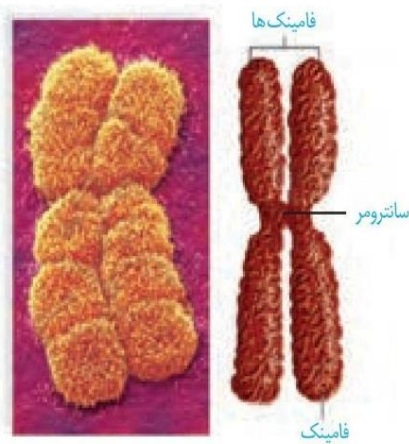
در مرحله S، به صورت کروماتین مضاعف شده می شود.



سائترومر
در کروموزوم تک کروماتیدی هم به این نقطه سائترومر گفته می شود

شکل ۱- مراحل فشرده شدن فام تن

شکل ۲، تصویر یک فام تن را در حداکثر فشردگی نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، این فام تن از دو بخش همانند به نام **فامینک (کروماتید)** تشکیل شده است. به این فام تن ها، فام تن های مضاعف شده می گویند. فامینک های هر فام تن مضاعف از نظر نوع ژن ها یکسان اند و به آنها فامینک های **خواهری** گفته می شود. فامینک های خواهری در محلی به نام **سائترومر** به هم متصل اند.



شکل ۲- ساختار یک فام تن مضاعف شده

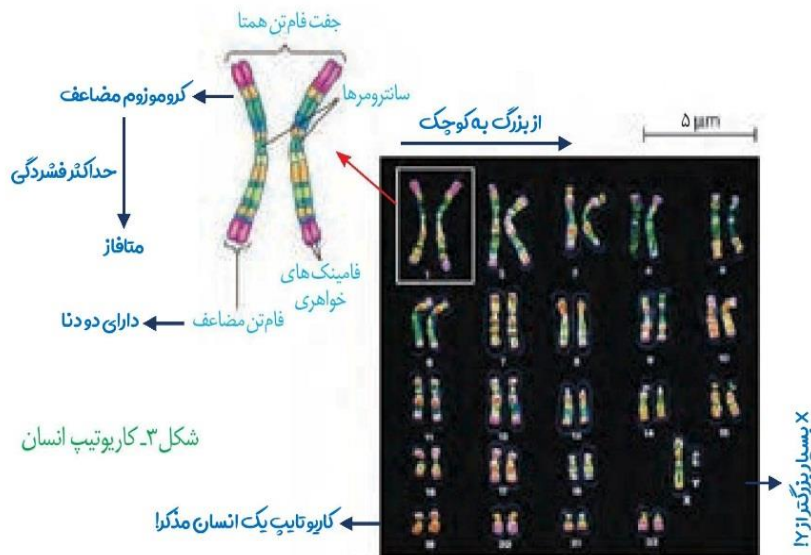
چه کروماتینی باشد، چه فشرده شده باشد!

تعداد فام تن

هرگونه از جانداران، تعداد معینی فام تن در یاخته‌های پیکری خود دارند که به آن **عدد فام تنی** می‌گویند. یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های غیرجنسی جاندارند. ممکن است تعداد فام تن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ فام تن وجود دارد، ولی به طور مسلم ژن‌های آنها بسیار متفاوت اند. تعداد فام تن‌های جانداران مختلف (به جز یاکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.

یاخته‌های پیکری انسان، دولاد (دیپلوئید) هستند

برای تعیین تعداد فام تن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فام تنی، **کاریوتیپ** تهیه می‌شود. کاریوتیپ تصویری از فام تن‌ها با حداکثر فشردگی است که براساس **اندازه**، **شکل** و **محل قرارگیری سانترومرها** مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳- کاریوتیپ انسان

کاریوتایپ یک انسان مذکر!

با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فام تن دارای یک فام تن شبیه خود است که به این فام تن‌ها، **همتا** گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آنها از هر فام تن دو نسخه داشته باشند، **دولاد** می‌گویند. در این یاخته‌ها، دو مجموعه فام تن وجود دارد که دو به دو به یکدیگر شبیه‌اند؛ یک مجموعه فام تن از والد مادری و یک مجموعه از والد پدری دریافت شده است. این یاخته‌ها را با نماد کلی « $2n$ » نشان می‌دهند.

نه همیشه! مثل بکتریا!

در انسان و بعضی جانداران، فام تن‌هایی وجود دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فام تن‌ها، فام تن جنسی گفته می‌شود. فام تن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. نمونه این فام تن‌ها را در کاریوتیپ شکل ۳ مشاهده می‌کنید. فام تن‌های جنسی در انسان را با نماد X و Y نشان می‌دهند. هسته یاخته‌های پیکری زنان دو فام تن X و مردان یک فام تن X و یک فام تن Y دارند.

واژه‌شناسی

فامینه (chromatin / کروماتین)
فامینک (chromatid / کروماتید)
فام تن (chromosome / کروموزوم)
فام و کروم هر دو به معنای رنگ هستند که در کلمات متفاوتی به کار رفته، وقتی به صورت توده رنگ‌پذیر دیده می‌شوند فامینه، به صورت اجسام رنگ‌پذیر فام تن و جزء کوچک‌تر اینها همراه با پسوند صغیر (ک) به کار رفته و فامینک خوانده می‌شود.

بیشتر بدانید

جدول ۱- عدد فام تنی برخی جانداران

نام جاندار	تعداد فام تن
مگس خانگی	۱۲
ذرت	۲۰
گوجه فرنگی	۲۴
زرافه	۳۰
گره‌به	۳۸
موش	۴۰
انسان	۴۶
شامپانزه	۴۸
سیب‌زمینی	۴۸
اسب	۶۴
سگ	۷۸
نوعی سرخس	۱۲۶۰

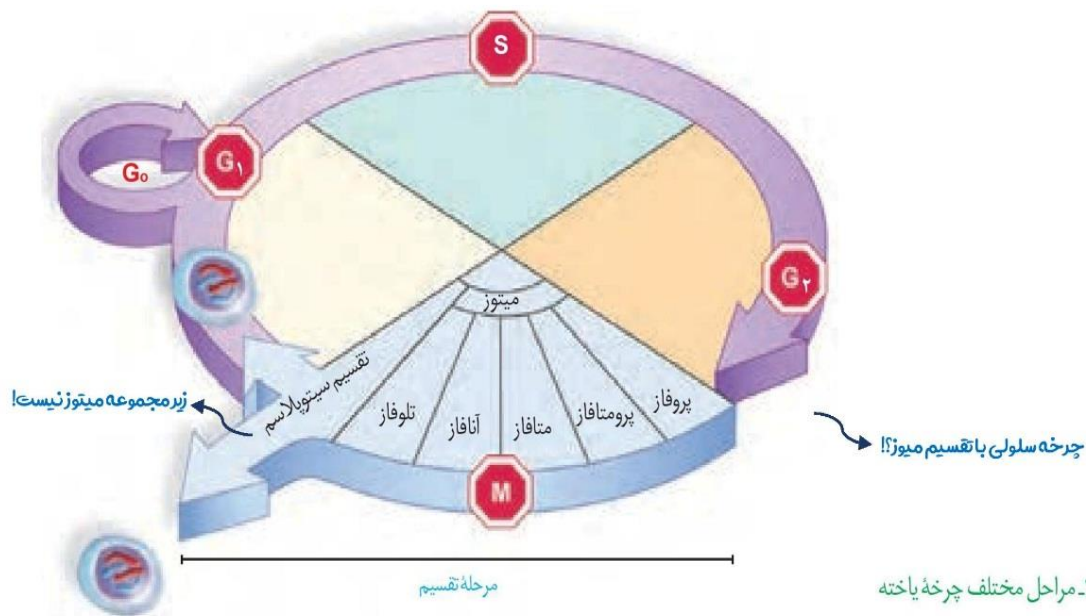
با توجه به جدول آیا بین ساده و پیچیده بودن جاندار و تعداد فام تن‌ها می‌تواند ارتباطی وجود داشته باشد؟

۱- Homologous

بعضی یاخته‌ها مانند یاخته جنسی انسان، تک‌لاد (هاپلوئید) هستند؛ یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند. یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی «n» نشان می‌دهند. «n» تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان $n=23$ است. در یک مجموعه فام‌تنی، هیچ فام‌تنی با فام‌تن دیگر هم‌تا نیست.

چرخه یاخته‌ای

مراحلی که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را چرخه یاخته‌ای می‌گویند. این چرخه، شامل مراحل اینترفاز و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است (شکل ۴).



شکل ۴- مراحل مختلف چرخه یاخته

اینترفاز:

یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود. اینترفاز شامل مراحل G_1 ، S و G_2 است.

مرحله وقفه اول یا G_1 : مرحله رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این یاخته‌ها به طور موقت یا دائمی به مرحله‌ای به نام G_0 وارد می‌شوند. یاخته عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.



مرحله S: دوبرابر شدن دنا (DNA) هسته، در این مرحله انجام می شود که نتیجه همانندسازی است. همانندسازی دنا فرایندی است که طی آن از یک مولکول دنا، دو مولکول یکسان ایجاد می شود.

مرحله وقفه دوم یا G₂: این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاهتر است و در آن، یاخته ها آماده مرحله تقسیم می شوند. در این مرحله، ساخت پروتئین ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می کنند و یاخته ها آماده تقسیم می شوند.

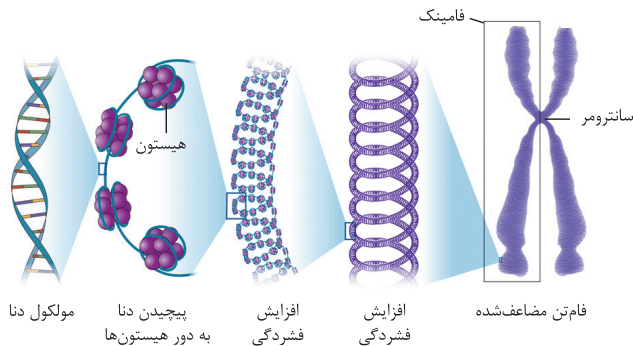
تقسیم یاخته: ← نه که شروع می شود ← مثلاً DNA پلیمراز و هلیکاز در S افزایش یافت!

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشته مان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود. در سال های گذشته تا حدودی با این فرایندها آشنا شدید. با تقسیم سیتوپلاسم، در نهایت یاخته های جدید ایجاد می شود.

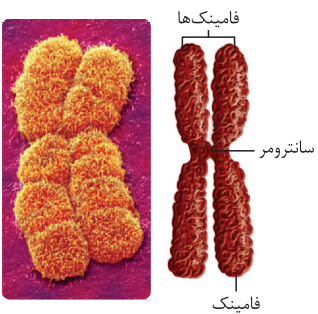
همانند سازی انجام می شود اما دو سانترومر توسط پروتئین های اتصال دهنده به هم متصل می مانند!

گفتار: فامتن (کروموزوم)

- زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه (۹ ماه دیگر) به نوزادی با میلیاردها یاخته تبدیل می‌شود.
- روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، به طوری که تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد.



فامتن و فامینک



● فامتن از دنا (DNA) و پروتئین تشکیل شده است.

- در هر دو بخش تشکیل‌دهنده کروموزوم، بین زیرواحدها پیوندهای اشتراکی و غیراشتراکی از نوع هیدروژنی وجود دارد.
- زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فامتن‌های هسته، کم‌تر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم هستند که به آن، فامینه (کروماتین) می‌گویند.

● هر رشته فامینه دارای واحدهای تکراری به نام هسته‌تن (نوکلئوزوم) است.

- در هر هسته‌تن، مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون پیچیده است.
- بین دو تا نوکلئوزوم، فقط دنا قرار دارد.
- با توجه به شکل بالا در ساختار هر کروموزوم تعداد نوکلئوتیدهای پیچیده به دور هیستون بیشتر از تعداد نوکلئوتیدهایی است که به دور هیستون نمی‌پیچد.

● ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت فامینه است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های فامینه دو برابر و در حین تقسیم یاخته فشرده می‌شوند.

● یک فامتن مضاعف‌شده از دو بخش همانند به نام فامینک (کروماتید) تشکیل شده است.

● فامینک‌های هر فامتن مضاعف از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند و به آن‌ها فامینک‌های خواهری گفته می‌شود.

● فامینک‌های خواهری در محلی به نام سانترومر به هم متصل‌اند.

● دقت داشته باشید که هر فامتن همواره یک سانترومر دارد؛ چه در حالت تک کروماتیدی و چه در حالت مضاعف (دوکروماتیدی)

● در فامتن‌های مضاعف در ناحیه سانترومر، نوعی پروتئین اتصالی وجود دارد که دو کروماتید را به هم وصل می‌کند.

هرگونه از جانداران تعداد معینی فامتن در یاخته‌های پیکری خود دارند که به آن عدد فامتنی می‌گویند.

یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های غیرجنسی جاندارند.

ممکن است تعداد فامتن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثلن در یاخته‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ فامتن وجود دارد، ولی به طور مسلم ژن‌های آن‌ها بسیار متفاوت‌اند.

تعداد فامتن‌های جانداران مختلف (به جز باکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.

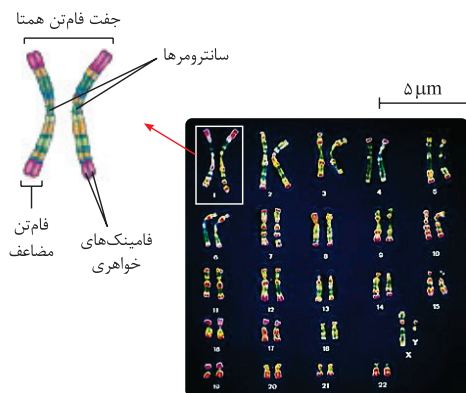
تعداد فامتن

تعداد فامتن -

- هر دو جانوری که دارای عدد کروموزومی یکسانی هستند الزاماً در یک گونه مشترک نیستند.
- افراد یک گونه می‌توانند عدد کروموزومی متفاوتی داشته باشند؛ مثلاً در جمعیت زنبورهای عسل، افراد ماده $2n$ ولی افراد نر n هستند!
- یاخته‌های مهم و تعداد فامتن‌هایشان:

نوع یاخته	تعداد فامتن
یاخته پیکری یک هسته‌ای	۴۶ کروموزوم
یاخته جنسی	۲۳ کروموزوم
گویچه قرمز بالغ	کروموزوم ندارد.
گویچه قرمز نابالغ	۴۶ کروموزوم
یاخته ماهیچه اسکلتی	چندین هسته دارد که هر کدام ۴۶ کروموزوم دارند.
بعضی از یاخته‌های ماهیچه قلبی	دو هسته دارد که هر کدام ۴۶ فامتن دارند.
یاخته پیکری تک هسته‌ای فرد مبتلا به سندروم داون	۴۷ کروموزوم دارند (فامتن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است).

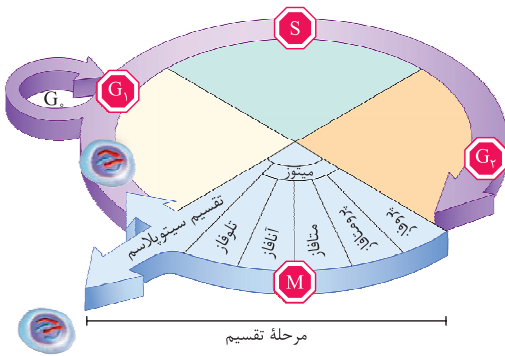
یاخته‌های پیکری انسان، دولا (دیپلوئید) هستند -



- برای تعیین تعداد فامتن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فامتنی، کاریوتیپ تهیه می‌شود.
- کاریوتیپ تصویری از فامتن‌ها با حداکثر فشردگی است که براساس اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومرها، مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند.
- با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فامتن غیرجنسی دارای یک فامتن شبیه خود است که به این فامتن‌ها، همتا گفته می‌شود.
- به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آن‌ها از هر فامتن دو نسخه داشته باشند، دولا می‌گویند.

- در یاخته‌های دولا، دو مجموعه فامتن وجود دارد که دوه‌دو به یکدیگر شبیه‌اند؛ یک مجموعه فامتن از والد مادری و یک مجموعه از والد پدری دریافت شده است. این یاخته‌ها را با نماد کلی « $2n$ » نشان می‌دهند.
- در انسان و بعضی جانداران، فامتن‌هایی وجود دارد که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فامتن‌ها، فامتن جنسی گفته می‌شود.
- فامتن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. فامتن‌های جنسی در انسان را با نماد X و Y نشان می‌دهند. هسته یاخته‌های پیکری زنان دو فامتن X و مردان یک فامتن X و یک فامتن Y دارند.
- بعضی یاخته‌ها مانند یاخته جنسی انسان، تک‌لاد (هاپلوئید) هستند؛ یعنی یک مجموعه فامتن دارند.
- یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی « n » نشان می‌دهند. « n » تعداد فامتن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان $n=23$ است.
- در یک مجموعه فامتنی، هیچ فامتنی با فامتن دیگر همتا نیست.
- در بدن یک مرد، یاخته‌های تک‌هسته‌ای یک فامتن X دارند ولی در بدن همین افراد یاخته‌هایی هستند که بیشتر از یک فامتن X دارند؛ در بعضی از یاخته‌های ماهیچه قلبی، ۲ فامتن X وجود دارد و یا در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی به دلیل چند هسته‌ای بودن، چند فامتن X دیده می‌شود.

چرخهٔ یاخته‌ای



- مرحله‌ای که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را چرخهٔ یاخته‌ای می‌گویند.
- چرخهٔ یاخته‌ای، شامل مراحل اینترفاز و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است.

اینترفاز

- ◀ یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند.
- ◀ کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود.
- ◀ اینترفاز شامل مراحل G_1 ، S و G_2 است.

● مرحلهٔ وقفهٔ اول یا G_1 :

- ◀ مرحلهٔ رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند.
- ◀ یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند.
- ◀ یاخته‌هایی که تقسیم نمی‌شوند به طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام G_0 وارد می‌شوند. یاختهٔ عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.
- ◀ اندامک‌های میتوکندری و کلروپلاست می‌توانند همراه با یاخته و یا مستقل از آن تقسیم شوند. یعنی حتی اگر یاخته‌هایی که میتوکندری دارد، در مرحلهٔ G_0 قرار داشته باشد، باز هم میتوکندری‌های آن در صورت نیاز می‌توانند تقسیم شوند؛ مثلاً با ورزش کردن تار ماهیچه‌ای نوع تند به نوع کند تبدیل می‌شود، در این حالت میتوکندری‌ها یاخته تقسیم انجام می‌دهند و تعدادشان زیاد می‌شود.

● مرحلهٔ S :

- ◀ دو برابر شدن دنا (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجهٔ همانندسازی است.
- ◀ همانندسازی دنا فرایندی است که طی آن از یک مولکول دنا، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود.
- ◀ با توجه به این‌که در زمان همانندسازی باید هیستون‌ها از دنا جدا شوند؛ می‌توان گفت در این مرحله کم‌ترین میزان فشردگی در مادهٔ وراثتی مشاهده می‌شود.

● مرحلهٔ وقفهٔ دوم یا G_2 :

- ◀ این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است.
- ◀ در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کند و یاخته‌ها آمادهٔ تقسیم می‌شوند.
- ◀ مضاعف‌شدن ساختارهایی مثل سانتیریول‌ها در این مرحله صورت می‌گیرد.
- ◀ در این مرحله با توجه به افزایش پروتئین‌سازی، فعالیت ریبوزوم‌ها در سیتوپلاسم افزایش پیدا می‌کند.
- ◀ در این مرحله پروتئین‌های سازندهٔ دوک تقسیم تولید می‌شود نه خود رشته‌های دوک تقسیم!

تقسیم یاخته

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشته‌مان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود.

گفتار ۲ ریشتمان (میتوز)

واژه‌شناسی

ریشتمان (mitosis/میتوز) (میتوز) به معنی رشته و میتوز فرایندی است که در آن تعداد رشته‌های فام‌تن ثابت می‌مانند و واژه ریشتمان 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.

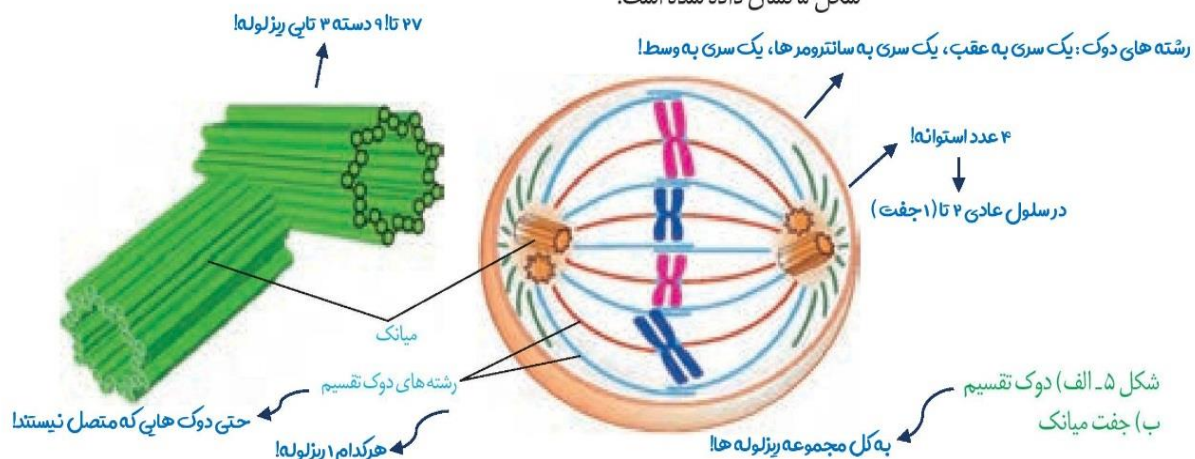
در ریشتمان مادهٔ ژنتیک، که در مرحله S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد. فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به‌طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند. برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام **دوک تقسیم** ایجاد می‌شود (شکل ۵-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. در یاخته‌های **جانوری** **میانک‌ها (سانتریول‌ها)** ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.

نه ریزرشته‌ها!

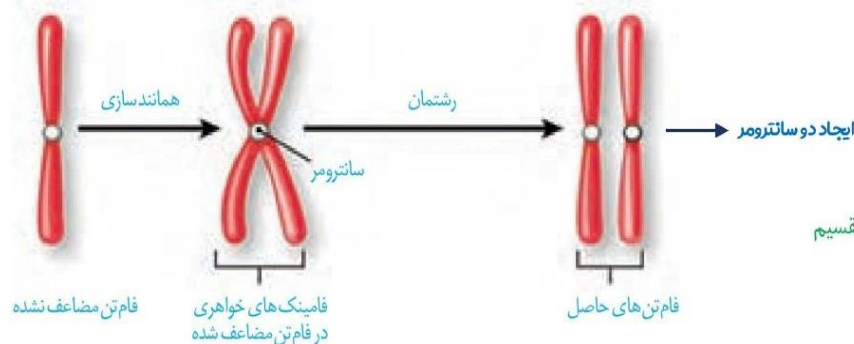
ترکیبی ۲-۱۰

ساخته شده توسط ریزوزوم‌های آزاد سیتوپلاسمی

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



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



شکل ۶- طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در ریشتمان

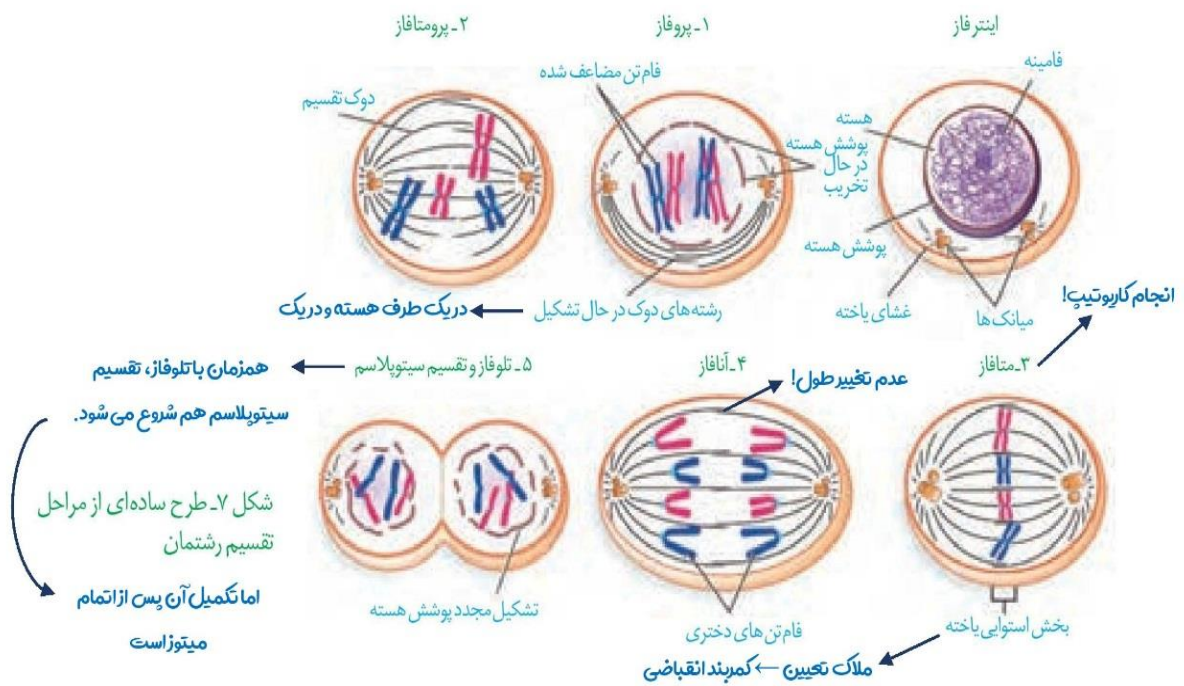
پروفاز: در این مرحله، رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. به طوری که به تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشرده شدن فام تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

چرا؟! ←

پرومتافاز: در این مرحله، پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام تن‌ها برسند. در همین حال سانترومر فام تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. اتصال دوک به سانترومر در پرومتافاز! ←
متافاز: فام تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند. یک سری دوک‌ها کوتاه و یک سری بلندتر می‌شوند ←

آنافاز: در این مرحله، با تجزیه پروتئین اتصالی در ناحیه سانترومر فامینک‌ها از هم جدا می‌شوند. فاصله گرفتن فامینک‌ها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به فام تن انجام می‌شود. فام تن‌ها که اکنون تک فامینکی اند، به دو سوی یاخته (قطب) کشیده می‌شوند. ← عدم تغییر طول رشته‌های دوک دیگر!

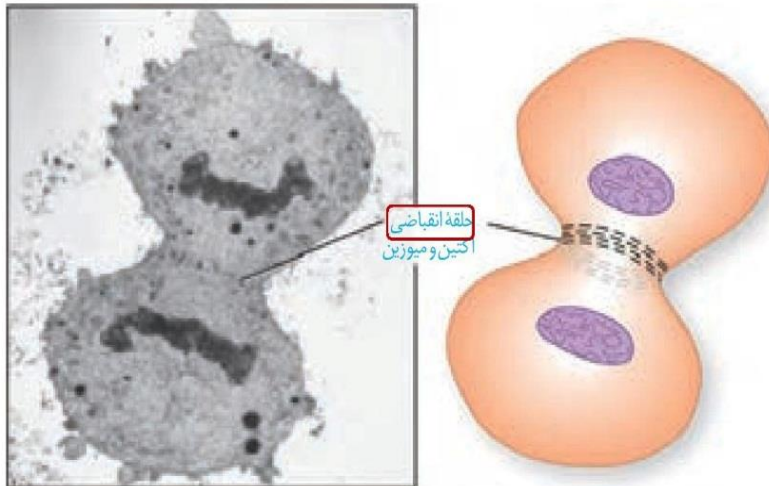
توفاز: رشته‌های دوک تخریب شده و فام تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. در پایان توفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد. مراحل تقسیم رشتمان در شکل ۷ نشان داده شده است.



تقسیم سیتوپلاسم

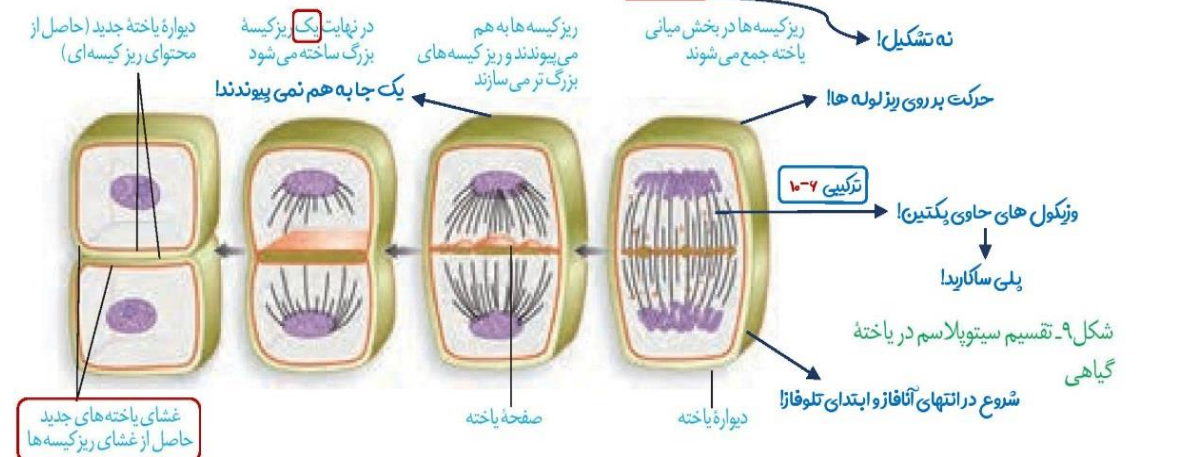
پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاخته جدید تشکیل می‌شود.

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 حلقه انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند (شکل ۸).



شکل ۸- تقسیم سیتوپلاسم در یک یاخته جانوری

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



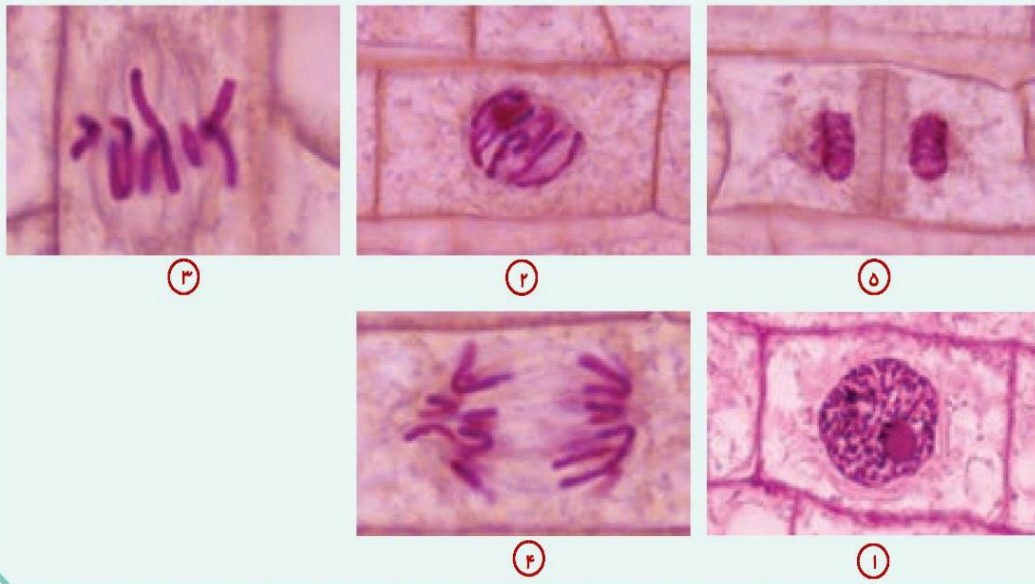
فعالیت ۱

میتوز بدون تقسیم میان یاخته یا ادغام چند

در دنیای جانداران یاخته‌های چند هسته‌ای 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 نحوه تشکیل این نوع از یاخته‌ها تحقیق کنید و نتیجه آن را به کلاس ارائه دهید.

فعالیت ۲

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



تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده 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 حد 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 به هم می‌خورد؟

عوامل تنظیم‌کنندهٔ تقسیم یاخته

یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند. انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته ای می‌شوند. 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 آسیب دیده، نوعی عامل رشد تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، تودهٔ یاخته ایجاد کنند. این تودهٔ یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؛ یا 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، اریتروپوئین 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؟

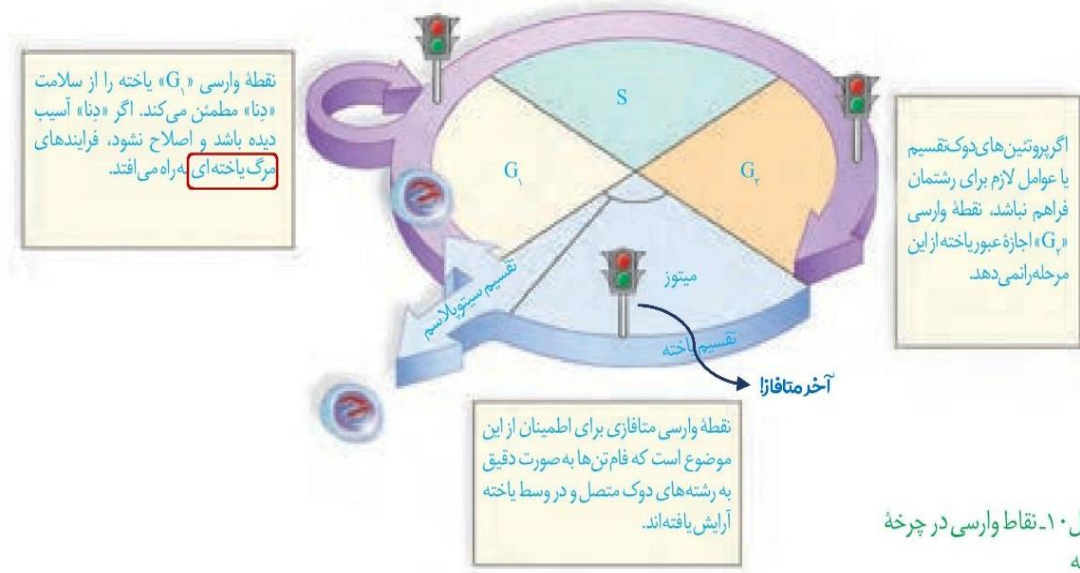
ترکیبی ۱۰-۳

افزایش CO_2 در بدن ممکن است بر شکل این پروتئین‌ها تاثیر بگذارد و باعث افزایش یا کاهش سرعت تقسیم شود!

عمل دفاعی!

افزایش سرعت تولید یاخته قرمز در مغز استخوان!

در چرخه یاخته‌ای، چند نقطه واریسی وجود دارد. نقاط واریسی مرحله‌ای از چرخه یاخته‌اند که به آن اطمینان می‌دهند که مرحله قبل کامل شده است و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده‌اند. در شکل ۱۰ بعضی از این نقاط را می‌بینید.



شکل ۱۰- نقاط واریسی در چرخه یاخته

تقسیم بی‌رویه یاخته

یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم 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 خوش خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند. نوع خوش خیم رشدی **کم** دارد و یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً **آن قدر بزرگ نمی‌شوند** 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 توده یاخته ایجاد می‌کند (شکل ۱۱- الف).

واژه‌شناسی

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

باز هم خوش خیم است!



(ب)



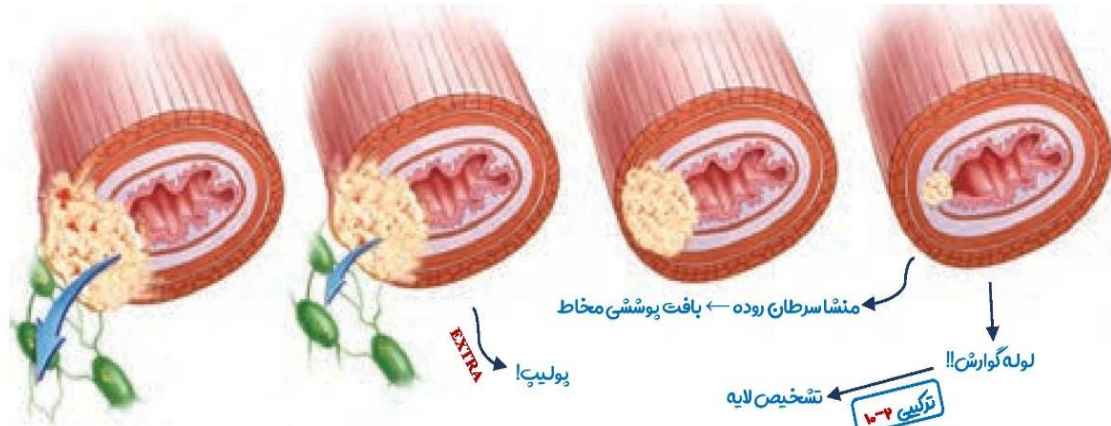
(الف)

تصویر ۱۱- الف) تومور خوش خیم؛ لیپوما در نزدیکی آرنج
ب) مالانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه دار پوست

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 ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود (شکل ۱۱-ب).

شکل ۱۲- مراحل رشد و دگرنشینی یاخته‌های سرطانی

پروتئین‌های کنترل‌کننده تغییرکننده



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

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

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

۱- یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.

تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی **ترکیبی** از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. **بافت‌برداری** 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 می‌شوند، به طور **مستقیم** تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. شیمی‌درمانی با استفاده از داروها باعث **سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه 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 تحت تأثیر تابش‌های شدید یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.

بیشتر بدانید

یاخته‌های سرطانی در صورت وجود ماده 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 (مخفف نام هنریتا لکس) در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی استفاده می‌کنند. این یاخته‌ها می‌توانند در مجاورت یاخته‌های دیگر، آنها را به حالت سرطانی در بیاورند.

هرجا تقسیم یاخته بود، با مشکل مواجه می‌شود

۱- Biopsy

ترکیبی ۶-۷ آنتی‌اکسیدان‌ها مثل رنگیزه‌ها - جلوگیری از سرطان

آلکالوئیدها - ساخت داروی ضد سرطان!

وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

پروتئین‌ها تنظیم‌کننده 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.

ترکیبی ۱۱-۹ مثل عامل نارنجی ← مخلوطی از اکسین‌ها

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

ترکیبی ۱۰-۴ مثل سیگار... ← ریفاکس

ترکیبی ۱۱-۱۶ نوعی اعتیاد ← در بلندمدت باعث مشکلات کبدی، سگته قلبی، انواع سرطان‌ها و اختلال در میوز می‌شود!

دخانیات ۱۰-۲
ریفاکس معدوم

فعالیت 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 ۲- برخی عوامل مؤثر بر بروز سرطان

پرتوها	عوامل شیمیایی	خوراکی و آشامیدنی‌ها	ویروس‌ها	هورمون	عوامل ژنی
<ul style="list-style-type: none"> پرتو X پرتو گاما پرتو فرابنفش (سولازیموم - آفتاب سوختگی) 	<ul style="list-style-type: none"> دخانیات نیکل آرسنیک بنزن دیوکسین آزبست (پشم شیشه) اورانیوم پلی‌وینیل کلراید PVC 	<ul style="list-style-type: none"> نوشیدنی‌های الکلی گوشت و ماهی دودی غذاهای نیترات دار 	<ul style="list-style-type: none"> هیپاتیت ب هرپس سیمپلکس پاپیلوما 	<ul style="list-style-type: none"> قرص‌های ضد بارداری 	<ul style="list-style-type: none"> ژن‌های مؤثر در بروز رتینوبلاستوما سرطان پروستات سرطان معده سرطان پوست سرطان خون سرطان رحم

بیشتر بدانید

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

- یاخته‌های سرطانی، تقسیمات بدون کنترل دارند.
- شکل یاخته‌های سرطانی با یاخته‌های عادی تفاوت دارد. همچنین ممکن است یاخته‌های سرطانی، چند هسته‌ای شوند.
- بسیاری از یاخته‌های سرطانی نامیرا هستند؛ یعنی برخلاف یاخته‌های عادی بعد از چند تقسیم نمی‌میرند.
- 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.
- در یاخته‌های عادی در محیط کشت، با تکثیر و رسیدن لبهٔ یاخته‌ها به هم، تقسیم متوقف می‌شود. در ضمن، یاخته‌های عادی در محیط کشت نیازمند سطح جامد برای اتصال‌اند. یاخته‌های سرطانی هیچ کدام از این خصوصیات را ندارند. این موضوع، علت توانایی دگر نشینی یاخته‌های سرطانی را نشان می‌دهد.
- یاخته‌های عادی در اثر آسیب دیدگی، دچار خزان یاخته‌ای می‌شوند، ولی یاخته‌های سرطانی نمی‌میرند.
- 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 دگر نشینی یاخته‌های سرطانی).

مرگ برنامه ریزی شده یاخته

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی باشد؛ مثلاً در بریدگی، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، **بافت مردگی** گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه ریزی شده یاخته‌ای شامل یک سری فرایندهای دقیقاً برنامه ریزی 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 تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

حذف یاخته‌های پیر یا آسیب‌دیده، مانند آنچه در **آفتاب سوختگی** اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه ریزی شده یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعه فرابنفش اند آفتاب سوختگی می‌تواند سبب آسیب به «دنا» یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه ریزی شده یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب‌دیده، آنها را حذف می‌کند. مثال دیگر، حذف یاخته‌های اضافی از بخش‌های عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه ریزی شده

فعالیت ۴

با استفاده از خمیر بازی (چند رنگ) و بارعایت موارد بهداشتی، مراحل تقسیم رشتمان را طراحی کنید.

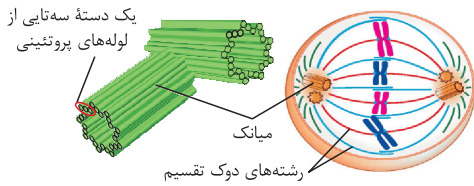
برای این کار، عدد فام‌تنی یاخته فرضی را ۴ یا ۶ در نظر بگیرید. هر مجموعه فام‌تن را با یک رنگ انتخاب

کنید و با توجه به این فعالیت به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(الف) در متافاز فام‌تن‌های 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.

گفتار ۲: رشته‌مان (میتوز)



● در میتوز ماده ژنتیک، که در مرحله S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد.
فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند.

● برای حرکت و جداسازی صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام دوک تقسیم ایجاد می‌شود. 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.

در یاخته‌های جانوری، میانک‌ها (سانتریول‌ها) ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.

● میانک‌ها، یک جفت استوانه عمود بر هم‌اند که در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دو برابر می‌شوند.
چند نکته از شکل:

◀ همه رشته‌های دوک به کروموزوم‌ها متصل نمی‌شوند.

◀ همه کروموزوم‌ها از طریق سانترومر خود به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

◀ رشته‌های سبزرنگ کوتاه که در مجاورت سانتریول‌ها قرار دارند، دوک تقسیم نیستند!

◀ سطح بیرونی سانتریول‌ها صاف نیست!


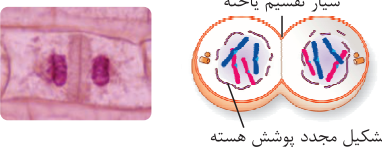
◀ بخش مرکزی هر سانتریول‌ها، توخالی است.

◀ هر سانتریول از ۹ دسته ۳‌تایی ریزلوله پروتئینی تشکیل شده است.

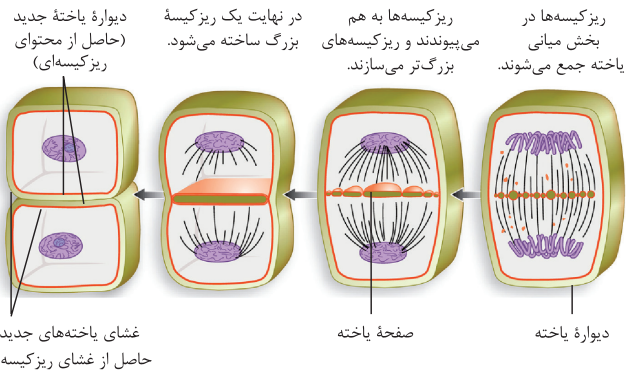
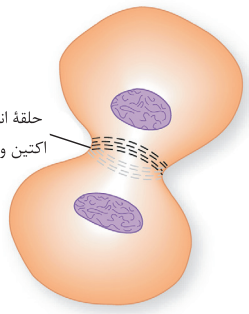
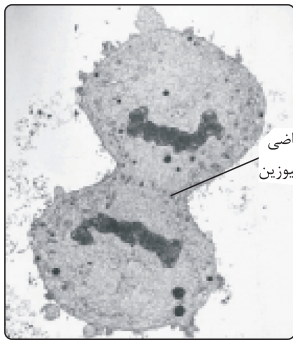
مراحل میتوز

رشته‌مان، فرایندی پیوسته است، ولی زیست‌شناسان برای سادگی، آن را مرحله‌بندی می‌کنند.

شکل	وضعیت فام‌تن	اتفاقات	
	دوکروماتیدی	<p>رشته‌های فامینه شروع به فشرده‌شدن می‌کنند و ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند.</p> <p>فام‌تن‌ها به تدریج با میکروسکوپ نوری قابل مشاهده می‌شوند. ضمن فشرده‌شدن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند ولی به طور کامل تخریب نمی‌شود!</p> <p>هیچ رشته دوک تقسیمی به فام‌تن متصل نمی‌شود! همه فام‌تن‌ها مضاعف هستند؛ یعنی دوکروماتیدی هستند.</p>	پروفاز
	دوکروماتیدی	<p>پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند.</p> <p>سانترومر فام‌تن‌ها به گروهی از رشته‌های دوک متصل می‌شوند. فام‌تن‌ها توسط رشته‌های دوک متصل به سمت وسط یاخته حرکت داده می‌شوند.</p> <p>فام‌تن‌ها در تماس مستقیم با محتویات هسته قرار می‌گیرند.</p>	پرومتافاز
	دوکروماتیدی	<p>فام‌تن‌های مضاعف بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند. فام‌تن‌ها به کمک رشته‌های دوک متصل در وسط (سطح استوایی) یاخته در یک ردیف قرار می‌گیرند.</p> <p>فام‌تن‌های همتا ممکن است در امتداد هم و یا دور از هم باشند. به هر فام‌تن، دو رشته دوک تقسیم متصل است. متافاز بهترین مرحله برای تهیه کاریوتیپ است.</p>	متافاز

شکل	وضعیت فام تن	اتفاقات
 <p>کروموزوم‌های دختری</p>	<p>در شروع مرحله دو کروماتیدی ولی در ادامه به صورت تک کروماتیدی است.</p>	<p>ترتیب اتفاقات: تجزیه پروتئین اتصالی در ناحیه سانترومر ← جداسدن فامینک‌های خواهری از هم جدا ← کوتاه‌شدن رشته‌های دوک متصل به فام تن ← فاصله گرفتن فامینک‌های جدا شده از یکدیگر ← کشیده شدن فام تن‌های تک فامینکی به دو سوی یاخته. فشردگی فام تن‌ها نسبت به مرحله قبل، تغییری نمی‌کند! یاخته در این مرحله حالت بیضی شکل می‌گیرد. رشته‌های دوک تقسیم که تا میانه یاخته امتداد دارند؛ ولی به فام تن‌ها متصل نیستند، طولشان بیشتر می‌شود. تعداد فام تن‌های درون یاخته نسبت به مرحله قبل، دو برابر می‌شود؛ در واقع در این مرحله عدد فام تنی یاخته دو برابر می‌شود. به هر فام تن یک رشته دوک تقسیم متصل است.</p>
 <p>شمار تقسیم یاخته تشکیل مجدد پوشش هسته</p>	<p>تک کروماتیدی</p>	<p>رشته‌های دوک تخریب شده و فام تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه در آیند؛ یعنی فشردگی کاهش می‌یابد. پوشش هسته نیز مجدد تشکیل می‌شود، به طوری که در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد؛ یعنی عدد فام تنی دو هسته یکسان است. در یاخته‌های جانوری به منظور انجام تقسیم سیتوپلاسم در غشای یاخته، فرورفتگی ایجاد می‌شود؛ در واقع شروع مراحل تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری در مرحله تلوفاز است. در مراحل تلوفاز و پروفاز، به فام تن‌ها رشته‌های دوک تقسیم متصل نیست!</p>

تقسیم سیتوپلاسم



- پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاخته جدید تشکیل می‌شود.
- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری:
 - ◀ با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود؛ البته دقت کنید که لزومن فرورفتگی در وسط ایجاد نمی‌شود، مثلن در تقسیم سیتوپلاسم یاخته‌ها در تخمک‌زایی، یاخته‌های حاصل از تقسیم اندازه نابرابری دارند.
 - ◀ 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 حلقه انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند.
 - ◀ شروع فرایند در اواخر تلوفاز است.

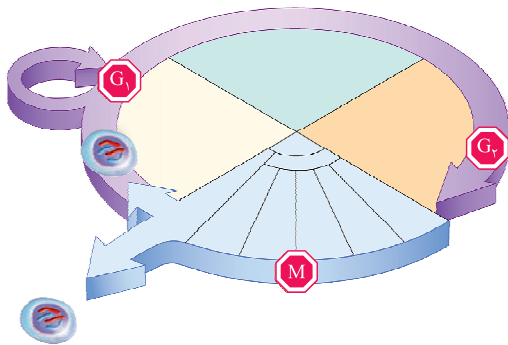
- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های گیاهی:
 - ◀ حلقه انقباضی تشکیل نمی‌شود.
 - ◀ در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام صفحه یاخته‌ای در محل تشکیل دیواره جدید، ایجاد می‌شود.
 - ◀ این صفحه با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به هم پیوستن آن‌ها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته‌اند.
 - ◀ با اتصال این صفحه به دیواره یاخته مادری دو یاخته جدید از هم جدا می‌شوند.
 - ◀ محتویات ریزکیسه، دیواره جدید را ایجاد می‌کند و غشای ریزکیسه‌ها، غشای یاخته‌های جدید در محل اتصال دو یاخته به هم را تشکیل می‌دهد.
 - ◀ ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم در هنگام تشکیل دیواره جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.
 - ◀ شروع فرایند تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های گیاهی در اواخر مرحله آنافاز است.

– تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده است. –

- بعضی یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های مرستمی گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند.
- یاخته‌های بنیادی و مرستمی در شرایط خاصی، مثل شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حد تعداد یاخته‌ها، تقسیم خود را کاهش می‌دهند و یا متوقف می‌کنند.
- یاخته‌های عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند.

– عوامل تنظیم‌کننده تقسیم یاخته –

- یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند.
- انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. 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.
- در گیاهان در محل آسیب‌دیده، نوعی عامل رشد تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، توده یاخته ایجاد کنند. این توده یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود.



- نوعی عامل رشد، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد.
- اریتروپویتین هورمونی است که از یاخته‌های درون ریز کبد و کلیه ترشح می‌شود و با اثر بر یاخته‌های بنیادی میلوئیدی، سرعت تولید گویچه‌های قرمز را زیاد می‌کند. در چرخه یاخته‌ای، چند نقطه واریسی وجود دارد. نقاط واریسی مراحل از چرخه یاخته هستند که به یاخته اطمینان می‌دهند که مرحله قبل کامل شده و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده فعالیت هستند.

اطمینان حاصل کردن از ...	
دنا سالم باشد و اگر سالم نباشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای شروع شود. تقسیم رخ بدهد یا خیر! یاخته به اندازه کافی رشد کرده باشد.	نقطه واریسی انتهای G_1
دوک تقسیم یا عوامل لازم میتوز فراهم باشد. همانندسازی صورت گرفته باشد. سانتریول و اندامک‌ها مضاعف شده باشند. در هنگام همانندسازی دنا دچار آسیب نشده باشد. پروتئین‌های لازم برای تشکیل دوک ساخته شده باشند.	نقطه واریسی انتهای G_2
کروموزوم‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل شده باشند. کروموزوم‌ها در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.	نقطه واریسی متافازی

تقسیم بی‌رویه یاخته -

- یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم بخورد، تومور ایجاد می‌شود.
- تومور، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم‌نشده ایجاد می‌شود.
- تومورها به دو نوع خوش‌خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند.

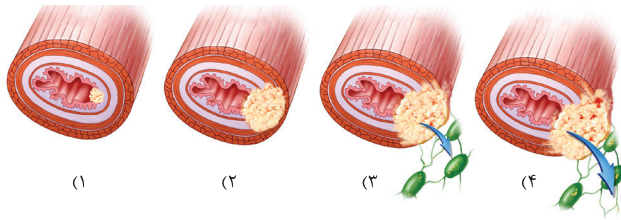


تومور خوش‌خیم:

- ◀ رشد کمی دارد.
- ◀ یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند.
- ◀ معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند.
- ◀ در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند.
- ◀ لیپوما یکی از انواع تومورهای خوش‌خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و توده یاخته ایجاد می‌کند.

تومور بدخیم یا سرطان:

- ◀ رشد زیادی دارد.
- ◀ به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی دگرنشینی (متاستاز) دارد؛ یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون، یا به‌ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آن‌جا مستقر شوند و رشد کنند.
- ◀ ملانوما نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست است.
- ◀ علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود.



نکات شکل:

- ◀ مرحله اول: یاخته‌های سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های همان بافت می‌کنند.
- ◀ مرحله دوم: یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.
- ◀ مرحله سوم: یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.
- ◀ مرحله چهارم: 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.

تشخیص	درمان
(۱) بافت‌برداری: روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود. (۲) آزمایش خون: آزمایش خون به تشخیص بافت سرطانی کمک می‌کند.	(۱) جراحی: در این روش توده سرطانی را با عمل جراحی از بدن فرد خارج می‌کنند. (۲) پرتودرمانی: یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به‌طور مستقیم تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. (۳) شیمی‌درمانی: با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه بدن می‌شود. عوارض جانبی: آسیب به یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش ریزش مو، تهوع و خستگی بعضی افراد که تحت تأثیر تابش‌های شدید، یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند. در پرتودرمانی فقط بخشی از بدن (ناحیه سرطانی)، اما در شیمی‌درمانی همه بدن تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند.

- پروتئین‌ها، تنظیم‌کننده 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.
- عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند:
 - ◀ پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دنا» آسیب می‌زنند.
 - ◀ سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی دودی‌شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته

مرگ برنامه‌ریزی شده	بافت‌مردگی
مرگ یاخته‌ها دارای برنامه از پیش تعیین شده است.	مرگ یاخته‌ها به صورت تصادفی است.
در بدن به صورت طبیعی رخ می‌دهد. برای حذف یاخته‌های پیر و فرسوده.	در بدن به صورت طبیعی رخ نمی‌دهد.
اثرات مثبتی برای بدن دارد.	اثرات مخربی بر بافت‌های بدن دارد.
فقط در بعضی از یاخته‌ها و در شرایط خاصی رخ می‌دهد.	ممکن است در همهٔ یاخته‌ها در شرایط خاصی اتفاق می‌افتد.
فاقد پاسخ التهابی	دارای پاسخ التهابی
حذف یاخته‌های پیر یا آسیب‌دیده مانند آفتاب‌سوختگی حذف پردهٔ بین انگشتان پا در بعضی از پرنده‌گان	از بین رفتن یاخته‌های آسیب‌دیده در اثر صدمهٔ خارجی مثلن در بریدگی اثر رادیکال‌های آزاد بر یاخته‌های کبدی
می‌تواند هم با رسیدن علائم بیرونی و تغییر در غشا شروع شود و هم بدون رسیدن علائم بیرونی باشد؛ مثلن در نقطهٔ واریسی G_1 در صورتی که دنا آسیب دیده باشد و ترمیم نشود، مرگ برنامه‌ریزی شده شروع می‌شود.	نمی‌تواند منشأ از درون یاخته داشته باشد؛ یعنی همواره از بیرون از یاخته فرایندهایی باعث شروع بافت‌مردگی می‌شوند.

گفتار ۳ کاستمان (میوز) و تولیدمثل جنسی

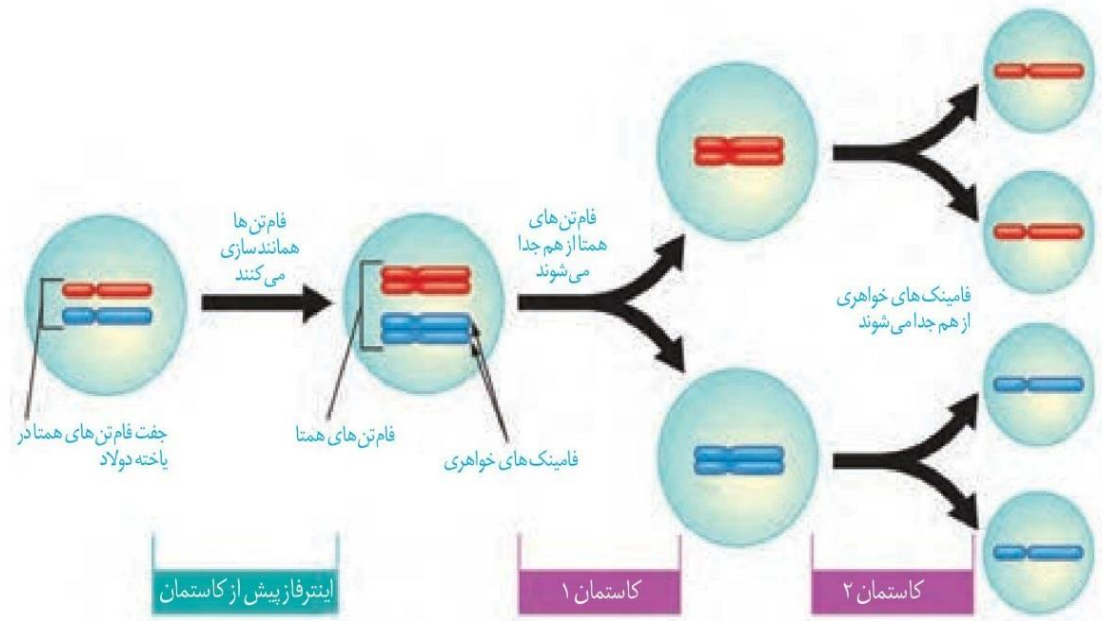
واژه‌شناسی

کاستمان (meiosis/میوز) به معنی کاستن است. کاست از مصدر کاستن همراه با (مان) واژه کاستمان را می‌سازد که به فرایند کاسته شدن تعداد فام‌تن‌ها در حین تقسیم اشاره دارد.

در گذشته با تولیدمثل جنسی و غیرجنسی آشنا شدید. با توجه به آنچه آموخته‌اید، چه تفاوت‌های اصلی در این دو نوع تولیدمثل وجود دارد؟ هریک از این روش‌ها چه مزایایی دارد؟ چه روش‌های تولیدمثل غیرجنسی را می‌شناسید؟ کدام نوع تقسیم با تولیدمثل جنسی ارتباط بیشتری دارد؟

کاستمان، کاهش تعداد فام‌تن‌ها

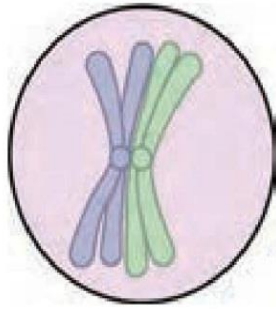
در تولیدمثل جنسی، دو یاخته جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آنها با هم ادغام می‌شوند. یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهش به نام کاستمان ایجاد می‌شوند. به نظر شما اهمیت این نوع تقسیم در جانداران چیست؟ کاستمان از دو مرحله کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود (شکل ۱۴). پیش از این تقسیم نیز، مانند رشتمان، اینترفاز رخ می‌دهد.



شکل ۱۴- طرح ساده‌ای از تقسیم کاستمان

کاستمان ۱

در این مرحله از تقسیم کاستمان، عدد فام‌تنی نصف می‌شود. این بخش از کاستمان چهار مرحله دارد که عبارت‌اند از: پروفاز ۱، متافاز ۱، آنافاز ۱ و تلوفاز ۱ (شکل ۱۶).
پروفازا ۱: فام‌تن‌های هم‌تا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. به این ساختار چهار فامینکی، **چهارتایه (تتراد)** گفته می‌شود. چهارتایه از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. سایر وقایع این مرحله، شبیه پروفازا و پرومتافاز رشتمان است (شکل ۱۵).



متافاز ۱: چهارتایه‌ها در استوای یاخته، روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند.

آنافاز ۱: فام‌تن‌های هم‌تا که مضاعف شده‌اند، از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند. نحوه کوتاه شدن رشته‌های دوک، شبیه فرایند رشتمان است.

تولوفاز ۱: با رسیدن فام‌تن‌ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود. معمولاً در پایان کاستمان ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. نتیجه کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است (شکل ۱۶).

باتوجه به شکل ۱۶ می‌توانید بگویید عدد فام‌تنی یاخته‌های حاصل، چه تفاوتی با یاخته مادری دارد؟

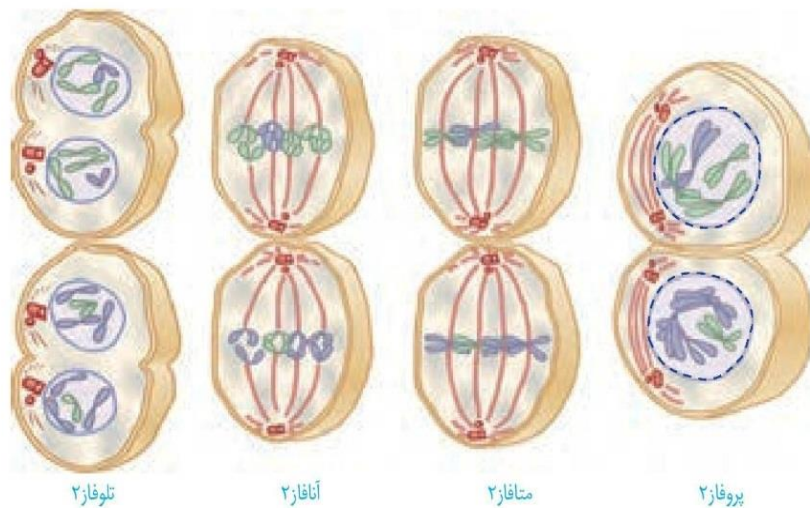
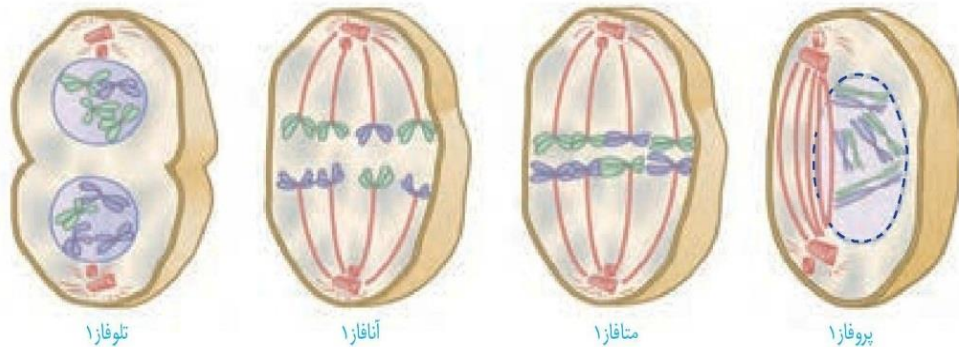
شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از یک چهارتایه

کاستمان ۲

نه کاملاً شبیه!

در این مرحله یاخته‌های حاصل از کاستمان ۱، مراحل پروفاز ۲، متافاز ۲، آنافاز ۲ و تولوفاز ۲ را می‌گذرانند. وقایع کاستمان ۲ بسیار شبیه رشتمان است و در پایان آن، از هر یاخته دو یاخته شبیه هم ایجاد می‌شود که نصف فام‌تن‌های یاخته‌های مادر را دارند. این فام‌تن‌ها مضاعف نیستند. در پایان کاستمان ۲، تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. در مجموع و با پایان تقسیم کاستمان از یک یاخته $2n$ ، چهار یاخته n فام‌تنی حاصل می‌شود.

در یک میوز پرخلاف یک میتوز، در حالت طبیعی ممکن است یاخته‌های متفاوت تولید شود!



شکل ۱۶- طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان

فعالیت ۵

- ۱- تقسیم کاستمان ۱ از نظر نحوه آرایش فام تن ها و جدا شدن آنها تفاوت اساسی با تقسیم رشتمان دارد. آیا می توانید با توجه به شکل های رشتمان و کاستمان، این تفاوت ها را بیان کنید؟
- ۲- تقسیم کاستمان ۲ را با تقسیم رشتمان مقایسه کنید. چه شباهت ها و تفاوت هایی بین این دو فرایند وجود دارد؟
- ۳- با استفاده از خمیر بازی و بارعایت موارد بهداشتی، طرح ساده ای از مراحل تقسیم کاستمان را بسازید. برای این کار، عدد فام تنی یاخته فرضی را ۴، ۶ و یا ۸ در نظر بگیرید. بهتر است که هر مجموعه از فام تن ها با یک رنگ انتخاب شوند.

برای میوز، عدد کروموزومی باید حتما زوج باشد!

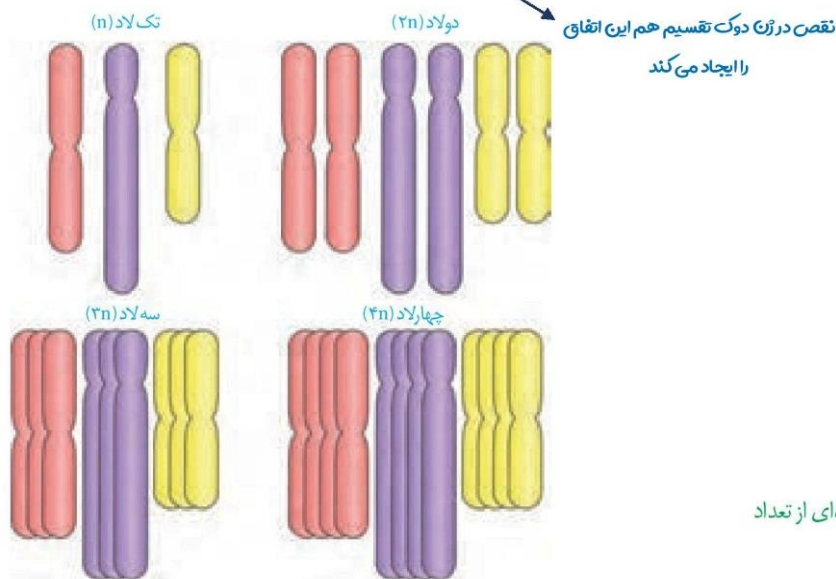
تغییر در تعداد فام تن ها

گرچه تقسیم یاخته ای با دقت زیاد انجام می شود، ولی **به ندرت** ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد. **چندلادی (پلی پلوئیدی)** شدن و با هم ماندن فام تن ها، نمونه هایی از این خطاهای کاستمانی هستند. اشتباه در تقسیم می تواند، هم در تقسیم رشتمان و هم در تقسیم کاستمان رخ دهد، ولی چون یاخته های حاصل از کاستمان در ایجاد نسل بعد دخالت مستقیم دارند، از اهمیت بیشتری برخوردارند.

گذشتن اشتباه از نقاط وارسی!

اگر در سلول تخم رخ دهد، کل جاندار به مشکل می خورد!

چندلادی شدن: اگر در مرحله **انافاز همه** فام تن ها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر فام تن خواهد داشت و یاخته دیگر فاقد فام تن خواهد بود. در آزمایشگاه می توان با تخریب رشته های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- طرح ساده ای از تعداد فام تن ها

ترکیبی ۷-۱۰ دارای گلوته، در پدرو سیلیس در دیواره برگ!

به یاخته یا جاننداری که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فام تن داشته باشد، چندلاد گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی ۶n و موز ۳n است (شکل ۱۷). **عدم توانایی تقسیم میوز و تولید مثل جنسی!**

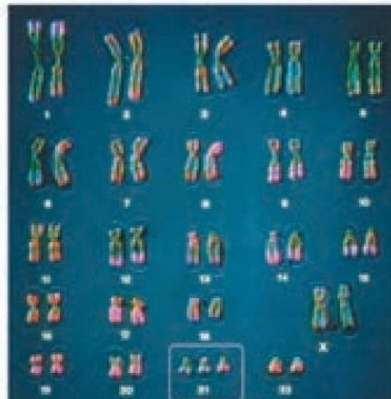
باهم ماندن فام تن‌ها: در این حالت، یک یا چند فام تن در مرحله **آنافاز** (رشته‌مان و کاستمان) از هم جدا نمی‌شوند. بنابراین، در یاخته‌های حاصل، کاهش یا افزایش یک یا چند فام تن مشاهده می‌شود (شکل ۱۸). نمونه این حالت، **نشانگان داون** است. به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت **نشانگان** می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ فام تن دارند (شکل ۱۸). فام تن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد ۳ فام تن شماره ۲۱ دارند. علت بروز این حالت آن است که یکی از یاخته‌های جنسی ایجادکننده فرد، به جای یک فام تن شماره ۲۱، دارای دو فام تن ۲۱ بوده است. بالابودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای کاستمانی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود. علت این موضوع را در فصل‌های آینده خواهید آموخت.

سرطان، بفلاکس

عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم کاستمان شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدا شدن فام تن‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.

تخیر در میوز ۱!

تخیر در میوز ۲!



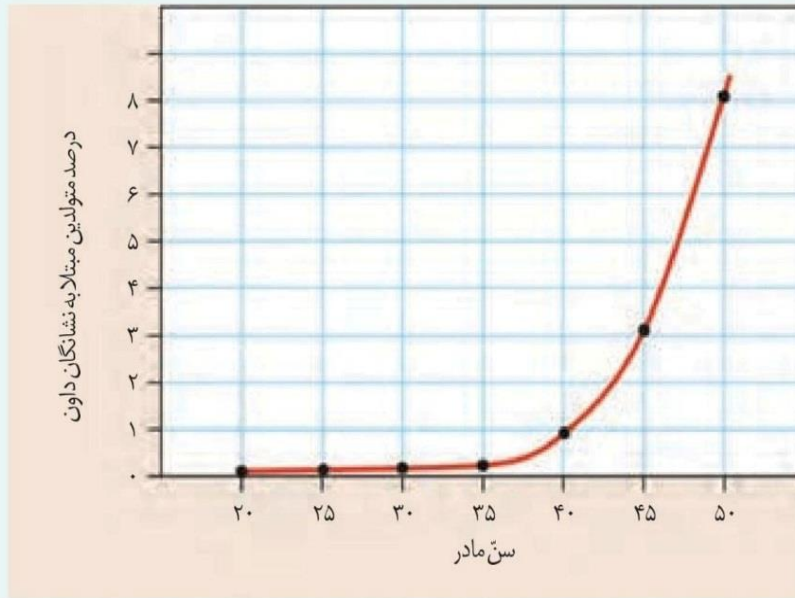
شکل ۱۸- کاریوتیپ یک فرد مبتلا به داون. آیا می‌توانید جنسیت این فرد را تشخیص دهید؟ دخترا!

فعالیت ۶

با استفاده از منابع علمی، با انواع دیگری از بیماری‌های ناشی از باهم ماندن فام تن‌ها آشنا شوید و گزارش این بررسی را در کلاس ارائه کنید.

فعالیت ۷

منحنی زیر، رابطه بین سن مادر در هنگام بارداری و احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به نشانگان داون را نشان می‌دهد. منحنی را تفسیر کنید.



گفتار ۳: کاستمان (میوز)

- در تولیدمثل جنسی، دو یاخته جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آن‌ها با هم ادغام می‌شوند.
- یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهشی به نام میوز ایجاد می‌شوند.
- در بعضی از جانوران (زنبور عسل نر) و همه گیاهان، یاخته‌های جنسی محصول مستقیم میتوز هستند.

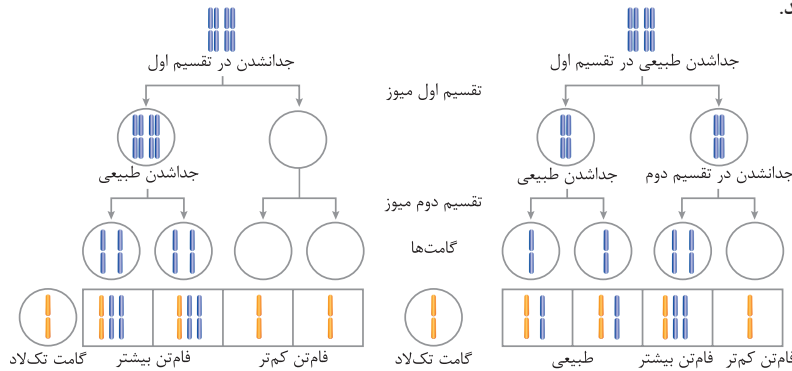
مراحل تقسیم میوز

- میوز از دو مرحله کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود.
- در میوز مرحله پرومتافاز وجود ندارد و اتفاقات این مرحله در پروفاز انجام می‌گیرد.
- بین میوز ۱ و ۲، اینترفاز مشخصی وجود ندارد؛ ولی سانتریول‌ها دو برابر می‌شوند.

شکل	وضعیت فام تن	اتفاقات	
	دوکروماتیدی	فام تن های همتا از طول در کنار هم قرار می گیرند و فشرده می شوند. تترادها از سانترومر به (بعضی از) رشته های دوک متصل می شوند. رشته های فامینه به تدریج با میکروسکوپ نوری مشاهده می شوند. سانتریول ها به دو طرف یاخته حرکت می کنند و بین آن ها دوک تقسیم تشکیل می شود. پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می شوند.	پروفاز ۱
	دوکروماتیدی	تترادها در استوای یاخته، روی رشته های دوک قرار می گیرند.	متافاز ۱
	دوکروماتیدی	فام تن های همتا از هم جدا می شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می کنند.	آنافاز ۱
	دوکروماتیدی	با رسیدن فام تن ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می شود.	تلوفاز ۱
معمولن در پایان میوز ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود. نتیجه کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است که هر کدام نصف یاخته اولیه، فام تن دارند.			
	دوکروماتیدی	رشته های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه تر می شوند. رشته های فامینه به تدریج با میکروسکوپ نوری مشاهده می شوند. سانتریول ها به دو طرف یاخته حرکت می کنند و بین آن ها دوک تقسیم تشکیل می شود. پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می شوند تا رشته های دوک بتوانند به فام تن ها برسند. سانترومر فام تن ها به رشته های دوک متصل می شوند.	پروفاز ۲
	دوکروماتیدی	فام تن ها در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می شوند.	متافاز ۲
	تک کروماتیدی	ترتیب اتفاقات: تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه سانترومر ← جداسدن فامینک های خواهری از هم جدا ← کوتاه شدن رشته های دوک متصل به فام تن ← فاصله گرفتن فامینک های جدا شده از یکدیگر ← کشیده شدن فام تن های تک فامینکی به دو سوی یاخته.	آنافاز ۲
	تک کروماتیدی	رشته های دوک تخریب می شود. فام تن ها شروع به باز شدن می کنند تا به صورت فامینه در آیند. پوشش هسته نیز مجدد تشکیل می شود. در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد.	تلوفاز ۲

تغییر در تعداد فامتن‌ها

- تقسیم یاخته‌ای با دقت زیاد انجام می‌شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد.
- اشتباه در تقسیم می‌تواند، هم در تقسیم میتوز و هم در تقسیم میوز رخ دهد، ولی چون یاخته‌های حاصل از کاستمان در ایجاد نسل بعد دخالت مستقیم دارند، از اهمیت بیشتری برخوردارند.



چندلادی شدن:

- اگر در مرحله آنافاز همه فامتن‌ها بدون این‌که از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر فامتن خواهد داشت و یاخته دیگر فاقد فامتن خواهد بود.
- اگر جدانشدن در آنافاز میوز ۱ باشد، همه یاخته‌های حاصل از میوز غیرطبیعی هستند؛ نیمی از آن‌ها بیشتر از حالت طبیعی فامتن دارند و نیم دیگر، کم‌تر از حالت طبیعی.
- اگر جدانشدن در آنافاز میوز ۲ و فقط در یکی از یاخته‌های حاصل از میوز ۱ باشد، آن‌گاه نیمی از یاخته‌های حاصل از میوز، طبیعی و نیمی دیگر، غیرطبیعی هستند.
- در آزمایشگاه می‌توان با تخریب رشته‌های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد.
- در چندلادی‌شدن، تعداد کروموزوم در هر مجموعه کروموزومی ثابت است، ولی تعداد مجموعه‌های کروموزومی و تعداد کل کروموزوم‌ها افزایش می‌یابد.
- به یاخته یا جاننداری که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فامتن داشته باشد، چندلاد گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی ۶n و موز ۳n است.

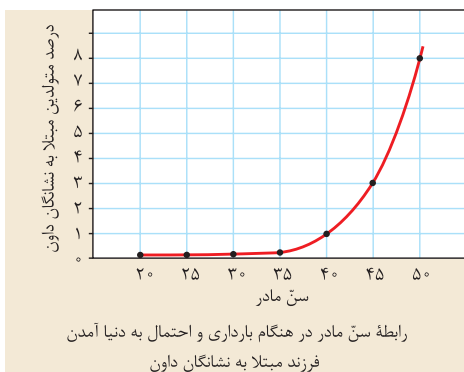
با هم ماندن فامتن‌ها:

- در این حالت، یک یا چند فامتن در مرحله آنافاز (میتوز و میوز) از هم جدا نمی‌شوند.
- در یاخته‌های حاصل از تقسیم، کاهش یا افزایش یک یا چند فامتن مشاهده می‌شود.

نشانه‌گان داون



- به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت نشانه‌گان می‌گویند.
- بروز نشانه‌گان داون نمونه‌ای از با هم ماندن فامتن‌ها است.
- افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ فامتن دارند. فامتن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد ۳ فامتن شماره ۲۱ دارند.
- علت بروز بیماری: یکی از یاخته‌های جنسی ایجادکننده فرد، به جای یک فامتن شماره ۲۱، دارای دو فامتن ۲۱ بوده است.



- بالابودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای میوزی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود.
- عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم میوز شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدانشدن فامتن‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.
- رابطه بین سن مادر و احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به داون، یک رابطه‌ی نمایی صعودی است.

- احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به بیماری در یک مادر ۵۰ ساله، ۸ درصد است.
- احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به بیماری داون در یک مادر ۴۵ ساله و ۵۰ ساله به ترتیب ۳ و ۸ برابر یک مادر ۴۰ ساله است.