

# تقسیم یاخته

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.



گفتار ۱ فام‌تن (کروموزوم)

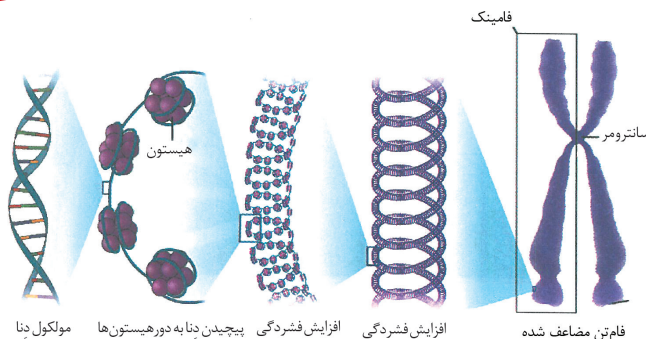
کروماتین در زمان تقسیم مشاهده نمی‌شود.

همان‌طور که می‌دانید فام‌تن از دنا (DNA) و پروتئین تشکیل شده است. به شکل ۱ توجه کنید. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فام‌تن‌های هسته، کمتر و به صورت توده‌ای از رشته‌های در هم است که به آن، فامینه (کروماتین) می‌گویند.

نوکلئوزوم دارای دنا و پروتئین و ریبونوکلئوپروتئین است.

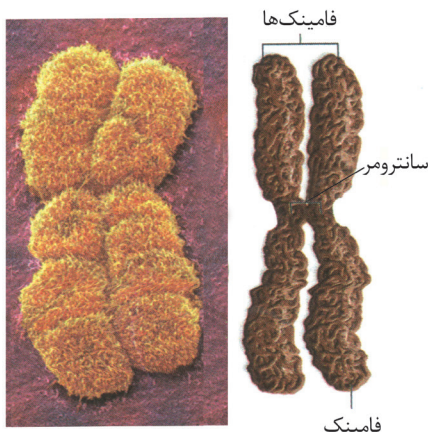
هر رشته فامینه دارای واحدهای تکراری به نام هسته‌تن (نوکلئوزوم) است. در هر هسته‌تن، مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون پیچیده است. ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت فامینه است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های فامینه دو برابر و در حین تقسیم یاخته فشرده می‌شوند (شکل ۱).

هرگز در زمان تقسیم، همانندسازی دنا رخ نمی‌دهد.



شکل ۱

\* اولین مرحله فشردگی دنا تشکیل نوکلئوزوم است. فشردگی دنا در مرحله متافاز به حد اکثر می‌رسد.



شکل ۲، تصویر یک فام‌تن را در حداکثر فشردگی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، این فام‌تن از دو بخش همانند به نام فامینک (کروماتید) تشکیل شده است. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن‌های مضاعف شده می‌گویند. 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.

\* کروموزوم دو کروماتیدی یا مضاعف در مراحل پروفاز، پرومتافاز و متافاز میوز و کل مراحل میوز و مراحل پروفاز و متافاز از میوز ۲، دیده می‌شود.

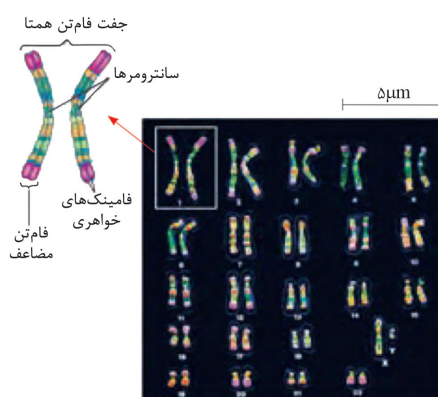
### تعداد فام‌تن

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؛ مثلاً 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.

### 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 (شکل ۳).

\* در کاریوتیپ بزرگترین کروموزوم‌ها با عدد ۱ شماره‌گذاری می‌شوند.



شکل ۳ - کاریوتیپ انسان

با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فام‌تن 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 این یاخته‌ها، دو مجموعه فام‌تن وجود دارد که دو به دو 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 دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن جنسی گفته می‌شود. فام‌تن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. نمونه این فام‌تن‌ها را در کاریوتیپ شکل ۳ مشاهده می‌کنید. 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.

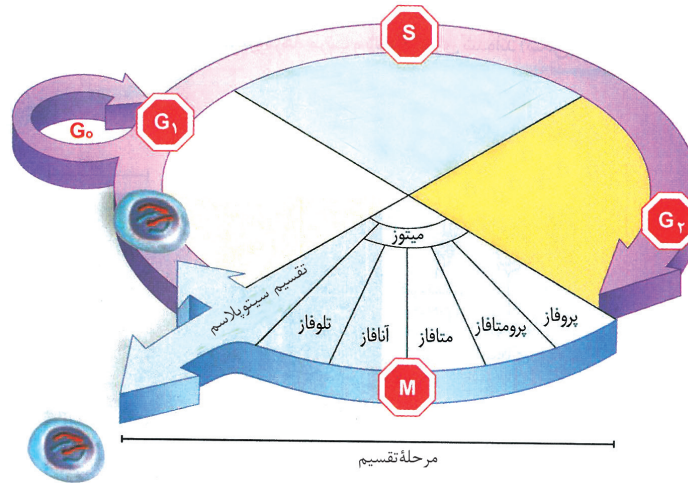
بعضی یاخته‌ها مانند یاخته جنسی انسان، تک‌لاد (هاپلوئید) هستند؛ یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند. یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی « $n$ » نشان می‌دهند. « $n$ » تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان  $n=23$  است. در یک مجموعه فام‌تنی، هیچ فام‌تنی با فام‌تن دیگر همتا نیست.

### چرخه یاخته‌ای

مراحل 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).

\* بیشترین زمان ایشرفاز معمولاً مربوط به  $G_1$  و کمترین آن مربوط به  $G_2$  است.

## زیست‌شناسی ۲



شکل ۴ - مراحل مختلف چرخه یاخته

### اینترفاز:

یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد موردنیاز 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 دائم به مرحله‌ای به نام  $G_0$  وارد می‌شوند. یاخته عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.

### مرحله $S$ :

دوبرابر شدن دِنای (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجه همانندسازی است. همانندسازی دِنای فرایندی است که طی آن از یک مولکول دِنای، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود.

### مرحله وقفه دوم یا $G_2$ :

این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است و در آن، یاخته‌ها آماده مرحله تقسیم می‌شوند. در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل موردنیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کنند و یاخته‌ها آماده تقسیم می‌شوند.

### تقسیم یاخته:

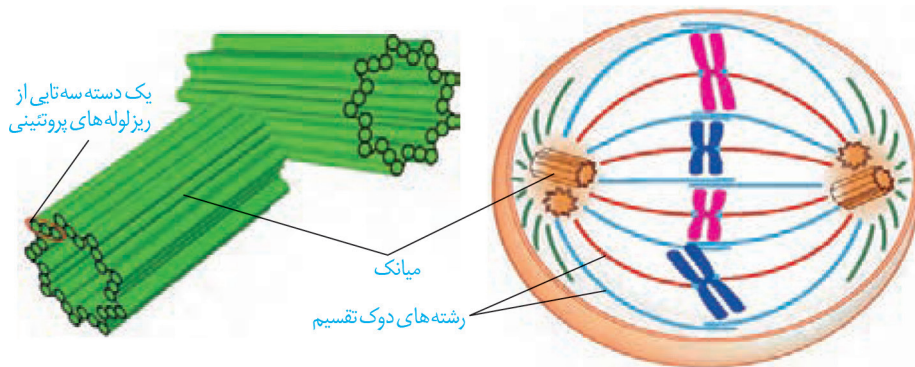
در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشته‌مان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلازم انجام می‌شود. در سال‌های گذشته تا حدودی با این فرایندها آشنا شدید. با تقسیم سیتوپلازم، در نهایت یاخته‌های جدید ایجاد می‌شود.

\* همانندسازی دِنای در همه یاخته‌ها قبل از تقسیم صورت می‌پذیرد.



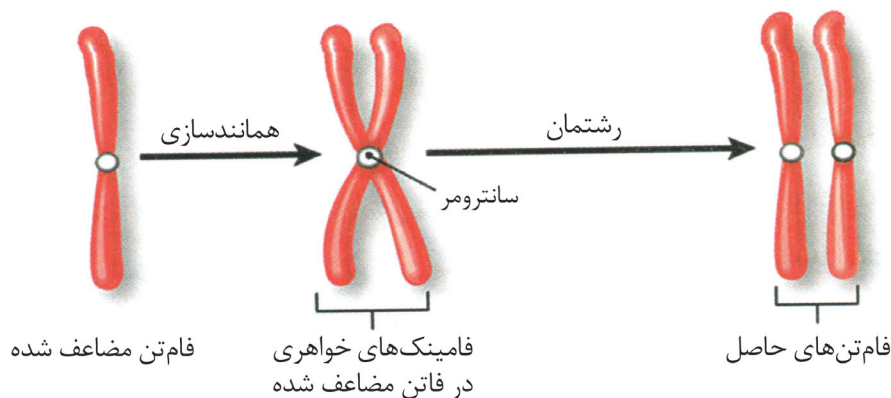
در رشتمان ماده ژنتیک، که در مرحله S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد. فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند. **دوک تقسیم ۱** برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ایجاد می‌شود (شکل ۵ - الف). دوک تقسیم، **۲** مجموعه‌های از ریزلوله‌های پروتئینی است که **۳** هنگام تقسیم، پدیدار و **۴** سانترومر فام‌تن به آن متصل می‌شود. **۵** با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند.

**میانک‌ها (سانتریول‌ها) ۱** در یاخته‌های جانوری، ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند. میانک‌ها، **۲** یک جفت استوانه عمود برهم‌اند که **۳** در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دوبرابر می‌شوند. **۴** هر یک از این استوانه‌ها، از تعدادی لوله کوچک‌تر پروتئینی تشکیل شده است. **۵** میانک‌ها مرکزی تو خالی دارند و **۶** در محیط آن‌ها ۹ دسته لوله ۳ تایی دیده می‌شود. ساختار میانک‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵ - الف) دوک تقسیم، ب) جفت میانک

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 ۶ - طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در رشتمان

**پروفاز:** در این مرحله، **۱** رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. به طوری که **۲** به تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آنها را مشاهده کرد. **۳** ضمن فشرده شدن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. **۴** در این مرحله پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

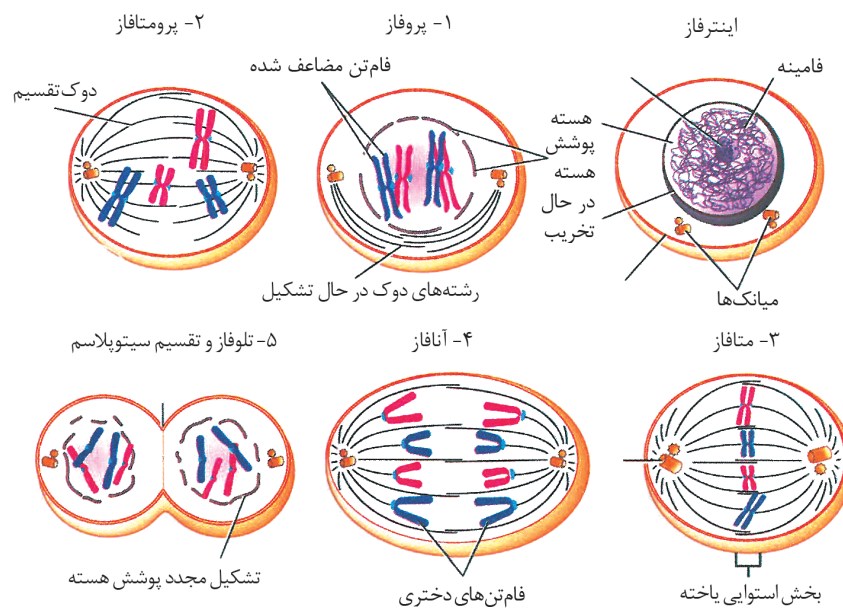
## زیست‌شناسی ۲

**پرومتافاز:** در این مرحله، ۱ پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا ۲ رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. ۳ در همین حال سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

**متافاز:** ۱ فام‌تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و ۲ در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند.

**آنافاز:** در این مرحله، ۱ با تجزیه پروتئین اتصالی در ناحیه سانترومر، فامینک‌ها از هم جدا می‌شوند. ۲ فاصله گرفتن فامینک‌ها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به فام‌تن انجام می‌شود. ۳ فام‌تن‌ها که اکنون تک فامینکی‌اند، به دو سوی یاخته (قطب) کشیده می‌شوند.

**تلوفاز:** ۱ رشته‌های دوک تخریب شده و ۲ فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. ۳ پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد. مراحل تقسیم رشتمان در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ - طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم رشتمان

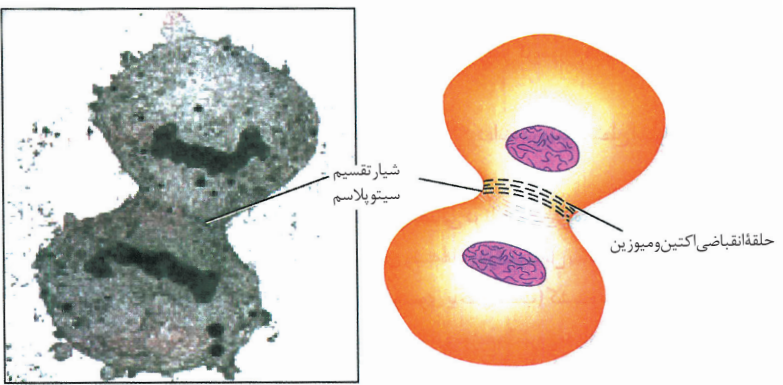
- \* در مراحل پروفاز و پرومتافاز از تقسیم میتوز، تجزیه پوشش هسته دیده می‌شود.
- \* در مرحله آنافاز از تقسیم میتوز، کروموزوم‌های تک کروماتیدی، بیشترین فشردگی را دارند.
- \* فاصله گرفتن کروماتیدها در میتوز با کوتاه شده همب‌رشته‌های دوک همراه نیست.
- \* اتصال رشته‌های دوک میتوزی به کروموزوم‌ها در مرحله پرومتافاز از تقسیم میتوز صورت می‌پذیرد.
- \* در متافاز میتوز، هر سانترومر از دو سمت به دوک متصل 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).



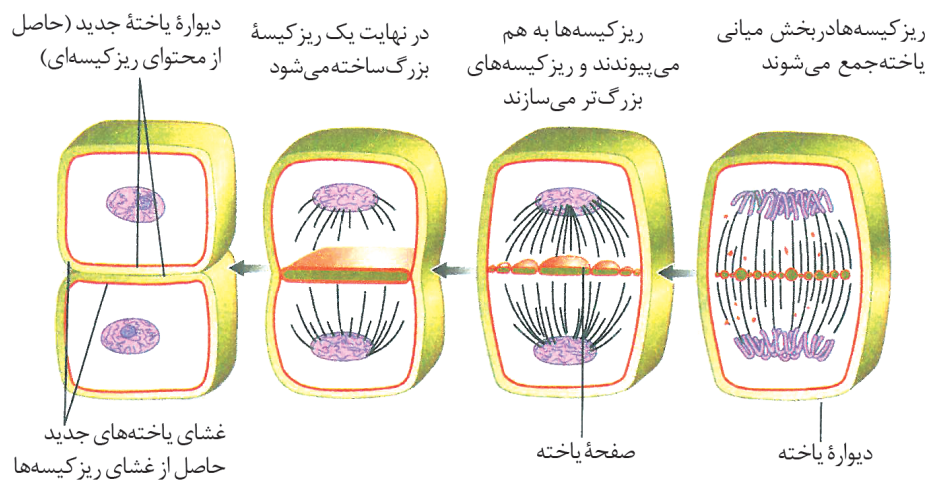
## زیست شناسی ۲



شکل ۸ - تقسیم سیتوپلاسم در یک یاخته جانوری

\* حلقه انقباضی در سمت **درون** غشا یا ضخای قرار می گیرد. شامل پروتئین های **آکتین و میوزین** است و در اتصال با کربوهیدرات های **غشا نیست**.

در یاخته‌های گیاهی، حلقهٔ انقباضی تشکیل نمی‌شود. در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام صفحهٔ یاخته‌ای در محل تشکیل دیوارهٔ جدید، ایجاد می‌شود. صفحه یاخته‌ای با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به هم 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 دیواره جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.

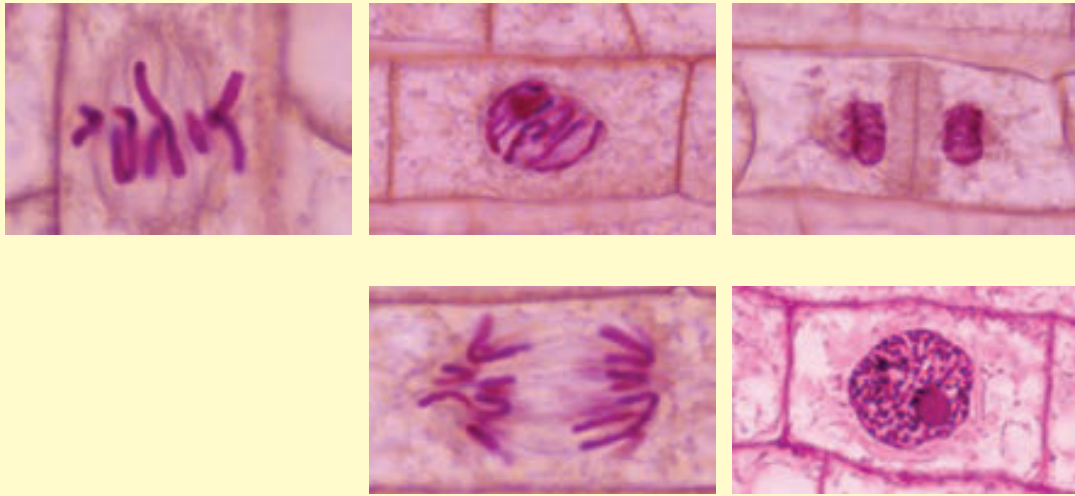


شکل ۹ - تقسیم سیتوپلاسم در یاخته گیاهی

**فعالیت**

برخی یاخته‌ها، بیش از یک هسته دارند مثل یاخته‌های ماهیچه اسکلتی و یاخته دوهسته‌ای درون کیسه رویانی، علت چندهسته‌ای بودن یاخته‌های ماهیچه‌ای، اتصال این یاخته‌ها به هم در دوران جنینی است.

مرحله مربوط به هر یک از شکل‌های زیر را مشخص نمایید:



## 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.

## عوامل تنظیم کننده تقسیم یاخته

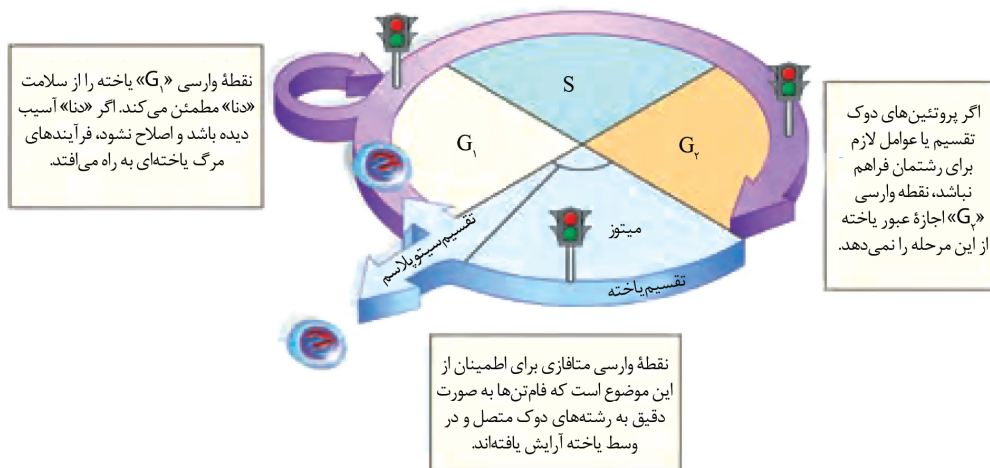
یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند. انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند. این پروتئین‌ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می‌کنند؛ 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، اریتروپویتین است. در پاسخ به کم‌خونی از کبد و کلیه‌ها ترشح شده و با اثر بر مغز استخوان سبب افزایش سرعت تقسیم یاخته‌های بنیادی مغز استخوان می‌شود.

\* عمل رشد ایجاد شده در محل آسیب دیده گیاهان به تقسیم یا خنجرهای پارانژی می شود.

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

← نقاط واریسی در یک چرخه یا خشتای بیش از ۶۳ اند.

## زیست‌شناسی ۲



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 خوش‌خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند.

**تومور خوش‌خیم ۱** رشدی کم دارد و **۲** یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور **۳** معمولاً آنقدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند. **۴** البته در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند. **۵** 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 (شکل ۱۱ - الف).



(ب)



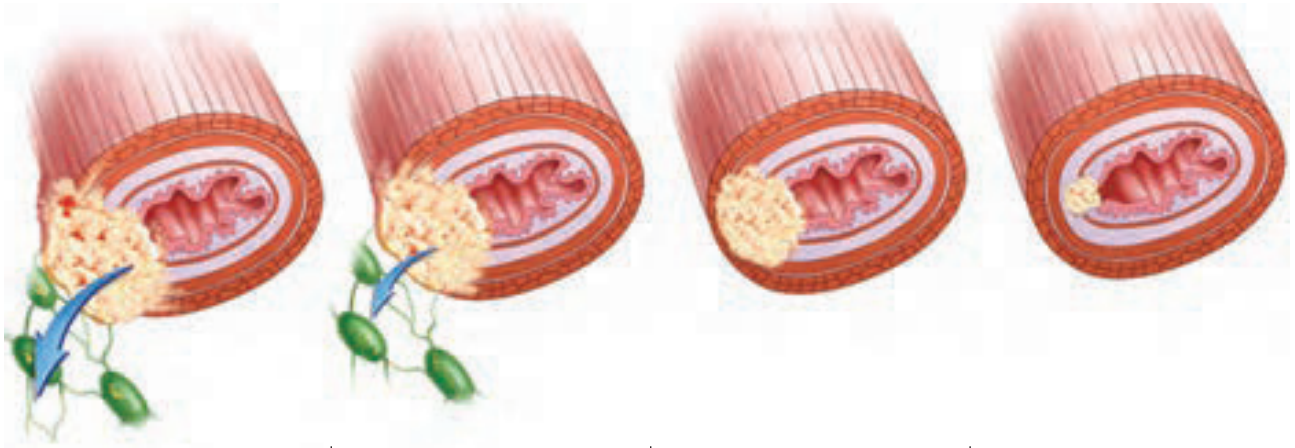
(الف)

الف) تومور خوش‌خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج

ب) ملانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست

**تومور بدخیم ۱** که سرطان نیز نامیده می‌شود **۲** به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و **۳** 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 **۴** ملانوما، مثالی از تومورهای بدخیم حاصل از یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست است (شکل ۱۲). علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود (شکل ۱۱ - ب).





- |  |  |
|--|--|
| <p>۱- یاخته‌های سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.</p> <p>۲- یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.</p> | <p>۳- یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.</p> <p>۴- یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.</p> |
|--|--|

شکل ۱۲ - مراحل رشد و دگرشنینی یاخته‌های سرطانی

### تشخیص و درمان سرطان

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

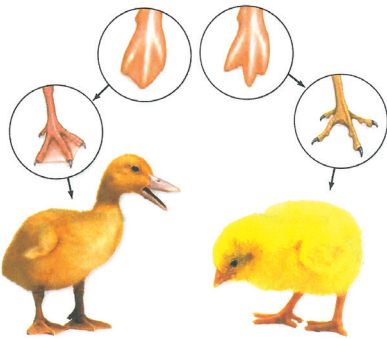
روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است. در پرتودرمانی، یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به طور مستقیم تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. شیمی‌درمانی با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های مغز استخوان، 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 موردنیاز را بسازند.

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

پروتئین‌ها، تنظیم‌کننده چرخه 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. ۱ پرتوهای فرابنفش، ۲ بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دنا» آسیب می‌زنند. ۳ سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، ۴ مواد غذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی، ۵ بعضی ویروس‌ها، ۶ قرص‌های ضدبارداری، ۷ نوشیدنی‌های الکلی و ۸ دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

### مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته



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

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی باشد؛ مثلاً در بریدگی، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، بافت مردگی گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای شامل یک‌سری 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 تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

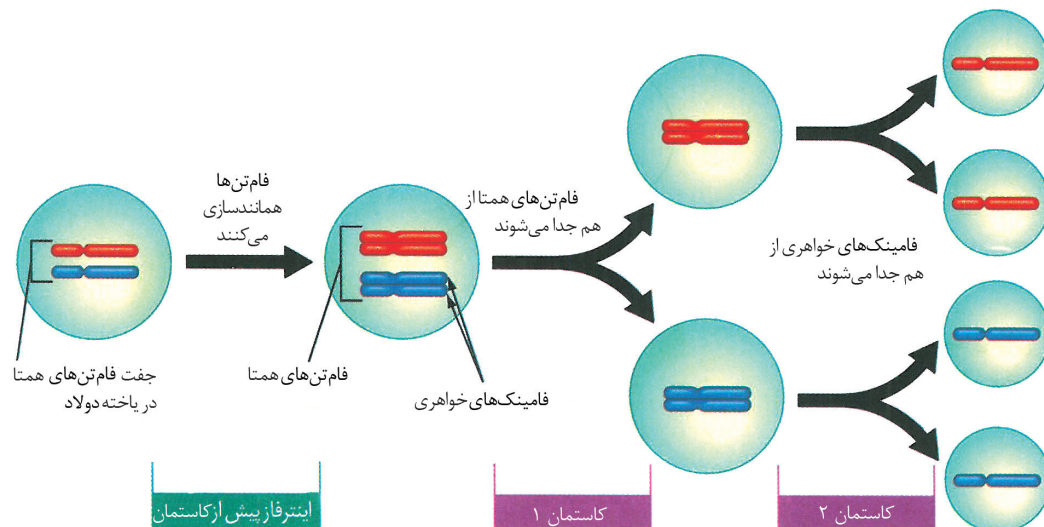
حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده، مانند آنچه در آفتاب سوختگی اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعه فرابنفش اند آفتاب سوختگی می‌تواند سبب آسیب به «دنا» یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب دیده، آنها را حذف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



### گفتار ۲ کاستمان (میوز) و تولید مثل جنسی

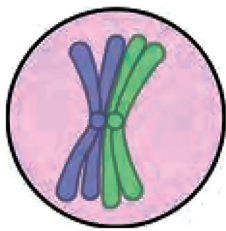
### کاستمان، کاهش تعداد فام‌تن‌ها

در تولید مثل 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 کاستمان ایجاد می‌شوند. 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



شکل ۱۵ - طرح ساده‌ای از یک چهارتایه

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).

**پروفاز ۱:** فام‌تن‌های هم‌تا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. به این ساختار چهار فامینکی، چهارتایه (تتراد) گفته می‌شود. **۲** سانتیرویل‌ها به طرفین یاخته حرکت می‌کنند و بین‌شان دوک تقسیم تشکیل می‌شود **۳** پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می‌شود **۴** تترادها از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

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

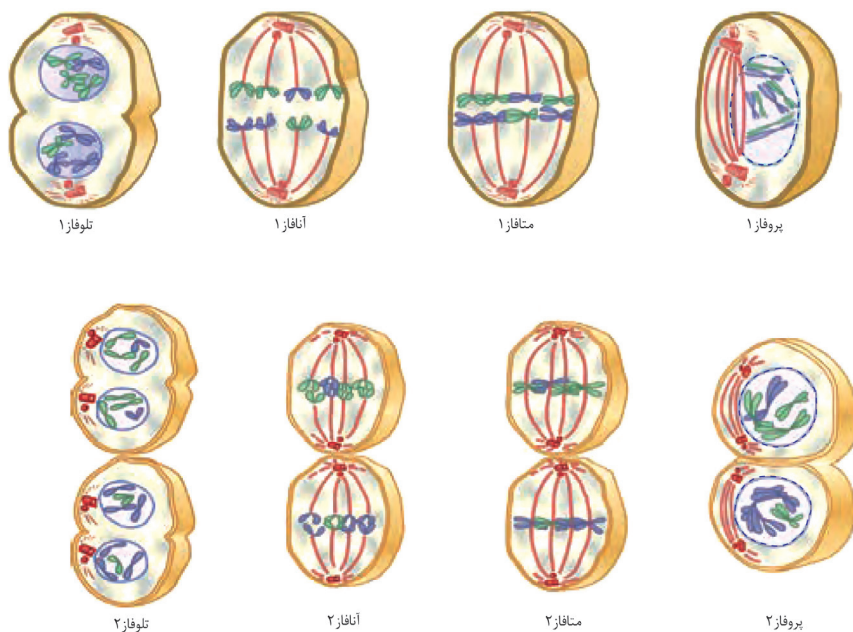
**آنافاز ۱:** فام‌تن‌های هم‌تا که مضاعف شده‌اند، از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند. نحوه کوتاه شدن رشته‌های دوک، شبیه فرایند رشتمان است.

**تلوفاز 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).

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

## کاستمان ۲

در این مرحله یاخته‌های حاصل از کاستمان ۱، مراحل پروفاز ۲، متافاز ۲، آنافاز ۲ و تلوفاز 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.



شکل ۱۶ - طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان

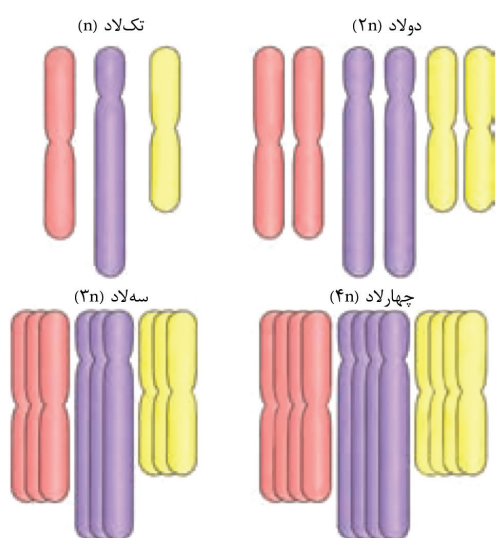
### فعالیت

تقسیم کاستمان از نظر نحوه آرایش فام‌تن‌ها و جدا شدن آنها تفاوت اساسی با تقسیم رشتمان دارد.

## زیست‌شناسی ۲

- \* در مراحل آنافاز میتوز و میوز ۲ تعداد کروموزوم‌ها دو برابر می‌شود.
- \* در مراحل پروفاز و متافاز و آنافاز ۱ میوز، هر سلول‌نمر از یک سو به رشته دوک متصل است.
- \* در مراحل پرومتافاز و متافاز میتوز و متافاز میوز ۲، هر سلول‌نمر از دو سو به رشته دوک متصل است.
- \* کراسینگ اور مربوط به مرحله پروفاز ۱ میوز می‌باشد.
- \* تعیین وضعیت قرارگیری کروموزوم‌ها در گامت‌ها، مرتبط با مرحله متافاز ۱ میوز می‌باشد.
- \* تفکیک ژن‌های آلل در آنافاز ۱ میوز رخ می‌دهد.

### تغییر در تعداد فام‌تن‌ها



شکل ۱۷ - طرح ساده‌ای از تعداد فام‌تن‌ها

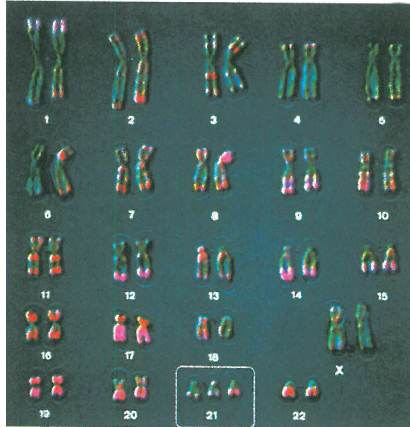
گرچه تقسیم یاخته‌ای با دقت زیاد انجام می‌شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد. چندلادی (پل یپلوئیدی) شدن و با هم ماندن فام‌تن‌ها، نمونه‌هایی از این خطاهای کاستمانی هستند. اشتباه در تقسیم می‌تواند، هم در تقسیم رشتمان و هم در تقسیم کاستمان رخ دهد، ولی چون یاخته‌های حاصل از کاستمان در 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. در آزمایشگاه می‌توان با تخریب رشته‌های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد (شکل ۱۷).

به یاخته یا جاندار که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فام‌تن داشته باشد، چندلاد گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی  $6n$  و موز  $3n$  است (شکل ۱۷).

**با هم ماندن فام‌تن‌ها:** در این حالت، یک یا چند فام‌تن در مرحله آنافاز (رشتمان و کاستمان) از هم جدا نمی‌شوند. بنابراین، در یاخته‌های حاصل، کاهش یا افزایش یک یا چند فام‌تن مشاهده می‌شود (شکل ۱۸). نمونه این حالت، نشانگان داون است. به آمیزه‌های از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت نشانگان می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود  $47$  فام‌تن دارند (شکل ۱۸). فام‌تن اضافی مربوط به شماره ۲۱ است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد ۳ فام‌تن شماره ۲۱ دارند. علت بروز این حالت آن است که 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 کاستمانی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود. علت این موضوع را در فصل‌های آینده خواهید آموخت. عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم کاستمان شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدا شدن فام‌تن‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.



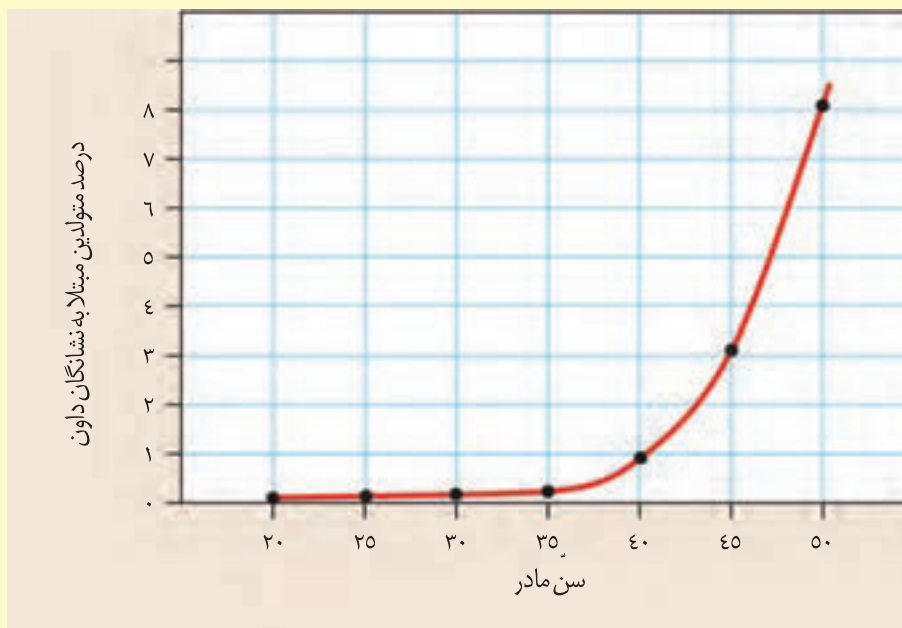
## زیست‌شناسی ۲



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

### فعالیت

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



با توجه به این منحنی می‌توان گفت زاده‌های مادران زیر ۳۵ سال کمتر از ۱ درصد، مادران ۴۰ سال، بیشتر از ۱ درصد، مادران ۴۵ ساله بیش از ۳ درصد و مادران ۵۰ ساله بیش از ۸ درصد، احتمال ابتلا به سندروم داون دارند.



- ۱ کروموزوم از ..... و ..... تشکیل شده است زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی کروموزوم‌های هسته، ..... و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، ..... می‌گویند. هر رشته کروماتین از واحدهای تکراری به نام ..... تشکیل می‌شود که در آن، مولکول دنا حدود ..... دور در اطراف ..... مولکول پروتئینی به نام ..... پیچیده است. ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز ..... به صورت ..... است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی ..... می‌شوند و در حین تقسیم یاخته ..... می‌شوند.
- ۲ کروموزوم دو کروماتیدی از دو بخش همانند به نام ..... تشکیل شده است. به این کروموزوم‌ها، کروموزوم‌های ..... می‌گویند که کروماتیدهای آنها از نظر نوع ژن‌ها ..... و به آنها کروماتیدهای ..... گفته می‌شود که در محلی به نام ..... به هم متصل‌اند.
- ۳ یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های ..... جاندارند. ممکن است تعداد کروموزوم یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشند؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و ..... ۴۶ کروموزوم وجود دارد.
- ۴ برای تعیین تعداد کروموزوم‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های کروموزومی ..... تهیه می‌شود. که تصویری از کروموزوم‌ها با ..... است که بر اساس .....، ..... و ..... مرتبط و شماره‌گذاری شده‌اند.
- ۵ هر کروموزوم دارای یک کروموزوم شبیه خود است که به این کروموزوم‌ها، ..... گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آنها از هر کروموزوم ۲ نسخه داشته باشند، ..... می‌گویند در این یاخته‌ها، دو ..... کروموزوم وجود دارد که دو به دو به یکدیگر شبیه‌اند.
- ۶ در یک مجموعه کروموزومی، هیچ کروموزومی با کروموزوم دیگر ..... نیست.
- ۷ ..... یا ..... مرحله رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، مثل ..... به مرحله‌ای به نام ..... وارد می‌شوند.
- ۸ مرحله ..... یا ..... نسبت به بقیه مراحل اینترفاز، کوتاه‌تر است.
- ۹ دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ..... پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و ..... کروموزوم به آن متصل می‌شود.
- ۱۰ در یاخته‌های جانوری، ..... ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند که یک جفت استوانه عمود برهم‌اند که هر کدام ..... بوده و از ..... تشکیل شده‌اند.
- ۱۱ در مرحله پروفاز، رشته‌های کروماتین ..... و ..... می‌شوند و با میکروسکوپ ..... می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشردن کروموزوم، ..... به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها ..... تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته ..... می‌کند.
- ۱۲ در مرحله پرومتافاز ..... و ..... تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به ..... برسند. در همین حال ..... به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

## زیست‌شناسی ۲

- ۱۳ در مرحلهٔ متافاز کروموزوم‌ها که ..... را پیدا کرده‌اند، در ..... یاخته ردیف می‌شوند.
- ۱۴ در مرحلهٔ آنافاز با تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه .....، از هم جدا می‌شوند و تعداد کروموزوم‌ها ..... برابر می‌شود. فاصله گرفتن کروماتیدها با کوتاه شدن رشته‌های دوک ..... انجام می‌شود.
- ۱۵ در مرحلهٔ تلوفاژ رشته‌های دوک ..... و کروموزوم‌ها ..... می‌کنند تا به صورت ..... درآیند. پوشش هسته نیز ..... می‌شود.
- ۱۶ در یاخته‌های جانوری تقسیم سیتوپلاسم با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس ..... و ..... است که مانند کمربندی در ..... قرار می‌گیرد و به غشاء متصل است.
- ۱۷ صفحه یاخته‌ای با تجمع ریزکیسه‌های ..... و به هم پیوستن آنها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای ..... و دیوارهٔ یاخته‌اند.
- ۱۸ بعضی از یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های ..... و یاخته‌های ..... گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند برعکس، نوروئ‌های دستگاه عصبی ..... تقسیم می‌شوند.
- ۱۹ نقطه واریسی ..... یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند اگر دنا آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.
- ۲۰ نقطه واریسی ..... برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.
- ۲۱ اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای میتوز فراهم نباشد، نقطه واریسی ..... اجازهٔ عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.
- ۲۲ تومور خوش‌خیم مثل ..... رشدی ..... دارد و یاخته‌های آن در ..... و ..... نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً ..... که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند.
- ۲۳ تومور بدخیم یا سرطان مثل ..... به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی ..... دارد یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان .....، یا به ویژه ..... به نواحی دیگر بدن بروند، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند. علت اصلی سرطان، ..... یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود.
- ۲۴ در مرحله ..... سرطان، یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.
- ۲۵ در مرحله ..... سرطان، یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به ..... راه پیدا نکرده‌اند.
- ۲۶ در مرحله ..... سرطان، یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.
- ۲۷ در مرحله ..... سرطان، یاخته‌های سرطانی از راه ..... به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.
- ۲۸ روش‌های رایج درمان سرطان شامل .....، ..... و ..... است.
- ۲۹ ..... با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های .....، ..... و ..... نیز آسیب برسانند. مرگ این یاخته‌ها از عوارض جانبی

## زیست‌شناسی ۲

شیمی‌درمانی است که باعث ..... و ..... می‌شود.

۳۰ ..... و عوامل محیطی در بروز سرطان موثرند. پرتوهای .....، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار دنا آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی .....، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های .....، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

۳۱ حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده، مانند آنچه در ..... اتفاق می‌افتد، مثالی از ..... یاخته‌ای است؛ چون اشعه فرابنفش با آفتاب سوختگی می‌تواند سبب آسیب به دنا یاخته‌ها و بروز ..... شود.

۳۲ حذف پرده‌های میانی انگشتان در ..... برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه‌ریزی شده رخ می‌دهد.

۳۳ در ..... تترادها تشکیل شده و از ناحیه ..... به دوک وصل می‌شود، هر تتراد دارای ..... مولکول دنا و ..... کروموزوم مضاعف است. در ..... تترادها در استوای یاخته روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند و در ..... کروموزوم‌های ..... جدا می‌شوند و در ..... پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.

۳۴ به یاخته یا جانداري که یاخته‌های آن بیش از دو دست کروموزوم داشته باشد ..... گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی ..... و موز ..... کروموزوم‌اند.

۳۵ به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت ..... می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ..... کروموزوم دارند. کروموزوم اضافی مربوط به شماره ..... است.

۳۶ بالا بودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز ..... است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای ..... در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود.





۱ کروموزوم از **دنا** و **پروتئین** تشکیل شده است زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی کروموزوم‌های هسته، **کمتر** و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، **کروماتین** می‌گویند. هر رشته کروماتین از واحدهای تکراری به نام **نوکلئوزوم** تشکیل می‌شود که در آن، 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 **کروماتین** است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی **دو برابر** می‌شوند و در حین تقسیم یاخته **فشرده** می‌شوند.

۲ کروموزوم دو کروماتیدی از دو بخش همانند به نام **کروماتید** تشکیل شده است. به این کروموزوم‌ها، کروموزوم‌های **مضاعف شده** می‌گویند که کروماتیدهای آنها از نظر نوع ژن‌ها **یکسان‌اند** و به آنها کروماتیدهای **خواهری** گفته می‌شود که در محلی به نام **سانترومر** به هم متصل‌اند.

۳ یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های **غیرجنسی** جاندارند. ممکن است تعداد کروموزوم یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشند؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و **درخت زیتون** ۴۶ کروموزوم وجود دارد.

۴ برای تعیین تعداد کروموزوم‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های کروموزومی **کاریوتیپ** تهیه می‌شود. که تصویری از کروموزوم‌ها با **حداکثر فشردگی** است که بر اساس اندازه، شکل، محتوای ژنی و محل قرارگیری **سانترومرها** مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند.

۵ هر کروموزوم دارای یک کروموزوم شبیه خود است که به این کروموزوم‌ها، **همتا** گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آنها از هر کروموزوم ۲ نسخه داشته باشند، **دیلوئید** می‌گویند در این یاخته‌ها، دو **مجموعه** کروموزوم وجود دارد که دو به دو به یکدیگر شبیه‌اند.

۶ در یک مجموعه کروموزومی، هیچ کروموزومی با کروموزوم دیگر **همتا** نیست.

۷ **وقفه اول** یا **G<sub>1</sub>** مرحله رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، مثل **نورون** به مرحله‌ای به نام **G<sub>0</sub>** وارد می‌شوند.

۸ مرحله **وقفه دوم** یا **G<sub>2</sub>** نسبت به بقیه مراحل اینترفاز، کوتاه‌تر است.

۹ دوک تقسیم، مجموعه‌ای از **ریزلوله‌های** پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و **سانترومر** کروموزوم به آن متصل می‌شود.

۱۰ در یاخته‌های جانوری، **سانتریول‌ها** ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند که یک جفت استوانه عمود برهم‌اند که هر کدام **توخالی** بوده و از ۹ **دسته لوله** تشکیل شده‌اند.

۱۱ در مرحله پروفاز، رشته‌های کروماتین **فشرده**، **ضخیم** و **کوتاه‌تر** می‌شوند و با میکروسکوپ **نوری** می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشردن کروموزوم، **سانتریول‌ها** به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها **دوک میتوزی** تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته **شروع به تخریب** می‌کند.

۱۲ در مرحله پرومتافاز **پوشش هسته** و **شبکه آندوپلاسمی** تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به **کروموزوم‌ها** برسند. در همین حال **سانترومر** کروموزوم‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

## زیست‌شناسی ۲

- ۱۳) در مرحله متافاز کروموزوم‌ها که بیشترین فشردگی را پیدا کرده‌اند، در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند.
- ۱۴) در مرحله آنافاز با تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه سانترومر، کروماتیدها از هم جدا می‌شوند و تعداد کروموزوم‌ها ۲ برابر می‌شود. فاصله گرفتن کروماتیدها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به کروموزوم انجام می‌شود.
- ۱۵) در مرحله تلوفاژ رشته‌های دوک تخریب شده و کروموزوم‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت کروماتین درآیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود.
- ۱۶) 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 غشاء متصل است.
- ۱۷) صفحه یاخته‌ای با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به هم پیوستن آنها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته‌اند.
- ۱۸) بعضی از یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های سرلادی گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند برعکس، نورون‌های دستگاه عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند.
- ۱۹) نقطه واریسی  $G_1$  یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند اگر دنا آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.
- ۲۰) نقطه واریسی متافازی برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.
- ۲۱) اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای میتوز فراهم نباشد، نقطه واریسی  $G_2$  اجازه عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.
- ۲۲) تومور خوش‌خیم مثل لیپوما رشدی کم دارد و یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شود که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند.
- ۲۳) تومور بدخیم یا سرطان مثل ملانوما به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی 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. علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود.
- ۲۴) در مرحله اول سرطان، یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.
- ۲۵) در مرحله دوم سرطان، یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.
- ۲۶) در مرحله سوم سرطان، یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.
- ۲۷) در مرحله چهارم سرطان، یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.
- ۲۸) روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتو درمانی است.
- ۲۹) 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

## زیست‌شناسی ۲

است که باعث ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود.

۳۵ زن‌ها و عوامل محیطی در بروز سرطان موثرند. پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار دنا آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضد بارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

۳۱ حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده، مانند آنچه در آفتاب سوختگی اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای است؛ چون اشعه فرابنفش با آفتاب سوختگی می‌تواند سبب آسیب به دنا یاخته‌ها و بروز سرطان شود.

۳۲ حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه‌ریزی شده رخ می‌دهد.

۳۳ در پروفاز ۱ تترادها تشکیل شده و از ناحیه سانترومر به دوک وصل می‌شود، هر تتراد دارای ۴ مولکول دنا و ۲ کروموزوم مضاعف است. در متافاز ۱ تترادها در استوای یاخته روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند و در آنافاز ۱ کروموزوم‌های هم‌تا جدا می‌شوند و در تلوفاز ۱ پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.

۳۴ به یاخته یا جاننداری که یاخته‌های آن بیش از دو دست کروموزوم داشته باشد پلی‌پلوئید گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی ۶n و موز ۳n کروموزوم‌اند.

۳۵ به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت نشانگان می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ کروموزوم دارند. کروموزوم اضافی مربوط به شماره ۲۱ است.

۳۶ بالا بودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز نشانگان داون است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای میوزی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود.

#### ۱) درستی یا نادرستی جملات زیر را بدون ذکر دلیل مشخص کنید.

- (الف) در یاخته‌های جانوری، میانک‌ها (سانتریول‌ها)، ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند.
- (ب) تنها بخشی از چرخه یاخته‌ای که یاخته‌ها می‌توانند در آن به طور موقت متوقف شوند، مرحله G<sub>0</sub> است.
- (ج) نشانگان داوون به دلیل اختلال در مرحله‌ای از تقسیم کاستمان (میوز) که در آن پوشش هسته تخریب می‌شود، رخ می‌دهد.
- (د) اولین مرحله فشردگی DNA به تشکیل نوکلئوزوم می‌انجامد.
- (ر) بیشترین فشردگی DNA در مرحله متافاز تقسیم سلولی دیده می‌شود.
- (ز) هر نوکلئوزوم شامل دستجات ۸ تایی هیستون‌ها است که DNA حدود ۲ دور در اطراف آن پیچیده است.
- (س) در مراحل مختلف تقسیم میتوز، فقط در یک مرحله، هسته دارای پوشش کامل، قابل مشاهده است.
- (ش) هر کروموزوم در ساختار خود DNA، پروتئین و یک یا دو سانترومر دارد.
- (ص) در همه مراحل تقسیم‌های میتوز و میوز بجز در آنافاز و تلوفاز میتوز و میوز ۲ کروموزوم‌ها به شکل مضاعف دیده می‌شوند.
- (ض) دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌ها در مرحله S از چرخه یاخته‌ای صورت می‌پذیرد.
- (ن) در تقسیم میتوز ناپدید شدن پوشش هسته در پروفاز آغاز شده و در متافاز خاتمه می‌یابد.
- (ی) در تقسیم میتوز تجزیه کامل پوشش هسته همراه با تجزیه شبکه آندوپلاسمی صورت می‌پذیرد.

#### ۲) هر یک از عبارات‌های زیر را با کلمات مناسب کامل کنید.

- (الف) روشی که در آن تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود ..... نام دارد.
- (ب) لیپوما یکی از انواع تومورهای خوش‌خیم است که در افراد ..... متداول است.
- (ج) برای تقسیم یاخته گیاهی، ریزکیسه‌های منشاء گرفته از ..... به هم پیوسته و صفحه یاخته‌ای تشکیل می‌دهند.
- (د) مضاعف شدن سانتریول‌های سلول‌های جانوری در ..... صورت می‌پذیرد.
- (ر) در مرحله ..... از تقسیم میتوز، کروموزوم‌ها برای اولین بار از ناحیه سانترومر به دوک متصل می‌شوند.
- (ز) در مرحله ..... از تقسیم میتوز، کروموزوم‌ها در اتصال با دوک قرار می‌گیرند، ولی در استوای یاخته نیستند.
- (س) در مراحل ..... و ..... از تقسیم میتوز به هر کروموزوم ۲ رشته دوک متصل است.
- (ش) در مرحله ..... از تقسیم میتوز به هر کروموزوم تنها یک رشته دوک متصل است.
- (ص) در مرحله ..... از تقسیم میتوز تعداد کروموزوم‌ها ۲ برابر می‌شود.
- (ض) تجزیه پروتئین اتصالی در ناحیه سانترومر در مرحله ..... از تقسیم میتوز صورت می‌پذیرد.
- (ن) اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای تقسیم میتوز فراهم نباشد، نقطه واری ..... اجازه عبور یاخته‌ها از این مرحله را نمی‌دهد.

#### ۳) برای کامل کردن هر یک از عبارات‌های زیر، از بین کلمات داخل پرانتز، کلمه مناسب را انتخاب کنید.

- (الف) در پایان میوز ۱ طبیعی، دو یاخته به وجود می‌آیند که تعداد کروموزوم‌های هر کدام (نصف - برابر) یاخته اولیه است.
- (ب) سکنه قلبی همان مرگ یاخته‌های ماهیچه قلبی در اثر نرسیدن اکسیژن و ایجاد (بافت مردگی - مرگ برنامه‌ریزی شده) است.
- (ج) نقطه واری در (بلندترین - کوتاه‌ترین) مرحله اینترفاز، یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند.
- (د) نقطه واری (اینترفازی-متافازی) برای اطمینان از این موضوع است که فام‌تن‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل‌اند و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.
- (ر) مضاعف شدن کروموزوم‌ها در (اینترفاز-آنافاز) و دو برابر کروموزوم‌ها در (آنافاز-اینترفاز) رخ می‌دهد.



ز) در پروفاز میتوز کروموزوم‌ها در اتصال دوک (هستند-نیستند).  
 س) در زمان آنافاز تقسیم میتوز (همه-برخی) از رشته‌های دوک کوتاه می‌شوند.  
 ش) رشته‌های دوک با توجه به جهت‌گیری و اتصال یا عدم اتصال به کروموزوم‌ها (دو-سه) دسته‌اند.  
 ص) برای تقسیم سلول‌های گیاهی برای اولین بار در مرحله (آنافاز-تلوفاز) ریزکیسه‌هایی از دستگاه گلژی از قطبین سلول به سمت استوای آن گسیل می‌شوند.  
 ض) در زمان تقسیم سلول‌های گیاهی، ریزکیسه‌هایی که به سمت استوای سلول گسیل می‌شوند، حاوی (پکتین-سلولز) اند.  
 ن) در زمان تقسیم سلول‌های گیاهی، زمانی که از اجتماع ریزکیسه‌ها، در مرکز سلول، یک ریزکیسه بزرگ صفحه‌ای شکل می‌آید، بقایای دوک تقسیم قابل مشاهده (هستند-نیستند).  
 ی) از آنتی‌اکسیدان‌ها برای (پیشگیری از-درمان) سرطان استفاده می‌شود.

### ۴) به سؤالات زیر پاسخ کوتاه بدهید.

- الف) در کدام مرحله از تقسیم میوز، چهار تاییه‌ها (تترادها) در استوای یاخته، روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند؟  
 ب) کدام ساختارها در هنگام تشکیل دیواره جدید در یاخته‌های گیاهی ایجاد می‌شود؟  
 ج) نوعی تومور خوش‌خیم را نام ببرید که در بالغین متداول است؟  
 د) چرا در آفتاب‌سوختگی، مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای اتفاق می‌افتد؟  
 ر) چه یاخته‌هایی وارد مرحله G<sub>0</sub> می‌شوند؟  
 ز) ۴ مورد که برای درمان سرطان و تسکین درد ناشی از آن استفاده می‌شود را نام ببرید؟  
 س) در کدام مرحله از تقسیم میوز برای اولین بار رشته‌های دوک در اتصال با کروموزوم‌ها قرار می‌گیرند؟  
 ش) در مرحله پروفاز ۱ تقسیم میوز یک سلول دیپلوئید ۸ کروموزومی، چند تتراد تشکیل می‌شود؟  
 ص) در مراحل مختلف تقسیم‌های میتوز و میوز در کدام مراحل، تعداد کروموزوم‌ها دو برابر می‌شود؟  
 ض) وضعیت کروموزومی سلول حاصل از میوز یک سلولی دیپلوئید چگونه است؟

### ۵) در ستون «آ» جدول زیر، توضیحات مربوط به مراحل از تقسیم میتوز در جانداران بیان شده است. هر یک از موارد ستون «آ» با یکی از موارد ستون «ب» ارتباط منطقی دارد. آن‌ها را پیدا کنید. (در ستون «ب» یک مورد اضافه است)

ستون «الف»	ستون «ب»
A: در این مرحله تعداد کروموزوم‌های یاخته برخلاف تعداد کروماتیدهای آن دو برابر می‌شود.	متافاز
B: در انتهای این مرحله، کروموزوم‌ها در کوتاه‌ترین و قطورترین حالت ممکن قابل رؤیت هستند.	پروفاز
	آنافاز

### ۶) به موارد زیر در ارتباط با تقسیم سلولی پاسخ دهید.

- الف) در چه مرحله‌ای از تقسیم میوز، هر کروموزوم تنها از یک سمت به دوک متصل است؟  
 ب) در چه مرحله یا مرحله‌ای از تقسیم میوز، هر کروموزوم از دو سمت به دوک اتصال دارد؟  
 ج) عواملی که در پوست انسان تولید شده و با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سبب سرعت بخشیدن به روند بهبودی زخم می‌شوند در کدام بخش بدن تولید می‌شوند؟  
 د) نوعی پروتئین نام ببرید که با فرآیندهایی منجر به افزایش تقسیم یاخته‌ای در بدن می‌شود.  
 ر) تعریف تومور را بنویسید.  
 ز) سه ویژگی از تومورهای خوش‌خیم را نام ببرید.

## زیست‌شناسی ۲

س) برای تومورهای خوش‌خیم و بدخیم به ترتیب یک مثال بزنید.

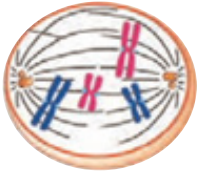
ش) علت اصلی سرطان را نام ببرید.

ص) سه مورد از عوارض جانبی شیمی‌درمانی را نام ببرید.

ض) مرگ یاخته‌ها در اثر بریدگی چه نامیده می‌شود؟

ن) دو مثال برای مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته‌ای نام ببرید.

ی) فرد مبتلا به سندرم داون چند کروموزوم غیرجنسی و چند کروموزوم جنسی دارد؟



۷) در رابطه با تقسیم یاخته به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) تصویر روبه‌رو چه مرحله‌ای از تقسیم رشتمان (میتوز) را نشان می‌دهد؟

ب) برای تهیه کاریوتیپ از کدام مرحله از تقسیم یاخته استفاده می‌شود؟

ج) تقسیمات تنظیم نشده یاخته‌های رنگدانه‌دار در پوست، منجر به ایجاد چه نوع سرطانی می‌شود؟

د) در کاریوتیپ فرد مبتلا به سندرم داون چند کروموزوم اضافی دیده می‌شود و آن کروموزوم(ها) کدام است؟

۸) به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) چگونه می‌توان در آزمایشگاه چندلادی شدن (پلی‌پلوئیدی) را ایجاد نمود؟

ب) یکی از روش‌هایی که منجر به ایجاد یاخته‌های چندهسته‌ای در جانداران می‌شود را بنویسید.

۹) در هر یک از موارد زیر با توجه به شکل‌های زیر نوع تقسیم و عدد کروموزومی را مشخص کنید.



ج)



ب)



الف)



ز)



ر)



د)

۱) الف) درست / ب) نادرست / ج) نادرست / د) درست / ر) درست / ز) درست / س) درست / ش) نادرست / ص) درست / ض) نادرست / ن) نادرست / ی) درست

۲) الف) بافت‌برداری / ب) بالغ / ج) دستگاه گل‌زی / د) اینترفاز / ر) پرومتافاز / ز) پرومتافاز / س) پرومتافاز-متافاز / ش) متافاز / ص) آنافاز / ض) آنافاز / ن)  $G_2$

۳) الف) نصف / ب) بافت‌مردگی / ج) بلندترین / د) متافازی / ر) اینترفاز-آنافاز / ز) نیستند / س) برخی / ش) سه / ص) آنافاز / ض) پکتین / ن) هستند / ی) پیشگیری از

۴) الف) متافاز ۱ / ب) لان و پلاسمودسم / ج) لیپوما / د) چون اشعه فرابنفش با آسیب به دنا می‌تواند سبب سرطانی شدن آن شود و مرگ برنامه‌ریزی شده مانع این امر می‌شود. / ر) یاخته‌هایی که موقت یا دائم تقسیم نمی‌شوند. / ز) ۱- شیمی درمانی ۲- پرتودرمانی ۳- جراحی ۴- مشتقات آلوئوئیدها / س) پروفاز ۱ / ش) ۴ تتراد / ص) آنافاز میتوز و آنافاز ۲ میوز / ض) هاپلوئید مضاعف‌اند.

۵) A: آنافاز / B: متافاز

۶) الف) پروفاز ۱، متافاز ۱، آنافاز ۱ و آنافاز ۲ / ب) متافاز میوز ۲ / ج) زیر محل زخم / د) اریتروپویتین / ر) توده‌ای که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می‌شود. / ز) ۱- رشد کمی دارند ۲- یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. ۳- معمولاً آنقدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند. / س) لیپوما و ملانوما / ش) بروز بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته که باعث می‌شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود. / ص) ۱- ریزش مو ۲- تهوع ۳- خستگی / ض) بافت‌مردگی / ن) ۱- حذف یاخته‌های آسیب دیده بر اثر آفتاب سوختگی ۲- از بین رفتن یاخته‌های پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان / ی) ۴۵ کروموزوم غیر جنسی و دو کروموزوم جنسی

۷) الف) پرومتافاز / ب) متافاز / ج) ملانوما / د) یک کروموزوم - شماره ۲۱

۸) الف) با تخریب رشته‌های دوک / ب) به هم پیوستن چند یاخته و (چنانچه بنویسند: تقسیم متوالی هسته بدون تقسیم سیتوپلاسم، نیز نمره تعلق می‌گیرد).

۹)

الف) پروفاز میتوز $2n=4$ یا پروفاز میوز $4n=8$	ب) تلوفاز میوز $2n=8$ ، ۱
ج) آنافاز میتوز $2n=4$ یا آنافاز میوز $4n=8$ ، ۲	د) تلوفاز میتوز $2n=4$ یا تلوفاز میوز $4n=8$ ، ۲
ر) تلوفاز میتوز $n=4$ یا تلوفاز میوز $2n=8$ ، ۲	ز) متافاز میتوز $2n=4$ یا متافاز میوز $4n=8$ ، ۲