

فصل ششم

تقسیم یاخته

درستادمه

همان طور که در علوم سال هشتم آموختید در بدن انسان میلیاردها یاخته وجود دارد. در صورتی که زندگی جدید در انسان با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم (بی‌فوت) آغاز می‌شود و پس از چند ماه از جنین یک نوزاد با چند میلیارد یاخته ایجاد می‌شود و سپس در یک فرد بالغ صدها میلیارد یاخته دیده می‌شود.



از علوم هشتم به یاد دارید که:

۱) ژن‌ها از طریق تولید پروتئین‌ها سبب ایجاد صفات مختلف در افراد مختلف می‌شوند.

۲) DNA درون هسته یوکاریوت‌ها و سیتوپلاسم باکتری‌ها، دارای اطلاعات و راثتی در بخش‌هایی به نام ژن می‌باشند که از یاخته به یاخته دیگر با تقسیم میتوز و از نسل به نسل دیگر با تولید مثل منتقل می‌شوند.

۳) بیشتر صفات ارثی، مانند رنگ چشم به صورتی فعال می‌شوند که یک صفت تحت کنترل چند ژن می‌باشد که با هم کار می‌کنند.

۴) DNA درون یاخته، رشتۀ‌هایی به نام کروموزوم می‌سازد که در هر جاندار تعداد مشخصی وجود دارد.

۵) کروموزوم‌ها در یاخته‌های در حال تقسیم و با استفاده از میکروسکوپ دیده می‌شوند.

۶) تفاوت بین افراد یک گونه علاوه بر عوامل ژنتیکی به عوامل محیطی نیز بستگی دارد مثلاً رنگ گل‌های ادریسی در خاک اسیدی به صورت آبی و در خاک خنثی به صورت صورتی می‌باشد.

۷) در بسیاری از صفات، ژن‌ها به کمک عوامل محیطی در جاندار بروز می‌کنند.

۸) می‌توان با استفاده از ژن انسانی در یک جاندار ساده مثل باکتری، محصول انسانی مثل هورمون انسولین ایجاد کرد.

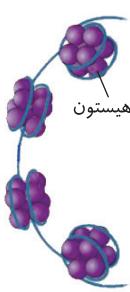
۹) در تقسیم میتوز از یک یاخته، در نهایت دو یاخته مشابه ایجاد می‌شود ولی در تقسیم میوز تعداد کروموزوم یاخته‌های حاصل نصف تعداد کروموزوم یاخته اولیه است.

بررسی کروموزوم (فام تن)

۱

کروموزوم، ماده و راثتی بدن جانداران می‌باشد که از DNA (رن) و پروتئین به وجود آمده است. از نظر جنس، کروموزوم‌ها همانند ویروس‌ها و ریبوzوم، از اسیدهای نوکلئیک و پروتئین تشکیل شده‌اند و عامل انتقال صفات یعنی ژن‌ها در کروموزوم قرار گرفته‌اند.

نکته در سال بعد به طور کامل می‌خوانید که ژن‌ها دستورالعمل فعالیت خود را ابتدا با ساخت مولکولی به نام RNA انجام می‌دهند. درون یاخته سه نوع RNA اصلی به نام mRNA، tRNA و rRNA وجود دارد که mRNA دستورالعمل ساخت پروتئین‌ها و صفات مختلف را به محل ساخت پروتئین منتقل می‌کند.



در هر کروموزوم یوکاریوتي، در اغلب مناطق آن مولکول DNA حدود دو دور در اطراف ۸ مولکول پروتئينی به نام هیستون پیچیده قرار گرفته است و واحدهای تکرار شونده به نام نوکلئوزوم (هستئن) را ایجاد کرده است. نوکلئوزوم‌ها سبب استحکام کروموزوم می‌شوند. در نوکلئوزوم DNA و پروتئین وجود دارد ولی بین دو نوکلئوزوم فقط رشته DNA وجود دارد.

«پیچیدن دنا به دور هیستون‌ها»

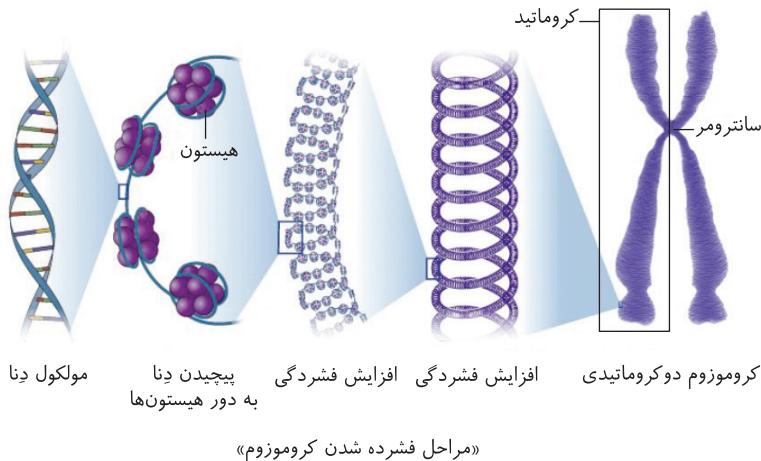
نکته در یاخته‌های یوکاریوتي، کروموزوم‌های هسته به صورت خطی وجود دارند ولی مقدار کمی DNA به صورت حلقوی نیز درون میتوکندری و کلروپلاست وجود دارد ولی واژه نوکلئوزوم و هیستون فقط مخصوص واحدهای تکرار شونده در کروموزوم خطی هسته می‌باشد و پروکاریوت‌ها قادر هسته، هیستون و کروموزوم خطی می‌باشند.

زندگی یاخته یوکاریوتی

یک یاخته زنده یا در مرحله استراحت و یا در مرحله تقسیم می‌باشد (برخی یاخته‌ها بعد از تولد تقسیم نمی‌شوند و حمواره در مرحله استراحت به صورت مانند مثلث یاخته‌ها عصبی که هسته دارند و یا گوچه‌های همراه باخ که هسته ندارند).

فصل ششم

وضعیت کروموزوم‌ها در مراحل مختلف زندگی یاخته



در ابتدا دقت کنید که یاخته در طی زندگی خود دو مرحله استراحت (ایترفرز) و تقسیم دارد که جلوتر به طور کامل در مورد آن مطلب می‌آموزید.

هنگامی که یاخته در حال استراحت می‌باشد و تقسیم را شروع نکرده است کروموزوم‌های آن به صورت رشته‌های نوکلئوپوتینی همراه با هیستون و لی بافسنگی بسیار کم می‌باشند. این رشته‌ها به صورت توده‌ای دراز و نازک و دهم، فته قرار دارند که به آنها کروماتین (نمین) می‌گویند که از هم‌دیگر قابل رویت و تفکیک از هم نیستند. قبل از اینکه یاخته وارد مرحله تقسیم شود، به تدریج مولکول DNA و تعداد رشته‌های کروماتینی آن، ابتدا دو برابر و سپس با شروع تقسیم به هم فشرده‌تر، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند.

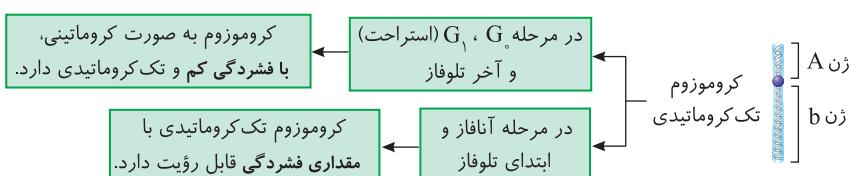
نکته

خود مولکول DNA فشرده‌گی آنچنانی ندارد بلکه دو رشته مارپیچی خالص از نوکلئوتیدها می‌باشد. در حقیقت فشرده‌گی DNA در اثر ورود پروتئین‌ها و ایجاد نوکلئوزوم‌ها صورت می‌گیرد.

اجزای هر کروموزوم

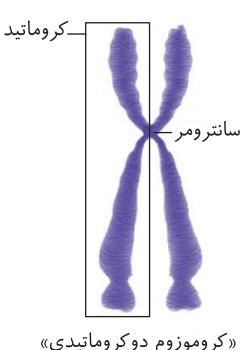
● ۱) کروموزوم تک کروماتیدی

هر کروموزوم، هم در بخش‌هایی از زمان استراحت (ایترفرز) و هم در مراحل انتهای تقسیم یاخته می‌تواند حاوی یک مولکول DNA یا یک بخش باشد که به آنها کروموزوم تک کروماتیدی گفته می‌شود (در ادامه من خوانیم که یاخته در مراحل G₁ و G₂ استراحت (ایترفرز)، مراحل آن‌پس، تلوغز تقسیم و مرحله تقسیم سیتوپلاسم، حاوی کروموزوم‌ها که تک کروماتیدی است).



● ۲) کروموزوم مضاعف (دو کروماتیدی)

پیش از شروع تقسیم یاخته، یعنی از اواسط مرحله استراحت (مرحله S ایترفرز) رشته‌های کروماتینی تک کروماتیدی شروع به همانندسازی و دو برابر شدن مولکول DNA و اجزای آن می‌کنند به طوری که در آخر مرحله S ایترفرز، هر کروماتین از دو بخش شبیه به هم به نام کروماتید (نمین)‌های خواهri تشکیل شده است. در حالت عادی کروماتیدهای خواهri یک کروموزوم از نظر محتوای ۷۵٪ و دستورالعمل کاملاً یکسان می‌باشند و توسط پروتئین‌هایی در محلی به نام سانترومر به هم متصلند. به دو کروماتید یک کروموزوم (کروماتید) که در محل سانترومر به هم متصلند، کروماتیدهای خواهri می‌گویند. هر کروماتید خواهri یک مولکول DNA و دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی دارد که دستورالعمل ژن‌های دو کروماتید خواهri کاملاً مشابه و یکسان می‌باشد. مثلاً اگر یک کروماتید دستورالعمل A از یک ژن دارد، کروماتید خواهri متصل به آن نیز در همان ژن باید دستورالعمل A داشته باشد.



چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ هر *DNA* و *RNA* از واحدهای تکرار شونده‌ای به نام نوکلئوتید تشکیل شده‌اند که حاوی یک رشته نوکلئوتیددار با تعداد زیادی نوکلئوتید متصل به هم می‌باشد.

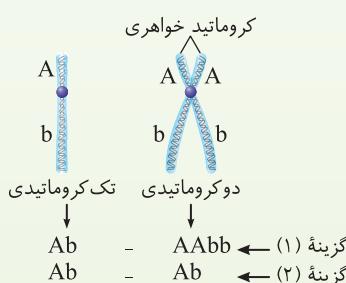
- ۲ کروماتین‌ها، قبل از شروع تقسیم یاخته یعنی در مرحله استراحت، **مضاعف دوگرماتیدی** می‌شوند ولی شروع فشرده شدن زیاد و قابل رویت شدن آن‌ها با میکروسکوپ در هنگام شروع تقسیم یاخته در مرحله پروفاز می‌باشد.

- ۳ کروموزوم تک کروماتیدی در هسته به عنوان یک کروموزوم (کروماتید) بوده و یک سانترومر، یک مولکول *DNA* و دو رشته نوکلئوتیددار دارد ولی کروموزوم دوگرماتیدی یک کروموزوم بوده که حاوی یک سانترومر، دو کروماتید، دو مولکول *DNA* و چهار رشته نوکلئوتیددار می‌باشد. (حالت کنید که براک ایتر خواهش کرومایین صحیح است ولی به اصطلاح به آن **کروموزوم تک کروماتیدی** یا **مضاعف نیز می‌گویند**).

- ۴ تعداد کروموزوم = تعداد سانترومر
تعداد کروماتید = تعداد مولکول *DNA*
تعداد رشته نوکلئوتیدار = $2 \times DNA$ = مولکول *DNA*

مثال: برای هسته یاخته‌ای با ۴۶ کروموزوم در حالت تک کروماتیدی و دوگرماتیدی جدول زیر را پر کنید.

تعداد	کروموزوم	سانترومر	کروماتید	مولکول <i>DNA</i>	رشته نوکلئوتیدار در کروموزوم
تک کروماتیدی	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۹۲
دوگرماتیدی	۴۶	۴۶	۹۲	۹۲	۱۸۴

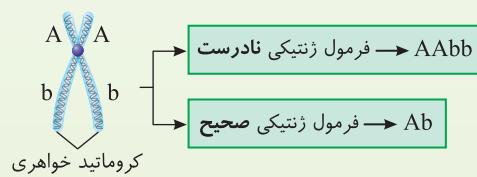


مثال: کروموزومی در حالت تک کروماتیدی و مضاعف ژن‌های مقابله را دارا می‌باشد، کدام گزینه فرمول ژنتیکی (ژنوتیپ) فرد دارای این کروموزوم‌ها را به طور صحیح نشان می‌دهد؟

پاسخ: گزینه (۲) صحیح می‌باشد.

- ۵ وقتی کروموزومی تک کروماتیدی است فرمول ژنتیکی آن مشخص و واضح است و همان ژن‌های روی کروموزوم را برای آن می‌نویسیم که به صورت *Ab* می‌باشد و نباید دو دستورالعمل ژنی یکسان آن‌ها را متفاوت بنویسیم (ابن‌این کروموزوم دو ژن *A* و دو ژن *b* دارد ولی فرمول ژنتیکی آن ته‌گامی که کروماتیدها به هم متصلند، یعنی از هر نوع ژن که را دربر می‌گیرد).

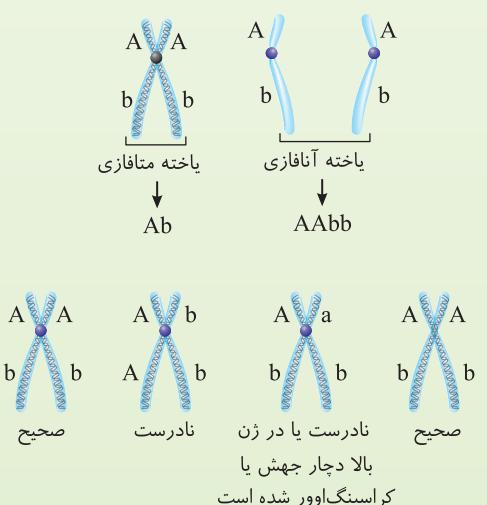
کروموزوم مقابل دارای یک مولکول *DNA* می‌باشد.



- ۶ تا هنگامی که دو کروماتید یک کروموزوم به هم متصل هستند، این دو مولکول *DNA* مشابه را به عنوان یک کروموزوم مضاعف حساب می‌کنیم و فرمول ژنتیکی یا ژنوتیپ آن به صورت *Ab* می‌باشد و نباید دو دستورالعمل ژنی یکسان آن‌ها را متفاوت بنویسیم (ابن‌این کروموزوم دو ژن *A* و دو ژن *b* دارد ولی فرمول ژنتیکی آن ته‌گامی که کروماتیدها به هم متصلند، یعنی از هر نوع ژن که را دربر می‌گیرد).

- ولی وقتی در انتهای تقسیم (مرحله آنفاز) این دو کروماتید خواهی از هم جدا شدند، دیگر هر کدام یک کروموزوم مستقل جداگانه به حساب می‌آیند و یاخته در کل این دو کروموزوم جدا شده حاوی آن‌ها فرمول ژنتیکی *AAbb* دارد ولی هر کروموزوم (چه تک کروماتیدی یا چه دو کروماتیدی) فرمول *Ab* دارند.

- ۷ در حقیقت با جدا شدن دو کروماتید خواهی، تعداد ژن‌های درون یاخته زیاد نمی‌شود ولی تعداد کروموزوم‌ها، سانترومرها و دستورالعمل مستقل ژنی (الر χ)، دو برابر می‌شوند.



- ۸ همواره دو کروماتید خواهی محتوای ژنتیکی یکسانی دارند مگر اینکه جهشی در حین همانندسازی *DNA* رخ داده باشد یا طی میوز یاخته دچار فرایند کراسینگ اور شده باشد که جلوتر می‌خوانیم.

انواع یاخته‌های بدن جاندار

فصل
ششم

اغلب جانداران پریاخته‌ای در بدن خود دو نوع یاخته پیکری (غیرجنسي) و یاخته جنسی دارند. در هر گونه تعداد معینی کروموزوم در هر هسته یاخته‌های پیکری جاندار وجود دارد، این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و بدن پریاخته‌ای جاندار را می‌سازند مثلاً یاخته پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ کروموزوم دارند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ برخی گونه‌های مختلف، می‌توانند **تعداد کروموزوم یکسانی** داشته باشند مثلاً تعداد کروموزوم در هسته یاخته پیکری انسان و درخت زیتون هر دو ۴۶ عدد می‌باشد ولی آنچه که تفاوت دو جاندار را در گونه‌های مختلف یا حتی یک گونه ایجاد می‌کند نوع ژن‌ها و دستورالعمل ژن‌های آن‌هاست.
- ۲ به تعداد **کروموزوم‌های** یک جاندار در هر هسته یاخته‌های پیکری آن‌ها **عدد کروموزومی** می‌گویند. مثلاً عدد کروموزومی انسان و درخت زیتون برابر ۴۶ می‌باشد.
- ۳ افراد دو گونه مختلف، نوع ژن‌ها و نوع دستورالعمل ژن‌ها متفاوتی باهم دارند ولی در بین افراد یک گونه تفاوت در نوع دستورالعمل ژن‌ها می‌باشد. مثلاً سال آینده می‌خواهید همه انسان‌ها در جفت کروموزوم ۲۳ خود ژن تولید پروتئین انعقاد خون (محالکننده پروتومیسٹ) را دارند ولی اگر این ژن دستورالعمل مناسبی داشته باشد، فرد سالم است ولی اگر دستورالعمل نادرستی را منتقل کند، ممکن است فرد به بیماری کشنده هموفیلی مبتلا باشد.
- ۴ روی یک کروموزوم می‌تواند تعداد زیادی ژن و توالی‌های تنظیمی و بین‌ژنی قرار داشته باشد (روازدهم).
- ۵ تعداد کروموزوم‌های جانداران یوکاریوتی (عدد کروموزوم) مختلف از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ تا متغیر می‌باشد ولی باکتری‌ها یک DNA حلقوی اصلی به عنوان ماده ژنتیکی خود دارند.
- ۶ در قسمت‌های جلوتر یک نکته بسیار مهم را یاد می‌گیرید که در زنبورها، جنس نر و ماده نوع ژن و ترتیب یکسانی دارند ولی تعداد کروموزوم در ماده‌ها دو برابر نرها می‌باشد.

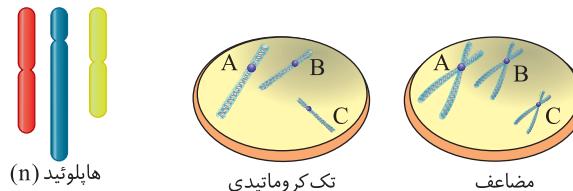
مجموعه‌های کروموزومی یا نمادهای یاخته‌های مختلف

مجموعه کروموزوم‌های یاخته‌های مختلف جانداران را می‌توان با فرمول $Xn=7$ به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد. در این فرمول ۷ تعداد کروموزوم‌های یاخته یا عدد کروموزومی می‌باشد، X تعداد مجموعه کروموزوم‌های هر مجموعه می‌باشد و n بیانگر تعداد کروموزوم‌های اندازه و ساختار متفاوتی دارد. در ادامه به بررسی انواع یاخته‌ها می‌پردازیم.

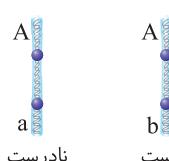
(الف) یاخته‌های هاپلوبیوت (n کروموزومی = تک‌لاد)

این یاخته‌ها در یاخته‌های جنسی جانوران و هر یاخته بخش هاپلوبیوتی گیاهان طبیعی دیده می‌شوند. البته یاخته‌های پیکری برخی جانداران مثل قارچ‌ها و برخی آغازیان نیز هاپلوبیوتند و یک مجموعه کروموزومی دارند.

مثال: در مورد یک یاخته $n=3$ توضیح دهد.



پاسخ: این یاخته دارای ۳ کروموزوم، ۳ سانتروم و تعداد زیادی ژن می‌باشد که بر حسب مرحله چرخه یاخته‌ای می‌تواند تک کروماتیدی یا دوکروماتیدی باشد. این یاخته یک مجموعه کروموزوم دارد که کروموزوم‌های آن مجموعه، طول، شکل و اندازه متفاوتی دارند. در این یاخته هر ژن یک دستورالعمل دارد و چون هم‌بوشانی یا روابط بین دستورالعمل‌های مختلف یک صفت بین آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد، هر دستورالعملی که در هر ژن آن وجود دارد را بروز می‌دهند. مثلاً در این یاخته نباید در مورد ژنی هم دستورالعمل A (بزر) و هم نهفته (a) وجود داشته باشد.



نکته

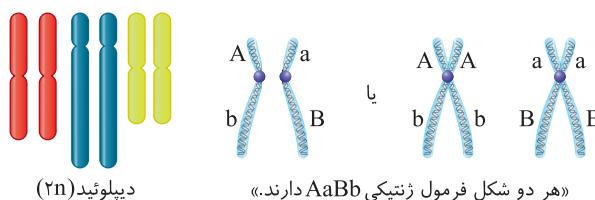
در یاخته هاپلوبیوت، کروموزوم همتا (chromosome) وجود ندارد و هر یاخته حداقل یک کروموزوم جنسی و تعدادی کروموزوم غیرجنسی دارد.

نکته

در گونه‌های هاپلوبیوت (n)، صفت نهفته (a) از سایر یاخته‌های ۲۷، ۳۷ و ... بیشتر بروز می‌کند چون ژنی که دستورالعمل نهفته (a) دارد قطعاً آن ویژگی را بروز می‌دهد ولی در یاخته و جاندار ۲۷، ممکن است با کروموزوم دارای دستورالعمل A هم‌بوشانی شود و بروز نیابد که در ادامه بیشتر به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

صفت نهفته A بروز می‌دهد → یاخته دیپلوبیوت دارای A و a

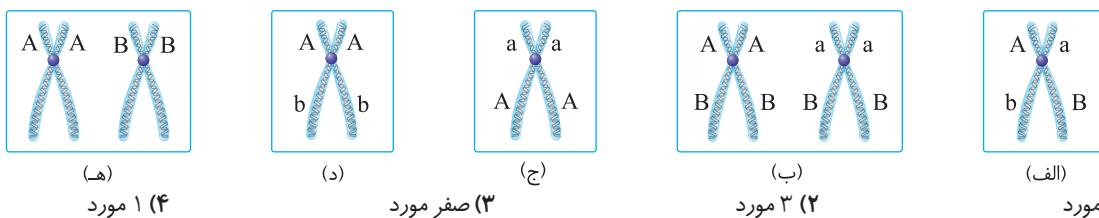
ب) یاخته‌های دیپلولئیدی (۲n کروموزومی = دولاد)



یاخته‌های دیپلولئیدی یا $2n$ کروموزومی، همان یاخته‌های پیکری بدن انسان و سایر جانوران و همچنین یاخته‌های مرحله دیپلولئیدی گیاهان می‌باشند. در این یاخته‌ها هر کروموزوم، دارای یک کروموزوم شبیه از نظر اندازه، طول و ساختار می‌باشد که ژن‌ها و صفات مشابهی را حمل می‌کنند. به این دو کروموزوم همتا ژن‌های مربوط به ویرگی مشابی‌سازی را دارند، جایگاه‌های روبه‌رویی هم دارند و لیسته عمل برخواهد چن‌ها می‌تواند

مشابه یا متفاوت باشد. در حقیقت هر یک از کروموزوم‌های همتا را از یک والد خود دریافت کرده‌اند. مثلاً براساس کتاب دوازدهم در بدن ما دو کروموزوم شماره ۱ وجود دارد که هر دو دارای دستورالعمل ایجاد گروه خونی Rh می‌باشند. حال ممکن است که یک نفر دو دستورالعمل متفاوت dd مشابه در دو کروموزوم همتای خود داشته باشد و Rh منفی شود ولی فرد دیگری دو دستورالعمل متفاوت D و d را از والدین خود به ارث برده باشد و دارای Rh مثبت شود. کروموزوم‌های یاخته‌های دیپلولئید، دو تا با هم همتا یا همولوگ می‌باشند. این یاخته برای هر ژن دو دستورالعمل دارد و حداقل دو کروموزوم جنسی و تعدادی کروموزوم غیرجنسی دارد.

مثال: اگر (A) یا (a) دستورالعمل ژن‌های ایجاد کننده نوع نرم‌هه گوش و (B) دستورالعمل ژن مو در آوردن روی بند انگشتان باشند و هر دو ژن روی کروموزوم شماره یک انسان واقع شده باشد، چند مورد زیر، قرارگیری آن‌ها را روی کروموزوم‌های مضاعف انسان به‌طور صحیح نشان می‌دهد؟



پاسخ: فقط موارد (ب) و (د) صحیح می‌باشند بنابراین گزینه (۱) صحیح می‌باشد.

نکته: دقت کنید که این دو ژن به صورت **پیوسته** روی یک کروموزوم قرار دارند. دستورالعمل‌های قرار گرفته در کروماتیدهای خواهri باید کاملاً مشابه و در جایگاه یکسان باشند و دو کروموزوم همتا نیز باید در مناطق یکسانی، دستورالعمل‌های هر ژن را داشته باشند.

بررسی موارد:

(الف) نادرست است. در یک کروموزوم مضاعف، دو کروماتید خواهri باید دستورالعمل ژنی **مشابه** داشته باشند (A و a نباید در دو کروماتید خواهri وجود داشته باشد).

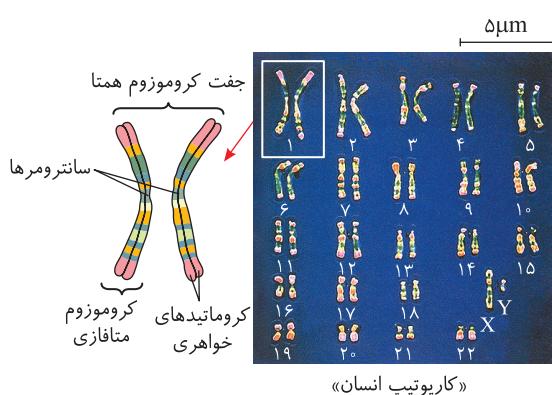
(ب) درست است. در یک **جفت کروموزوم** همتا دستورالعمل ژن‌های روبه‌رویی هم می‌تواند مشابه یا متفاوت باشد اما باید از نظر جایگاه قرار گیری ژن‌های صفت مورد نظر، یکسان باشند. (ج) نادرست است. دستورالعمل یک ژن (A و a) نمی‌تواند زیر هم روی یک کروموزوم باشند بلکه با ژن‌های صفات دیگر می‌توانند روی یک کروموزوم پیوسته قرار بگیرند. (د) درست است. هر کروموزوم یک دستورالعمل از ژن اول و یک دستورالعمل از ژن دوم دارد. (ه) نادرست است. این دو ژن روی یک کروموزوم هستند نه روی کروموزوم‌های مستقل جدا از هم!

نکته: یاخته‌های بدنی یا پیکری انسان دیپلولئید با ۴۶ کروموزوم می‌باشند که در مردان دارای دو کروموزوم جنسی X و Y و ۴۴ کروموزوم غیرجنسی ۲۲ نوع می‌باشند. در زنان هر یاخته پیکری دارای دو کروموزوم جنسی X همتا یا همولوگ و ۴۴ کروموزوم غیرجنسی می‌باشند.

نکته: ۴۴ کروموزوم غیرجنسی مرد و زن ساختار یکسانی دارند که ۲۲ جفت کروموزوم همتا یا همولوگ می‌باشند. مردان در جفت شماره ۲۳ یا کروموزوم‌های جنسی خود یک کروموزوم X بزرگ و یک Y کوچک دارند در حالی که زنان هر دو کروموزوم جنسی آن‌ها همتا به صورت XX بزرگ می‌باشند. پس مردان در هسته هر یاخته پیکری خود ۲۴ نوع کروموزوم ولی زنان ۲۳ نوع کروموزوم دارند.

نکته: انسان و بعضی جانداران کروموزوم‌های جنسی دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند.

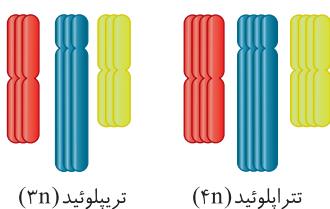
● کاریوتیپ



تصویری از ردیف کردن کروموزوم‌های **مضاعف** با حداکثر فشرده‌گی یک جاندار بر حسب اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومراها می‌باشد. معمولاً کاریوتیپ را در **مرحله‌ای از تقسیم** که کروموزوم‌ها به کوتاهترین، قطبترین و فشرده‌ترین حالت می‌رسند (یعنی مرحله متأخر) انجام می‌دهند. با کاریوتیپ می‌توانیم تعداد کروموزوم‌ها و برخی ناهنجاری‌های کروموزومی (مثل نشانه‌های داون) را بررسی کنیم.

نکته: در کاریوتیپ به جز جفت کروموزوم آخر که کروموزوم‌ها را بر حسب اندازه از بزرگترین (جفت ۱) به کوچکترین (جفت ۲۲ در انسان) ردیف می‌کنند.

نکته: هر جفت کروموزوم همتا، اندازه و شکل مشابهی دارند و محل قرارگیری سانترومرا آن‌ها روبه‌روی هم می‌باشد پس جفت کروموزوم جنسی X و Y با هم همتا نمی‌باشند.

ج) یاخته یا جاندار پلی‌پلوئید یا چندلادی (Xn کروموزومی)

برخی یاخته‌ها (مثل انواع زانه ۳۷) و یا برخی گیاهان (مثل گندم زراعی ۶۷) می‌توانند در حالت عادی و به دلایل متفاوت ذنی یا اشکالات تقسیم یاخته، دارای بیش از دو مجموعه کروموزوم باشند که به آنها پلی‌پلوئید می‌گویند.

مثال: یاخته اندوخته دانه ذرتی ۳۰ کروموزوم دارد و یاخته جنسی آن ۱۰ کروموزومی بوده است. این یاخته و قسمت‌های مختلف گیاه را توضیح دهد.

پاسخ: وقتی یاخته جنسی آن که هاپلوبloid است ۱۰ کروموزوم دارد پس ($n=10$) بوده است. در فصل ۸ می‌خوانیم که اندوخته یا آندوسپرمن دانه غلات (گندم، جو و زیرت) به صورت ۳۷ یا تریپلوبloid می‌باشد پس اندوخته ۳۰ بوده است یعنی ۳۰ کروموزوم دارد، ۳ مجموعه کروموزومی دارد که کروموزوم‌ها سه تا با هم همتا هستند. برای هر ژن، سه دستورالعمل دارند و هر مجموعه آن ۱۰ کروموزوم غیرهمتا دارد.

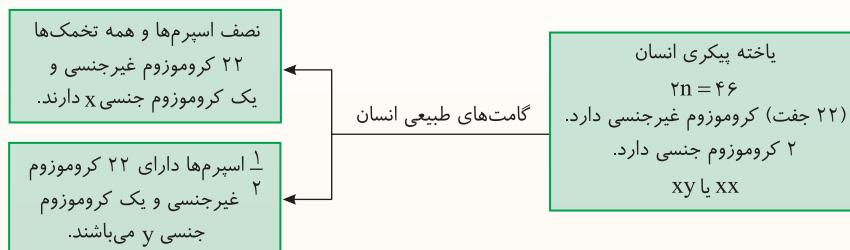
بخش‌های ذرت	مرحله	نوع یاخته‌ها	تعداد کروموزوم سانتروم	تعداد کروموزوم هر مجموعه کروموزومی	تعداد کروموزوم هر ژن	تعداد دستورالعمل (الل) هر ژن
هاپلوبloidی	تولید کننده یاخته جنسی	گرده، یاخته جنسی، هر هسته دانه گرده	$n=10$	۱	۱۰ غیرهمتا	۱
دیپلوبloidی	اصلی رشد گیاه	تخم (ریگلت)، اندام‌های مختلف، هاگدان	$2n=20$	۲	۱۰ غیرهمتا	۲
تریپلوبloidی	اندوخته دانه (آننوپریو)	یاخته اندوخته‌دار دانه	$3n=30$	۳	۱۰ غیرهمتا	۳

مثال: گندمی زراعی با یاخته‌های پیکری ریشه به صورت ۴۲ کروموزوم مفروض می‌باشد، در مورد هسته یاخته جنسی، یاخته نگهبان روزنه و یاخته اندوخته دار دانه آن جدول زیر را پر کنید. (این جداول و سوالات برای درک مطلب لازم است با اینکه می‌دانیم که سوالات عددی در کنکور طرح نمی‌شود.)

گندم $6n$	تعداد کروموزوم هر مجموعه کروموزومی	تعداد کروموزوم هر ژن	تعداد مولکول DNA	تعداد رشته نوکلئوتیددار DNA
هسته یاخته جنسی	$3n=21$	۳	۷ تا غیرهمتا (n)	۴۲ همواره تک کروماتیدی است و ۲۱ مولکول DNA دارد.
یاخته نگهبان روزنه	$6n=42$	۶	۷ تا غیرهمتا (n)	$84 \leftarrow$ تک کروماتیدی $168 \leftarrow$ دوکروماتیدی
یاخته اندوخته در دانه	$9n=63$	۹	۷ تا غیرهمتا (n)	$126 \leftarrow$ تک کروماتیدی $252 \leftarrow$ دوکروماتیدی

نکته در هر جاندار دارای تولید ممثل جنسی، هم یاخته پیکری (غیرجنسي) و هم یاخته جنسی می‌باشد. مثلاً در انسان یاخته پوست ۴۶ کروموزوم دارد که ۲ تای آن جنسی و ۴۴ تای غیرجنسی است. یاخته زاینده بیضه و تخدمان نیز همانند یاخته پوست می‌باشد. اسپرم و تخمک که یاخته جنسی جنسی فرد هستند و هاپلوبloid می‌باشند دارای ۲۳ کروموزوم هستند که به طور معمول در خانمهای بالغ همواره ۲۲ کروموزوم غیرجنسی و یک کروموزوم X جنسی دارند. در آقایان بالغ هر اسپرم دارای ۲۲ کروموزوم غیرجنسی و یک کروموزوم جنسی X یا Y می‌باشد.

نکته دقت کنید که دو کروموزوم همتا از یک نوع هستند. پس در تخمک یک زن که یاخته‌ای هاپلوبloid با ۲۳ کروموزوم است، ۲۳ نوع کروموزوم غیرهمتا نیز وجود دارد ولی در یاخته پیکری این زن که $2n=46$ است، نیز ۲۳ نوع کروموزوم یافت می‌شود.

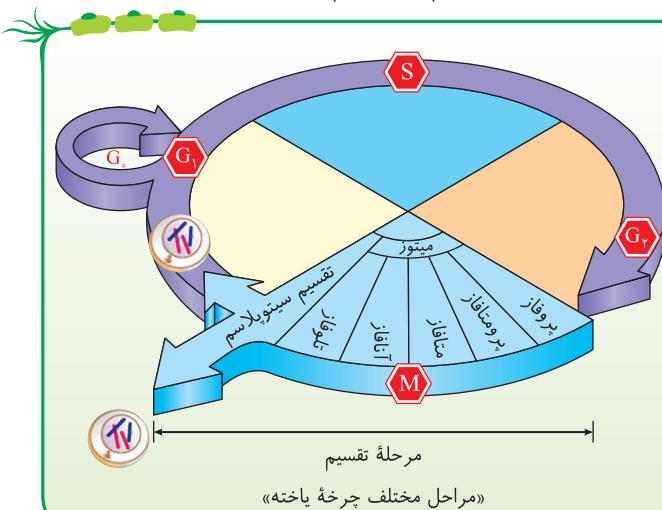


نکته به طور معمول در یک گونه، تعداد کروموزوم افراد نر و ماده باهم برابر است ولی به دلیل اینکه کروموزوم X از Y بزرگ‌تر است تعداد ژن‌های موجود در یاخته ۲۷ جاندار XX از جاندار XY هم گونه خود بیشتر است.

چرخه یاخته‌ای (سلولی)

در اغلب موارد، زندگی یک یاخته در مرحله استراحت و تقسیم دارد. در یوکاریوت‌ها مراحل استراحت یاخته معروف به اینترفارمی باشد که در اغلب یاخته‌ها سه مرحله G_1 ، S و G_2 دارد. مرحله تقسیم یاخته (M) دو قسمت تقسیم هسته (میتو) و تقسیم سیتوپلاسم را دربر می‌گیرد که روی هم به آن تقسیم یاخته یا مرحله M می‌گویند.

نمرگ



چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ هرگاه از این چرخه سؤال آمد، منظور یاخته یوکاریوتی بوده است.

۲ چرخه یاخته‌ای وقتی معنی دارد که یاخته قدرت تقسیم شدن داشته باشد و به دنبال آن، یاخته‌های حاصل نیز دوباره قدرت تقسیم شدن داشته باشند. یک چرخه یاخته‌ای از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌باشد که شامل اینترفارم و تقسیم یاخته است.

۳ اینترفارم یا مرحله بین دو تقسیم یاخته حاوی سه مرحله G_1 ، S و G_2 می‌باشد ولی مرحله تقسیم یاخته، یک مرحله تقسیم هسته (به مراحل پروفاز، پرومیتوز، میتوز، آنافاز و تلوپاز) که اغلب در انتهای یک مرحله تقسیم سیتوپلاسم نیز دارد.

۴ در یاخته‌های مختلف، مدت هر مرحله چرخه یاخته‌ای با یاخته‌های دیگر متفاوت است.

بررسی کلی مراحل چرخه یاخته‌ای

اینترفارم

مراحله‌ای بین دو تقسیم یاخته‌ای می‌باشد که یاخته بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذراند. در سراسر این مرحله کروموزومها به صورت رشته‌های باریک در هم و شبکه کروماتینی قرار گرفته‌اند که قابل رویت نمی‌باشند.

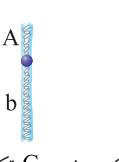
نکته مرحله اینترفارم سه مرحله G_1 ، S و G_2 دارد که کارهایی مثل رشد، ساخت مواد مورد نیاز و کارهای معمول یاخته‌ها را انجام می‌دهد.

نکته برخی یاخته‌ها بعد از تقسیم شدن به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند و به مرحله‌ای به نام G_0 وارد می‌شوند. در مرحله G_0 کروموزومها به صورت تک‌کروماتیدی قرار دارند. مثلاً یاخته‌های عصبی و گویچه قرمز بالغ بعد از تولد تقسیم نمی‌شوند و در مرحله G_0 متوقف می‌شوند.

نکته لغفوسیت‌های خاطره به طور موقت در G_0 قرار می‌گیرند ولی پلاسموسیت‌ها، اغلب یاخته‌های عصبی، ماهیچه اسکلتی و گویچه‌های خونی (به جز لقمه‌سیت‌ها)، پس از تولد دائمی در مرحله G_0 قرار می‌گیرند.

● مرحله ۱

بیشترین زمان در بین مراحل چرخه زندگی در مرحله G_1 می‌باشد. در این مرحله یاخته تازه از چرخه قبل خارج شده است و کروموزومها تک‌کروماتیدی می‌باشند. یاخته‌ها رشد کرده و اندامک‌های مختلف خود را می‌سازند.



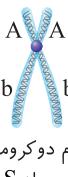
کروموزوم G_1 تک کروماتیدی

نکته آخر مرحله G_1 ، پروتئین‌هایی به عنوان نقاط وارسی برای بررسی سلامت مولکول DNA هسته وجود دارند. در صورت عدم سلامت ماده ژنتیکی، با مکانیزم مرگ برنامه‌ریزی شده، فرایند مرگ یاخته‌ای صورت می‌گیرد (آفتار بعد).

نکته یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی (مثل یاخته‌های عصبی) تقسیم نمی‌شوند و به مرحله G_0 می‌رسند که در همین صفحه به آن‌ها پرداختیم.

● مرحله ۵

در این مرحله گرماتین‌های تک‌کروماتیدی که حاوی یک مولکول DNA هستند با هماندسازی مولکول DNA سبب ایجاد کروماتین مضاعف یا دوکروماتیدی می‌شوند که حاوی دو کروماتید خواهی کاملاً مشابه می‌باشند که از سانترومر مشترک به هم متصلند ولی هنوز با فشردگی کم بوده و گرماتینی می‌باشند (تعاریزهای در این مرحله نوبتاً برابر من‌شود).



کروموزوم دوکروماتیدی مرحله S

● مرحله G_2

این مرحله **کوتاه‌ترین مرحله اینترفاز است** که یاخته طی این مرحله آماده **تقسیم می‌شود**. در این مرحله ساخت پروتئین‌ها (عوامل ساخته‌کننده) و عوامل مورد نیاز تقسیم و اندامک‌هایی مثل میتوکندری و کلروپلاست افزایش می‌یابد و یاخته آماده تقسیم می‌شود.

نکته آخر مرحله G_2 نقطه بازرسی وارسی دارد که یاخته آماده شده برای ورود به تقسیم یاخته را بررسی می‌کند. مثلاً در این مرحله بررسی می‌شود که تمہیدات لازم برای تولید دوک تقسیم آماده باشد.

نکته در کل مرحله اینترفاز (G_1 , S و G_2) کروموزوم‌ها به صورت کروماتینی یا کروموزوم مضاعف با فشردگی بسیار کم می‌باشند.

نکته بهطور معمول در اینترفاز مدت زمان G_1 از S و مدت زمان مرحله S از G_2 بیشتر می‌باشد.

● مرحله تقسیم یاخته

بعد از اینترفاز مرحله تقسیم یاخته آغاز می‌شود که به تدریج کروموزوم‌های مضاعف به فشردگی بیشتر درمی‌آیند. این مرحله دو قسمت میتوуз یا تقسیم هسته با ۵ مرحله (پروفاز، پرمیافاز، متافاز، آنافاز، تلوفاز) و تقسیم سیتوپلاسم دارد.

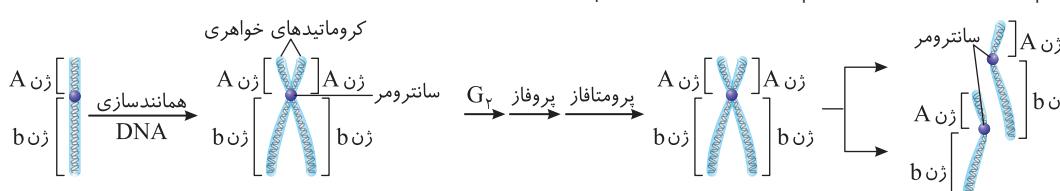
نکته چرخه یاخته شامل اینترفاز و تقسیم است که ۵ مرحله دارد. اینترفاز سه مرحله G_1 , S و G_2 و تقسیم یاخته یا مرحله M دو قسمت تقسیم هسته و سیتوپلاسم دارد. پس در تست‌ها دقت کنید که اگر در سؤالی گفت در مرحله اول چرخه یاخته‌ای، منظور مرحله G_1 نمی‌باشد بلکه منظور کل اینترفاز در هر سه مرحله G_1 , S و G_2 می‌باشد.

● جدول بررسی کروموزوم یاخته در اینترفاز

مرحله	شكل کروموزوم	کروماید	نقشه وارسی (معرفی شده در کتاب)	تعداد کروموزوم = سانتروم	تعداد کروماتید = مولکول DNA	رشته نوکلئوتیددار DNA
G_1	کروماتینی با فشردگی کم	تک کروماتیدی	دارد	۴۶	۴۶	۹۲
S	کروماتینی با فشردگی کم	دوکروماتیدی	ندارد	۴۶	۹۲	۱۸۴
G_2	کروماتینی با فشردگی کم	دوکروماتیدی	دارد	۴۶	۹۲	۱۸۴

● نکات تكميلي

۱) دوکروماتیدی بودن یا مضاعف بودن کروماتین‌ها یا کروموزوم‌ها از وسط استراحت (اینترفاز در مرحله S) تا آخر مرحله متافاز تقسیم (متیوز) ادامه دارد ولی در مرحله آنافاز تقسیم، دو کروماید خواهی از هم جدا شده و دیگر هر کدام یک **کروموزوم** دختری تک کروماتیدی به حساب می‌آیند.



یک کروموزوم تک کروماتیدی غیرفشرده مرحله G_1 اینترفاز

تک کروماتیدی کروماتینی

یک کروموزوم مضاعف دوکروماتیدی غیرفشرده مرحله S اینترفاز

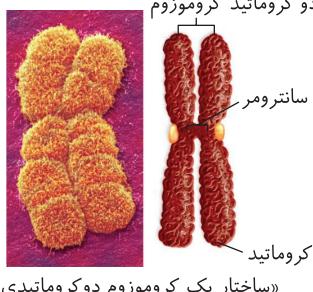
دوکروماتیدی کروموزوم

یک کروموزوم مضاعف با حداقل فشردگی در مرحله متافاز (دوکروماتیدی)

کروموزوم تک کروماتیدی (غیرکروماتیدی)

دو کروموزوم تک کروماتیدی فشرده جدا شده در مرحله آنافاز

۲) با توجه به شکل‌های بالا مشاهده می‌کنید که کروموزوم **تک‌کروماتیدی یا دوکروماتیدی** بر حسب نوع مرحله چرخه یاخته می‌تواند به صورت **فشردگی کم کروماتیدی یا فشرده کروموزوم** باشند.

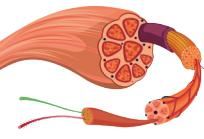


۳) کروموزوم‌ها در مرحله متافاز، در وسط یاخته با حداقل فشردگی به صورت شکل رو به رو قرار می‌گیرند.

۴) در جانوران (بهجز زنبور نر)، یاخته‌های جنسی (گامت‌ها) معمولاً نصف تعداد کروموزوم یاخته زاینده یا اولیه خود را دارند. در گیاهان عادی، هر قسمت مربوط به بخش هاپلوبیتی یعنی گرده نارس، گرده رسیده، اندام‌های جنسی و یاخته‌های جنسی دارای یاخته یا یاخته‌های هاپلوبیتی می‌باشند.

۵) گامت، معمولاً قدرت لقاح و تشکیل یاخته تخم (بی‌بیوت) دارد ولی در **گیاهان**، یاخته حاصل از میوز، قدرت انجام تقسیم میتوуз دارد. البته در فصل بعد می‌خوانیم که در زنبور ماده، برخی تخمک‌ها قدرت تقسیم شدن دارند و طی بکرزایی به تولید زنبور نر می‌پردازند.

درستنامه



شروع

۲

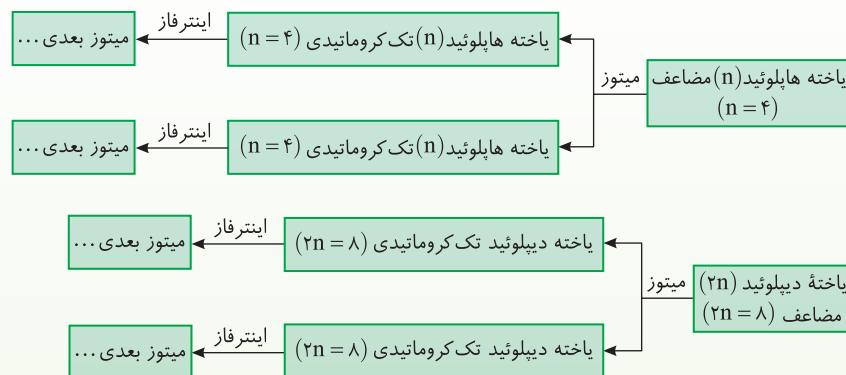
میتوز (رشمان)

همان طور که در گفتار قبل گفته شد، مرحله اول استراحت یا اینترفاز بود که سه مرحله یا زیرمرحله G_1 , S و G_2 آن را بربری کردیم. در این گفتار به مرحله دوم یا تقسیم می پردازیم که خود دو مرحله تقسیم هسته (میتوز) و تقسیم سیتوپلاسم دارد. می دانیم که همه انسانها در ابتدا یک یاخته تخم (ریبورت) به صورت $2n=46$ بوده اند. یاخته تخم در اثر لقاح دو یاخته جنسی نر و ماده (اسپرم و تخم) که هر کدام 23 کروموزوم تک کروماتیدی داشته اند ایجاد شده است و ابتدا 46 کروموزوم تک کروماتیدی دارد. این یاخته تخم در اثر تقسیم شدن، بدن جاندار اصلی با میلیاردها یاخته مشابه می سازد.

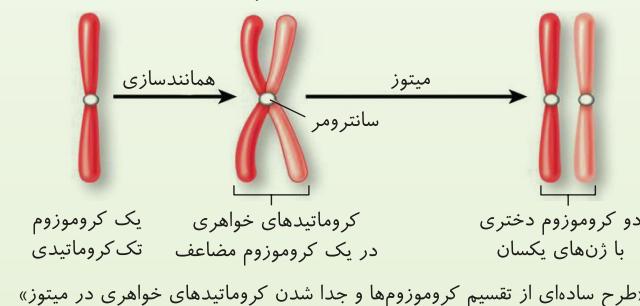
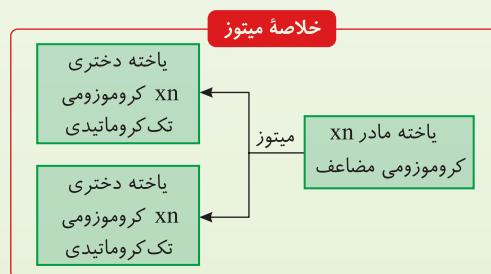
میتوز

فرایندی است که طی آن هسته یاخته یوکاریوتی با کروموزوم های دو کروماتیدی (مضاعف)، بدون کاهش عدد کروموزوم به دو هسته مشابه ولی تک کروماتیدی تبدیل می شود. بعد از میتوز، یاخته معمولة وارد مرحله تقسیم سیتوپلاسم می شود تا یاخته های مجرزا ایجاد شوند و دوباره پس از طی اینترفاز وارد میتوز بعدی می شود. به همین ترتیب تعداد زیادی یاخته مشابه ایجاد می شود تا بدن جاندار پریاخته ای ایجاد شود.

نکات مهم در بررسی تستها



- تقسیم میتوز در هر یاخته ای از نظر هالپلوبیتید یا دیپلوبیتید بودن، می تواند صورت بگیرد و همواره در حالت عادی دو یاخته مشابه ایجاد می کند.
- یاخته های فاقد هسته مثل گویچه قرمز بالغ و یاخته آپکش بالغ گیاهان قدرت میتوز ندارند.
- برخی یاخته های هسته دار تمایز یافته مثل یاخته های عصبی نیز بعد از تولد میتوز ندارند و با افزایش حجم رشد می کنند. این یاخته ها در مرحله G_0 می مانند و همانندسازی DNA و کروموزوم مضاعف تشکیل نمی دهند.
- برخی یاخته ها مثل یاخته پادتن ساز سیستم ایمنی، درشت خوارها و ... نیز هسته دارند و پس از تمایز میتوز نمی کنند.
- تقسیم میتوز دارای ۵ مرحله پروفاز، پروماتافاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز می باشد که در ادامه آنها را به طور مفصل بررسی می کنیم. البته میتوز فرایندی پیوسته می باشد ولی زیست شناسان برای سادگی فهم، آن را به مرحله های تقسیم بندی می کنند.
- به یاخته اولیه ای که می خواهد میتوز کند، یاخته مادر می گویند و به دو یاخته حاصل از تقسیم میتوزان. یاخته های دختری اطلاق می شود. DNA موجود در کروموزوم های این یاخته، در مرحله S اینترفاز همانندسازی کرده و کروموزوم مضاعف دو کروماتیدی ایجاد می کنند. طی میتوز این کروموزوم ها فشرده ق شده و در وسط یا استوای یاخته به خط می شوند و توسط عواملی به نام دوک (درادام من خوانیم) حرکت کرده و از هم جدا می شوند و به صورت تک کروماتیدی به دو یاخته دختری ایجاد می شوند.
- دو کروماتید خواهی تا وقتی گفته می شود که توسط سانترومر به هم متصل باشند ولی وقتی این دو کروماتید از هم جدا شدند، به هر کدام یک کروموزوم دختری با سانترومر مخصوص به آن نام می بیریم.



«طرح ساده ای از تقسیم کروموزوم ها و جدا شدن کروماتید های خواهی در میتوز»

- همواره تک کروماتیدی است.
- برخی وارد اینترفاز می شوند و دوباره میتوز می کنند (اندیه یاخته های پیش از این).
- برخی ممکن است در اندام جنسی، پس از اینترفاز، میتوز کنند.
- برخی می توانند مثل اسپرم زنیور، یاخته جنسی باشند و لقاح کنند (فصل ۷).
- در گیاهان، یاخته جنسی حاصل میتوز است و لقاح می کند (فصل ۸).
- یاخته های حاصل از میتوز
- یاخته های پیش از این

درون یاخته‌های یوکاریوتی، اسکلت یاخته‌ای از رشته‌ها و ریزلوله‌های پروتئینی تشکیل شده است که باعث استحکام یاخته می‌شود. این اسکلت از دو نوع مختلف پروتئین تشکیل شده است. یک نوع ریزرشته‌های زیر غشای یاخته و یک نوع ریزلوله سیتوپلاسم هستند. از طرف دیگر ساختاری از ریزلوله‌های پروتئینی به نام دوک در هنگام تقسیم یاخته ایجاد می‌شود که سبب حرکت و جدا شدن صحیح کروموزوم‌ها طی تقسیم می‌شود.

دوک

چند نکته مهم در بررسی تست ترا

۱ دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی می‌باشد که در هنگام تقسیم یاخته در سیتوپلاسم پدیدار می‌شود. هم‌رشته دوک از یک ریزلوله پروتئینی تشکیل شده است که از یک قطب در یک قطب یاخته و از طرف دیگر، **گروهی از آن‌ها** به سانترومر کروموزوم‌ها متصل می‌شوند و گروهی نیز به صورت آزاد بین دو کروموزوم قرار دارند. کوتاه شدن رشته‌های دوک سبب جدایی کروموزوم‌ها خواهد بود که در این حالت به آن‌ها کروموزوم‌های دختری گفته می‌شود.

۲ دوک تقسیم در مرحله اینترفاز (G_1 ، S و G_2)، تلوفاز میتوز و تقسیم سیتوپلاسم وجود ندارد.

۳ دوک، رشته‌ای پروتئینی است. واحدهای سازنده آن، اغلب در مرحله G_1 و در ریبوzوم تولید می‌شوند ولی سازماندهی آن‌ها و رشته‌ای شدن آن‌ها در جانوران توسط سانتریول‌ها و در سایر یوکاریوت‌ها توسط عوامل موجود در هر قطب یاخته بدون سانتریول صورت می‌گیرد. دقت داشته باشید که شروع تشکیل دوک با شروع تقسیم یاخته همراه می‌باشد.

۴ با توجه به شکل‌ها می‌بینیم که یکسری ریزلوله هم به جز دوک‌ها در اطراف سانتریول‌ها هستند که آن‌ها را دوک نمی‌نامند.

سانتریول (میانک)



سانتریول ساختاری پروتئینی در **یاخته‌های جانوری** است که ساخته شدن رشته‌های دوک تقسیم را سازماندهی می‌کند.

هر سانتریول از ۹ دسته ریزلوله پروتئینی ۳ تابی یعنی از ۲۷ ریزلوله پروتئینی در اطراف هسته یاخته تشکیل شده است. در **هم قطب یاخته** جانوری در حال تقسیم، **یک جفت سانتریول** به صورت دو جسم استوانه‌ای عمود بر هم (اول عمود بر هم) وجود دارد که این سانتریول‌ها قبل از شروع تقسیم یاخته یعنی در مرحله G_2 اینترفاز دو برابر شده‌اند. اگر در شکل دقت کنید، دسته‌های سه‌تایی ریزلوله‌های سانتریولی به هم متصلند و مانند یک دایره **توكال** قرار گرفته‌اند ولی در وسط دایره آن‌ها، ریزلوله وجود ندارد.

چند نکته مهم

۱ یاخته‌های گیاهی (یا **ریچیت‌لی‌های رانهای**) با اینکه سانتریول ندارند ولی در مراحل تقسیم یاخته، دوک تشکیل می‌دهند.

۲ ریزلوله‌های تشکیل دهنده سانتریول از دوک **کوچک‌تم** هستند.

۳ هر جفت سانتریول دارای ۱۸ دسته لوله کوچک (میلدوپول) پروتئینی ۳ تابی متصل به هم می‌باشد یعنی ۵۴ ریزلوله دارد ولی یاخته در حال تقسیم دارای دو جفت یا ۴ عدد سانتریول با ۱۰۸ ریزلوله کوچک پروتئینی می‌باشد.

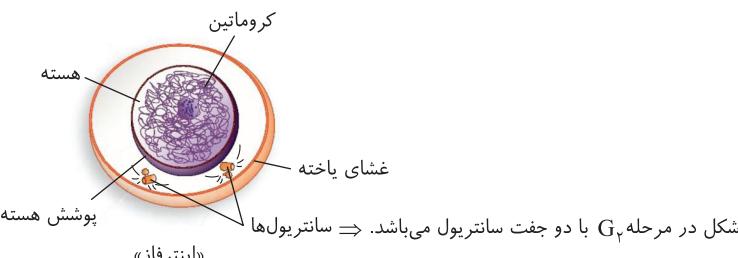
۴ در مراحل تقسیم میتوز، سانتریول‌ها از هم جدا می‌شوند ولی مضاعف نمی‌شوند بلکه این عمل قبل از شروع تقسیم در مرحله **اینترفاز** صورت می‌گیرد.

۵ سانتریول دارد.

۶ دسته ۳ تابی لوله کوچک پروتئینی دارد.

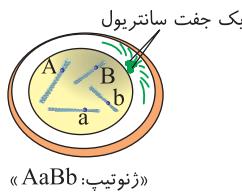
۷ لوله کوچک پروتئینی در سانتریول‌ها دارد.

۸ تعداد زیادی دوک با ریزلوله‌های پروتئینی دارد.

بررسی چرخه یاخته‌ای یاخته ۴=۲۷ با فرمول ژنتیکی $AaBb$ (در دو صفت)

بیشتر زمان زندگی یاخته در این مرحله صرف می‌شود. کروماتین‌ها کمی فشرده بوده ولی قابل تفکیک از هم‌دیگر نمی‌باشند و غشای هسته همواره وجود دارد. این مرحله ۳ قسمت G_1 ، S و G_2 دارد.

مرحله اینترفاز

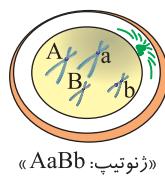


«ژنتیپ: AaBb»

● (الف) مرحله G_1
این مرحله شروع یک چرخه یاخته‌ای است. در این مرحله یاخته تازه از تقسیم هسته و سیتوپلاسم فارغ شده است. یاخته $2n=4$ مورد نظر ما دارای چهار کروماتین تک کروماتیدی به شکل رشته کروماتینی با فشردگی کم می‌باشد. یاخته مورد نظر رشد می‌کند و مدت زمان پیاده از اینترفاز را در G_1 می‌گذراند. اگر یاخته جانوری در حال بررسی باشد، دارای یک جفت سانتریول در اطراف هسته می‌باشد.

چند نکته مهم در بررسی تستها

- ۱ اگر یاخته‌ای به طور موقت یا دائمی تقسیم نشود، در مرحله G_1 متوقف شده و به طور موقت یا دائمی وارد مرحله G_1 می‌شود و دیگر تقسیم نمی‌شود.
- ۲ لنفوسيت خاطره به طور موقت به G_1 می‌رود ولی پلاسموسیت‌ها، بیگانه‌خوارها و اغلب یاخته‌های عصبی و یاخته‌های ماهیچه اسکلتی پس از تولد کاملاً در G_1 می‌مانند.
- ۳ آخر مرحله G_1 علامت‌های نشانه‌هایی برای بازرسی به نام نقطه وارسی برای بررسی **سلامت DNA** یاخته وجود دارد. اگر آن سالم نباشد و این نقص اصلاح نشود، مرگ یاخته‌ای به صورت برنامه‌ریزی شده اتفاق می‌افتد.

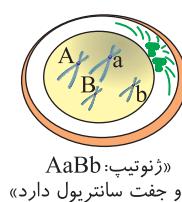


«ژنتیپ: AaBb»

در این مرحله کروماتین‌های تک کروماتیدی با همانندسازی و دو برابر کردن مقدار DNA به صورت مضاعف یا دو کروماتیدی ولی با فشردگی کم درمی‌آیند **(کروماتید دوبرابر منطبق)**. یاخته همچنان یک جفت سانتریول دارد.

در سال دوازدهم می‌خوانیم که در این مرحله دو آنزیم دناپسپاراز و هلیکاز مهم‌ترین نقش را در ساخت DNA دارند. در این مرحله تعداد ژنهای یاخته نیز دو برابر می‌شود ولی تعداد سانتریول تغییر نمی‌کند.

● (ب) مرحله S



«ژنتیپ: AaBb»

کوتاه‌ترین مرحله اینترفاز است که طی آن یاخته با **افزایش** ساخت اندامک‌ها و پروتئین‌سازی، مضاعف کردن **سانتریول‌ها** و آماده‌سازی عوامل لازم برای تقسیم یاخته‌ای، آماده مرحله بعد یعنی تقسیم یاخته‌ای می‌شود. کروموزوم‌ها به صورت کروماتین‌های مضاعف با فشردگی کم و غیرقابل رؤیت وجود دارند.

نکته آخر این مرحله نیز یک نقطه **وارسی** برای بررسی عوامل لازم میتوز و ساخت رشته دوک وجود دارد تا به یاخته اجازه ورود به تقسیم را بدهد.

نکته بسیار بسیار دقیق که پروتئین دوک در مرحله پروفاز تقسیم ایجاد می‌شود (**اطلاع ایند** نو ت رو با هم اشتباه گنند).

مرحله تقسیم هسته (میتوز)



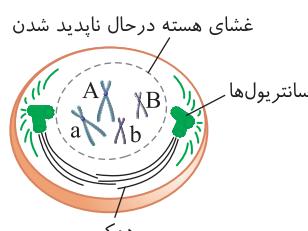
این مرحله که به صورت پیوسته صورت می‌گیرد دارای ۵ قسمت پروفاز، پرمیتوفاز، متافاز، آنافاز و نلوغاز می‌باشد که طی آن کروموزوم‌های مضاعف شده به تدریج فشرده (قطمر) و کوتاه و قابل رؤیت می‌شوند و دوک تقسیم ایجاد می‌شود و در نهایت دو هسته دختری با عدد کروموزومی یاخته مادر ولی به صورت تک کروماتیدی ایجاد می‌شود.

بررسی مراحل میتوز (رشتمان)

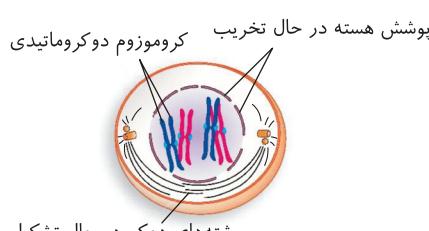


● (الف) پروفاز

این مرحله شروع تقسیم یاخته بوده که با فشرده‌تر شدن کروماتین‌ها همراه می‌باشد. در پروفاز به تدریج که کروماتین‌ها فشردگر، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند، زیر میکروسکوپ نوری قابل رؤیت نیز می‌شوند که به آنها کروموزوم می‌گویند. در اغلب یوکاریوت‌ها، **غشای هسته** به تدریج شروع به تخریب و تجزیه شدن می‌کند و جفت سانتریول‌ها از هم جدا شده، بین آنها رشته‌های دوک در اطراف هسته آغاز به شکل‌گیری می‌کنند.



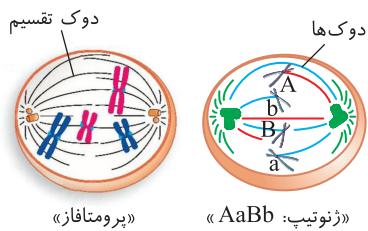
«AaBb»



«پروفاز»

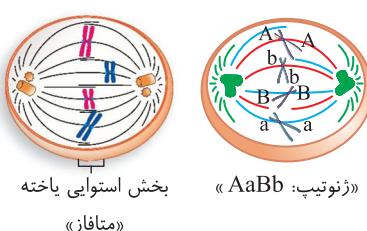
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ یاخته‌های گیاهی با اینکه سانتریول ندارند ولی دوک تقسیم را در خارج هسته تشکیل می‌دهند.
- ۲ یاخته $= 27$ در پروفاز دارای ۸ کروماتید و مولکول DNA و ۱۶ رشته نوکلئوتیدار در DNA می‌باشد.
- ۳ پروفاز تنها مرحله‌ای است که ابتدای آن کروموزوم‌ها در هسته‌ای با غشای در حال تجزیه وجود دارد.



در این مرحله که بعد از **تشکیل دوک** آغاز می‌شود، غشای هسته و شبکه آندوپلاسمی کاملاً **تجزیه** شده‌اند و دوک‌ها خود را به کروموزوم‌های خطی درون سیتوپلاسم رسانده‌اند. برخی دوک‌ها به سانترومر کروموزوم‌های فشرده شده متصل می‌باشند و برخی نیز از یک طرف درون یاخته آزاد هستند.

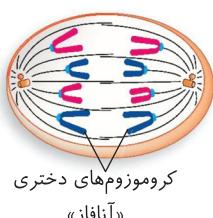
نکته در مرحله پرمتافاز شروع اتصال دوک به سانترومر کروموزوم دیده می‌شود ولی شروع تشکیل دوک در مرحله پروفاز بوده است. در این مرحله غشای هسته و شبکه آندوپلاسمی وجود ندارد و کروموزوم‌ها به همراه عوامل درون هسته وارد سیتوپلاسم شده‌اند.



در این مرحله، کروموزوم‌های مضاعف با حداقل فشرده‌گی به کوتاهترین و قطورترین حالت خود در وسط سطح استوایی یاخته می‌رسند که از دو طرف به دوک متصل‌اند.

نکته متمتافاز بهترین مرحله برای نمایش **کاریوتیپ** کروموزوم‌ها و مشاهده ساختار کروموزوم‌ها می‌باشد.

نکته در آخر مرحله متمتافاز نقطه **وارسی** سبب بررسی اتصال کروموزوم‌ها به دوک می‌شوند و اینکه کروموزوم‌ها در وسط یاخته قرار گرفته باشند.

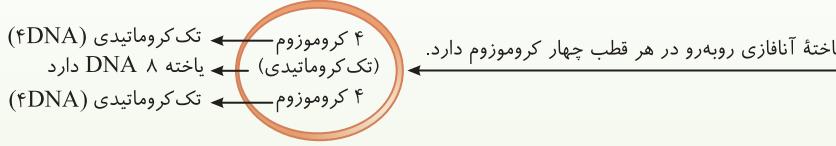


در این مرحله **پروتئین‌های اتصال** سانترومر در کروماتیدهای خواهری متصل به هم، **تجزیه** می‌شوند و از طرفی رشته‌های دوک از دو طرف **کوتاه** شده و کروموزوم‌ها به سمت دو قطب یاخته یا سانتریول‌ها حرکت می‌کنند. در این حالت دو کروماتید یک کروموزوم از هم جدا شده و از اینجا به بعد به هر کروماتید یک **کروموزوم دختری** تک‌کروماتیدی فشرده می‌گویند.

(d) آنافاز

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

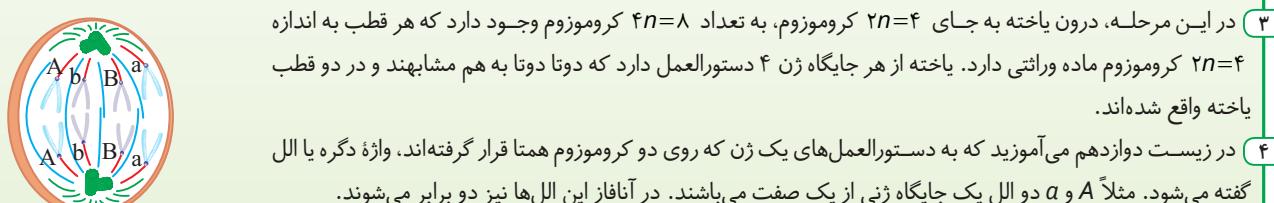
- ۱ در مرحله آنافاز تعداد کروموزوم و سانترومر درون یاخته دو برابر می‌شود ولی تعداد ژن‌ها، مولکول DNA و رشته نوکلئوتیدار دنای آنها تغییر نمی‌کند.



متافاز ۸ دارد

در مرحله آنافاز **هم قطب** یاخته فرمول ژنتیکی همانند یاخته اولیه را دارد ولی خود یاخته دو برابر یاخته شروع کننده می‌توزد، کروموزوم دارد.

در این مرحله، درون یاخته به جای $4 = 27$ کروموزوم، به تعداد $4 = 8$ کروموزوم وجود دارد که هر قطب به اندازه $27 = 4$ کروموزوم ماده و راتی دارد. یاخته از هر جایگاه ژن ۴ دستورالعمل دارد که دو تا دو تا به هم مشابهند و در دو قطب یاخته واقع شده‌اند.



در زیست دوازدهم می‌آموزید که به دستورالعمل‌های یک ژن که روی دو کروموزوم همتا قرار گفته‌اند، واژه **دگره** یا **ال** گفته می‌شود. مثلاً **A** و **a** دو ال یک جایگاه ژنی از یک صفت می‌باشند. در آنافاز این الها نیز دو برابر می‌شوند.

- ۲ در این مرحله فقط ریزولله‌هایی کوتاه می‌شوند که به سانترومر کروموزوم‌ها متصلند.
- ۳ کروماتیدهای خواهری در مرحله ۵ ایترفاز طی همانندسازی ایجاد می‌شوند و در مرحله آنافاز از هم جدا شده و سبب ایجاد کروموزوم دختری می‌شوند.

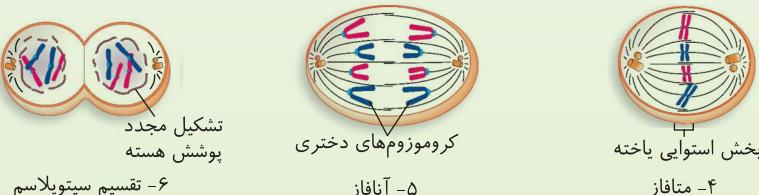
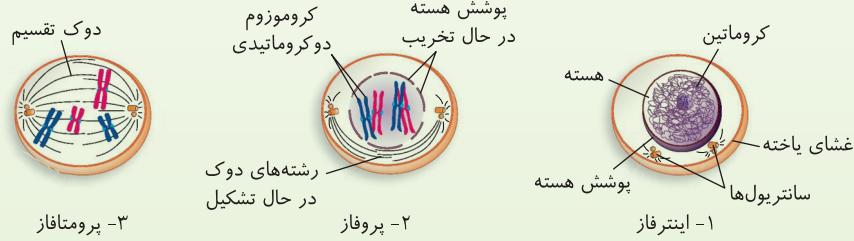
۶) تلوفاز

در این مرحله رشته‌های دوک تجزیه شده و با تخریب شدن از بین می‌روند. دوباره غشای هسته در اطراف هر قطب یاخته به دور کروموزوم‌ها تشکیل می‌شود. کروموزوم‌ها از حالت فشردگی و قطره خارج شده و دوباره به تدریج در این مرحله **شروع به بازشدن** می‌کنند و مثل مرحله اینترفاز به صورت کروماتین درمی‌آیند.

شروع

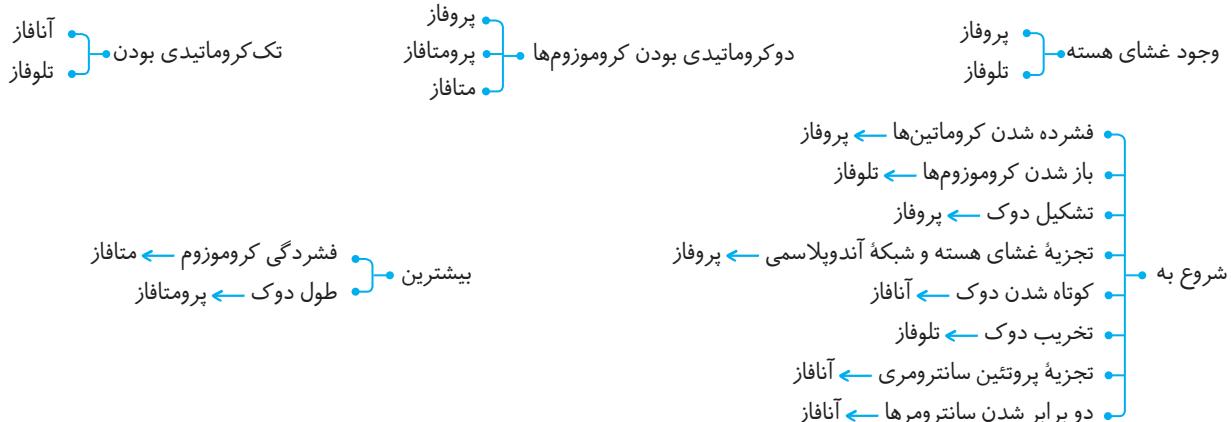
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- در تلوفاز برخلاف پروفاز، ابتدا کروموزوم وجود دارد که در سیتوپلاسم دو قطب یاخته قرار گرفته‌اند ولی در انتهای این مرحله، کروماتین ایجاد می‌شود که درون غشای هسته وجود دارد.
- باخته در آخر مرحله تلوفاز دوهسته $2n=4$ با مقدار DNA مشابه $AaBb$ دارد. دقت کنید که یاخته تلوفازی، یک یاخته دوهسته‌ای با هسته‌های کاملاً مشابه می‌باشد که اطراف هر هسته جانوری یک جفت سانتریول وجود دارد.
- دقت کنید که یاخته در مرحله تلوفاز دارای دوهسته مشابه با کروموزوم‌های تک کروماتیدی می‌باشد که هر کدام به اندازه یاخته مادر اولیه کروموزوم دارد.
- در دو مرحله پروفاز و تلوفاز میتوز، هم کروماتین و هم کروموزوم وجود دارد. در پروفاز کروماتین‌های مضاعف با فشرده شدن به کروموزوم مضاعف تبدیل می‌شوند ولی در تلوفاز، کروموزوم‌های تک کروماتیدی باز شدن، به کروماتین‌های تک کروماتیدی تبدیل می‌شوند.
- تمام مراحل اینترفاز و میتوز در یاخته جانوری و گیاهی مشابه هم می‌باشند. فقط اولاً در یاخته جانوری برخلاف گیاهی **سانتریول** وجود دارد و ثانیاً در یاخته گیاهی تمام موارد چرخه یاخته‌ای در فضای محاصره شده از دیواره یاخته‌ای قرار می‌گیرد. البته تقسیم سیتوپلاسم یاخته گیاهی و ایجاد صفحه بین یاخته‌ای نیز از آنافاز شروع می‌شود.



طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم میتوز

چند نکته کلیدی برای شناسایی مراحل میتوز



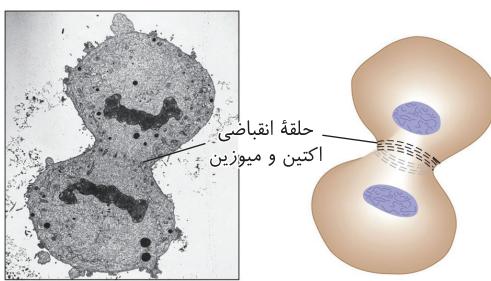
تقسیم سیتوپلاسم

معمولًا آخرین مرحله چرخه یاخته‌ای، تقسیم سیتوپلاسم می‌باشد که بعد از مرحله تلوفاز و تقسیم هسته رخ می‌دهد. این مرحله در برخی یاخته‌ها مثل تعداد کمی از یاخته‌های ماهیچه قلبی صورت نگرفته است و یاخته دوهسته‌ای ایجاد کردند که در زمان جنسی نشیکه بین یاخته‌ها ماهیچه اسکلتی ازین منوده از چند یاخته یاخته‌ای چند هسته‌ای ایجاد می‌شود یعنی قبل از تقسیم سیتوپلاسم صورت گرفته است. به طور کلی، پس از پایان مراحل میتوژن، هسته و سایر اجزای یاخته‌ای (اندامات‌ها و سایرها) بین دو یاخته تقسیم می‌شوند و اغلب به مقدار تقریباً مساوی به هر سمت یاخته می‌رسند. پس از این عمل دو یاخته با تکمیل تقسیم سیتوپلاسم از هم جدا می‌شوند.

نکته

در برخی چرخه‌های یاخته‌ای، تقسیم سیتوپلاسم، به صورت **نامساوی** صورت می‌گیرد مثل تولید یاخته جنسی در زنان یا ایجاد یاخته‌های زایشی و رویشی دانه گردگاهان و یا تولید یاخته باقی‌مانده از میوز پارانشیم خوش نهادنگان و یا اولین تقسیم تخم ۲۷ در نهادنگان که همگی همراه تقسیم سیتوپلاسم نامساوی می‌باشند (این تغییرات را در فصل هاک جلوبربرس من نمی‌نماییم).

● تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری



«تقسیم سیتوپلاسم در یک یاخته جانوری»

در یاخته‌های جانوری پس از پایان تلوفاز، فرورفتگی غشای در وسط یاخته ایجاد می‌شود. این فرورفتگی در اثر عمل یک حلقه انقباضی از جنس پروتئین‌های انقباضی اکتین و میوزین است که همانند یک کمربند از طرف به سمت داخل غشا متصل است، یعنی در سیتوپلاسم یاخته قرار می‌گیرد و به تدریج تنگ‌تر شده تا در نهایت دو یاخته از هم جدا شوند.

نکته

حلقه انقباضی در سطح داخلی غشای یاخته تشکیل می‌شود.

نکته

دققت کنید که هر یاخته جانوری که قدرت تقسیم دارد، برای ایجاد حلقه انقباضی، قادر به تولید **اکتین و میوزین** می‌باشد و این موضوع را با انقباض سارکومرها و اکتین و میوزین آنها در یاخته ماهیچه اسکلتی اشتباہ نگیرید.

● تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های گیاهی

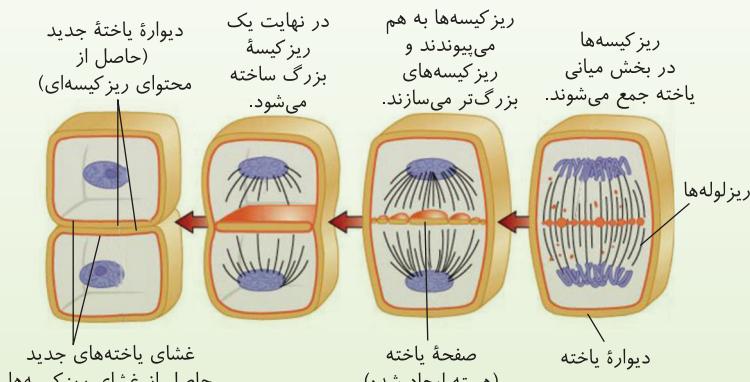
همان‌طور که گفته شد، یک کمربند انقباضی در سیتوپلاسم یاخته ایجاد می‌شود ولی چون در اطراف غشای پلاسمایی یاخته گیاهی، **دیواره** وجود دارد، دیگر تشکیل کمربند انقباضی در این یاخته‌های دیواره‌دار کارآمد نمی‌باشد. در یاخته‌های گیاهی از وقتی که روموزوم‌ها در آنماقاز به قطبین می‌روند و هنوز دوک وجود دارد، ریزکیسه‌های غشادراری که در دستگاه **گلزاری** ساخته می‌شوند، به صورت جدا از هم در بخش میانی یاخته ایجاد می‌شوند. سپس، در آخر مرحله تلوفاز ساختاری به نام **صفحه یاخته‌ای** با به هم پیوستن این ریزکیسه‌های کوچک ایجاد می‌شود. این ریزکیسه‌ها در **دون** خود پیش‌سازهای پکتینی تیغه میانی و دیواره یاخته‌ای هستند و در اطراف آن غشای یاخته قرار دارد. این ریزکیسه‌ها در وسط یاخته به تدریج به متصل شده اند و با تشکیل هسته‌ها در تلوفاز، یک صفحه یاخته‌ای منفذدار را برای ریزکیسه‌های بزرگ‌تر می‌سازند. در نهایت این صفحه یاخته‌ای به صورت یک ریزکیسه **بزرگ** درمی‌آید. پس از اینکه این ریزکیسه از دو طرف کاملاً به دیواره یاخته مادری متصل شد، دو یاخته جدید را از هم جدا می‌کند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ در هنگام تشکیل دیواره یاخته‌ای، ساختارهای **زن** و **پلاسمودس** نیز برای ارتباط یاخته‌ای پایه‌گذاری می‌شوند. دقتش داشته باشید که همواره در دو طرف دیواره، غشای یاخته وجود دارد.

۲ غشای ایجاد شده در بین دو یاخته همان غشای ریزکیسه‌های سازنده دیواره یاخته‌ای بوده‌اند که به تارگی ساخته شده‌اند.

۳ در گیاهان تا هنگامی که در تقسیم سیتوپلاسم یک کیسه بزرگ دیواره‌ای تشکیل شود هنوز ریزلوله‌هایی در وسط یاخته بین کروموزوم‌ها قرار دارد.



«تقسیم سیتوپلاسم در یاخته گیاهی»

۴ در یاخته‌هایی از گیاه مثل تخم ۲۷ که تقسیم سیتوپلاسم نامساوی دارند، صفحه یاخته‌ای بیشتر به سمت یاخته ایجاد می‌شود.

۵ در مسیر دیواره‌سازی در گیاهان ابتدا تعداد زیادی ریزکیسه با اندازه کوچک در وسط یاخته وجود دارد و به تدریج با اتصال آنها به هم از تعداد ریزکیسه‌ها کم شده ولی حجم آنها افزایش می‌یابد. در انتهای و قبل از اتصال دیواره جدید به دیواره فقط یک ریزکیسه حاوی پیش‌سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته و غشا بوده و سپس یک دیواره که در دو طرف آن غشای یاخته‌ای است در بین دو یاخته جدید ایجاد می‌شود.

جدول مراحل چرخه یاخته‌ای

شروع

۱۵

نقاط وارسی (اصلی)	تعداد رشته DNA	تعداد کروماتید = تعداد DNA مولکول	تعداد کروموزوم = تعداد سانترومر	فشردگی کروموزوم	سانتریول (جانوران)	وضعیت کروموزومی	ژنوتیپ (فرضی)	عدد کروموزومی (فرضی)	یاخته $2n=4$ ($AaBb$)
دارد	۸	۴	۴	کم	۲	کروماتین	$AaBb$	$2n=4$	G_1, G_0
ندارد	۱۶	۸	۴	کم	۲	کروماتین	$AaBb$	$2n=4$	S
دارد	۱۶	۸	۴	کم	۴	کروماتین	$AaBb$	$2n=4$	G_2
ندارد	۱۶	۸	۴	دارد	۴	کروماتین و کروموزوم	$AaBb$	$2n=4$	پروفاز
ندارد	۱۶	۸	۴	دارد	۴	کروموزوم	$AaBb$	$2n=4$	پرماتافاز
دارد	۱۶	۸	۴	حداکثر فشردگی دارد	۴	کروموزوم	$AaBb$	$2n=4$	متافاز
ندارد	۱۶	۸	۸	دارد	۴	کروموزوم	هر قطب $AaBb$ کل یاخته $AAaaBBbb$	$4n=8$ $(\text{هر قطب } 2n=4)$	آنافاز
ندارد	۱۶	۸	۸	ابتدا دارد در انتهای کم می‌شود.	۴	کروموزوم و در آخر کروماتین	هر هسته $AaBb$	دو تا هسته $2n=4$	کل یاخته تلوفازی
ندارد	۸	۴	۴	ابتدا دارد در انتهای کم می‌شود.	۲	در آخر کروماتین	$AaBb$	$2n=4$	هر هسته تلوفاز
ندارد	۸	۴	۴	بسیار کم	۲	کروماتین	$AaBb$	$2n=4$	هر یاخته دختر

تنظیم مقدار تقسیم یاخته‌ای

بیان مفهومی

در این قسمت می‌خواهیم به بررسی عواملی پردازیم که سبب کم یا زیاد یا متوقف کردن تقسیم در یک یاخته می‌شوند. مثلاً می‌خواهیم بینیم چرا یاخته‌های عصبی دستگاه عصبی به ذرات تقسیم می‌شوند. چرا یاخته‌های مریستمی گیاهان یا یاخته بنیادی مغز استخوان انسان که سرعت تقسیم بسیار زیادی دارند، در برخی شرایط نامساعد یا افزایش بیش از حد تعداد یاخته‌ها از مقدار تقسیم خود می‌کاهند یا آن را متوقف می‌کنند؟ در آخر به دنبال این هستیم که عوامل تنظیم‌کننده سرعت و تعداد تقسیم یاخته را بررسی کنیم و به دنبال این باشیم که چرا در ایجاد یاخته‌های سرطانی، تنظیم تقسیم یاخته‌ها به هم می‌خورد؟

عوامل شیمیایی تنظیم تقسیم یاخته‌ای



تنظیم سرعت تقسیم یاخته‌ها می‌تواند در اثر عوامل محیطی یا مواد شیمیایی تغییر کند. مثلاً از سال قبل به یاد دارید که اگر مقدار اکسیژن محیط و اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها کم شود عواملی مثل هورمون اریتروپویتین (پیکت شیمیایی دوربردا) در کبد و کلیه‌ها بیشتر تولید می‌شود که با اثر بر مغز استخوان، تولید گویچه قرمز را زیاد می‌کند تا اکسیژن کم موجود در محیط را نیز جذب کند.

پروتئین‌های تنظیم‌کننده تقسیم یاخته‌ای

در یاخته، انواعی از پروتئین‌ها وجود دارند که با فرایندهای متنوع سبب افزایش تقسیم یاخته‌ای یا در شرایط خاصی مانع تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. (همانند پالر چزو و ترمزمایلین عمل می‌کنند).

مثال: در گیاهان اگر محلی دچار زخم شود، نوعی **عامل رشد** ایجاد می‌شود که به کمک تقسیم بافت پاراژنیمی، ایجاد یک توده یاخته‌ای برای ممانعت از نفوذ میکروب به محل آسیب دیده می‌کند یا مثلاً نوعی دیگر از **عامل رشد** در پوست **زیر** محل زخم انسان تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم، سرعت بیهوش زخم را افزایش می‌دهد.

نکته از زیست دهم به یاد دارید که وقتی گیاه **زخمی** می‌شود، تقسیم یاخته‌های **پاراژنیمی** سبب **ترمیم زخم** می‌شود. البته بافت‌های آسیب دیده گیاه، هورمون اتنیلن نیز که نوعی ماده شیمیایی است ترشح می‌کنند که در فصل انتهایی این کتاب به آن می‌پردازیم.

- **معمولًاً** تقسیم سریع دارند.
- در شرایط مساعد **سرعت تقسیم خود را کاهش داده** یا متوقف می‌کنند.
- در افزایش بیش از حد یاخته‌ها **در شرایط نامساعد محیطی** یاخته‌های مغز استخوان یا مریستم گیاهان

نقاط وارسی تنظیم چرخه یاخته‌ای

همان‌طور که بارها ذکر کردیم در چرخه یاخته‌ای، سه نقطه وارسی اصلی در آخ مراحل G_1 , G_2 و متألفاً وجود دارد که اعمال مراحل خود را کنترل می‌کنند و به یاخته اطبینان می‌دهند که مرحله قبل کامل شده و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده شده‌اند. (نگار می‌کنید که نقطه وارسی متعدد که در پیش زده یاخته وجود دارد و لیکن در درس و سوالات تستی فقط این سه نقطه را بررسی می‌کنند).

● انواع نقاط وارسی اصلی و نکات آن

۱) نقطه وارسی انتهای G_1 ، یاخته را از **سلامت DNA** خود و آمادگی آن برای همانندسازی در مرحله ۵ مطلع می‌کند. اگر DNA یاخته آسیب دیده باشد و این آسیب اصلاح نشود، **فرایند مرگ یاخته‌ای** به صورت برنامه‌ریزی شده اتفاق می‌افتد تا یاخته اختلال دار در بدن زیاد نشود.

نکته از فصل قبل (اینست) به یاد دارید که **مرگ یاخته‌ای** فرایندی است که در نوع برنامه‌ریزی شده آن، لنفوسيت‌های کشنده طبیعی و لنفوسيت T نقش دارند. لنفوسيت کشنده طبیعی در دفاع غیراختصاصی (سرمه) ولی لنفوسيت T در دفاع اختصاصی یعنی در سد سوم مؤثر هستند. در هر دو سد دفاعی پروفورین و آنزیم تخریب کننده اجزای یاخته‌ای فعال می‌شوند (ابته مذکور است که یاخته مقدار **مرگ برنامه‌ریزی** را شنیده باشد ولی که در مرور لنفوسيت صحبت کرده است).

۲) نقطه وارسی انتهای **مرحله G_1** . عوامل تولید کننده دوک تقسیم یعنی **سانتریول‌ها** را فراهم می‌کند دوک در شروع میتووز به درستی انجام شود و سایر عوامل لازم برای میتووز یعنی شروع تقسیم هسته را بررسی می‌کند. در حقیقت این نقطه وارسی اجازه ورود یاخته به مرحله تقسیم و فشرده شدن کروماتین را می‌دهد (نگار می‌کنید که در این مرحله هنوز دوک به صورت رشته‌ای بیرون نشده است ولی عوامل مرور نیز برای تشكیل شدن آن فراهم شده است).

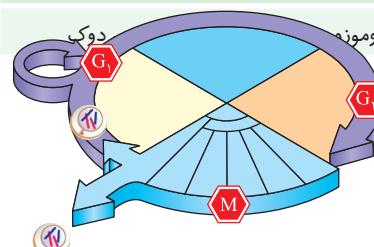
۳) نقطه وارسی **آخر متألفاً**: اتصال کروموزوم‌های قطور به دوک تقسیم و قرارگیری آنها در **استوای یاخته** را بررسی می‌کند و اجازه جدا شدن کروماتیدها از هم در مرحله آنافاز را صادر می‌کند.

نکته در مراحل دارای سه قسم نقاط وارسی اصلی، یاخته با تولید و فعل کردن **پروتئین‌هایی** بر عملکرد تقسیم خود و چرخه یاخته‌ای نظارت و کنترل می‌کند.

نقطه وارسی	اطمینان از کامل شدن	آماده بدن عوامل لازم
انتهای G_1	سلامت DNA G_1 و رشد یاخته	برای همانندسازی DNA در S
انتهای G_2	همانندسازی DNA و تولید سانتریول	برای تولید دوک و مراحل تقسیم
انتهای متألفاً	قرارگیری کروموم	برای جدا شدن کروموزوم‌ها در آنافاز

نقطه وارسی (G_1) یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند. اگر دنا آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.

اگر پروتئین‌های سازنده دوک تقسیم یا عوامل لازم برای میتووز فراهم نباشد، نقطه وارسی (G_2) اجازه عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.



نقطه وارسی متألفاً برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

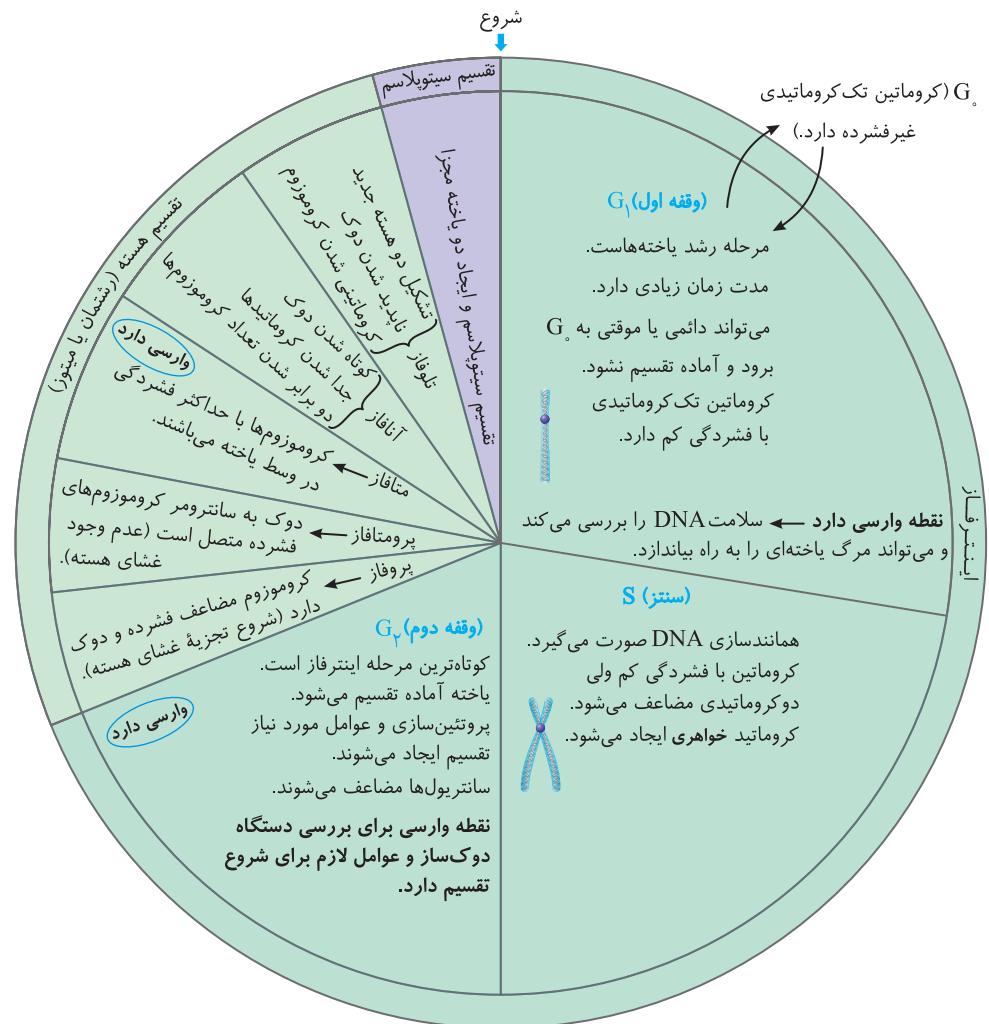
«نقاط وارسی در چرخه یاخته»

چرخهٔ یاخته‌ای در یک نگاه



نمره

IV



نکته چرخهٔ یاخته، در کل دو مرحله اول (ایشفر) و دوم (تقسیم) دارد ولی هرکدام از آن‌ها دارای مراحل کوچک‌تری مثل G₁, G₂ و میتوز، تقسیم و ... سیتوپلاسم می‌باشند.

اختلالات در سرعت تقسیم یاخته‌ای

تومور

یاخته‌های بدن طی تقسیم شدن زیاد می‌شوند و با مرگ یاخته‌ای کاهش می‌یابند.

اگر در بخشی از بدن یا بافت، **تعادل** بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته به نفع تقسیم یاخته به هم بخورد سبب **ایجاد تومور** می‌شود. هر نوع تومور، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده، غیرعادی و کنترل نشده ایجاد شده است که به دو نوع خوش‌خیم و بدخیم تقسیم‌بندی می‌شود.

● (الف) تومور خوش‌خیم

نوعی از تومورها هستند که **مجموعه‌آنقدر بزرگ نمی‌شوند** که به **بافت‌های مجاور** خود آسیب برسانند. در این تومورها **رشد گمی** دیده می‌شود و یاخته‌ها در جای خود می‌مانند و در بدن منتشر نمی‌شوند. در **برخی موارد** اگر اندازه این تومورها از حدی بزرگ‌تر شود می‌تواند سبب اختلال در اعمال طبیعی اندام شود.



«تومور خوش‌خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج»

مثال: لیپوما نوعی از انواع تومورهای خوش‌خیم است که با افزایش یاخته‌های چربی و تشکیل توده یاخته‌ای در افراد ایجاد می‌شود که در افراد **بالغ** متداول می‌باشد (دوستان کنکوری همین کلمه **بالغ** بسیار مهم است و از آن به سادگی عبور نکنید. می‌تواند در تست اعلام کند افرادی با محدوده سنی که شیوع این تومور زیاد است ... و از آن حتی در تولید صفحات رشد، بلوغ جنسی و ... سوال طرح کند).

● ب) تومور بدخیم (سرطان)



«ملانوما: نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست»

این تومور در اثر **رشد بسیار زیاد** یاخته‌ها و حمله آن‌ها به **بافت‌های مجاور** صورت می‌گیرد. این گروه قدرت **متاستاز** (کلرنتین) دارند یعنی قسمتی از یاخته‌های تومور جدا شده و می‌تواند از راه خون یا اغلب از راه لنف به نواحی دیگر بدن بروند و در آنجا نیز پس از استقرار رشد کرده و تومور ایجاد کنند.

در نتیجه **متاستاز** تومور بدخیم، فعالیت اندام‌های مختلف بدن مختلط می‌شود.

مثال: ملانوما نوعی تومور بدخیم به صورت خال رنگی یا همان یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست می‌باشد (دقت کنید که لیپوما قدرت متاستاز ندارد).

مثال:

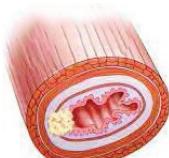


همان تومورهای بدخیم می‌باشند که علت اصلی آن **از کنترل خارج شدن چرخه یاخته‌ای** در اثر **برخی تغییرات در ماده ژنتیک** یاخته می‌باشد.

نکته

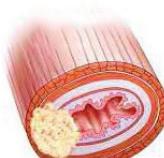
اشکال **نقاط وارسی** می‌تواند یاخته را بدون کنترل به مرحله بعدی ببرد و در نتیجه یاخته‌های نامناسب در بدن ایجاد کند. از دیاد این یاخته‌ها می‌تواند سبب سرطان شود.

● مراحل رشد و متاستاز یاخته سرطانی



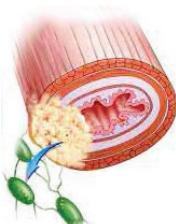
«یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.»

۱) وقتی یاخته‌ای سرطانی می‌شود (تومور بدخیم) می‌تواند به یاخته‌های دیگر آن **بافت حمله** کند. مثلاً در شکل مقابل می‌بینید که یاخته سرطانی مخاط به سایر یاخته‌ها و زیر مخاط نیز حمله کرده است ولی این رشد فراگیر در کل دیواره نبوده است و هنوز وارد لنف نیز نشده است.



«یاخته‌های تومور در بافت گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.»

۲) پس از مدتی یاخته‌های تومور سرطانی، در بافت و لایه‌های مجاور **گسترش** می‌یابند ولی در این مرحله هنوز به **دستگاه لنفی** مجاور ورود پیدا نکرده‌اند و متاستازی آغاز نشده است.



۳) برخی یاخته‌های سرطانی به **بخش‌های لنفی مجاور** محل ایجاد و تکثیر خود وارد می‌شوند تا در بدن پخش شوند (متاستزا) و در همین حال اندازه تومور سرطانی در محل اولیه بزرگ‌تر می‌شود.

نکته

متاستاز سرطان از مرحله سوم و با ورود یاخته سرطانی به قسمت **لنف از محیط داخلی** بدن آغاز می‌شود.

لازم به یادآوری است که: محیط داخلی بدن = آب میان بافتی + خون + لنف

«یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.»

۴) یاخته‌های سرطانی از طریق **لنف** به بافت‌های **دوقم** بدن می‌روند و در آنجا ابتدا **مستقر شده** و سبب سرطانی شدن یاخته‌های آن اندام یا بافت آن می‌شوند و به همین ترتیب از راه لنف، به اندام مجاور سایر اندام‌های دورتر متاستاز می‌کنند.

به همین دلیل است که شاید بارها شنیده‌اید که فلان شخص سرطان مری در بالای دیافراگم دارد ولی آن سرطان در کبد و طحال که در زیر دیافراگم هستند نیز پخش شده است.

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

تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعدد و گاه ترکیبی از روش‌ها برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد.

روش‌های تشخیصی برای سرطان

● بیوپسی یا بافت‌برداری

روشی است که در آن همه یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته و بررسی می‌شود.

نکته

آزمایش خون و بررسی آنتیزن‌های خاص به شناسایی سرطان کمک می‌کند.

● روش‌های رایج درمان سرطان

(۱) جراحی ← برداشتن بافت سرطانی می‌باشد.

(۲) شیمی‌درمانی ← با استفاده از پرخی داروها سبب سرگوب تقسیم یاخته‌های سرطانی در همه جای بدن می‌شود.

(۳) پرتودرمانی ← در این روش یاخته‌هایی که سرطانی شده‌اند و سرعت تقسیم بالایی دارند، به طور مستقیم تحت اثر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند تا جلوی تقسیم آن‌ها گرفته شود.

نکته

در روش‌های پرتودرمانی و شیمی‌درمانی ممکن است یاخته‌های مغز استخوان، فولیکول مو و پوشش مخاط دستگاه گوارش آسیب بینند.

نکته

شیمی‌درمانی هر نوع سرطانی، سبب مرگ یاخته‌های پوشش لوله گوارش، فولیکول مو و مغز استخوان شده و از عوارض جانبی آن‌ها می‌توان به ریزش مو، تهوع و خستگی اشاره کرد.

نکته

بعضی افرادی که تحت تأثیر پرتودرمانی با تابش‌های شدید یا شیمی‌درمانی قوی شده‌اند ممکن است مغز استخوان خود را از دست بدهند و برای ساخت یاخته‌های خونی باید برای آن‌ها پیوند مغز استخوان انجام داد.

عوامل مؤثر در سرطان‌زاگی

الف) عوامل وراثتی

ب) عوامل محیطی

● الف) عوامل وراثتی

همان‌طور که بارها گفته‌تم تنظیم چرخه یاخته‌ای و مرگ یاخته‌ها با پروتئین‌ها و نقاط وارسی می‌باشد. از آنجا که هر پروتئینی در اصل از روی زن، رمزگردانی و ساخته می‌شود، پس واضح است که اشکال دهنده (جحضر) سبب عدم تولید پروتئین مناسب و کافی شده است و ایجاد سرطان می‌کند. در حال حاضر زن‌های زیادی در بروز سرطان شناسایی شده‌اند و بیشتر علت سرطان در برخی جوامع مسئله وراثتی می‌باشد.

● ب) عوامل محیطی

عوامل محیطی همانند تابش‌های فرابنفش، مواد شیمیایی موجود در برخی آلاینده‌های محیطی، دخانیات و دود خودروها با تغییر در ساختار DNA می‌توانند سرطان‌زاگی کنند. همچنین بدخی و بروزها، پرتوها، مواد شیمیایی مثل غذای دودی شده (گلشت و هصری)، قرص‌های ضد بارداری، نوشیدنی‌های الکلی نیز در بروز سرطان مؤثرند.

نکته

در زیست دوازدهم می‌آموزید که سدینم نیتریتی که به مواد گوشتی مثل سوسیس و کالباس می‌زنند تا دوام آن را زیاد کنند به خودی خود سرطان‌زا نیست ولی در شرایطی می‌تواند به موادی تبدیل شود که آن مواد سرطان‌زا می‌باشند.

انواع مرگ یاخته‌ای

● الف) مرگ تصادفی

در اثر عوامل محیطی مثل مصرف الکل یا بیدگی، یاخته‌ها یا حتی بافت‌ها می‌توانند آسیب بینند و از بین بروند که به این حالت بافت‌مردگی (Necrosis) و مرگ تصادفی یاخته‌ای می‌گویند. مثلاً در زیست دوازدهم می‌خوانیم که مصرف الکل به تدریج سبب نکروز کبدی و بافت‌مردگی آن می‌شود.

● ب) مرگ برنامه‌ریزی شده (Apoptosis)

در این نوع مرگ یاخته‌ای، یک سری فرایندهای دقیق و برنامه‌ریزی شده در برخی یاخته و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایندها با رسیدن عالمی به یاخته آغاز می‌شوند و طی چند ثانیه، پروتئین‌های تخریب‌کننده‌ای در یاخته فعال می‌شوند که شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

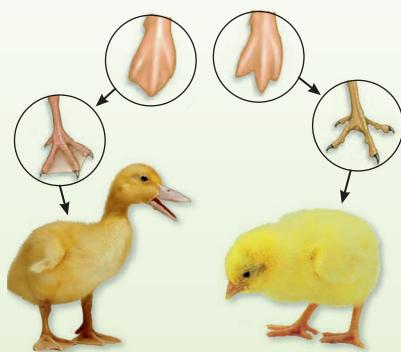
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ مرگ برنامه‌ریزی شده می‌تواند در اثر یاخته‌های لنفوسیت کشنده طبیعی و لنفوسیت T رخ می‌دهد که در هر دو یاخته ابتدا پروفورین سبب ایجاد منفذ در یاخته مورد نظر شده و سپس آنزیم‌های درونی فعال شده در یاخته سبب مرگ سریع یاخته می‌شوند.

۲ مرگ برنامه‌ریزی شده در **بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص** ایجاد می‌شود.

۳ **حذف یاخته‌های اضافی** در پرده‌های بین انگشتان جنین نمونه‌ای از مرگ برنامه‌ریزی شده برای نمو جاندار می‌باشد که مثلاً در برخی پرنده‌گان وجود دارد و در برخی انجام نمی‌شود پس مرگ برنامه‌ریزی شده نباید قطعاً برای یک یاخته آسیب‌دیده صورت بگیرد بلکه می‌تواند یاخته‌های سالم اضافی را نیز برای تمایز از بین برنده.

۴ اگر مدت زمان زیادی در معرض پرتوهای نور خورشید که حاوی **اشعة فرابنفش** هستند قرار بگیریم، ممکن است آسیب به DNA یاخته‌های پوست در اثر آفات سوختگی ایجاد شود و یاخته‌های سرطانی با سرعت تقسیم زیاد به وجود بیایند. بدن در این شرایط پروتئین‌هایی می‌سازد که با از بین بردن یاخته‌های آسیب‌دیده پوستی آن‌ها را حذف کرده و با مرگ برنامه‌ریزی شده مانع ایجاد سرطان در بدنه می‌شود. در واقع نور خورشید آن‌ها را نمی‌کشد، خود یاخته‌هایی هستند که فدایکاری و خودکشی می‌کنند تا اگر سرطانی شدند، بقیه آسیب نبینند.



«حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرنده‌گان در اثر مرگ برنامه‌ریزی شده»

درستنامه

شروع

میوز و تولیدمثل جنسی



یادآوری

از علوم هشتم به یاد دارید که:

وجود یک والد برای آن کافی است.

فرزند کاملاً شبیه والد خود می‌باشد و همه ژن‌های آن را دارد.

در جانداران پریاخته‌ای و تکیاخته‌ای رخ می‌دهد.



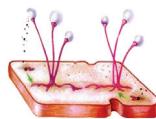
بacterی در حال
دو نیم شدن



یاخته‌های مخمر و
جوانه‌های متصل به آنها



از هر قطعه خزه، خزه
دیگری رشد می‌کند.



مراحل رشد کپک

۱) دو نیم شدن در bacterی‌ها (تقسیم (وتاییر)

۲) جوانه زدن: در قارچ مخمر نان دیده می‌شود.

۳) قطعه قطعه شدن: در سیب زمینی و خزه

دیده می‌شود.

۴) هاگزایی: در اغلب قارچ‌ها دیده می‌شود.

انواع تولیدمثل

غیرجنسی

انواع

این تولیدمثل فاقد تقسیم میوز و ایجاد یاخته جنسی و یاخته زیگوت می‌باشد.

در برخی جانداران نوع خودلذاحی و بکرزایی آن با یک والد صورت می‌گیرد.

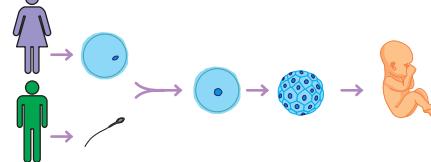
در اغلب موارد وجود دو والد (نزومهار) لازم می‌باشد.

به تقسیم میوز، تولید یاخته جنسی و ایجاد زیگوت نیازمند است.

در این تولیدمثل هسته‌های دو یاخته جنسی (یاخته جنسی) با هم ترکیب می‌شوند.

در جانداران تکیاخته‌ای و پریاخته‌ای دیده می‌شود.

فرزندان تقریباً هیچ گاه کاملاً به والدین خود شبیه نیستند و به طور معمول٪ ۵۰ ژن‌های هر والد خود را به ارث می‌برند.



تقسیم میوز (کاستمن)

نوعی تقسیم برای یاخته‌های زوج ۷ زایشی می‌باشد (۲۷، ۴۷، ۶۷ و ...) که وزره تولیدمثل جنسی بوده و همواره دو مرحله تقسیم متوالی دارد. محصول نهایی میوز در گیاهان و برخی جلبک‌ها یاخته‌ای به عنوان هاگ می‌باشد که اسم آن در کتاب شما ذکر نشده است ولی در جانوران یاخته جنسی ایجاد می‌کند.

نکته

یاخته حاصل از میوز، دیگر هیچ گاه توانایی میوز کردن دوباره را ندارد بلکه اگر در گیاهان باشد، وارد چرخه میتوز می‌شود ولی اگر یاخته جنسی باشد (بجز

برخی تفکله در بکرزایی)، لفاح می‌کند.

نکته

در فصل بعد می‌خوانید که در زنبور عسل ماده، یاخته‌های تخمک حاصل از میوز یا لفاح می‌کنند و زنبور ماده ایجاد می‌کنند.

یا میتوز کرده و با بکرزایی به زنبور نر تبدیل می‌شوند.

اینترفاز قبل از میوز

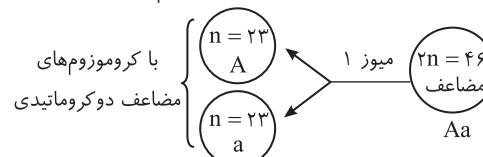
در تقسیم میوز نیز همانند میتوز، قبل از شروع تقسیم یک مرحله اینترفاز، سه قسمت G_1 ، S و G_2 وجود دارد. همانند چرخه حاوی میتوز، کروماتین‌ها در مرحله S مضاعف می‌شوند و ماده ژنتیکی یاخته دو برابر می‌شود. لازم به ذکر است که درین تقسیم میوز ۱ و ۲ اینترفاز و دو برابر شدن ماده ژنتیکی وجود ندارد.

میوز

میوز دارای دو مرحله کلی میوز ۱ و ۲ می‌باشد که هر کدام حاوی مراحل پروفاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز می‌باشد (میوز خاصه مرحله پروفاز و متافاز می‌باشد).

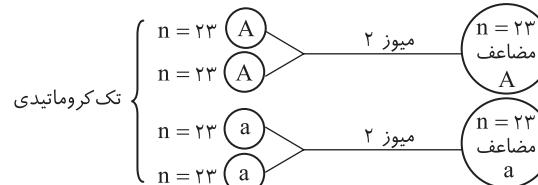
در این مرحله کاهش عدد کروموزومی رخ می‌دهد.

- از یاخته زاینده دیپلوئید (۲۷) با کروموزوم‌های مضاعف در نهایت دو یاخته هاپلولئید (n) با کروموزوم‌های مضاعف ایجاد می‌شود که غالباً از نظر ژنتیکی با هم متفاوتند.



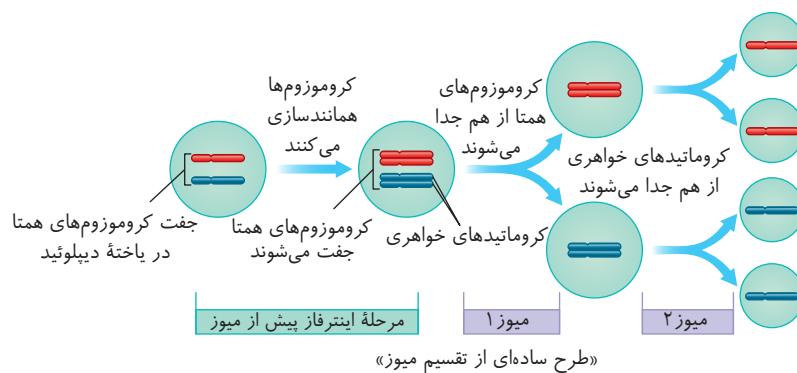
بررسی کلی میوز ۲۷ یاخته

- این مرحله بسیار شبیه میتوز در دو یاخته هاپلولئید می‌باشد.
- در پایان این مرحله مجموعاً چهار یاخته هاپلولئید تک کروماتیدی ایجاد می‌شود.
- یاخته‌های حاصل دو به دو به هم شبیه هستند.
- در صورت انجام گرفتن کراسینگ اوور، هر چهار یاخته می‌توانند با هم متفاوت باشند. کراسینگ اوور را در سال بعد من خوانم).
- یاخته‌های حاصله حتی اگر زوج آن باشند دیگر قدرت انجام میوز دیگری را ندارند ولی در گیاهان قدرت میتوز دارند و در جانوران اگر یاخته جنسی شوند قدرت لفاح دارند.
- در جانوران، فقط در زنوب ماده برخی یاخته‌های حاصل از میوز یعنی برخی تخمک‌های آن‌ها قدرت میتوز و ساخت زنوب نر هاپلولئید را دارند (بلزایس ضلع بعد).



خلاصه کل میوز

در تقسیم میوز، معمولاً از یک یاخته ۲۷ مضاعف در نهایت چهار یاخته ۷ تک کروماتیدی که دو به دو به هم شبیه‌اند ایجاد می‌شود. البته لازم به توجه است که مثلاً اگر یاخته اولیه به صورت مثلاً ۶۷ باشد، یاخته‌های حاصله ۲۷ تک کروماتیدی خواهد شد چون میوز در یاخته‌های مربوط به تولید مثل جنسی که زوج ۷ کروموزومی باشند، رخ می‌دهد. به طور مثال در بدن انسان، فقط اسپرماتوسیت اولیه و اووسمیت اولیه قدرت میوز دارند یا در گیاهان گل دار، یکی از یاخته‌های پارانشیم خورش تخمک یا هر یاخته کیسه‌گرده، قدرت میوز دارند.



«طرح ساده‌ای از تقسیم میوز»

نکته

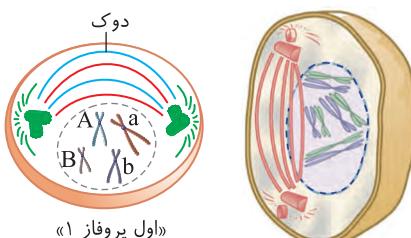
در میوز ۱ و ۲ پس از تقسیم هسته باید تقسیم سیتوپلاسم رخ دهد. البته قبل از شروع تقسیم میوز ۱ نیز همانند میتوز، فقط یک مرحله اینترفاز رخ می‌دهد.

بررسی مراحل میوز ۱ یاخته (AaBb) ۲۷=۴

میوز ۱

● پروفاز ۱

در این مرحله همانند پروفاز میتوز، واقعی مثل فشرده شدن کروموزومها، جدا شدن جفت سانتریولها، از بین رفتن تدریجی غشای هسته و شبکه آندوپلاسمی متصل به آن و تشکیل دوک صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که تمامی وقایع مرحله پرمتافاز میتوز، مثل ایجاد طویل‌ترین دوک، ناپدید شدن غشای هسته و اتصال دوک به سانترومر کروموزوم‌های مضاعف فشرده نیز در این مرحله رخ می‌دهد.

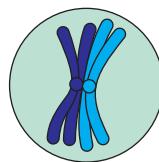


اول پروفاز ۱

نکته در میوز مرحله پرمتافاز وجود ندارد.

● تشکیل تتراد

مهم‌ترین تفاوت میتوز و میوز، در وسط مرحله **پروفاز میوز ۱** اتفاق می‌افتد. در این مرحله هر دو کروموزوم **همتا** (حصه‌های) از طول کنار هم قرار می‌گیرند و ضمن فشرده شدن، ساختار **چهارکروماتیدی** دو سانترومری به نام تتراد تشکیل می‌دهند. هر تتراد حاوی دو کروموزوم مضاعف، دو سانترومر، چهار کروماتید و مولکول دنا و ۸ رشته پلی‌نوکلئوتید می‌باشد.



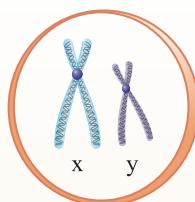
طرح ساده‌ای از یک تتراد

نکته تشکیل تتراد به فشرده شدن کروموزوم‌ها نیز کمک می‌کند. تترادها از ناحیه سانترومر از دو طرف به دوک متصل می‌شوند (به هر تتراد دو زیرلوله رُوک از رو تطبیق خشم متصل می‌شود). در حقیقت به هر سانترومر آن‌ها یک دوک متصل است.

نکته همواره در هر میوز، تعداد تتراد با نصف تعداد کروموزوم یاخته اولیه برابر است. یعنی اگر یاخته‌ای ۲۷=۴۸ باشد، به تعداد ۲۴ عدد تتراد و اگر ۴۷=۴۸ باشد، باز هم ۲۴ عدد تتراد تشکیل می‌دهد. چون تتراد قرارگیری طولی دو کروموزوم مضاعف به صورت ۴ کروماتید و مولکول DNA و ۸ رشته نوکلئوتیددار می‌باشد.

مثال: می‌دانید چرا گونه‌های مختلف اگر هم بتوانند در برخی حالات با هم لفاح کنند و بچه‌دار شوند، فرزند آن‌ها در اغلب موارد عقیم خواهد بود؟

پاسخ: کروموزوم‌های **دو گونه مختلف شکل و ساختار، متفاوتی** دارند (حصه اگر تعداد ریکنی را داشته باشند). حال اگر دو گونه مختلف مثل اسب (۲۷) و الاغ (۲۸) با هم آمیزش کنند، فرزندی از آن‌ها به نام قاطر (۲۷) ایجاد می‌شود که یک مجموعه از کروموزوم اسب و یک مجموعه از کروموزوم الاغ را دارد. این فرزند زیستا بوده، با میتوز رشد می‌کند و حتی می‌تواند از والد خود نیز بزرگ‌تر شود ولی فرزندی نازا یا عقیم است و قدرت تولید یاخته جنسی و تولیدمثل جنسی برای ایجاد نسل بعد را ندارد. دلیل نازابی آن این است که چون کروموزوم‌های آن همتا با هم‌ولوگ نیستند و نمی‌توانند در مرحله پروفاز ۱ هم‌دیگر را بپیدا کرده و تتراد تشکیل دهند، به همین دلیل جدا شدن کروموزوم و تشکیل یاخته جنسی در آن‌ها صورت نمی‌گیرد و عقیم هستند (**نه تنیده اما طریق گونه جدید نیست بلکه روگاهی نزاوی ریست با حدرت میتوز من باشد**).



نکته با توجه به تعریف تتراد که جفت شدن **طولی** کروموزوم‌های **همتا** می‌باشد، در جانوران نری که کروموزوم جنسی X و Y دارند جفت کروموزوم جنسی آن‌ها با هم همتا نمی‌باشند و ساختار بکسانی ندارند. آیا آن‌ها نیز تتراد تشکیل می‌دهند؟ البته در پاسخ به این سؤال بین مدرسین اختلاف نظر وجود دارد ولی نظر من با توجه به متن کتاب درسی این است که این دو کروموزوم غیرهمتا، در پروفاز ۱ هم‌دیگر را بپیدا می‌کنند و آرایشی شبیه تتراد ایجاد می‌کنند ولی نباید آن را با توجه به تعریف کتاب، تتراد بدایم بلکه فقط یک آرایش تترادگونه دارند. چون کتاب درسی تتراد را قرارگیری طولی کروموزوم‌های **همتا** معرفی کرده است. پس در تقسیم میوز، افراد XX همواره یک ساختار چهارکروماتیدی با کروموزوم‌های همتا بیشتر از افراد XY هم‌گونه خود تشکیل می‌دهند ولی تعداد انواع آرایش تترادی آن‌ها که می‌توانند در استوای متافاز ۱ قرار بگیرند یکسان است.

خطر: توجه کنید که اگر در تست‌ها مثلاً برای تعداد تتراد مرد سؤال کرد اگر جواب ۲۲ درگزینه‌ها نبود همان ۲۳ را بزنید!! که البته خداروشکر قراره سوالات عددی اصلاً مطرح نشه!!!

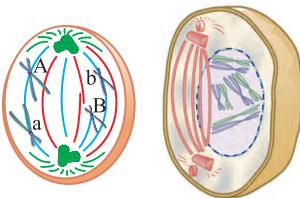
مثال: بهطور طبیعی مردان و زنان ساختار چهارکروماتیدی با کروموزوم‌های همتا در تشکیل می‌دهند.

- (۱) ۲۲ - ۲۲ - یک میوز یاخته زاینده جنسی
- (۲) ۲۲ - ۲۳ - یک میوز یاخته زاینده جنسی
- (۳) ۲۲ - ۲۳ - کروموزوم‌های غیرجنسی یاخته زاینده جنسی

- (۱) ۲۲ - ۲۲ - کروموزوم‌های غیرجنسی یاخته پوست
- (۲) ۲۲ - ۲۳ - یک میوز یاخته زاینده جنسی
- (۳) ۲۲ - ۲۳ - یک میوز

پاسخ: گزینه (۲) صحیح است. مرد وزن هر دو دارای ۴۶ کروموزوم می‌باشند و در میوز که مخصوصاً یاخته زاینده جنسی است در این کروموزوم‌های غیرجنسی ۲۲ تتراد تشکیل می‌دهند. مردان دارای دو کروموزوم جنسی X و Y غیرهمتاً می‌باشند که در بروفاز ۱ کنار هم می‌آیند ولی تتراد به حساب نمی‌آیند ولی زنان جفت کروموزوم جنسی همتا XX دارند که یک تتراد علاوه بر ۲۲ تتراد کروموزوم‌های غیرجنسی خود تشکیل می‌دهند.

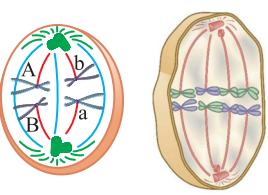
● شکل نهایی پروفاز ۱ یاخته = ۲۷=۴ (فرض کنید دو صفت با دستورالعمل AaBb را بررسی می‌کنیم.)



DNA	رشته نوکلئوتیددار	کروماتید =	کروموزوم	سانتروم	ژنوتیپ	یاخته
۱۶		۸	۲	۴	AaBb	۲۷=۴

● متافاز ۱

در این مرحله تترادها به هر آرایشی که تمایل دارند در استوای یاخته به حد اکثر فشرده‌گی **کنار هم** قرار می‌گیرند که فقط **به بخش** رشته‌های دوک به سانتروم آنها متصل می‌باشند. در این مرحله به حسب نوع قرارگیری تترادها، استوای متافاز، نوتکیی و یاخته‌های جنسی متنوع در آخر میوز به وجود می‌آید که در مورد آن جلوتر توضیح می‌دهم (ولی دقت کنید که هر میوز فقط یک حالت آرایش تتراد برای کروموزوم‌ها که آن در وسط یاخته متفاوت است).

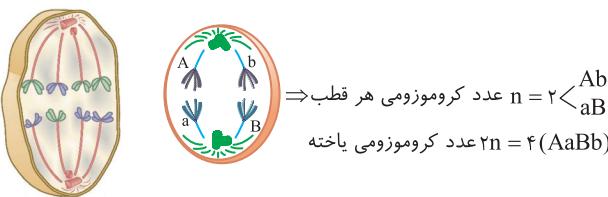


نکته: قرارگیری متنوع تترادها در استوای متافاز ۱ میوز، باعث می‌شود که بدون ایجاد جهش، هر میوز بتواند یاخته جنسی جدید و متنوعی نسبت به میوز قبلی ایجاد کند. این مرحله زمینه‌ساز تنوع در جمعیت‌ها و خانواده‌ها می‌شود که بقای یک گونه را می‌افزاید.

رشته نوکلئوتیددار	کروماتید	کروموزوم	ژنوتیپ	یاخته
۱۶	۸	۴	AaBb	۲۷=۴

● آنافاز ۱

در این مرحله رشته‌های دوکی که به سانتروم‌های کروموزوم‌های همتا متصلند از دو طرف به سمت قطب یاخته **گوتاهتم** می‌شوند و برخلاف میتوز کروموزوم‌های همتا را به سوی قطبین یاخته می‌برند. در این حالت هر قطب یاخته نصف تعداد کروموزوم یاخته اولیه را دارد ولی همچنان کروموزوم‌ها، مضاعف و فشرده می‌باشند و عدد کروموزومی کل یاخته تغییری نکرده است.

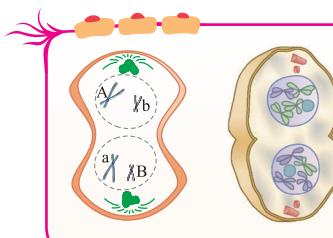


نکته: دقت کنید که در آنافاز میوز ۱ سانتروم‌های قدیمی تتراد از هم جدا می‌شوند و جدا شدن کروموزوم‌ها از هم با تجزیه پروتئین اتصالی سانترومی که در آنافاز میتوز بود صورت **نمی‌گیرد** ولی مکانیسم کوتاه شدن دوک آنها همانند آنافاز میتوز است.

رشته نوکلئوتیددار در DNA	DNA =	کروماتید	کروموزوم	سانتروم	یاخته
۱۶		۸	=۴	=۴	۲۷=۴

● تلوفاز ۱

در این مرحله **وقایع عکس پروفاز ۱ اتفاق می‌افتد** یعنی **دوگها از بین می‌روند** و دوباره دو تاغشای هسته در اطراف کروموزوم‌های مضاعف هر قطب یاخته تشکیل می‌شود. در این مرحله یک یاخته با دو هسته هایلوفید مضاعف ($n=2$) ایجاد می‌شود که هر کدام یک جفت سانتروم دارد و کروموزوم‌ها برخلاف تلوفاز میتوز به صورت مضاعف می‌باشند ولی هر هسته به تعداد نصف یاخته اولیه کروموزوم دارد.



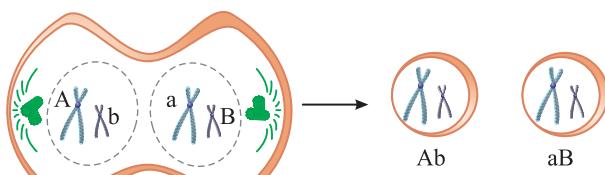
نکته: یاخته موجود در مرحله تلوفاز ۱ تا قبیل از تقسیم سیتوپلاسم به همان تعداد یاخته اولیه شروع کننده تقسیم کروموزوم و ماده وراثتی دارد ولی در دو هسته این مواد وراثتی به صورت نصف نصف پخش شده‌اند.

نکته: در پایان این مرحله معمولاً غشای یاخته چین می‌خورد و تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود و نتیجه میوز ۱ ایجاد دو یاخته با کاهش عدد کروموزومی می‌باشد.

رشته نوکلئوتیددار در DNA	DNA =	کروماتید	کروموزوم = سانتروم	هر هسته
۸		۴	(Ab, aB)	$n=2$

رشته نوکلئوتیددار در DNA	DNA =	کروماتید	کروموزوم = سانتروم	کل یاخته تلوفاز ۱
۱۶		۸	۴	(AbBb) $2n=4$

وقة بین میوز ۱ و ۲

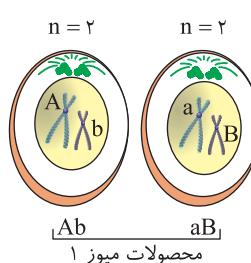


پس از پایان تلوفاژ ۱، اولین مرحله میوز نیز تمام می‌شود و **معموله با تقسیم سیتوپلاسم بر حسب نوع جاندار به صورت صفحه یاخته‌ای در گیاهان یا کمربند ابقاضی در جانوران**. دو یاخته هاپلئیدی مضاعف با فرمول **زنگی متفاوت ایجاد می‌شود** و در بین میوز ۱ و ۲ کروموزوم‌ها و DNA، همانندسازی نمی‌کنند. فقط در یاخته‌های جانوری سانتریول‌ها در این وقه دوباره مضاعف می‌شوند.

نکته

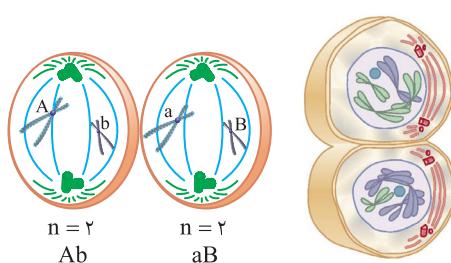
در فصل بعد می‌خوانیم که محصول میوز ۱ در مردان، دو یاخته با هسته و سیتوپلاسم هم حجم به نام اسپرماتوسیت ثانویه می‌باشد که ۲۳ کروموزوم مضاعف دارند. در زنان، میوز ۱ با تقسیم **سیتوپلاسم ناصاوی** همراه می‌باشد و یک اووسیت ثانویه $n=23$ مضاعف با سیتوپلاسم حجیم‌تر و یک گویچه قطبی اول $n=23$ مضاعف با سیتوپلاسم کم حجم ایجاد می‌شود. (دست کنید که هسته اووسیت ثانویه و گویچه قطبی اول کامل‌تر به هم منطبقند و ۲۳ کروموزوم مضاعف دارند).

نکته مهم‌ترین اتفاق در بین دو مرحله میوز ۱ و ۲ یاخته‌های جانوری، مضاعف شدن یا همانندسازی **سانتریول‌ها** هر یاخته حاصل از میوز ۱ می‌باشد.



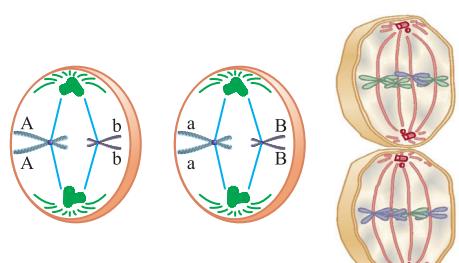
این مرحله بسیار شبیه مراحل میتوز می‌باشد و یاخته‌های حاصل از میوز ۱ از چهار مرحله پروفاز، متافاز، آنافاز و تلوفاژ عبور می‌کنند و از هر یاخته میوز ۱ در نهایت دو یاخته مشابه ایجاد می‌شود که هر کدام حاوی کروموزوم‌های تک کروماتیدی می‌باشند که نصف یاخته شروع کننده میوز کروموزوم دارند.

بررسی مراحل میوز ۲ یاخته ۴ اولیه با فرمول AaBb



همانند پروفاز و پرومتأفاز میتوز سانتریول‌ها از هم جدا شده و دوک در سیتوپلاسم تشکیل می‌شود. غشای هسته به تدریج ناپدید شده و رشته‌های دوک‌ها به کروموزوم‌ها متصل می‌شوند.

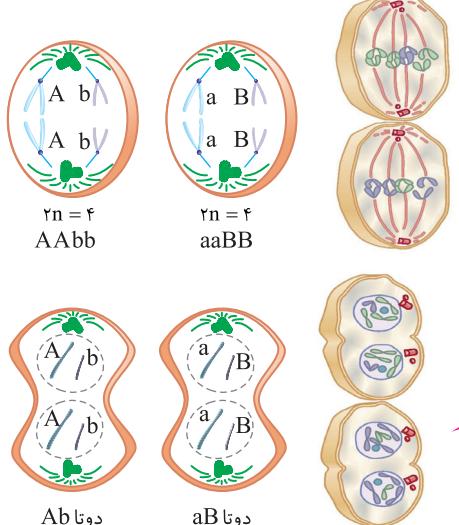
نکته فعالیت‌هایی که در **پروفاز و پرومتأفاز میتوز** رخ داده است در **پروفاز میوز ۲** نیز رخ می‌دهد و دقต کنید که میوز ۱ و ۲ فاقد مرحله‌ای به نام پرمتأفاز می‌باشند.



● **متافاز** کروموزوم‌های مضاعف بدون حالت تترادی با حداقل فشرده‌گی در استوای یاخته به دوک متصل می‌شوند (همانند متاباز میتوز).

پروفاز ۲ و متافاز	هر یاخته	کروموزوم = سانتروم	DNA	رشته نوکلئوتیددار	$n=2$
			۴	۸	

نکته یاخته‌های حاصل در مراحل پروفاز ۲ و متافاز ۲ به دو صورت Ab و aB وجود دارند.



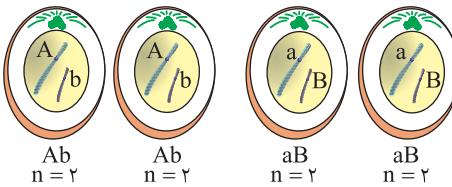
در این مرحله با کوتاه شدن رشته‌های دوک‌ها و عمل تجزیه پروتئین‌های اتصال در سانتروم، کروماتیدهای خواهی از هم جدا شده و هر یاخته دو برابر مرحله متافاز ۲ دارای کروموزوم می‌شود. هر قطب هاپلئید تک کروماتیدی است ولی هر یاخته ۲n کروموزوم تک کروماتید دارد که در همه صفات خالص (aaBB یا AAbb) می‌باشد (این در آینده ب ضایعه‌ی ۲n می‌گردید) اور آنها من شود که جدید را به همراه خود خواهد داشت اخلاقی بخواهی!.

آنافاز

در این مرحله رشته‌های دوک‌ها از بین رفته و دور کروموزوم‌های هر قطب یک غشای هسته تشکیل می‌شود (هر یاخته روشته‌ای من به شد). دو رشته‌های یاخته حاصل قبل از تقسیم سیتوپلاسم یا دو هسته Ab و یا دو هسته aB دارند.

نکته اگر یاخته شروع کننده میوز ۲، و بیشتر باشد، یاخته‌های انتهایی تقسیم، همگی در حالت عادی حاوی کروموزوم‌های همتا می‌باشند.

تقسیم سیتوپلاسم



پس از پایان تلوفاز ۲ تقسیم سیتوپلاسم رخ می‌دهد و در نهایت چهار یاخته تک کروماتیدی که دو بهدو به هم شبیه می‌باشند ایجاد می‌شود (روز یاخته Ab و روز یاخته aB).

نکته یاخته‌های حاصل از میوز، قطعاً با هر عدد کروموزومی که باشند، دیگر توانایی انجام میوز بعدی را ندارند ولی در گیاهان محصول میوز، یاخته یا یاخته‌هایی می‌باشند که قدرت رشد یا میتوز با ورود به اینترفاز دارند. در جانوران، محصول میوز یاخته‌های جنسی می‌باشند که معمولاً قدرت لقادارند.

نکته یک میوز کامل در مردان ۴ اسپرم یا یاخته جنسی نر همان‌دازه ایجاد می‌کند ولی در زنان یک یاخته جنسی ماده (تخصی) بزرگ و سه گویجه قطبی کوچک ایجاد می‌شود. (دست کنید که همه یاخته‌ها حاصله تعداد کروموزوم برابر دارند ولی تفاوت مدلن است در حجم سیتوپلاسم یاخته‌ها حاصله آتفاق یافتد).

نکته در تست‌ها دقت کنید که مثلاً اگر گیاهی مثل گل مغربی، تترابلولئید یا $4n$ بود، یاخته‌های حاصل از میوز آن به صورت $2n$ و حاوی کروموزوم‌های همتا می‌باشد، ولی این یاخته‌ها با اینکه $2n$ هستند، ولی بر دیگر قدرت میوز بعدی و ایجاد یاخته n را ندارند.

تفاوت‌های میتوز با میوز

۱) برای میتوز یاخته جانوری، سانتربیول‌ها یکبار در اینترفاز مضاعف و همانندسازی می‌شوند ولی برای میوز سانتربیول‌ها دو مرحله مضاعف شدن دارند. یکبار قبل از شروع میوز ۱ برای یاخته زاینده اولیه (در ایسپرم) و یکبار بین دو مرحله میوز ۱ و ۲ که برای دو یاخته حاصل از میوز ۱ صورت می‌گیرد. (یعنی برای میوز در سه یاخته سانتربیول هم مضاعف می‌شوند. یاخته‌ها که وارد میوز ۱ می‌شوند و یاخته‌ها که وارد میوز ۲ می‌شوند).

۲) در پروفاز ۱ میوز برخلاف پروفاز میتوز، تتراد تشکیل می‌شود.

۳) در متافاز ۱ میوز برخلاف متافاز میتوز، آرایش کروموزوم‌های تترادی در استوای یاخته و در دوازده قرار می‌گیرند (اما در میتوز به دلیل نبود تتراد، کروموزوم‌ها تنها هم‌دریاچه و در یک کایه هستند و روی هم هم‌درار ننمی‌گیرند).

۴) در آنافاز ۱ میوز برخلاف آنافاز میتوز، کروموزوم‌های همتا مضاعف از هم جدا می‌شوند و پروتئین‌های اتصالی سانتروم‌مر تجزیه نمی‌شوند. در این مرحله از میوز ۱، عدد کروموزومی یاخته برخلاف میتوز، دو برابر نمی‌شود.

۵) در تلوفاز ۱ میوز برخلاف تلوفاز میتوز، هر هسته دچار کاهش عدد کروموزومی می‌شود و هنوز دارای کروموزوم مضاعف می‌باشد.

نکته دو مرحله آخر هر تقسیم میتوز و میوز (آنفاز ۲ و تلوفاز ۲) کروموزوم‌ها تک کروماتیدی می‌باشند.

یاخته $2n$	کروموزوم = سانتروم	DNA کروماتید = مولکول DNA	رشته نوکلئوتیددار	فسردگی کروموزومی
G_1	۲۷ تک کروماتیدی	۲۷	۴۷	زیادی ندارد
S	۲۷ مضاعف	۴۷	۸۷	ندارد
G_2	۲۷ مضاعف	۴۷	۸۷	ندارد
۱ پروفاز	۲۷ مضاعف	۴۷	۸۷	دارد
۱ متافاز	۲۷ مضاعف	۴۷	۸۷	دارد
آنافاز ۱	۲۷ مضاعف	۴۷	۸۷	دارد
هر هسته تلوفاز ۱ (اسپرماتوسیت و اوسیت ثانویه یا اولین گوییه طیب)	۷ مضاعف	۲۷	۴۷	دارد
۲ پروفاز	۷ مضاعف	۲۷	۴۷	دارد
۲ متافاز	۷ مضاعف	۲۷	۴۷	دارد
۲ آنافاز ۲	۷ تک کروماتیدی	۲۷	۴۷	دارد
هر یاخته تلوفاز ۲ (اسپرماتید یا تخصی)	۷ تک کروماتیدی	n	۲۷	در آخر فشردگی کمی دارد.

هر گونه تغییر در ماده ژنتیکی یاخته را جهش می‌گویند. این جهش می‌تواند سبب تغییر در یک نوع نوکلئوتید ژن باشد که به آن جهش ژنی می‌گویند که در سال بعد آن را مطالعه می‌کنیم. ولی نوعی دیگر نیز **جهش کروموزومی** است که می‌تواند تغییر در ساختار یک کروموزوم یا تغییر در تعداد کروموزوم‌ها باشد (تغییر در ساختار کروموزوم را در سال آینده بررسی من کنم).

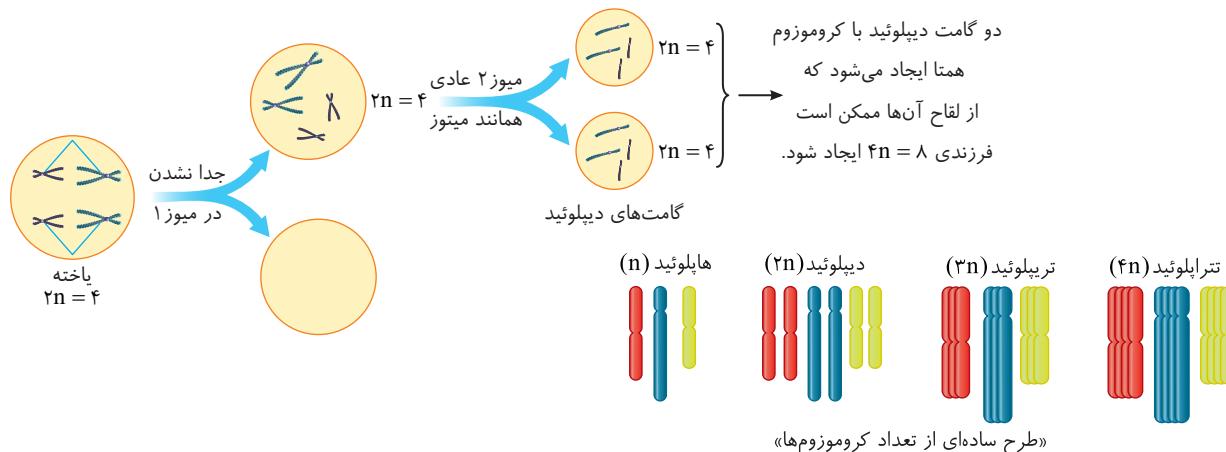
تغییر در تعداد کروموزوم

با اینکه تقسیم یاخته‌ای با دقت زیاد انجام می‌شود ولی به **ندوت** ممکن است در روند جدا شدن کروموزوم‌ها در **میتوز** یا **میوز** اشتباهاتی رخ دهد و در نتیجه تعداد یک یا چند کروموزوم بیشتر به یک یاخته برسد.

نکته اشکال در تقسیم میتوز سبب می‌شود خود فرد چهار مشکل شود (در ضمن، ایرادیک یا خمیدن میلرده یا ختم به چشم نمی‌باید و گذشتی هم ندارد) ولی اشکال در تقسیم میوز می‌تواند سبب اشکال در یاخته جنسی و تولید فرزند و اشکال در نسل بعد شود. به همین دلیل **اختلافات میوزی** اهمیت بیشتری دارد. از اختلالات تغییر در تعداد کروموزوم‌ها، دو نوع پلیپلوئیدی شدن (چندکارک شدن) و با هم ماندن کروموزوم‌ها را بررسی می‌کنیم.

۱) تغییر در تعداد از نوع پلیپلوئیدی شدن (چندکارک شدن)

اگر در مرحله آنافاز میتوز یا میوز همه کروموزوم‌ها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند (تبدیل می‌کنند: **کروموزوم‌ها نه ببرخ!**)، یاخته دیگر قادر کروموزوم می‌شود. به یاخته‌ای که همه کروموزوم‌های یاخته اولیه را گرفته است، **پلیپلوئید** (چندکار) می‌گویند.



نکته به صورت مصنوعی یا در اثر تخریب رشته‌های دوگ می‌توان یاخته پلیپلوئیدی در آزمایشگاه ایجاد کرد.

نکته گندم زراعی ۶۷ و موز ۳۷ جانداران پلیپلوئید هستند که موزهای ۳۷ دارای دانه‌های ریز نارس می‌باشند. البته در سال بعد نیز یک مورد به نام گل مغربی ۴۷=۴۷ می‌خوانید که از جهش طبیعی در طبیعت ایجاد و سبب گونه‌زایی شده است.

۲) تغییر در تعداد از نوع با هم ماندن کروموزوم‌ها

در این حالت فقط یک یا چند کروموزوم در مرحله آنافاز (متزیز یا بیز) از هم جدا نمی‌شوند و یاخته‌های حاصل **کمبود یا افزایش** در یک یا چند کروموزوم دارند. **مثال:** اگر در اثر میوز انسان، جفت کروموزوم‌های ۳ و ۲۱ جدا نشوند، اسپرم‌هایی با چند کروموزوم ایجاد می‌شوند؟ و در اثر لقاح با تخمک عادی چه زیگوت‌هایی ایجاد می‌کنند؟

پاسخ: در این حالت نیمی از اسپرم‌ها دو کروموزوم اضافی و نیم دیگر، دو کروموزوم کم دارند. در حالت عادی اسپرم انسان ۲۳ کروموزوم دارد پس در این حالت یک نوع اسپرم‌های ۲۵ کروموزومی و نوعی هم اسپرم‌های ۲۱ کروموزومی حاصل می‌شوند. در مورد قسمت دوم سؤال نیز کافی است این اسپرم‌ها را با تخمک عادی که ۲۳ کروموزوم دارد آمیزش دهید که تخم‌های ۴۸ یا ۴۴ کروموزومی ایجاد می‌کنند.

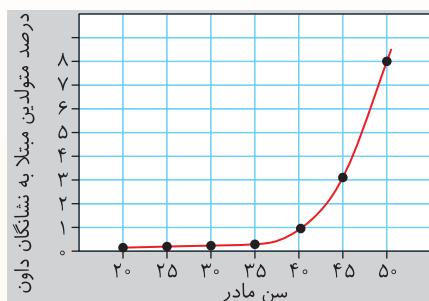
نمونه معروف با هم ماندن کروموزوم‌ها (نشانگان داون)



کاریوتاب یک فرد مبتلا به داون. آیا می‌توانید جنبشی این فرد را تشخیص دهید؟

نشانگان به معنی یک بیماری با نشانه‌های مختلف می‌باشد. اگر در اثر تقسیم میوز پدر یا اغلب مادر، در مرحله آنافاز ۱ میوز، جفت کروموزوم ۲۱ آنها جدا نشود، اسپرم با تخمک حاصله یک کروموزوم ۲۱ بیشتر می‌تواند داشته باشد. این حالت به دلیل شرایط خاص یاخته جنسی گذاری زنان، بیشتر در اثر اختلال در میوز مادر رخ می‌دهد و با **افزایش سن مادر**، احتمال این اختلال بیشتر می‌شود. زیگوت حاصله از آنها ۴۷ کروموزوم دارد یعنی یک کروموزوم غیرجنسی جفت شماره ۲۱ (تریزومی ۲۱) را اضافه داردند. این بیماری ربطی به پسر یا دختر شدن فرد ندارد و احتمال ابتلا در فرزند دختر و پسر یکسان است. این افراد در درجات مختلفی از عقب افتادگی ذهنی و جسمی دارند.

نکته دخانیات، الکل و مجاورت با پرتوهای مختلف و آلودگی‌ها از عوامل محیطی هستند که در روند جدا شدن کروموزوم‌ها در هر دو جنس در میتوز و میوز و ایجاد یاخته جنسی مناسب اختلال ایجاد می‌کنند.



نکته در افراد مبتلا به نشانگان داون فقط جفت کروموزوم‌های ۲۱ به صورت تریزو می‌درآمد و لی سایر کروموزوم‌ها به صورت دیپلوئید و دوتایی می‌باشند.

نکته با توجه به نمودار احتمال تولد فرزند داون از مادر ۴۵ ساله ۳٪ ولی در مادر ۴۰ ساله ۱٪ می‌باشد ولی در یک زن ۲۵ ساله تقریباً احتمال تولد فرزند مبتلا به نشانگان داون یک هزارم می‌باشد.

تست‌های شکلی

در حل این تست‌ها ابتدا به داشتن یا نداشتن سانتریول دقت کنید. اگر یاخته مورد نظر سانتریول داشت سؤال در مورد جانوران بوده است.

برای پاسخ دادن به تست‌های شکلی

۱) علائم مختلف شناسایی: برای پروفاز، حالت‌های از بین رفتن تدریجی غشا، شروع تشکیل دوک، جدا شدن جفت سانتریول‌ها و پخش و بلا بودن کروموزوم‌های مضاعف در یاخته را در نظر بگیرید، برای متافاز، در استوا بودن کروموزوم‌های مضاعف مهم است، برای آنافاز، جدا شدن کروموزوم‌ها و به قطبین رفتن آن‌ها و برای تلوخاز دوباره‌سازی غشای هسته بدون وجود دوک است.

۲) اگر آرایش ترادی دیدید مربوط به پروفاز ۱ یا متافاز ۱ میوز است و اگر در دو قطب، کروموزوم مضاعف دیدید آنافاز است.

۳) اگر یاخته شروع کننده تقسیم را به صورت $n=3n$ ، $n=5n$... دیدید مربوط به میتوز است و میوز ۲ در همه مراحل مانند میتوز می‌باشد.

۴) داشتن سانتریول مربوط به جانوران و عدم آن در گیاهان دیده می‌شود.

شکل‌های زیر مفروض‌اند. در هر مورد به سوالات خواسته شده پاسخ دهید.

نوع یاخته حاصل از آن	عدد کروموزومی یاخته مادر	مرحله تقسیم	ژنتیپ (فرمول ژنتیکی)	عدد کروموزومی	مربوط به گیاه یا جانور	شکل یاخته
۱ نوع (دو طبقه مثبت) ۱ نوع	$2n=4$ $4n=8$	متافاز میتوز متافاز میوز ۲	$AaBb$	$2n=4$	جانور سانتریول‌دار	
۱ نوع (دو طبقه مثبت) ۱ نوع	$2n=5$ $4n=10$	متافاز میتوز متافاز میوز ۲	$AaBbD$	$2n=5$	جانور سانتریول‌دار (فرضی)	
۱ نوع (دو طبقه مثبت) ۱ نوع	$n=3$ $2n=6$	آنافاز میتوز آنافاز میوز ۲	AbD ($AAbbDD$)	$2n=6$ $n=3$ هر قطب	جانور سانتریول‌دار	
تووانایی ایجاد نوع یاخته جنسی را دارد ولی در هر تقسیم ۲ نوع یاخته می‌دهد (واژردهم).	$2n=6$	پروفاز میوز ۱ (تعداد دار) ولی کروموزوم‌ها در وسط یاخته نیستند.	$AaBbDd$	$2n=6$	گیاه بدون سانتریول	