

درسنامه

همان‌طور 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 (زایوت) 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.



یادآوری

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 وراثتی در بخش‌هایی به نام ژن می‌باشند که از یاخته به یاخته دیگر با تقسیم میتوز و از نسل به نسل دیگر با تولیدمثل 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، رشته‌هایی 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 گیاه 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.

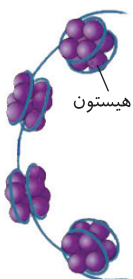


۱ گفتار بررسی کروموزوم (فام‌تن)

کروموزوم، ماده وراثتی بدن جانداران می‌باشد که از DNA (رنگی) و پروتئین به وجود آمده است. از نظر جنس، کروموزوم‌ها همانند ویروس‌ها و ریبوزوم، 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.



«پیچیدن دنا به دور هیستون‌ها»

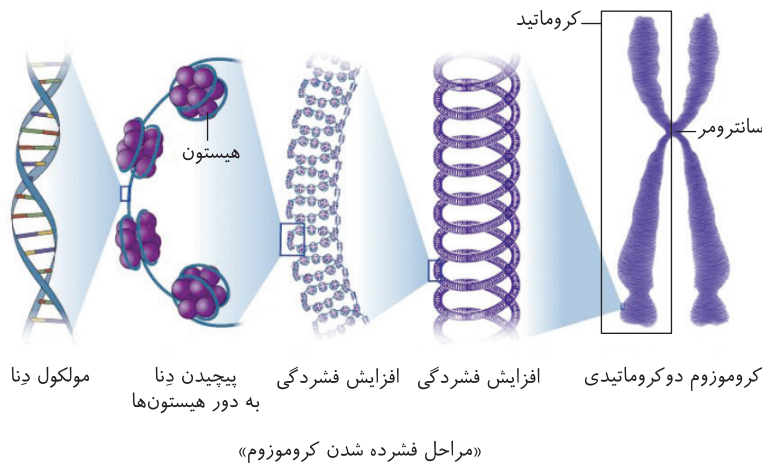
در هر کروموزوم یوکاریوتی، در اغلب مناطق آن مولکول DNA حدود دو دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون پیچیده قرار گرفته است و واحدهایی تکرار شونده به نام نوکلئوزوم (هسته‌ن) را ایجاد کرده است. نوکلئوزوم‌ها سبب استحکام کروموزوم می‌شوند. در نوکلئوزوم DNA و پروتئین وجود دارد ولی بین دو نوکلئوزوم فقط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

نکته

در یاخته‌های یوکاریوتی، 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 فاقد هسته، هیستون و کروموزوم خطی می‌باشند.

یک یاخته زنده یا در مرحله استراحت و یا در مرحله تقسیم می باشد (برخی یاخته ها بعد از تولد تقسیم نمی شوند و همواره در مرحله استراحت باقی می مانند مثل یاخته های عصبی که هسته دارند و یا گویچه قرمز بالغ که هسته ندارد).

وضعیت کروموزوم ها در مراحل مختلف زندگی یاخته



در ابتدا دقت کنید که یاخته در طی زندگی خود دو مرحله استراحت (اینترفاز) و تقسیم دارد که جلوتر به طور کامل در مورد آن مطلب می آموزید. هنگامی که یاخته در حال استراحت می باشد و تقسیم را شروع نکرده است کروموزوم های آن به صورت رشته های نوکلئوپروتئینی همراه با هستون ولی با فشردگی بسیار کم می باشند. این رشته ها به صورت توده های دراز و نازک و در هم رفته قرار دارند که به آن ها **کروماتین** (غامینه) می گویند که از همدیگر قابل رؤیت و تفکیک از هم نیستند. قبل از اینکه یاخته وارد مرحله تقسیم شود، به تدریج مولکول DNA و تعداد رشته های کروماتینی آن، ابتدا دو برابر و سپس با شروع تقسیم به هم فشرده تر، ضخیم و کوتاه تر می شوند.

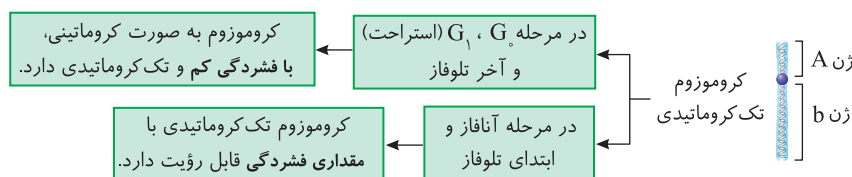
نکته

خود مولکول دنا فشرده گی آنچنانی ندارد بلکه دو رشته مارپیچی خالص از نوکلئوتیدها می باشد. در حقیقت فشردگی دنا در اثر ورود پروتئین ها و ایجاد نوکلئوزوم ها صورت می گیرد.

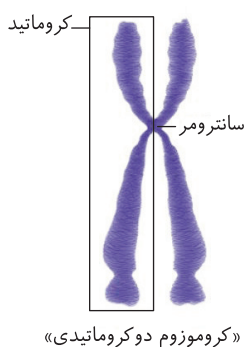
اجزای هر کروموزوم

● (۱) کروموزوم تک کروماتیدی

هر کروموزوم، هم در بخش هایی از زمان استراحت (اینترفاز) و هم در بخش هایی از مراحل انتهایی تقسیم یاخته می تواند حاوی یک مولکول DNA یا یک بخش باشد که به آن ها **کروموزوم تک کروماتیدی** گفته می شود (در ادامه می خوانیم که یاخته در مراحل G_1 و G_1 استراحت (اینترفاز)، مراحل آنافاز، تلوفاز، تقسیم و مرحله تقسیم می توئیزم، حاوی کروموزوم های تک کروماتیدی است).



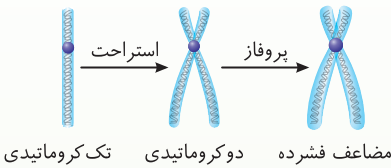
● (۲) کروموزوم مضاعف (دوکروماتیدی)



پیش از شروع تقسیم یاخته، یعنی از اواسط مرحله استراحت (مرحله S اینترفاز) رشته های کروماتینی تک کروماتیدی شروع به همانندسازی و دو برابر شدن مولکول DNA و اجزای آن می کنند به طوری که در آخر مرحله S اینترفاز، هر کروماتین از دو بخش شبیه به هم به نام **کروماتید** (غامینه) های خواهری تشکیل شده است. در حالت عادی کروماتیدهای خواهری یک کروموزوم از نظر **محتوای ژنی** و دستورالعمل کاملاً یکسان می باشند و توسط **پروتئین های** در محلی به نام **سانترومر** به هم متصلند. به دو کروماتید یک کروموزوم (کروماتید) که در محل سانترومر به هم متصلند، کروماتیدهای **خواهری** می گویند. هر کروماتید خواهری یک مولکول DNA و دو رشته پلی نوکلئوتیدی دارد که دستورالعمل ژن های **دو کروماتید** خواهری کاملاً مشابه و یکسان می باشد. مثلاً اگر یک کروماتید دستورالعمل A از یک ژن دارد، کروماتید خواهری متصل به آن نیز در همان ژن باید دستورالعمل A داشته باشد.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

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



۲ کروماتین‌ها، قبل از شروع تقسیم یاخته یعنی در مرحله استراحت، مضاعف و دوکروماتیدی می‌شوند ولی شروع فشرده شدن زیاد و قابل رؤیت 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 دوکروماتیدی یک کروموزوم بوده که حاوی یک سانترومر، دو کروماتید، دو مولکول DNA و چهار رشته نوکلئوتیددار می‌باشد. (دقت کنید که برای ایتزرفر و آره کروماتین صحیح است ولی به اصطلاح به آن کروموزوم تک کروماتیدی یا مضاعف نیز می‌گویند).

۴ در هسته یوکاریوت‌ها، همواره

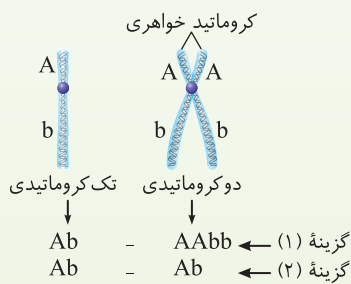
- تعداد کروموزوم = تعداد سانترومر
- تعداد کروماتید = تعداد مولکول DNA
- تعداد رشته نوکلئوتیددار DNA = تعداد مولکول DNA × ۲

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

تعداد	کروموزوم	سانترومر	کروماتید	مولکول DNA	رشته نوکلئوتیددار در کروموزوم
تک کروماتیدی	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۹۲
دوکروماتیدی	۴۶	۴۶	۹۲	۹۲	۱۸۴

مثال: کروموزومی در حالت تک کروماتیدی و مضاعف ژن‌های مقابل 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 می‌باشند.

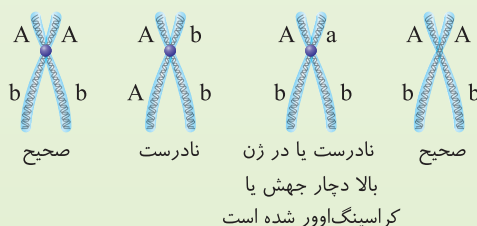
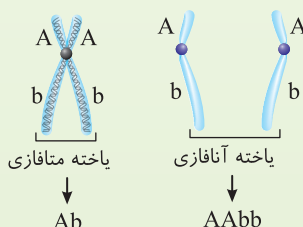
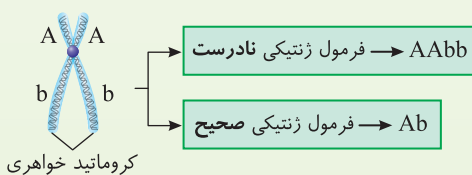
کروموزوم مقابل دارای یک مولکول DNA می‌باشد.

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 (البته این کروموزوم دو ژن A و دو ژن b دارد ولی فرمول ژنتیکی آن تا هنگامی که کروماتیدها به هم متصلند، یکی از هر نوع ژن آن را دربر می‌گیرد).

ولی وقتی در انتهای تقسیم (مرحله آنافاز) این دو کروماتید خواهری 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 AA bb دارد ولی هر کروموزوم (چه تک کروماتیدی و چه دوکروماتیدی) فرمول Ab دارند.

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

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



اغلب جانداران پریاخته‌ای در بدن خود دو نوع یاخته پیکری (غیرجنسی) 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 ژنی متفاوتی با هم دارند ولی در بین افراد یک گونه تفاوت در نوع دستورالعمل ژن‌ها می‌باشد. مثلاً سال آینده می‌خوانید همه انسان‌ها در جفت کروموزوم ۲۳ خود ژن تولید پروتئین انعقاد خون (ضاح کشته پروترومبین) 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 بین ژنی قرار داشته باشد (روزرهم).
- ۵ تعداد کروموزوم‌های جانداران یوکاریوتی (عدر کروموزومی) 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.

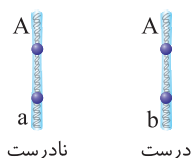
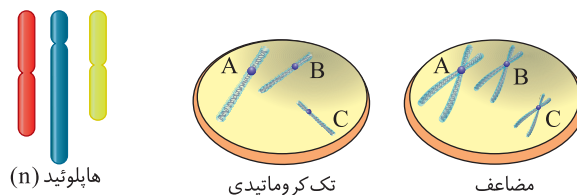
مجموعه‌های کروموزومی یا نمادهای یاخته‌های مختلف

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

الف) یاخته‌های هاپلوئیدی (n کروموزومی = تک‌لاد)

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

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



پاسخ: این یاخته دارای ۳ کروموزوم، ۳ سانترومر و تعداد زیادی ژن می‌باشد که برحسب 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 هم‌پوشانی 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 (بزرگ) و هم نهفته (a) وجود داشته باشد.

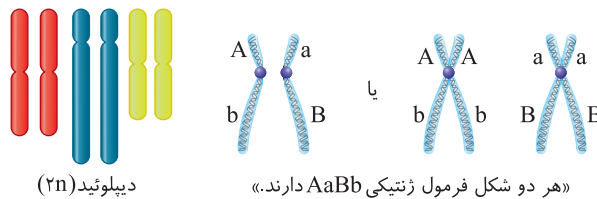
نکته

در یاخته هاپلوئید، کروموزوم هم‌تا (هم‌لگت) وجود ندارد و هر یاخته حداکثر یک کروموزوم جنسی و تعدادی کروموزوم غیرجنسی دارد.

نکته

در گونه‌های هاپلوئید (n)، صفت نهفته (a) از سایر یاخته‌های $2n$ ، $3n$ و ... بیشتر بروز می‌کند چون ژنی که دستورالعمل نهفته (a) دارد قطعاً آن ویژگی را بروز می‌دهد ولی در یاخته و جاندار $2n$ ، ممکن است با کروموزوم دارای دستورالعمل A هم‌پوشانی شود و بروز نیابد که در ادامه بیشتر به بررسی آن‌ها می‌پردازیم. صفت بارز A بروز می‌دهد → یاخته دیپلوئید دارای A و a صفت نهفته a بروز می‌دهد → یاخته هاپلوئید دارای a

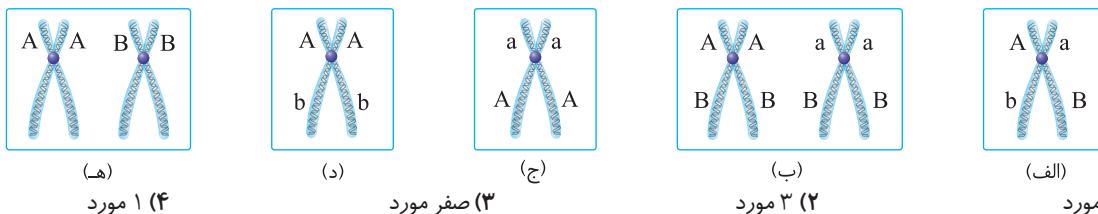
(ب) یاخته‌های دیپلوئیدی ($2n$ کروموزومی = دولا)

دیپلوئید ($2n$)

یاخته‌های دیپلوئیدی یا $2n$ کروموزومی، همان یاخته‌های پیکری بدن انسان و سایر جانوران و همچنین یاخته‌های مرحله دیپلوئیدی 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 در یاخته، کروموزوم‌های همتا یا همولوگ می‌گویند. دو کروموزوم همتا ژن‌های مربوط به ویژگی مشابهی را در جایگاه‌های روبه‌روی هم دارند ولی دستورالعمل بروز این ژن‌ها 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 dd مشابه در دو کروموزوم همتا 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 دیپلوئید، دوتا دوتا با هم همتا یا همولوگ می‌باشند. این یاخته برای هر ژن دو دستورالعمل دارد و حداکثر دو کروموزوم جنسی و تعدادی کروموزوم غیرجنسی دارد.

مثال: اگر (A یا a) دستورالعمل ژن‌های ایجادکننده نوع نرمه گوش و (B 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؟



(هـ)

۱۴ مورد

(د)

۳ صفر مورد

(ج)

(ب)

۲۳ مورد

(الف)

۲ مورد

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. در کروموزوم‌های مضاعف، دستورالعمل‌های قرار گرفته در کروماتیدهای خواهری 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 خواهری باید دستورالعمل ژنی مشابه داشته باشند (A و a نباید در دو کروماتید خواهری وجود داشته باشد). (ب) درست است. در یک جفت کروموزوم همتا دستورالعمل ژن‌های روبه‌روی هم می‌تواند مشابه یا متفاوت باشد اما باید از نظر جایگاه قرارگیری 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 صفت 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. (هـ) نادرست است. این دو ژن روی یک کروموزوم هستند نه روی کروموزوم‌های مستقل جدا از هم!

نکته

یاخته‌های بدنی یا پیکری انسان دیپلوئید با ۴۶ کروموزوم می‌باشند که در مردان دارای دو کروموزوم جنسی X و Y غیرهمتا 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.

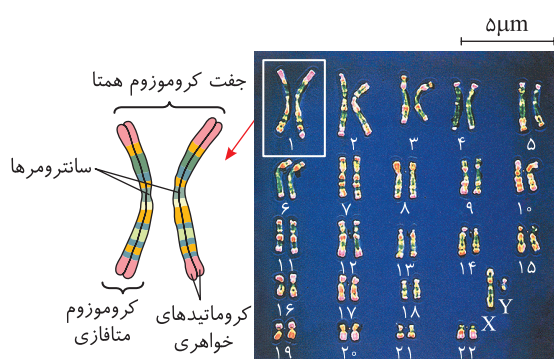
نکته

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.

کاربوتپ



«کاربوتپ انسان»

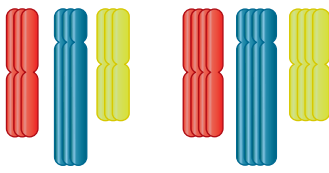
تصویری از ردیف کردن کروموزوم‌های مضاعف با حداکثر فشردگی یک جاندار برحسب اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومرها می‌باشد. معمولاً کاربوتپ را در مرحله‌ای از تقسیم که کروموزوم‌ها به کوتاه‌ترین، قطورترین و فشرده‌ترین حالت می‌رسند (یعنی مرحله متافاز) انجام می‌دهند. با کاربوتپ می‌توانیم تعداد کروموزوم‌ها و برخی ناهنجاری‌های کروموزومی (مثلاً نشت‌ها) را بررسی کنیم.

نکته

در کاربوتپ به‌جز جفت کروموزوم آخر که کروموزوم‌های جنسی هستند، سایر کروموزوم‌ها را برحسب 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 سانترومر آن‌ها روبه‌روی هم می‌باشد پس جفت کروموزوم جنسی X و Y با هم همتا نمی‌باشند.

ج) یاخته یا جاندار پلی‌پلوئید یا چندلادی (Xn کروموزومی)تتراپلوئید ($4n$) تریپلوئید ($3n$)

برخی یاخته‌ها (مثل *انروخته دانه* $2n$) و یا برخی گیاهان (مثل *گندم زراعی* $6n$) می‌توانند در حالت عادی و به دلایل متفاوت ژنی یا اشکالات تقسیم یاخته، دارای **بیش از دو مجموعه کروموزوم** باشند که به آن‌ها **پلی‌پلوئید** می‌گویند.

مثال: یاخته اندوخته دانه ذرتی $3n$ کروموزوم دارد و یاخته جنسی آن $1n$ کروموزومی بوده است. این یاخته و قسمت‌های مختلف گیاه را توضیح دهید.

پاسخ: وقتی یاخته جنسی آن که هاپلوئید است $1n$ کروموزوم دارد پس ($n=1n$) بوده است. در فصل ۸ می‌خوانیم که اندوخته یا آندوسپرم دانه غلات (*گندم*، *جو* و *زره*) به صورت $3n$ یا تریپلوئید می‌باشد پس اندوخته $3n=3n$ بوده است یعنی $3n$ کروموزوم دارد، ۳ مجموعه کروموزومی دارد که کروموزوم‌ها سه‌تا سه‌تا با هم هم‌تا هستند. برای هر ژن، سه دستورالعمل دارند و هر مجموعه آن $1n$ کروموزوم غیرهم‌تا دارد.

بخش‌های ذرت	مرحله	نوع یاخته‌ها	تعداد کروموزوم یا سانترومر	تعداد مجموعه کروموزومی	تعداد کروموزوم هر مجموعه	تعداد دستورالعمل (الل) هر ژن
هاپلوئیدی	تولیدکننده یاخته جنسی	گرده، یاخته جنسی، هر هسته دانه گرده	$n=1n$	۱	۱۰ غیرهم‌تا	۱
دیپلوئیدی	اصلی رشد گیاه	تخم (<i>زیگوت</i>)، اندام‌های مختلف، هاگدان	$2n=2n$	۲	۱۰ غیرهم‌تا	۲
تری‌پلوئیدی	اندوخته دانه (<i>آندوسپرم</i>)	یاخته اندوخته‌دار دانه	$3n=3n$	۳	۱۰ غیرهم‌تا	۳

مثال: گندمی زراعی با یاخته‌های پیکری ریشه به صورت $6n=42$ مفروض می‌باشد، در مورد هسته یاخته جنسی، یاخته نگهبان روزنه و یاخته اندوخته‌دار دانه آن جدول زیر را پر کنید. (این جداول و سؤالات برای درک مطلب لازم است با اینکه می‌دانیم که سؤالات عددی در کنکور طرح نمی‌شود.)

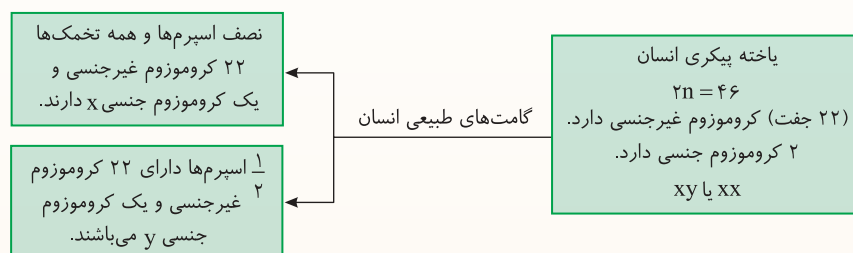
گندم $6n$	تعداد کروموزوم	تعداد مجموعه کروموزومی	تعداد کروموزوم هر مجموعه	تعداد مولکول DNA	تعداد رشته نوکلئوتیددار DNA هسته
هسته یاخته جنسی	$3n=21$	۳	۷ تا غیرهم‌تا (n)	همواره تک کروماتیدی است و ۲۱ مولکول DNA دارد.	۴۲
یاخته نگهبان روزنه	$6n=42$	۶	۷ تا غیرهم‌تا (n)	تک کروماتیدی $42 \leftarrow$ دوکروماتیدی $84 \leftarrow$	$84 \leftarrow$ $168 \leftarrow$
یاخته اندوخته در دانه	$9n=63$ اندوخته دانه در گیاه $2n$ به صورت $3n$ و در گیاه $6n$ به صورت $9n$ می‌باشد.	۹	۷ تا غیرهم‌تا (n)	تک کروماتیدی $63 \leftarrow$ دوکروماتیدی $126 \leftarrow$	$126 \leftarrow$ $252 \leftarrow$

نکته

در هر جاندار دارای تولیدمثل جنسی، هم یاخته پیکری (*غیرجنسی*) و هم یاخته جنسی دارای کروموزوم جنسی و غیرجنسی می‌باشد. مثلاً در انسان یاخته پوست ۴۶ کروموزوم دارد که ۲ تای آن جنسی و ۴۴ تا غیرجنسی است. یاخته زاینده بیضه و تخمدان نیز همانند یاخته پوست می‌باشد. اسپرم و تخمک که یاخته جنسی جنسی فرد هستند و هاپلوئید می‌باشند دارای ۲۳ کروموزوم هستند که به‌طور 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 هاپلوئید 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

به‌طور معمول در یک گونه، تعداد کروموزوم افراد نر و ماده با هم برابر است ولی به دلیل اینکه کروموزوم X از Y بزرگ‌تر است تعداد ژن‌های موجود در یاخته $2n$ جاندار XX از جاندار XY هم‌گونه خود بیشتر است.

چرخه یاخته‌ای (سلولی)

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

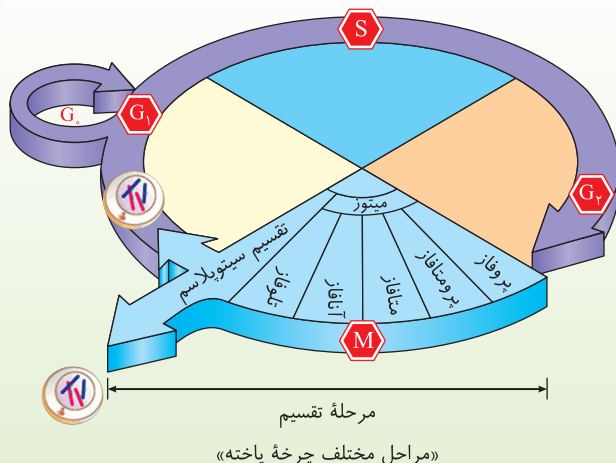
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

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 اینترفاز و تقسیم یاخته است.

۳ اینترفاز یا مرحله بین دو تقسیم یاخته حاوی سه مرحله G_1 ، S و G_2 می‌باشد ولی مرحله تقسیم یاخته، یک مرحله تقسیم هسته (ب) مراحل پروفاز، پرومتافاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز که اغلب در انتها 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

اینترفاز

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

نکته

مرحله اینترفاز 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 تک کروماتیدی قرار دارند. مثلاً یاخته‌های عصبی و گویچه قرمز بالغ بعد از تولد تقسیم نمی‌شوند و در مرحله G_0 متوقف می‌شوند.

نکته

لنفوسیت‌های خاطره به طور موقت در G_0 قرار می‌گیرند ولی پلاسموسیت‌ها، اغلب یاخته‌های عصبی، ماهیچه اسکلتی و گویچه‌های خونی (به جز نقوسیت‌ها)، پس از تولد دائماً در مرحله G_0 قرار می‌گیرند.

● مرحله G_1 

کروموزوم G_1 تک کروماتیدی

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 تک کروماتیدی می‌باشند. یاخته‌ها رشد کرده و اندامک‌های مختلف خود را می‌سازند.

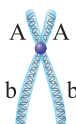
نکته

آخر مرحله G_1 ، پروتئین‌هایی به عنوان نقاط واریسی برای بررسی سلامت مولکول DNA هسته وجود دارند. در صورت عدم سلامت ماده ژنتیکی، با مکانیسم مرگ برنامه‌ریزی شده، فرایند مرگ یاخته‌ای صورت می‌گیرد (آپتوز).

نکته

یاخته‌هایی که به طور موقت یا دائمی (مثل یاخته‌های عصبی) تقسیم نمی‌شوند معمولاً در مرحله G_1 متوقف می‌شوند و به مرحله G_0 می‌رسند که در همین صفحه به آن‌ها پرداختیم.

● مرحله S



کروموزوم دو کروماتیدی
مرحله S

در این مرحله کروماتین‌های تک کروماتیدی که حاوی یک مولکول DNA هستند با همانندسازی مولکول DNA سیب ایجاد کروماتین مضاعف یا دو کروماتیدی می‌شوند که حاوی دو کروماتید خواهری کاملاً مشابه می‌باشند که از سانتر و مرکز مشترک به هم متصلند ولی هنوز با فشردگی کم بوده و کروماتینی می‌باشند (تعدادشان در این مرحله دو برابر می‌شود).

● مرحله G_1

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

نکته

آخر مرحله G_1 نقطه بازرسی واری دارد که یاخته آماده شده برای ورود به تقسیم یاخته را بررسی می‌کند. مثلاً در این مرحله بررسی می‌شود که تمهیدات لازم برای تولید دوک تقسیم آماده باشد.

نکته

در کل مرحله اینترفاز (G_1 و 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 میتوز یا تقسیم هسته با مرحله (پروفاز، پرومتافاز، متافاز، آنافاز، تلوفا) و تقسیم سیتوپلاسم دارد.

نکته

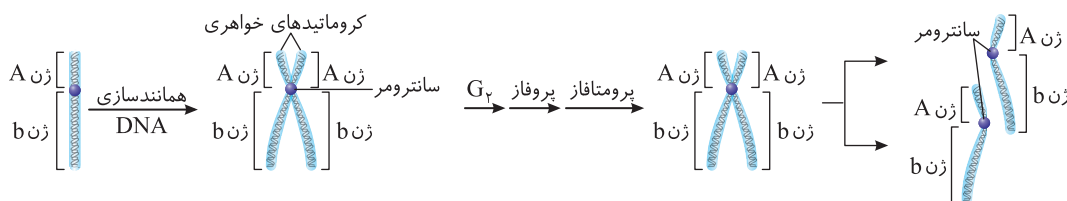
چرخه یاخته شامل اینترفاز و تقسیم است که ۵ مرحله دارد. اینترفاز سه مرحله G_1 ، S و G_2 و تقسیم یاخته یا مرحله M دو قسمت تقسیم هسته و سیتوپلاسم دارد. پس در تست‌ها دقت کنید که اگر در سؤالی گفت در مرحله اول چرخه یاخته‌ای، منظور مرحله G_1 نمی‌باشد بلکه منظور کل اینترفاز در هر سه مرحله G_1 ، S و G_2 می‌باشد.

جدول بررسی کروموزوم یاخته $2n=46$ در اینترفاز

مرحله	شکل کروموزوم	کروماتید	نقطه واری (معرفی شده در کتاب)	تعداد کروموزوم = سانترومر	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 تکمیلی

۱) دو کروماتیدی بودن یا مضاعف بودن کروماتین‌ها یا کروموزوم‌ها از وسط استراحت (اینترفاز در مرحله S) تا آخر مرحله متافاز تقسیم (میتوز) ادامه دارد ولی در مرحله آنافاز تقسیم، دو کروماتید خواهری 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 کروماتینی

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

کروموزوم دو کروماتیدی (غیر کروماتینی)

دو کروموزوم تک کروماتیدی
فشرده جدا شده در مرحله آنافاز

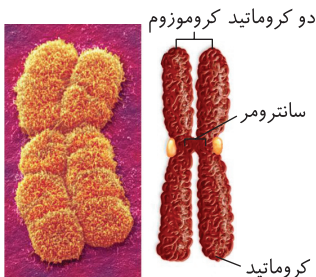
کروموزوم تک کروماتیدی (غیر کروماتینی)

۲) با توجه به شکل‌های بالا مشاهده می‌کنید که کروموزوم تک کروماتیدی یا دوکروماتیدی برحسب نوع مرحله چرخه یاخته می‌تواند به صورت فشردگی کم کروماتینی یا فشرده کروموزومی باشند.

۳) کروموزوم‌ها در مرحله متافاز، در وسط یاخته با حداکثر فشردگی به صورت شکل روبه‌رو 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 هاپلوئیدی یعنی گرده نارس، گرده رسیده، اندام‌های جنسی و یاخته‌های جنسی دارای یاخته یا یاخته‌های هاپلوئیدی می‌باشند.

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



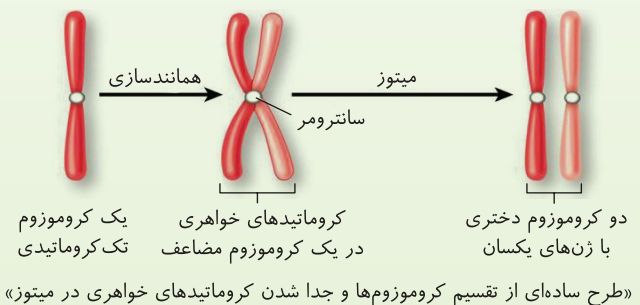
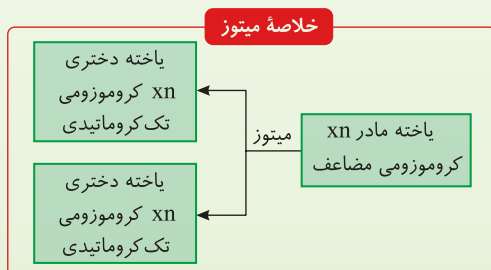
«ساختار یک کروموزوم دوکروماتیدی»

همان‌طور که در گفتار قبل گفتیم، چرخهٔ یاخته‌ای شامل دو مرحله است. مرحلهٔ اول استراحت یا اینترفاز بود که سه مرحله یا زیرمرحله G_1 ، S و G_2 آن را بررسی کردیم. در این گفتار به مرحلهٔ دوم یا تقسیم می‌پردازیم که خود دو مرحلهٔ تقسیم هسته (میتوز) و تقسیم سیتوپلاسم دارد. می‌دانیم که همهٔ انسان‌ها در ابتدا یک یاخته تخم (زگوت) به صورت $2n=46$ بوده‌اند. یاخته تخم در اثر لقاح دو یاختهٔ جنسی نر و ماده (اسپرم و تخمک) که هر کدام ۲۳ کروموزوم تک کروماتیدی داشته‌اند ایجاد شده است و ابتدا ۴۶ کروموزوم **تک کروماتیدی** دارد. این یاخته تخم در اثر تقسیم شدن، بدن جاندار اصلی با میلیاردها یاخته مشابه می‌سازد.

فرایندی است که طی آن **هسته** یاختهٔ یوکاریوتی با کروموزوم‌های دو کروماتیدی (مضاعف)، **بدون کاهش عدد کروموزومی** به دو هستهٔ مشابه ولی **تک کروماتیدی** تبدیل می‌شود. بعد از میتوز، یاخته **معمولاً** وارد مرحلهٔ تقسیم سیتوپلاسم می‌شود تا یاخته‌های مجزا ایجاد شوند و دوباره پس از طی اینترفاز وارد میتوز بعدی می‌شود. به همین ترتیب تعداد زیادی یاخته مشابه ایجاد می‌شود تا بدن جاندار پریاخته‌ای ایجاد شود.

نکات مهم در بررسی تست‌ها

- تقسیم میتوز در هر یاخته‌ای از نظر هاپلوئید یا دیپلوئید بودن، می‌تواند صورت بگیرد و همواره در حالت عادی دو یاخته مشابه ایجاد می‌کند.
- یاخته‌های فاقد هسته مثل گویچه قرمز بالغ و یاخته آبکش بالغ گیاهان قدرت میتوز ندارند.
- برخی یاخته‌های هسته‌دار تمایز یافته مثل یاخته‌های عصبی نیز بعد از تولد میتوز ندارند و با افزایش حجم رشد می‌کنند. این یاخته‌ها در مرحله G_1 می‌مانند و همانندسازی DNA و کروموزوم مضاعف تشکیل نمی‌دهند.
- برخی یاخته‌ها مثل یاخته پادتن‌ساز سیستم ایمنی، درشت‌خوارها و... نیز هسته دارند و پس از تمایز میتوز نمی‌کنند.
- تقسیم میتوز دارای ۵ مرحله پروفاز، پرومتافاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز می‌باشد که در ادامه آن‌ها را به‌طور مفصل بررسی می‌کنیم. البته میتوز فرایندی پیوسته می‌باشد ولی زیست‌شناسان برای سادگی فهم، آن را به مرحله‌هایی تقسیم‌بندی می‌کنند.
- به یاخته اولیه‌ای که می‌خواهد میتوز کند، یاخته مادر می‌گویند و به دو یاختهٔ حاصل از تقسیم میتوز آن، یاخته‌های دختری اطلاق می‌شود. DNA موجود در کروموزوم‌های این یاخته، در مرحله S اینترفاز همانندسازی کرده و کروموزوم مضاعف دو کروماتیدی ایجاد می‌کنند. طی میتوز این کروموزوم‌ها فشرده شده و در وسط یا استوای یاخته به خط می‌شوند و توسط عواملی به نام دوک (برادامه می‌خوانیم!) حرکت کرده و از هم جدا می‌شوند و به صورت تک کروماتیدی به دو یاخته دختری می‌رسند.
- دو کروماتید خواهری تا وقتی گفته می‌شود که توسط سانترومر به هم متصل باشند ولی وقتی این دو کروماتید از هم جدا شدند، به هرکدام یک کروموزوم دختری یا سانترومر مخصوص به آن نام می‌بریم.



- همواره تک کروماتیدی است.
- برخی وارد اینترفاز می‌شوند و دوباره میتوز می‌کنند (اغلب یاخته‌های پیکری انسان).
- برخی ممکن است در اندام جنسی، پس از اینترفاز، میوز کنند.
- برخی می‌توانند مثل اسپرم زنبور، یاختهٔ جنسی باشند و لقاح کنند (فصل ۷).
- در گیاهان، یاختهٔ جنسی حاصل میتوز است و لقاح می‌کند (فصل ۸).

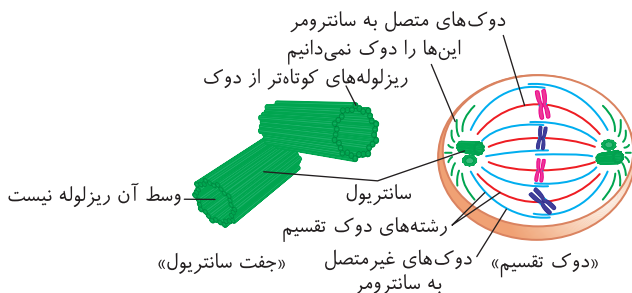
درون یاخته‌های یوکاریوتی، اسکلت یاخته‌ای از رشته‌ها و ریزلوله‌های پروتئینی تشکیل شده است که باعث استحکام یاخته می‌شود. این اسکلت از دو نوع مختلف پروتئین تشکیل شده است. یک نوع ریزرشته‌های زیر غشای یاخته و یک نوع ریزلوله سیتوپلاسم هستند. از طرف دیگر ساختاری از ریزلوله‌های پروتئینی به نام **دوک** در هنگام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

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی می‌باشد که در هنگام تقسیم یاخته در سیتوپلاسم پدیدار می‌شود. هر رشته دوک از یک ریزلوله پروتئینی تشکیل شده است که از یک طرف 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 کروماتیدهای خواهری هر کروموزوم مضاعف شده که در این حالت به آن‌ها کروموزوم‌های دختر می‌گفته می‌شود.
- دوک تقسیم در مرحله اینترفاز (G_1 ، S و G_2)، تلوفاز میتوز و تقسیم سیتوپلاسم وجود ندارد.
- دوک، رشته‌ای پروتئینی است. واحدهای سازنده آن، اغلب در مرحله G_2 و در ریپوزوم تولید می‌شوند ولی سازماندهی آن‌ها و رشته‌ای شدن آن‌ها در جانوران توسط سانتیریول‌ها و در سایر یوکاریوت‌ها توسط عوامل موجود در هر قطب یاخته بدون سانتیریول صورت می‌گیرد. دقت داشته باشید که شروع تشکیل دوک با شروع تقسیم یاخته همراه می‌باشد.
- با توجه به شکل‌ها می‌بینیم که یک‌سری ریزلوله هم به‌جز دوک‌ها در اطراف سانتیریول‌ها 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 تایی یعنی از ۲۷ ریزلوله پروتئینی در اطراف هسته یاخته تشکیل شده است. در هر قطب یاخته جانوری در حال تقسیم، یک جفت سانتریول به صورت دو جسم استوانه‌ای عمود بر هم (تولم 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 توخالی قرار گرفته‌اند ولی در وسط دایره آن‌ها، ریزلوله وجود ندارد.



چند نکته مهم

- یاخته‌های گیاهی (یا رقیق‌تر: گیاهان راندار) با اینکه سانتریول ندارند ولی در مراحل تقسیم یاخته، دوک تشکیل می‌دهند.
- ریزلوله‌های تشکیل دهنده سانتریول از دوک کوچک‌تر هستند.
- هر جفت سانتریول دارای ۱۸ دسته لوله کوچک (میکروتوبرول) پروتئینی ۳ تایی 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.
- در مراحل تقسیم میتوز، سانتریول‌ها از هم جدا می‌شوند ولی مضاعف نمی‌شوند بلکه این عمل قبل از شروع تقسیم در مرحله اینترفاز صورت می‌گیرد.

۴ سانتریول دارد.

۳۶ دسته ۳ تایی لوله‌چه پروتئینی دارد.

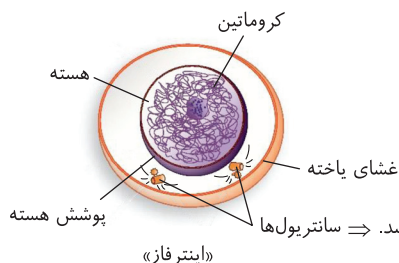
۱۰۸ لوله کوچک پروتئینی در سانتریول‌ها دارد.

تعداد زیادی دوک با ریزلوله‌های پروتئینی دارد.

کلاً یک یاخته جانوری در حال تقسیم

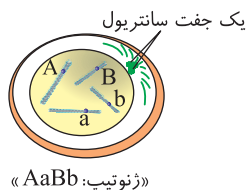
بررسی چرخه یاخته‌ای یاخته $2n=4$ با فرمول ژنتیکی $AaBb$ (در دو صفت)

مرحله اینترفاز



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.

شکل در مرحله G_2 با دو جفت سانتریول می‌باشد. $\Rightarrow$ سانتیریول‌ها

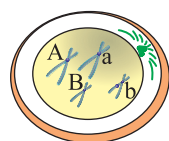
● (الف) مرحله G_1 

«ژنوتیپ: AaBb»

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 زیادی** از اینتر فاز را در G_1 می‌گذراند. اگر یاخته جانوری در حال بررسی باشد، دارای یک جفت سانتیریول در اطراف هسته می‌باشد.

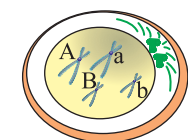
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- 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_2 می‌شود و دیگر تقسیم نمی‌شود.
- ۲ لنفوسیت خاخره به طور موقت به G_1 می‌رود ولی پلاسموسیت‌ها، بیگانه‌خوارها و اغلب یاخته‌های عصبی و یاخته ماهیچه اسکلتی پس از تولد کاملاً در G_1 می‌مانند.
- ۳ آخر مرحله G_1 علامت‌ها یا نشانه‌هایی برای بازرسی به نام نقطه واریسی برای بررسی سلامت DNA یاخته وجود دارد. اگر DNA آن سالم نباشد و این نقص اصلاح نشود، مرگ یاخته‌ای به صورت برنامه‌ریزی شده اتفاق می‌افتد.

● (ب) مرحله S 

«ژنوتیپ: 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 (**کروماتین دو برابر می‌شود**). یاخته همچنان یک جفت سانتیریول دارد. در سال دوازدهم می‌خوانیم که در این مرحله دو آنزیم دنابسپاراز و هلیکاز مهم‌ترین نقش را در ساخت DNA دارند. در این مرحله تعداد ژن‌های یاخته نیز دو برابر می‌شود ولی تعداد سانترومر تغییر نمی‌کند.

● (ج) مرحله G_2 «ژنوتیپ: AaBb»
دو جفت سانتیریول دارد»

کوتاه‌ترین مرحله اینتر فاز 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 غیر قابل رؤیت وجود دارند.

- نکته** آخر این مرحله نیز یک **نقطه واریسی** برای بررسی عوامل لازم میتوز و ساخت رشته دوک وجود دارد تا به یاخته اجازه ورود به تقسیم را بدهد.
- نکته** بسیار بسیار دقت کنید که پروتئین دوک در مرحله G_2 تولید می‌شود ولی رشته دوک در مرحله پروفاز تقسیم ایجاد می‌شود (**لطفاً این دو را به هم اشتباه نکنید**).

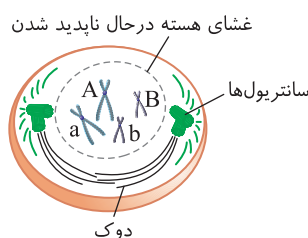
مرحله تقسیم هسته (میتوز)

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

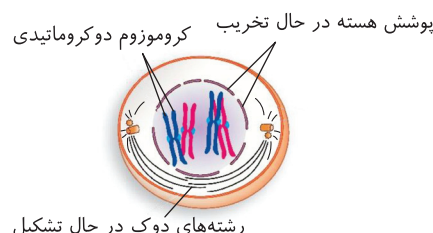
بررسی مراحل میتوز (رشتان)

● (الف) پروفاز

این مرحله **شروع تقسیم یاخته بوده که با فشرده‌تر شدن کروماتین‌ها** همراه می‌باشد. در پروفاز به تدریج که کروماتین‌ها فشرده‌تر، 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 سانتیریول‌ها از هم جدا شده، بین آن‌ها رشته‌های دوک در اطراف هسته آغاز به شکل‌گیری می‌کنند.



«ژنوتیپ: AaBb»



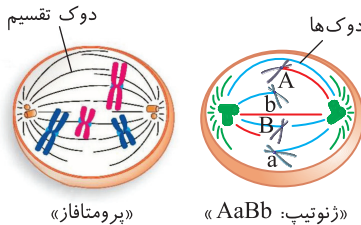
«پروفاز»

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ یاخته‌های گیاهی با اینکه سانتیریول ندارند ولی دوک تقسیم را در خارج هسته تشکیل می‌دهند.
- ۲ یاخته $2n=4$ در پروفاز دارای ۸ کروماتید و مولکول DNA و ۱۶ رشته نوکلئوتیددار در DNA می‌باشد.
- ۳ پروفاز تنها مرحله‌ای است که ابتدای آن کروماتین و غشای هسته وجود دارد ولی در انتهای آن کروموزوم‌ها در هسته‌ای با غشای در حال تجزیه وجود دارند.

● (ب) پرومتافاز

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.

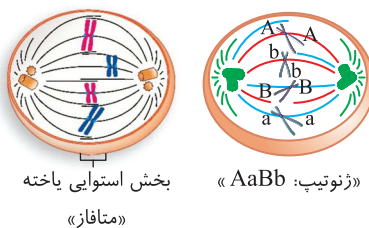


نکته

در مرحله پرومتافاز 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.

● (ج) متافاز

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



نکته

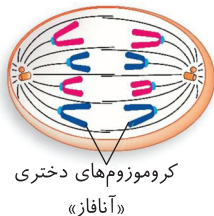
متافاز بهترین مرحله برای نمایش کاریوتیپ کروموزوم‌ها و مشاهده ساختار کروموزوم‌ها می‌باشد.

نکته

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

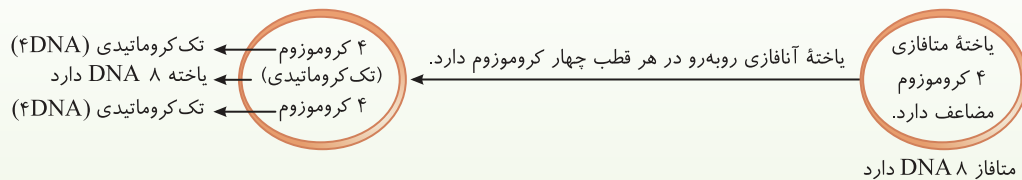
● (د) آنافاز

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 سانتیریول‌ها حرکت می‌کنند. در این حالت دو کروماتید یک کروموزوم از هم جدا شده و از این‌جا به بعد به هر کروماتید یک کروموزوم دختری تک کروماتیدی فشرده می‌گویند.



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 نوکلئوتیددار دای آن‌ها تغییر نمی‌کند.



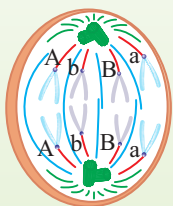
- ۲ در مرحله آنافاز هر قطب یاخته فرمول ژنتیکی همانند یاخته اولیه را دارد ولی خود یاخته دو برابر یاخته شروع کننده میتوز، کروموزوم دارد.

- ۳ در این مرحله، درون یاخته به جای $2n=4$ کروموزوم، به تعداد $4n=8$ کروموزوم وجود دارد که هر قطب به اندازه $2n=4$ کروموزوم ماده وراثتی دارد. یاخته از هر جایگاه ژن ۴ دستورالعمل دارد که دوتا دوتا به هم مشابهند و در دو قطب یاخته واقع شده‌اند.

- ۴ در زیست دوازدهم می‌آموزید که به دستورالعمل‌های یک ژن که روی دو کروموزوم همتا قرار گرفته‌اند، واژه دگره یا الل گفته می‌شود. مثلاً A و a در دو قطب جایگاه ژنی از یک صفت می‌باشند. در آنافاز این الل‌ها نیز دو برابر می‌شوند.

- ۵ در این مرحله فقط ریزلوله‌هایی کوتاه می‌شوند که به سانترومر کروموزوم‌ها متصلند.

- ۶ کروماتیدهای خواهری در مرحله S اینترفاز طی همانندسازی ایجاد می‌شوند و در مرحله آنافاز از هم جدا شده و سبب ایجاد کروموزوم دختری می‌شوند.

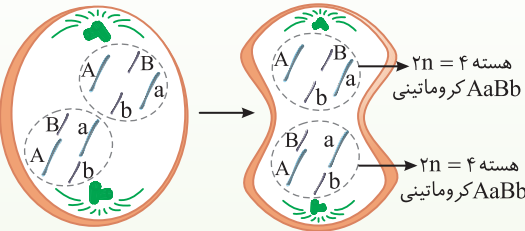


دو جفت سانتیریول دارد.
هر قطب ژنوتیپ AaBb دارد.

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 قطور خارج شده و دوباره به تدریج در این مرحله **شروع به باز شدن** می‌کنند و مثل مرحله اینترفاز به صورت کروماتین درمی‌آیند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ در تلوفاژ برخلاف پروفاژ، 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 دارند.



۲ یاخته در آخر مرحله تلوفاژ دو هسته $2n=4$ با مقدار DNA مشابه $AaBb$ دارد. دقت کنید که یاخته تلوفاژی، یک یاخته دوهسته‌ای با هسته‌های کاملاً مشابه می‌باشد که اطراف هر هسته جانوری یک جفت سانتیریول وجود دارد.

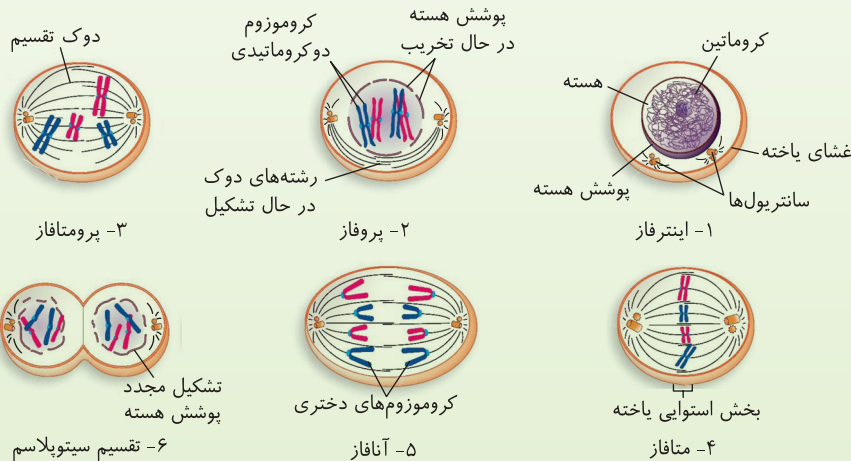
۳ دقت کنید که یاخته در مرحله تلوفاژ دارای دو هسته مشابه با کروموزوم‌های تک کروماتیدی می‌باشد که هرکدام به اندازه یاخته مادر اولیه کروموزوم دارد.



تَشکیل مجدد پوشش هسته
«تقسیم سیتوپلاسم»

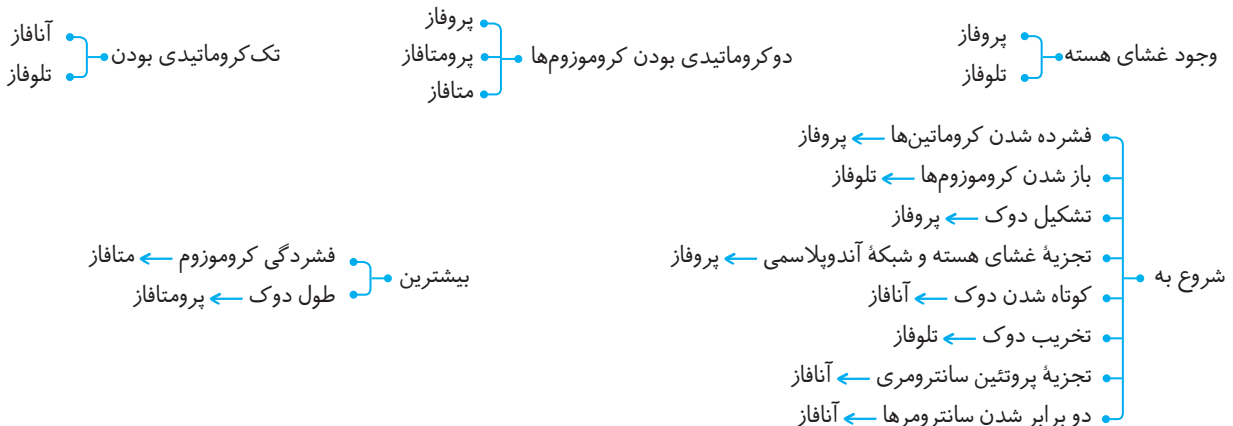
۴ در دو مرحله پروفاژ و تلوفاژ میتوز، هم کروماتین و هم کروموزوم وجود دارد. در پروفاژ کروماتین‌های مضاعف با فشرده شدن به کروموزوم مضاعف تبدیل می‌شوند ولی در تلوفاژ، کروموزوم‌های تک کروماتیدی با باز شدن، به کروماتین‌های تک کروماتیدی تبدیل می‌شوند.

۵ 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 بین‌یاخته‌ای نیز از آنافاز شروع می‌شود.



«طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم میتوز»

● چند نکته کلیدی برای شناسایی مراحل میتوز



معمولاً 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 کرده‌اند (رشته‌کننده در دوران جنینی غشای بین یاخته‌های ماهیچه اسکلتی از بین می‌رود و در غام چند یاخته یاخته‌های چند هسته‌ای ایجاد می‌شود یعنی قبل از تقسیم سیتوپلاسم صورت گرفته است). به طور کلی، پس از پایان مراحل میتوز، هسته و سایر اجزای یاخته‌ای (اندامات و ساختارها) 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 گرده گیاهان و یا تولید یاخته باقی‌مانده از میوز پارانشیمن خورش نهاندانگان و یا اولین تقسیم تخم ۲n در نهاندانگان که همگی همراه تقسیم سیتوپلاسم نامساوی می‌باشند (این تقیعات را در فصل‌های جلوتر بررسی می‌کنیم).

تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری

در یاخته‌های جانوری پس از پایان تلوفاز، فرورفتگی غشایی در وسط یاخته ایجاد می‌شود. این فرورفتگی در اثر عمل **یک حلقه انقباضی** از جنس پروتئین‌های انقباضی اکتین و میوزین است که همانند یک **کمر بند از طرفی 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

دقت 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 اشتباه نگیرید.

تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های گیاهی

همان‌طور که گفتیم در یاخته جانوری، یک کمر بند انقباضی در سیتوپلاسم یاخته ایجاد می‌شود که سبب فرورفتگی از وسط یاخته می‌شود ولی چون در اطراف غشای پلاسمایی یاخته گیاهی، **دیواره** وجود دارد، دیگر تشکیل کمر بند انقباضی در این یاخته‌های دیواره‌دار کارآمد نمی‌باشد. در یاخته‌های گیاهی از وقتی کروموزوم‌ها در **اتاق** به قطبین می‌روند و هنوز دوک وجود دارد، ریزکیسه‌های غشاداری که در دستگاه **گلزی** 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 **درون** 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 دنبال هم می‌آیند و با تشکیل هسته‌ها در تلوفاز، یک صفحه یاخته‌ای منفذدار با 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 متصل شد، دو یاخته جدید را از هم جدا می‌کند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

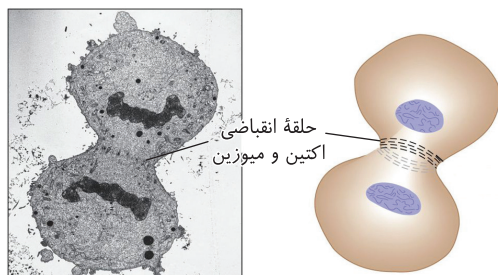
۱ در هنگام تشکیل دیواره یاخته‌ای، ساختارهای **لان و پلاسمودسم** نیز برای ارتباط یاخته‌ای پایه‌گذاری می‌شوند. دقت داشته باشید که همواره در دو طرف دیواره، غشای یاخته وجود دارد.

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

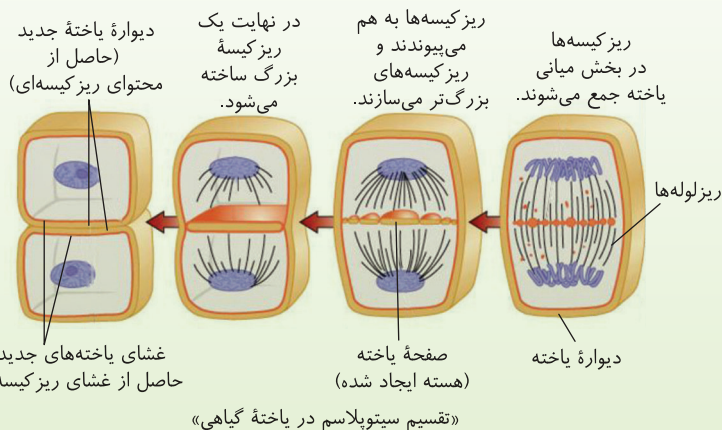
۳ در گیاهان تا هنگامی که در تقسیم سیتوپلاسم یک کیسه بزرگ دیواره‌ای تشکیل شود هنوز ریزلوله‌هایی در وسط یاخته بین کروموزوم‌ها قرار دارد.

۴ در یاخته‌هایی از گیاه مثل تخم اصلی ۲n که تقسیم سیتوپلاسم نامساوی دارند، صفحه یاخته‌ای بیشتر به سمت یک 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 انتها و قبل از اتصال دیواره جدید به دیواره مادری 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.



«تقسیم سیتوپلاسم در یک یاخته جانوری»



جدول مراحل چرخه یاخته‌ای

نقاط واریسی (اصلی)	تعداد رشته نوکلئوتیددار DNA	تعداد کروماتید = تعداد مولکول DNA	تعداد کروموزوم = تعداد سانترومر	فشرده‌گی 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	$2n=4$	پرومتافاز
دارد	۱۶	۸	۴	حداکثر فشرده‌گی دارد	۴	کروموزوم	AaBb	$2n=4$	متافاز
ندارد	۱۶	۸	۸	دارد	۴	کروموزوم	هر قطب AaBb کل یاخته = AAaaBBbb	$4n=8$ (هر قطب $2n=4$)	آنافاز
ندارد	۱۶	۸	۸	ابتدا دارد در انتها 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 انتها 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

در این قسمت می‌خواهیم به بررسی عواملی بپردازیم که سبب کم یا زیاد یا متوقف کردن تقسیم در یک یاخته می‌شوند. مثلاً می‌خواهیم ببینیم چرا یاخته‌های عصبی دستگاه عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند. چرا یاخته‌های مریستمی گیاهان یا یاخته بنیادی مغز استخوان انسان که سرعت تقسیم بسیار زیادی دارند، در برخی شرایط نامساعد با 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 اریثروپویتین (یک شیمیایی روبرر) 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 پدال گنر و ترمز ماشین عمل می‌کنند).

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

نکته

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

نکته

یاخته‌های مغز استخوان یا مریستم گیاهان

- در شرایط مساعد
- در شرایط نامساعد محیطی
- معمولاً تقسیم سریع دارند.
- در افزایش بیش از حد یاخته‌ها
- سرعت تقسیم خود را کاهش داده یا متوقف می‌کنند.

نقاط واریسی تنظیم چرخه یاخته‌ای

همان‌طور که بارها ذکر کردیم در چرخه یاخته‌ای، سه نقطه واریسی اصلی در **آخر** مراحل G_1 ، G_2 و **متافاز** وجود دارد که اعمال مراحل خود را کنترل می‌کنند و به یاخته اطمینان می‌دهند که **مرحله قبل** کامل شده و **عوامل لازم برای مرحله بعد آماده شده‌اند**. (تکرار می‌کنم که **نقطه واریسی متعذر** در چرخه یاخته وجود دارد ولی **کتاب درسی و سوالات تحت فقط این سه نقطه را بررسی می‌کنند**).

● انواع نقاط واریسی اصلی و نکات آن

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

نکته

از فصل قبل (ایمنی) به یاد دارید که **مرگ یاخته‌ای** فرایندی است که در نوع برنامه‌ریزی شده آن، لنفوسیت‌های کشنده طبیعی و لنفوسیت T نقش دارند. لنفوسیت کشنده طبیعی در دفاع غیراختصاصی (سرریز) ولی لنفوسیت T در دفاع اختصاصی یعنی در سد سوم مؤثر هستند. در هر دو سد دفاعی پرفورین و آنزیم تخریب‌کننده اجزای یاخته‌ای فعال می‌شوند (البته ممکن است یک یا چند مورد مرگ برنامه‌ریزی داشته باشد ولی **کتاب در مورد لنفوسیت صحبت کرده است**).

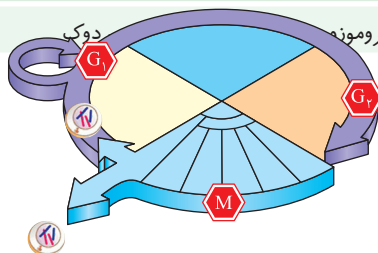
۲) نقطه واریسی **انتهای مرحله G_2** ، عوامل تولیدکننده دوک تقسیم یعنی **سانتریول‌ها** را فراهم می‌کند تا ساخته شدن دوک در شروع میتوز به درستی انجام شود و سایر **عوامل لازم برای میتوز** یعنی **شروع تقسیم هسته** را بررسی می‌کند. در حقیقت این نقطه واریسی اجازه ورود یاخته به مرحله تقسیم و فشردن کروماتین را می‌دهد (رست کنید که در این مرحله هنوز دوک به صورت رشته‌ای ایجاد نشده است ولی عوامل مورد نیاز برای تشکیل شرح آن فراهم شده است).

۳) نقطه واریسی **آخر متافاز**، 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 قسمت نقاط واریسی اصلی، یاخته با تولید و فعال کردن **پروتئین‌هایی** بر عملکرد تقسیم خود و چرخه یاخته‌ای نظارت و کنترل می‌کند.

نقطه واریسی	اطمینان از کامل شدن	آماده بودن عوامل لازم
انتهای G_1	سلامت DNA و رشد یاخته	برای همانندسازی DNA در S
انتهای G_2	همانندسازی DNA و تولید سانتریول	برای تولید دوک و مراحل تقسیم
انتهای متافاز	قرارگیری کروموزوم	برای جدا شدن کروموزوم‌ها در آنافاز

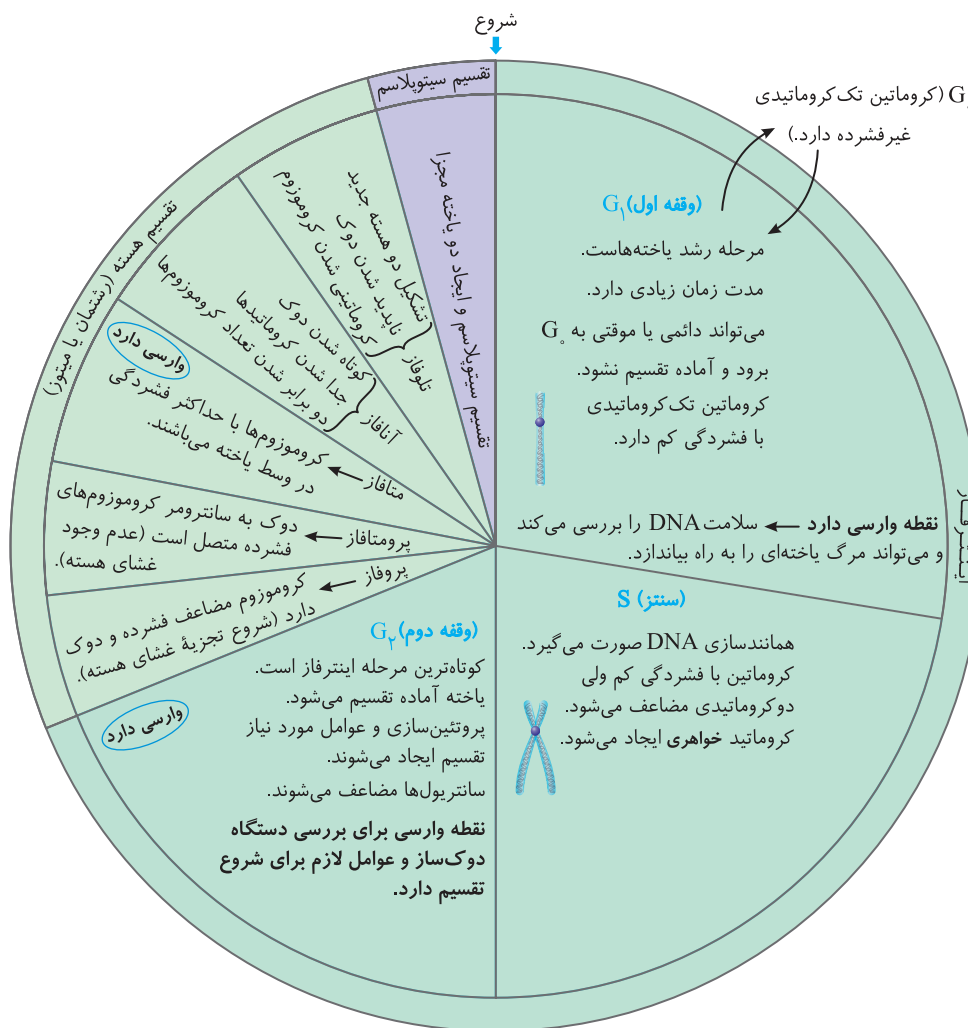


نقطه واریسی (G_1) یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند. اگر دنا آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.

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

نقطه واریسی متافازی برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به‌صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

«نقاط واریسی در چرخه یاخته»



نکته

چرخه یاخته، در کل دو مرحله اول (ایشرخه) و دوم (تفیه) دارد ولی هر کدام از آن‌ها دارای مراحل کوچک‌تری مثل G₁، G₂ و میتوز، تقسیم و ... سیتوپلاسم می‌باشند.

اختلالات در سرعت تقسیم یاخته‌ای

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

تومور

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 خوش خیم و بدخیم تقسیم‌بندی می‌شود.

● الف) تومور خوش خیم

نوعی از تومورها هستند که معمولاً آنقدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب برسانند. در این تومورها رشد کمی 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 خوش خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج»

مثال: لیپوما نوعی از انواع تومورهای خوش خیم 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 یا محدوده سنی که شیوع این تومور زیاد است ... و از آن حتی در تولید صفحات رشد، بلوغ جنسی و ... سؤال 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** (**دگرشینی**) 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 مختل می‌شود.

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

مثال:

سرطان

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

نکته

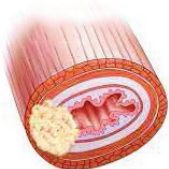
اشکال در نقاط واریسی می‌تواند یاخته را بدون کنترل به مرحله بعدی ببرد و در نتیجه یاخته‌های نامناسب در بدن ایجاد کند. ازدیاد این یاخته‌ها می‌تواند سبب سرطان شود.

● مراحل رشد و متاستاز یاخته سرطانی



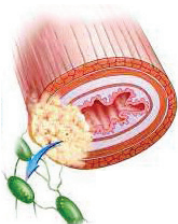
«یاخته سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.»

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 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.



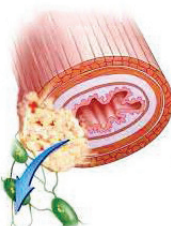
«یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.»

۳) برخی یاخته‌های سرطانی به بخش‌های **لنفی مجاور** محل ایجاد و تکثیر خود وارد می‌شوند تا در بدن پخش شوند (**متاستاز**) 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 میان‌بافتی + خون + لنف



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

۴) یاخته‌های سرطانی از طریق **لنف** به بافت‌های **دورتر** 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.

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 آنتی‌ژن‌های خاص به شناسایی سرطان کمک می‌کند.

● روش‌های رایج درمان سرطان

(۱) جراحی ← برداشتن بافت سرطانی می‌باشد.

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

(۳) پرتودرمانی ← در این روش یاخته‌هایی که سرطانی شده‌اند و سرعت تقسیم بالایی دارند، به‌طور 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 ببینند.

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 سرطان‌زایی

(الف) عوامل وراثتی

(ب) عوامل محیطی

● (الف) عوامل وراثتی

همان‌طور که بارها گفتیم تنظیم چرخه یاخته‌ای و مرگ یاخته‌ها با پروتئین‌ها و نقاط واری می‌باشد. از آنجا که هر پروتئینی در اصل از روی ژن، رمزگردانی و ساخته می‌شود، پس واضح است که اشکال در ژن‌ها (جهش) سبب عدم تولید پروتئین مناسب و کافی شده است و ایجاد سرطان می‌کند. در حال حاضر ژن‌های 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 سرطان‌زایی کنند. همچنین برخی ویروس‌ها، پرتوها، مواد شیمیایی مثل غذای دودی شده (گوشته ماهی)، قرص‌های ضد بارداری، نوشیدنی‌های الکلی نیز در بروز سرطان مؤثرند.

نکته

در زیست دوازدهم می‌آموزید که سدیم 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 بریدگی، یاخته‌ها یا حتی بافت‌ها می‌توانند آسیب ببینند 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 علائمی به یاخته آغاز می‌شوند و طی چند ثانیه، پروتئین‌های تخریب‌کننده‌ای در یاخته فعال می‌شوند که شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

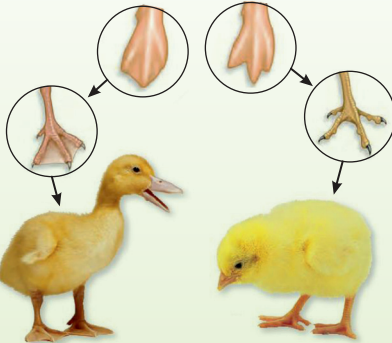
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ مرگ برنامه‌ریزی شده می‌تواند در اثر یاخته‌های لنفوسیت کشنده طبیعی و لنفوسیت T رخ می‌دهد که در هر دو یاخته ابتدا پرفورین 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 پرندگان 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 ببرند.

۴ اگر مدت زمان زیادی در معرض پرتوهای نور خورشید که حاوی اشعه فرابنفش هستند قرار بگیریم، ممکن است آسیب به DNA یاخته‌های پوست در اثر آفتاب 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 بدن می‌شود. در واقع نور خورشید آن‌ها را نمی‌کشد، خود یاخته‌هایی هستند که فداکاری و خودکشی می‌کنند تا اگر سرطانی شدند، بقیه آسیب نبینند.



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