

کتابخانه

کنکار هدف

زیست شناسی (۲)

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه

۱۳۹۶

فصل ۶ تا ۹

مؤلف: دکتر عمارلو

فصل ۶ - کروموزوم‌ها و تقسیم سلول

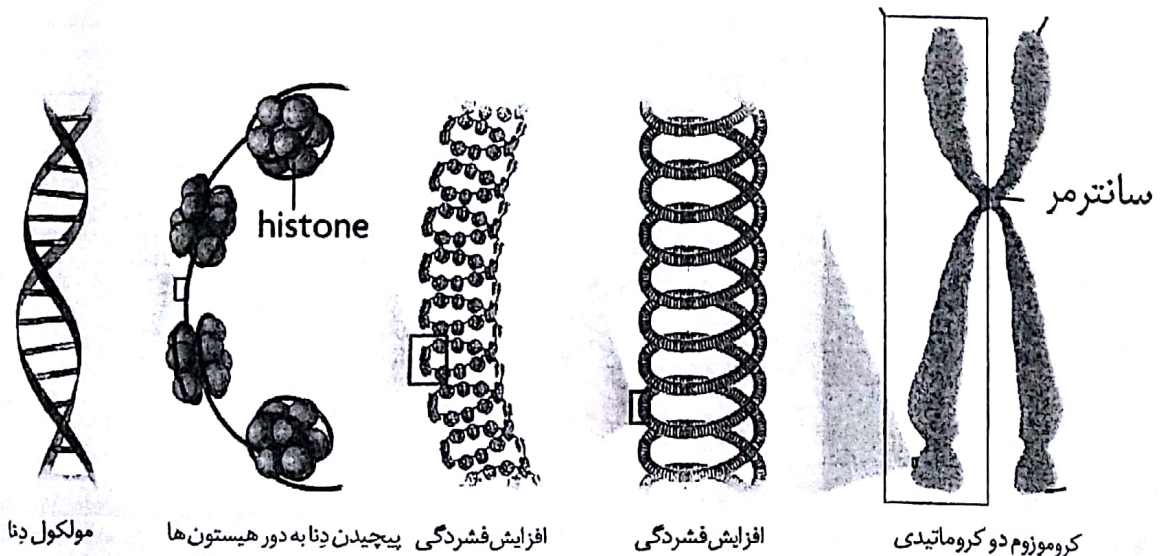
زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه به نوزادی با میلیاردهای یاخته تبدیل می‌شود. روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد.

کروموزوم

کروموزوم از DNA (دنا) و پروتئین هیستون تشکیل شده است. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی ماده وراثتی هسته، کمتر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، کروماتین (فامینه) می‌گویند. هر رشته کروماتین از واحدهای تکراری به نام نوکلئوزوم (هسته تن) تشکیل می‌شود که در آن، مولکول (دنا) حدود ۲ دور در اطراف مولکول ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون پیچیده است. ماده وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به جز تقسیم، به صورت کروماتین است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی دو برابر می‌شوند و با فشردن، کروموزوم (فام تن) ها را ایجاد می‌کنند.

نکته ۱: هیستون: پروتئین‌های متصل به DNA هسته بوده که مسئول فشردن DNA هستند. هیستون‌ها توسط ریبوزوم در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند، سپس از سیتوپلاسم از طریق منافذی وارد هسته می‌شوند و درون هسته، DNA دور آن‌ها می‌چرخد و فشرده می‌شود. بنابراین محل ساخت و فعالیت هیستون‌ها متفاوت است. این پروتئین مختص سلول‌های یوکاریوتی است.

نکته ۲: نوکلئوزوم (هسته تن): واحدهای هیستونی (۸ واحد) که توسط قسمتی از مولکول DNA دو رشته‌ای احاطه شده‌اند. در ساختار نوکلئوزوم هم پروتئین و هم DNA به کار رفته است. (نوکلئوزوم ترکیبی از دو نوع پلیمر است) در ساختار هیستون‌ها پیوند پپتیدی و در ساختار DNA پیوند هیدروژنی و فسفودی استری وجود دارد. باکتری‌ها نوکلئوزوم ندارند.



اجزای کروموزوم:

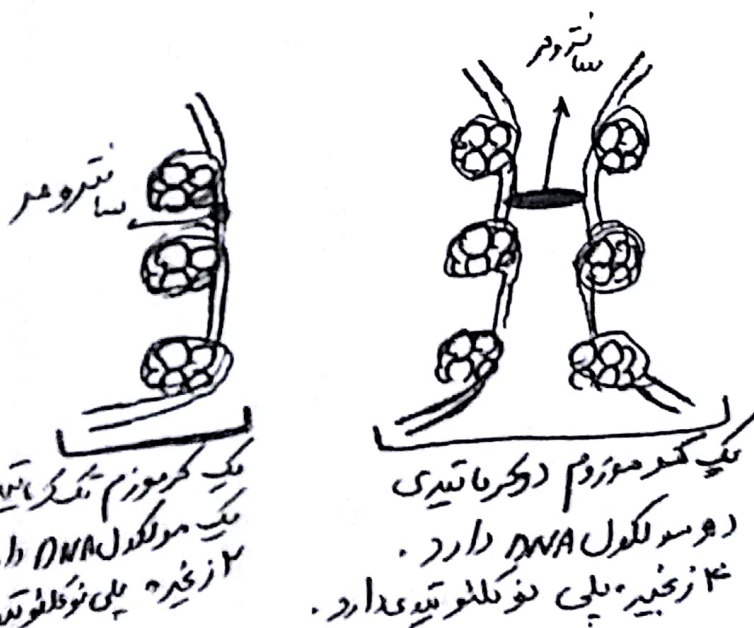
در تمام مراحل زندگی سلول، به جز مراحل تقسیم، ماده وراثتی به صورت کروماتین است. زمانی که در یک سلول کروموزوم می‌بینیم، قطعاً سلول در حال تقسیم است. هر کروموزوم مضاعف شده از دو بخش شبیه به هم به نام کروماتید (فامینک) تشکیل شده است. به کروموزوم‌هایی که دو کروماتید دارند، کروموزوم مضاعف شده می‌گویند. دو کروماتید هر کروموزوم از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند، و به آن‌ها کروماتیدهای خواهری گفته می‌شود. کروماتیدهای خواهری در محلی به نام سانترومر به هم متصل‌اند. پروتئین‌هایی، عمل اتصال کروماتیدها را بر عهده دارند.

نکته ۱: یک کروموزوم تک کروماتیدی دارای یک عدد سانترومر و یک مولکول DNA دارد (یعنی دارای دو زنجیره پلی نوکلئوتیدی DNA است).

نکته ۲: یک کروموزوم دو کروماتیدی (یا کروموزوم مضاعف شده) دارای یک عدد سانترومر و دارای دو مولکول DNA است. (یعنی ۴ زنجیره پلی نوکلئوتیدی DNA دارد).

نکته ۳: هر کروموزوم چه تک کروماتیدی باشد چه دو کروماتیدی باشد فقط یک عدد سانترومر دارد. بنابراین همیشه تعداد کروموزوم‌ها با تعداد سانترومرها برابر است. و همیشه تعداد کروماتید با تعداد مولکول DNA برابر است.

نام جاندار	تعداد کروموزوم
مگس خانگی	۱۲
ذرت	۲۰
گوجه فرنگی	۲۴
زرافه	۳۰
گره	۳۸
موش	۴۰
انسان	۴۶
شامپانزه	۴۸
سیب زمینی	۴۸
اسب	۶۴
سگ	۷۸
نوعی سرخس	۱۲۶۰



تعداد کروموزوم

هرگونه از جانداران، تعداد معینی کروموزوم در سلول‌های پیکری (سوماتیک) خود دارند. سلول‌های پیکری همان سلول‌های غیرجنسی جاندار هستند. تعداد کروموزوم پیکری بعضی جانداران ممکن است شبیه هم باشد، مثلاً در سلول‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ کروموزوم وجود دارد ولی مسلماً زن‌های آن‌ها تفاوت‌های زیادی دارند. تعداد کروموزوم‌های جانداران مختلف (به جز باکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ متغیر است.

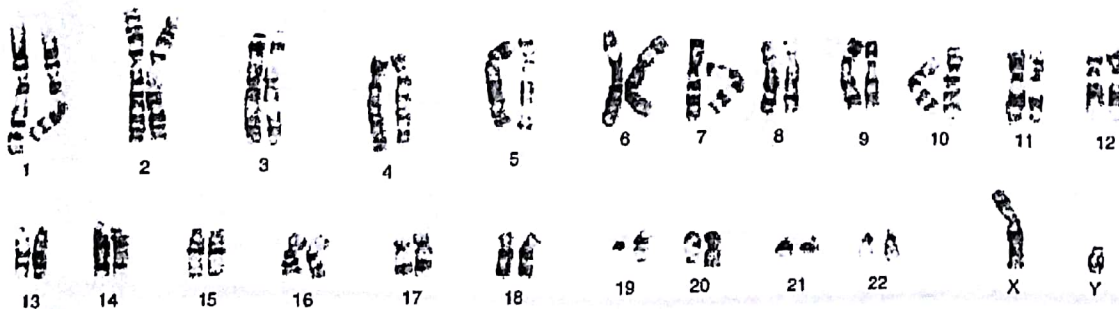
کاریوتیپ:

برای تعیین تعداد کروموزوم‌ها و تشخیص بعضی ناهنجاری‌های کروموزومی، کاریوتیپ تهیه می‌شود. در این روش از کروموزوم‌هایی که حداکثر فشردگی را دارند تصویر تهیه می‌کنند و آن‌ها را براساس اندازه و شکل کروموزوم و محل قرارگیری سانترومر، کنار هم مرتب و شماره‌گذاری می‌کنند.

نکته ۱: در مرحله G_1 و S و G_2 اینترفاز مواد هسته‌ای به صورت رشته‌های درهم تابیده (کروماتین) هستند بنابراین در این مراحل نمی‌توان کاریوتیپ تهیه کرد. برای تهیه کاریوتیپ باید سلول را وادار به تقسیم کنیم. گلبول قرمز انسان فاقد هسته است، بنابراین از گلبول قرمز (اریتروسیت) نمی‌توان کاریوتیپ تهیه کرد.

نکته ۲: کروموزوم شماره ۱، بزرگترین کروموزوم است بنابراین بیشترین تعداد نوکلئوتید و بیشترین تعداد پیوند فسفودی استر و بیشترین هیستون را دارد. و کروموزوم شماره ۲۲ کوچکترین کروموزوم غیر جنسی (اتوزوم) است.

نکته ۳: سلول‌های بدنی (پیکری یا سوماتیک) انسان، دیپلوئید (دولاد) هستند: هر کروموزوم دارای یک کروموزوم شبیه خود است که به این کروموزوم‌ها، همتا یا هومولوگ (هم ساخت) گفته می‌شود. به جاندارانی که سلول‌های پیکری آن‌ها از هر کروموزوم ۲ نسخه داشته باشند، دیپلوئید می‌گویند. در این سلول‌ها، دو مجموعه کروموزوم وجود دارد که دویله دوشبیه هم هستند. در این یاخته‌ها یک مجموعه کروموزوم از والد مادری و یک مجموعه کروموزوم از والد پدری دریافت شده است. در انسان هر سلول سوماتیک (پیکری) هسته دار، درون هسته خود ۴۶ کروموزوم دارد که ۴۴ عدد آن کروموزوم غیر جنسی (اتوزوم) و دو عدد آن جنسی هستند.



نکته ۴: بعضی سلول‌ها مانند سلول جنسی انسان، هاپلوئید (تک لاد) هستند؛ یعنی یک مجموعه (دست) کروموزوم دارند. تعداد کروموزوم‌های سلول‌های هاپلوئید را با نماد کلی «n»، نشان می‌دهند. در هر حالت «n»، تعداد کروموزوم‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان $n=23$ است. در یک مجموعه کروموزومی، هیچ کروموزومی با کروموزومی هم‌ساخت (همولوگ) نیست.

نکته ۵: در انسان و بعضی جانداران، کروموزوم‌هایی وجود دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این کروموزوم‌ها، کروموزوم جنسی گفته می‌شود. کروموزوم‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. در انسان، زنان دو کروموزوم X ولی مردان XY هستند. کروموزوم Y از کروموزوم X کوچکتر است، این دو کروموزوم زن‌های متفاوتی نسبت به هم دارند، بنابراین باهم هم‌ساخت (هم‌ساخت) نیستند.

نکته ۵: به یاخته یا جانداري که یاخته‌های آن بیش از دو دست (مجموعه) کروموزوم داشته باشد، چند لاد (پلی‌پلوئید) گفته می‌شود. مثلاً گندم زراعی $6n$ و موز $3n$ کروموزوم‌اند.

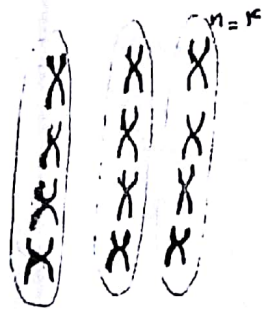
مثال ۱: سلول نوتروفیل انسان یک سلول پیکری است که $2n=46$ است، یعنی دو مجموعه (دو دست) کروموزوم دارد و در هر دست، ۲۳ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد. ولی هر اسپرم و هر تخمک در انسان $n=23$ است یعنی فقط یک مجموعه کروموزوم دارد. که همه ی کروموزوم‌ها ناهمتا هستند. گلبول قرمز انسان فاقد هسته است بنابراین فاقد کروموزوم است و هر سلول‌های ماهیچه ای اسکلتی چون چند هسته ای است بنابراین بیش از ۴۶ کروموزوم دارند.

مثال ۲: سلول سوماتیک $3n=12$:



سه دست (سه مجموعه) کروموزوم دارد که سه تا سه تا هم‌ساخت هستند و در هر دست (هر مجموعه) ۴ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد. سلول‌هایی که، مجموعه کروموزوم‌های فرد دارند نمی‌توانند تقسیم میوز داشته باشند.

مثال ۳: سلول سوماتیک یک فرد تتراپلوئید $4n=12$ که والدینش به یک گونه تعلق دارند:



دارای ۴ مجموعه (چهار دست) کروموزوم است و کروموزوم‌ها ۴ تا ۴ تا هم‌ساخت هستند و در هر مجموعه ۳ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد یعنی در هر مجموعه کروموزوم هم‌ساخت وجود ندارد و هر گامت حاصل از میوز عادی آن $2n=6$ است پس در گامت‌های آن کروموزوم‌ها هم‌ساخت وجود دارد و در هر گامت کروموزوم‌ها دو به دو هم‌ساخت هستند و هر گامت ۲ مجموعه کروموزوم دارد و هر مجموعه ۳ عدد کروموزوم ناهمتا دارد. $n = \checkmark$

مثال ۳: سلول پیکری گندم زراعی $6n=42$

چرخه سلولی:

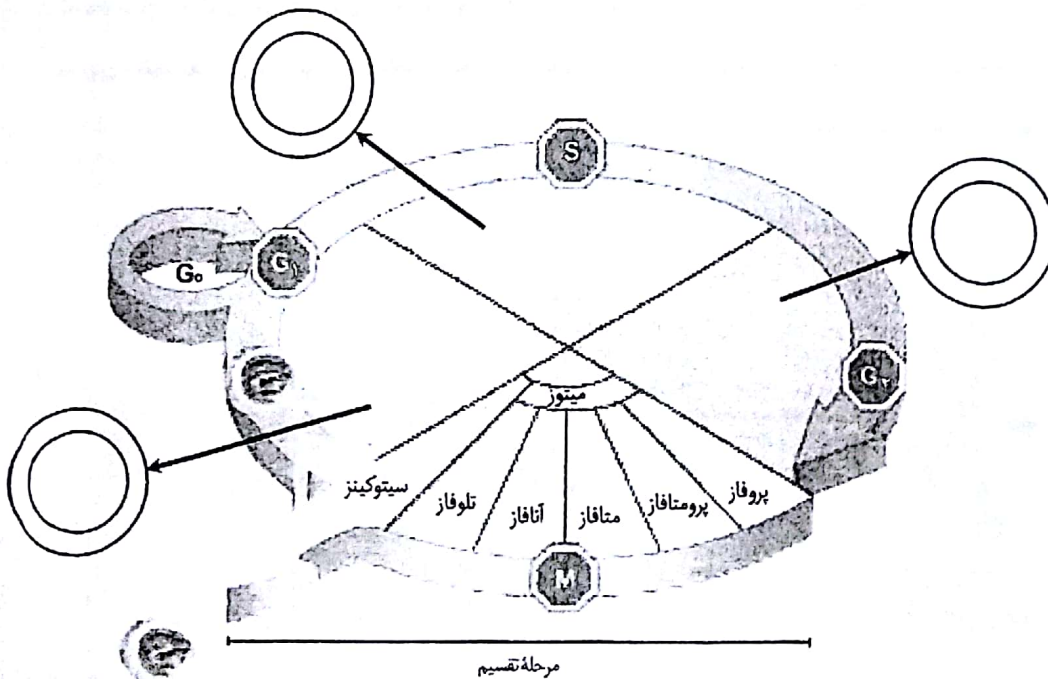
مراحلی که یک سلول از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را چرخه سلولی (چرخه‌ی یاخته‌ای) می‌گویند. چرخه یاخته‌ای شامل مراحل اینترفاز و تقسیم یاخته است. در سلول‌های مختلف، مدت مراحل چرخه سلولی، متفاوت است.

۱- اینترفاز (میان چهر):

سلول‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند، کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام اعمال معمول سلول در این مرحله انجام می‌شود. اینترفاز شامل مراحل «G₁» و «S» و «G₂» است.

الف) مرحله وقفه اول یا «G₁»:

مرحله رشد سلول‌ها است و سلول‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. سلول‌هایی که به طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این سلول‌ها به طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام جی صفر «G₀» وارد می‌شوند. پلاسموسیت‌ها و بیشتر نورون‌ها نمونه‌ای از این یاخته‌ها هستند. هر سلول انسان در مرحله‌ی G₁ و G₂ در سیتوپلاسم خود دارای دو عدد سانتیریول (۵۴ میکروتوبول سانتیریولی) و درون هسته خود ۴۶ کروموزوم تک کروماتیدی دارد (۴۶ کروماتید یا ۴۶ مولکول DNA خطی یا ۹۲ زنجیره DNA)



ب) مرحله «S»:

دو برابر شدن DNA هسته در این مرحله انجام می‌شود که نتیجه همانندسازی DNA است. همانندسازی DNA فرآیندی است که طی آن از یک مولکول DNA دو مولکول کاملاً شبیه هم ایجاد می‌شود. در این مرحله دو رشته DNA توسط آنزیم هلیکاز هم باز می‌شوند سپس توسط آنزیم DNA پلی‌مراز از هر مولکول DNA، دو عدد مولکول DNA کاملاً شبیه به هم ساخته می‌شود.

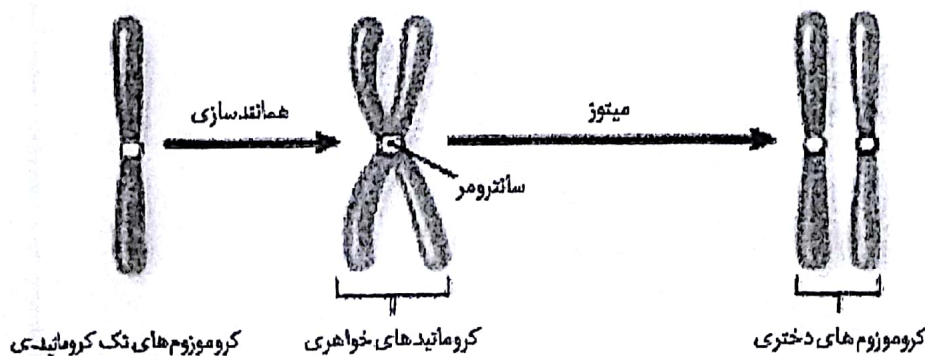
نکته ۱: در مرحله S درون هسته کروماتین مضاعف می‌شود. و هر کروموزوم که تک کروماتیدی است به یک کروموزوم دو کروماتیدی تبدیل می‌شود و بر مقدار ماده‌ی ژنتیکی افزوده می‌شود ولی توجه کنید که محتوای ژنتیکی تغییر نمی‌کند. در این مرحله تعداد کروماتیدها و تعداد مولکول‌های DNA درون هسته دو برابر می‌شوند ولی تعداد کروموزوم‌ها و تعداد سانترومرها دو برابر نمی‌شود.

نکته ۲: هر سلول انسان در پایان مرحله «S» در سیتوپلاسم خود دارای دو عدد سانتیریول است (یعنی ۵۴ میکروتوبول سانتیریولی) است و هر کروموزوم دو کروماتید (۴ زنجیره‌ی پلی‌نوکلئوتیدی خطی) دارد. بنابراین درون هر هسته ۴۶ کروموزوم - ۹۲ کروماتید - ۹۲ مولکول DNA - ۱۸۴ زنجیره‌ی پلی‌نوکلئوتیدی یافت می‌شود.

ج) مرحله وقفه دوم یا «G_۲»:

این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است و در آن، سلول‌ها آماده مرحله تقسیم سلولی می‌شوند. در این مرحله ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم سلول افزایش پیدا می‌کنند و سلول‌ها آماده تقسیم می‌شوند. سانتیریول و اندامک‌ها (مانند میتوکندری) در این مرحله دو برابر می‌شوند.

نکته ۲: هر سلول انسان در پایان مرحله «G_۲» در سیتوپلاسم خود دارای چهار عدد سانتیریول است (یعنی ۱۰۸ میکروتوبول سانتیریولی) و هر کروموزوم دو کروماتید (۴ زنجیره‌ی پلی‌نوکلئوتیدی خطی) دارد. بنابراین درون هر هسته ۴۶ کروموزوم - ۹۲ کروماتید - ۹۲ مولکول DNA - ۱۸۴ زنجیره‌ی پلی‌نوکلئوتیدی یافت می‌شود.



۲- تقسیم یاخته:

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (میتوز یا رشتمان) و تقسیم میان یاخته (سیتوکینز) انجام می‌شود. با تقسیم میان یاخته، در نهایت دو یاخته جدید ایجاد می‌شود.

در میتوز (رشتمان) ماده ژنتیک، که در مرحله «S» همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به سلول‌های جدید می‌رسد. چون کروموزوم‌ها در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید این کروموزوم‌ها به طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند. و به مقدار مساوی بین سلول‌های دختری تقسیم شوند. برای حرکت و جداسدن کروموزوم‌ها ساختارهایی به نام دوک تقسیم ایجاد می‌شود. دوک تقسیم مجموعه‌ای از لوله‌های پروتئینی (میکروتوبول) است که هنگام تقسیم پدیدار می‌شود و به سانترومر کروموزوم‌ها متصل می‌شود. با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، کروموزوم‌ها از هم جدا شده و به دو سوی مخالف می‌شوند.

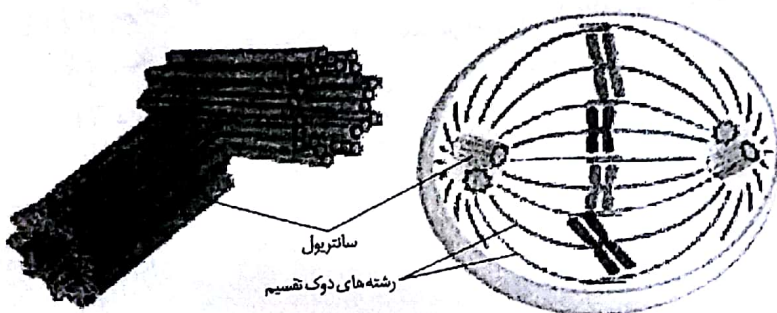
نکته ۱: در سلول‌های جانوری، سانتریول‌ها (میانک) ساخته شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند. سانتریول‌ها، یک جفت استوانه عمود بر هم (با زاویه ۹۰ درجه) هستند. که در اینترفاز، برای یاخته همانند سازی می‌کنند.

نکته ۲: هر سانتریول، یک جسم کوچک استوانه‌ای شکل است و فاقد غشا است که در نزدیکی هسته قرار دارد (نه درون هسته). هر سانتریول از ۹ دسته‌ی سه‌تایی از پروتئین میکروتوبول ساخته شده است هر سانتریول جمعاً ۲۷ میکروتوبول دارد.

نکته ۳: سانتریول‌ها قبل از میتوز در مرحله «G_۲» اینترفاز برای مرحله تقسیم سلولی همانندسازی می‌کنند.

نکته ۴: در سلول‌های جانوری در مرحله‌ی G_۱ و S یک جفت سانتریول وجود دارد، ولی در پایان G_۲ و در پروفاز و متافاز و آنافاز هر سلول ۴ عدد سانتریول (۱۰۸ میکروتوبول سانتریولی) دارد.

نکته ۵: همه‌ی جانوران و گیاهان ابتدایی (خزه و سرخس) سانتریول دارند. ولی گیاهان دانه‌دار (بازدانگان و نهاندانگان) اگر چه سانتریول ندارند اما دوک را می‌سازند. بعضی پروتئین‌های سیتوپلاسمی با همکاری پروتئین‌های غشایی این کار را انجام می‌دهند.



الف - میتوز (رشته‌مان یا تقسیم هسته)

پروفاز (پیش چهر):

- ۱- در این مرحله کروماتین فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شود. به طوری که به تدریج در زیر میکروسکوپ می‌توان آن‌ها را به صورت کروموزوم مشاهده کرد.
- ۲- ضمن فشرده شدن کروموزوم، هستک ناپدید می‌شود.
- ۳- سانتیریول‌ها به دو طرف سلول (نه هسته) حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک میتوزی تشکیل می‌شود.

پرومتافاز:

بلافاصله پس از تشکیل دوک آغاز می‌شود. در این مرحله پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی به قطعات کوچکتر تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به کروموزوم‌ها برسند. و در ساختار اسکلت سلولی به طور موقت تغییراتی ایجاد می‌شود. در همین حال رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌ها متصل می‌شوند. در این مرحله کروموزوم‌ها در مجاورت اندامک‌ها قرار می‌گیرند.

متافاز (پس چهر):

کروموزوم‌های دو کروماتیدی که بیشترین فشردگی را پیدا کرده‌اند، در وسط (سطح استوایی) سلول ردیف می‌شوند. توجه کنید که اگر بگویید در سطح استوایی هسته قرار می‌گیرند، غلط است، چون غشاء هسته از بین رفته است.

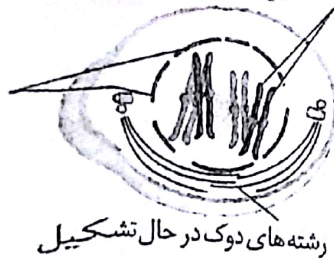
آنافاز (پسین چهر):

در این مرحله با تجزیه پروتئین اتصال در ناحیه سانترومر، کروماتیدها خواهری از هم جدا می‌شوند. این عمل با کوتاه شدن رشته‌های دوک انجام می‌شود. کروموزوم‌ها که اکنون تک کروماتیدی هستند، به دو سوی قطبین یاخته (نه قطبین هسته) کشیده می‌شوند.

تلوفاز (وایسین چهر):

رشته‌های دوک تخریب شده و کروموزوم‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت کروماتین در آیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. و هستک پدیدار می‌شود. در پایان تلوفاز، یک یاخته دارای دو هسته با ماده ژنتیکی مشابه است.

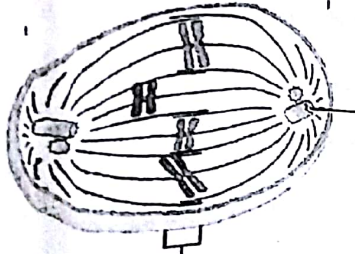
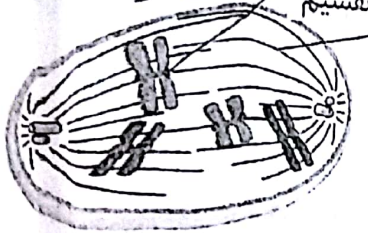
کروموزوم دو کروماتیدی



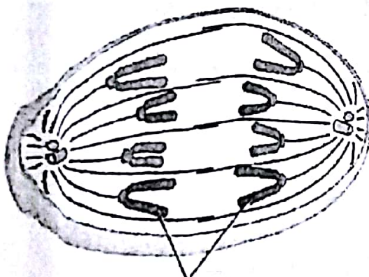
پوشش هسته در تخریب

رشته‌های دوک در حال تشکیل

سانترومر دوک تقسیم

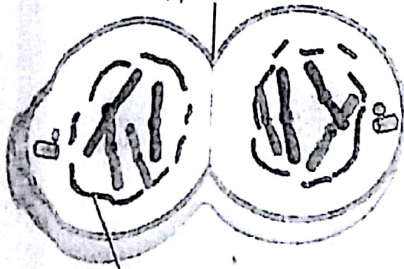


بخش استوایی یاخته



کروموزوم‌های دختر

شیار تقسیم یاخته



تشکیل مجدد پوشش هسته

توجه ۱: در مرحله‌ی آنافاز میتوز تعداد کروموزوم‌ها و سانترومرها دو برابر می‌شود ولی تعداد کروماتیدها و مولکول‌های DNA تغییری نمی‌کند یعنی بر مقدار ماده ژنتیک افزوده نمی‌شود. توجه کنید که در طول میتوز کروموزوم‌ها مضاعف نمی‌شود یعنی دو کروماتیدی نمی‌شوند.

توجه ۲: در پروفاز و متافاز، تعداد کروموزوم‌ها (عدد کروموزومی) می‌تواند زوج یا فرد باشد (ملخ نر ۲۳ و ملخ ماده ۲۴ کروموزوم دارد) ولی توجه کنید که در آنافاز میتوز در حالت طبیعی تعداد کروموزوم‌ها قطعاً زوج است (ملخ نر ۴۶ عدد و ملخ ماده ۴۸ عدد کروموزوم دارد).

توجه ۳: در مرحله پرومتافاز و متافاز و آنافاز فقط برخی از رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌ها متصل هستند، برخی دیگر از دوک‌ها تا استوای سلول کشیده شده‌اند ولی به سانترومر متصل نیستند ولی توجه کنید که: همه‌ی کروموزوم‌ها از ناحیه‌ی سانترومر به دوک متصل هستند.

توجه ۴: در مرحله آنافاز فقط دوک‌هایی که به سانترومر متصل هستند، کوتاه می‌شوند، و کروموزوم‌های تک کروماتیدی را به قطبین سلول (نه قطبین هسته) می‌کشند. ولی دوک‌هایی که تا استوای سلول کشیده شده‌اند، ولی به سانترومر متصل نیستند، بلندتر می‌شوند.

توجه ۵: توجه کنید که تلوفاز مرحله پایانی تقسیم یاخته نیست بلکه تلوفاز مرحله‌ی پایانی تقسیم هسته (میتوز) است. مرحله‌ی پایانی تقسیم یاخته، سیتوکینز است.

توجه ۶: در مرحله پروفاز و پرومتافاز و متافاز و آنافاز و تلوفاز درون سلول چهار عدد سانتریول (۱۰۸ میکروتوبول سانتریولی) وجود دارد.

توجه ۷: در مرحله پروفاز و پرومتافاز و متافاز تعداد سانترومر با تعداد کروماتیدها برابر نیست، چون هر کروموزوم دو عدد کروماتیدی است، یعنی هر کروموزوم دو مولکول DNA (چهار زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی) دارد. ولی در آنافاز و تلوفاز تعداد سانترومرها با تعداد کروماتیدها برابر است و هر کروموزوم، تک کروماتیدی است. یعنی هر کروموزوم فقط یک مولکول DNA دارد.

مثال ۲: هر سلول پارانشیم گیاه زیتون در آنافاز میتوز:

- ۱- چند سانتریول دارد؟
- ۲- چند کروموزوم دارد؟
- ۳- چند سانترومر دارد؟
- ۴- چند کروماتید دارد؟
- ۵- چند مولکول DNA دارد؟
- ۶- چند زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی DNA خطی دارد؟

مثال ۱: سلول سوماتیک سگ در مرحله G₁ اینترفاز دارای:

- ۱- چند سانتریول است؟ دو عدد
- ۲- چند میکروتوبول سانتریولی دارند؟ ۲×۲۷
- ۳- چند کروموزوم دارد؟ ۷۸ عدد تک کروماتیدی
- ۴- چند عدد سانترومر دارد؟ ۷۸ عدد (همیشه به تعداد کروموزوم)
- ۵- چند کروماتید دارد؟ ۷۸ عدد
- ۶- چند مولکول DNA دارد؟ ۷۸ عدد (همیشه به تعداد کروماتید)
- ۷- چند عدد زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی DNA خطی دارد؟ ۱۵۶

مثال ۳: سلول سوماتیک شامپانزه در پایان اینترفاز:

- ۱- چند سانتریول است؟ ۴ عدد
- ۲- چند میکروتوبول سانتریولی دارند؟ ۴×۲۷
- ۳- چند کروموزوم دارد؟ ۴۸ عدد دو کروماتیدی
- ۴- چند عدد سانترومر دارد؟ ۴۸ عدد
- ۵- چند کروماتید دارد؟ ۴۸×۲
- ۶- چند مولکول DNA دارد؟ ۹۶ (به تعداد کروماتید)
- ۷- چند عدد زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی DNA خطی دارد؟ ۱۹۲

ب- تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز):

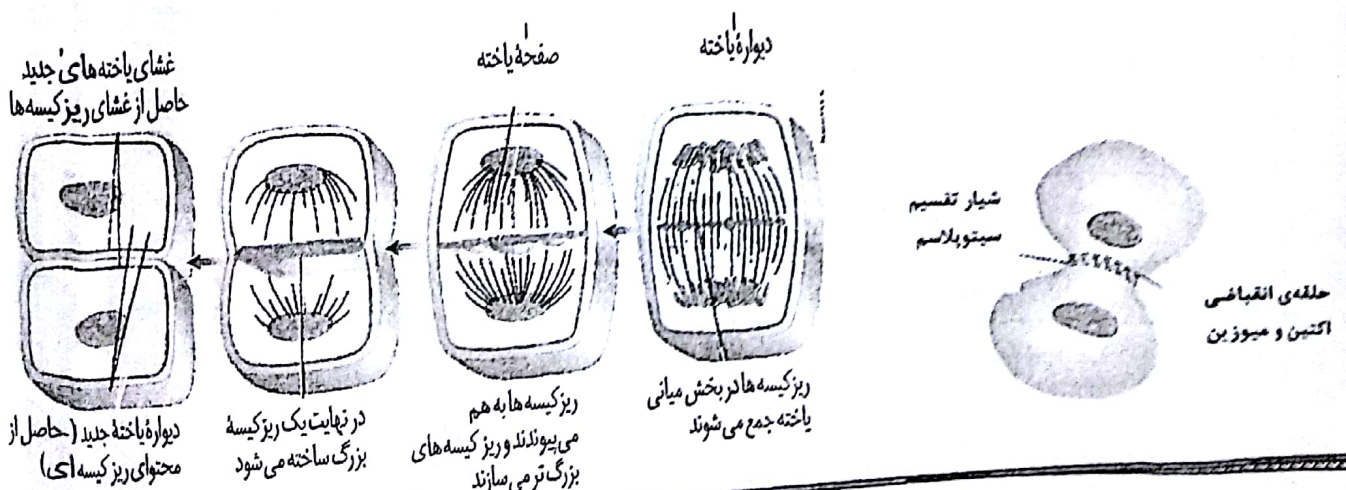
نکته ۱: در بسیاری از موارد در پایان مراحل میتوز (رشتان)، سیتوکینز آغاز می‌شود و اجزای سلولی بین دو سلول تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاخته‌ی جدید تشکیل می‌شود.

نکته ۲: در سلول‌های جانوری تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز) با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود که به آن شیار تقسیم یاخته می‌گویند. شیار تقسیم یاخته در وسط سلول (نه هسته) ایجاد می‌شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمربندی در سیتوپلاسم قرار می‌گیرد، و به غشاء سلول (نه غشاء هسته) متصل است. با تنگ شدن این حلقه انقباضی در نهایت دو سلول از هم جدا می‌شوند.

نکته ۳: در یاخته‌های گیاهی، حلقه انقباضی تشکیل نمی‌شود. در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام صفحه‌ی یاخته‌ای در محل تشکیل دیواره‌ی جدید، ایجاد می‌شود. این صفحه با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به هم پیوستن آن‌ها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغی میانی و دیواره‌ی یاخته‌اند. با اتصال این صفحه به دیواره‌ی یاخته‌ی مادری دو یاخته‌ی جدید از هم جدا می‌شوند. ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم در هنگام تشکیل دیواره جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.

نکته ۴: در برخی سلول‌ها پس از پایان میتوز سیتوکینز رخ نمی‌دهد برای همین یک سلول دو هسته‌ای ایجاد می‌شود. مانند سلول دو هسته‌ای در کیسه‌ی رویانی نهان دانگان

نکته ۵: در پایان هر میتوز طبیعی قطعاً دو هسته با تعداد کروموزوم‌های برابری تشکیل می‌شود. ولی در برخی از سلول‌ها هنگام سیتوکینز سیتوپلاسم به صورت نامساوی تقسیم می‌شود. برای همین سلول‌های حاصل نسبت سطح به حجم یکسانی ندارند. مانند: ۱- تشکیل گویچه‌ی قطبی به دنبال اولین تقسیم میوز یک و دو در خانم‌ها ۲- اولین تقسیم تخم نهاندانگان که سلول کوچک‌تر به رویان تبدیل می‌شود. ۳- هنگام تولید دانه‌ی گرده‌ی رسیده‌ی نهاندانگان (سلول کوچک‌تر زایشی و سلول بزرگ‌تر رویشی است) ۴- تبدیل لنفوسیت B نابالغ به B خاطره و پلاسموسیت

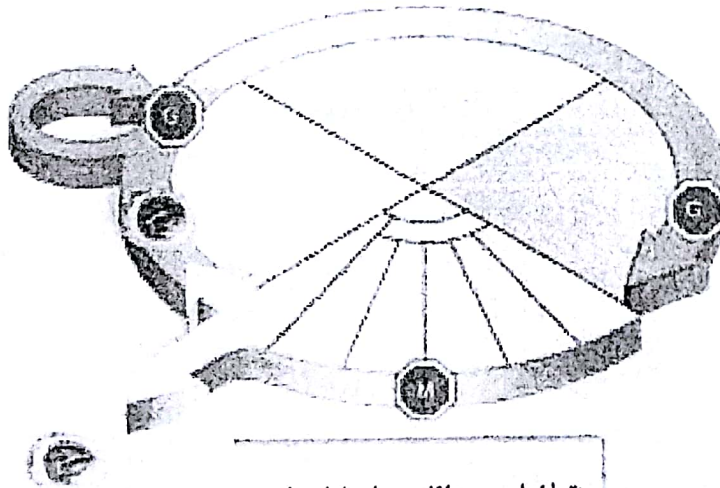


تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده است

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

عوامل تنظیم کننده‌ی تقسیم یاخته

- ۱- یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند. انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند.
- ۲- اریتروپویتین نوعی پیک شیمیایی دوربرد (هورمون) است که توسط گروه ویژه‌ای از یاخته‌های کلیه و کبد به درون خون ترشح می‌شود و روی مغز استخوان اثر می‌گذارد تا سرعت تولید گلبول قرمز را افزایش دهد. هنگام کاهش مقدار اکسیژن خون، این هورمون به طور معناداری افزایش می‌یابد که این حالت در کم خونی، بیماری‌های تنفسی و قلبی، ورزش‌های طولانی یا قرار گرفتن در ارتفاعات، ممکن است رخ دهد.
- ۳- پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند. این پروتئین‌ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می‌کنند؛
- ۴- در گیاهان در محل آسیب دیده، نوعی عامل رشد تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، توده یاخته ایجاد کنند. این توده‌ی یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؛
- ۵- نوعی عامل رشد، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد.
- ۶- در چرخه یاخته‌ای، چند نقطه‌ی واری و وجود دارد. نقاط واری واری مراحل از چرخه‌ی یاخته‌اند که به آن اطمینان می‌دهند که مرحله‌ی قبل کامل شده است و عوامل لازم برای مرحله بعد آماده‌اند.



نقطه‌ی واری «G1» یاخته را از سلامت «دنا» مطمئن می‌کند. اگر «دنا» آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.

اگر دوک تقسیم یا عوامل لازم برای میتوز فراهم نباشد، نقطه‌ی واری «G2» اجازه عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.

نقطه‌ی واری متافازی برای اطمینان از این موضوع است که کروموزوم‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

تومورها به دو نوع خوش خیم و بد خیم تقسیم می شوند.

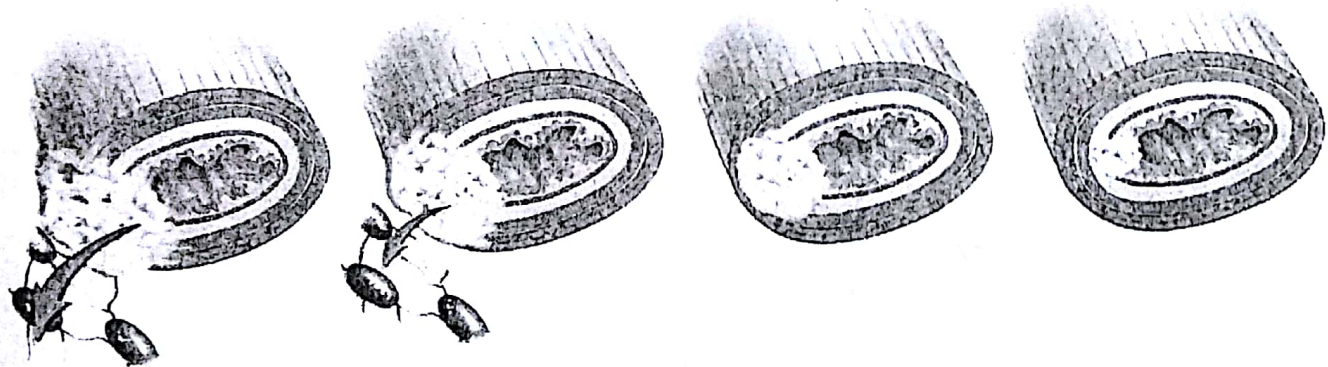
یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم بخورد، می‌تواند منجر ایجاد یک تومور شود. تومور، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می‌شود.

الف- نوع خوش خیم:

رشدی کم دارد و یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند (متاستاز ندارند). این نوع تومور معمولاً آنقدر بزرگ نمی‌شوند که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزنند. البته در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند. لیپوما یکی از انواع تومورهای خوش خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و توده‌ای یاخته ایجاد می‌کند

ب- تومور بد خیم یا سرطان:

به بافت‌های مجاور حمله می‌کند و توانایی متاستاز (دگرنشینی) دارد؛ یعنی می‌تواند یاخته‌هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون، یا به ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند. علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در ماده‌ی ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخه‌ی یاخته از کنترل خارج شود. ملانوما نوعی تومور بد خیم یاخته‌های رنگ‌دانه دار پوست است.



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

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

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

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

تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است.

الف- جراحی : بافت برداری (بیوپسی) روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود. آزمایش خون به این شناسایی کمک می‌کند.

ب- پرتودرمانی : یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به طور مستقیم تحت تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند.

ج- شیمی‌درمانی : با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همه‌ی بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های مغز استخوان، پیاز مو و پوشش دستگاه گوارش نیز آسیب برسانند. مرگ این یاخته‌ها از عوارض جانبی شیمی‌درمانی است که باعث ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود. حتی بعضی افراد که تحت تأثیر تابش‌های شدید، یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.

وراثت و محیط، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

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

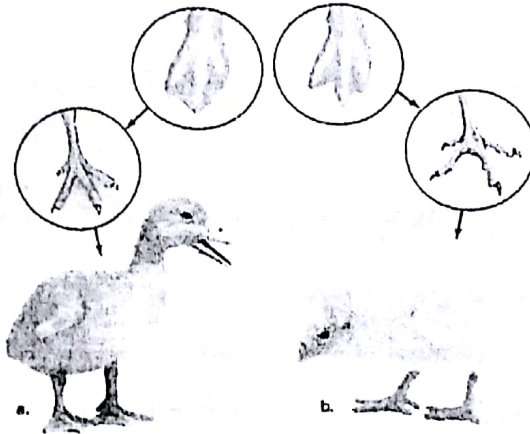
ب- محیط : عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند. پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، مواد غذایی دودی (دنا) خودروها به ساختار شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

پرتوها	عوامل شیمیایی	خوراکی و آشنامیدنی‌ها	ویروس‌ها	هورمون	عوامل ژنی
<ul style="list-style-type: none"> پرتو X پرتو گاما پرتو فرابنفش (سولاریوم -) آفتاب‌سوختگی 	<ul style="list-style-type: none"> دخانیات نیکل آرسنیک بنزن دیوکسین آزبست (بشم شیشه) اورانیوم پلی‌وینیل کلراید PVC 	<ul style="list-style-type: none"> نوشیدنی‌های الکلی گوشت و ماهی دودی غذاهای نیترات‌دار 	<ul style="list-style-type: none"> هپاتیت ب هریس سیمپلکس پاپیلوما 	<ul style="list-style-type: none"> قرص‌های ضد بارداری 	<ul style="list-style-type: none"> ژن‌های مؤثر در بروز رتینوبلاستوما سرطان پروستات سرطان معده سرطان پوست سرطان خون سرطان رحم

مرگ برنامه ریزی شده یاخته (Apoptosis)

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی باشد؛ مثلاً در بریدگی یا سوختگی‌ها، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، بافت مردگی (Necrosis) گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه ریزی شده‌ی یاخته‌ای شامل یک سری فرایندهای دقیقاً برنامه ریزی شده است که در بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایند با رسیدن علایمی به یاخته شروع می‌شود. به دنبال این رخداد، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.

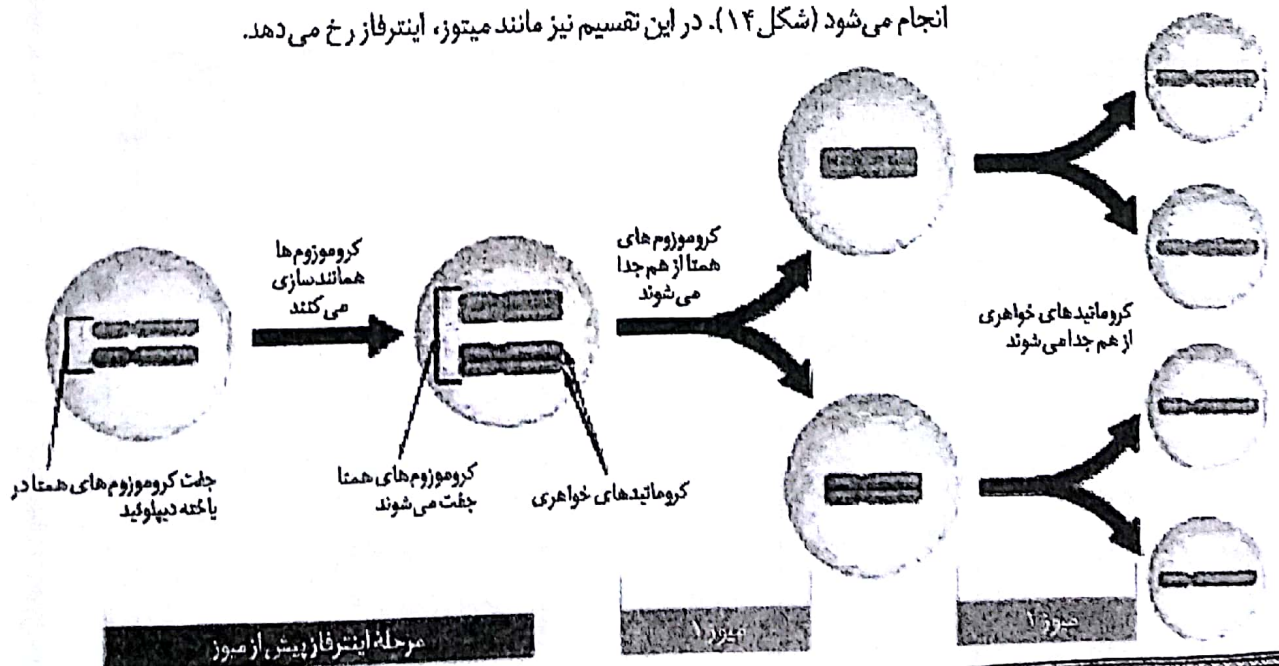
حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده، مانند آنچه در آفتاب سوختگی اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه ریزی شده‌ی یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعه‌ی فرابنفش اند آفتاب سوختگی می‌تواند سبب آسیب به DNA یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه ریزی شده‌ی یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب دیده، آن‌ها را حذف می‌کند. مثال دیگر، حذف یاخته‌های اضافی از بخش‌های عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان است



شکل ۱۴- نقش مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی در حذف و عدم حذف سلول‌های پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی پرندگان.

تقسیم میوز:

میوز از دو مرحله کلی میوز ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم میان یاخته انجام می‌شود (شکل ۱۴). در این تقسیم نیز مانند میتوز، اینترفاز رخ می‌دهد.



میوز (کاستمان):

نوعی تقسیم هسته‌ی سلول است که طی آن تعداد کروموزوم‌ها نصف می‌شود و سلول‌های تخصص یافته‌ای که مسئول تولید مثل هستند (گامت یا هاگ) تولید می‌شود. میوز از دو مرحله کلی میوز I و میوز II تشکیل شده است که هر کدام چهار مرحله دارد و پس از تقسیم هسته، تقسیم میان یاخته نیز انجام می‌شود.

پروفاز I:

(۱) در جاندارانی که سانتیریول دارند، با دور شدن سانتیریول‌ها از هم دوک تقسیم در سیتوپلاسم تشکیل می‌شود.
(۲) در این مرحله کروموزوم‌هایی که قبل از شروع میوز یعنی در مرحله‌ی S اینترفاز مضاعف شده‌اند به هم فشرده و قابل رویت می‌شوند

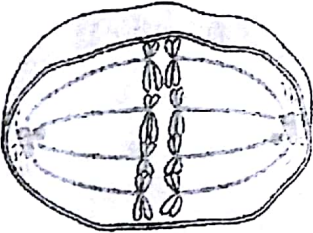
(۳) هستک و غشای هسته ناپدید می‌شود. و در ساختار اسکلت سلولی به طور موقت تغییراتی ایجاد می‌شود.



(۴) کروموزوم‌های همتا، که هر کدام دو کروماتید دارند، از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و ساختاری چهار کروماتیدی را پدید می‌آورند که تتراد نام دارد. تترادها از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. سایر وقایع این مرحله شبیه پروفاز و پرومتافاز میتوز است.

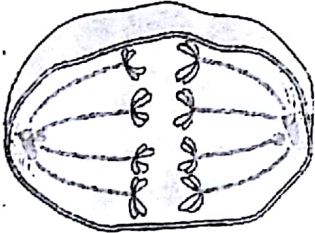
متافاز I:

کروموزوم‌ها به صورت تتراد که حداکثر فشردگی را دارند به وسیله‌ی رشته‌های دوک در سطح استوایی سلول (نه هسته) ردیف می‌شوند. در این مرحله گروهی از رشته‌های دوک به سانترومر متصل می‌شوند و گروهی دیگر به سانترومر متصل نیستند. کروموزوم‌ها در مجاورت اندامک‌ها قرار دارند چون غشای هسته از بین رفته است.



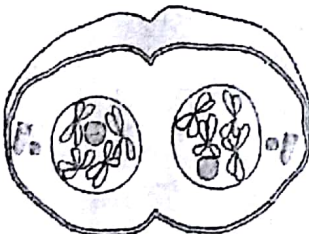
آنافاز I:

در این مرحله با کوتاه شدن رشته‌های دوک کروموزوم‌های همساخت یا کروموزوم‌های همتا (نه کروماتیدهای خواهری) از یکدیگر جدا می‌شوند، و کروموزوم‌های دو کروماتیدی به قطبین یاخته (نه قطبین هسته) حرکت می‌کنند.

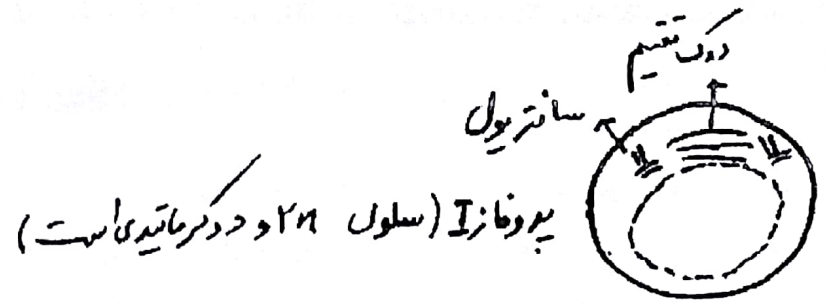


تلوفاز I: با رسیدن کروموزوم‌ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل

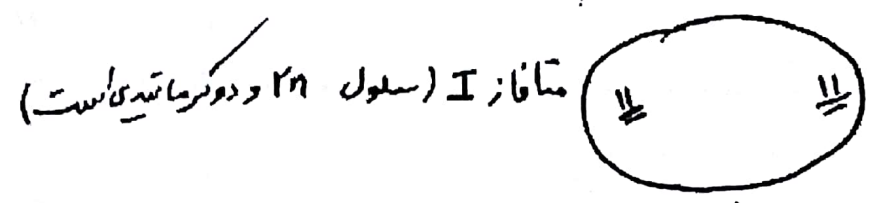
می‌شود. معمولاً در پایان میوز I تقسیم میان یاخته انجام می‌شود. نتیجه میوز I ایجاد دو یاخته است، که تعداد کروموزوم‌های آن نصف سلول اولیه است. ولی هر کروموزوم هم‌چنان دو کروماتیدی (مضاعف شده) است.



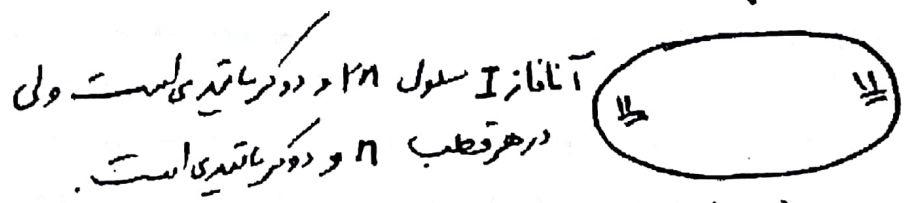
میوز



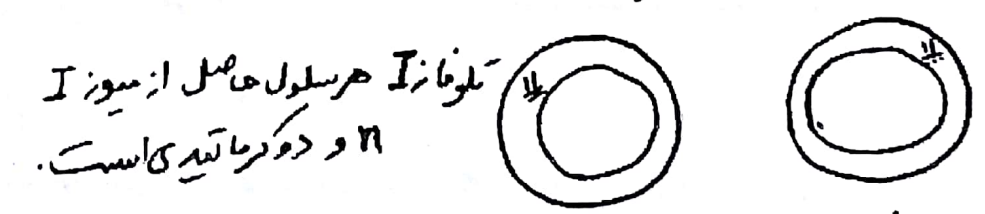
پروفاز I (سلول $2n$ و دو کروماتیدی است)



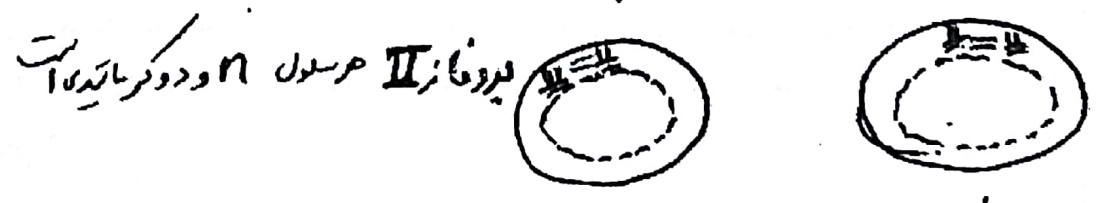
متافاز I (سلول $2n$ و دو کروماتیدی است)



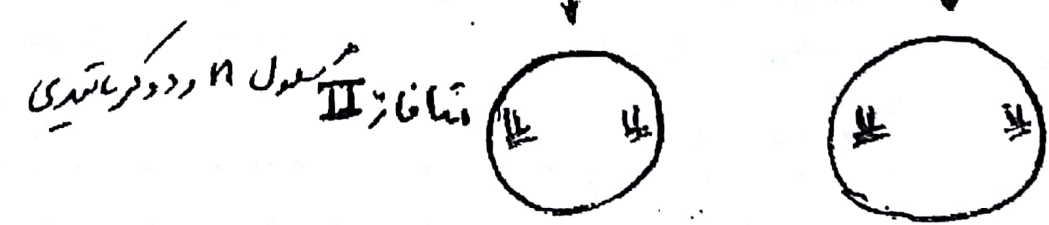
آنافاز I سلول $2n$ و دو کروماتیدی است ولی در هر قطب n و دو کروماتیدی است.



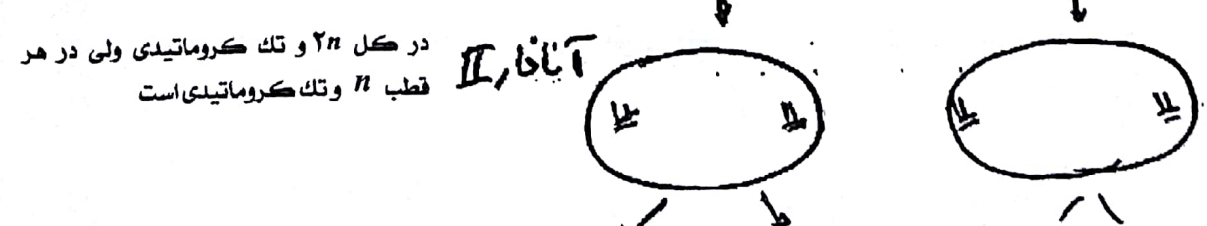
تلیوفاز I هر سلول حاصل از میوز I n و دو کروماتیدی است.



پروفاز II هر سلول n و دو کروماتیدی است



متافاز II هر سلول n و دو کروماتیدی است



آنافاز II در کل $2n$ و تک کروماتیدی ولی در هر قطب n و تک کروماتیدی است



تلیوفاز II هر سلول حاصل از میوز II n و تک کروماتیدی است

میوز II :

وقایع میوز II بسیار شبیه میتوز است. و در پایان آن از هر یاخته دو یاخته شبیه به هم ایجاد می شود. که کروموزوم های آن تک کروماتییدی است و نصف کروموزوم های یاخته مادر را دارند. در پایان میوز II تقسیم میان یاخته انجام می شود. در مجموع و با پایان تقسیم میوز از یک سلول دیپلوئید، چهار سلول هاپلوئید است.

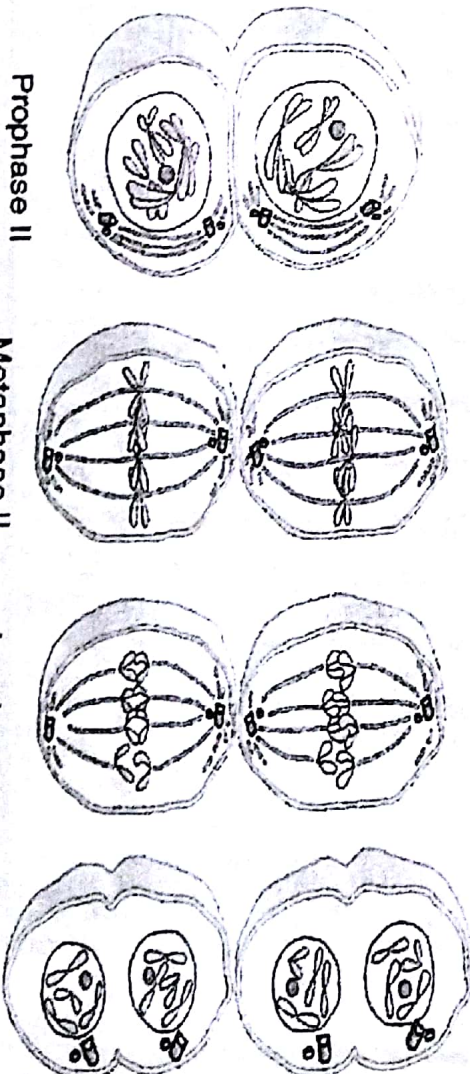
پروفاز II : در این مرحله در اطراف هر هسته ی هاپلوئید، رشته های دوک تشکیل می شود. و غشای هسته نیز تجزیه می شود و کروموزوم های دو کروماتییدی پدیدار می شوند. این کروموزوم ها در مرحله ی S اینترفاز یعنی قبل از میوز I مضاعف شده اند.

متافاز II : در این مرحله کروموزوم ها که هنوز دو کروماتییدی هستند، در سطح استوایی سلول (نه هسته) ردیف می شوند و از طریق سانترومرهای خود به رشته های دوک متصل می شوند. توجه کنید که برخی رشته های دوک به سانترومر متصل نیستند.

آنافاز II : در این مرحله دو کروماتید خواهری هر کروموزوم (نه کروموزوم های همتا) از هم جدا می شوند و به سوی دو قطب سلول (نه هسته) می روند (مشابه با آنافاز تقسیم میتوز).

تروفاز II : (۱) پوشش هسته در اطراف کروماتیدها تشکیل می شوند.

(۲) دوک از بین می رود. (۳) سپس سیتوکینز رخ می دهد.



نکات میوز:

نکته ۱: یک تتراد دارای ۲ عدد کروموزوم دو کروماتیدی، ۲ عدد سانترومر، هر تتراد دارای ۴ عدد کروماتید، ۴ مولکول DNA و یا ۸ زنجیره ی پلی نوکلئوتیدی است.

نکته ۲: تعداد تتراد = $\frac{\text{تعداد کروموزوم ها}}{۲}$ مثلاً انسان و درخت زیتون $۲۳ = \frac{۴۶}{۲}$ تتراد دارد. ملخ

ماده $\frac{۲۴}{۲} = ۱۲$ تتراد و ملخ نر $\frac{۲۳}{۲} = ۱۱$ تتراد و سیب زمینی و شامپانزه $\frac{۴۸}{۲} = ۲۴$ تتراد و سگ $\frac{۷۸}{۲} = ۳۹$ تتراد دارد.

نکته ۳: تعداد کروموزومها در آنافاز ۱ با مرحله ی قبل آن برابر است، ولی در آنافاز میتوز و آنافاز ۲ میوز تعداد کروموزومها، دو برابر مرحله ی قبل است.

نکته ۴: در آنافاز I تعداد کروموزومها می تواند زوج یا فرد باشد. (ملخ نر ۲۳ و ملخ ماده ۲۴ کروموزوم) و هر کروموزوم دو کروماتیدی است یعنی تعداد کروماتیدها با تعداد سانترومرها برابر نیست. ولی تعداد کروموزوم در آنافاز میتوز و آنافاز ۲ میوز، قطعاً زوج است و چون هر کروموزوم تک کروماتیدی است بنابراین تعداد کروماتیدها با تعداد سانترومرها برابر است.

نکته ۵: توجه کنید که در فاصله ی بین میوز I و میوز II، کروموزومها همانند سازی نمی کنند. یعنی در فاصله ی میوز I و II کروموزومها مضاعف نمی شوند و بر مقدار ماده ژنتیک افزوده نمی شود، در فاصله میوز I و II آنزیم هلیکاز و DNA پلیمرز درون هسته فعالیتی ندارد، ولی سانتریولها مضاعف می شوند.

نکته ۶: در همی پروفازها و در همی متافازها کروموزومها دو کروماتیدی اند. یعنی در همی سلولها هنگامی که غشای هسته از بین می رود. و یا دوک در حال تشکیل شدن است و یا دوک در حال اتصال به سانترومر است و یا کروموزومها حداکثر فشردگی را دارند، کروموزومها دو کروماتیدی اند یعنی هر کروموزوم ۴ زنجیره ی پلی نوکلئوتیدی دارد.

نکته ۷: هر گاه گفتند که غشای هسته دور کروموزوم دو کروماتیدی تشکیل می شود، بدانید که سلول در مرحله ی تروفاز I است. در مرحله ی تروفاز میتوز و در تروفاز II غشای هسته دور کروموزوم های تک کروماتیدی تشکیل می شود.

نکته ۸: هر سلول زاینده ای که تقسیم میوز انجام می دهد قطعاً مجموعه کروموزومهایش زوج است. البته می تواند تعداد کروموزومهایش زوج یا فرد باشد (مثلاً ملخ نر ۲۳ و ملخ ماده ۲۴ کروموزوم دارد). ولی توجه کنید که هر سلولی که مجموعه کروموزومهایش فرد است، نمی تواند تقسیم میوز را داشته باشد.

نکته ۹: در آنافاز I در هر قطب تعداد کروموزومها نصف سلول اولیه است و کروموزومها دو کروماتیدی هستند در هر قطب هر کروموزوم دو مولکول DNA (۴ زنجیره پلی نوکلئوتیدی) دارد. در آنافاز II هم در هر قطب تعداد کروموزومها نصف کروموزومهای سلول اولیه است. ولی کروموزومها تک کروماتیدی هستند.

نکته ۱۰: در برخی جانداران در حالت عادی، در آنافاز I تعداد کروموزوم‌ها (مقدار ماده‌ی ژنتیکی) دو قطب یک سلول با هم برابر نیست. مثلاً در ملخ نر در آنافاز I در یک قطب ۱۲ عدد کروموزوم در قطب دیگر ۱۱ عدد کروموزوم ۲ کروماتیدی وجود دارد. ولی در حالت طبیعی در آنافاز II و آنافاز میتوز تعداد کروموزوم‌های دو قطب یک سلول با هم برابر هستند.

نکته ۱۱: در جاندارانی که تعداد کروموزوم‌های زوج دارند هر سلول حاصل از میوز I و هر سلول حاصل از میوز II تعداد کروموزوم‌های یکسانی دارند. ولی اگر تعداد کروموزوم‌ها فرد باشد سلول‌های حاصل از میوز I تعداد کروموزوم‌های یکسانی ندارند.

نکته ۱۲: در برخی جانداران سلول‌های حاصل از یک میوز عادی مقدار ماده‌ی ژنتیکی و تعداد کروموزوم‌های متفاوتی دارند. مثلاً ملخ نر که دارای ۲۳ عدد کروموزوم است برخی سلول‌های حاصل از میوز، ۱۱ کروموزوم و برخی سلول‌ها ۱۲ کروموزوم دارند.

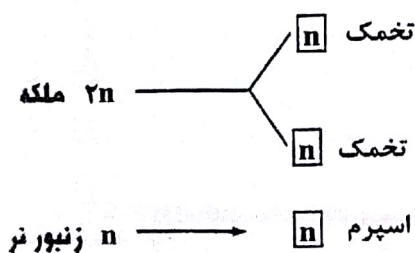
نکته ۱۳: در یک میوز عادی می‌تواند تعداد کروموزوم‌های سلول‌های حاصل از میوز از تعداد تترادهای سلول‌های زاینده بیشتر باشد. مثلاً در ملخ نر نصف سلول‌های حاصل از یک میوز عادی ۱۲ کروموزوم دارند در حالی که سلول زاینده آن ۱۱ عدد تتراد تشکیل داده است.

نکته ۱۴: در یک میوز عادی می‌تواند تعداد کروموزوم‌ها در آنافاز ۲ از تعداد کروموزوم‌های آنافاز ۱ بیشتر باشد. مثلاً در ملخ نر در آنافاز یک، ۲۳ عدد کروموزوم دارد. در حالی که در آنافاز دو برخی سلول‌ها ۲۴ کروموزوم و برخی ۲۲ کروموزوم دارند.

نکته ۱۵: سلول‌های حاصل از میوز ۱ می‌توانند هاپلوئید یا دیپلوئید یا تریپلوئید باشند مثلاً در گندم زراعی ($6n$) سلول‌های حاصل از میوز عادی $2n$ هستند و دارای سه دست (سه مجموعه) کروموزوم هستند. یعنی سلول‌های حاصل از میوز می‌توانند کروموزوم هم‌تا داشته باشند.

نکته ۱۶: در جانوران بیشتر سلول‌های حاصل از میوز طی فرایند تمایز به گامت تبدیل می‌شوند. برخی سلول‌های حاصل از میوز به گامت تبدیل نمی‌شوند. مثلاً در خانم‌ها برخی به گویچه‌ی قطبی تبدیل می‌شوند و توانایی لقاح را ندارند.

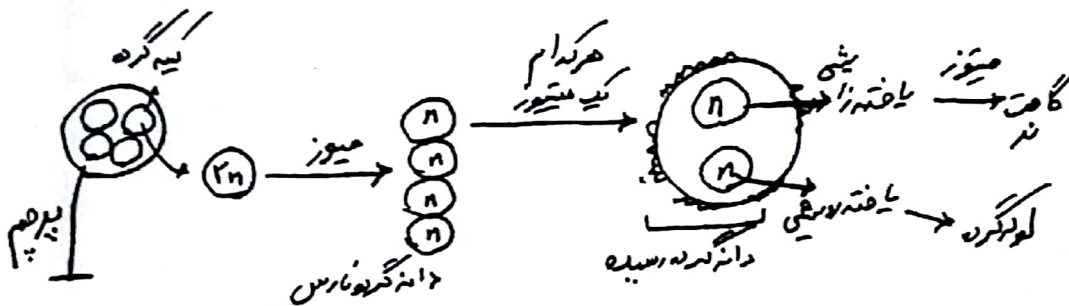
نکته ۱۷: در بیشتر جانوران گامت حاصل تقسیم میوز است. ولی در برخی جانوران گامت حاصل تقسیم میتوز است. مثلاً زنبور نر هاپلوئید است و با تقسیم میتوز، اسپرم تولید می‌کند. همه‌ی زنبورهای نر، هاپلوئید و حاصل بکرزایی هستند، زنبور نر کروموزوم هم‌تا ندارد و میوز، تتراد، کراسینگ اور ندارد، یعنی ضمن تقسیم، کروموزوم هم‌تا از هم جدا نمی‌شوند. زنبور نر تمام ژن‌های خود را فقط از یک والد (مادر) دریافت می‌کند. ولی همه‌ی ژن‌های مادر را دریافت نکرده است.



نکته ۱۸: در گیاهان سلولهای حاصل از تقسیم میوز به هاگ (اسپور) تبدیل می شود و در گیاهان سلولهای حاصل از میوز هیچ وقت به گامت تبدیل نمی شوند.

نکته ۱۹: طریقه تولید گامت نر در دانه گرده گیاهان نهاندانه:

در نهاندانگان هر پرچم دارای یک میله ($2n$) و یک بساک ($2n$) است. در هر بساک، ۴ عدد کیسه گرده (هاگدان) وجود دارد. کیسه های گرده در بساک تشکیل می شوند و یاخته های دیپلوئیدی دارند. از تقسیم کاستمان (میوز) این یاخته ها، چهار یاخته ی هاپلوئیدی به هم چسبیده ایجاد می شود که هر کدام از این یاخته ها یک گرده نارس (هاگ نر) است. گرده های نارس درون کیسه ی گرده باقی می مانند. هر گرده ی نارس درون کیسه گرده با انجام دادن یک تقسیم رشتمان (میتوز) و تغییراتی در دیواره به دانه گرده رسیده تبدیل می شود. هر دانه گرده رسیده نهاندانگان دارای یک دیواره خارجی و یک دیواره داخلی و دو عدد سلول است، یک یاخته رویشی و یک یاخته زایشی دارد. که یاخته زایشی با تقسیم میتوز تولید گامت نر می کند.



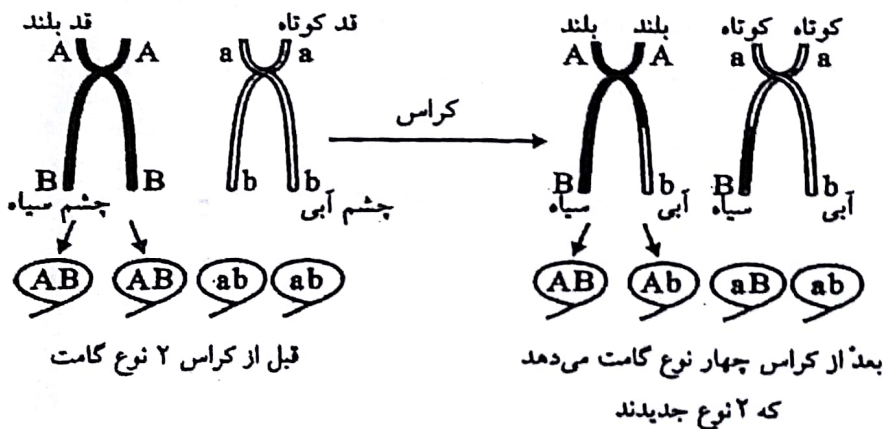
نکته ۱۸: در بیشتر جانوران عدد کروموزومی گامت نصف تعداد کروموزومهای سلول مولد گامت است ولی در گیاهان چون گامت حاصل مستقیم میتوز است بنابراین تعداد کروموزومهای گامت با سلولهای مولدش یکسان است. در گیاهان برخلاف جانوران ضمن تولید گامت از سلول مولدش، تقسیم میوز، قتراد کراس و جدا شدن کروموزوم همتا رخ نمی دهد.

کراسینگ اور:

در هنگام جفت شدن کروموزوم‌ها (تشکیل تتراد) در پروفاز میوز آ، گاه قطعاتی از دو کروماتید غیر خواهری بین کروموزوم‌های هم‌تای مبادله می‌شود. اگر این قطعات حامل ال‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از ال‌ها به وجود می‌آید و می‌تواند باعث افزایش تنوع شود. این پدیده را کراسینگ اور می‌نامند. کراسینگ اور ال جدید ایجاد نمی‌کند. و جهش محسوب نمی‌شود.

نکته ۱: در مردان هر سلول زاینده به دنبال هر بار میوز چهار اسپرم ایجاد می‌کند که از ۲ نوع هستند ولی بعد از کراسینگ اور چهار اسپرم ایجاد می‌کند که می‌تواند از چهار نوع مختلف باشند. ولی در زنان هر سلول زاینده به دنبال هر بار میوز چه کراس بکند چه نکند فقط یک نوع گامت می‌دهد. چون سه تای آن گویچه‌ی قطبی هستند و از بین می‌روند.

نکته ۲: در صورتی که در یک سلول زاینده همی‌الل‌ها یکسان باشند میوز و تولید مثل جنسی و فرایند کراسینگ اور منجر به تولید گامت نوترکیب (جدید) نمی‌شود.



با هم ماندن کروموزوم‌ها:

در این حالت، یک یا چند کروموزوم در مرحله آنافاز (میتوز و میوز) از هم جدا نمی‌شوند. بنابراین، در سلول‌های حاصل، کمبود یا افزایش یک یا چند کروموزوم مشاهده می‌شود. نمونه معروف این حالت، بیماری نشانگان داون است. به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری یا یک حالت نشانگان می‌گویند.

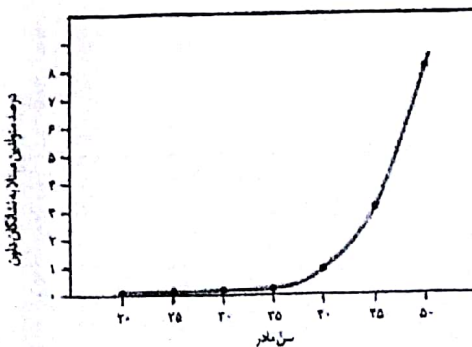
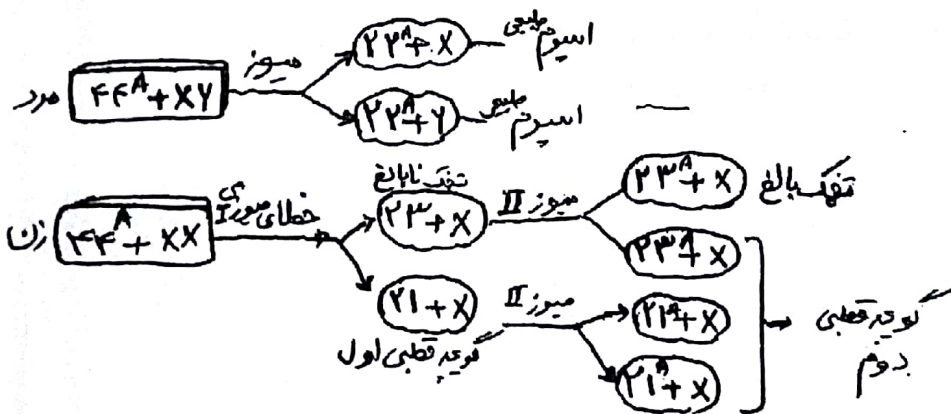
نکته ۱: افراد مبتلا به داون در سلول‌های پیکری خود ۴۷ کروموزوم (۴۵ عدد اتوزوم و دو عدد جنسی) دارند. کروموزوم اضافی شماره ۲۱ است. یعنی سلول‌های پیکری این افراد دارای ۳ عدد کروموزوم شماره ۲۱ است.

نکته ۲: گامت غیر طبیعی که منجر به داون می‌شود دارای ۲۴ عدد کروموزوم (یک کروموزوم جنسی و ۲۳ عدد اتوزوم) است. به جای یک کروموزوم شماره ۲۱ دارای ۲ کروموزوم ۲۱ بوده است. اولین گویچه ی قطبی که همراه با تخمک غیر طبیعی ایجاد می‌شود دارای ۲۲ کروموزوم (۲۱ اتوزوم و یک جنسی) است و دومین گویچه ی قطبی که همراه با تخمک بالغ ایجاد می‌شود دارای ۲۴ کروموزوم (۲۳ اتوزوم و یک جنسی) است.

نکته ۳: افزایش سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سن مادر، احتمال خطای میوزی در سلول‌های جنسی وی بیشتر می‌شود. چون تقسیم میوز در خانم‌ها در دوران جنینی آغاز می‌شود و سپس در مرحله پروفاز یک متوقف می‌شود. در مادر پنجاه ساله احتمال تولد فرزند داون ۸ درصد است.

نکته ۴: عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم میوز شوند. مصرف دخانیات، نوشیدنی‌های الکلی، مجاورت با پرتوها و آلودگی‌ها نیز در روند جدا شدن کروموزوم‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.

مثال ۱: اولین گویچه قطبی که همراه تخمک غیر طبیعی که منجر به تولد فرد داون می‌شود چند زنجیره ی پلی نوکلئوتیدی در کروموزوم‌های اتوزومی خود دارد.



تغییر در تعداد کروموزومها

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

پلی پلوئیدی شدن: اگر در مرحله ی آنافاز همه ی کروموزومها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر کروموزوم خواهد داشت و یاخته ی دیگر فاقد کروموزوم خواهد بود. در آزمایشگاه می توان با تخریب رشته های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد.

به یاخته یا جانداري که یاخته های آن بیش از دو دست کروموزوم داشته باشد، پلی پلوئید (چندلاد) گفته می شود. مثلاً گندم زارعی ۶n و موز ۳n کروموزوم است.