



تولید مثل در جانداران:

در همه جانداران: تولید مثل یکی از ویژگی های بارز جاندار از تقسیم یک سلول (زیگوت) بوجود می آید فرزندان کم و بیش مشابه والد یا والدین هستند ← علت درون سلول و مولکول DNA سلول دختر شباهت فراوانی به سلول مادر دارد تقسیم سلول در سراسر زندگی جاندار رخ می دهد (مثلا در زخم سلولهای جدید با میتوز) رشد و نمو در انسان تا سن بلوغ ادامه دارد و بعد متوقف می شود (فقط ترمیم و جایگزینی در صورت لزوم) رشد و نمو در گیاهان با جانوران متفاوت است- در گیاهان نمو پیوسته ← به علت وجود مریستم

انواع تقسیم:

۱- دوتایی:

- در پروکاریوت ها مثل باکتریها جهت تولید مثل غیر جنسی
- ساده ترین
- حضور یک والد
- تولید زادگان یکسان و کاملا شبیه به والد
- جداشدن دو سلول دختری: با اضافه شدن غشا جدید به نقطه ای از غشا که بین دو مولکول DNA قرار دارد.
- بعد از ساخته شدن غشا، فرو رفتن غشا از وسط به درون سلول
- در باکتری های حاوی دیواره: همزمان با فرورفتگی غشا دیواره در محل فرورفتگی تشکیل می شود
- غشاسازی تا قبل از سیتوکینز انجام می شود اما دیواره سازی هم قبل از سیتوکینز و هم همزمان با آن انجام می گیرد.
- کلمه فرو رفتن را فقط برای غشا به کار می بریم و برای دیواره به کار نمی بریم
- در هنگام تقسیم سلول باکتری چون دراز شده است پس نسبت سطح به حجم در آن کاهش یافت است.
- در بیشتر باکتری ها (نه همه) همزمان با فرورفتگی غشا دیواره سلولی در محل تشکیل می شود
- تنها عامل تنوع در باکتری ها (چون تولید مثل جنسی ندارند) از طریق جهش و هم یوغی است

۲- میتوز:

- در یوکاریوت ها
- در رشد و نمو، ترمیم، تولید مثل غیر جنسی
- سلولهای دختری معمولا از نظر اندازه یکسان
- کروموزومهای سلولهای دختری درست مثل سلول مادری و در نتیجه محتوای ژنتیکی یکسان و مساوی با سلول مادری
- سلولهای دختری حاوی نیمی از سیتوپلاسم و اندامک های سیتوپلاسمی سلول مادر



۳- میوز:

- در یوکاریوت ها
- در تولید مثل جنسی، تولید گامت، هاگ، سلول جنسی
- جاندارانی مثل آمیب با وجود یوکاریوتیک بودن تولید مثل جنسی و در نتیجه میوز ندارند

در برخی جاندارانی که گامت از طریق میتوز تولید می شود شامل:

- ۱- جاندارانی که چرخه زندگی آنها از طریق تناوب نسل است مثل گیاهان و جلبک سبز کاهوی دریایی
تناوب نسل: اسپروغیت (دیپلوئید) ← تقسیم میوز ← هاگ ← گامتوفیت (هاپلوئید) ← تقسیم میتوز ← گامت
 - ۲- جاندارانی که چرخه زندگی هاپلوئیدی دارند مثل زنبور نر
- 🌀 گامت ها همیشه هاپلوئید نیستند. مثلا گامت گیاهان $2n$ و $4n$ است و 2 و 4 مجموعه کروموزوم دارد. پس همیشه تعداد کروموزوم های گامت عدد هاپلوئید را نشان نمی دهد.

در انواع تقسیم:

- سلول در حال تقسیم ← سلول مادری
- سلول های حاصل شده ← سلول های دختری ← شباهت فراوان به سلول مادری

کروموزوم های یوکاریوتی:

- هسته:** ماده ژنتیک توسط پوشش هسته از سیتوپلاسم جدا می شود. و عموماً یک هسته در سلولهای یوکاریوتی وجود دارد
بعضی از سلولهای یوکاریوتی هسته ندارند:
- گلبولهای قرمز بالغ (اریتروسیت) هسته و هیچ اندامک دیگری ندارند
 - سلولهای مرده گیاهی مثل تراکتید و عناصر آوندی، سلولهای فیبر و اسکلرئید. این سلولها پروتوپلاسم (سیتوپلاسم+هسته) خود را از دست داده اند و کارکرد آوندی و استحکامی دارند
 - بعضی از سلولهای یوکاریوتی چند هسته دارند:
 - میون ها (سلولهای ماهیچه مخطط و ارادی)
- ژن:** قسمتی از کروموزوم که اطلاعات ژنتیکی مربوط به ساخت یک پروتئین یا RNA را در خود دارد
شبیه به واگن های قطار در کنار یکدیگر قرار گرفته اند (بین ژن ها توالی های بدون رونویسی به نام اینترون وجود دارد)
ژن ها برای ساخت پروتئین ها و RNA ها می باشند که پروتئین ها ساخت دیگر ترکیبات را به عهده دارند. بنابراین برای ساخت چربی ها و کربوهیدرات ها ژن وجود ندارد.
- ژنوم:** به محتوای ژنتیکی یا DNA یک جاندار گفته می شود که در یوکاریوتها ژنوم شامل DNA هسته ای (خطی) و DNA موجود در میتوکندری و کلروپلاست (حلقوی) می باشد.
- طول DNA هر سلول ۳ کیلومتر و طول کل DNA همه سلولهای یک انسان بالغ ۱۴۰ برابر فاصله زمین تا خورشید کروموزوم: رشته های DNA به صورت فشرده، کوتاه و ضخیم و قابل رویت با میکروسکوپ نوری
وقتی با میکروسکوپ نوری نگاه می کنیم کروموزوم به شکل رشته باریک و مبهم و نامشخص می باشد



سال سوم، فصل ششم: کروموزوم ها و میتوز (بجز تست)

حاوی DNA و پروتئین های هستیون و دیگر پروتئین های تاثیر گذار در فشردگی ساختار نوکلئوپروتئینی

در تمامی مراحل سلولی (بجز آنافاز و تلوفاز) تعداد کروموزوم ثابت است و فقط حالت آن تغییر می کند. در تمامی افراد یک گونه خاص تعداد کروموزوم ثابت است (استثنا در خصوص ملخ ماده و نر) انواع: تک کروماتیدی-دو کروماتیدی (مضائف شده)

کروماتید: هر نیمه یک کروموزوم مضائف شده یا هر کروموزوم مضائف نشده یا هر کروموزوم جداشده از آنافاز به بعد

کروماتین: غیرفشرده، بلند، نازک و فاقد قابلیت رویت با میکروسکوپ نوری (در حالت عادی و بدون رنگ آمیزی)

در سلول های در حالت غیر تقسیم (در مرحله تقسیم سلولی دیده نمی شوند)

رشته های باریک و دراز و نامشخص و در هم تنیده به نام توده کروماتینی

هر رشته را یک رشته کروماتین گویند

فرم فعال DNA از نظر عملیات همانندسازی، نسخه بردای و پروتئین سازی

سائترومر: محل اتصال دو کروماتید خواهری

هستیون: ساختار پروتئینی با ۸ مونومر (هپتامر)

نقش در فشردگی DNA یوکاریوت ها (در پروکاریوت ها پروتئین دیگری است)

اولین مرحله فشردگی سازی

علاوه بر هستیون پروتئین های دیگری هم در فشردگی سازی نقش دارند

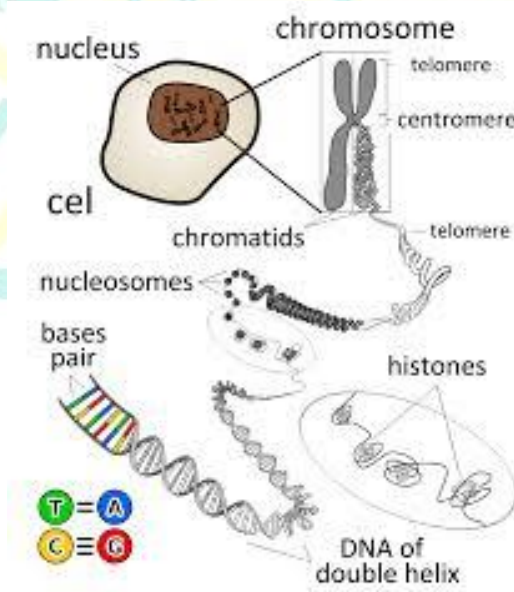
نوکلئوزوم: ساختار تسبیه مانند

نوکلئوپروتئینی-از اسید نوکلئیک و اسید آمینه- حداکثر ۲۴ (۲۰+۴) نوع مونومر دارد.

مولکول DNA در حدود ۲ دور به دور هپتامر هستیونی می چرخد که به آن نوکلوزوم گویند

بین نوکلئوزوم ها DNA خالص وجود دارد (یعنی از طریق مولکول های DNA به هم متصل می شوند)

در ساختار آن وجود هر ۳ نوع پیوند پپتیدی، فسفودی استر و هیدروژنی وجود دارد (پیوندهای دیگری هم وجود دارد)





کروموزوم های پروکاریوتی (باکتری ها):

کروموزوم اصلی (حلقوی) ← همانند سازی فقط در زمان تقسیم سلولی و از نوع تقسیم دوتایی چسبیده به غشا پلاسمایی

پلازمیدها (حلقوی) ← هم در زمان تقسیم سلولی و هم در شرایط بدون تقسیم، تقسیم می شوند.

کلروپلاست و میتوکندری هم تقسیم دوتایی دارند ← در یوکاریوتها هم تقسیم دوتایی وجود دارد.
قسمت اعظم DNA سلولهای یوکاریوتی در هسته و قسمت کمی در میتوکندری و کلروپلاست وجود دارد.

تعداد و ساختار کروموزوم ها:

مجموعه کروموزومی: به کروموزوم هایی گفته می شود که نسبت به هم غیرهمتا می باشند.
تعداد مجموعه کروموزومی: تعداد کروموزوم های همتا می باشد.

فرمول بدست آوردن تعداد مجموعه کروموزومی:

$an=b$

$=a$ تعداد کروموزوم های همتا یا شبیه به هم (به استثنای انواع XY که فقط آتوزوم ها همتا می باشند)
تعداد کروموزوم های جنسی (به استثنای ملخ نر که یک کروموزوم جنسی دارد)
تعداد الل یک صفت خاص
 $=n$ تعداد کروموزوم در هر مجموعه کروموزومی که نسبت به هم غیر همتا می باشند
 $=b$ تعداد کل کروموزوم ها

مثال: در حالت $3n=12$ ، ۳ مجموعه کروموزومی وجود دارد که هر مجموعه شامل ۴ کروموزوم غیرهمتا می باشد و کل کروموزوم ها ۱۲ عدد می باشد.

تک کروماتیدی یا دو کروماتیدی بودن کروموزوم ها تاثیری در این فرمول ندارد.

سلول هاپلوئید: یک مجموعه کروموزومی	سلول های جنسی	n	گامت انسان n=23
سلول دیپلوئید: دو مجموعه کروموزومی	سلول های پیکری جانوران	2n	سلولهای پیکری انسان 2n=46
سلول پلی پلوئید: چند مجموعه کروموزومی	سلولهای گندم زراعی	Xn	سلولهای گندم زراعی 6n

با تغییر در ضریب n همه چیز تغییر می کند و فقط تعداد کروموزوم مجموعه کروموزومی ثابت است.



تعداد کروموزوم در جانداران مختلف:

نام جاندار	نوع سلول ها	تعداد کروموزوم	آتوزوم	جنسی
انسان	دیپلوئید	۴۶	۲۲ جفت	XX XY
آلو، سیب زمینی، شامپانزه	دیپلوئید	۴۸	۲۳ جفت	
مرغ	دیپلوئید	۷۸	۳۸ جفت	ZW
خروس	دیپلوئید	۷۸	۳۸ جفت	ZZ
سگ	دیپلوئید	۷۸	۳۸ جفت	XX XY
ملخ ماده	دیپلوئید	۲۴	۱۱ جفت	XX
ملخ نر	دیپلوئید	۲۳	۱۱ جفت	XO
مگس سرکه	دیپلوئید	۸	۳ جفت	
قارچ پنی سیلیوم	هاپلوئید	۲		تولید مثل جنسی ندارد- زیگوت ندارد- میوز ندارد- کروموزوم همتا ندارد جزو دئوترومیست ها
بعضی از سرخس ها		$1000 <$		
گل مغربی		$2n=14$ $4n=28$		

تفاوت کروموزوم تک کروماتیدی و دو کروماتیدی:

تعداد کروموزوم	رشته پلی نوکلئوتیدی	سانترومر
۱	۲	۱
۱	۴	۱

کروموزوم تک کروماتیدی

کروموزوم دو کروماتیدی

در یک سلول همیشه:

تعداد سانترومر = تعداد کروموزوم

رشته های پلی نوکلئوتیدی ۲ برابر تعداد کروماتید

کروماتیدها = تعداد مولکول های DNA

مولکول DNA \neq تعداد کروموزوم

کروموزوم های همتا

(همولوگ یا شبیه):

کروموزوم های با اندازه، شکل و محتوای ژنتیکی مشابه (استثنا X و Y در مردها)

در سلول های دیپلوئید و پلی پلوئید دیده می شود

هر کدام از کروموزوم های همتا از یک والد می باشد

کروموزوم های همتا ربطی به داشتن تولید مثل جنسی ندارد

در کروموزوم های همتا لزوما توالی DNA و دستورالعمل یکسان و مشابه نیست



کروموزوم های همتا می توانند تک کروماتیدی و یا دوکروماتیدی باشند (بسته به مرحله و نوع تقسیم سلولی)
هرچه تعداد کروموزوم بیشتر باشد ← تعداد انواع گامت بیشتر
تفاوت آنها در نوع الل های آن هاست

الگوی های تعیین جنسیت:

نوع جاندار	نر	ماده	تعداد آتوزوم	الگوی جنسیت	جنس تعیین کننده
انسان	XY	XX	44	XY	نر
پرندگان و پروانه ها	ZZ	ZW	76	ZW	ماده
ملخ	XO	XX	22	XO	نر

کروموزوم های جنسی به صورت مستقیم و آتوزوم ها به شکل غیر مستقیم در تعیین جنسیت نقش دارند.
در افراد پلی پلوئید در گامت آنها کروموزوم همتا دیده می شود ولی در افراد دیپلوئید در گامت فقط یکی از همتاها وجود دارد.

جهش ها:

جهش ها در همه مراحل سلول از جمله در ایتترفاز (در مرحله S)، در مراحل میتوزی و در مراحل میوزی می تواند رخ دهد.
به صورت کلی دو نوع جهش وجود دارد:

- جهش های نقطه ای یا ژنی: یک یا چند نوکلئوتید تغییر می کند.

- جهش های کروموزومی:

۱- حذف: در بسیاری موارد مرگ در سلول تخم یا زیگوت (اگر در سلولهای پیکری باشد مثل پوست مرگ نمی دهد) اثرش را بعد از میتوز در سلولهای دختر نشان می دهد چون در سلول مادر قطعه شکسته شده هنوز وجود دارد بنابراین جهش حذف اثرش را در نسل بعد نشان می دهد.

۲- مضائف شدگی: جدا شدن یک قطعه از یک کروموزوم و اتصال به کروموزوم همتا در واقع اول حذف و سپس مضائف شدگی اتفاق می افتد
دو کروموزوم همتا در گیر می باشند
۲ الل یک زن خاص روی یک کروموزوم قرار می گیرد
در سلول هاپلوئید مثل قارچ نمی تواند رخ دهد (کروموزوم های همتا ندارند- در واقع مضائف شدگی کروموزوم رخ می دهد ولی جهش مضائف شدگی اتفاق نمی افتد).

در سلولهای XY, ZW و XO روی کروموزوم های جنسی نمی تواند رخ دهد
احتمال مضائف شدگی در سلول های ماده (XX) بیش از نر (XY) می باشد.
استثای قانون اول مندل (تفکیک ژنها)- اصل جدا شدن الل ژنها در میوز روی نمی دهد

۳- واژگونی: یک قطعه جدا شده و سپس به صورت معکوس سر جای خود می نشیند

یک کروموزوم در گیر بوده و تمام اتفاقات در یک کروموزوم می باشد
کمترین تغییر نسبت به بقیه جهش های کروموزومی



تغییر در اندازه و محتوای ژنتیکی کروموزوم نمی دهد
الل های یک ژن خاص در کروموزوم های همتا بعد از واژگونی در یکی از آنها ممکن است دیگر روبروی هم نباشند.

۴- جابجایی: اتصال یک قطعه از یک کروموزوم به کروموزوم غیرهمتا

اول حذف و سپس جابجایی

دو کروموزوم غیرهمتا در گیر می باشند

می تواند یکطرفه یا دوطرفه باشد

در سلولهای n ، $2n$ و Xn می تواند اتفاق افتد.

در سلولهای XY بیش از XX اتفاق می افتد.

در کروموزوم های جنسی XX و ZZ نمی تواند رخ دهد

برعکس مضائف شدگی در قارچها میتواند رخ دهد (چون نیاز به کروموزوم های غیرهمتا دارد و نه همتا)

در جهش جابجایی در سلول XY و ZW یک کروموزوم مثلا جنسی با همه کروموزوم های آتوزوم به علاوه یک کروموزوم جنسی می تواند جابجایی داشته باشد و در سلول XX و ZZ و XO فقط با کروموزوم های آتوزوم. ضمنا در لفظ های تعداد کروموزوم و نوع کروموزوم دقت شود.

اگر منظور از جهش جابجایی، جابجایی یک کروموزوم با چند نوع کروموزوم دیگر بود مثلا با چند نوع کروموزوم آتوزوم، باید تعداد کل آنها را نصف کرد (۲ تا ۲ تا با هم همتا و از یک نوع می باشند)

اثرات جهش های کروموزومی بر سلول مادر و سلول های دختری:

- تمامی انواع جهش باعث تغییر در ساختار DNA می شود.
- در تمامی انواع جهش های کروموزومی تعداد کروموزوم ها تغییر نمی کند
- هیچکدام از جهش های کروموزومی باعث تغییر در محتوای ژنتیکی سلول مادر نمی شوند.
- در ۳ نوع مضائف شدگی، واژگونی و جابجایی ← سلول های دختری (حاصل شده بعد از جهش در سلول مادری) از نظر محتوای ژنتیکی تغییری ایجاد نمی شود
- در نوع حذف شدگی ← تغییر محتوای ژنومی در سلولهای دختری ایجاد می شود.
- در تقسیم میوز و تولید گامت ← بجز واژگونی بقیه جهش های کروموزومی باعث تولید گامت هایی فاقد الل بعضی از ژنها می شود (محتوی ژنتیکی گامت نسبت به گامت طبیعی تغییر می کند)



چرخه سلول:

از پایان یک تقسیم سلول تا پایان تقسیم بعدی که شامل ۵ مرحله می باشد.
به مراحل G1، S و G2 اینترفاز می گویند که حدود ۹۰ درصد زمان چرخه سلول را به خود اختصاص می دهد.
مرحله میتوز تقریباً ۱۰ درصد را به خود اختصاص می دهد.

مرحله G1	سلول به سرعت رشد می کند و بزرگ می شود بعضی از سلولها در مرحله اینترفاز و در مرحله G1 باقی می ماند و تقسیم سلولی برای همیشه متوقف می شود (G0) کروموزوم ها به شکل تک کروماتیدی افزایش سوخت و ساز فعالیت پروتئین سازی، فعالیت ریبوزوم، فعالیت RNA پلیمرز ساخت پروتئین هایی مثل DNA پلی مرز و هلیکاز
مرحله S	همانند سازی DNA در پایان این مرحله کروموزومها به شکل مضائف شده که توسط ۱ سانترومر به هم متصل هستند (در واقع تعداد کروماتیدها ۲ برابر شده است و تعداد کروموزم ها ثابت است) کروموزوم ها به شکل غیر فشرده و کروماتینی
مرحله G2	تمهیدات لازم برای تقسیم هسته همانند سازی میتوکندری و کلروپلاست و سانتریول ها (یک جفت تبدیل به ۲ جفت یا ۴ عدد) کروموزوم ها به شکل مضائف شده و غیر فشرده کروماتینی فعالیت نمو، پروتئین سازی، فعالیت ریبوزوم، فعالیت RNA پلیمرز
مرحله میتوز یا تقسیم	هسته سلول تقسیم می شود و ۲ تا می شود (خود سلول هنوز تقسیم نشده است) کوتاهترین مرحله
مرحله سیتوکینز	سیتوپلاسم تقسیم می شود

- ⊗ میتوز و سیتوکینز در مجموع سلولهای جدید پدید می آورند.
- ⊗ فعالیت DNA پلیمرز در دو مرحله S و G2 وجود دارد
- ⊗ یک نقطه واری در پایان G2 فعالیت DNA پلیمرز را کنترل می کند.
- ⊗ آلبومن اندوخته دانه یک گیاه 2n کروموزومی 3n است ولی آلبومن یک گیاه 4n کروموزومی 6n است.



نقاط واریسی (check points):

زمان های حساسی که کنترل عبور سلول از یک مرحله به مرحله بعد در چرخه سلول را کنترل می کنند. توسط پروتئین های خاص و متعددی انجام می گیرد که دو نوع می باشند یا محرک رشد هستند و یا متوقف کننده چرخه سلولی

نقاط واریسی شامل:

- ۱- G1 به S در مورد شروع همانند سازی DNA تصمیم گیری می شود
- ۲- G2 به میتوز در مورد شروع تقسیم هسته تصمیم گیری می شود
- ۳- میتوز به سیتوکینز در مورد شروع تقسیم سیتوپلاسم تصمیم گیری می شود

در آخر G1، G2 و تلوفاز نقاط واریسی وجود دارد.

در انتهای دو مرحله شروع شونده با سین (سنتز و سیتوکینز) نقاط واریسی وجود ندارد (پس ورود به G1 و G2 نقاط واریسی ندارند)

سرطان:

- اختلال در تنظیم چرخه سلولی ← تقسیم و رشد غیرعادی سلولها
- در اثر فعال یا غیر فعال شدن پروتئین های تنظیم کننده چرخه سلولی در اثر جهش در ژنهای مربوط به ساخت آنها
- جهش تحت تاثیر عوامل مختلفی مثل عوامل محیطی مانند: مواد مخدر و دخانیات، اشعه ماورا بنفش، مصرف داروها و غذاها و الکل، هوای آلوده به مواد شیمیایی مثل سرب و فلزات سنگین

فرمول تعیین تعداد نقاط واریسی:

ابتدا باید تعداد بار همانند سازی بدست آید که از فرمول $2^n - 1$ بدست می آید سپس باید آنرا در عدد ۳ ضرب کرد و اگر در خصوص نسل آخر نکات خاصی اشاره شده باشد تعداد نقاط واریسی نسل آخر آنالیز گردد که برای اینکار تعداد نقاط واریسی مورد نظر در نسل آخر را در $2n$ ضرب می کنیم. بنابراین فرمول کلی به صورت زیر است

$$\text{(تعداد نقطه واریسی مورد نظر در نسل آخر)} + 2^n = 3(2^n - 1) = \text{تعداد نقاط واریسی}$$

n برابر با تعداد نسل است

میتوز و سیتوکینز:

دوک:

- ساختاری رشته ای متشکل از میکروتوبول ها (ریزلوله ها) که در حرکت کروموزومها به سمت قطبین سلول نقش دارد
- ساختار کل دوک متشکل از گروهی از میکروتوبول هاست ولی هر رشته دوک از یک میکروتوبول تشکیل شده است.



سانتریول:

- در سلولهای جانوری و گیاهان ابتدایی مانند سرخس و خزه (در سلولهای گیاهی بازدانه و نهاندانه سانتریول وجود ندارد)
- مثال: براسیکا اولراسه یک گیاه نهاندانه است که سانتریول ندارد
- رشته های دوک در قطبین سلول به آنها متصل می شود
- با وجود نبودن سانتریول در سلول های گیاهی ولی ساختار دوک تشکیل می شود و به جای آن به یکسری از پروتئین های سیتوپلاسمی و غشایی متصل می شود.
- در سلول در حالت عادی یک جفت در نزدیکی هسته با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم وجود دارد
- هرکدام از آنها یک جسم استوانه ای کوچک به ۹ دسته ۳ تایی (یعنی ۲۷ عدد) میکروتوبول
- طی مرحله G2 همانند سازی کرده و ۲ جفت می شوند
- در مرحله میتوز (پروفاز) دو جفت از هم فاصله می گیرند و به سمت قطبین سلول (نه هسته) حرکت می کنند و رشته های دوک نیز بین آنها تشکیل و دراز می شود و ساختار دوک را تشکیل می دهد
- در طی میوز یا میتوز ۲ جفت می باشد نه ۲ تا یا یک جفت

میکروتوبول:

- هم دوک و هم سانتریول ساختار میکروتوبولی دارند
- لوله های توخالی
- هر میکروتوبول از یک پروتئین تشکیل شده است
- هر دوک از ۱ میکروتوبول ولی هر سانتریول از ۲۷ میکروتوبول تشکیل شده است
- توسط ریبوزوم درون سلول ساخته می شود ولی توسط سانتریول سازماندهی می شود

مراحل میتوز:

اول از همه رشته های دراز کروماتینی ضخیم و کوتاه می شود و کروموزوم های مضائف دوکروماتیدی به کمک میکروسکوپ دیده می شوند	پروفاز 2n*
سانتریول ها به سمت قطبین حرکت می کنند و با دور شدن از هم بین آنها رشته های دوک تشکیل می شود آخر همه هستک و غشا هسته ناپدید می شود (بجز قارچ ها که رشته های دوک درون هسته تشکیل می شود و سانتریول ندارند)	متافاز 2n*
کروموزوم های مضائف دوکروماتیدی به سمت وسط سلول حرکت می کنند و در سطح استوایی ردیف می شوند (در قارچها وسط هسته)	آنافاز 4n
رشته های دوک از یک طرف به سانترومر و از طرف دیگر به سانتریول متصل می باشند (گروهی از رشته های دوک به سانترومرها متصل نیستند) کروماتیدها حداکثر فشردگی را به دست می آورند	
دو کروماتید خواهری از هم جدا می شوند و کروموزوم های تک کروماتیدی به سمت قطبین سلول با کوتاه شدن رشته های دوک حرکت می کنند	



<p>(جدا شدن کروماتیدها باعث می شود که در آنافاز تعداد کروموزوم سلول ۲ برابر سلول معمولی شود یعنی $2n$ دو کروماتیدی تبدیل به $4n$ تک کروماتیدی می شود)</p> <p>برای جداشدن ۲ کروماتید خواهری نیاز به فعالیت هلیکاز و DNA پلیمرز می باشد تا سانترومرها از هم جدا شود در هر قطب سلول $2n$ و مشابه سلول مادری وجود دارد کروماتیدها حداکثر فشردگی خود را حفظ می کنند</p>	
<p>مرحله پایانی میتوز (نه تقسیم سلول)</p> <p>در هر قطب سلول پوشش هسته اطراف کروموزوم ها تشکیل می شود (بجز قارچ ها که در دو قطب هسته)</p> <p>هنوز دو هسته درون سلول مادری قرار گرفته اند و هنوز تعداد کروموزوم های سلول ۲ برابر سلول معمولی است کروموزومها شروع به باریک و دراز شدن می کنند و به تدریج تبدیل به رشته های کروماتینی می کنند اول غشا هسته و هستک پدیدار می شود و سپس دوک از بین می رود بازآرایی اندامک ها در آخر تلوفاز انجام می گیرد</p>	تلوفاز 4n
<p>سلول مادری به ۲ سلول تقسیم می شود که از هم جدا می شوند.</p>	سیتوکینز 2n

رابطه عدد کروموزومی مراحل مختلف میتوز باهم:

مرحله چرخه سلولی	تعداد کروماتیدها	تعداد مولکولهای DNA	تعداد رشته های پلی نوکلوتیدی	تعداد سانترومر	تعداد رشته های دوک متصل	عدد کروموزومی سلول
G1	2n	2n	4n	2n	-	2n
اواخر S	4n	4n	8n	2n	-	2n
G2	4n	4n	8n	2n	-	2n
پروفاز	4n	4n	8n	2n	4n	2n
متافاز	4n	4n	8n	2n	4n	2n
پایان آنافاز	در هر قطب 2n	در هر قطب 2n	در هر قطب 4n	در هر قطب 2n	2n	در هر قطب 2n
پایان تلوفاز	در هر قطب 2n	در هر قطب 2n	در هر قطب 4n	در هر قطب 2n	2n	در هر قطب 2n

در مورد آنافاز و تلوفاز اگر گفته شد کل سلول باید در ۲ ضرب شود.

مضائف شدن کروموزومها و مضائف شدن تعداد کروموزوم ها دو چیز متفاوت است

- مضائف شدن کروموزومها در مرحله S صورت می گیرد
- مضائف شدن تعداد کروموزومها در مرحله آنافاز میتوز صورت می گیرد و تا تلوفاز نیز ادامه دارد

کروماتینی (غیرفشرده) ← کل ایتترفاز+آخر تلوفاز

کروموزوم (فشرده) ← کل تقسیم بجز آخر تلوفاز

کروموزوم تک کروماتیدی ← G1، آنافاز، تلوفاز، سیتوکینز

کروموزوم دو کروماتیدی ← S، G2، پروفاز و متافاز



حداکثر فشردگی کروموزوم های دو کروماتیدی در متافاز است

حداکثر فشردگی کروموزوم های تک کروماتیدی در آنافاز است

سیتوکینز:

- سلول زمانی وارد سیتوکینز می شود که بخواهد تقسیم شود.
- طی سیتوکینز سیتوپلاسم سلول و اندامک ها به دو بخش تقسیم می شود و در انتهای این مرحله از یک سلول مادری ۲ سلول دختری حاصل می شود (تا قبل از سیتوکینز هنوز یک سلول ولی با دو هسته وجود دارد)
- در بسیاری از موارد (معمولا) در انتهای میتوز و بعد از تقسیم هسته سیتوکینز آغاز می شود.
- بعضی از سلولها سیتوکینز نمی کنند و تشکیل سلولهای چند هسته ای می دهند مثل سلولهای ماهیچه ای مخطط (میون ها)
- کپک مخاطی پلاسمودیومی (قارچ نیست و میتوز هسته ای نمی کند)
- قارچ های زیگومیست مثل ریزوپوس استولونیفیر

روش تقسیم سلول در سیتوکینز:

۱- سلولهای جانوری و سلولهای فاقد دیواره مثل آمیب و اوگلنا:

کمربندی از رشته های پروتئینی در میانه سلول ایجاد می شود و با تنگ شدن آن سلول به دو بخش تقسیم می شود این پروتئین ها توسط شبکه آندوپلاسمی زبر و ریبوزوم ساخته می شوند

۲- سلولهای گیاهی و سلولهای دیواره دار یوکاریوتی:

تولید وزیکولهای مخصوص توسط دستگاه گلژی و پیوستن آنها در میانه سلول و تشکیل صفحه میانی صفحه در واقع دیواره سلولی است که توسط غشا احاطه شده است. محتویات وزیکولها (پلی ساکاریدی) دیواره را می سازند و غشا وزیکولها با پیوستن به هم دو غشا در دو طرف دیواره می سازند در قارچها که دیواره کیتینی و آغازیان مثال جلبک ها و دیاتوم سیتوکینز از طریق تشکیل دیواره انجام می شود و محتوای وزیکولها شبیه به جنس دیواره آنها می باشد در سلولهای گیاهی برخلاف باکتری ها و سلول های فاقد دیواره جهت سیتوکینز از داخل به خارج است و وزیکول ها اول در داخل به هم می پیوندند.

در بسیاری موارد در انتهای میتوز (انتهای تروفاز) سیتوکینز آغاز می شود و از بین رفتن رشته های دوک و تشکیل صفحه سلولی همزمان است

در بعضی موارد محتوای سیتوپلاسمی سلول مادر در مرحله سیتوکینز به طور مساوی بین سلول های دختری تقسیم نمی شود. مثال: جوانه زنی در مخمر که با میتوز تولید مثل غیر جنسی انجام می دهد.

لقاح مضائف نهادانگان که سلول تخم $2n$ تشکیل می شود و در اولین تقسیم سیتوکینز نابرابر انجام می شود و سلول کوچکتر با میتوز رویان می سازد و سلول بزرگتر با میتوز باعث اتصال رویان به گیاه مادر می شود.

در بعضی از یوکاریوتها مثل قارچهای زیگومیست که میتوز هسته ای دارند، سیتوکینز صورت نمی گیرد چون دیواره عرضی ندارند

با آرزوی موفقیت برای شما دانش آموزان عزیز

دکتر فنواتی