



میوز: ایجاد گوناگونی

تولید گامت یا هاگ (نصف کروموزوم های یک سلول عادی)

مراحل اینتر فاز شبیه به میتوز

همانندسازی DNA فقط یکبار و در مرحله S قبل از میوز ۱ انجام می شود.

طی میوز یک سلول  $2n$  کروموزومی ۴ سلول  $n$  کروموزومی تولید می کند.

مراحل تقسیم میوز:

فرمول کروموزومی	رخداد ها	مرحله میوز
$2n^*$	فشرده‌گی در کروموزوم های مضائف شده و قابل رویت شدگی آنها (اول) قرارگیری طولی کروموزومهای همتا در کنار یکدیگر و تشکیل ساختار تتراد ۴ کروماتیدی تشکیل رشته های دوک و دور شدن سانتیول ها از هم و به سمت قطبین سلول (وسط) تجزیه غشای هسته (آخر)	پروفاز میوز ۱
$2n^*$	قرارگیری تترادها در سطح استوایی سلول توسط رشته های دوک حداکثر فشرده‌گی کروموزوم ها در دو خط ردیف می شوند (در میتوز در یک خط)	متافاز میوز ۱
$2n^*$	جدا شدن کروموزوم های همتا با کوتاه شدن و تجزیه رشته های دوک جدا شدن الی های ژن ها در آنافاز میوز ۱ است کروماتیدهای خواهری هنوز به هم متصل می باشند تعداد کروموزوم ها هنوز ثابت است (برخلاف آنافاز میتوز)	آنافاز میوز ۱
$2n^*$	غشای هسته در دو قطب تشکیل می شود (اول) قرارگیری کروموزوم های دو کروماتیدی (مضائف) در قطبین سلول دو کروماتید هر کروموزوم نسبت به هم خواهری همتای هر کروموزوم در قطب دیگر قرار می گیرد رشته های دوک از بین می رود (وسط) کروموزوم ها حالت غیرفشرده و کروماتینی پیدا می کنند (آخر)	تلوفاز میوز ۱
$n^*$	در بسیاری از جانوران تلوفاز و سیتوکینز با هم رخ می دهد و ۲ سلول حاصل می شود. در جانوران ماده سیتوکینز نابرابر رخ می دهد و تقریبا تمامی سیتوپلاسم به تخمک نابالغ می رسد. هر سلول فقط حاوی یکی از کروموزوم های همتا (ولی به شکل مضائف شده) است تعداد کروموزوم ها در هر سلول نصف می باشد (کاهش عدد کروموزومی در پایان میوز ۱) از یک سلول $2n$ کروموزومی ۲ سلول $n$ کروموزومی اما دو کروماتیدی حاصل می شود	سیتوکینز میوز ۱



	در پایان میوز ۱ کروموزم ها همانند سازی نمی کنند در پایان میوز ۱ سانتیویول ها همانند سازی می کنند و مضائف می شوند.	
$n^*$	قطور شدن کروموزم ها (اول) تشکیل رشته های دوک حرکت سانتیویول ها به سمت قطبین سلول غشای هسته تجزیه می شود (آخر)	پروفاز میوز ۲
$n^*$	ردیف شدن کروموزم های دوکروماتیدی در سطح استوایی سلول حداکثر فشردگی کروموزومی	متافاز میوز ۲
$2n$	جدا شدن و حرکت کروماتیدهای خواهری به سمت قطبین سلول دو برابر شدن موقتی تعداد کروموزوم های سلول	آنافاز میوز ۲
$2n$	شکل گیری پوشش هسته در اطراف کروماتیدها در هر قطب (اول) از بین رفتن دوک کروموزوم ها حالت غیرفشرده و کروماتینی پیدا می کنند (آخر) دو برابر ماندن موقتی تعداد کروموزوم های سلول	تلوفاز میوز ۲
$n$	سپس سیتوکینز رخ می دهد و نهایتا از یک سلول دیپلوئید ۴ سلول هاپلوئید تولید میگردد در جانوران ماده سیتوکینز نابرابر رخ می دهد و تقریبا همه سیتوپلاسم به تخمک می رسد	سیتوکینز میوز ۲

#### دیگر نکات تقسیم میوز:

- نوترکیبی و تنوع در جانداران نحوه قرارگیری کروموزوم های همتا در متافاز میوز ۱ است.
- میوز ۲ تأثیری در تنوع در حالت عادی ندارد (اگر کراسینگ اور در میوز ۱ اتفاق افتاده باشد دارد).
  - کراسینگ اور ایجاد شده در حالت تتراد در متافاز میوز ۱ باعث تشکیل کروماتیدهای خواهری متفاوت و در نتیجه ایجاد تنوع در میوز ۲ و در نتیجه افزایش بیشتر تنوع می شود.
  - ماحصل تقسیم میوز عادی تبدیل یک سلول  $2n$  به ۴ تا و ۲ نوع سلول هاپلوئید
  - ماحصل تقسیم میوز با کراسینگ اور تبدیل یک سلول  $2n$  به ۴ تا و ۴ نوع سلول هاپلوئید
- شباهت های میوز ۲ به میتوز:
  - جدا شدن کروماتیدهای خواهری و نه کروموزوم های همتا
  - دو برابر شدن تعداد کروموزوم ها در آنافاز
  - عدم کاهش عدد کروموزومی در سلول های حاصله



• تعداد رخدادها طی میوز:

- ۳ بار سیتوکینز (۱ بار میوز ۱ و ۲ بار میوز ۲)
- ۳ بار همانند سازی سانتریول (۱ بار میوز ۱ و ۲ بار میوز ۲)

- در آنافاز میوز ۱ قانون اول مندل (تفکیک مستقل الل ها) رخ می دهد.
- در متافاز میوز ۱ قانون دوم مندل (جور شدن مستقل ژن ها) در خصوص صفات غیرییوسته رخ می دهد
- ساختار هر تتراد:

۲ کروموزوم همتا

۲ سانترومر

۴ کروماتید

۴ مولکول DNA

۸ رشته پلی نوکلئوتیدی

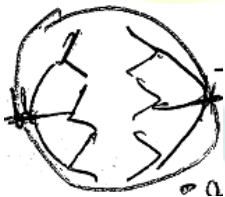
فرمول محاسبه تعداد تترادها:

$$\text{اگر تعداد کروموزوم ها زوج بود:} \quad \text{تعداد تتراد} = \frac{\text{تعداد کروموزوم}}{2}$$

$$\text{اگر تعداد کروموزوم ها فرد بود:} \quad \text{تعداد تتراد} = \frac{\text{تعداد کروموزوم} - 1}{2}$$

کروموزوم های X و Y با وجود اینکه همتا نیستند ولی تتراد تشکیل می دهند. کراسینگ اور فقط در حالت تتراد و در مرحله پروفاز میوز ۱ اتفاق می افتد و باعث نوترکیبی و افزایش انواع گامت می شود.

مثال: سلول مقابل آنافاز میتوز سلول  $n=3$  یا آنافاز میوز ۲ یک سلول  $2n=6$  یا  $2n=7$  یا  $2n=5$  است



\* در آنافاز ۱ و ۲ تعداد کروموزوم ها در هر قطب سلول نصف سلول اولیه است ولی در آنافاز ۱ کروموزوم ها ۲ کروماتیدی

و در آنافاز ۲ کروموزوم ها تک کروماتیدی هستند.

\* قانون اول مندل (تفکیک ژن ها) در آنافاز میوز ۱

\* قانون دوم مندل (جور شدن مستقل ژن ها) در متافاز میوز ۱

\* نوترکیبی حاصل متافاز میوز ۱ است



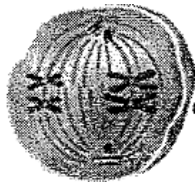
احتمال فراوانی تولید گامت:

- سلول زایشی  $2n$  توان تولید:
- $2^n$  نوع سلول هاپلوئید یا گامت را دارد و  $2^{n-1}$  حالت آرایش تترادی
- اگر تعداد کل کروموزوم فرد باشد:
- انواع گامت =  $2^n$  ( $n$  بزرگتر)  
حالت آرایش تترادی =  $2^n$  ( $n$  کوچکتر)
- اگر ژن مطرح بود مثلاً  $AaBbCc$ ،  
 $n$  برابر با تعداد ژن های مستقل و هتروژن می باشد  
(همه ژنهای پیوسته اگر در مجموع هتروژن باشند باهم یک عدد به  $n$  اضافه می کنند)
- اگر کرایسنگ اور مطرح باشد  
حالت پیوستگی ژن ها را نادیده می گیریم و  
برای محاسبه با آن طبق ژنهای مستقل برخورد می کنیم.
- اگر فرمول کروموزومی یا تعداد کروموزوم ها و ژن با هم در سوال مطرح باشد:  
باید فرمول یا کروموزوم ها را ملاک قرار داد
- اگر گفته شد چند نوع گامت می تواند تولید شود: طبق روش بالا می باشد
- ولی اگر گفته شد چند نوع گامت حاصل یک میوز یا در اثر میوز یک سلول زاینده تولید می شود:  
 $2$  نوع می باشد چون به هر حال بعد از یکبار تقسیم میوز  $2$  نوع گامت تولید می شود
- اگر سلول در مرحله میوز ۱ باشد بدون کرایسنگ اور  
 $2$  نوع گامت در نر و  $1$  نوع گامت در ماده تولید می شود
- اگر سلول در مرحله میوز ۱ باشد با کرایسنگ اور  
 $4$  نوع گامت در نر و  $1$  نوع گامت در ماده تولید می شود
- اگر سلول در مرحله میوز ۲ باشد بدون کرایسنگ اور  
 $1$  نوع گامت در نر و  $1$  نوع گامت در ماده تولید می شود
- اگر سلول در مرحله میوز ۲ باشد با کرایسنگ اور  
 $2$  نوع گامت در نر و  $1$  نوع گامت در ماده تولید می شود.
- نخستین گویچه قطبی  $1$  عدد از  $1$  نوع
- دومین گویچه قطبی حداقل  $1$  عدد از  $1$  نوع حداکثر  $3$  عدد از  $2$  نوع
- گویچه قطبی  $2$  عدد از  $2$  نوع حداقل  $2$  عدد از  $2$  نوع حداکثر  $3$  عدد از  $2$  نوع
- حاصل میوز  $1$  ( $n$  و دو کروماتیدی): اسپرم نابالغ، تخمک نابالغ، نخستین گویچه قطبی



- حاصل میوز ۲ (n) و تک کروماتیدی): اسپرم تمایز نیافته، تخمک تمایز نیافته و دومین گویچه قطبی

مثال: در صورتیکه وضعیت قرار گرفتن کروموزوم ها در شکل مقابل باشد چند نوع گامت می تواند تولید شود؟



جواب: سلول در مرحله متافاز میوز ۱ است پس این سلول هر تعداد کروموزوم داشته باشد فقط ۲ نوع گامت می دهد

مثال: در صورتیکه وضع قرار گرفتن کروموزوم ها مشابه شکل مقابل باشد توزیع کروموزوم ها در گامت ها چند نوع است؟



پاسخ: سلول در مرحله متافاز میوز ۲ است پس این سلول فقط ۱ نوع گامت تولید می کند.

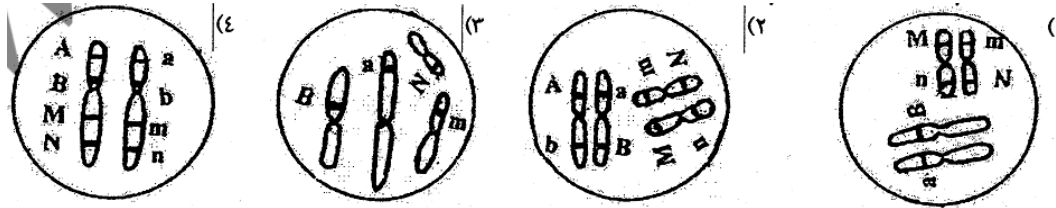
مثال: فردی با گروه خونی AB ناقل هموفیلی و ناقل دیستروفی عضلانی دوشن و ناقل زالی و مبتلا به فنیل کتونوری است. چند نوع گامت در رابطه با این صفات می تواند تولید شود؟ از یک سلول زاینده این خانم چند نوع گامت تولید می شود؟

پاسخ: ژنوتیپ این فرد  $ABX^H D X^h d Ccaa$  می باشد و لذا با توجه به اینکه دو ژن پیوسته و یک ژن هموزیگوت دارد پس  $2^3=8$  نوع گامت تولید می شود.

مثال: اولین گویچه قطبی یک جاندار دارای ۱۵۶ رشته پلی نوکلئوتیدی است. در متافاز میوز ۱ همان تقسیم چند سانترومر وجود داشته است؟

مثال: اسپرم نابالغ جاندار ۴۸ رشته پلی نوکلئوتیدی دارد سلول زاینده این جاندار چند تتراد تشکیل می دهد؟  
پاسخ: چون اسپرم نابالغ n و دو کروماتیدی است و هر کروموزوم آن ۴ زنجیره دارد پس  $4 \times 12 = 48$  یعنی  $n=12$  پس سلول زاینده آن  $2n=24$  یا  $2n=23$  یا  $2n=25$  بوده است پس این سلول ۱۱ یا ۱۲ تتراد تشکیل می دهد.

مثال: کدامیک شکل کروموزوم های مادری را در جانوری نشان می دهد که گامت نر آن aBmN می باشد؟



مثال: در چکاوک ماده با عدد کروموزومی  $2n=14$  چهار جفت از کروموزوم های اتوزومی هموزیگوس می باشند این پرنده توانایی تولید چند نوع گامت را دارد؟

چون عدد کروموزومی  $2n=14$  است پس  $n=7$  است و چون ۴ تا هموزیگوت دارد پس بقیه اتوزوم ها و نیز کروموزوم های جنسی که  $ZW$  هستند هتروزیگوت هستند و  $2^3=8$  نوع گامت می تواند تولید کند.

مثال: فردی دارای ۶ جفت کروموزوم هتروزیگوت است اگر ۳ جفت آن از قانون دوم مندل پیروی نکند چند نوع گامت تولید می کند؟

وقتی گفته می شود از قانون دوم پیروی نمی کند یعنی پیوسته است پس ۳ تای آنها یک توان می باشد و بقیه نیز ۳ توان و می شود  $2^4=16$  نوع گامت

#### تولید گامت و کراسینگ اور:

\* در سلولهای سوماتیک کراسینگ اور رخ نمی دهد چون میوز ندارند  
\* در ملخ نر و مردها و پروانه ها و پرندگان ماده کروموزوم های جنسی همتا نیستند و در آنها کراسینگ اور و جهش مضائف شدن رخ نمی دهد. البته کروموزوم های اتوزوم آنها همتا هستند و در آنها هر دو مورد رخ می دهد.

\* در زنبور نر نیز به دلیل هاپلوئید بودن و عدم وجود میوز پس کراسینگ اور و جهش مضائف شدگی رخ نمی دهد  
\* در چرخه زندگی جانداران با چرخه هاپلوئید (کلامیدوموناس اسپیروژیر و قارچ ها به جز دئوترومیست ها):

زیگوت تقسیم میوز انجام می دهد پس کراسینگ اور و تتراد دارد

\* در چرخه زندگی تناوب نسل (گیاهان و کاهوی دریایی و کلپ) و چرخه زندگی دیپلوئید جانوران:

زیگوت تقسیم میتوز انجام می دهد و تتراد و کراس ندارد



جدا شدن کروموزوم ها:

در هنگام میوز و در مرحله آنافاز میوز ۱، هر کروموزوم از کروموزوم همتا جدا می گردد که به آن جدا شدن کروموزوم ها گویند.

جدا نشدن کروموزومی:

۱- جدانشدن کروموزومی

آنافاز میوز ۱ ← ۲ سلول بدون کروموزوم مربوطه (n-1)

۲ سلول حاوی هر دو کروموزوم همتا (n+1)

۲- جدانشدن کروماتیدی:

آنافاز میوز ۲ ← ۲ سلول طبیعی (n)

۱ سلول بدون کروموزوم مربوطه (n-1)

۱ سلول حاوی هر دو کروماتید خواهری (n+1)

نشانه‌گان (یا سندرم) داون:

- سندرم = بیماری است که علائم گسترده ای دارد و روی قسمت های مختلف بدن اثر می گذارد
  - عقب افتادگی ذهنی
  - تری زومی ۲۱ (یک کروموزم شماره ۲۱ اضافی) به دلیل جدانشدن کروموزم ها در آنافاز میوز ۱
  - فرمول کروموزومی:  $45+XX$  یا  $45+XY$
  - هم در مرد و هم زن می تواند رخ دهد.
  - ولی به دلیل طول کشیدن میوز در زنان به احتمال زیاد فرزند با سندرم داون از لقاح تخمک با ۲ کروموزم ۲۱ و اسپرم با ۱ کروموزوم ۲۱ حاصل شده است.
  - احتمالات وقوع در مادران:
    - > ۳۰ سال ۱/۱۵۰۰۰
    - بین ۳۰ تا ۳۵ سال ۱/۷۵۰
    - < ۴۵ سال ۱/۱۶
- انجام تست کاربوتیپ جنین در مادران بالای ۳۵ سال



### کاریوتیپ:

- تصویری از کروموزوم های در حال تقسیم که براساس اندازه، شکل و محل قرار گیری سانترومر در یک تصویر ردیف می شوند
- کاریوتایپ را می توان از سلول های زنده هسته دار تهیه کرد (همچون گلبول های سفید خونی)
- نقش کاریوتیپ: بررسی و تجزیه و تحلیل ناهنجاری های موجود در تعداد کروموزوم ها
- در کاریوتیپ انسان:
  - اندازه جفت کروموزوم شماره ۱ از همه بزرگتر
  - تا جفت کروموزوم شماره ۹ اندازه کروموزوم ها بزرگ
  - از جفت کروموزوم ۱۰ تا ۲۲ اندازه ها کوچک
- احتمال ناهنجاری های ژنی و کروموزومی در کروموزوم های بزرگ بیشتر است.
- بیشتر افرادی که حتی یک کروموزوم کم داشته باشند از بین می روند
- از گلبول های قرمز و سلول غربالی (آوند آبکش) نمی توان برای تهیه کاریوتایپ استفاده کرد چون با وجود زنده بودن ولی هسته ندارند
- نرون ها و سلول های ماهیچه ای چون میتوز ندارند برای تهیه کاریوتایپ مناسب نیستند.

### انواع تولید مثل:

#### ۱- تولید مثل غیر جنسی:

فقط یک والد حضور دارد

میوز، گامت، لقاح، زیگوت و کرایستگ اور وجود ندارد  
زادگان کلون نامیده می شوند (مثل کلنی باکتری)

انواع:

- تقسیم دوتایی: همه باکتریها، کلروپلاست و میتوکندری
- میتوز: اغلب آغازیان
- قطعه قطعه شدن: اسپیروژیر (جلبک سبز رشته ای هاپلوئید با کلروپلاست نواری شکل)
- جوانه زدن: هیدر، مخمر
- رویشی: در گیاهان (پیوند زدن، قطعه قطعه کردن، کشت بافت)

A: فقط تولید مثل غیر جنسی:

- ۱- پروکاریوتها (باکتریها) با تقسیم دوتایی
- ۲- بعضی از آغازیان (آمیب، اوگلنا و تازکدار چرخان) با تقسیم میتوز
- ۳- بعضی از قارچ ها مثل دثوترومیست ها (پنی سلیم و آسپرژیلوس) با تقسیم میتوز
- ۴- گیاهان تریپلوئید (3n) با تولید مثل رویشی





B: تولید مثل غیر جنسی و جنسی:

- ۱- اغلب آغازیان: مثل اسپروژیر که غیر جنسی از نوع قطعه قطعه شدن
- ۲- هیدر و مخمرها: غیر جنسی از نوع جوانه زدن
- ۳- گیاهان: غیر جنسی مثل پیوند زدن

## ۲- تولید مثل جنسی:

در یوکاریوت ها وجود دارد (در پروکاریوت ها دیده نمی شود)  
انواع: - از طریق میوز

طی لقاح در جانداران دو جنسی  
بکرزایی در زنبور عسل و تولید نر  $n$  کروموزومی  
- از طریق میتوز مانند تولید مثل جنسی زنبور عسل نر

در تولید مثل جنسی معمولا گامت، حضور  $2$  جنس، لقاح، گامت، سلول هاپلوئید دیده می شود که استثنا هم دارد:

تولید مثل جنسی قارچ ها	عدم حضور گامت
خودلقاحی و بکرزایی	عدم حضور $2$ جنس
بکرزایی	عدم حضور لقاح
گیاهان پلی پلوئیدی	عدم حضور سلول هاپلوئید
جنس نر زنبور عسل	عدم تولید گامت از میوز

- در جانوران حاصل میوز تولید گامت است (دارای توانایی لقاح و فاقد توانایی میتوز)
- در حلیکه در گیاهان و جلبک ها و قارچ ها حاصل میوز تولید هاگ است (توانایی میتوز و فاقد توانایی لقاح)
- میوز در جانوران در مرحله تولید گامت است و در گیاهان در مرحله تولید هاگ

تولید مثل جنسی در  $3$  چرخه هاپلوئیدی، دیپلوئیدی و تناوب نسل دیده می شود.

۱- هاپلوئیدی:

حالت پرسلولی جاندار  $n$  است

تنها زیگوت است که  $2n$  می باشد که میوز می کند

در کلامیدوموناس، اسپروژیر و قارچ های غیردئوترومیستی دیده می شود



۲- دیپلوئیدی:

حالت پرسلولی جاندار  $2n$  است و فقط گامت  $n$  دیده می شود و زیگوت میتوز می کند. همه جانوران همچون انسان

۳- تناوب نسل:

حالت پرسلولی جاندار به دو شکل اسپیروفیت ( $2n$ ) و گامتوفیت ( $n$ ) دیده می شود. تولید مثل جنسی همه گیاهان

\*در چرخه هاپلوئید و تناوب نسل گامت حاصل میتوز است و در چرخه دیپلوئید حاصل میوز  
\*در چرخه هاپلوئید و تناوب نسل میوز هاگ می دهد و در دیپلوئید گامت  
\*چرخه زندگی هاپلوئید با هاپلوئید بودن فرق دارد. مثلاً در قارچ های دئوترومیست تولید مثل غیرجنسی در جاندار هاپلوئید انجام می شود.

بکرزایی:

نوعی تولید مثل جنسی است فرد از تخمک لقاح نیافته بوجود می آید و جاندار نر شرکت ندارد شباهت آن با تولید مثل غیرجنسی در تولید زادگان مشابه از نظر ژنتیکی به مادر می باشد (زادگان کلون محسوب می شوند) انواع مختلفی دارد:

- ۱- در یک نوع آن گامت تولید شده میتوز می کند و جاندار را بوجود می آورد  
مثال: بکرزایی ملکه و تولید زنبور نر
- ۲- در نوع دیگر آن گامت توسط سلول هاپلوئید دیگری از خود ماده بارور می شود و جاندار کامل دیپلوئید حاصل می شود

مثال ها:

قاصدک ها

بعضی از ماهی ها، سوسمارها و قورباغه ها

مارها انواع ماده های مسن که از نر دور مانده اند (فرندان  $2n$  هستند)

فرضیه ها:

ماده به جای کروموزوم های نری از خود یک نسخه می سازد و تخمک را بارور می کند در اثر دور ماندن از نر و ترشح هرمون خاص تخمک تقسیم می شود