

چند اسپرم
روی سطح
یک تخمک
($\times 2890$)

میوز و تولید مثل جنسی

با نگاهی به پیرامون خود، در می‌یابیم که فرزندان با والدین خود در عین داشتن شباهت‌ها، تفاوت‌هایی نیز دارند. در فصل گذشته، دیدیم که تقسیم میتوز، به تولید سلول‌هایی منجر می‌شود که کاملاً مشابه سلول مادرند. در نتیجه، این نوع تقسیم سلول، نمی‌تواند به تنهایی پاسخگوی گوناگونی موجود در دنیای زنده باشد. ایجاد گوناگونی در دنیای زنده، مدیون نوع دیگری از تقسیم سلولی است که میوز نام دارد.

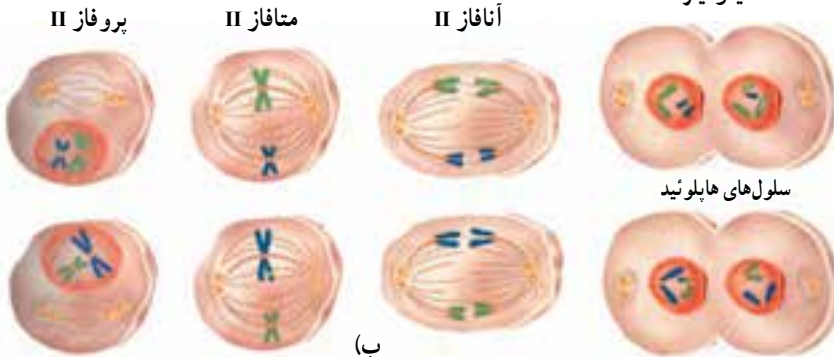
بسیاری از جانداران به منظور تولید مثل، گامت تولید می‌کنند و امکان ترکیب آن‌ها را با یکدیگر فراهم می‌سازند. گامت‌ها هاپلوئید هستند. اگر گامت‌ها هاپلوئید نبودند، تعداد کروموزوم‌ها از نسلی به نسل دیگر پیوسته رو به افزایش می‌گذاشت و در هر نسل دو برابر می‌شد.

میوز نوعی تقسیم هسته‌ی سلول است که طی آن تعداد کروموزوم‌ها نصف می‌شود و سلول‌های تخصص‌یافته‌ای که مسئول تولید مثل هستند (گامت یا هاگ) تولید می‌شود. میوز از دو تقسیم متوالی هسته به نام‌های میوز I و میوز II تشکیل شده است که هر کدام خود مراحل پروفاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز را دارند.

سلول قبل از آغاز میوز، مراحل اینترفاز را، مانند اینترفاز میتوز سپری می‌کند. در این مراحل DNA همانندسازی می‌کند و سلول برای تقسیم شدن آماده می‌شود. مراحل تقسیم میوز به شرح زیر است (شکل ۷-۱).

پروفاز I: در این مرحله کروموزوم‌های مضاعف شده فشرده و قابل رؤیت می‌شوند و غشای هسته تجزیه می‌شود. کروموزوم‌های همتا، که هر کدام دو کروماتید دارند، از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و ساختاری چهارکروماتیدی را پدید می‌آورند که تتراد نام دارد.

تلوفاز II و
سیتوکینز



(ب)

شکل ۷-۱ - مراحل مختلف میوز. الف) میوز I. ب) میوز II

متافاز I: در این مرحله تترادها به وسیله‌ی رشته‌های دوک در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند.

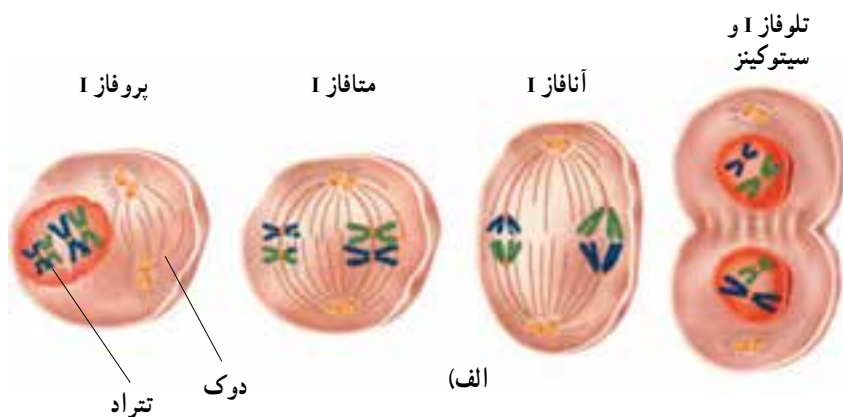
آنافاز I: در این مرحله کروموزوم‌های همتا از یکدیگر جدا می‌شوند، اما دو کروماتید خواهری هر کروموزوم همچنان در محل سانترومر به یکدیگر متصل‌اند. بنابراین، هر کروموزوم همچنان دو کروماتیدی (مضاعف شده) است.

تولوفاز I: در این مرحله کروموزوم‌ها در دو قطب سلول تجمع می‌یابند. در بیش‌تر جانداران در این مرحله سیتوپلاسم نیز تقسیم می‌شود (سیتوکینز) و دو سلول جدید پدید می‌آید. در هر یک از دو سلول حاصل (یا در هر یک از دو قطب سلول)، فقط یکی از دو کروموزوم همتا وجود دارد. پس از پایان تولوفاز I سلول وارد میوز II می‌شود، اما باید توجه داشت که کروموزوم‌ها در فاصله‌ی بین میوز I و میوز II همانندسازی نمی‌کنند.

پروفاز II: در این مرحله در اطراف هر هسته‌ی هاپلوئید، رشته‌های دوک تشکیل می‌شود. **متافاز II:** در این مرحله کروموزوم‌ها که هنوز دو کروماتیدی هستند، در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند و از طریق سانترومرهای خود به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

آنافاز II: در این مرحله دو کروماتید هر کروموزوم (کروماتیدهای خواهری) از هم جدا می‌شوند و به سوی دو قطب سلول می‌روند (مشابه با آنافاز تقسیم میتوز).

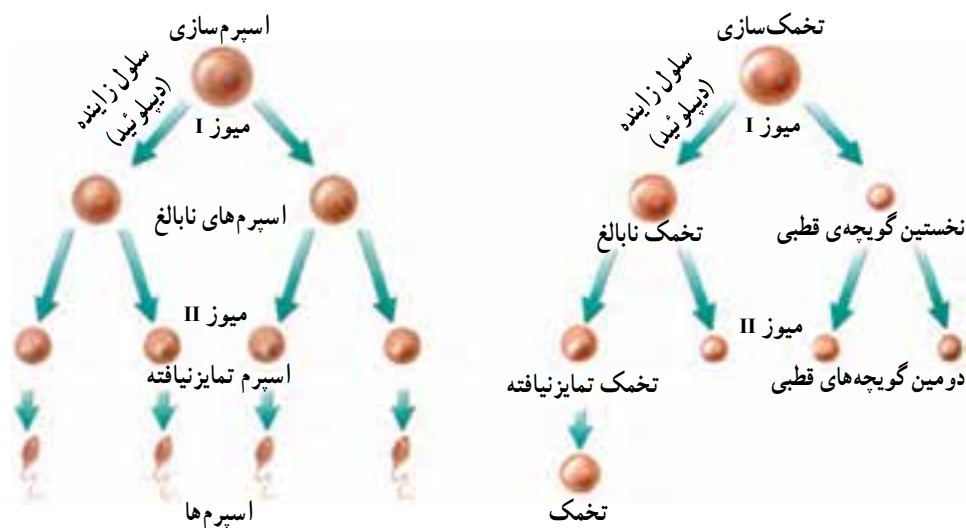
تولوفاز II: پوشش هسته در اطراف کروماتیدها تشکیل می‌شود. دوک از بین می‌رود و سپس سیتوکینز رخ می‌دهد. نتیجه‌ی میوز یک سلول دیپلوئید، چهار سلول هاپلوئید است.



تشکیل گامت‌ها در جانوران نر و ماده

تولید گامت‌ها یکی از وظایف اندام‌های جنسی است. فرآیند تولید گامت را، گامت‌زایی می‌نامند. گامت‌زایی براساس تقسیم میوز صورت می‌گیرد.

میوز در جانوران نر: فرآیندی که طی آن در جانوران نر، اسپرم (سلول جنسی نر) تولید می‌شود، اسپرم‌زایی نام دارد. اسپرم‌زایی در بیضه‌ها (اندام‌های جنسی نر) رخ می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است، یک سلول دیپلوئید، بزرگ می‌شود و به سلولی نابالغ به نام سلول زاینده تبدیل می‌شود. سلول زاینده، تقسیم میوز I را انجام می‌دهد و دو سلول به وجود می‌آورد که هر کدام میوز II را انجام می‌دهند. به این ترتیب از یک سلول زاینده دیپلوئید، چهار سلول هاپلوئید تشکیل می‌شود. چهار سلول حاصل از نظر شکل ظاهری تغییراتی می‌کنند و در هر یک سر، تنه و دم پدید می‌آید و به این ترتیب به گامت‌های نر، که اسپرم نام دارند، تبدیل می‌شوند.



شکل ۲-۷- میوز در جانوران نر و ماده.

از سن بلوغ به بعد هر روز میلیون‌ها اسپرم درون بیضه‌ها به وجود می‌آید. اعتیاد به مواد مخدر و الکل، تماس با پرتوهای فرابنفش، رادیواکتیو و X ممکن است موجب اختلال در اسپرم‌زایی، یا تشکیل اسپرم‌های غیرطبیعی و در نتیجه عقیمی شود.

میوز در جانوران ماده: فرآیندی که در جانوران منجر به تولید تخمک می‌شود، تخمک‌زایی نام دارد. تخمک‌زایی که خلاصه‌ای از آن در شکل ۷-۲ نشان داده شده است، در تخمدان‌ها (اندام‌های جنسی ماده) صورت می‌گیرد. توجه داشته باشید که بعد از میوز I، سیتوکینز سیتوپلاسم را به طور نامساوی تقسیم می‌کند. یکی از دو سلول حاصل، تقریباً همه‌ی سیتوپلاسم را دریافت می‌کند. این همان سلولی است که در نهایت گامت ماده را می‌سازد. سلول دیگر بسیار کوچک است و جسم قطبی یا گویچه‌ی قطبی نامیده می‌شود. جسم قطبی ممکن است دوباره تقسیم شود اما سلول‌هایی که از آن پدید می‌آیند، زنده نخواهند ماند.

سلول بزرگ‌تر میوز II را انجام می‌دهد. سیتوکینز در اینجا، سیتوپلاسم را دوباره به طور نامساوی تقسیم می‌کند. سلول بزرگ‌تر به گامت ماده که تخمک نام دارد، نمو می‌یابد. سلول کوچک‌تر، که دومین جسم قطبی نام دارد، می‌میرد. می‌دانید که تخمک، سیتوپلاسم زیادی را دریافت می‌کند. در سیتوپلاسم، مواد غذایی گوناگون وجود دارد. اگر تخمک بارور شود، همین مواد غذایی، جنین را تغذیه می‌کنند تا اینکه سرانجام، جنین بتواند غذای خود را از خون مادر فراهم کند. در زنان نیز اعتیاد به مواد مخدر و الکل، تماس با پرتوهای فرابنفش، رادیواکتیو و X ممکن است موجب اختلال در تخمک‌زایی و در نتیجه تشکیل تخمک‌های غیرعادی شود.

خودآزمایی ۷-۱



- ۱- به طور خلاصه بیان کنید که چرا میوز برای جاندارانی که تولیدمثل جنسی دارند، ضروری است.
- ۲- به طور خلاصه، وقایع میوز را توصیف کنید.
- ۳- تشکیل گامت‌ها در جانوران نر را با تشکیل گامت‌ها در جانوران ماده مقایسه کنید.
- ۴- اگر یکی از سلول‌های سگ (۷۸ . ۲n) میوز انجام دهد، سلول‌های حاصل چند کروموزوم خواهند داشت؟

تغییر در تعداد کروموزوم‌ها

هریک از ۴۶ کروموزوم سلول‌های بدن ما، هزاران ژن دارد. از آنجا که ژن‌ها در چگونگی رشد و نمو و درست کارکردن بدن، نقشی حیاتی و بسیار مهم دارند، حضور همه‌ی آن‌ها - بی‌کم و کاست -

برای تندرستی بدن ضروری است. بیش تر افرادی که حتی یکی از این ۴۶ کروموزوم را ندارند، یعنی بیش تر افراد ۴۵ کروموزومی، زنده نمی مانند.

ناهنجاری های موجود در تعداد کروموزوم ها، از طریق تجزیه و تحلیل کاریوتیپ تشخیص داده می شوند. کاریوتیپ، تصویری از کروموزوم های در حال تقسیم است که در آن کروموزوم ها بر حسب اندازه و شکل ردیف شده اند. در شکل ۳-۷ یک کاریوتیپ متعلق به فردی که یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارد نشان داده شده است. چنین وضعیتی موسوم به تری زومی ۲۱ یا نشانگان داون است. افراد مبتلا به نشانگان^۱ داون درجات مختلفی از عقب ماندگی ذهنی را نشان می دهند.



الف ۲۱

جفت
کروموزوم های جنسی

ب



شکل ۳-۷- الف - کاریوتیپ فرد مبتلا به نشانگان داون و ب - کودک مبتلا به نشانگان داون.

۱- Syndrome: مجموعه‌ی نشانه‌های یک بیماری یا یک حالت.

در مادران جوانتر از ۳۰ سال نشانگان داون، تقریباً یک در هر ۱۵۰۰ تولد رخ می‌دهد. در مادران ۳۰ تا ۳۵ سال، شیوع نشانگان داون دو برابر می‌شود یعنی یک مورد در هر ۷۵۰ تولد با افزایش سن مادر خطر تولد نوزاد مبتلا به نشانگان داون چند برابر می‌شود، به طوری که در مادران بالای ۴۵ سال، خطر تولد این نوزادان بسیار افزایش می‌یابد و به یک در هر ۱۶ تولد می‌رسد. مادرانی که سن بالاتر دارند با خطر بیشتری برای تولد نوزاد مبتلا به نشانگان داون مواجه هستند؛ چون برخلاف مردها که همیشه اسپرم تازه تولید می‌کنند، همه‌ی تخمک‌های زن‌ها از هنگام تولد در تخمدان‌ها موجود است. بنابراین، هرچه سن زن‌ها افزایش می‌یابد، مجموع آسیب‌هایی که ممکن است به DNA تخمک‌های آن‌ها وارد شود، بیش‌تر می‌شود. به سبب وجود این خطر، مادران بارداری که سن آن‌ها بالای ۳۵ سال است، باید نسبت به انجام آزمایش‌های تشخیص قبل از تولد که یکی از آن‌ها تعیین کاربوتیپ جنین است، آگاه شوند.

چه رویدادی سبب می‌شود که فرد، یک کروموزوم اضافی داشته باشد؟ هنگام میوز و تشکیل سلول‌های اسپرم و تخمک، هر کروموزوم از کروموزوم همتای خود در مرحله‌ی آنافاز I جدا می‌شود. این رویداد را جدانشدن کروموزوم‌ها می‌نامند. اگر یک کروموزوم یا بیش‌تر نتواند به درستی از همتای خود جدا شود آن‌گاه یکی از دو گامت، هر دو کروموزوم را با هم دریافت می‌کند و گامت دیگر هیچ کروموزومی را از آن نوع دریافت نمی‌کند. این رویداد را جدانشدن، یا باهم ماندن کروموزوم‌ها می‌نامند. اگر گامتی که دو کروموزوم همتا دارد، با یک گامت عادی لقاح یابد، سلول زیگوت به جای دو کروموزوم، سه نسخه از آن کروموزوم را خواهد داشت. جدانشدن کروموزوم‌های شماره‌ی ۲۱ منجر به نشانگان داون می‌شود.

فعالیت ۱-۲



در یکی از روزنامه‌ها، مقاله‌ای درباره‌ی فراوانی نشانگان داون چاپ شده است. نویسنده‌ی مقاله ادعا کرده است که هر چه تعداد زنانی که زمان فرزنددارشدن خود را به تعویق می‌اندازند، بیش‌تر شود، تعداد نوزادان مبتلا به داون نیز بیش‌تر می‌شود. شما با عقیده‌ی این نویسنده موافق هستید یا مخالف، چرا؟

۲ تولید مثل جنسی و غیر جنسی

بعضی از جانداران کاملاً شبیه والدین خود هستند. بعضی دیگر با اعضای خانواده‌ی خود شباهت‌هایی دارند، اما کاملاً شبیه آن‌ها نیستند. بعضی از جانداران دو والد دارند، اما بعضی دیگر فقط یک والد دارند. تولیدمثل، انواع گوناگون دارد. میزان شباهت فرزندان به والدین و دیگر اعضای خانواده، به نوع تولیدمثل بستگی دارد. تولیدمثل، ممکن است غیر جنسی یا جنسی باشد. در تولیدمثل غیر جنسی فقط یک والد شرکت دارد. این والد یک نسخه از تمامی ژن‌های خود را به فرزندان خود منتقل می‌کند. در این نوع تولیدمثل سلول‌های هاپلوئید، مثل گامت‌ها، با هم ادغام نمی‌شوند. فردی که به طریق تولیدمثل غیر جنسی تولید می‌شود، یک کلون است. کلون، جاننداری است که از نظر ژنتیکی درست مانند والد خود است. همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، باکتری‌ها از راه نوعی تقسیم غیر جنسی به نام تقسیم دوتایی تولیدمثل می‌کنند. بسیاری از یوکاریوت‌ها نیز به صورت غیر جنسی تولیدمثل می‌کنند (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- تولیدمثل غیر جنسی هیدر

در تولیدمثل جنسی، برخلاف تولیدمثل غیر جنسی، دو والد شرکت دارند که هر کدام سلول‌های جنسی هاپلوئید تولید می‌کنند. سلول‌های جنسی با یکدیگر ادغام می‌شوند و فرزندان را به وجود می‌آورند. از آنجا که هر دو والد ماده‌ی ژنتیک خود را به اشتراک می‌گذارند، فرزندان از هر دو والد صفت‌هایی دریافت خواهند داشت، بنابراین هیچ فرزندی دقیقاً مشابه یکی از دو والد نیست. تولیدمثل

جنسی، از طریق تشکیل سلول‌های هاپلوئید، در یوکاریوت‌ها دیده می‌شود.

بکرزایی: «یک مار، از مادری که جفت نر نداشت، متولد شد.» چنین چیزی گرچه غیرممکن به نظر می‌رسد، یا ممکن است شبیه تیت‌های اغراق‌آمیز بعضی از مجله‌ها به نظر برسد، اما حقیقت دارد و واقعاً در طبیعت اتفاق می‌افتد. بکرزایی نوعی تولیدمثل است که در آن فرد از تخمک لقاح نیافته رشد و نمو می‌یابد. از آنجا که هیچ جاندار نری در این نوع تولیدمثل شرکت ندارد تا ماده‌ی ژنتیک خود را به اشتراک بگذارد، فرزندان حاصل از نظر ژنی شبیه مادرند و در واقع یک کلون هستند. در طبیعت، کلون‌ها در نتیجه‌ی تولیدمثل غیرجنسی پدید می‌آیند. بکرزایی، شکل ویژه‌ای از کلون کردن است که به انواع تولیدمثل جنسی تعلق دارد.

چرا بکرزایی روی می‌دهد؟ بکرزایی در مارها، در ماده‌های مسن رخ می‌دهد که سال‌ها به دور از نر زندگی کرده‌اند، مثل مارهایی که در باغ‌وحش زندگی می‌کنند. درباره‌ی علت و نحوه‌ی بکرزایی، فرضیه‌های مختلفی ارائه شده است. بر مبنای یکی از این فرضیه‌ها، مار ماده، به جای کروموزوم‌های پدری، از روی کروموزوم‌های خود، یک نسخه می‌سازد و بدین طریق تخمک‌های خود را بارور می‌کند (خودباروری). بعضی دیگر از دانشمندان معتقدند که در غیبت طولانی نرها، بعضی از پیام‌هایی که هم‌اکنون برای ما ناشناخته‌اند (مثل ترشح انواعی هورمون) سبب می‌شوند تا تخمک تقسیم شود.

بکرزایی در بعضی از جانداران اتفاق می‌افتد. جاندارانی که می‌توانند از طریق بکرزایی تولیدمثل کنند، عبارت‌اند از قاصدک‌ها و بعضی از ماهی‌ها، سوسمارها و قورباغه‌ها. زنبور عسل ماده (ملکه) نیز از طریق بکرزایی، زنبور نر تولید می‌کند. زنبورهای نر هاپلوئید (n کروموزومی)‌اند. اما زنبورهای ماده دیپلوئید (2n کروموزومی)‌اند و از لقاح تخمک ملکه با اسپرم به وجود می‌آیند.

انواع تولیدمثل غیرجنسی

انواع مختلفی از تولیدمثل غیرجنسی وجود دارد. مثلاً، آمیب در نتیجه‌ی تقسیم شدن، تولیدمثل می‌کند. در این روش، والد به دو زاده که از نظر اندازه تقریباً مساوی هستند، تقسیم می‌شود. بعضی از جانداران پرسلولی از طریق قطعه‌قطعه شدن تولیدمثل می‌کنند. در این روش، بدن جاندار به چندین قطعه تقسیم می‌شود و بعداً بعضی از این قطعه‌ها یا همه‌ی آن‌ها به جانداران بالغ تبدیل می‌شوند. یکی از روش‌های تولیدمثل در گروهی از جلبک‌ها، مانند اسپیروژیر، قطعه‌قطعه شدن است. بعضی از جانداران دیگر مثل هیدر، از طریق جوانه‌زدن تولیدمثل می‌کنند (شکل ۴-۷). جوانه ممکن است از

والد جدا شود و به جاننداری مستقل تبدیل شود یا این که همچنان متصل به والد باقی بماند. جوانه‌ی متصل، سرانجام ممکن است به گروهی متشکل از تعداد زیادی فرد منجر شود. بسیاری از جانداران، بنا بر شرایط محیطی، روش‌های تولیدمثلی متفاوتی را برمی‌گزینند. مثلاً اسپیروژیر علاوه بر قطعه‌قطعه شدن در شرایط نامساعد محیطی، با تولیدمثل جنسی تکثیر می‌یابد. هیدر علاوه بر جوانه زدن، تولیدمثل جنسی نیز دارد.

فعالیت ۲-۷



مخمر نان چگونه تولید مثل می‌کند؟

مخمر نان جاننداری است تک سلولی که در محیط‌های مایع یا مرطوب زندگی می‌کند. شما می‌توانید با انجام آزمایشی، یکی از انواع تولیدمثل این مخمر را مشاهده کنید.

مواد: میکروسکوپ، تیغه و تیغک شیشه‌ای، قطره‌چکان، محیط کشت مخمر نان

روش:

- ۱- یک قطره از محیط کشت مخمر نان را بین تیغ و تیغک شیشه‌ای قرار دهید و از مخمر یک اسلاید مرطوب بسازید.
- ۲- با بزرگ‌نمایی کم میکروسکوپ، مخمرها را ببینید.
- ۳- به دنبال مخمری بگردید که گویی یک جفت (دوتایی) است.
- ۴- مخمری را که پیدا کرده‌اید، با بزرگ‌نمایی زیاد میکروسکوپ مشاهده کنید و از مشاهدات خود شکل بکشید.

تجزیه و تحلیل

- ۱- وقتی مخمر یک جفت به نظر می‌رسد، نوع تولیدمثل آن را مشخص کنید.
- ۲- دلیلی را برای پاسخ خود بیابید.
- ۳- با استفاده از کتاب درسی خود، نام روش تولیدمثلی را که مشاهده کردید، پیدا کنید.

خودآزمایی ۲-۷



- ۱- نوعی از تولیدمثل را که سبب می‌شود زاده‌ها از نظر ژنتیکی با والد خود یکسان باشند، نام ببرید.
- ۲- دو نوع تولیدمثل غیرجنسی سلول‌های یوکاریوتی را توصیف کنید.

فعالیت ۳-۷

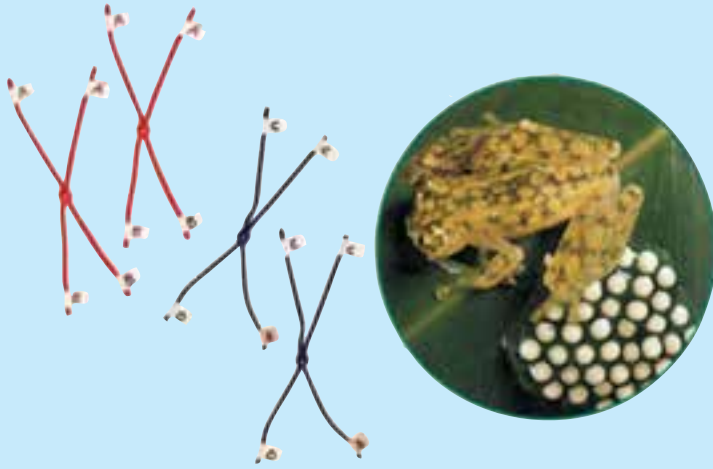


- ۱- دانش‌آموزی بیان می‌کند که محیط‌های پایدار، به زیان جاندارانی خواهد بود که به شیوه‌ی غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند. شما با او موافق هستید یا مخالف؟ پاسخ خود را توضیح دهید.
- ۲- توضیح دهید که چرا تولیدمثل جنسی برای جاندارانی که سازگاری زیادی کسب کرده‌اند، مناسب نیست.
- ۳- توضیح دهید که چرا بعضی از داروها برای گامت‌های زنان خطر بیش‌تری دارند تا برای گامت‌های مردان.
- ۴- میتوز و میوز را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

فعالیت ۴-۷- برای میوز مدل بسازید.



- مهارت‌ها
- مدل‌سازی
 - استفاده از روش علمی



هدف‌ها

- توصیف وقایعی که در هر مرحله از فرآیند میوز رخ می‌دهد.
- ارتباط دادن فرآیند میوز با گوناگونی ژنتیک

مواد

- مقداری سیم تلفن، حداقل در دو رنگ مختلف
- طناب یا کاموا
- تکمه‌ی فشاری لباس
- برجسب
- قیچی

پیش از آغاز

- پیش از آنکه آزمایش را طراحی و اجرا کنید، لازم است اطلاعات شما درباره‌ی میوز کافی باشد. به این منظور، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید تا مطمئن شوید آمادگی لازم را برای آغاز این فعالیت دارید.

- ۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید :
- کروموزوم‌های همتا، گامت، تولیدمثل جنسی.
- ۲- میوز در کدام یک از اندام‌های بدن انجام می‌شود؟
- ۳- سلول چگونه خود را برای تقسیم شدن آماده می‌کند؟

۴- براساس اهداف این فعالیت، پرسشی را درباره‌ی میوز مطرح کنید که بتوانید پس از انجام این فعالیت، به پاسخ آن دست یابید.

روش

بخش اول: طراحی مدل

- ۱- با دیگر اعضای تیم خود و با استفاده از موادی که برای این آزمایش پیش‌بینی شده‌اند، مدلی را برای سلول طراحی کنید. مطمئن شوید که حداقل دو جفت کروموزوم دارد.
- ۲- آنچه را که برای طراحی مدل در ذهن دارید، روی کاغذ بنویسید و آن را به معلم خود نشان دهید.

به هنگام طراحی مدل، به موارد زیر توجه کنید :

الف - در پی یافتن پاسخ چه پرسشی هستید؟

ب - غشای سلول را چگونه مدل‌سازی می‌کنید؟

ج - چگونه نشان می‌دهید که سلول شما دیپلوئید است؟

د - چگونه جایگاه حداقل دو ژن را در هر کروموزوم نشان می‌دهید؟

ه - چگونه نشان می‌دهید که قبل از آغاز میوز، کروموزوم‌ها مضاعف شده‌اند؟

۳- مدلی را که تیم شما طراحی کرده است، بسازید.

توجه: اشیای نوک‌تیز ممکن است باعث بروز جراحت شوند. به هنگام کارکردن با قیچی، بسیار مواظب باشید. در صورت بروز هر گونه جراحتی، فوراً معلم خود را آگاه سازید. با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، مراحل مختلف میوز را نشان دهید و هر مرحله را نامگذاری کنید.

۴- با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، یکی از پرسش‌هایی را که تیم شما در قسمت ۴ از «پیش از آغاز» طرح کرده بود، پاسخ دهید. مراحل مختلف یافتن پاسخ پرسش را توصیف کنید.

بخش دوم: آزمودن فرضیه

هریک از پرسش‌های زیر را با نوشتن فرضیه‌ای پاسخ دهید. با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، فرضیه‌های پیشنهادی را بیازمایید و نتایج خود را توضیح دهید.

۵- در انسان، گامت‌ها (تخمک و اسپرم) به‌وسیله‌ی میوز تولید می‌شوند، آیا همه‌ی

گامت‌هایی که توسط یکی از والدین تولید می‌شوند یکسان‌اند؟

۶- در تولیدمثل جنسی، تخمک و اسپرم طی فرآیند لقاح با یکدیگر ادغام می‌شوند و سلول

تخم (زیگوت) را پدید می‌آورند. چند نسخه از هر کروموزوم و هر ژن در زیگوت یافت می‌شود؟

تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری

۱- تجزیه و تحلیل نتایج: هسته‌ی سلول‌های حاصل از میوز را با هسته‌ی سلولی که این فعالیت را با آن آغاز کردید مقایسه کنید.

۲- تشخیص نسبت‌ها: کروموزوم‌های هم‌تا با کروماتیدها چه تفاوتی دارند؟

۳- ارزیابی روش: چگونه می‌توانید مدل خود را به‌نحوی تغییر دهید که فرآیند میوز را بهتر نشان دهد؟

۴- مقایسه‌ی نتایج: فرآیندهای میوز و میتوز چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟

۵- پیش‌بینی رخداد: اگر گامت‌های یک جاندار به‌وسیله‌ی میتوز حاصل می‌شدند نه میوز، برای عدد کروموزومی زاده‌های آن جاندار چه اتفاقی می‌افتاد؟

۶- پژوهش بیشتر: پرسش جدیدی را درباره‌ی میوز یا تولیدمثل جنسی مطرح کنید که یافتن پاسخ آن با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، میسر باشد.