سه قلوهای افسانه‌ای؛ تقسیم سلولی و تولید مثل و رشد و نمو در جانوران و گیاهان

در بحث سه قلوهای افسانه‌ای، ابتدا به مرور وقایع دو تقسیم بسیار مهم میتوز و میوز می‌پردازیم و سپس در بحث تولیدمثل و رشد و نمو، این وقایع را به مراحل مختلف تولید اسپرم و تخمک و همچنین چرخهٔ زندگی نهاندانگان تعمیم می‌دهیم؛ به عنوان مثال می‌توان گفت برای تبدیل اسپرماتوگونی به اسپرماتوسیت اولیه و همچنین تبدیل اسپرماتوسیت ثانویه به اسپرماتید، همانند تبدیل اووگونی به اووسیت اولیه و اووسیت ثانویه به تخمک، تشکیل حلقهٔ انقباضی پروتئینی و تقسیم سیتوپلاسم و تشکیل و تخریب دوک تقسیم و تخریب و تشکیل پوشش هسته و جدا شدن کروماتیدهای خواهری و به قطبین رفتن کروموزوم‌های دختری و دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌ها رخ می‌دهد. اما تشکیل تتراد و وقوع کراسینگ‌اوور و نوترکیبی و جدا شدن کروموزوم‌های همتا و تفکیک ژن‌های آلل صورت نمی‌پذیرد. اما برای تبدیل اسپرماتوسیت اولیه به ثانویه و اووسیت اولیه به ثانویه، علاوه بر تشکیل حلقهٔ انقباضی و تقسیم سیتوپلاسم و تشکیل و تخریب دوک تقسیم و تخریب و تشکیل پوشش هسته، تشکیل تتراد و کراسینگ‌اوور و نوترکیبی و جدا شدن کروموزوم‌های همتا و تفکیک ژن‌های آلل رخ می‌دهد. اما جدا شدن کروماتیدهای خواهری و به قطبین رفتن کروموزوم‌های دختری و دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌ها در مرحلهٔ آنافاز صورت نمی‌گیرد. همچنین می‌توان گفت برای تشکیل دانهٔ گردهٔ نارس از یاخته‌های دولاد درون کیسه‌های گرده، وقایع خاص تقسیم میوز مثل تشکیل تتراد و وقوع کراسینگ‌اوور و نوترکیبی و جدا شدن کروموزوم‌های همتا و تفکیک ژن‌های آلل صورت می‌پذیرد. اما برای تبدیل دانهٔ نارس به رسیده، هیچ یک از این وقایع رخ نمی‌دهد. اما یاخته از مرحلهٔ پرومتافاز می‌گذرد!

DNA و جایگاهش در ژنتیک

نکته ۱

مراحل رشتمان و اتفاقات رخ داده در هریک عبارت است از:

۱) پیش‌چهر (پروفاز): ❶ فشرده شدن، ضخیم شدن و کوتاه‌قد شدنِ رشته‌های فامینه ❷ قابل رؤیت شدن کروموزوم‌ها با میکروسکوپ نوری ❸ حرکت سانتریول‌ها به دو طرف یاخته و تشکیل دوک بین آن‌ها ❹ آغاز تخریب پوشش هسته

۲) پیشاپس چهر (پرومتافاز): ❶ تجزیه پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی به قطعات کوچک‌تر ❷ رسیدن رشته‌های دوک به کروموزوم‌ها ❸ اتصال سانترومر کروموزوم‌ها به رشته‌های دوک

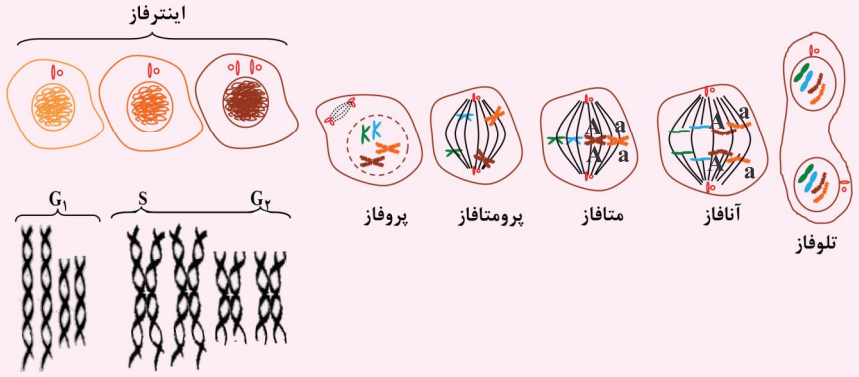
۳) پس‌چهر (متافاز): ❶ ردیف شدن کروموزوم‌ها در وسط (سطح استوایی) یاخته ❷ حداکثر فشردگی کروموزوم‌ها

۴) پسین‌چهر (آنافاز): ❶ تجزیه پروتئین‌های اتصالی در ناحیه سانترومر و فاصله گرفتن کروماتیدهای خواهری با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به آنها ❷ کشیده شدن کروموزوم‌های تک کروماتیدیِ دختری به دو سو (دو قطب) یاخته. ❸ دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌های یاخته

۵) واپسین‌چهر (تلوفاز): ❶ تخریب رشته‌های دوک ❷ باز شدن کروموزوم‌ها و تشکیل کروماتین ❸ تشکیل مجدد پوشش هسته ❹ تشکیل دو هسته با ژنتیک مشابه در یاخته

نکته ۲

مراحل اینترفاز و تقسیم میتوز در یک یاخته $2n = 4$:



باید توجه داشت: ۱ از آن‌جا که یاخته فوق $2n = 4$ است، در مرحله‌ی G_1 از میان‌چهر دارای ۴ عدد مولکول DNA است که دوبه‌دو شبیه‌اند و پس از گذشتن از مرحله‌ی S این ۴ عدد مولکول DNA همانندسازی شده و هر ۲ مولکول DNA در مرحله G_2 به یک فام‌تن مضاعف (✕) تبدیل می‌شود و درنتیجه ۴ فام‌تن مضاعف پدیدار می‌گردد.

۲ یاخته فوق، در مراحل پروفاز، پرومتافاز و متافاز: دیپلوئید مضاعف، در مرحله‌ی آنافاز: در هر قطب دیپلوئید غیرمضاعف و در مرحله‌ی تلوفاز: در هر هسته دیپلوئید غیرمضاعف است. (در این قسمت به این موضوع دقت داشته باشید که رنگ، ملاک همتا بودن نیست و ملاک، شکل فام‌تن‌ها است.)

نکته ۳

رشته‌های دوک سه دسته‌اند که یک دسته از سانتریول به سمت بخش بیرونی یاخته کشیده شده‌اند دسته‌ی دیگر به سانترومر کروموزوم‌ها وصل شده‌اند و با کوتاه شدن خود سبب جدا شدن کروماتیدها (درمیتوز و میوز۲) یا کروموزوم‌ها (میوز۱) از یکدیگر می‌شوند و دسته‌ی سوم تا بخش استوایی یاخته کشیده شده و به شکل مماس در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

نکته ۴

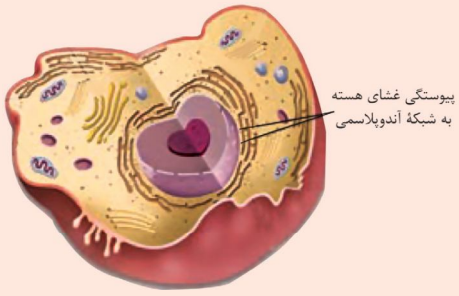
در مرحلهٔ پسین‌چهر (آنافاز) رشتمان به دلیل تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر، کروماتیدهای خواهری از هم جدا شده و به شکل کروموزوم تک کروماتیدیِ دختری به دو سوی یاخته کشیده می‌شوند بنابراین در مرحلهٔ آنافاز رشتمان تعداد کروموزوم‌ها ۲ برابر می‌شود.

نکته ۵

توجه داشته باشید برای آنکه در زمان وقوع تقسیم میتوز رشته‌های دوک بتوانند به کروموزوم‌ها برسند لازم است پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی به قطعات کوچکتر تجزیه شوند که این فرایند مخصوص مرحلهٔ پرومتافاز رشتمان می‌باشد.

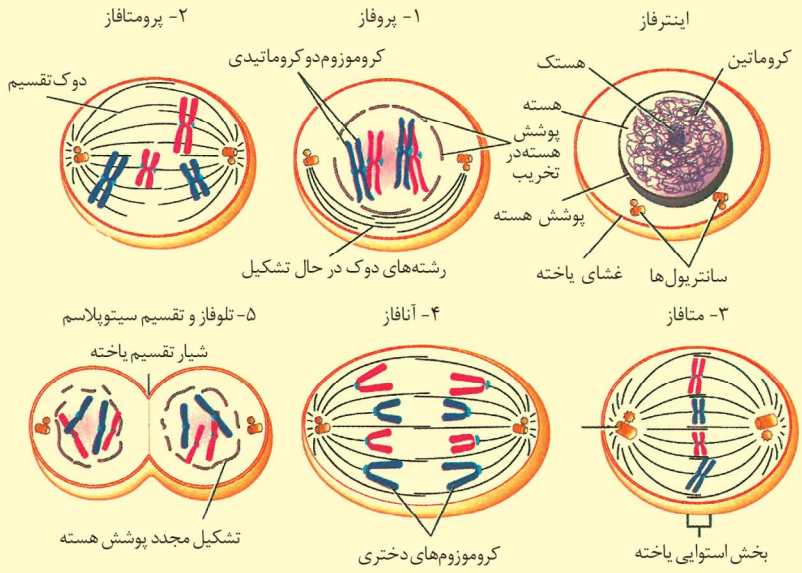
نکته ۶

با توجه به تصویر مقابل علت ناپدید شدن همزمان پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی در مرحلهٔ پرومتافاز آن است که غشای هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی در پیوستگی با یکدیگر می‌باشند.



نکته ۷

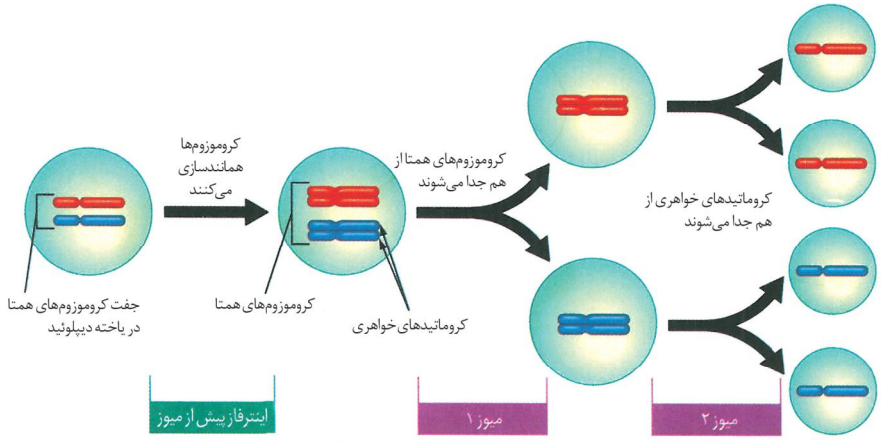
* به دلیل احتمال استفاده‌ی طراحان کنکور از شکل‌های کتاب درسی، علاوه بر موارد ذکر شده به شکل زیر در رابطه با تقسیم میتوز نیز توجه ویژه داشته باشید.



تقسیم میوز (کاستمان):

در تولیدمثل جنسی، دو یاختهٔ جنسی (کامه یا گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آن‌ها با هم ادغام می‌شوند. یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهشی به نام کاستمان ایجاد می‌شوند.

میوز از دو مرحلهٔ کلی میوز ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم میان‌یاخته انجام می‌شود. پیش از این تقسیم نیز مانند میتوز، اینترفاز رخ می‌دهد.



نکته ۸

کاستمان نوعی تقسیم هسته‌ی یاخته است که طی آن از هر یاخته $2n$، یاخته n که معمولاً یاخته‌های تخصص‌یافته‌ای برای تولیدمثل هستند (گامت‌ها یا هاگ‌ها) پدید می‌آیند. کاستمان از دو تقسیم متوالی هسته به نام میوز ۱ و میوز ۲ تشکیل شده است که مراحل آنها به شرح زیر است:

۱) پروفاز ۱: ۱ فشرده شدن، ضخیم شدن و کوتاه شدن رشته‌های فامینه‌ای و تبدیل آن به فام‌تن ۲ قابل رویت شدنِ فام‌تن‌ها با میکروسکوپ نوری ۳ کنار هم قرار گرفتن فام‌تن‌های همتا و تشکیل ساختار چهار فامینکی تتراد. ۴ حرکت سانتریول‌ها به دو طرف یاخته و تشکیل دوک بین آنها ۵ تجزیه پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی به قطعات کوچکتر ۶ رسیدن رشته‌های دوک به تترادها ۷ اتصال تترادها از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک

۲) متافاز ۱: قرارگیری تترادها در سطح استوای یاخته روی رشته‌های دوک (نوترکیبی)

۳) آنافاز ۱: ۱ جدا شدن فام‌تن‌های همتای دو فامینکی از یکدیگر ۲ حرکت فام‌تن‌های دو فامینکی به قطبین یاخته با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به آنها

۴) تلوفاز ۱: ۱ تخریب رشته‌های دوک ۲ تشکیل مجدد پوشش هسته و به وجود آمدن دو هسته با ژنتیک مشابه

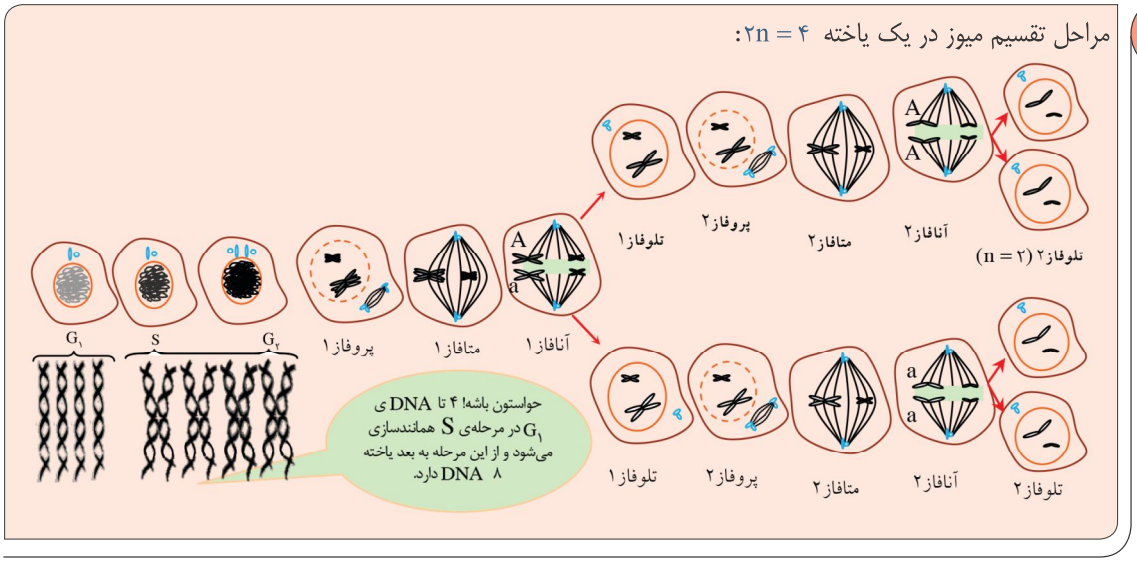
* معمولاً در پایان میوز ۱، باتقسیم میان‌یاخته، دو یاخته ایجاد می‌شود.

میوز ۲: در میوز ۲ یاخته‌های حاصل از میوز ۱ با طی کردن مراحل پروفاز ۲، متافاز ۲، آنافاز ۲ و تلوفاز ۲ که بسیار شبیه رشتمان است هر یک دو یاخته شبیه هم با فام‌تن‌های تک کروماتیدی ایجاد می‌کنند که نصف فام‌تن‌های یاخته‌های مادر را دارند.

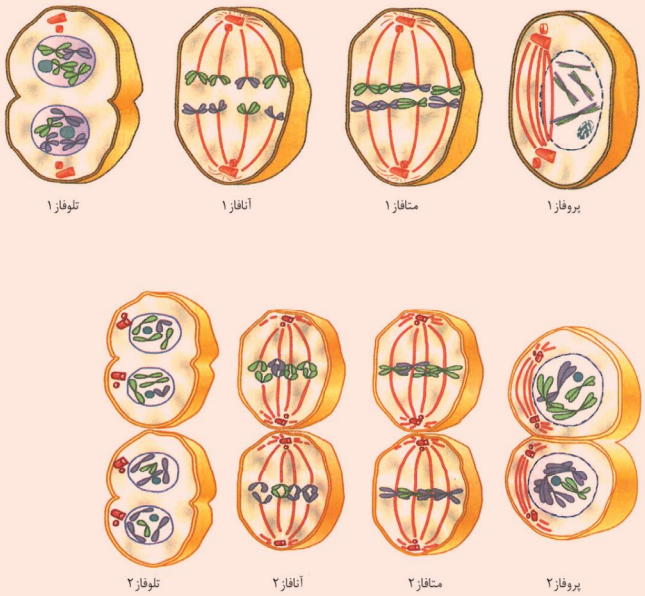
* در پایان میوز ۲ تقسیم یاخته انجام می‌شود تا از یک یاختهٔ $2n$، ۴ یاخته n کروموزومی حاصل شود.

نکته ۹

مراحل تقسیم میوز در یک یاخته $2n = 4$:



* به دلیل احتمال استفاده‌ی طراحان کنکور از شکل‌های کتاب درسی به شکل زیر که نشان‌دهنده‌ی مراحل مختلف میوز است، نیز توجه ویژه داشته باشید.



نکته ۱۰

تست‌های شکلی: در برخی از سؤالات، شکل مرحله‌ای از تقسیم به ما داده شده است و از ما خواسته شده که مرحله‌ی تقسیم و وضعیت کروموزومی یاخته اولیه را معین کنیم که برای حل اینگونه سؤال‌ها ابتدا مرحله‌ی شکل مورد نظر را با توجه به علائم آن تعیین می‌کنیم که علائم مراحل مختلف عبارتند از:

علائم مراحل مختلف:
۱- پروفاز: غشا در حال ناپدید شدن و دوک در حال تشکیل شدن است.
۲- پرومتافاز: کروموزوم‌ها در اتصال با دوک‌اند اما در استوای یاخته قرار ندارند.
۳- متافاز: کروموزوم‌ها در استوای یاخته قرار می‌گیرند. (تشکیل صفحه کروموزومی)
۴- آنافاز: کروموزوم‌ها به سمت قطبین کشیده می‌شوند و دوک تقسیم از بین می‌رود.
۵- تلوفاز: غشای هسته دوباره ایجاد می‌شود و دوک تقسیم از بین می‌رود

پس از مشخص شدن مرحله‌ی تقسیم باید نوع تقسیم مشخص گردد که به این منظور ابتدا میوز ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد که مشخصه‌ی آن در پروفاز و متافاز وجود تتراد (ساختارهای ۴ کروماتیدی) و در آنافاز و تلوفاز وجود کروموزوم‌های مضاعف (دو کروماتیدی) است.

اگر شکل مربوط به میوز ۱ باشد که وضعیت آن مشخص شده است در غیر این صورت شکل مربوط به میتوز است، که ممکن است، n، ۲n، ۳n و ... باشد درواقع اگر شکل مربوط به میوز ۱ نبود، حتماً مربوط به میتوز است، که در این حالت اگر در شکل کروموزوم همتا وجود نداشته باشد، شکل مربوط به میتوز یاخته n است، اگر کروموزوم‌ها دو به دو شبیه باشند، شکل مربوط به میتوز یاخته ۲n است و اگر کروموزوم‌ها سه به سه به هم شبیه باشند، شکل مربوط به میتوز یاخته ۳n است و ... ضمناً یادآوری می‌کنیم که مطابق با نکته‌ی قبل، همواره تقسیم میتوز هر یاخته معادل با تقسیم میوز ۲ دو برابر آن است!

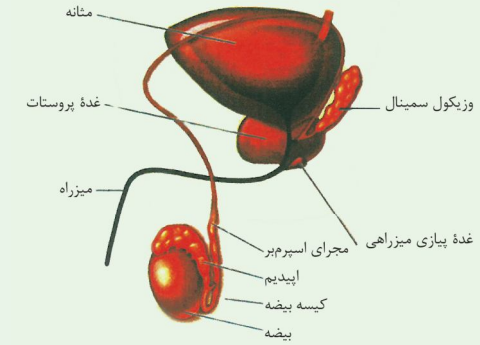
تولید مثل

گفتار ۱ دستگاه تولیدمثل در مرد

دستگاه تولیدمثلی مرد

- مجاری
  - برخاگ (اپیدیدم): لوله‌ای پیچیده و طویل در سطح خارجی و فوقانی هر بیضه است که اسپرم‌های تولیدشده در لوله‌های اسپرم‌ساز را دریافت کرده و حدوداً ۱۸ ساعت آنها را نگهداری می‌کند تا قادر به حرکت شوند.
  - لولهٔ زامه‌بر یا اسپرم‌بر: لوله‌های طویلی‌اند که هر کدام، اسپرم‌ها را از اپیدیدیم دریافت کرده و وارد محوطهٔ شکمی شده و حین عبور از کنار و پشت مثانه، ترشحات وزیکول سمینال را دریافت می‌کنند.
- غدد
  - درون‌ریز
    - لوله‌های اسپرم‌ساز (زامه‌ساز): لوله‌های پرپیچ و خمی‌اند که درون آنها یاخته‌های سازندهٔ اسپرم و یاخته‌های سرتولی قرار دارند.
    - یاخته‌های بینابینی: در بین لوله‌های اسپرم‌ساز قرار دارند و نقش ترشح هورمون جنسی نر (تستوسترون) را عهده دارند.
  - برون‌ریز
    - وزیکول سمینال (گشناب‌دان): غددی در سطح پشتی مثانه‌اند که مایع غنی از فروکتوز را به اسپرم‌ها می‌افزایند؛ در واقع لوله‌های اسپرم‌بر، در حین عبور از کنار و پشت مثانه، ترشحات وزیکول سمینال را نیز دریافت می‌کنند.
    - پروستات: غده‌ای به اندازهٔ گردو و با حالت اسفنجی در زیر مثانه است که با ترشح مایعی شیری رنگ و قلیایی، به خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر عبور اسپرم به سمت گامت ماده کمک می‌کند.
    - غدد پیازی میزراهی: یک جفت غده‌اندکه بعد از پروستات به میزراه متصل شده و ترشحات قلیایی و روان‌کننده‌ای را به مجرا اضافه می‌کنند.

نکته ۱



اسپرم‌ها پس از تولید درون لوله‌های اسپرم‌ساز، وارد اپیدیدیم در سطح فوقانی و جانبی بیضه‌ها شده و در آنجا توانایی تحرک می‌یابند. سپس وارد دو مجرای اسپرم‌بر می‌شوند. این مجرا با عبور از قسمت جلویی استخوان لگن و همچنین سطح جلویی مثانه، به روی مثانه رفته و با عبور از کنار میزنای، به سطح پشتی مثانه رفته و از آنجا به زیر مثانه رفته و وارد پروستات می‌شود و قبل از اینکه به درون پروستات وارد شود، ترشحات وزیکول سمینال به آن افزوده می‌شود. درون پروستات، مسیر عبور ادرار و اسپرم یکی می‌شود و از پروستات یک مجرا خارج می‌شود که هم محل عبور اسپرم‌ها و هم محل عبور ادرار محسوب می‌شود و در ابتدای این مجرا و در زیر غدهٔ پروستات، غدد پیازی میزراهی نیز قرار دارند که ترشحات خود را به درون میزراه وارد می‌کنند.

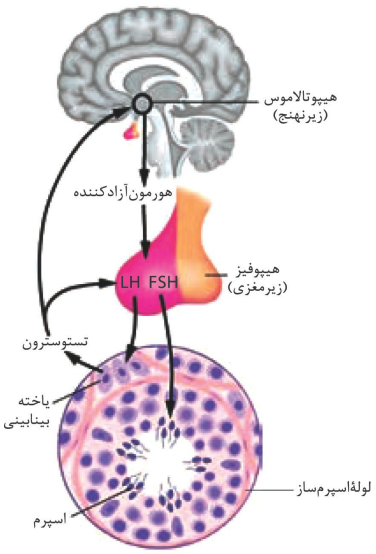
نکته ۲

در رابطه با پروستات به خاطر بسپارید:
۱ در هر مرد سالم و بالغ، یک غدهٔ پروستات مشاهده می‌شود. ۲ نوعی غدهٔ برون‌ریز به اندازهٔ گردو و به حالت اسفنجی است. ۳ در زیر مثانه و بالاتر از غدد پیازی میزراهی قرار گرفته است. ۴ محل یکی شدن مسیر ادرار و اسپرم است. ۵ مایع شیری‌رنگ و قلیایی ترشح می‌کند که به خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر عبور اسپرم به سمت گامت ماده، کمک می‌کند. ۶ توجه داشته باشید که درون پروستات، ترکیب مایع منی، به‌طور کامل شکل نگرفته است. ۷ رعایت نکات بهداشتی برای جلوگیری از بیماری‌هایی مثل عفونت و التهاب پروستات ضرورت دارد.

نکته ۳

مسیر عبور اسپرم‌ها به صورت زیر می‌باشد:
۱ لوله‌های اسپرم‌ساز ۲ اپیدیدیم ۳ مجرای اسپرم‌بر ۴ پروستات ۵ میزراه. بنابراین می‌توان گفت اسپرم‌ها از درون اپیدیدیم، مجرای اسپرم‌بر، پروستات و میزراه می‌گذرند؛ اما از درون وزیکول سمینال و غدد پیازی میزراهی عبور نمی‌کنند.

هورمون‌ها، فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد را تنظیم می‌کنند.



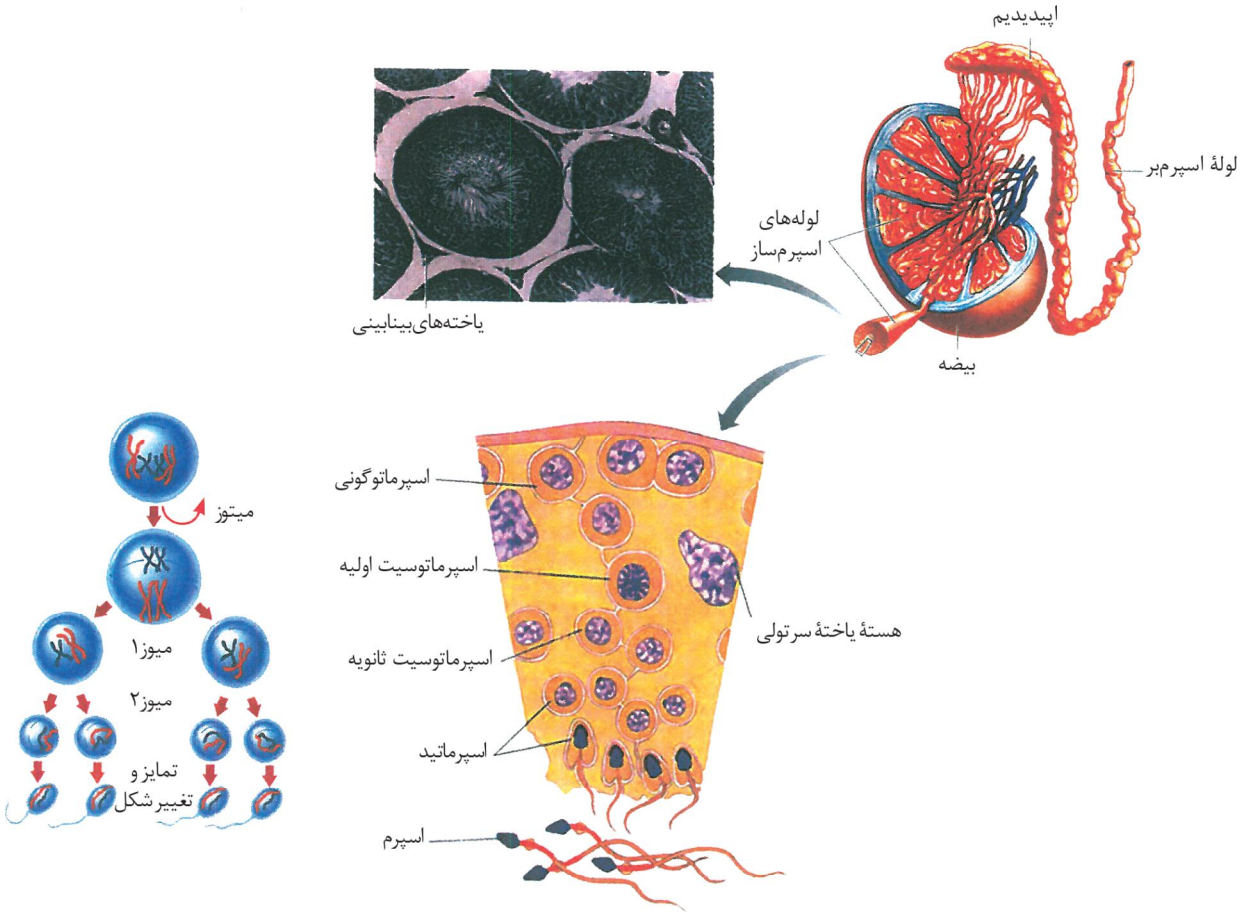
همانطور که در فصل‌های قبل خواندید از بخش پیشین زیرمغزی، دو هورمون محرک غدد جنسی ترشح می‌شود: «FSH» و «LH». اگرچه نام این هورمون‌ها به فعالیت آنها در جنس ماده مرتبط است، اما وجود آنها برای فعالیت دستگاه تولیدمثل در مرد نیز ضروری است.

نکته ۴

در مردان، FSH یاخته‌های سرتولی را تحریک می‌کند تا تمایز اسپرم را تسهیل کنند و LH، یاخته‌های بینابینی را تحریک می‌کند تا هورمون تستوسترون را ترشح کنند.
تستوسترون ضمن تحریک رشد اندام‌های جنسی و اسپرم‌زایی، باعث بروز صفات ثانویه در مردان می‌شود؛ مثل بم شدن صدا، روییدن مو در صورت و قسمت‌های دیگر بدن، رشد ماهیچه‌ها و استخوان‌ها.
تنظیم میزان ترشح هورمون‌های FSH، LH و تستوسترون، به کمک سازوکار بازخورد منفی انجام می‌شود.
در مردان سالم و بالغ، یاخته‌های هدف LH، یاخته‌های درون‌ریز بینابینی‌اند که هورمون تستوسترون را ترشح می‌کنند و خارج از لوله‌های اسپرم‌ساز اما درون بیضه‌ها قرار دارند و یاخته‌های هدف هورمون FSH یاخته‌های سرتولی‌اند که در لوله‌های اسپرم‌ساز قرار دارند.

زامه‌زایی (اسپرم‌زایی)

دیوارهٔ لوله‌های زامه‌ساز (اسپرم‌ساز) یاخته‌های زاینده‌ای دارد که به این یاخته‌ها **زامه‌زا (اسپرماتوگونی)** گفته می‌شود. این یاخته‌ها که نزدیک سطح خارجی لوله‌ها قرارگرفته‌اند، ابتدا با میتوز تقسیم می‌شوند یکی از یاخته‌های حاصل از میتوز در لایه زاینده می‌ماند که لایه زاینده حفظ شود. یاخته دیگر که **زام‌یاخته (اسپرماتوسیت) اولیه** نام دارد، با تقسیم میوز ۱ دو یاخته به نام **اسپرماتوسیت ثانویه** تولید می‌کند. این یاخته‌ها هاپلوئیدند، ولی کروموزوم‌های آن‌ها دو کروماتیدی‌اند.
هرکدام از این یاخته‌ها با انجام میوز ۲، دو یاختهٔ **زام‌یاختک (اسپرماتید)** ایجاد می‌کنند. این یاخته‌ها نیز هاپلوئید، ولی تک کروماتیدی‌اند.
بنابراین، از یک یاختهٔ اسپرماتوسیت اولیه، چهار اسپرماتید حاصل می‌شود.



شکل ۲- بیضه و مراحل تولید اسپرم

نکته ۵

خارجی‌ترین لایه در دیوارهٔ لوله‌های اسپرم‌ساز، لایهٔ زاینده است که از یاخته‌های دیپلوئید اسپرماتوگونی تشکیل شده است، که کروموزوم‌های مضاعف دارند و قادر به انجام میتوزند و با میتوز، هم یاختهٔ هم‌نام با خود [یعنی اسپرماتوگونی] ایجاد می‌کنند تا لایهٔ زاینده حفظ شود و هم اسپرماتوسیت‌های اولیه را حاصل می‌آورند؛ بنابراین برای تولید اسپرماتوگونی‌های جنین و یا تشکیل اسپرماتوسیت اولیه، تشکیل و تخریب دوک تقسیم، تخریب و تشکیل پوشش هسته، اتصال کروموزوم‌ها به دوک، قرارگیری آنها در مرکز یاخته، جدا شدن کروماتیدهای خواهری و به قطبین رفتن کروموزوم‌های دختری، دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌ها و تشکیل کمربند انقباضی پروتئینی و تقسیم سیتوپلاسم رخ می‌دهد. اسپرماتوسیت‌های اولیه، یاخته‌هایی دیپلوئید و مضاعف، با ۴۶ کروموزوم، ۹۲ مولکول DNA و ۱۸۴ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی‌اند که با انجام میوز ۱ به اسپرماتوسیت‌های ثانویه تبدیل می‌شوند و طی این فرایند، تشکیل و تخریب دوک، تخریب و تشکیل پوشش هسته، تشکیل تتراد، کراسینگ‌اور، نوترکیبی، تفکیک ژن‌های آلل، جدا شدن کروموزوم‌های همتا و تشکیل حلقهٔ انقباضی پروتئینی و تقسیم سیتوپلاسم رخ می‌دهد؛ اما هرگز جدا شدن کروماتیدهای خواهری و دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌ها صورت نمی‌پذیرد.

اسپرماتوسیت‌های ثانویه، دارای ۲۳ کروموزوم، ۴۶ مولکول DNA و ۹۲ رشته پلی‌نوکلئوتیدی‌اند و هاپلوئید مضاعف محسوب می‌شوند. این یاخته‌ها، تعداد کروموزوم برابر با اسپرماتید و اسپرم دارند و تعداد مولکول‌های DNA شان، با تعداد کروموزوم‌های اسپرماتوسیت اولیه و تعداد نوارهای پلی‌نوکلئوتیدی‌شان، با تعداد DNA های اسپرماتوسیت اولیه برابر است. این یاخته‌ها با انجام میوز ۲ به اسپرماتید تبدیل می‌شوند و برای این تبدیل، تشکیل و تخریب دوک، تخریب و تشکیل پوشش هسته و جدا شدن کروماتیدهای خواهری و به قطبین رفتن کروموزوم‌های دختری، برخلاف کراسینگ اور و نوترکیبی و تفکیک ژن‌های آلل صورت می‌پذیرد.

اسپرماتیدها یاخته‌های هاپلوئید غیرمضاعف‌اند و ۲۳ کروموزوم، ۲۳ مولکول DNA و ۴۶ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دارند و در ابتدای تشکیل، تاژک ندارند و مدتی بعد، تاژک کوتاهی پیدا می‌کنند. این یاخته‌ها قابلیت انجام هیچ‌گونه تقسیمی را ندارند. یعنی دوک تشکیل نمی‌دهند، حلقهٔ انقباضی پروتئینی نمی‌سازند و ...؛ اما با تمایز خود اسپرم‌ها را به وجود می‌آورند که تاژک بلندتر و سیتوپلاسم کمتر دارند و از نظر ژنتیکی کاملاً مشابه اسپرماتیدهااند و همچنین قدرت تقسیم ندارند؛ اما دارای توانایی لقاح می‌باشند.

توجه داشته باشید که تبدیل این یاخته‌ها به هم، می‌تواند به شکل‌های مختلف، مورد سؤال قرار گیرد. مثلاً برای تبدیل اسپرماتوگونی به اسپرماتوسیت ثانویه یا اسپرماتید یا اسپرم و همچنین تبدیل اسپرماتوسیت اولیه به اسپرماتید یا اسپرم، هم جدا شدن کروماتیدهای خواهری که مربوط به میتوز و میوز ۲ است و هم جدا شدن کروموزوم‌های همتا که مربوط به میوز ۱ است، رخ می‌دهد؛ اما برای تبدیل اسپرماتوسیت ثانویه به اسپرماتید یا اسپرم و تبدیل اسپرماتوگونی به اسپرماتوسیت اولیه، جدا شدن کروموزوم‌های همتا، رخ نمی‌دهد؛ اما جدا شدن کروماتیدهای خواهری به وقوع می‌پیوندد. ضمناً برای تبدیل اسپرماتوسیت اولیه به ثانویه، هرچند تشکیل تتراد و جدا شدن کروموزوم‌های همتا داریم، اما در این زمان، جدا شدن کروماتیدهای خواهری مشاهده نمی‌شود.

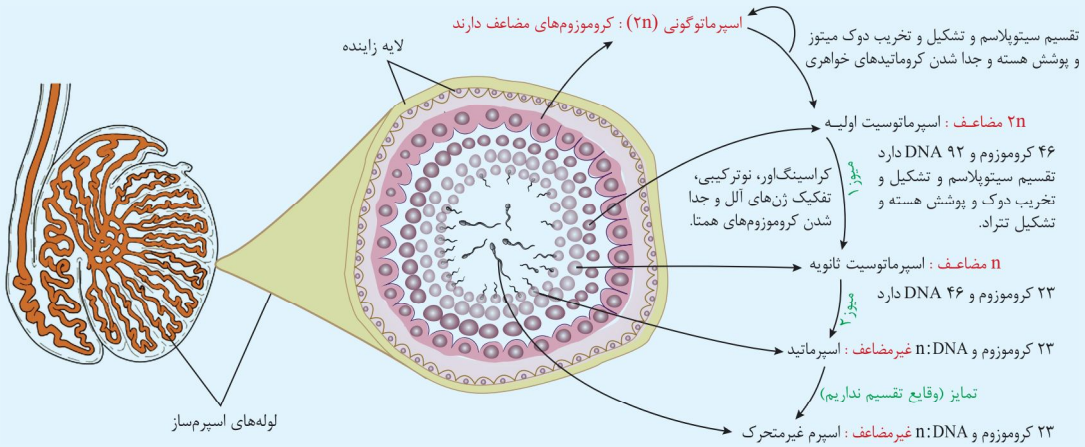
نکته ۶

در بین یاخته‌های مختلف مسیر تولید اسپرم، تشابهات زیر وجود دارد:

۱ اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت اولیه، دیپلوئیدند. ۲ اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت اولیه و اسپرماتوسیت ثانویه، کروموزوم‌های مضاعف دارند. ۳ اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت ثانویه، توانایی انجام فرایندهای مشابهِ میتوز و میوز ۲ را دارند. [مثلاً وقتی گفته شود، هر یاخته که در تولید اسپرم نقش داشته و می‌تواند کروماتیدهای خواهری‌اش را از هم جدا نماید، منظور اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت ثانویه است.] ۴ اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت‌ها قادر به تقسیم‌اند. ۵ اسپرماتید و اسپرم، کروموزوم‌های غیرمضاعف داشته، قادر به انجام تقسیم نیستند. ۶ اسپرماتوسیت ثانویه، اسپرماتید و اسپرم، هاپلوئیدند. ۷ اسپرماتوسیت اولیه و ثانویه، هم‌نام‌اند! بنابراین با ذکر ویژگی‌های عنوان شده در بالا، می‌توانند چند نوع یاختهٔ مختلف را مورد سؤال قرار دهند. مثلاً اگر گفته شود: « در بین یاخته‌هایی که در مسیر تولید اسپرم قرار دارند و دیپلوئید می‌باشند، هر یاخته‌ای قابلیت تشکیل حلقهٔ انقباضی را دارد.» چون اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت اولیه، قادر به انجام تقسیم سیتوپلاسم‌اند، جملهٔ درستی مطرح شده است؛ ولی اگر گفته شود: « هر یاختهٔ دیپلوئید مربوط به مسیر تشکیل اسپرم، قادر به تشکیل تتراد است.» به این دلیل که اسپرماتوگونی هرگز میوز نمی‌کند، جملهٔ نادرستی مطرح شده است.

خانم دکتر و آقای دکتر آینده توجه کنید:

دیوارهٔ لوله‌های اسپرم‌ساز، یاخته‌های زاینده‌ای دارد که به آنها یاخته‌های زامه‌زا یا اسپرماتوگونی گفته می‌شود. این یاخته‌ها، نزدیک به سطح خارجی لوله‌های اسپرم‌ساز قرار دارند و قادر به انجام تقسیم میتوزند؛ یعنی توانایی تشکیل تتراد و انجام کراسینگ‌اور و نوترکیبی و تفکیک ژن‌های آلل را ندارند. اما می‌توانند در مرحلهٔ آناfاز، کروماتیدهای خواهری هر یک از کروموزوم‌هایشان را از یکدیگر جدا کنند و تقسیم میتوز را به انجام رسانند. از تقسیم میتوز هر یک از این یاخته‌ها، دو یاخته حاصل می‌آید که یکی به‌منظور حفظ لایهٔ زاینده، در آن باقی می‌ماند و دیگری که اسپرماتوسیت اولیه نامیده می‌شود و دیپلوئید مضاعف است [یعنی دارای ۴۶ کروموزوم دو کروماتیدی و ۹۲ مولکول DNA می‌باشد]، وارد تقسیم میوز I می‌شود. این یاخته‌ها قادر به تشکیل تتراد و وقوع نوترکیبی، کراسینگ‌اور و تفکیک ژن‌های آلل‌اند و با انجام تقسیم میوز I می‌توانند اسپرماتوسیت‌های ثانویه را به وجود آورند. اسپرماتوسیت‌های ثانویه، یاخته‌های هاپلوئید مضاعف می‌باشند [یعنی دارای ۲۳ کروموزوم دو کروماتیدی و ۴۶ مولکول DNA اند] و حاصل میوز I می‌باشند. یعنی برای به وجود آمدنشان تتراد تشکیل شده است، اما خود، قادر به تشکیل تتراد و وقوع نوترکیبی و کراسینگ‌اور و تفکیک ژن‌های آلل نمی‌باشند. اما چون قادر به انجام میوز ۲ هستند، می‌توانند در مرحلهٔ آناfاز، کروماتیدهای خواهری کروموزوم‌هایشان را از یکدیگر جدا سازند. اسپرماتیدها، حاصل وقوع میوز ۲ اند که یاخته‌های هاپلوئید و غیرمضاعف می‌باشند [یعنی ۲۳ کروموزوم تک کروماتیدی و ۲۳ مولکول DNA دارند] و این یاخته‌ها قادر به تقسیم نمی‌باشند و تنها ضمن تمایز و تغییر شکل، به اسپرم‌ها تبدیل می‌شوند. بنابراین نمی‌توان گفت اسپرم، حاصل تقسیم میوز یا میتوز است و حتی نمی‌توان گفت هر یاختهٔ هاپلوئید موجود در لوله‌های اسپرم‌ساز، مستقیماً به دنبال وقوع نوعی تقسیم به وجود آمده است؛ چون اسپرم‌ها از تمایز و تغییر شکل اسپرماتیدها به وجود آمده‌اند و نه از تقسیم آنها! ضمناً برای تبدیل اسپرماتوگونی به اسپرم و همچنین برای تبدیل اسپرماتوسیت اولیه به اسپرم، تقسیم میوز I و تشکیل تتراد و فرایندهای کراسینگ‌اور و نوترکیبی و تفکیک ژن‌های آلل رخ داده است؛ اما برای تبدیل اسپرماتوسیت ثانویه به اسپرم، تبدیل اسپرماتید به اسپرم و همچنین تبدیل اسپرماتوسیت ثانویه به اسپرماتید و تبدیل اسپرماتوگونی به اسپرماتوسیت اولیه، این فرایندها رخ نداده است. به‌علاوه می‌توان گفت هر اسپرماتوسیت، از تقسیم یاختهٔ قبلی به وجود آمده است و خود قادر به تقسیم می‌باشد، در دیوارهٔ لوله‌های اسپرم‌ساز قرار گرفته است و یاخته‌های هاپلوئید می‌سازد؛ اما نمی‌توان گفت هر اسپرماتوسیت قادر به تشکیل تتراد است؛ چون اسپرماتوسیت ثانویه تتراد تشکیل نمی‌دهد و نمی‌توان گفت هر اسپرماتوسیت دارای کروموزوم‌های همتاست؛ چون اسپرماتوسیت ثانویه، هاپلوئید بوده و کروموزم همتا ندارد و همچنین نمی‌توان گفت هر اسپرماتوسیت حاصل تقسیم میوز است؛ چون اسپرماتوسیت اولیه از تقسیم میتوز حاصل می‌آید.

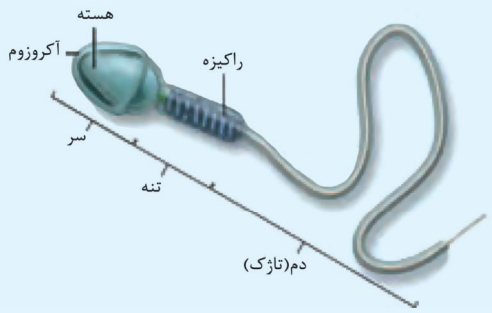


ساختار اسپرم

اسپرم‌ها سه قسمت سر، تنه و دم دارند. سر دارای یک هسته بزرگ، مقداری سیتوپلاسم و کیسهٔ پر از آنزیم به نام تارک‌تن (آکروزوم) است. آکروزوم کلاه مانند بوده و در جلوی هسته قرار دارد. آنزیم‌ها به اسپرم کمک می‌کنند تا بتواند در لایه‌های حفاظت‌کنندهٔ گامت ماده (تخمک) نفوذ کند. در تنه یا قسمت میانی اسپرم تعداد زیادی راکیزه (میتوکندری) دارد.

نکته ۷

در سر اسپرم، یک هستهٔ بزرگ، حاوی مولکول‌های DNA خطی، مقدار نسبتاً کمی سیتوپلاسم و کیسهٔ پر از آنزیم به نام آکروزوم، وجود دارد؛ بنابراین کروموزوم‌های x یا y و نوکلئوزوم‌ها (هسته‌تن‌ها) در سر اسپرم قرار گرفته‌اند. ضمناً آنزیم‌های موجود در آکروزوم توسط ریبوزوم‌های موجود در شبکهٔ آندوپلاسمی ساخته شده، به جسم گلژی آمده و از آنجا به درون آکروزوم، راه یافته‌اند.



شکل ۳- ساختار اسپرم انسان

گفتار ۲ دستگاه تولیدمثل درزن

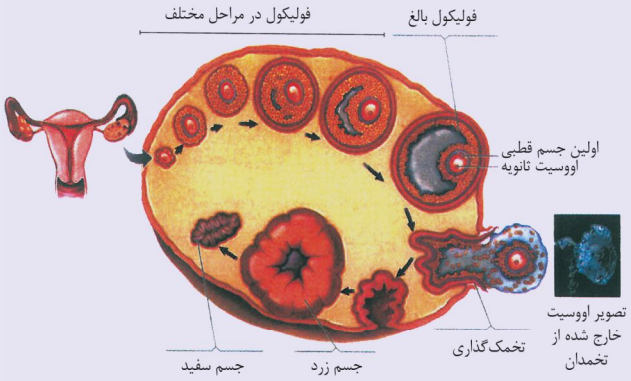
دستگاه تولیدمثل در زن

- **تخمدان‌ها:** غدد جنسی ماده‌اند که درون محوطه شکم قرار دارند و از یک سو با کمک طنابی پیوندی عضلانی به دیوارهٔ خارجیِ بخش پهن و فوقانی رحم متصل‌اند و از سوی دیگر در مجاورت بخش شیپور مانند لولهٔ رحمی قرار دارند.
- **رحم:** اندام کیسه مانند، گلابی شکل و ماهیچه‌ای است که دیوارهٔ داخلی آن را آندومتر می‌نامند و به لوله‌های رحم متصل است.
- **گردن رحم:** بخش پایینی رحم باریک‌تر شده و به داخل واژن باز می‌شود و گردن رحم نامیده می‌شود.
- **لوله‌های رحم:** شامل دو لولهٔ متصل به بخش پهن و بالای رحم‌اند که انتهای شیپور مانند دارای زوائد انگشت مانند دارند و دارای بافت پوششی داخلیِ مژک‌دارند.
- **واژن (زِهراه):** بخش پایین‌تر از گردن رحم است که محل ورود اسپرم‌ها و خروج خون قاعدگی و جنین می‌باشد.

نکته ۱

تخمدان‌ها غدد جنسی ماده‌اند که درون محوطهٔ شکم قرار دارند و با کمک طنابی پیوندی و عضلانی به دیوارهٔ خارجی رحم متصل‌اند.

ساختار تخمدان با بیضه تفاوت دارد. درون آن لوله‌های پیچ‌درپیچ وجود ندارد. درون هر تخمدان نوزاد دختر در حدود یک میلیون مامه یاخته (اووسیت) اولیه وجود دارد. هر اووسیت را یاخته‌های تغذیه‌کننده احاطه می‌کنند که به مجموعهٔ آن‌ها انبانک (فولیکول) گفته می‌شود. پس از تولد، تعداد این فولیکول‌ها افزایش نخواهد یافت و به دلایل نامعلومی تعداد زیادی از اووسیت‌ها و یاخته‌های تغذیه‌کننده آن‌ها از بین می‌روند.

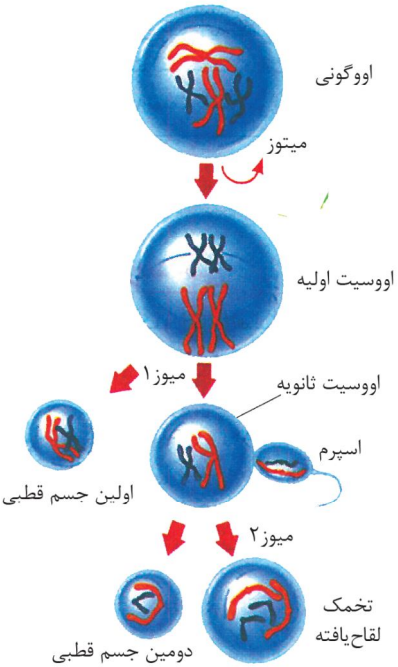


شکل ۶ ـ تخمدان و تغییرات آن در دورهٔ جنسی

تخمک‌زایی

فرایند تخمک‌زایی از یاختهٔ دیپلوئید و زاینده‌ای به نام **مامه‌زا (اووگونی)**، قبل از تولد و از دوران جنینی شروع می‌شود. مراحل تولید تخمک در شکل ۷ دیده می‌شود.

مراحل تخمک‌زایی در دوران جنینی آغاز و پس از شروع میوز در پروفاز ۱ متوقف می‌شود. با رسیدن به سن بلوغ هر ماه در یکی از فولیکول‌ها اووسیت اولیه میوز را ادامه می‌دهد، ولی دوباره متوقف شده، یاخته حاصل به صورت اووسیت ثانویه از تخمدان خارج می‌شود. زوائد انگشت مانند انتهای لولهٔ رحم در اطراف آن حرکت می‌کنند و اووسیت ثانویه را به درون لولهٔ رحم هدایت می‌کنند.



شکل ۷- مراحل تخمک‌زایی

نکته ۲

در صورتی تقسیم میوز اووسیت کامل می‌شود که یاختهٔ جنسی نر به اووسیت ثانویه برخورد کند یعنی تکمیل گامت‌زایی در زنان، وابسته به لقاح است. در این حالت، اووسیت ثانویه تقسیم میوز را تکمیل می‌کند و تخمکی ایجاد می‌کند که با اسپرم لقاح می‌یابد و تخم تشکیل می‌شود. اگر اسپرم با آن برخورد نکند یا لقاح آغاز نشود، اووسیت ثانویه همراه با خون‌ریزی دوره‌ای از بدن دفع می‌شود.

نکته ۳

همهٔ اووسیت‌ها در موارد زیر اشتراک دارند:

۱ از یاختهٔ دیپلوئید به وجود می‌آیند. ۲ یاختهٔ هاپلوئید به وجود می‌آورند. ۳ دارای کروموزوم‌های دو کروماتیدی‌اند. ۴ در شرایطی، قادر به تقسیم نامساوی سیتوپلاسم‌اند. ۵ در تخمدان تشکیل شده‌اند. ۶ توسط یاخته‌های فولیکولی احاطه شده‌اند.

نکته ۴

اووسیت‌های اولیه و ثانویه در موارد زیر دارای تفاوت‌اند:

① اووسیت اولیه حاصل میتوز و اووسیت ثانویه حاصل میوز ۱ است. ② اووسیت اولیه دیپلوئید و اووسیت ثانویه هاپلوئید است. ③ اووسیت اولیه کروموزوم‌های همتا و دو کروموزوم جنسی دارد و اووسیت ثانویه کروموزوم همتا ندارد و دارای یک کروموزوم جنسی می‌باشد. ④ اووسیت اولیه فقط درون تخمدان دیده می‌شود؛ اما اووسیت ثانویه، هم در تخمدان و هم در لولهٔ رحم دیده می‌شود. ⑤ اووسیت اولیه قادر به انجام لقاح نیست؛ اما اووسیت ثانویه می‌تواند با اسپرم در لقاح شرکت کند. ⑥ اووسیت اولیه در دوران جنینی و تمامی مراحل زندگی دیده می‌شود؛ اما اووسیت ثانویه مخصوص افراد بالغ غیر یائسه است و در جنینی و دوران قبل از بلوغ و پس از یائسگی به وجود نمی‌آید. ⑦ تقسیمی که اووسیت اولیه قادر به انجام آن است، میوز ۱ و تقسیمی که اووسیت ثانویه قادر به انجام آن است، میوز ۲ می‌باشد؛ بنابراین اووسیت اولیه در صورت بروز تقسیم می‌تواند تتراد تشکیل داده، در کراسینگ‌اور، نوترکیبی و تفکیک ژن‌های آلل شرکت کند و اووسیت ثانویه، فاقد این توانایی‌هاست. ⑧ تعداد کروموزوم‌های اووسیت اولیه، با یاختهٔ مولدش یکسان است و عدد کروموزومی اووسیت ثانویه، با یاختهٔ مولدش متفاوت است.

خانم دکتر و آقای دکتر آینده توجه کنید:

در دوران جنینی، تعدادی یافتهٔ دیپلوئید به نام اووگونی درون تخمدان‌ها وجود دارد که این یافته‌ها با تقسیم میتوز، اووسیت‌های اولیه را به وجود می‌آورند و این یافته‌ها نیز وارد تقسیم میوز شده، تشکیل تتراد می‌دهند و در مرحلهٔ پروفاز متوقف می‌گردند. اووسیت‌های اولیه، همانند یافته‌های اووگونی تنها درون تخمدان دیده می‌شوند و دیپلوئیدند؛ اما برخلاف یافته‌های اووگونی که محدود به دوران جنینی‌اند، اووسیت‌های اولیه از دوران جنینی تا زمان یائسگی درون تخمدان افراد ماده دیده می‌شوند. این اووسیت‌ها دیپلوئید مضاعف‌اند [یعنی ۴۶ کروموزوم ۲ کروماتیدی و ۹۲ مولکول DNA دارند.] و در دوران جنینی حدود ۲ میلیون عدد می‌باشند که تعداد بسیاری زیادی از آنها از بین می‌روند و تنها تعداد محدودی از آنها می‌توانند فرایند تخمک‌زایی را ادامه دهند.

در افراد بالغ، در هر دورهٔ جنسی، یکی از اووسیت‌های اولیه، فعال شده و میوز ۱ را ادامه داده و دو یافتهٔ هاپلوئید مضاعف به نام‌های اووسیت ثانویه و اولین جسم قطبی ایجاد می‌کند که هر چند از نظر میزان اندامک‌ها و سیتوپلاسم با هم متفاوت‌اند؛ اما هر دو هاپلوئید مضاعف‌اند [یعنی دارای ۲۳ کروموزوم ۲ کروماتیدی و ۴۶ مولکول DNA می‌باشند.] و درون تخمدان تشکیل می‌شوند. اما درون لولهٔ رحمی نیز دیده می‌شوند و مخصوص افراد بالغ غیر یائسه‌اند. یعنی در دوران جنینی و قبل از بلوغ در بدن فرد تشکیل نمی‌شوند.

اووسیت‌های ثانویه تنها در صورت برخورد با اسپرم و وقوع لقاح، می‌توانند تقسیم میوز ۱ خود را کامل کنند و با انجام میوز ۲، تخمک یا اووم و دومین جسم قطبی را به وجود آورند که هر دو هاپلوئید غیرمضاعف‌اند [یعنی دارای ۲۳ کروموزوم تک کروماتیدی و ۲۳ مولکول DNA اند.] و محصول میوز ۲ اند و قادر به تقسیم نمی‌باشند؛ اما تخمک دارای سیتوپلاسم و اندامک بیشتری نسبت به جسم قطبی دوم بوده و می‌تواند با به اشتراک گذاشتن کروموزوم‌هایش با کروموزوم‌های اسپرم، یافتهٔ تخم را ایجاد نماید. به این نکتهٔ مهم توجه داشته باشید که تخمک و دومین جسم قطبی، هرگز درون تخمدان دیده نمی‌شوند و تنها در لولهٔ رحم وجود دارند و مخصوص افراد بالغ غیر یائسه‌اند؛ یعنی در دوران جنینی و قبل از بلوغ، دیده نمی‌شوند.

در بین یافته‌های اووگونی، اووسیت‌ها و اجسام قطبی و تخمک (اووم) فقط اووسیت‌های اولیه‌اند که قادر به انجام میوز و تشکیل تتراد و وقوع فرایندهای نوترکیبی و کراسینگ‌اور و تفکیک ژن‌های آلل‌اند و سایر یافته‌ها فاقد این توانمندی‌ها می‌باشند. ضمناً اووسیت‌ها و اجسام قطبی، دارای تفاوت‌ها و شباهت‌هایی‌اند که در نکات ارائه‌شده، به آنها اشاره شده است و این تفاوت‌ها و شباهت‌ها بسیار مهم‌اند و می‌توانند ملاک سؤالات کنکوری شما باشند! مثلاً این نکته بسیار مهم است که هر اووسیتی، درون تخمدان به وجود می‌آید، از یافتهٔ دیپلوئید منشأ می‌گیرد، یافته‌ای هاپلوئید ایجاد می‌کند و دارای کروموزوم‌های مضاعف است. اما نمی‌توان گفت هر اووسیتی قادر به لقاح است؛ چون اووسیت اولیه نمی‌تواند لقاح کند و یا نمی‌توان گفت هر اووسیتی دارای کروموزوم‌های همتا است؛ چون اووسیت ثانویه کروموزوم همتا ندارد و یا نمی‌توان گفت هر اووسیتی در لولهٔ رحمی دیده می‌شود؛ برای اینکه اووسیت اولیه به لولهٔ رحمی وارد نخواهد شد و همچنین نمی‌توان گفت هر اووسیتی در دوران جنینی دیده می‌شود؛ چون اووسیت ثانویه تنها در افراد بالغ غیر یائسه دیده می‌شود.

از سوی دیگر بین اجسام قطبی نیز تفاوت‌ها و شباهت‌های مهمی وجود دارد. مثلاً هر یک از اجسام قطبی، هاپلوئیداند، سیتوپلاسم کمی دارند، فاقد کروموزوم مضاعف‌اند و نقشی در رشد و نمو ندارند. اما نمی‌توان گفت هر جسم قطبی درون تخمدان به وجود آمده است؛ چون دومین جسم قطبی در لولهٔ رحمی دیده می‌شود و همچنین نمی‌توان گفت هر جسم قطبی دارای ۲۳ مولکول DNA است. چون اولین جسم قطبی، دارای ۴۶ مولکول DNA است و یا نمی‌توان گفت که برای به وجود آوردن هر جسم قطبی، تتراد تشکیل شده است؛ چون برای به وجود آوردن دومین جسم قطبی، تنها میوز ۲ طی شده است و تتراد تشکیل نشده است.

نهایتاً به این نکته توجه داشته باشید که برای تبدیل اووگونی به اووسیت ثانویه و یا برای تبدیل اووگونی به اولین جسم قطبی و همچنین برای تبدیل اووگونی به اووم یا تبدیل اووگونی به دومین جسم قطبی و یا برای تبدیل اووسیت اولیه به اووسیت ثانویه یا برای تبدیل اووسیت اولیه به اولین جسم قطبی و یا تبدیل اووسیت اولیه به اووم و همچنین تبدیل اووسیت اولیه به دومین جسم قطبی، فرایند میوز و تشکیل تتراد و وقوع کراسینگ‌اور و نوترکیبی و تفکیک ژن‌های آلل رخ داده است. اما این فرایند برای تبدیل اووگونی به اووسیت اولیه، همچنین تبدیل اووسیت ثانویه به اووم و یا تبدیل اووسیت ثانویه به دومین جسم قطبی، رخ نداده است.

خانم دکتر و آقای دکتر آینده توجه کنید:

وقایع جنسی در زنان، تحت تأثیر هیپوتالاموس و هیپوفیز پیشین است؛ به طوری‌که هورمون‌های آزادکننده و مهار کنندهٔ هیپوتالاموس، با کنترل هورمون‌های FSH و LH هیپوفیز پیشین، روی تولید و ترشح هورمون‌های جنسی [که همان استروژن و پروژسترون تخمدان‌اند] اثر می‌گذارند و این هورمون‌ها نیز تغییرات رحمی را سبب می‌شوند.

توجه داشته باشید که در یک دورهٔ جنسی، دو چرخهٔ تخمدانی و رحمی، قابل بررسی است. چرخهٔ تخمدانی دارای دو قسمت فولیکولی و لوتئال (جسم زردی) می‌باشد که مرحلهٔ فولیکولی مربوط به نیمهٔ اول دورهٔ جنسی [یعنی روزهای ۱ تا ۱۴] و مرحلهٔ لوتئال مربوط به نیمهٔ دوم دورهٔ جنسی [یعنی روزهای ۱۴ تا ۲۸] است و این دو مرحله، با فرایند تخمک‌گذاری، از هم جدا می‌شوند؛ امّا چرخهٔ رحمی دارای سه بخش می‌باشد: ۱- مرحلهٔ خون‌ریزی یا قاعدگی؛ که در روزهای اول دوره رخ می‌دهد و به طور متوسط ۷ روز به طول می‌انجامد. ۲- مرحلهٔ ترمیمی؛ که در آن دیوارهٔ داخلی رحم مجدداً شروع به رشد و نمو کرده، ضخیم می‌شود و در آن چین‌خوردگی‌ها، حفرات و اندوختهٔ خونی زیادی به وجود می‌آید. ۳- مرحلهٔ ترشحی؛ که در آن، فعالیت غدد آندومتر افزایش می‌یابد و مواد مختلفی در رحم ترشح می‌شود و در نتیجه جدار رحم برای پذیرش و پرورشِ تخمک لقاح یافته (زیگوت)، آماده می‌گردد. توجه داشته باشید که مرحلهٔ خون‌ریزی یا قاعدگی از روز ۱ تا ۷، مرحلهٔ ترمیمی از روز ۷ تا بعد از نیمه دورهٔ جنسی و مرحلهٔ ترشحی پس از آن واقع می‌شود.

در ابتدای یک دورهٔ جنسی و در مرحلهٔ فولیکولی چرخهٔ تخمدانی، به دلیل پایین بودن میزان FSH و LH، میزان هورمون‌های جنسی استروژن و پروژسترون نیز پایین است و این امر سبب ریزش آندومتر و بروز قاعدگی می‌شود.

در تخمدان هر زن بالغ و غیر یائسه، تعدادی اووسیت اولیه که در مرحلهٔ پروفاز ۱ میوز قرار دارد و توسط تعدادی یافتهٔ دیپلوئید و پیکری احاطه شده است، دیده می‌شود که در مجموع فولیکول نامیده می‌شوند و در دوران جنینی در تخمدان‌ها به وجود آمده و تا زمان بلوغ، به شکل غیرفعال باقی مانده‌اند.

در هر دورهٔ جنسی و در ابتدای مرحلهٔ فولیکولی، یکی از فولیکول‌ها که از همه بیشتر رشد پیدا کرده است، چرخهٔ تخمدانی را آغاز می‌کند. به‌طوری‌که در هفتهٔ اول مرحلهٔ فولیکولی، تحت تأثیر هورمون FSH که غلظت بالاتری از هورمون LH دارد، لایه‌های یافته‌ای اطراف فولیکولی که از همه بیشتر رشد کرده است، تکثیر می‌کنند و حجیم می‌شوند و از یک سو، شرایط رشد و نمو اووسیت درون فولیکول فراهم می‌شود و از سوی دیگر هورمون استروژن را ترشح می‌کنند که با رشد فولیکول، میزان آن افزایش می‌یابد. ضمناً هورمون استروژن سبب می‌شود آندومتر رشد خود را آغاز کند و به مرور بر ضخامت آن افزوده شود.

در ابتدای هفتهٔ دوم مرحلهٔ فولیکولی، یعنی حدوداً از روز هفتم چرخهٔ جنسی به بعد، ترشح استروژن با شیب قابل توجهی افزایش می‌یابد و همین موضوع باعث می‌شود ضخامت آندومتر زیاد شود و در آن چین‌خوردگی‌ها، حفرات و اندوختهٔ خونی زیادی به وجود آید و رحم در فاز ترمیمی قرار گیرد. رشد و نمو آندومتر تا بعد از نیمهٔ دوره هم ادامه می‌یابد؛ امّا پس از آن، سرعت رشد آندومتر کم می‌شود؛ ولی فعالیت ترشحی در رحم، افزایش خواهد یافت. هر چه از نیمهٔ مرحلهٔ فولیکولی به انتهای آن نزدیک می‌شویم، غلظت استروژن بیشتر افزایش می‌یابد. ولی در این زمان، غلظت پروژسترون تغییر محسوسی ندارد؛ به‌طوری‌که در انتهای مرحلهٔ فولیکولی، حداکثر اختلاف غلظت بین دو هورمون استروژن و پروژسترون، دیده می‌شود. ضمناً در هفتهٔ اول مرحلهٔ فولیکولی، چون مقدار دو هورمون جنسیِ استروژن و پروژسترون خون کم است، پیام‌هایی به هیپوتالاموس ارسال می‌شود تا در پاسخ به آن، هورمون آزادکننده ترشح شود. این هورمون، بخش پیشین هیپوفیز را تحریک کرده، سبب ترشح هورمون‌های FSH و LH می‌گردد؛ اما در هفتهٔ دوم مرحلهٔ فولیکولی، در ابتدا افزایش مقدار اندک هورمون استروژن، با تنظیم بازخوردی منفی مانع از ترشح مقادیر زیاد FSH و LH می‌گردد، ولی در انتهای مرحلهٔ فولیکولی، افزایش یکبارهٔ استروژن، با تنظیم بازخوردی مثبت، سبب ترشح مقادیر زیاد هورمون‌های FSH و LH می‌شود و حداکثر میزان LH [که در حدود روز ۱۴ دورهٔ جنسی دیده می‌شود] سبب می‌شود اووسیت اولیه، تقسیم میوز ۱ خود را کامل کرده، به اووسیت ثانویه و اولین جسم قطبی تبدیل شود و فولیکول بالغ شده که به دیوارهٔ تخمدان چسبیده است، پاره شود و تخمک‌گذاری صورت پذیرد؛ سپس آن اووسیت ثانویه به همراه تعدادی یافتهٔ فولیکولی و اولین جسم قطبی از سطح تخمدان خارج و به لولهٔ رحم وارد شود و باقی ماندهٔ فولیکول در تخمدان به صورت تودهٔ یافته‌ای به نام جسم زرد در می‌آید و جسم زرد تحت تأثیر هورمون LH، استروژن و پروژسترون را در نیمهٔ دوم دورهٔ جنسی ترشح می‌کند، ضمناً اووسیت ثانویه، تحت تأثیر حرکت زوائد انگشت مانند انتهای لولهٔ رحم به درون آن وارد می‌شود.

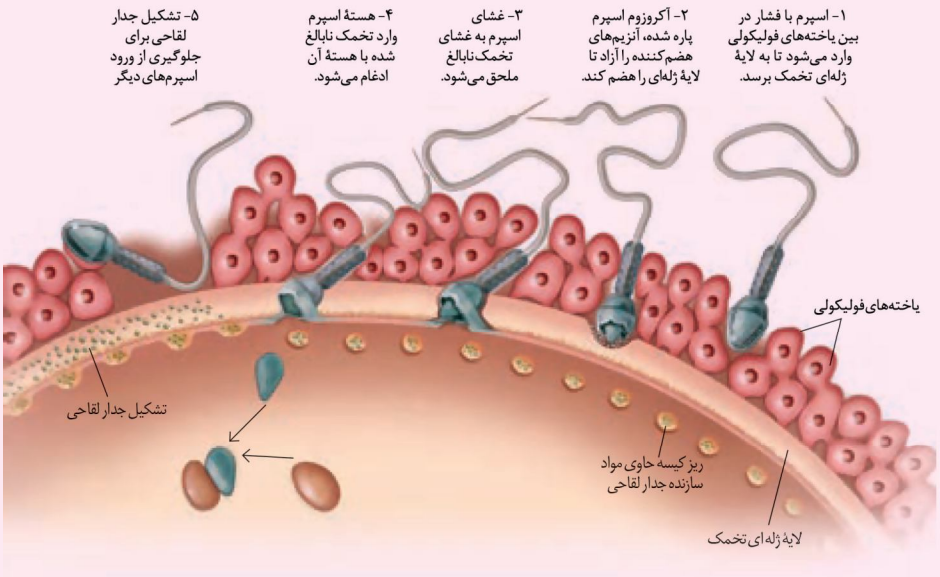
پس از وقوع تخمک‌گذاری، وارد مرحلهٔ لوتئال چرخهٔ تخمدانی [و مرحلهٔ ترشحی چرخهٔ رحمی] می‌شویم که در ابتدای این مرحله، غلظت هورمون‌های FSH و LH و استروژن، کاهش می‌یابد؛ اما غلظت هورمون پروژسترون، رو به افزایش می‌رود. ضمناً هر چند غلظت هورمون‌های FSH و LH در طی مرحلهٔ لوتئال، دائماً کاهش می‌یابد، اما غلظت هورمون استروژن پس از طی دو، سه روز در مرحلهٔ لوتئال، مجدداً رو به افزایش می‌رود! در نیمهٔ دوم دورهٔ جنسی، یعنی در مرحلهٔ لوتئال، جسم زرد در پاسخ به LH، استروژن و پروژسترون می‌سازد و سبب می‌شود رشد آندومتر، با سرعت نسبتاً کمی ادامه یابد و فعالیت ترشحی آن، با سرعت زیادی صورت پذیرد تا آندومتر برای پذیرش و پرورش رویان آماده گردد. در طی مرحلهٔ لوتئال، بالا بودن غلظت هورمون‌های استروژن و پروژسترون با تنظیم بازخوردی منفی سبب کاهش غلظت هورمون‌های FSH و LH می‌شود تا از رشد و بالغ شدن فولیکول‌های جدید، در این زمان، جلوگیری گردد. اگر طی مرحلهٔ لوتئال، بارداری رخ دهد، جسم زرد به فعالیت ترشحی خود ادامه می‌دهد تا جدار رحم ضخیم‌تر شده و جنین در آن حفظ شود؛ اما اگر بارداری رخ ندهد، جسم زرد در اواخر مرحلهٔ لوتئال، غیرفعال شده و به جسم سفید تبدیل می‌شود، که در این حالت ترشح استروژن و پروژسترون خون بسیار کاهش می‌یابد و کاهش این هورمون‌ها سبب ناپایداری جدار رحم و تخریب و ریزش آن می‌شود، که خود علامت شروع دورهٔ جنسی بعدی است...

گفتار ۳ رشد و نمو جنین

نوزاد آدمی، زندگی را به صورت یک یاختهٔ تخم آغاز می‌کند. تخم با تقسیمات متوالی با طی مراحلی سرانجام به جنین و نوزاد متمایز می‌یابد.

نکته ۱

لقاح موقعی آغاز می‌شود که غشای یک اسپرم و غشای اووسیت ثانویه با همدیگر تماس پیدا کنند. در این زمان، ضمن ادغام غشای اسپرم با غشای اووسیت، تغییراتی در سطح اووسیت اتفاق می‌افتد که باعث ایجاد پوششی به نام جدار لقاحی می‌شود. جدار لقاحی از ورود اسپرم‌های دیگر به اووسیت جلوگیری می‌کند.



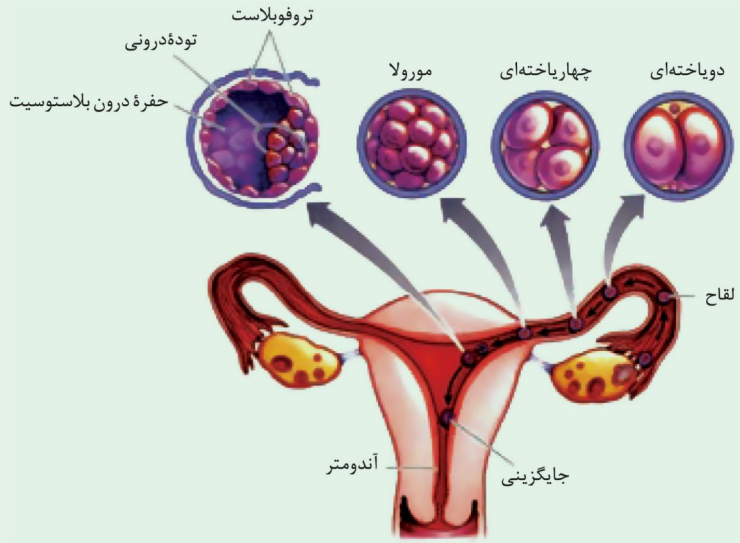
شکل ۱۲- برخورد و نفوذ اسپرم در اووسیت (تخمک)

نکته ۲

با توجه به شکل صفحه قبل که برخورد و نفوذ اسپرم به اووسیت ثانویه را نشان می‌دهد، لازم است موارد زیر را به خاطر بسپارید: ۱ یاخته‌های فولیکولی قرارگرفته در اطراف تخمک، در بیش از یک ردیف یاخته‌ای قرار گرفته‌اند و اسپرم با فشار و به کمک حرکت تاژک خود، در بین یاخته‌های فولیکولی وارد می‌شود تا به لایهٔ ژله‌ای اووسیت ثانویه برسد. ۲ دقت کنید که نفوذ سر اسپرم به درون یاخته‌های فولیکولی اطراف تخمک، بدون نیاز به آنزیم‌های موجود در آکروزوم و تنها در نتیجهٔ حرکت تاژک صورت می‌پذیرد؛ اما نفوذ اسپرم به درون لایهٔ ژله‌ای اطراف تخمک، به واسطهٔ آنزیم‌های هضم‌کننده‌ای است که درون آکروزوم قرار دارند و هنگام آزاد شدن، شروع به هضم لایهٔ ژله‌ای می‌کنند. ۳ پس از عملکرد آنزیم‌های آکروزوم و هضم شدن بخشی از لایهٔ ژله‌ای اطراف تخمک، غشای اسپرم به غشای تخمک نابالغ ملحق می‌شود و هم‌زمان با این امر، پوشش هستهٔ اسپرم ناپدید شده و کروموزوم‌های آن رها می‌شوند و اووسیت ثانویه نیز میوز ۲ را طی کرده، به تخمک تبدیل می‌شود و پوشش هستهٔ تخمک نیز ناپدید می‌گردد تا کروموزوم‌های ابتدایی اسپرم و تخمک، با یکدیگر مخلوط شوند و یک هستهٔ دیپلوئید را تشکیل دهند. ۴ جدار لقاحی در واقع همان لایهٔ ژله‌ای اطراف تخمک است که موادی به آن افزوده می‌شود؛ این مواد حاصل عملکرد ریبوزوم‌های روی شبکهٔ آندوپلاسمی بوده، از دستگاه گلژی عبور می‌کنند و توسط ریزکیسه‌هایی به سطح یاخته آمده و درون لایهٔ ژله‌ای قرار می‌گیرند و جدار لقاحی را تشکیل می‌دهند.

نکته ۳

تودهٔ توپر حاصل از تقسیمات میتوزی یاختهٔ تخم، در لولهٔ رحم به سمت رحم حرکت می‌کند. پس از رسیدن به رحم به شکل کرهٔ توخالی درآمده و درون آن با مایعات پر می‌شود. در این مرحله، به آن بلاستوسیست گفته می‌شود. بلاستوسیست، یک لایهٔ بیرونی به نام تروفوبلاست دارد که در مراحل بعدی برون شامهٔ جنین (پردهٔ کوریون) را می‌سازد کوریون به همراه بخشی از دیواره رحم جفت را تشکیل می‌دهد.



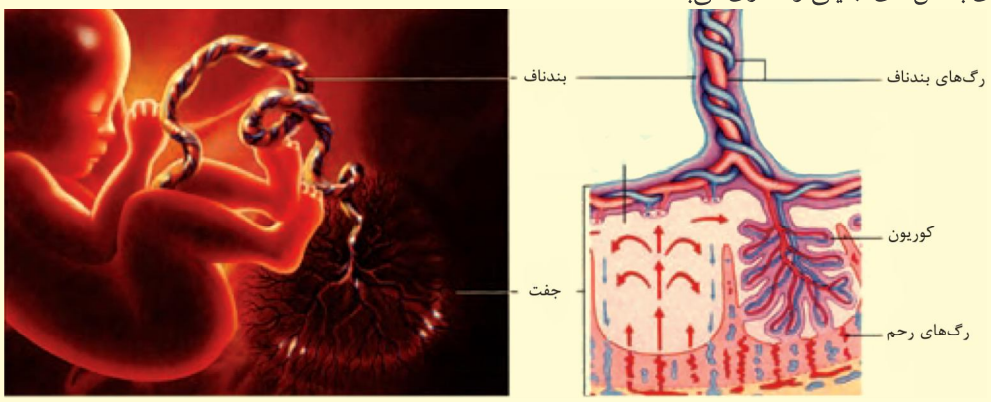
شکل ۱۳- مراحل اولیهٔ رشد جنین

نکته ۴

تمایز جفت از هفتهٔ دوم بعد از لقاح شروع می‌شود، ولی تا هفتهٔ دهم ادامه دارد و بندناف، رابط بین جنین و جفت است که در آن سرخرگ‌ها خون جنین را به جفت می‌برند و سیاهرگ، خون را از جفت به جنین می‌رسانند. خون مادر و جنین در جفت به دلیل وجود پردهٔ کوریون مخلوط نمی‌شود، ولی می‌تواند بین دو طرف این پرده مبادلهٔ مواد صورت گیرد.

نکته ۵

در ساختار بندناف، پردهٔ کوریون، دو سرخرگ و یک سیاهرگ به کار رفته است که این سرخرگ‌ها، دارای قطر کمتری نسبت به سیاهرگ می‌باشند و حاوی خون تیره‌اند و خون کم اکسیژن را از بدن جنین به محل جفت انتقال می‌دهند. ضمناً در بند ناف، یک سیاهرگ با قطر بیشتر نسبت به سرخرگ‌ها وجود دارد که خون روشن پراکسیژن را از جفت، به سمت جنین انتقال می‌دهد. ضمناً در محل جفت، مبادلهٔ مواد بدون مخلوط شدن خون مادر و جنین و در دو طرف پردهٔ کوریون صورت می‌پذیرد؛ بعلاوه کوریون، آمنیون، بند ناف و همچنین سرخرگ‌ها و سیاهرگ درون آن، از نظر ژنتیکی مشابه جنین‌اند و رگ‌های موجود در رحم، از این نظر ویژگی‌های مشابه با مادر دارند؛ اما جفت دارای بخش‌های جنینی و مادری می‌باشد.



شکل ۱۶- جفت و ارتباط آن با مادر و جنین

نکته ۶

تشکیل لایه‌های زاینده اولیه از توده سلولی داخلیِ بلاستوسیست، با تشکیل جفت همزمان است و اولین واقعه پس از آن تشکیل رگ‌های خونی و روده است.

هر چند قبل از ماه اول، رگ‌های خونی تشکیل می‌شوند اما به دلیل اینکه ضربان قلب از انتهای ماه اول آغاز می‌شود، نمی‌توان گفت در زمان تشکیل رگ‌های خونی، خون درون این رگ‌ها در جریان است.

دقت کنید شروع به تشکیل اندام‌های اصلی در انتهای ماه اول است اما در طی ماه دوم، این اندام‌ها شکل مشخص می‌گیرند.

تشخیص بارداری در ماه اوّل، اندازه‌گیری ابعاد جنین برای تعیین سن، جنسیت جنین، سالم بودن جنین از لحاظ حرکتی و عملکرد بعضی از اندام‌ها مثل قلب از جمله مواردی است که در صوت‌نگاری، مشخص می‌شود.

نکته ۷

توجه داشته باشید که مکیدن نوزاد پس از تولد باعث افزایش ترشح هورمون‌های پرولاکتین و اکسی‌توسین می‌شود که به‌ترتیب از هیپوفیز پیشین و پسین ترشح می‌شوند و [بازهم به‌ترتیب!] سبب تولید شیر و خروج آن می‌گردند. با این تفاوت که هورمون پرولاکتین در هیپوفیز پیشین ساخته شده و از همان‌جا نیز به خون وارد می‌شود؛ اما هورمون اکسی‌توسین توسط ریبوزوم‌های شبکهٔ آندوپلاسمی در جسم یاخته‌ای برخی نورون‌های هیپوتالاموس تولیدشده، سپس از آنجا از طریق کیسه‌های غشایی به دستگاه گلژی رفته و سپس از دستگاه گلژی به پایانه‌های آکسون‌ها به هیپوفیز پسین هدایت و از هیپوفیز پسین به جریان خون ترشح می‌شود.

گفتار ۳ تولید مثل در جانوران

اساس تولیدمثل جنسی در همهٔ جانوران مشابه است، ولی در چگونگی انجام، مراحل آن و حفاظت و تغذیهٔ جنین، تفاوت‌هایی وجود دارد که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

لقاح

خارجی: در آبزیان مثل ماهی‌ها، دوزیستان و بی‌مهرگان آبزی دیده می‌شود که در آن گامت‌ها وارد آب می‌شوند و لقاح در آب صورت می‌پذیرد. در این نوع لقاح، تعداد گامت‌ها زیاد است و عواملی مثل دمای محیط، طول روز، آزاد کردن مواد شیمیایی یا بروز بعضی رفتارها مثل رقص عروسی به هم‌زمانی رها شدن گامت‌ها کمک می‌کند.

داخلی: در خشکی‌زیان و آبزیانی مثل سخت‌پوستان و بعضی ماهی‌ها مثل کوسه دیده می‌شود که در آن، اغلب لقاح در بدن فرد ماده انجام می‌شود و در مواردی مثل اسبک ماهی، لقاح در بدن فرد نر انجام می‌شود و نگهداری از جنین‌ها، توسط فرد نر صورت می‌پذیرد.

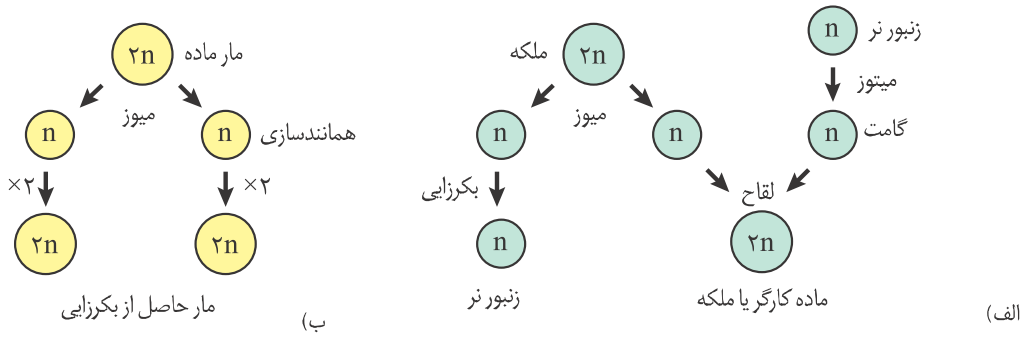
نکته ۱

در کرم‌های پهن مثل کرم کبد، هر فرد تخمک‌های خود را بارور می‌کند؛(شکل ۱۸ – الف) بنابراین کرم کبد، هرمافرودیت و خودلقاح است.

نکته ۲

در مورد کرم‌های حلقوی، مثل کرم خاکی، لقاح دو طرفی انجام می‌شود؛ یعنی وقتی دو کرم خاکی در کنار هم قرار می‌گیرند، اسپرم‌های هر کدام تخمک‌های دیگری را بارور می‌سازد (شکل ۱۸– ب). بنابراین کرم خاکی، هرمافرودیت و دگرلقاح است.

بکرزایی نوعی دیگر از تولیدمثل جنسی است و برای مثال، در زنبور عسل و بعضی مارها دیده می‌شود. در این روش، فرد ماده گاهی اوقات به‌تنهایی تولیدمثل می‌کند. در این حالت، یا تخمک بدون لقاح شروع به تقسیم می‌کند و موجود تک‌لاد (هاپلوئید) را به وجود می‌آورد (شکل ۱۹ـ الف) یا از روی کروموزوم‌های تخمک یک نسخه ساخته می‌شود تا کروموزوم‌های تخمک دو برابر شوند و سپس شروع به تقسیم می‌کند و موجود دولاد (دیپلوئید) را به وجود می‌آورد (شکل ۱۹– ب).



شکل ۱۹- انواع بکرزایی الف و ب

نکته ۳

در رابطه با زنبورعسل، ملکه دولاد بوده، قابلیت تولیدمثل جنسی دارد و با تقسیم میوز، تعدادی تخمک ایجاد می‌کند. این تخمک‌ها می‌توانند با میتوز تکثیر کرده و زنبور نر را حاصل آورند که تک‌لاد است و یا می‌توانند با اسپرم‌ها ترکیب شده و زنبورهای دولاد را ایجاد کنند که همگی ماده بوده و اغلب آنها به زنبورهای کارگر تبدیل می‌شوند که در تولیدمثل شرکت نمی‌کنند و معدودی از آنها به زنبورهای ملکه تبدیل می‌شوند که همانطور که گفته شد، قابلیت تولیدمثل جنسی دارد.

همهٔ زنبورهای عسل کارگر ماده‌اند اما هر زنبور ماده‌ای کارگر نیست.

هر زنبور عسل دیپلوئیدی لزوماً قابلیت تولیدمثل جنسی ندارد. (زنبور کارگر!)

هر زنبور عسلی که در تولیدمثل جنسی شرکت می‌کند، دیپلوئید نیست. (زنبور نر هاپلوئید است!)

در بین جانوران امکان تکثیر گامت ماده، برخلاف گامت نر وجود دارد.

هر زنبورعسل با قابلیت انجام تقسیم میوز، ملکه است.

همهٔ زنبورهای عسلی که رفتار مشارکتی از خود نشان می‌دهند (کارگرها) ماده‌اند؛ اما هر زنبور عسل ماده‌ای رفتار مشارکتی از خود نشان نمی‌دهد.(ملکه!)

هر زنبور عسلی که توانایی تولید کامه (گامت) ندارد، ماده است.

هر زنبور عسل ماده، نیمی از ژن‌هایش را به طور مستقیم و نیمی دیگر را به طور غیرمستقیم از ملکه دریافت کرده است.

هر زنبور عسل نر، همهٔ ژن‌های خود را به‌طور مستقیم از ملکه دریافت کرده است.

هر زنبور عسل ماده‌ای (دیپلوئید) دارای عدد کروموزومی مشابه با یکی از والدین خود است.

هیچ زنبور عسل نری پدر ندارد [پس در زمان پاسخگویی به تست‌های مرتبط، به لغت «والدین» توجه ویژه داشته باشید!] و پسر نیز ندارد؛ اما مادر و دختر دارد! ☺

در بین جانوران، امکان تشکیل گامت با میتوز وجود دارد. (زنبور عسل نر ...)

در بین جانوران، افراد پریاخته‌ای هاپلوئید دیده می‌شوند.

در بین جانوران، امکان وقوع میتوز در بین یاخته‌های حاصل از میوز وجود دارد.

تغذیه و حفاظت جنین

مواد غذایی موردنیاز جنین تا چند روز پس از لقاح و تشکیل تخم از اندوختهٔ غذایی تخمک تأمین می‌شود. این اندوخته مخلوطی از مواد مغذی متفاوت است.

نکته ۴

اندازهٔ تخمک در جانوران مختلف بستگی به میزان اندوخته دارد. در جانوران تخم‌گذار اندوخته غذایی تخمک زیاد است؛ زیرا در دوران جنینی ارتباط غذایی بین مادر و جنین وجود ندارد. در پستانداران به دلیل ارتباط خونی بین مادر و جنین و در ماهی‌ها و دوزیستان به علت دوره جنینی کوتاه میزان این اندوخته کم است.

نکته ۵

در جانورانی که لقاح خارجی دارند، تخمک، دیواره‌ای چسبناک و ژله‌ای دارد که پس از لقاح تخم‌ها را به هم می‌چسباند. این لایهٔ ژله‌ای ابتدا از جنین در برابر عوامل نامساعد محیطی محافظت می‌کند و سپس به‌عنوان غذای اولیه مورد استفادهٔ جنین قرار می‌گیرد.

شکل ۲۰- لایهٔ ژله‌ای اطراف تخم قورباغه

نکته ۶

در جانورانی که لقاح داخلی دارند، حفاظت جنین به صورت‌های متفاوتی انجام می‌شود. در جانوران تخم‌گذار وجود پوستهٔ ضخیم در اطراف تخم از جنین محافظت می‌کند. البته برای محافظت بیشتر در خزندگانی مثل لاک‌پشت تخم‌ها با ماسه و خاک پوشیده می‌شوند. پرندگان روی تخم‌ها می‌خوابند و پستاندار تخم‌گذاری مثل پلاتی‌پوس، تخم را در بدن خود نگه می‌دارد و چند روز مانده به تولد نوزاد، تخم‌گذاری می‌کند و روی آن‌ها می‌خوابد تا مراحل نهایی رشد و نمو طی شود.

شکل ۲۱- الف) تخم‌های لاک‌پشت ب) تخم پرنده در آشیانه پ) تخم پلاتی‌پوس

به طور کلی گیاهان به چهار گروه اصلی خزه‌ها، سرخس‌ها، بازدانگان و نهان‌دانگان تقسیم‌بندی می‌شوند؛ که در بین این گروه‌ها، تنها خزه‌ها فاقد آوند بوده و سایر گروه‌های گیاهی، آوند تولید می‌کنند. ضمناً خزه‌ها و سرخس‌ها گیاهانی‌اند که در چرخهٔ زندگی خود دانه تولید نمی‌کنند؛ درصورتی که بازدانگان و نهان‌دانگان گیاهان دانه‌دار محسوب می‌شوند. همچنین تنها گروهی از گیاهان که قادر به گلدهی می‌باشند، نهان‌دانگان‌اند و خزه‌ها و سرخس‌ها و بازدانگان، گل تولید نمی‌کنند. از سوی دیگر می‌دانیم که نهان‌دانگان، خود به دو گروه تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها تقسیم می‌شوند؛ بنابراین با توجه به گروه‌بندی گیاهان، می‌توان نکات زیر را مطرح کرد:

گروه‌بندی گیاهان				
بدون آوند	خزه‌ها		بدون دانه	بدون گل
آوند دار	سرخس‌ها			
	بازدانگان		دانه‌دار	
	نهان‌دانگان	تک‌لپه‌ای‌ها		گل‌دار
		دولپه‌ای‌ها		

۱ هر گیاه بدون آوند، بدون دانه است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه بدون دانه، آوند ندارد.

۲ هر گیاه بدون آوند، بدون گل است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه بدون گل، فاقد آوند است.

۳ هر گیاه بدون دانه، بدون گل است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه بدون گل، دانه تشکیل نمی‌دهد.

۴ هر گیاه دانه‌دار، آوندار است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه آوندار، دانه‌دار می‌باشد.

۵ هر گیاه گل‌دار، آوندار است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه آوندار، گل تشکیل می‌دهد.

۶ هر گیاه گل‌دار، دانه‌دار است؛ اما نمی‌توان گفت هر گیاه دانه‌دار، گل‌دار می‌باشد.

ضمناً خزه‌ها گیاهانی بدون آوند، بدون دانه و بدون گل‌اند و سرخس‌ها گیاهانی‌اند که هرچند بدون دانه و بدون گل‌اند، اما آوند تشکیل می‌دهند و بازدانگان گیاهانی‌اند که دانه و آوند تشکیل می‌دهند؛ امّا در چرخهٔ زندگی خود، گل به‌وجود نمی‌آورند و نهان‌دانگان گیاهانی آونداراند که در چرخهٔ زندگی خود، گل و دانه نیز تشکیل می‌دهند.