التكاثر عند الإنسان

ج1. مبنى جهاز التكاثر
ج2. من الطفولة حتى البلوغ
ج3. دورة الحيض
ج4. إلتقاء الخلايا التناسلية والإخصاب
ج5. من الزيجوت إلى الوليد
ج6. تنمية عشائر بنو البشر

المواضيع الأساسية في الفصل
مصطلحات مهمة في الفصل

ج

الفصل الثالث: التكاثر عند الإنسان

التكاثر جزء لا يتجزأ من حياة جميع الكائنات الحية ومن بينها الإنسان. على الرغم من ذلك، امتنعت ثقافات مختلفة عبر التاريخ من أن تبحث التكاثر عند الإنسان لأسباب دينية ولإتفاقات بين الثقافات. ليس في كل فترة ولا في كل مكان، رأى الإنسان أن هناك حاجة لفهم عملية تكاثرهم كعملية طبيعية وضرورية لاستمرار الحياة.

في انكلترا، في القرن التاسع عشر، منعت الإتفاقات في المجتمع من أن يذكروا، حتى في الرموز، علاقة جنسية بين رجال ونساء. نجد في كتاب **ليدي جاوج** (Lady Gough) من سنة **1863** الذي يتحدث عن الأخلاق والعادات أن "المضيفة الكاملة، تشدد على أن تفصل بين كُتب المؤلفين وكُتب المؤلفات، حيث تضعها على رفوف منفصلة".

في كتاب الفسيولوجيا الذي صَدَر في سنة **1866**. دافع مؤلف الكتاب **توماس هكسلي** (Thomas Huxley) بشجاعة عن نظرية النشوء والارتقاء لداروين، لكنه لم يجرأ أن يتحدث في كتابه عن موضوع التكاثر.

خلال القرن العشرين، تطور الوعي تدريجيًا إلى أنَّ إخفاء عملية التكاثر، لا يخمد رغبة الإنسان في أن يعرف ويفهم، كيف تحدث تحدث هذه العملية في جسمه. بالإضافة إلى ذلك، وُجد أن أضرار الإخفاء كثيرة. لا نستطيع اليوم أنْ نتصور أنّ هناك كتاب في موضوع بيولوجيا الإنسان، لا يتحدث ولا يصف مبنى وأداء الجهاز التناسلي.

ج1. مبنى جهاز التكاثر (الجهاز التناسلي)

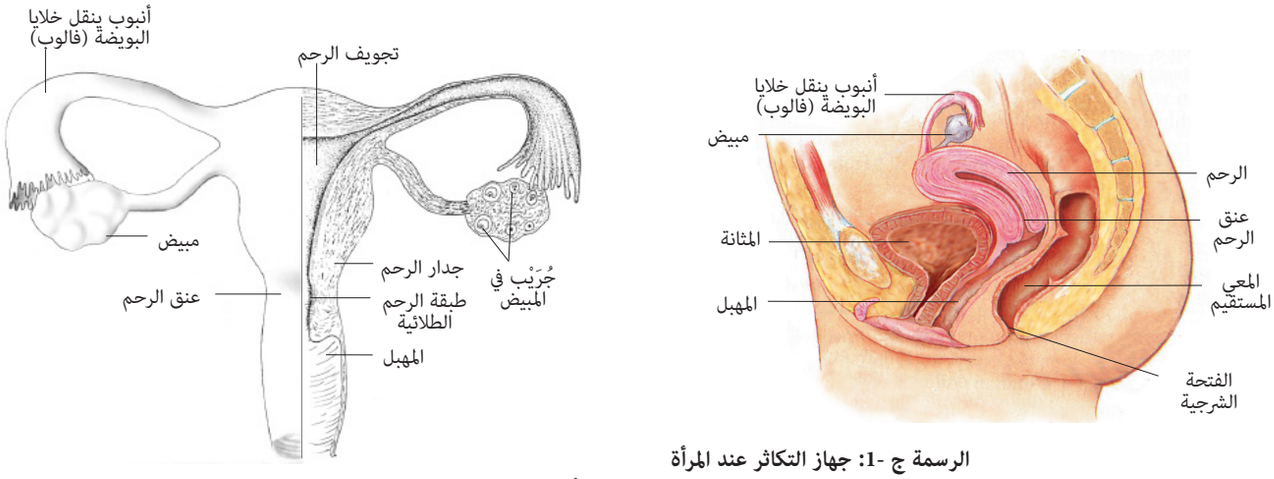
خلال تطور الجنين، تتكون جميع أجهزة الجسم ومن بينها الأجهزة المتعلقة بالتكاثر. يمكن خلال الحمل أن نميِّز بواسطة الأمواج فوق صوتية (اولتراساوند) ما إذا الجنين فيه جهاز تكاثر ذكري أو أنثوي.
من المهم أن نذكر أنه أثناء الولادة نجد جهازًا كاملاً لأعضاء التكاثر في جسم كل وليد، لكن قسم منها لم يُكمل التطور.

يُتيح مبنى أعضاء التكاثر حدوث أربع عمليات تؤدي إلى عملية التكاثر:
1. **إنتاج** خلايا تناسلية (تكاثر).
2. **إنتاج وإفراز** هورمونات تُنظِّم عمليات التكاثر.
3. **إلتقاء الخلايا التناسلية** للرجل مع الخلايا التناسلية للإمرأة.
4. **تطور الجنين في رحم** المرأة.

سنتعرف على مبنى جهاز التكاثر عند الرجل والمرأة ونبيِّن كيف يُتيح المبنى حدوث هذه العمليات.

ج1.1 جهاز التكاثر عند المرأة

يقع جهاز تكاثر المرأة في فراغ البطن وهو يشمل أربعة أقسام أساسية: زوج مبيض، زوج أنابيب لنقل خلايا البويضة (فالوب)، الرحم والمهبل. يمكنكم مشاهدة جهاز التكاثر عند المرأة في الرسمة ج - 1.



الرسمة ج -1: جهاز التكاثر عند المرأة
على اليمين: نطرة جانبية، على اليسار: نظرة من الأمام

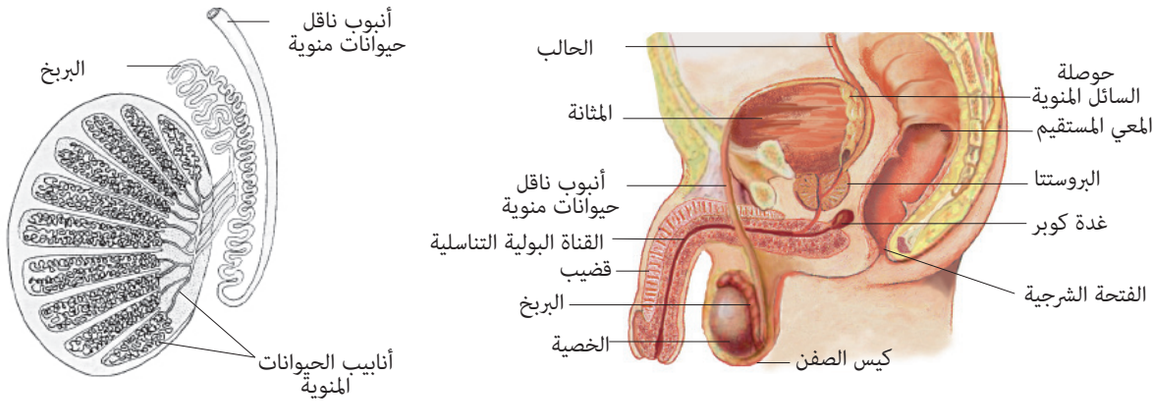
في **المبيض**، نجد خلايا تناسلية أولية وخلايا تُنْتِج هورمونات. الخلايا التناسلية الأولية موجودة في الجنين، لكن عند ولادة الطفل لا تكون ناضجة. في المستقبل، ينضج قسم منها ويتطور إلى **خلايا بويضات.** كل خلية بويضة في المستقبل تكون محاطة بطبقة واحد ةمن الخلايا. خلية البويضة والخلايا التي تُحيطها نسمِّيها **جُرَيْب أولي**. في كل مبيض جنين (أنثى)، يوجد حوالي ثلاثة ملايين جُرَيْب أولي. لكن معظم الجُريبات تضمر وتموت في الجنين قبل الولادة، وتموت معظم الجوريبات الأولى التي بقيت في السنوات الأولى من حياة الطفلة. وعندما تصل سن البلوغ يكون في مبيض الصبية حوالي 300,000 حتى 400,000 جُرَيْب أولي. فقط حوالي 400 منها تنضج مع خلايا البويضة التي ف يداخلها، أما باقي الجُرَيْبات الأولية فإنها تضمر وتموت مع مرَّ السنين.

بجانب كل مبيض، توجد فتحة تشبه قُمع **لأنبوب ينقل خلايا البويضات.** أما الفتحة من الطرف الثاني للأنبوب تكون في فراغ الرحم (الرسمة ج 1-). في الأنبوب الذي ينقل البويضة (**الفالوب**)، يتم تخصيب البويضة بواسطة الخلايا المنوية. **انتبهوا!** لا يوجد أي تلامس أو ربط بين المبيض وفتحة الفالوب.

الرحم هو عضو يقع في مركز الحوض، معدل طوله حوالي 7 سم ووزنه حوالي 50 غرامًا. مبنى الرحم ملائم لاستيعاب الجنين، لتغذيته، حمايته ولدعم تطوره. جدار الرحم مبني من طبقة عضلات سميكة وقوية (الرسمة ج - 1 اليسرى). الفراغ الداخلي للرحم مغلَّف بطبقة سميكة من الأنسجة الدقيقة الغنية بالأوعية الدموية والتي نسمِّيها **طبقة الرحم الطلائية** التي تفرز هورمونات مختلفة. الرحم مناسب لأداء وظيفته، لأنه أثناء الحمل يكبر عدة أضعاف، وبعد الولادة يعود إلى قياساته (حجمه) الأصلية. القسم السفلي للرحم مبني كممر ضيق نسمِّيه عنق الرحم. من عنق الرحم إلى خارج الجسم، يوجد أنبوب نسمِّيه **المهبل** (vagina) الذي عبره تدخل الخلايا المنوية ويخرج الوليد.

ج2.1 جهاز التكاثر عند الرجل

يقع جهاز تكاثر الرجل في القسم السفلي من الحوض. يقع قسم منه في فراغ البطن والقسم الآخر خارجه. يشمل الجهاز ثلاثة مكوِّنات أساسية: خصيتان، زوج من الأنابيب التي تنقل الخلايا المنوية، سوائل أخرى والقضيب. يشمل جهاز التكاثر عند الرجل غدد أيضًا، سنتعرف على هذه الغدد لاحقًا. يمكنكم مشاهدة جهاز التكاثر عند الرجل في الرسمة ج - 2.



الرسمة ج - 2: جهاز التكاثر عند الرجل، على اليمين: نظرة جانبية، على اليسار: مقطع طولي في الخصية.

الخصيتان هما عضو تَنْتُج فيهما **الخلايا التناسلية الذكرية.** تقع الخصيتان في كيس خارج فراغ البطن. عندما يولد الوليد، نجد في خصيتيه خلايا أولية تنقسم وتتمايز إلى خلايا منوية، ابتداءً من سن البلوغ وخلال كل حياته البالغة. خلال الحمل، تتطور خصيتي الجنين في فراغ البطن، لكن تنزل إلى كيس اخصيتان قبل الولادة بقليل، عندما يصل الجنين الذكر إلىَ نهاية تطوره. درجة الحراة، في كيس الخصيتين الموجود خارج فراغ البطن، أقل من درجة الحرارة داخل الجسم وهي تصل إلى 35°C فقط، وهذه درجة الحرارة المُثلى لعملية إنتاج الخلايا المنوية في الإنسان (وفي ثدييات أخرى كثيرة). في درات حرارة أعلى من ذلك، مثلًا: في درجة حرارة الجسم بين 36.5°C إلى 36.9°C، يتضرر إنتاج الخلايا المنوية.

جدير بالمعرفة

الخصوبة والحياة في العصر الحديث

وُجد في الأبحاث أن خصوبة الرجال انخفضت بشكل ملحوظ خلال آخر خمسون سنة. هناك عدة يفترض البحثون عدة عوامل لهذا الانخفاض، قسم منها يخضع لسيطرتنا والقسم الآخر، لا يخضع لسيطرتنا. من بين العوامل التي تخضع لسيطرتنا: الأشعة المنبعثة من الهواتف واحواسيب النقال، لباس ملابس ضيقة تضغط وتقرِّب الخصيتين إلى البطن، حيث تؤي إلى ارتفاع درجة حرارة الخصيتين، تدخين سجائر ومخدرات. لا نعرف حتى الآن ما إذا إصابة الخلايا المنوية بهذه العوامل هي إصابة عكسية. على الرغم من ذلك، بما أن الخلايا المنوية تَنْتُج كل يوم، قد يعود إنتاج الخلايا المنوية السليمة إلى ما كان إذا أبعدنا العوامل التي تؤدي إلى ضرر في إنتاج الخلايا المنوية، مثل: لباس ملابس غير ضيقة ولا تضغط على الخصيتين والامتناع من تدخين السجائر والمخدرات. من بين العوامل التي تؤذي الخصوبة والتي لا تخضع لسيطرتنا هي: تلوث الهواء الناجم من انبعاث غازات من وسائل النقل والمصانع، إشعاع أنواع أشعة مختلفة (أشعة أمواج راديو، أشعة UV وأشعة إلكترومغناطيسية)، بقايا مواد كيميائية (لرش الآفات الزراعية) في الغذاء، مواد حافظة وأصباغ طعام تُضاف إلى المواد الغذائية التي تتم معالجتها.

كل خصية مبنية من عدد كبير جدًا من الأنابيب الدقيقة، الطويلة جدًا والملتوية التي تَنْتُج فيها الخلايا المنوية، بين الأنابيب يوجد خلايا تُنْتِج هورمونات ذكرية. تتحد الأنابيب في أطرافها إلى أنبوب واحد يخرج من الخصية. المقطع الأول منه، يقع خارج الخصية ونسمِّيه بربخ الخصية. في هذا القسم الطويل (حوالي 5 أمتار!) الملتوي جدًا، تتجمع الخلايا المنوية التي نَتَجت في أنابيب الخصية. استمرار هذا الأنبوب نسمِّيه **أنبوب ينقل الخلايا المنوية** وهو يخرج من كيس الصفن للخصيتين. يتحد الأنبوبان اللذان ينقلان الخلايا المنوية من الخصيتين إلى أنبوب خروج مشترك نسمِّيه **القناة البولية التناسلية** التي تصل فتحة **القضيب**. أثناء الممارسة الجنسية، تخرج عبر هذه الفتحة الخلايا المنوية الموجودة داخل السائل المنوي. يتم تصريف جهاز البول إلى القناة البولية التناسلية أيضًا، لكن الخلايا المنوية والبول لا يخرجان في نفس الوقت، لأنه أثناء القذف، يتم تفعيل عضلة تؤدي إلى اغلاق عنق مثانة البول وهكذا يمنع إفراز البول. يقع القضيب خارج فراغ الجسم فوق الخصيتين وهو مكوَّن من أنسجة اسفنجية غنية بأوعية دموية وفي طرفه يتوسع القضيب، حيث نسمّيه تاج القضيب الغني بخلايا حساسة للتلامس الجنسي. هذه المنطقة مغلّفة بجلد مطوي نسمِّيه الجلدة التي نزيلها أثناء الطهور.

سؤال ج - 1

قارنوا (من الأفضل بواسطة جدول) بين جهازيِ التكاثر عند الرجل والإمرأة. تطرقوا إلى جهازي التكاثر وإلى وظائفها.

ج2. من الولادة حتى البلوغ

يول كل طفلة وطفلة مع أعضاء تناسلية كاملة نسمِّيها **دلالات أو علامات جنسية أولية**: في الطفل - خصيتان وقضيب وفي الطفلة مبيض، رحم ومهبل. على الرغم من ذلك، أثناء الولادة لا توجد، في جسم الطفل والطفلة، خلايا تناسلية ناضجة للإخصاب. في مبيض الطفلة (وبعد ذلك عند البنت)، يوجد جُرَيْبات أولية في كل منها بويضة غير جاهزة للإخصاب، وفي خصيتيِ الطفل (وبعد ذلك عند الولد)، يوجد خلايا تتطور في المستقبل إلى خلايا منوية.

تحدث تغيُّرات كبيرة عند البنين والبنات في سن البلوغ. غير معروف حتى الآن، ما هو الحدث الأول الذي يُثير الانتقال من الطفولة إلى سن البلوغ.

ج1.2 التغيُّرات الجسمانية في سن البلوغ

يتم التعبير عن العلامات الأولى لسن البلوغ من خلال ظهور تغييرات جسمانية نسمِّيها **علامات جنسية ثانوية**. هذه التغيُّرات في شكل الجسم وعلامات خارجية أخرى تُميِّز الجنس (ذكر أو أنثى).

العلامات الجنسية الثانوية عند الشباب: تغيُّر الصوت، حيث يصبح منخفض (نتيجةً لإستطالة الأوتار الصوتية)، استطالة عظام الجسم والعضلات، تزداد وتيرة النمو بشكل كبير جدًا وينمو شعر على الوجه، تحت الآباط وعلى الفخذ (عند قسم من الشباب، ينمو الشعر على الصدر، الذراعين والأرجل أيضًا).

العلامات الجنسية الثانوية عند الشابات: تطور الثدي ونمو الشعر تحت الآباط وعلى الفخذ.

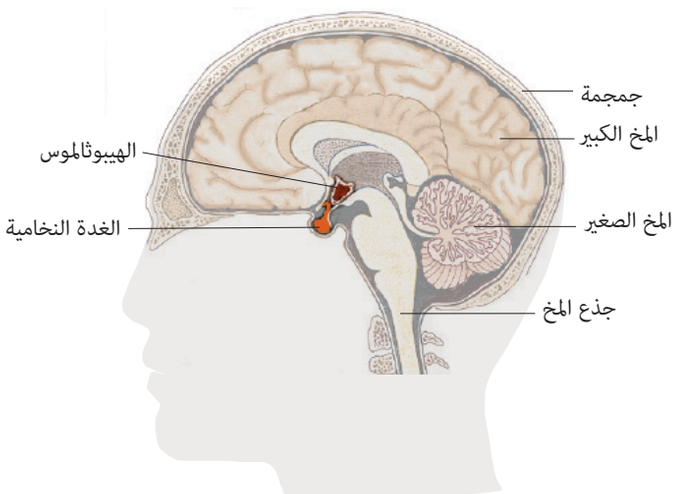
عادةً في الأشهر الأولى من بداية البلوغ، يزداد نمو الشابات بوتيرة كبيرة جدًا، لكن بعد ظهور الحيض الأول، تصبح وتيرة النمو بطيئة حتى تتوقف. تتطور عادةً عند الشابات، بمقدار مختلف، طبقة دهنية تحت الجلد في مناطق مختلفة في الجسم.

يُشير تطور العلامات الجنسية الثانوية إلى عملية داخلية، حيث يتم التعبير عنه بواسطة إفراز هورمونات جنسية وبإنتاج خلايا تناسلية ناضجة تستطيع أن تشترك في الإخصاب. جميع العمليات الداخلية والتغيُّرات الخارجية التي ترافقها نسمِّيها **بلوغًا جنسيًّا**.

من المهم إبراز الحقيقة أن البلوغ الجنسي وتطور العلامات الجنسية الثانوية مشتركة لجميع بنو البشر- لكن توجد فروق كبيرة بين الأفراد. السن الذي تظهر فيه العلامات الجنسية يحتلف من فرد إلى آخر، كما أن جميع علامات البلوغ، لا يتم التعبير عنها بنفس الشكل أو أنها تحدث بنفس الوتيرة عند الجميع.

إنَّ تطور العلامات الجنسية الثانوية هو تغيير خارجي للتغيُّرات الداخلية، حيث يتم التعبير عنها بالأساس بإزدياد إفراز هورمونات في المخ من **الهيبوثالموس** و**الغدة النخامية** (الرسمة ج - 3).

يربط الهيبوثالموس بين المخ والغدة النخامية التي توجد لها وظيفة مركزية في تنظيم ومراقبة إفراز الهورمونات في جهاز الإفراز الخارجي. في سن البلوغ، يبدأ الهيبوثالموس



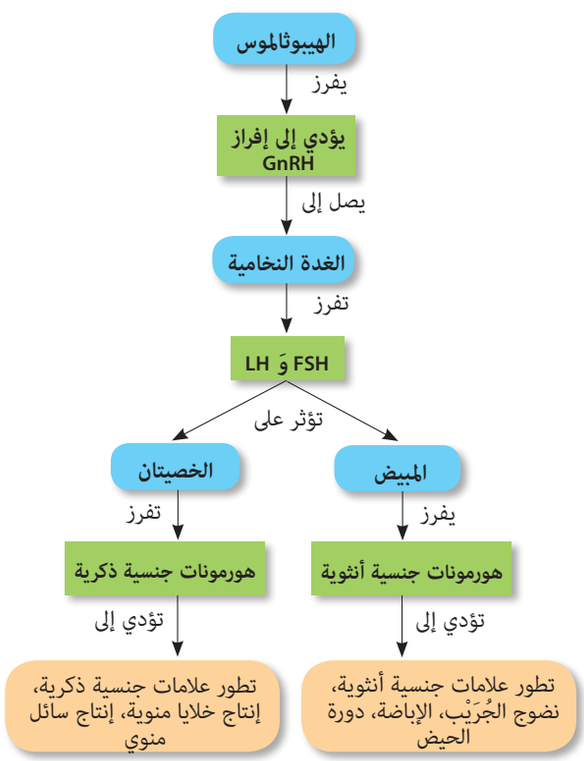
الرسمة ج-3: مكان الهيبوثالموس والغدة النخامية في المخ

في إفراز هورمون نسمِّيه GnRH (الإختصار بالإنجليزية: Gonadotropin Releasing Hormone). معنى هذا الهورمون أنّه يؤدي إلى إفراز هورومونات نسمِّيها **جونادوتروبينات (هورمونات المنسل):** الجونادوتروبينات هي هورمونات تؤثر على المبيض والخصيتان التي نسميها بالإنجليزية جونادوت (منسل) (الرسمة ج - 4).

يصل الـ GnRH مباشرةً إلى الغدة النخامية وهو يؤثر على القسم الأمامي للغدة النخامية التي تفرز **هورمونيْ جونادتروبينات**، هورمون يُثير الجُرَيْب - **FSH** (اختصاره بالإنجليزية: Follicle Stimulating Hormone) وهورمون الإباضة - **LH** (اختصاره بالإنجليزية: Luteinizing Hormone) والذي يُسمَّى هورمون الإصفرار أيضًا. كرد فعل للهورمونين، تفرز الأعضاء التناسلية هورمونات جنسية عند المرأة، يفرز المبيض بالأساس **استروجن وبروجسترون**، وعند الرجل، تفرز الخصيتين بالأساس **طوسطسطرون**.

الهورمونات الجنسية التي يتم إفرازها إلى الدم، تؤثر على الخصيتين والمبيض اللذان في خلاياهما توجد مستقبلات لهذه الهورمونات.

في أعقاب النشاط الهورمونالي، يبدأ إنتاج خلايا تناسلية صالحة

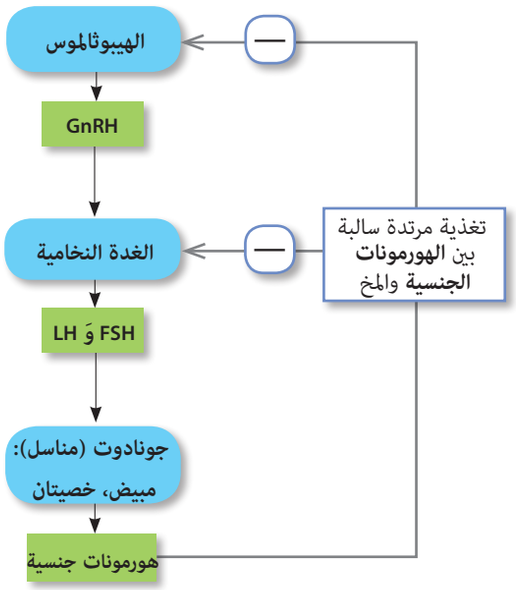


الرسمة ج-4: العوامل التي تؤثر على البلوغ الجنسي

للإخصاب عند الشباب، أما عند الشابات، يبدأ نضوج الجُرَيْب الذي فيه بويضة قبل ظهور **دورة الحيض** (الدورة الشهرية).

الهورمونات الجنسية التي يتم إفرازها في الدم، تؤثر على خلايا الهيبوثالموس والغدة النخامية أيضًا التي في خلاياها توجد مستقبلات لهذه الهورمونات.

معظم الوقت، تفعِّل الهورمونات الجنسية **تغذية مرتدة (مردودية) سالبة** على المخ (الرسمة ج - 5): عندما يرتفع مستواها في الدم، ينخفض إفراز الهورمونات في الهيبوثالموس والغدة النخامية، ونتيجةً لذلك، ينخفض مستوى الهورمونات الجنسية في الدم. من هنا ينبع أن إفراز GnRH والهورمونين FSH وَ LH يتأثر من مستوى الهورمونات الجنسية في الدم.



الرسمة ج-5: تغذية مرتدة سالبة بين المخ والأعضاء التناسلية

انتبهوا! المردودية السالبة الموصوفة في الرسمة متماثلة عند الشباب والشابات.

تُفرز نفس الهورمونات من الغدة النخامية عند الرجل والمرأة. على الرغم من أن الهورمونات متماثلة، إلا أنها تؤدي إلى عمليات مختلفة تمامًا عند كل جنس من الجنسين (الذكر والأنثى)! يعتمد الشرح لذلك على الحقيقة أن تأثير الهورمون، لا يتعلق بالهورمون ذاته، بل بالعضو الذي يؤثر عليه أيضًا. يختلف رد فعل أنسجة الخصيتان للهورمونين FSH وَ LH بالمقارنة مع رد فعل المبيض لهذين الهورمونين. عند الشباب، بعد أن يبدأ نشاط الهيبوثالموس، يستمر هذا النشاط بشكل متواصل وثابت خلال حياتهم وهو مراقب بواسطة التغذية المرتدة السالبة. أما عند الشابات، يتم كل من النشاط في الهيبوثالموس وفي أعقابه في الغدة النخامية بشكل دوري وهي توجِّه سيرورة **دورة الحيض**. تتم مراقبة هذه النشاطات بواسطة التغذية المرتدة السالبة والتغذية المرتدة الموجبة.

علاقة بالموضوع

بيولوجيا الإنسان: *تأثير الهورمونات على الأعضاء المستهدفة.*
الخلية - مبنى ونشاط: *مستقبلات في غشاء الخلية.*

جدير بالمعرفة

على الرغم من أن إفراز ونشاط الهورمونين LH وَ FSH يتم عند المرأة والرجل، إلا أن أسماءهما متعلقة بتأثيرهما على جهاز التكاثر عند المرأة. LH هو هورمون يؤدي إلى إنتاج الجُسَيم الأصفر وَ FSH هو هورمون يُثير تطور الجُرَيْب.

سؤال ج-2

أ. الغدة النخامية، الخصيتان والمبيض، هي غُدد تفرز هورمونات وهي أعضاؤ مستهدفة أيضًا. اشرحوا.

ب. إذا تابعنا مستوى الطوسطسطرون في دم الرجال، فإننا نجد أن مستواه ثابت من سن البلوغ لسنوات طويلة. كيف يمكن شرح ذلك بناءً على المسجَّل أعلاه؟

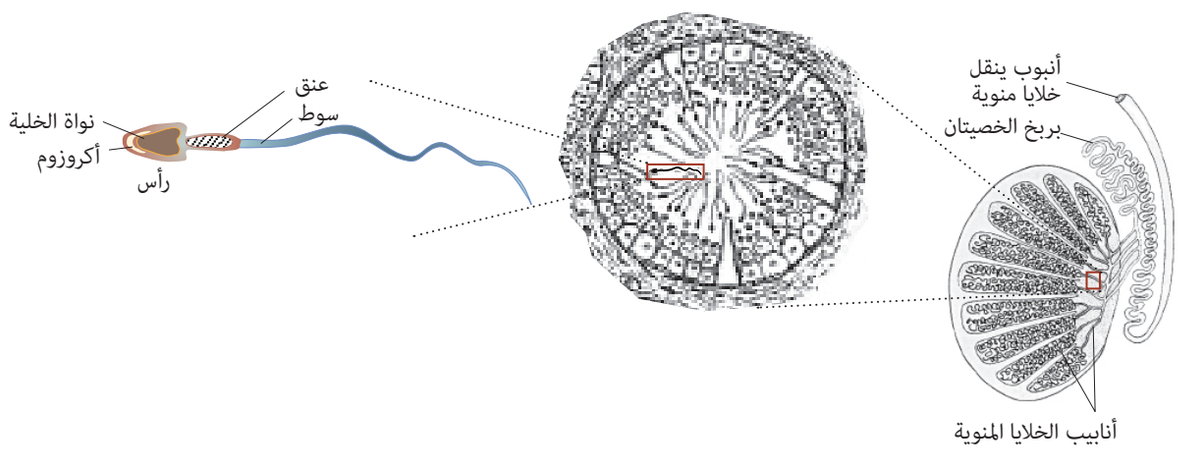
ج2.2 الخلايا المنوية: إنتاج، تطور ومبنى

إنتاج الخلايا المنوية

الخلية المنوية هي الجاميتا الذكرية. يبدأ إنتاج الخلايا المنوية في خصيتين الذكر في سن البلوغ فقط. إنتاج الخلايا المنوية متواصل وليس دوري. يُنْتِج الرجل البالغ حوالي 50-70 مليون خلية منوية كل يوم! يستمر الرجل في إنتاج الخلايا المنوية معظم حياته البالغة، لكن تنخفض كميتها وجودتها مع مرَّ السنين.

يتم تنظيم إنتاج الخلايا المنوية ونضوجها بواسطة هورمونات جنسية يفرزها الجسم في سن البلوغ. كما ذكرنا، كرد فعل للهورمونين FSH وَ LH اللذان يُفرزان من الغدة النخامية، تبدأ الخصيتان في إنتاج وإفرازز هورمونات جنسية ذكرية، المعروف من بينها **الطوسطسطرون**. يؤثر الطوسطسطرون على ظهور العلامات الجنسية الثانوية عند الشباب ويبدأ إنتاج **الخلايا المنوية** والسائل المنوي.

إنتاج الخلايا المنوية معقد جدًا وهو يحدث بشكل متواصل كل ساعات اليوم. في جدران أنابيب الخلايا المنوية في الخصيتان، يوجد خلايا غير متمايزة تمر عدة انقسامات ميتوزا متواصلة. الخلايا التي نحصل عليها هي خلايا منوية أولية تمر بعملية انقسام **ميوزا**، حيث نحصل في نهايتها على خلايا هيبلوئيدية تتطور تدريجيًا إلى خلايا منوية ناضجة (الرسمة ج - 6).
خلال عمليات الإنقسام، يتم دفع الخلايا باتجاه فراغ أنابيب الخلايا المنوية حتى تنفصل من جدران الأنابيب. تتحرك الخلايا الهيبلوئيدية على طول أنابيب الخلايا المنوية وتنتقل إلى **بربخ الخصيتين**.
عند انتقال الخلايا الهيبلوئيدية على طول بربخ الخصيتين، تمر الخلايا بعمليات نضوج. في نهاية العملية، نحصل على **خلايا منوية** ناضجة ذات قدرة على الحركة المستقلة. الخلية الديبلوئية التي تبدأ العملية، تتطور إلى خلية منوية (هيبلوئيدية) ناضجة خلال حوالي 70 يومًا.
يتم تخزين الخلايا المنوية الناضجة في بربخ الخصيتين حتى إطلاقها من الجسم عبر فتحة القضيب. تخرج الخلايا المنوية من الجسم داخل سائل يَنْتُج في **غدد مساعدة**: **البروستتا**، مثانتي السائل المنوي وغدتي كاوبر. يتم تصريف إفرازات الغدد المساعدة إلى داخل **أنبوب ينقل الخلايا المنوية**.
على ما يبدو، وظيفة السائل متعلقة بنضوج الخلايا المنوية، بشطفها في جهاز التكاثر عند الرجل، بتزيتها



الرسمة ج -6: إنتاج خلايا منوية
من اليمين إلى اليسار: مقطع طولي من الخصيتان، مقطع عرضي في أنابيب الخلايا المنوية، حيث تُبيِّن مراحل مختلفة لإنتاج الخلايا المنوية، مبنى الخلية المنوية (طولها حوالي 60 ميكرومتراً)

وفي إنتاج ظروف مناسبة لوجودها في تاجهاز التكاثري عند المرأة.
الخلايا المنوية التي لا تُطلق من جسم الرجل، تتحلل ويمتصها الجسم، وخلايا جديدة تحل مكانها.

مبنى الخلية المنوية

تتميَّز الخلية المنوية بمبناها في الرأس والذنب (الرسمة ج-6). مبنى الخلية المنوية مناسب لوظيفته ويُتيح له الوصول إلى خلية البويضة في جسم المرأة لكي يخصبها. يمتلئ معظم حجم رأس الخلية المنوية بنواة الخلية المخزونة فيها المادة الوراثية. في مقدمة الرأس، يوجد حوصلة نسميها **أكروزوم** وفيها مركزة إنزيمات تعمل في مرحلة الإخصاب. يحرك الذنب الخلية المنوية في بيئة محيطة رطبة داخل جسم المرأة. في "الرقبة" - المنطقة التي تقع بين الرأس وبين ذنب الخلية المنوية، مركَّزة فيها ميتوكندريا كثيرة، لكي تُستخرج فيها طاقة تُستخدم للحركة القوية للذنب. تصل سرعة حركتها حوالي **1-4** مليمتر في الثانية.

الفكرة المركزية

ملاءمة بين المبنى والوظيفة: *مبنى الخلية المنوية ملائم للحركة السريعة والإخصاب.*

جدير بالمعرفة

الاحتلام

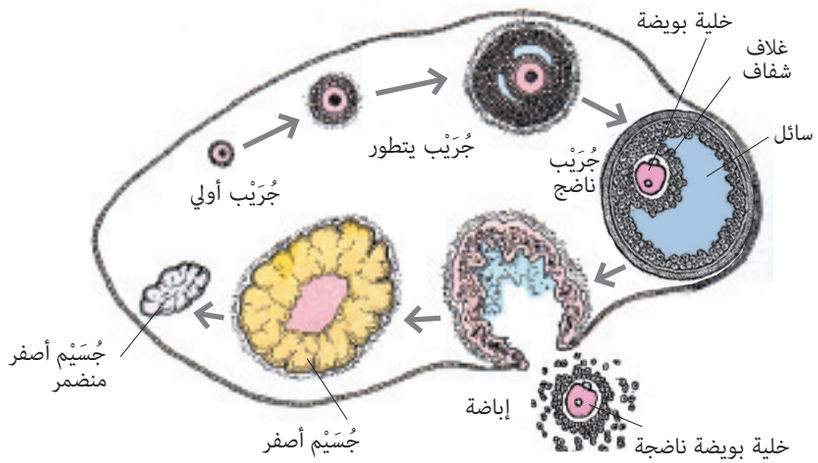
في بداية سن البلوغ، يشعر شباب كثيرون بحدث فيه ارتباك، على الرغم من أنه ظاهرة عادية تمامًا. في الفترة الأولى من إنتاج الخلايا المنوية، عندما يبدأ إفراز سائل من الغدد، يحدث في أعقاب التراكم الزائد للخلايا المنوية في بربخ الخصية أن ينطلق سائل الخلايا المنوية أثناء نوم الشاب دون أن يشعر بذلك. يخاف قسم من الشباب من أنهم يبولون أثناء نومهم، ويعتقد قسم آخر أن لديهم مشكلة بسبب إفراز الخلايا المنوية أثناء نومهم. على الرغم من ذلك، هذه الظاهرة عادية تمامًا وتتوقف مع مرور الوقت، لذا لا داعي للقلق.

ج3.2 خلية البويضة: تطور ومبنى

خلية البويضة هي الجاميتا الأنثوية. هناك من يسمِّي خلية بويضة الإنسان "**بويضة**". في هذا الكتاب، نستعمل المصطلحين. كما ذكرنا، أثناء الولادة نجد مئات آلاف البويضات غير الناضجة في مبيض الطفلة. توجد طبقة خلايا حول كل بويضة غير ناضجة. هذا المبنى للبويضة التي تحيطها طبقة من الخلايا نسمِّيه **جُرَيْب أولي**.

ابتداءً من البلوغ الجنسي وبسبب التأثير الهورموناني الذي يُفرز من الهيبوثالموس (GnRH) والغدة النخامية (FSH و-LH)، تتطور عدة جُرَيْبات، لكن على الاغلب، في كل شهر، جُرَيْب واحد فقط، يصل نهاية عملية النضوج. أما باقي الجُرَيْبات التي بدأت في النضوج فإنها تضمر.
تتطور البويضة الموجودة في الجُرَيْب، يكبر حجمها وتتراكم فيها مواد غذائية إدخارية - **الصفار**.
حول كل بويضة يَنْتُج غلاف لا يحتوي على خلايا نسمِّيه **غلافا شفافا**. تنقسم الخلايا الموجودة حول الجُرَيْب وتَنْتُج عدة طبقات خلايا، وفي داخل الجُرَيْب الذي يتطور يَنْتُج فراغ مليء في السائل. في هذه المرحلة، نسمِّيه **جُرَيبًا ناضجًا**، يزداد ضغط السوائل الموجودة في الجُريب حتى يفتح الجريب.

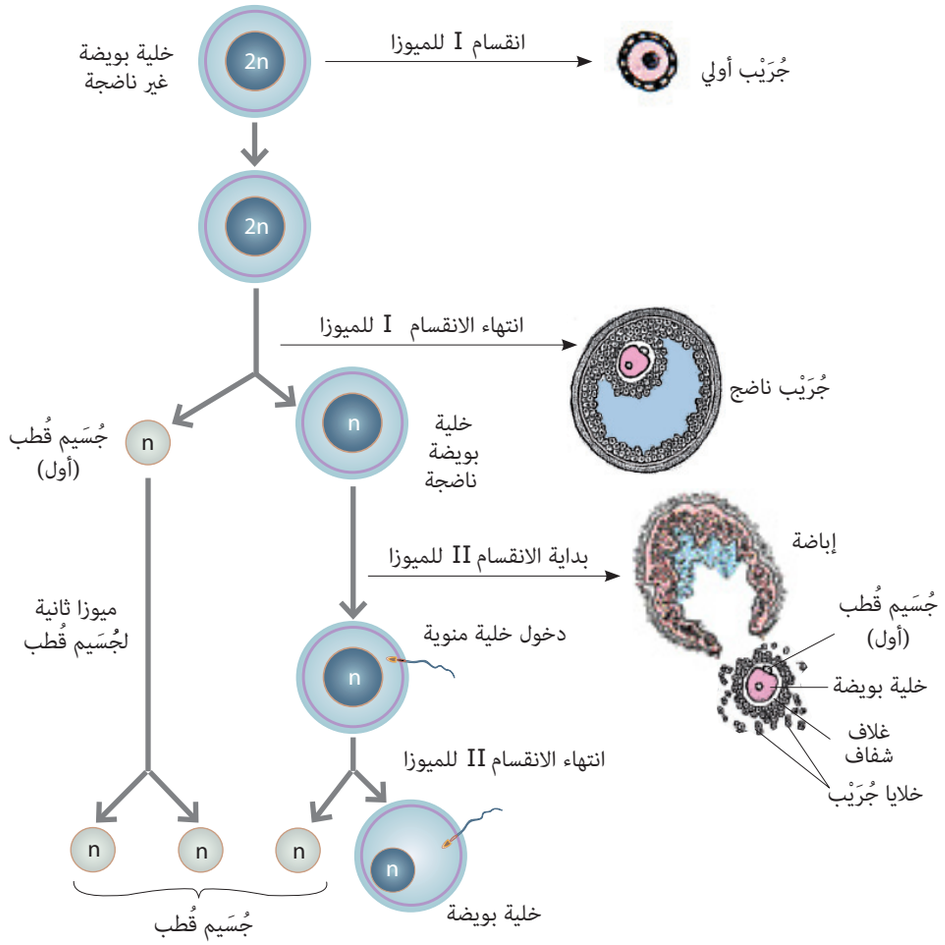
يصب السائل الذي في داخله إلى فراغ البطن وتخرج البويضة الناضج من المبيض (مع طبقة الخلايا الموجودة حولها). هذه المرحلة نسمِّيها مرحلة **الإباضة**. من خلايا الجُرَيْب الذي بقي في المبيض، يتطور مبنى نسمِّيه جُسَيم أصفر، نشرح وظيفته فيما بعد. تصف الرسمة ج - 7 مراحل نضوج الجُرَيْب في المبيض والإباضة. من الجدير أنْ نذكر أنّ قسمًا من النساء تُميِّز مرحلة الإباضة بواسطة آلام حادّة وقصيرة أو تشعر بثقل في أسفل البطن.



الرسمة ج -7: نضوج جُرَيْب في المبيض وإباضة

انتبهوا! الأسهم في الرسم التخطيطي، لا تُشير إلى حركة، بل إلى ترتيب الأحداث.

تعرض الرسمة ج - 8 مراحل تطور خلية البويضة بالموازاة لتطور الجُرَيْب. أثناء الولادة، خلايا البويضات في الجُرَيْبات لا تكون ناضجة. وهي موجودة في مرحلة الإنقسام الأول **للميوزا**، بعد تنظيم الكروموسومات في خط الأستواء (انظروا الرسمة أ - 4 في صفحة 16). ابتداءً من سن البلوغ، كل شهر، في خلية البويضة لأحد الجُرَيْبات الناضجة، تتجدد عملية الميوزا التي بدأت في الفترة الجنينية. في هذه المرة أيضًا، لا تصل العملية إلى النهاية: ينتهي الإنقسام الثاول لليموزا فقط. في نهاية العملية الأولى للميوزا، نحصل في خلية البويضة على نواتين في كل واحدة منهما نصف عدد الكروموسومات التي كانت في الخلية (n كروموسومات). نجد الخلية التي فيها نواتان في الجُرَيْب الناضج وهي لا تنقسم إلى خليتين. تبقى إحدى النواتين في الخلية، وهذه الخلية هي خلية البويضة التي تخرج من المبيض أثناء **الإباضة**. النواة الثانية نسمِّيها جُسيم قُطب وهي تخرج من خلية البويضة، لكن تبقى مرافقة تحت الغلاف الشفاف (الرسمة ج - 8). قبل أن تخرج خلية البويضة من الجُرَيب في المبيض، تبدأ في خلية البويضة عملية الانقسام الثانية للميوزا، لكن هذه العملية أيضًا، لا تصل إلى النهاية. تصل عملية الانقسام الثانية للميوزا إلى نهايتها، فقط عندما تكون خلية البويضة في الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة (قناة فالوب) وبشرط أن تخترقها خلية منوية. في عملية الإنقسام الثانية للميوزا، يَنْتُج جُسَيْم قُطب أيضًا، وعلى الأغلب، جُسَيم القطب الأول يمر المرحلة الثانية لإنقسام الميوزا، ونتيجة لذلك تَنْتُج ثلاثة أجسام قُطب صغيرة مجاورة لخلية البويضة، لكنها تضمر وتموت.



الرسمة ج -8: مراحل تطور خلية البويضةة في الجُرَيْب.
على اليمين: نضوج جُرَيْب في المبيض، على اليسار: مراحل الميوزا في خلية البويضة.

انتبهوا! توجد عدة فروق بين إنتاج خلية تناسلية ناضجة في المرأة وبين إنتاج خلية تناسلية ناضجة عند الرجل:

- تلد الطفلة مع خلايا بويضة غير ناضجة، أما الطفل فإنه يلد مع خلايا تنقسم في المستقبل وتتمايز إلى خلايا منوية.
- عند النساء، تبدأ عملية الميوزا في المرحلة الجنينية، وتنتهي مع الإخصاب فقط (قد تتم عملية الميوزا بعد مرور 40 سنة أيضًا). أما عند الرجال، تنضج الخلية المنوية خلال 70 يومًا تقريبًا.
- توجد دورية عند النساء: في كل شهر، تبدأ عدة خلايا بويضات فقط في النضوج. وفقط واحدة منها تصل النضوج. عند الرجال، عملية إنتاج الخلايا المنوية مستمرة وتبدأ في سن البلوغ وتستمر حتى الشيخوخة.
- عند النساء بالموازة لعملية نضوج كل خلية بويضة واحدة، تَنْتُج جُسَيْمات قُطب أيضًا وتضمر. أما عند الرجال، من كل خلية منوية أولية تمر ميوزا، نحصل على أربع خلايا منوية.

ج3. دورة الحيض

في أعقاب التغيُّرات الهورمونالية التي تبدأ في سن البلوغ، في كل شهر، تبدأ عمليات في المبيض والرحم تهدف إلى استيعاب الجنين. جميع هذه العمليات نسمِّيها **دورة الحيض** (الدورة الشهرية). في هذه العملية التي معظمها مخفية عن أنظارنا، يشترك المخ، المبيض والرحم. العبير الخارجي لحدوث هذه العمليات هو الظهور الأول لنزيف دم الحيض. منذ هذه اللحظة، تعود عمليات دورة الحيض كل شهر خلال السنوات حتى سن 50 سنة تقريبًا، ومن هنا جاء اسم "الدورة الشهرية".

تشمل الدورة الشهرية عمليتين مركزيتين:

- نضوج خلية البويضة في المبيض وخروجها منه - **إباضة**.
- **تحضير الرحم** لاستيعاب الجنين.

تتم مراقبة دورة الحيض بواسطة نشاط هورموناليّ دوري يحدث في الهيبوثالموس، الغدة النخامية، المبيض والرحم. تعرض الرسمة ج - 9 التغيُّرات التي تحدث في المبيض والرحم خلال دورة مدتها 28 يومًا ومستوى الهورمونات في الدم، في هذه الفترة. تمّ الوصف بحسب تسلسل أيام الدورة الشهرية. انظروا إلى الرسوم البيانية والرسومات التوضيحية خلال قراءة الوصف. انتبهوا، رقمنا المراحل في النص والرسمة أيضًا.

الأيام 1-5

اليوم الأول الذي يتم فيه نزيف دم الحيض نحدِّده بشكل عشوائي على أنه اليوم الأول للدورة الشهرية، لأن هذا الحدث يمكن تمييزه بسهولة. لكن كما ذكرنا، نزيف دم الحيض هو تعبير خارجي فقط لعمليات داخلية كثيرة.

في الأيام الأولى من الدورة، أثناء نزيف دم الحيض، يطرأ ارتفاع طفيف في إفراز الـ **FSH** والـ **LH** من الغدة النخامية (بتأثير GnRH) (1). في هذه الفترة، يكون مستوى الهورمونين الجنسيين إسترجون وبروجسترون (اللذان مصدرهما من المبيض) منخفضًا. في هذه الأيام، تُحفظ مستويات الهورمونات بمستوى منخفض نسبيًا بسبب آليات التغذية المرتدة السالبة التي تُنظِّم إفرازها (الرسمة ج - 5).

بفضل تأثير الـ FSH (الهورمون الذي يُثير الجُريب) والـ LH، تبدأ في أحد المبيضات، عدة جُرَيْبات أولية بالتطور (2)، لكن أحد هذه الجُرَيْبات يستمر في التطور والجُرَيْبات الأخرى تضمر وتموت.

الأيام 6-14

خلال الأيام القادمة، يستمر تطور الجُرَيْب ونضوج خلية البويضة. في اليوم السادس تقريبًا، يبدأ الجُرَيْب بإفراز **إستروجن**، حيث يرتفع مستواه في الدم (3).

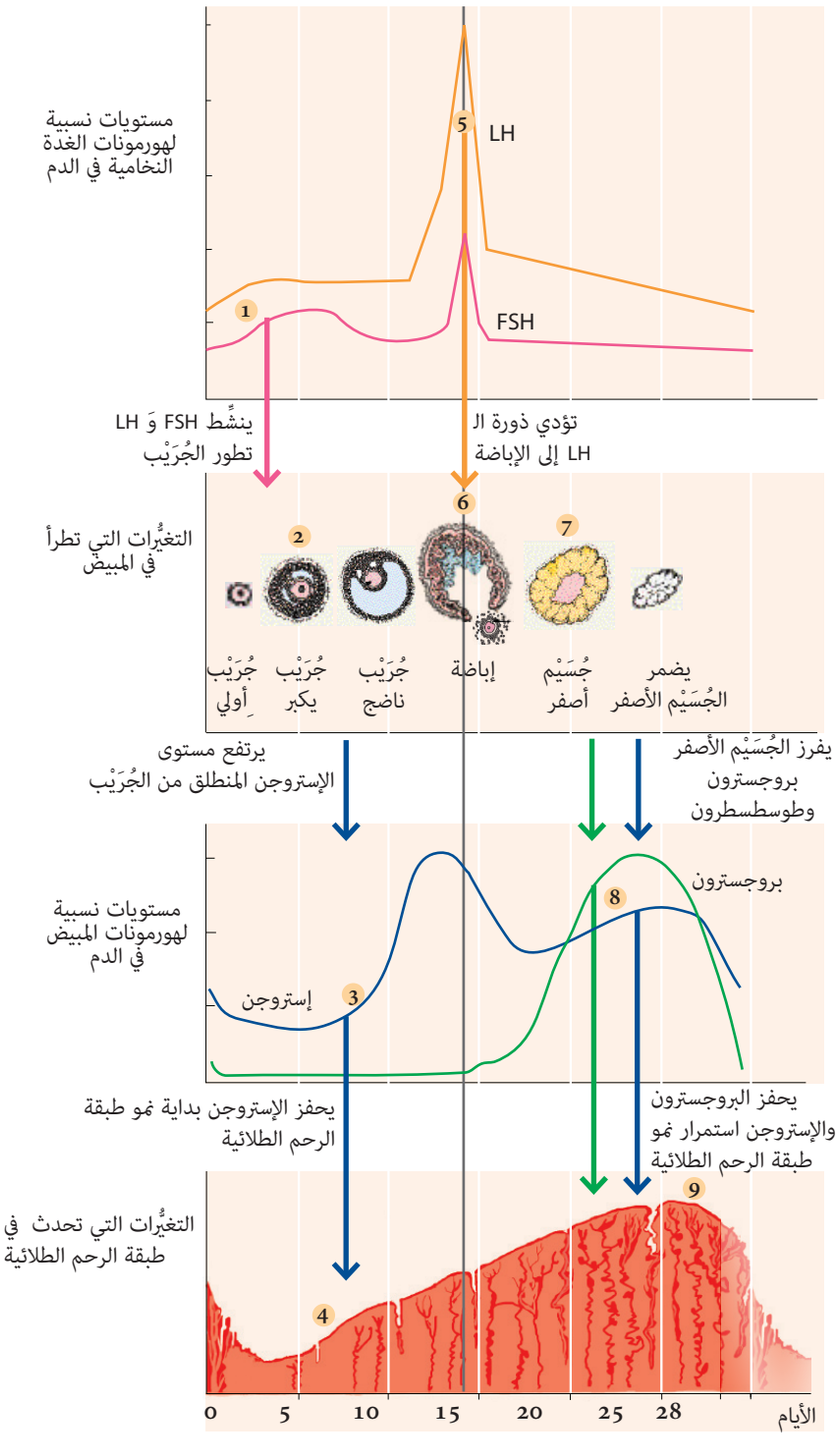
عندما يصل الإستروجن الرحم، فإنّه يحفِّز بداية نمو طبقة الرحم الطلائية (4). تصبح الطبقة سميكة جدًا، وتنمو إلى داخلها شعيرات دم كثيرة من جدار الرحم. وهكذا يمر الرحم بعملية تحضير لاستيعاب الجنين داخله. يزداد إفراز الإستروجن من الجُرَيْب الذي يتطور. عندما يصل الإستروجن مستوى الذروة في الدم، فإنّ مستواه العالي يؤثر على الغدة النخامية **بتغذية مرتدة موجبة**، حيث يؤدي ذلك إلى إفراز الهورمونين LH وَ FSH لفترة زمنية قصيرة(5)، اللذان يحفزان المبيض. هذا الوضع نسمِّيه "الذروة".

في اليوم الـ 14 تقريبًا، يؤدي المستوى العالي لـ LH إلى إزدياد ضغط السوائل في الجُرَيْب، وإلى نشاط إنزيمات التحليل التي تؤدي إلى انفجار غشاء الجُرَيْب، حيث يؤدي ذلك إلى انطلاق خلية البويضة (من المبيض)، التي تحيطها طبقة خلايا. هذه العملية نسمِّيها **إباضة** (6). تصل خلية البويضة إلى أنبوب ناقل خلايا البويضة المستعدة للإخصاب خلال حوالي 24 ساعة. إذا وصلت، خلال هذه الفترة، خلية منوية إلى خلية البويضة، ودخلت عبر غشاء خلية البويضة، ينتهي في خلية البويضة الإنقسام الثاني للميوزا (الرسمة ج - 8) وهكذا يتم الإخصاب.

الأيام 14-28

بعد الإباضة، الجُرَيْب الذي خرج في أعقاب التركيز العالي للهورمون LH يبقى دون خلية البويضة، لكنه يستمر في أداء الوظيفة. يبقى في المبيض، يتم إغلاق الفتحة ويمتلئ بمادة دهنية صفراء. في هذه الحالة، الجُرَيْب الذي خَرَج نسمِّيه **جُسيم أصفر** (7) (ومن هنا جاء اسم الهورمون LH الذي يُثير الإباضة - هورنون الإصفرار").

يُفرز الجُسَيْم الأصفر إلى الدم هورمونين: **بروجسترون** وإستروجن (8). يحفز البروجسترون نمو إضافي لطبقة الرحم الطلائية كتحضير لاستيعاب خلية البويضة المخصبة. وفي نفس الوقت، يصل مع تيار الدم إلى الغدة النخامية والهيبوثالموس ويفعِّل هناك **تغذية مرتدة سالبة**. تؤدي هذه التغذية المرتدة إلى إعاقة (تثبيط) إفراز FSH وَ LH من الغدة النخامية، وهكذا نمنع، في هذه الأيام، من تطور جُرَيْبات أولية إضافية حتى نهاية الدورة الشهرية. لكن تثبيط الإفراز ليس مطلقًا: يبقى مستوى منخفض جدًا للـ LH في الدم، وهو ضروري لاستمرار أداء الجُسَيم الأصفر. إذا تمَّ تخصيب خلية البويضة الموجودة في الفالوب بواسطة خلية منوية ويتطور حمل، يستمر الجُسَيم الأصفر في إفراز البروجسترون الذي يمنع نزيف دم الحيض ويُتيح سيرورة سليمة للحمل في المراحل الأولى. إذا لم يحدث إخصاب، تتحلل خلية البويضة خلال حوالي 48 حتى 72 ساعة بعد الإباضة، يتقلص الجُسَيم الأصفر، يضمر ويتوقف عن إفراز البروجسترون تدريجيًا. يؤدي انخفاض مسوى البروجسترون في الدم إلى تحليل وتساقط طبقة الرحم الطلائية (9) التي تطورت في جدار الرحم كتحضير لاستيعاب الجنين. تحتوي طبقة الرحم الطلائية المنطلقة على شعيرات دم نمَّت داخلها خلال الدورة الشهرية. بقايا طبقة الرحم الطلائية وشعيرات الدم هي نزيف دم الحيض.



الرسمة ج -9: مستويات هورمونات في الدم والتغيُّرات في المبيض والرحم خلال دورة الحيض

بالموازة لإضمرار الجُسَيْم الأصفر، وقبل نزيف دم الحيض، يؤدي انخفاض مستوى البروجسارون والأستروجن إلى إبطال التغذية المرتدة السالبة التي تمَّ تفعيلها على المخ ويتجدد إفراز الهورمونين FSH وَ LH من الغدة النخامية. يحفز هذا الإفراز مجموعة جديدة من الجُرَيْبات الأولية التي تبدأ في التطور مع قدوم دورة الحيض.

سؤال ج -3

تمعَّنوا في الرسمة ج - 9 واقترحوا طريقة تمنع الإباضة بواسطة إضافة هورمونات بطريقة اصطناعية. اشرحوا إقتراحاتكم.

سؤال ج-4

أمامكم عبارات تصف أحداث دورة الحيض.

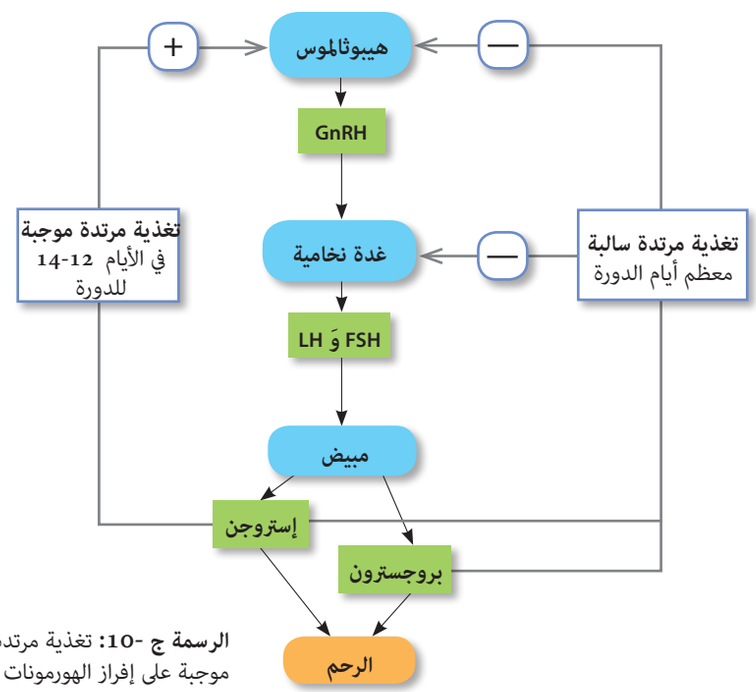
أ. أكملوا الكلمات الناقصة في العبارات.

ب. رتِّبوا العبارات بحسب حدوثها أثناء دورة الحيض.

قائمة العبارات

- ارتفاع مستوى _____ وَ_____ في الدم، يُعيق إفراز LH وَ FSH.
- قبل منتصف الدورة بقليل، يرتفع مستوى _____ في الدم ويؤدي إلى ارتفاع حاد في _____.
- _____ الذي يُفرز من الهيبوثالموس يحفز الغدة النخامية على إفراز _____ وَ_____.
- الروجسترون والإستروجن اللذان يُفرزان من ال_____، يُحفظان على طبقة الرحك الطلائية خلال مدة زمنية معيّنة.
- _____ الذي يحدث في منتصف الدورة الدموية، يؤدي إلى _____ وبعد ذلك إلى تكوين جُسَيْم أصفر.
- يُنشِّط ال FSH وال LH كل من ال_____، ال_____، ال_____ وال_____.

تصف الرسمة ج -10 المراقبة بواسطة إفراز هورمونات بواسطة دوائر تغذية مرتدة موجبة وتغذية مرتدة سالبة التي تفعِّلها الهورمونات ذاتها. من المهم الانتباه إلى تعقيد التظيم الهورموناني وبالأساس إلى التأثيرات المختلفة للإستروجن.



الرسمة ج -10: تغذية مرتدة سالبة وتغذية مرتدة موجبة على إفراز الهورمونات في دورة الحيض

جدير بالمعرفة

مدة الدورة الشهرية

تستغرق الدورة الشهرية بمعدل حوالي 28 يومًا، لكن عند الفتيات والنساء، يوجد انحراف بارز عن هذا المعدل. في الفترة الأولى من البلوغ، الدورة الشهرية لا تكون منتظمة عادةً. بعد مرور سنتين على ظهور الدورة الشهرية الأولى، يمكن أن تكون أشهر دون إباضة ويمكن أن تكون دورات شهرية بطول مختلف، من 25 حتى 35 يومًا وجميعها في إطار الحالات السليمة. فيا بعد، يمكن أن تظهر تشويشات في الدورة الشهرية، في حالات مختلفة، في شروط الحياة، مثل: الخدمة العسكرية، الجهد الجسماني أو العاطفي الشاذ، في أعقاب ممارسة الرياضة بشكل مكثف كما هو الأمر عند الفتيات التي تمارس الرياضة بشكل مكثف. الحميات الغذائية المتطرفة التي تهدف إلى النحافة، تشوش على الدورة الشهري وقد تؤدي إلى توقفها. عند النساء الكبيرة في السن، توجد فروق شخصية بمدى انتظام الدورة الشهرية وبالأساس بالمدة الزمنية التي تستغرقها. عند معظم النساء التي حالتها الصحية سليمة، تكون الدورة الشهرية منتظمة للغاية، لكن مدتها الزمنية قد تتغيَّر بشكل كبير جدًا خلال فترات الحياة المختلفة. على الرغم من أن المدة الزمنية للدورة الشهرية تختلف عند النساء وقد تحدث في فترات زمنية مختفلة، فإنَّ الإباضة تبدأ 14 يومًا قبل إنتهاء الدورة الدموية، مثلاً: إذا استمرت الدورة 31 يومًا، فإنَّ الإباضة تبدأ في اليوم الـ 17.

سؤال ج-5

أمامكم عدة عبارات متعلقة بموضوع دورة الحيض. انسخوا كل عبارة واذكروا ما إذا **صحيحة** أو **غير صحيحة**.

سجِّلوا جملة صحيحة لكل جملة غبير صحيحة.

العبارات

أ. يؤثر الهورمون FSH على تطور الجُرَيْب، حيث تؤدي خلايا الجُرَيْب إلى إفراز هورمون إستروجن.

ب. يؤدي الإستروجن أحيانًا إلى **إعاقة** إفراز هورمونات من الغدة النخامية، وأحيانًا يؤدي إلى **إزدياد** إفراز الهورمونات من الغدة النخامية. من هنا يمكن القول: إنَّ الإستروجن يؤدي أحيانًا إلى تغذية مرتدة ومجبة وأحيانًا إلى تغذية مرتدة سالبة.

ج. يتم تنظيم مستوى الإستروجن بواسطة آليات التغذية المرتدة بين المبيض، الغدة النخامية والهيبوثالموس.

د. الإباضة معناها تطور إحدى خلايا البويضة داخل المبيض.

ه. تاتلوث في قناة فالوب المرأة الذي يؤدي إلى انسدادها، قد يمنع الحمل، لأن الهورمونات لا تصل من المبيض إلى الرحم.

و. ترتيب الأحداث في الدورة الشهرية للمرأة هو إفراز FSH، نمو الجُرَيْب، الإباضة.

ز. يؤدي هورمون LH إلى الإباضة. بعد ذلك، تتحوَّل خلايا الجُرَيْب إلى جُسَيْم أصفر.

ح. البروجسترون يُعيق إفراز FSH وَ LH وهكذا يحفِّز المبيض للإستعداد إلى نضوج خلية البويضة القادمة.

ط. إذا لم يتم الإخصاب، يضمر الجُسَيْم الأصفر ويتوقف إفراز البروجسترون.

ي. إذا لم يتم إخصاب خلية البويضة، لا يحدث حمل، تتحلل طبقة الرحم الطلائية الغنية بالأوعية الدموية وتبدأ الدورة من جديد.

توسُّع

المزيد عن التغذية المرتدة الموجبة

التغذية المرتدة الموجبة هي ظاهرة نادرة بالمقارنة مع التغذية المرتدة السالبة، ويوجد في ذلك منطق كبير جدًا. نتيجة عملية المردودية السالبة هي الحفاظ على وضع ثابت (اتزان بدني)، أما نتيجة عملية المردودية الموجبة فهي إزدياد العملية. تتم التغذية المرتدة السالبة في أحداث خاصة، مثل: مرحلة الإباضة في دورة الحيض، الولادة (صفحة 58) وأثناء حدوث جُرح. عندما يُصاب وعاء دم ويبدأ نزيف، تلتصق صفائح الدم في المنطقة المصابة وتُفرز مواد تجذب صفائح دم أخرى إلى هذا المكان. عندما يحدث التخثر، يتوقف النزيف وتتوقف التغذية المرتدة الموجبة. من السهل أن نفهم أنه إذا لم يتوقف التخثر، فإنّ ذلك يؤدي إلى أضرار في أعقاب حدوث التخثر غير المراقب. أثناء تفريغ مثانة البول، تحدث تغذية مرتدة موجبة، لأننا لا نستطيع إيقاف تدفق البول بعد أن بدأت عملية التبول. لا تستمر التغذية المرتدة الموجبة إلى ما لا نهاية وهي تتوقف مع إنتهاء الحدث الخاص، مثل: الإباضة، الولادة، النزيف أو تفريغ مثانة البول.

ج4. إلتقاء خلايا تناسلية وإخصاب

ج1.4 مسار خلايا التكاثر في طريقها إلى الإخصاب

المسار التي تقطعه خلايا البويضة، من المبيض إلى **الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة** ويتم فيه **الإخصاب**، ليس طويلًا (الرسمة ج - 1 صفحة 35). خلية البويضة التي تخرج من المبيض خلال عملية الإباضة، تدخل إلى فتحة (تشبه القمع) أنبوب ينقل خلايا البويضة القريبة إلى المبيض الذي خرجت منه. توجِّه حركة أهداب الأنبوب والحركة الموجية لحافة الأنبوب خلية البويضة إلى داخل الأنبوب.

يستمر انتقال خلية البويضة من المبيض إلى أنبوب ناقل خلايا البويضة عدة دقائق فقط. تبقى خلية البويضة حيوية لمدة 24 ساعة فقط منذ الإباضة، وهذا يعني إذا دخلت خلية منوية إلى خلية بويضة في هذه الساعات، فإنَّ البويضة تُخصب. لكن إذا تمَّ هذا الأمر بعد ذلك، فإنَّ البويضة لا تُخصب.

أثناء ممارسة العملية الجنسية، يُطلق الرجل حوالي 350 خلية منوية. تنتقل الخلايا المنوية الموجودة داخل السائل المنوي من الرجل إلى مهبل المرأة، ومن هناك تتقدم الخلايا المنوية عبر الرحم إلى أعلى الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة. فقط إذا وصلت إلى خلية البويضة في الوقت المناسب، فإنَّ الإخصاب قد يتم، لكن الخلايا المنوية تواجهها حواجز كثيرة في طريقها. الحاجز الأول في طريقها هو الحامضية السائدة في المهبل (pH 3-4 في معظم أيام الدورة). السائل المنوي هو قاعدي قليلا (7.2-7.6)، على ما يبدو، تحمي هذه القاعدية قسم من الخلايا المنوية عندما تمر عبر المهبل الحامضي.

بعد المهبل يأتي عُنق الرحم الذي من خلاياه يُفرز مخاط لزج. تتغيَّر مكونات المخاط الذي يُفرز ولزوجته خلال دورة الحيض. عند اقتراب موعد الإباضة، يصبح المخاط الموجود في عُنق الرحم أقل لزوجة (كرد فعل لارتفاع مستوى الإستروجن في الدم في هذه الفترة).

ما هي أفضلية ظروف البيئة المحيطة الخاصة في المهبل وعُنق الرحم أثناء أيام الدورة الشهرية؟

المهبل هو منطقة مفتوحة للبيئة المحيطة الخارجية، لذا فهو يتعرض لعوامل خارجية (مثلًا: البكتيريا). حامضية المهبل ولزوجة المخاط في عُنق الرحم، هما جزء من آليات حماية الجسم من العوامل الغريبة. لكن هذا النوع من آليات الحماية، يشكل صعوبة للخلايا المنوية أيضًا في طريقها إلى قناة فالوب: من مئات ملايين الخلايا المنوية التي تصل المهبل أثناء عملية قذف واحدة، تصل عدة ملايين خلايا منوية إلى الرحم، وفقط حوالي **100** خلية منوية تصل قناة الفالوب الموجودة فيه خلية البويضة (وحوالي **100** خلية منوية تصل إلى طرف الفالوب الذي **لا** تتواجد فيه خلية البويضة).

على ما يبدو، العملية كلها "تبذير" كبير جدًا: تتقدم كمية هائلة من الخلايا المنوية في مسار طويل شاق ومليء بالحواجز، من جميع هذه الملايين، تصل حوالي مائة خلية منوية إلى البيئة المحيطة للبويضة، من بين هذه الـ **100** خلية، فقط خلية واحدة، ربما، تُخصب البويضة. لكن العدد الهائل للخلايا المنوية ضروري لحدوث العملية: فهو يزيد من الاحتمال، لأنه على الرغم من وجود جميع الحواجز إلّا أنّ خلية منوية واحدة، على الاقل، تصل خلية البويضة. الخلايا المنوية التي لا تشترك في الإخصاب، تُبعد من جسم المرأة عبر المهبل أو يتم تحليلها.

من المهم أنْ نذكر أنّ جسم المرأة يفرض حواجز على الخلايا المنوية، لكن يساعد جسم المرأة في نفس الوقت الخلايا المنوية على أن تستمر في طريقها، لأنه أثناء ممارسة العملية الجنسية، تنقبض العضلات على طول الرحم وقناة فالوب، ويساعد هذا الانقباض الخلايا المنوية أن تتقدم على طول الفالوب، لكي تصل خلية البويضة. المادة الكيميائية التي تُفرز من خلايا الجُرَيْب تؤدي إلى جذب الخلايا المنوية إليه. على الأغلب تُحفظ حيوية الخلايا المنوية لمدة 4 أيام تقريبًا وهي قادرة على التخصيب في هذه المدة الزمنية.

سؤال ج-6

أ. ما هي العلاقة بين كمية الميتوكوندريا ومكانها في الخلايا المنوية وبين سرعة حركة الخلايا المنوية في طريقها إلى خلية البويضة؟

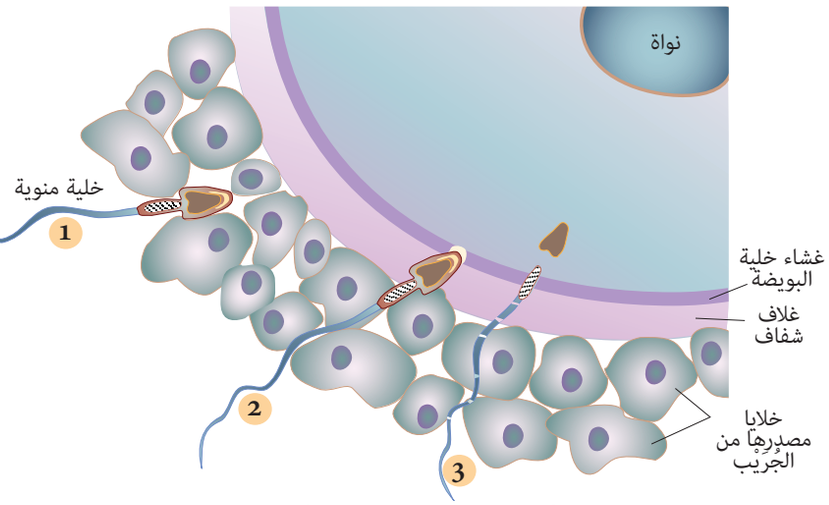
ب. ماذا يمكن أن تكون العلاقة بين الظروف في مسار الخلايا المنوية وبين مبدأ الإنتخاب الطبيعي؟ اشرحوا.

الخلايا المنوية التي تصل الأنبوب الناقل لخلايا البويضة، لا تكون قادرة على تخصيب خلية البويضة. لهذا الغرض، يجب عليها أن تمر المرحلة الأخيرة من الإخصاب، المرحلة التي نسمِّيها إعداد تتم في جسم المرأة. لا نعرف حتى الآن جميع تفاصيل هذه المرحلة، لكن وُجِدَت في هذه العملية تغيُّرت في السطح الخارجي للخلية المنوية، ترتفع فيها العمليات الأيضية وتزداد قُدرة حركة ذنب الخلية. فقط بعد حدوث هذه التغييرات التي تستمر بين 6 إلى 8 ساعات، تستطيع الخلية المنوية أن تُخصب خلية البويضة.

ج2.4 الإخصاب - إتحاد الخلايا التناسلية

العملية الأساسية في عملية **الإخصاب** هي إتحاد المادة الوراثية الموجودة في الخلية المنوية مع المادة الوراثية الموجودة في البويضة وإنتاج خلية ديبلوئيدية - **زيجوت (لاقحة)**. هذه العملية مشتركة لجميع أنواع الكائنات الحية التي تتكاثر بتكاثر جنسي.

كما ذكرنا، من بين حوالي الـ **100** خلية المنوية التي تبقى على قيد الحياة وتصل الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة التي فيها خلية البويضة، فقط خلية منوية واحدة (إنْ وُجِدت) تشترك في عملية الإخصاب! في طريقه إلى الهدف - إخصاب خلية البويضة التي "تنتظر" - تنتظره عدة حواجز أخرى (الرسمة ج-**11**).



الرسمة ج -11: خلية منوية تُخصب خلية البويضة (الأعداد تُمثِّل مراحل العملية).

حول خلية البويضة، توجد عدة خلايا خرجت معها من الجُرَيْب، كما أنها محاطة **بغلاف شفاف** (غير مبني من خلايا). يجب على الخلية المنوية أن تمر عبر خلايا الجُرَيْب (رقم 1 في الرسمة) وأن تصل بقواها الذاتية الغلاف الشفاف.

عندما تصل الخلية المنوية، ترتبط إلى أحد البروتينات الموجودة في الغلاف الشفاف ويَنْتُج تفاعل بين البروتين **والأكروزوم** الموجود في رأس الخلية المنوية. يساعد هذا التفاعل الخلية المنوية على الدخول عبر الغلاف الشفاف (رقم 2 في الرسمة). يتم تمييز الخلية المنوية، على أنها تنتمي لنفس النوع البيولوجي (species) الذي تنتمي إليه خلية البويضة، في مكان التلامس (الاتصال) بين الخلية المنوية وخلية البويضة. في نفس الوقت، تخرج امتدادات من خلية البويضة إلى الخلية المنوية وتشدها إلى الداخل. تساعد الحركة القوية لذنب الخلية المنوية على دخوله أيضًا. الخلية المنوية تدخل خلية البويضة (رقم 3 في الرسمة). يتحلل ويذوب كل من ذنب ورأس الخلية المنوية.

في أعقاب دخول الخلية المنوية، تبدأ تغيُّرات في غشاء خلية البويضة وفي الغلاف الشفاف، لكي تمنع دخول خلايا منوية إضافية إلى خلية البويضة. يؤدي الدمج مع الخلية المنوية إلى انتهاء الإنقسام الثاني **للميوزا** في خلية البويضة. يَنْتُج جُسَيْم قُطب (ثاني)، ويتم إخراجه إلى خارج خلية البويضة. تنتهي عملية الإخصاب عند إتحاد نواة الخلية المنوية مع نواة خلية البويضة.

سؤال ج -7

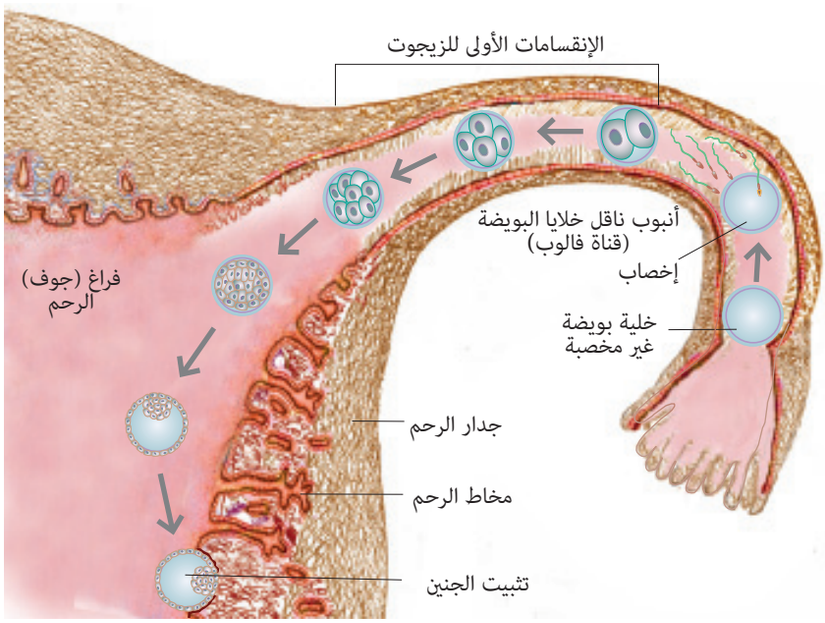
ماذا يحدث لو دخلت خليتين منويتين إلى داخل خلية البويضة؟

ج5. من الزيجوت إلى الوليد

الخلية المخصبة هي **زيجوت** - خلية **ديبلوئيدية** (2n)، نواتها تحتوي على n كروموسومات من الأب وعلى n كروموسومات من الأم. الزيجوت هي بداية إنسان جديد: **جنين** معلوماته الوراثية هي دمج المعلومات الوراثية لوالديه. توجد فروق في تفاصيل عملية الإخصاب والتطور الجنيني بين أنواع حيوانات متعددة خلايا محتلفة. لكن المشترك لجميعها أنه خلال التطور الجنيني، تحدث عملية مدهشة: من خلية الزيجوت الواحدة يتكوَّن كائن حي كامل فيه خلايا متنوعة، أنسجة وأعضاء مختلفة!

يبدأ التطور الجنيني بعد الإخصاب ومع انقسام **الميتوزا** للزيجوت (الرسمة ج - 12). تنقسم كل خلية من خليتي الإبنة، اللتان نحصل عليهما، انقسام ميتوزا، وهكذا يرتفع عدد الخلايا في الجنين الذي يتطور إلى 4، 8 ، 16، 32 خلية وهكذا دواليك حتى نحصل على كتلة خلايا.

في البداية، لا تكبر قياسات الجنين، لأن كبر كل خلية ابنة هو نصف كبر الخلية التي نَتَجت منها، وكبر كَتلة الخلايا مساوٍ لكبر الزيجوت (خلية البويضة المخصبة). انقسام هذه الخلايا سريع بالمقارنة مع وتيرة انقسام الخلايا في مراحل الحياة الأخرى. تتم هذه الإنقسامات بسبب المواد التي تتراكم في خلية البويضة أثناء نضوجها.



الرسمة ج -12: يتطور الزيجوت إلى جنين، ينتقل إلى الرحم ويُستةعب فيه.
انتبهوا! في الواقع، الزيجوت صغير جدًا نسبةً لقناة فالوب.

فيما بعد تتباطئ وتيرة الإنقسام. يتغيَّر تنظيم الخلايا في الجنين ويَنْتُج مبنى مكوَّن من طبقة خلايا كثيفة تُحيط تجويف (فراغ) مليء بمحلول أملاح وبروتينات. هذا التطور الأولي الذي يبيِّن بداية التمايز، يبدأ من خلال حركة الجنين من أنبوب ناقل خلايا البويضة، الذي تمَّ فيه الإخصاب، باتجاه الرحم: السائل الموجود في أنبوب ناقل خلايا البويضة والجنين الموجود داخله، يتم دفعهما باتجاه الرحم بواسطة انقباض العضلات في جدران الأنبوب وبواسطة حركة الأهداب التي تُبطن جدار الأنبوب. بعد مرور حوالي 4 أيام على الإخصاب، يصل الجنين الرحم. في اليومين الأولين، بعد وصول الجنين الرحم، يعوم الجنين في فراغ الرحم، وفقط في اليوم السادس أو السابع بعد الإخصاب، تتم عملية **"التثبيت"** في الرحم، الذي من خلاله ترتبط امتدادات من القسم الخارجي للجنين إلى مخاط الطبقة الطلائية للرحم التي أُعِدَّت مسبقًا بتأثير هورمونات. يبدأ **الحمل** عندما يتم استيعاب الجنين في مخاط الطبقة الطلائية للرحم.

ج1.5 تطور الجنين

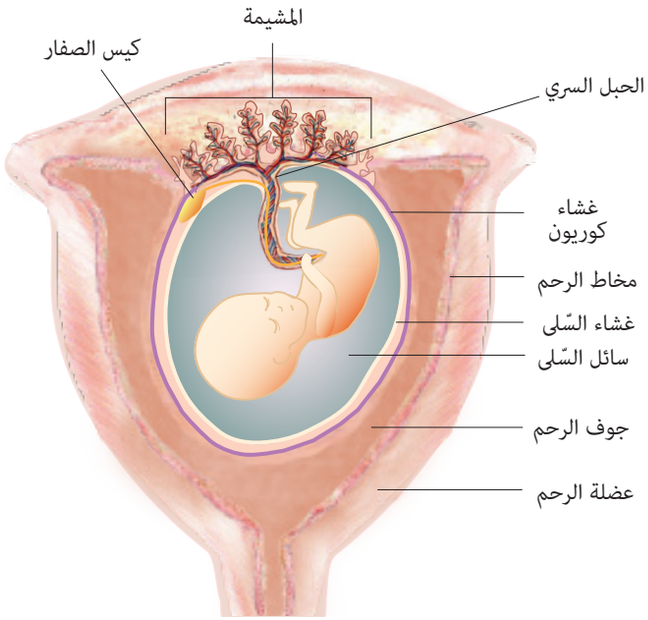
تكوين المشيمة ووظائفها

بعد أن يتم تثبيت الجنين الصغير في الطبقة المخاطية السميكة في جدار الرحم، يتطور كيسيْ جنين غشائيين: الداخلي - غشاء **السّلي** وفي داخله سائل السّلي والخارجي - غشاء **كوريون**. يكوِّن غشائي الجنين وسائل السّلي بيئة محيطة مائية ثابتة ومحمية للجنين (الرسمة ج - 13).

في الأسبوع الأول من الحمل، يتغذى الجنين بواسطة انتشار (ديفوزيا) المواد التي تُفرز من خلايا الطبقة المخاطية للرحم.

بعد ذلك، يتطور جهاز خاص لتغذية الجنين، لتبادل الغازات ولإبعاد الفضلات التي نسمِّيها **مشيمة**.

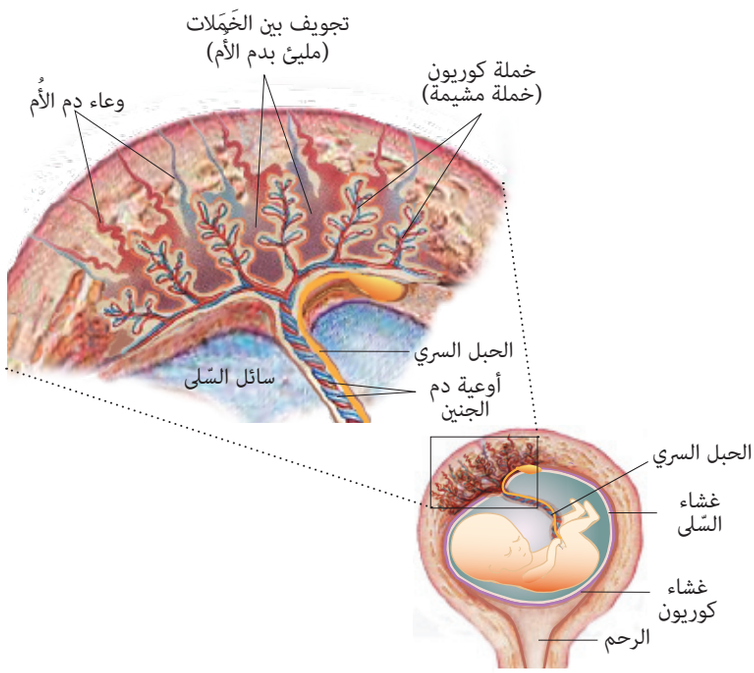
المشيمة هي عضو خاص للإناث الحاملة من الثدييات. هذا العضو مشترك للأم والجنين: تشترك الأم في إنتاج المشيمة التي تعتبر النسيج المخاطي في الجدار الداخلي للرحم، أما الجنين فيشترك مع الأم بغشاء كوريون. تخرج من غشاء كوريون بروز (**خَمَلات**) غنية بالأوعية الدموية، وهي تدخل إلى مخاط الرحم وتتوزع فيه كشبكة متفرعة.



الرسمة ج-13: الجنين، أغشية الجنين والمشيمة

تصل أوعية دم الأُم الطبقة المخاطية للرحم وتتوزع فيها كشبكة متفرعة (الرسمة ج- 14).
أوعية دم الأم مفتوحة في أطرافها، ويملئ دم الأم التجويفات (الفراغات) الموجودة بين الخَمَلات ويكوِّن "بحيرات" صغيرة جدًا تحيط الأوعية الدموية الصغيرة جدًا للجنين من جميع الجهات. من المهم أنْ نذكر أنَّ دم الأم ودم الجنين متجاورين جدًا في المشيمة، لكن لا توجد بينهما صلة مباشرة، لأنه تفصل بينهما أغشية الخلايا الموجودة في جدران الأوعية الدموية الجنينية.

تتم في المشيمة حركة مواد بين أجهزة دم الأم والجنين باتجاهين: ينتقل غذاء وأكسجين من دم الأُم إلى دم الجنين، وينتقل ثاني أكسيد الكربون (ناتج التنفس الخلوي) وفضلات الجنين من دم الجنين إلى دم الأم.
عند اقتراب نهاية الحمل، تنتقل من دم الأم، إلى دم الجنين، **مضادات حيوية** تكسبه حماية في بداية حياته.
انتقال المواد بين جهازي الدم اختياري ولا تستطيع كل المواد أن تنتقل. بفضل الانتقال الاختياري، نمنع عادةً انتقال مسببات أمراض من الأُم إلى الجنين. على الرغم من ذلك، من المهم أنْ نعرف أنّ هناك مسببات أمراض خطيرة تستطيع أن تنتقل إلى الجنين عبر المشيمة، مثلا: الفيروس الذي يؤدي إلى الحصبة الإلمانية (Rubella).
تستطيع مواد ضارة أيضًا، مثل: المخدرات، السموم، الكحول، الأدوية المختلفة وفضلات تَنْتُج من تدخين السجائر أنْ تدخل عبر المشيمة من الأُم إلى الجنين.
يتم تصريف الأوعية الدموية الجنينية الموجودة في المشيمة إلى ثلاثة أوعية دموية كبيرة تشكل معًا **الحبل السري** الذي يربط بين الجنين والمشيمة. في الحبل السري، يوجد وعاءان دمويان ينقلان الدم من الجنين إلى المشيمة ووعاء دم واحد ينقل دم من المشيمة إلى الجنين.
يوجد للمشيمة وظيفة مهمة إضافية، حيث تُفرز منها هورمونات ضرورية لاستمرار حمل سليم.
في بداية الحمل، تفرز المشيمة هورمون hCG (من الإنجليزية: human Chorionic Gonadotropin) إلى الدم. يتم استيعاب الهورمون في المبيض وهو يمنع من اضمرار الجُسَيْم الأصفر. بفضل ذلك يستمر الجُسَيْم الأصفر في إفراز الإستروجن والبروجسترون. بعد مرور حوالي شهرين على بداية الحمل، ينخفض إفراز hCG من المبيض ويضمر الجُسَيْم الأصفر. فيما بعد وخلال الحمل، المشيمة هي التي تفرز الهورمونين إستروجن وبروجسترون، حيث يرتفع مستواهما خلال الحمل. يخفف البرجسترون من انقباض عضلة الرحم الذي يحدث خلال الحمل وهكذا يمنع من انطلاق الجنين من الرحم قبل نهاية



الرسمة ج -14: مبنى المشيمة

تطوره. إذا كان مستوى هذه الهورمونات عالٍ لا تحدث دورة الحيض.
الهورمون hCG يكون في دم الأم ويفرز في البول. تعتمد فحوصات الحمل البيتية على فحص مستوى هورمون hCG في بول المرأة.

جدير بالمعرفة

فحص سائل السّلى

عندما يكون خوف من أن تطور الجنين غير سليم، يقترح الأطباء إجراء فحص سائل السّلى. يُخرج الطبيب كمية قلية من سائل السّلى بواسطة محقن، ويفحص الخلايا التي سقطت من الجنين أثناء الحمل الموجودة في السائل، كما يفحص السائل نفسه. يمكن استعمال طرق مختلفة للحصول على صورة كروموسومات الجنين، ولفحص سلامتها، كما يمكن فحص ما إذا الجنين ذكر أو أنثى. يساعد فحص مكوِّنات السائل على معرفة وجود أمراض معينة في الجنين.

للمزيد عن
***فحص سائل السّلى، انظروا الفصل الرابع**، صفحات 69-70.*

سؤال ج - *8*
كيف يمكن معرفة ما إذا الجنين ذكر أو أنثى بواسطة فحص سائل السّلى؟

سؤال ج - *9*
كيف يمكن شرح انقطاع دورة الحيض خلال الحمل؟ اذكروا في إجاباتكم وظائف الهورمونات.

مراحل تطور الجنين

خلال الحمل الذي يستمر بمعدل 270 يومًا تقريبًا (حوالي 40 أسبوعًا)، تَنْتُج مليارات الخلايا من خلية واحدة، حيث تختلف عن بعضها بالشكل والأداء. تحدث ثلاث عمليات تطور في الجنين:

- انقسام خلايا (ميتوزا) و**نمو**.
- **تمايز** خلايا.
- تنظيم خلايا في مبانٍ تُنْتِج أنسجة وأعضاء.

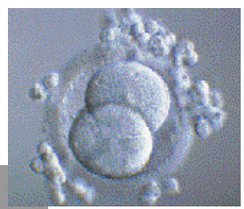
يساعد الإنقسام السريع للخلايا في النمو العام للجنين، لكن ازدياد عدد الخلايا هو فقط جزء واحد وبسيط من عملية التطور. في الجنين الذي فيه ثماني خلايا، جميع الخلايا متماثلة. إذا فصلنا الخلايا عن بعضها دون أن نضرها، يتطور من كل خلية جنين كامل. لكن يتغيَّر الوضع بعد عدة إنقسامات إضافية. على الرغم من أن الكروموسومات متماثلة في جميع الخلايا، وكذلك الأمر المعلومات الورثية، تبدأ كل مجموعة خلايا في التطور بشكل مختلف وخاص. هذه العملية نسمِّيها **تمايز** خلالها تتغيَّر الخلايا. في كل خلية، يتم التعبير عن جينات معينة وجينات أخرى لا يتم التعبير عنها. لذا كل مجموعة خلايا تكون خاصة في صفاتها ووظائفها. مثلاً: خلية العين تختلف بشكلها وبوظيفتها عن خلية الكبد، خلية الدم خلية العضلة والخلية العصبية.

علاقة بموضوع
***الخلية - مبنى ونشاط:** تمايز خلايا.*

الطريقة التي يتم فيها تحديد جينات يتم التعبير عنها في الخلايا المختلفة، هي موضوع يبحثه باحثون كثيرون وغير معروف كل شيء عنها. اعتمادًا على مُكتشفات الأبحاث، يمكن القول: إنَّ ظروف خلايا الجنين وبيئتها المحيطة، هي التي تحدد التعبير عن الجينات بشكل كبير جدًا: مواد في سيتوبلازم الخلية، مواد في البيئة المحيطة الخارجية للخلية وتلامس بين الخلايا المتجاورة. يبدأ التمايز مبكرًا جدًا في تطور الجنين.

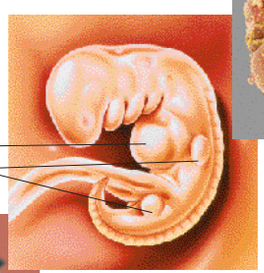
خلال تكاثر وتمايز الخلايا، تتم عمليات إضافية: تنتقل خلايا من مكان إلى آخر، تنطوي سطوح خلايا نسبةً لبعضها، يَنْتُج تلامس بين خلايا متجاورة وتُفرز مواد من مجموعات خلايا. فيما بعد، تظهر في تكتل الخلايا بروزات وتجويفات (فراغات) تكبر تدريجيًّا. النتيجة أن الجنين يتوقف عن التكتل إلى خلايا وتظهر فيه مبانٍ ذات أشكال مختلفة تعتبر بداية لأعضاء مختلفة في الجسم.

في الرسمة ج - 15، يمكنكم رؤية قسم من التغيُّرات التي تبدأ في الجنين.

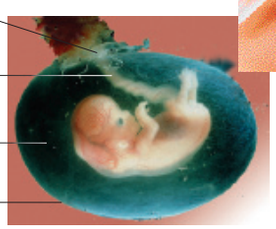


أ. جنين مكوَّن من خليتين، ناتج عن انقسام الزيجوت بعد مرور حوالي **30** ساعة على الإخصاب. نلاحظ حول الخلايا بقايا خلايا كانت تُحيط خلية البويضة.

ب. جنين مكوَّن من **16** خلية، وقد نتج بعد مرور حوالي **4** أيام على الإخصاب، كبره حوالي **0.1** ملم.



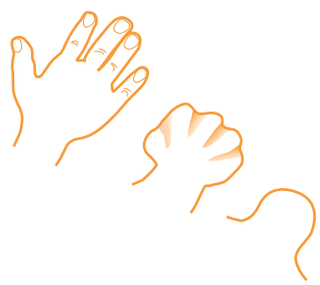
ج. جنين عُمرُه **4-5** أسابيع. طوله حوالي **6** ملم. انتبهوا إلى القلب وبراعم أطراف الجسم.



د. جنين عُمرُه **7-8** أسابيع. الجنين مربوط بالمشيمة بحبل سري، يطفو داخل سائل السّلى ومحاط بغشاء السّلى. طوله حوالي **4** سم ووزنه أقل من **10** غرامات.

الرسمة ج -15: تغيُّر الجنين في مراحل مختلفة من التطور.
انتبهوا! عرضنا كل مرحلة بتكبير آخر.

يتم التعبير عن تنظيم الخلايا إلى أعضاء من خلال تصميم أجهزة الجسم أيضًا. تمعَّنوا، على سبيل المثال، في جنين عُمره أربعة أسابيع (الرسمة ج - 15): في هذه المرحلة، نسمِّي اليدين والرجلين "براعم الأطراف" وهي تبدو بروزات لا شكل لها. بين الأسبوع السادس إلى السابع من الحمل، تبدأ الأصابع بالظهور في كف اليد، وفي هذه المرحلة تظهر وكأنها "نُحتت" من البرزة الأولى. يتم تنظيم مبنى كف اليد من خلال دمج عدة عمليات: تكاثر خلايا، انتقال خلايا من مكان إلى آخر وموت خلايا كثيرة. الخلايا التي تقع بين الأصابع تموت وتتحلل. وهكذا يَنْتُج المبنى الدقيق الطويل للإصبع مع الفراغات بينها. تنظيم الخلايا إلى أعضاء متعلق بتكاثر وتمايز الخلايا وبموت خلايا بأعداد هائلة. تصف الرسمة ج - **16** بشكل تخطيطي عملية تصميم مبنى كف اليد خلال تطور الجنين.



الرسمة ج -16: عملية تصميم مبنى كف اليد خلال تطور الجنين

تطور أعضاء الجنين

الشهر الأول، هو فترة النمو الأكثر نشاطًا في تطور الجنين. المشيمة تزوِّد الجنين بجميع المواد المطلوبة، لكي ينمو بسرعة كبيرة جدًا. عندما يكون عُمْر الجنين حوالي أربعة أسابيع، يمكن أن نلاحظ الرأس الذي يتطور فيه المخ، "براعم" اليدين والرجلين، "براعم" الأوعية الدموية ونبضات القلب. في هذه المرحلة، لا يبدو الجنين كإنسان فهو يشبه أجنة فقريات أخرى، على الرغم من وجود جميع براعم أعضاء الجسم فيه. يستمر الجنين في التطور كل يوم، لكن لا تنمو جميع مناطق الجسم في نفس الوتيرة. يتطور الرأس والمخ أسرع من سائر أعضاء الجسم.

في نهاية الأسبوع الثامن منذ بداية الحمل، نجد جميع أعضاء الجسم- على الرغم من أن طول الجنين في هذه المرحلة حوالي 4 سم ووزنه أقل من 10 غرامات! نميِّز ملامح وجهه وأعضاء جسمه المختلفة: عينان، أُذنان، مخ، جهاز هضم، كليتان، يدان ورجلان فيهما أصابع. من المثير للاهتمام أن نعرف أنه في الأسبوع الثامن، توجد للجنين بصمات أصابع واضحة. المخ يُشرف على نشاط الأعضاء. تفرز الكليتان الفضلات.

في الأسبوع الـ 12 يصبح الجنين فعَّالًا. فهو يستطيع أن يحرك أطرافه جسمه، رأسه وأن يغيِّر ملامح وجهه.

في الأسبوع الـ 16 يصبح شكل الجنين كشكل الطفل الصغير، ويمكن تمييز الأعضاء التناسلية الخارجية.

حتى الولادة، يتطور الجنين وينمو بشكل ملحوظ. على الرغم من وجود جميع الأعضاء، إلا أنه في نهاية الثلث الأول من الحمل، يتطور نشاط أجهزة الأعضاء تدريجيًّا. ينضج جهاز تبادل الغازات في الرئتين متأخرًا وينتهي في معظم الحالات فقط في الأسبوع الـ 34. الخُدج الذين يولدون في مرحلة متأخرة، قد يعانون بالأساس من صعوبات في التنفس بسبب نقص نضوج الرئتين. تبدأ الرئتين في تنفيذ عملية تبادل الغازات بعد الولادة فقط. كبر ووزن الوليد مهمان لبقاؤه. تستمر معظم حالات الحمل بين 260 إلى 280 يومًا (حوالي 40 أسبوعًا)، وفي نهاية الحمل يخرج وليد سليم وكامل التطور.

جدير بالمعرفة

الكبر والكتلة

كتلة خلية البويضة المخصبة للإنسان حوالي 2 على مليون من الغرام، أما معدل كتلة الجنين عند ولادته حوالي 3,400 غرام. خلال الحمل تكبر الكتلة حوالي مليارد ضعف!

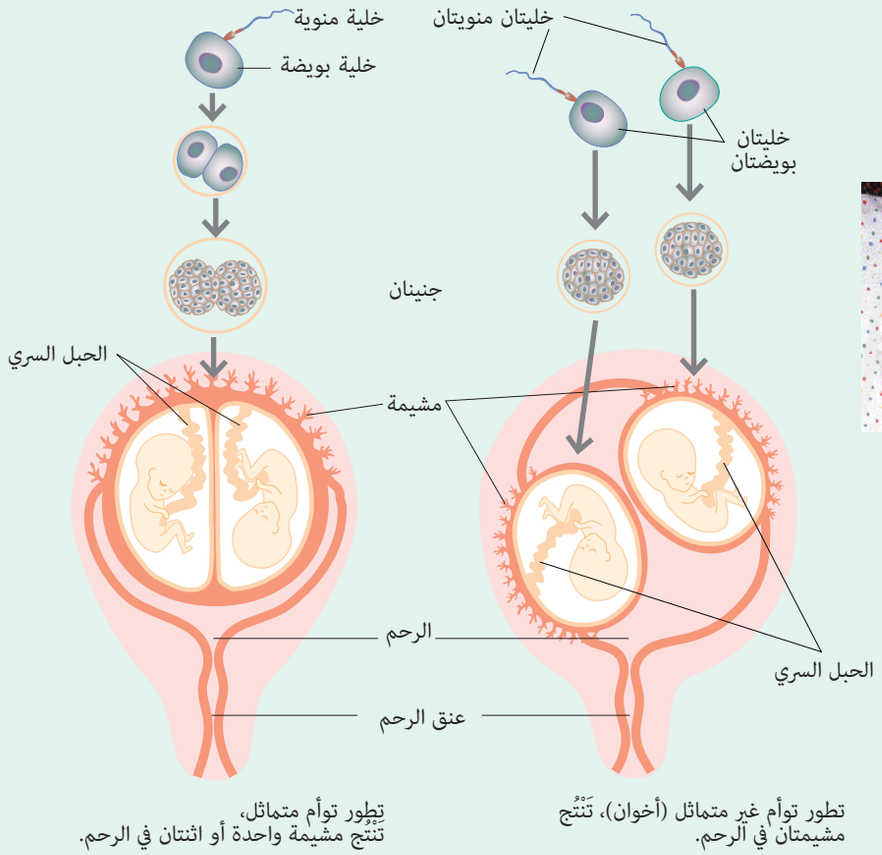
جدار الرحم مكوَّن من عضلات قوية ومرنة بشكل خاص، وهكذا يستطيع الرحم أن يكبر من عضو كبره 7 سم وكتلته حوالي 50 غرامًا إلى كيس يحتوي على جنين وزنه حوالي 3.4 كغم، مشيمة ولتران من سائل السَّلى، وكتلته الكلية حوالي 7 كغم.

توسُّع

التوأم

في كل دورة حيض، تخرج عادةً خلية بويضة واحدة فقط من إحدى المبيضين. في المبيض الثاني، لا ينضج جُرَيْب في نفس الوقت. لذا في معظم الحالات، يتم تخصيب خلية بويضة واحدة فقط. لكننا نعرف أن هناك حالات يولد فيها توأم، وأحيانًا أكثر من ولدين في الولادة الواحدة.

هناك إمكانيتان تؤديان إلى ولادة توأم بشكل طبيعي.



الرسمة ج -17: تطور توأم

إنَّ ولادة توأم متماثل أو غير متماثل هو حدث غير شائع، وهو يحدث بنسبة مقدارها حوالي **0.4%-0.3%** من الولادات. التوأم المتماثل هو التوأم الذي يتطور من خلية بويضة واحدة تمَّ تخصيبها بواسطة خلية منوية واحدة. يحدث الوضع الشائع لتطور توأم متماثل في الإنسان (**85%** من حالات التوأم المتماثلة) في المرحلة التي تكون فيها خليتان مباشرةً بعد الإخصاب. تنفصل الخليتان وكل واحدة منهما تشكّل بداية جنين جديد. في هذه الحالة، يتم الانفصال بين الخلايا في قناة فالوب. الغلاف الشفاف الموجود حول خلية البويضة يحتوي في داخله على الجنينين معًا، وعندما يصل الجنينان المتطوران الرحم، ينهدم الغلاف، ويمر الجنينان بالموازة عملية التثبيت. عادةً تكون للجنينين مشيمة واحدة، لكن الغشائين الخارجين للجنينين (السّلى وكوريون) يتطور كل منهما بشكل منفصل لكل جنين.

يَنْتُج توأمان غير متماثلان عندما تحدث إباضة مزدوجة. لأسباب غير معروفة، تنضج خليتان بويضتان في نفس الوقت - خلية بويضة واحدة في كل مبيض أو خليتان بويضتان في نفس المبيض. تخرج البويضتان في نفس الوقت إلى قناة فالوب وتُخصب كل واحدة منهما. تحدث هذه الإمكانية بشكل طبيعي في **2%-1%** من الولادات.

في هذه الحالة، يلد توأم مختلفان عن بعضهما في المعلومات الوراثية، والتشابه بينهما مثل التشابه بين أخوين عاديين، هذا يعني أنهما يمكن أن يكونا مختلفان عن بعضهما اختلاف كبير.
هذا النوع من التوأم، نسمِّيه توأم أخوة (الرسمة ج 17-).
الهورمونات التي تُعطى للنساء أثناء معاجة خصوبتها تؤدي إلى إخراج عدد كبير من خلايا البويضات في نفس الوقت، لذا يتطور أحيانًا حملًا متعدد الاجنة في أعقاب هذا العلاج.

للمزيد عن
حمل متعدد الأجنة، *في الفصل الرابع، صفحات 65, 73.*

سؤال ج - 10
وُلد توأم أطفال، ذكر وأنثى. هل مصدرهما من من خلية بويضة واحدة أم من خليتين؟

ج 2.5 الولادة

لا نعرف المحفز الذي يثير بداية **الولادة**، لكن يعتقد باحثون أن هذه الإثارة تحدث بواسطة هورمون تفرزه الغدة الكظرية للجنين. بحسب هذه الفرضية التي لم تُثبت نهائيًا كرد فعل لإفراز الهورمون الذي يَنْتُج في الجنين، يبدأ إفراز هورمون **أوكسيتونين** من الغدة النخامية للأم وهو الهورمون المعروف الذي ينشِّط الولادة. هذه الفرضية مثيرة للاهتمام، إذا كانت صحية، فمعنى ذلك أن العامل الذي يُثير عملية الولادة هو الجنين ذاته وليس جسم الأم. عندما يصل رأس الجنين عُنق الرحم، يَنْتُج ضغط على جدران عُنق الرحم الذي يستوعبه الجهاز العصبي للأم.

تصل المعلومات من الهيبوثالموس إلى الغدة النخامية التي تفرز هورمون أوكسيتونين، حيث يصل الأوكسيتونين الرحم مع تيار الدم ويُثير انقبضات دورية لعضلات جدران الرحم. هذه الإنقبضات نسمِّيها **آلام الولادة**. في أعقاب الإنقباض، تتمزق عادة أغشية الجنين وينطلق سائل السّبى من المهبل إلى الخارج (هذا الحدث نسمِّيه "نزول ماء").

يدفع انقباض عضلة الرحم وعضلة البطن الجنين باتجاه عنق الرحم الذي يتوسع مع بداية عملية الولادة. يتم دفع الجنين عبر عنق الرحم، وعبر المهبل إلى خارج الجسم، طفل جديد جاء إلى العالم! تصف الرسمة ج – 18 مراحل خروج الجنين.

الرسمة ج - 18: مراحل خروج الجنين

بعد ولادة الطفل، نقطع الحبل السري، وهكذا نقطع العلاقة بين الدورة الدموية للأُم وبين الدورة الدموية للوليد. يؤدي استمرار انقباض الرحم إلى انفصال المشيمة من الرحم وهي تخرج من الجسم مع أغشية الجنين وهكذا تكتمل عملية الولادة.

في مرحلة آلام الحمل، تعمل **التغذية المرتدة الموجبة**. التغذية المرتدة موجبة، لأن نتيجة العملية (ازدياد انقباض عضلة الرحم) تؤدي إلى ازدياد التحفيز (ضغط رأس الوليد) الذي يحفز إفراز إضافي للهورمون اوكسيتوتسين. الآلام (طلق الولادة) تدفع الجنين، ويستمر التحفيز لإفراز الهورمون (ضغط رأس الوليد). في اللحظة التي يخرج فيها رأس الجنين، يتوقف الضغط على جدران عنق الرحم، وهكذا يتوقف التحفيز لإفراز اوكسيتوتسين وتتوقف آلام الولادة.

سؤال ج -11

ارسموا رسمًا تخطيطيًّا يصف التغذية المرتدة الموجبة التي تعمل خلال الولادة.

نقسِّم عادةً سيرورة الولادة إلى ثلاث مراحل: مرحلة الآلام (الطلق)، مرحلة توسع عُنق الرحم ومرحلة خروج الوليد. تتغيَّر مدة كل مرحلة من ولادة إلى أخرى. هناك ولادات تستمر رُبع ساعة وهناك ولادات تستمر يوم كامل. الفروق ليست بين امرأة وأخرى، بل عند نفس المرأة ذاتها في الولادات المختلفة. توجد نساء ولدت مرة واحدة ولادة قصيرة ومرة أخرى استمرت الولادة زمن طويل..

التنفس الأول – الصيحة الأولى

عندما يكون الجنين في الرحم، فإنه لا يتنفس بواسطة رئتيه. يصل الدم إلى خلايا جسمه من دم الأُم عبر وعاء دم في الحبل السري، ويتم إخراج ثاني أكسيد الكربون عبر وعاء دم آخر في الحبل السري. تنضج الرئتين خلال الشهر الثامن للحمل، لكنها تكون فارغة من الهواء. في اللحظة التي يخرج فيها الجنين من الرحم، يدخل هواء مرة واحدة إلى رئتيه ويخرج منها مباشرةً. يفعِّل تيار الهواء الفجائي الأوتار الصوتية للجنين وهكذا نسمع صيحته الأولى. هذه الصيحة الأولى هي دلالة أن الوليد يتنفس بشكل سليم. من هذه الحظة، يتم استيعاب الأكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون من دم الوليد بواسطة رئتيه.

الوليد السليم، لا يستطيع أن يعيش بشكل مستقل وهو متعلق بالأشخاص الذين يعتنون به بشكل مطلق، لكن يوجد عدة أداءات يمكن فحصها عنده، لكي نتأكد من أن تطوره سليم. مثلًا: لكل وليد يوجد رد فعل نسمِّيه رد فعل الإمساك. إذا لمسنا كفة يده بطرف الإصبع، تنقبض أصابعه مباشرةً وتمسك بقوة الصبع الذي لمسه. هناك رد فعل إضافي يدل على تطور الوليد وهو رد فعل "التقدم": عندما نمسكه من كِلا طرفيْ جسمه بشكل ثابت، بحيث تلمس أطراف أصابعه سطح معين (سطح طاولة على سبيل المثال)، فهو يحرك رجليه الواحدة تلو الأخرى لفترة زمنية قصيرة جدًا بحركة ترجل وكأنه "يتقدم". يختفي هذا الرد الفعل خلال ساعات قليلة. المرة القادمة التي ينفِّذ فيها حركة ترجل (ترافقها تثبيت) تكون في سن سبعة إلى ثمانية شهور على الأقل، وعادةً أكثر من ذلك. هناك رد فعل إضافي يلد مع الوليد وهو رد فعل الرضاعة.

رد فعل إمساك

تغذية الطفل

في الأشهر الأولى، يتغذى الطفل من حليب الأُم. خلال الحمل، يؤثر تركيز البروجسترون العالي على تطور حويصلات الحليب في **غدد الحليب** في الثدي. بالإضافة إلى ذلك، تفرز الغدة النخامية هورمون **برولكتين** وهو يؤثر على إنتاج الحليب وإفرازه إلى الحويصلات. ما دام الطفل يرضع، يستمر إنتاج الحليب. يؤدي التوقف عن الرضاعة إلى توقف إنتاج الحليب.

يتأثر إنتاج الحليب وإفرازه في فترة الرضاعة من عوامل مختلفة، قسم منها داخلية – هورمونالية وعصبية، وقسم منها خارجية، مثل: تغذية الأُم وعملية رضاعة الطفل.

عندما يرضع الطفل، ينقل محفز الرضاعة مخفزات عصبية إلى الهيبوثالموس. في أعقاب هذا التحفيز، تُطلق الغدة النخامية هورمون إضافي نسمِّيه **اوكسيتوتسين** وهو يؤدي إلى انقباض خلايا في غدد الحليب في نسيج الثدي. نتيجة للانقباض، يتم دفع الحليب من الغدد إلى داخل أنابيب الحليب ومن هناك يخرج من الثدي. يحفز هذا الهورمون اقباض الرحم أيضًا، وهكذا يساعده لعودة إلى كبره العادي. من الجدير بالمعرفة أن بكاء الطفل يؤدي إلى إفراز اوكستينين.

سؤال ج -12

أي تغذية مرتدة تعمل في إنتاج الحليب؟ علِّلوا.

توسع

لا تلد جميعها لا حول ولا قوة لها (عاجزة عن الاعتناء بذاتها)

وليد الإنسان شاذ من ناحية قدرته على الاستقلال بحركاته بعد الولادة. مدة نضوج الإنسان طويلة بالمقارنة مع حيوانات أخرى. حتى في الفترات القديمة المختلفة التي اُعتبر فيها الأولاد بالغون لكل شيء من اللحظة التي وصلوا فيها البلوغ الجنسي، فقد اعتُبرت الفترة الزمنية 12-14 سنة على أنها مدة زمنية طويلة بالمقارنة مع بلوغ كل ثدي آخر.

أولاد الثدييات الكبيرة الأخرى، مثل: الفيل، الحصان، والأسد يقفون على أقدامهم مباشرةً بعد الولادة، ترضع حوالي 6-8 أسابيع وتصل البلوغ الجنسي في سن سنة حتى ثلاث سنوات.

يدعي باحث النشوء والارتقاء **ستيفن جولدن** (Stephen Gould, 1941-2002) أن الحيوان الذي مخه كبير وذا قدرات عقلية متطورة له أفضلية في البقاء. مخ الإنسان كبير نسبةً إلى جسمه وأكبر بكثير من مخ تدييات أخرى نسبة إلى أجسامها. افترض جولد أن هناك مرحلة نشوء وارتقاء حاسمة في تطور الإنسان، التي تمَّ التعبير عنها في تبكير عملية الولادة إلى مرحلة فيها التطور الجنيني لم ينتهي. استمرار عملية النمو في الرحم، قد تؤدي إلى أن لا يستطيع الجنين المرور في قناة الولادة بسبب كبر رأسه ومخه. ادعى جولد أن هناك قدرة بقاء عالية للوليد الذي يولد "غير كامل" وله رأس ومخ ولم يصلا ذروة الكبر، حتى إنْ لم يكن مستقلًا بشكل مطلق. لذا أثناء الولادة، لا يصل مخ الإنسان إلى الكبر النهائي، عظام جمجمة الوليد، لا تكون مغلقة ويستمر الرأس في النمو بعد الولادة أيضًا.

سؤال ج -13

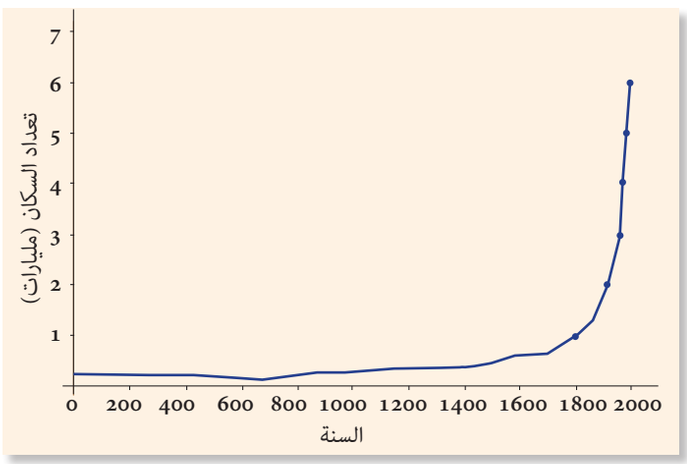
أبنوا جدولاً ونظّموا فيه معلومات عن الهورمونات التي تشترك في عملية تكاثر الإنسان. تطرقوا في الجدول إلى الجوانب الآتية: من أين يتم إفراز الهورمون؟ متى يتم إفراز الهورمون؟ ما هو العضو المستهدف؟ وما هو تأثيره؟

ج6. النمو السكاني للإنسان

يبحث هذا الفصل في أجهزة وعمليات تكاثر الإنسان في مستوى الفرد. لكن من المهم التطرق إلى التكاثر في سياق نمو التعداد السكاني للإنسان على الكرة الأرضية. النمو السكاني للإنسان يختلف بشكل كبير جدًا عن نمو عشائر الحيوانات الأخرى ومن ضمنها ثدييات كبيرة: خلال مئات السنوات الأخيرة، ازداد تعداد السكان في العالم بشكل كبير جدًا، أما عشائر الثدييات الكبيرة الأخرى صَغُرت وانقرض قسم منها في هذه الفترة. تعرض الرسمة ج - 19 ازدياد تعداد السكان خلال الـ **2,000** سنة الأخيرة. خلال الـ **1,800** سنة، ازداد تعداد السكان في العالم **5** أضعاف، من **200** مليون نسمة إلى مليارد (ألف مليون). من سنة **1,800**، خلال فترة زمنية قصيرة، حوالي **200** سنة فقط، طرأ تغيير ضخم جدًا بنسبة النمو: كبر تعداد السكان **6** أضعاف، وفي سنة **2011**، اجتاز تعداد السكان الـ **7** مليارات. التغيُّر بنسبة تعداد السكان، بدأ في القرن الـ **19** (**1,900-1,800**) متعلق بالثورة الصناعية، بالتطور التكنولوجي، بوسائل النقل، بتطور الطب وبتحسين الظروف الصحية. يمكن أن نشرح القفزة الكبيرة بوتيرة تعداد السكان في القرن العشرين بفضل المضادات الحيوية والأدوية الأخرى التي أدت إلى انخفاض عدد الوفيات بشكل عام وانخفاض وفيات الأطفال بشكل خاص. وبفضل طرق التطعيم ضد أمراض معينة، مثل: الجدري، السِّل وشلل الأطفال التي قلَّلت من الوفيات. في أعقاب هذا التحسين، بدأ ارتفاع حاد في معدل الحياة.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
انقراض أنواع.



الرسمة ج-19: ازدياد تعداد السكان

سؤال ج -14

هل توجد، بحسب رأيكم، علاقة بين ازدياد تعداد السكان وبين انقراض عشائر ثدييات كبيرة؟ عللوا.

التكاثر الهائل لبنو البشر، لا يضمن جودة حياة عالية للجميع. في دول كثيرة في العالم، لا يوجد غذاء وماء بكميات كافية، ليس من السهل الحصول على علاج طبي، ومعدل الحياة فيها أقصر من معدل الحياة الذي نعرفه في إسرائيل، في الدول الضعيفة التي نسمِّيها "دول العالم الثالث"،يزداد تعداد السكان بسرعة، في يومنا هذا، على الرغم من تقلص الموارد. أما في الدول المتطورة التي اقتصاهاد جيد (مثل)، فقد قلَّت وتيرة نمو تعداد السكان.

يعرف اليوم باحثون وزعماء أن استمرار نمو التعداد السكاني، قد يؤدي إلى نقص حاد في الغذاء وظروف الحياة الأساسية. كما يمكن أن يؤدي تأثير الإنسان إلى أضرار غير معكوسة لأنظمة الحياة على سطح الكرة الأرضية (مثلًا: في أعقاب ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، تلوثت مصادر المياه والتربة وتمَّ استغلال زائد للموارد لدرجة أنه يشكل خطرًا على بقاء جميع بنو البشر).

كيف يمكن أن نؤدي إلى تباطؤ في نسبة تعداد سكان العالم في الدول المختلفة؟

سنت الحكومة الصينية قوانين لتقليص الولادة: في المدينة، يُسمح للعائلة أن تُنجب طفلًا واحدًا فقط، وفي القرية 3 أطفال. كل من يخالف هذه القوانين، يدفع غرامات مالية، قد يكون تأثير سلبي لهذه الوسائل: خلال فترة زمنية معينة، يكون تعداد كبار السن كبيرًا، أما تعداد الشباب الذي يمول معيشتهم يكون قليلًا فقط. قد يتطور في دول أوروبا وضع شبيه، لأن نسبة الولادة فيها صغيرة جدًا دون أن تتدخل الحكومات.

وجد باحثي هذا الموضوع أن أحد العوامل الذي يؤثر على عدد الأولاد في العائلة هو مستوى تعلُّم المرأة. كلما كان مستوى تعلُّم المرأة عاليًا، يقل عدد الأطفال التي تنجبهم خلال حياتها وتزداد مساهمتها في دعم اقتصاد البيت. هناك عامل إضافي، قد يؤثر على تقايص الولادة وهو نشر معلومات وسائل لتنظيم العائلة.

للمزيد عن
تنظيم العائلة، *في الفصل الرابع، صفحات 74-75.*

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

- تساعد الأعضاء التناسلية على حدوث أربع عمليات: إنتاج خلايا تناسلية، إنتاج وإفراز هورمونات تنظِّم عمليات التكاثر، إلتقاء الخلايا التناسلية الذكرية مع الخلايا التناسلية الإنثوية وتطور الجنين في رحم المرأة.
- يشتمل جهاز تكاثر المرأة على: مبيض، أنابيب تنقل خلايا البويضة (قناة فالوب)، الرحم والمهبل.
- يشتمل جهاز تكاثر الرجل على: خصيتان، أنابيب تنقل الخلايا المنوية، قضيب وغُدد مساعدة.
- في سن البلوغ، يبدأ إفراز هورمونات من المخ، ويبدأ تطور العلامات الجنسية الثانوية.
- ابتداءً من سن البلوغ، تَنْتُج عند الشباب خلايا منوية من خلايا أولية في الخصيتين. تَنْتُج الخلايا المنوية في أعقاب عملية التمايز، انقسامات الميتوزا والميوزا.
- القسامان الأساسيان للخلية المنوية هما الرأس والذنب. تستطيع الخلايا المنوية أن تتحرك بشكل مستقل.
- في سن البلوغ، يبدأ عند الشابة نضوج خلايا البويضة في المبيض، كما تبدأ دورة الحيض. تتم مراقبة دورة الحيض بواسطة نشاط دوري في الهيبوثالموس، الغدة النخامية، في المبيض والرحم. تشتمل دورة الحيض على عمليتين مركزيتين تحدثان في نفس الوقت: الأولى - نضوج خلية البويضة في المبيض وإباضة والثانية تحضير الرحم لاستيعاب الجنين.
- الإخصاب - التقاء بين الخلية المنوية وخلية البويضة والاتحاد بينها - تحدث في أنبوب ناقل خلايا البويضة.
- بعد أن يرتبط (يتجذر) الجنين في الطبقة المخاطية السميكة في جدران الرحم، يتطور كيسيْ جنين غشائيين- غشاء السّلى وغشاء الكوريون.

- المشيمة هي نظام تغذية، تبادل غازات وإبعاد فضلات.
- تحدث ثلاث عمليات تطور في الجنين: انقسام الخلايا ونمو، تمايز خلايا وانتظام خلايا في مبانس تُنْتِج الأنسجة والأعضاء.
- يلد الطفل بعد حوالي 40 أسبوعًا ويتغذى من حليب أمه.
- تعداد السكان في العالم كبير جدًا، أما تعداد وعشائر الثدييات الكبيرة فإنها تصغر وحتى تنقرض.

مصطلحات مهمة في الفصل

FSH	ولادة
LH	دورة الحيض
استروجن	ماء (سائل) السَّلى
خصية	آليات المردودية (موجب وسالب)
بلوغ جنسي	المهبل
إباضة	علامات جنسية أولية وثانوية
غدد حليب	جنين
نمو	بروستتا
جُسَيْم أصفر	قضيب
ديبلوئيد	بروجسترون
هورمونات جنسية	برولكتين
هورمونات مناسل	أنبوب ينقل خلايا البويضة (قناة فالوب)
تغذية (جنين)	أنبوب ينقل الخلايا المنوية
الغدة النخامية	آلام الولادة
هيبوثالموس	أغشية الجنين (غشاء السَّلى وغشاء كوريون)
حمل	الرحم
إخصاب	مخاط الرحم
بلوغ جنسي	مبيض
تمايز	مشيمة
تنظيم هورموناني	سائل السّلى
جُرَيْب	خلية البويضة
صفار	خلية منوية
طوسطسطرون	خلايا تكاثر (جاميتات، خلايا تناسلية)
كوريون	