الفصل الثالث

أمشاج المرأة والرجل
The Male and Female Gametes

الحيوانات المنوية للإنسان

خلايا الحيوانات المنوية هي الخلايا التناسلية الذكرية وتُسمى أيضًا بالأمشاج gamete أو الخلية التناسلية germ cell، وتختلف خلايا النطفة للمرأة والرجل عن الخلايا العاديّة، فخلايا الحيوانات المنوية والبويضات عبارة عن خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية haploid بينما الخلايا العادية عبارة عن خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية diploid.

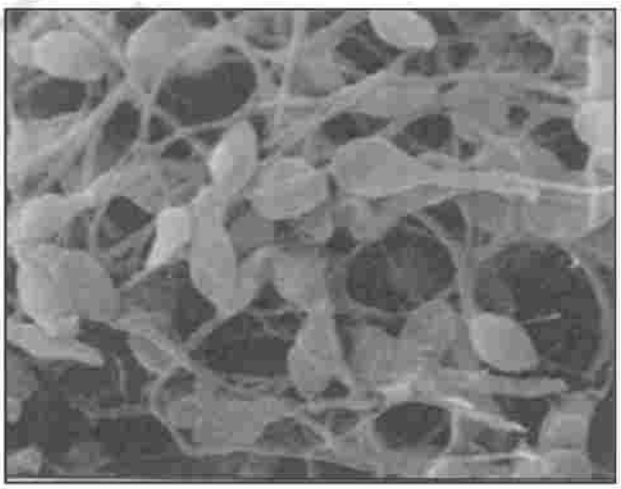
تحتوي كل من الحيوانات المنوية والبويضات على مجموعة واحدة من الكرموسومات، وهي نصف العدد الطبيعي أي ٢٣ زوجاً من الكرموسومات أو ما يسمى بالأشرطة الجينية coils of genes بينما الخلايا العادية وتسمى بالخلايا الجسدية somatic cells تحتوي على مجموعتين من الكرموسومات فيصبح عددها ٤٦ زوجاً من الكرموسومات، وجميع الخلايا عبارة عن خلايا جسديه ما عدا الخلايا التناسلية (الحيوانات المنوية والبويضات). فعندما تتلقح البويضة التي تتكون من ٢٣ زوجاً من الكرموسومات بالحيوان المنوي

الذي يتكون من ٢٣ زوجاً من الكرموسومات لتكوين خلية الجنين يصبح مجموعها ٤٦ كرموسوماً فتشبه بذلك الخلية الجسدية. وهذا يوضّح لماذا يحتوي كل من الحيوان المنوي والبويضة (والتي تسمى بالخلايا التناسلية) على مجموعة واحدة من المادّة الوراثيّة. ويوضّح الشكل رقم (١) الشكل الطبيعي للحيوانات المنوية للإنسان.

الشكل رقم (١). عيّنة حيوانات منوية للإنسان مصبوغة. نُشرت بإذن: حسن برجاك (مركز تورنتو للتقنيات المساعدة على الإنجاب *TCART*، تورونتو، كندا). تم صبغها في وحدة التلقيح الصناعي، مؤسسة حمد الطبية *HMC*، قطر.

خلية الحيوان المنوي صغيرة جدًا، وحيث إن له خاصية الحركة فهو يتكون من ذيل يساعده على الحركة للوصول إلى البويضة، ويستمد طاقته اللازمة التي تعينه على الحركة من الجزء الوسط في تركيبته فهو الذي يولّد الطاقة التي تسهّل حركته. ولا يمكن رؤية الحيوان المنوي بالعين المجرّدة فحجم الرأس حوالي ٥ ميكرونات، وطوله من الرأس إلى طرف الذيل يتراوح بين ٤٦,٤ ميكرون (إذا كان الحيوان المنوي يحمل الكروموسوم الذكري "ص"

الذي يجعل جنس الطفل ذكرا) و٤٧,٥ ميكرون (إذا كان الحيوان المنوي يحمل الكروموسوم الأنثوي "س" الذي يجعل جنس الطفل أنثى). ولك أن تتخيل حجم الحيوان المنوي المتناهي في الصغر إذا علمت أن ١ مليمتر = ١٠٠٠ ميكرون. والشكل رقم (٢) عبارة عن صورة مجهرية إلكترونية للحيوانات المنوية والتي تظهر مكبرة ١٢٠٠٠ مرة باستخدام المجهر الإلكتروني.



الشكل رقم (٢). صورة مجهرية للحيوان المنوي تم تكبيره ١٢٠٠٠ مرة. نُشرت بإذن: حسن برجاك، ٢٠٠٤ (مركز تورنتو للتقنيات المساعدة على الإنجاب TCART، تورونتو، كندا). تم عمل الصورة المجهرية في جامعة قطر، الدّوحة.

تحتوي الحيوانات المنوية التي تحمل الكروموسوم الذكري "ص" أو الكروموسوم الأنثوي "س" على ٢٣ زوجاً من الكرموسومات. والكروموسومات عبارة عن خيوط طويلة ملتفة تحتوي على أعداد هائلة من

المورثات أو ما يُسمى بالجينات. وتتكون الحيوانات المنوية في قنوات دقيقة في الخصية تدعى الأنابيب المنوية ويصل عددها إلى الآلاف وهي منحنية على بعضها ومتجمعة وتتحد القنوات المنوية الدقيقة لتكّون قناة واحدة تسمى البربخ epididymis. ويمر نمو خلية الحيوان المنوي بعدة مراحل تبدأ بخلية مستديرة ثم تتطور فتصبح عبارة عن رأس ورقبة وذيل خلال ٧٢ يومًا. وتنتقل الحيوانات المنوية عبر البربخ وعندما تصل إلى نهايته تكون قد نضجت تماماً ولديها القدرة على الحركة والإخصاب ويصل عددها بالملايين وتخرج عن طريق القذف خلال عملية الجماع فتنتقل إلى قنوات فالوب في حركة سريعة من خلال الرحم في الجهاز التناسلي للمرأة. فإذا تمّ الجماع خلال فترة التبويض لدى المرأة فإن البويضة تفرز مواد كيميائية تستطيع الحيوانات المنوية تمييزها فتعمل على تنبيهها إلى مكان البويضة فتنطلق بذلك في رحلتها لملاقاة البويضة في قناة فالوب ويحدث التلقيح. وتسبح الحيوانات المنوية في وسط سائل إلا أن سرعتها غير ثابتة، فهي تتأثر بعدة عوامل، منها درجة الحرارة ومستوى الحموضة PH واللزوجة ومناسبة أو عدم مناسبة الوسط الذي توجد فيه مثل وجود أجسام مضادّة للحيوانات المنويّة أو خلايا ضارة أو الكائنات الحية المجهرية التي تهاجم الحيوانات المنوية وتضعفها، أو تكون حركتها سريعة بسبب وجود مواد كيميائية تعمل على تحسينها ونموها. ويمكن أن تؤثّر اللّزوجة العالية لدى المرأة سلبًا على حركة الحيوانات المنوية، فقد ثبت أنه كلما قلّت لزوجة السائل في الجهاز التناسلي للمرأة باستخدام

العلاج المناسب كانت فرص الحمل عالية (بما فيها العلاجات التي تخفف من السائل المخاطي، إم. كوهن M. Cohen، الاتّصال الشّخصيّ، ١٩٨٥).

ويمكن للحيوان المنوي أن يسبح بسرعة تصل إلى ١٧ - ٦٧ ميكرومترًا في الثّانية، وفي المتوسط قد يستغرق الحيوان المنوي دقيقة إلى ٤ دقائق حتى يقطع مسافة ١ ملّيمتر وهذا يعني أنه قد يأخذ حوالي ٤٤ إلى ١٧٨ دقيقةً لقطع مسافة طولها ٧ إنشات في الجهاز التناسلي للمرأة قبل أن يلتقي بالبويضة لتخصيبها في قناة فالوب. إلا أن هناك بعض الدراسات المتضاربة التي تقول أن الحيوان المنوي قد يستطيع الوصول إلى قناة فالوب خلال ٥ إلى ١٥ دقيقة. وقد تم إجراء عملية حسابية في حال كان حجم الحيوان المنوي بحجم الحوت فإنه يقطع مسافة خمسة عشر ألف ميل في السّاعة أو ماك ٢٠. ولك أن تتخيل أن سرعة ماك ١ (وهي لقياس سرعة جسم ما بسرعة الصوت) فإذا كان جسم ما يقطع مسافة بسرعة ماك ٢٠ فهذا يعني أنه يقطع مسافة ٢٠ مرة ضعف سرعة الصوت. وقد يسبب ذلك حيرة للعقل إلا أنه يكفي معرفة أن الحيوانات المنوية تقطع المسافة في سرعة عجيبة وأسرع بكثير من أي رياضي أوليمبيّ.

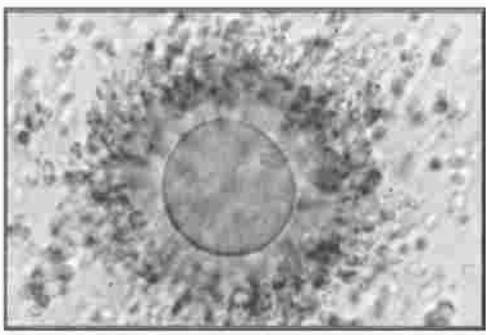
بويضة الإنسان

تولد المرأة بعدد محدّد من البويضات غير الناضجة وهو عدد كبير مخزّن في المبيض حتى سنّ البلوغ. يبدأ نشاط المبيض في الظروف الطبيعية العادية وتحدث عملية الإباضة بحيث يطلق المبيض بويضة واحدة ناضجة كل شهر

قمري، وبما أن المبيض يحتوي على عدد ثابت من البويضات فهو لا يتجدد بل يقل تدريجيا بمرور الوقت (وهذا سبب وجيه جدًّا للتساؤل لماذا من الأفضل للأزواج الإنجاب في سنّ العشرينات وبداية سنّ الثلاثينات).

ويتسم الحيوان المنوي بصغر حجمه وسرعة حركته ولا يمكن رؤيته بالعين المجردة بخلاف حجم البويضة فهي كبيرة جدًا وغير متحركة وبالكاد يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ومعظم خلايا الجسم الأخرى لا يمكن رؤيتها بدون المجهر بينما تُعّد خلية البويضة أكبر خليّة في جسم الإنسان.

في الشكل رقم (٣) صورة لبويضة وهي صورة ثنائية الأبعاد حيث المنطقة الداكنة في الوسط تُسمى سيتوبلازم البويضة (جميع خلايا الجسم تحتوي على سائل السيتوبلازم) والحلقة السوداء التي تحيط بالسيتوبلازم تمثّل الغشاء السيتوبلازمي ويحيط بهذه الحلقة السوداء مباشرة فراغ يسمى بالفراغ المحيط بالمح والذي بدوره يحيط به حلقة شبه شفافة تغلف البويضة تسمى بغشاء البويضة وهي عبارة عن جدار شفاف ولكنه في نفس الوقت سميك. ويحمي الجدار الشفاف من جميع الاتجاهات على التوالي طبقات من الخلايا تسمى الإكليل المشع corona cells والخلايا التجمعية cumulus cells. وتعتبر خلايا الإكليل المشع داكنة إلى حدّ ما إذا ما قورنت بالخلايا التجمعية.

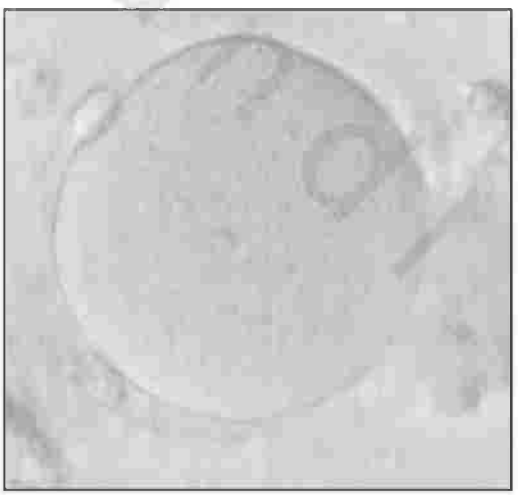


الشكل رقم (٣). بويضة إنسان ناضجة: الصّورة أُخِذَتْ فورًا بعد عملية سحب البويضة أثناء فترة العلاج باستخدام التقنيات المساعدة على الإنجاب. حسن برجاك وجعفر علي، ٢٠٠٣، مؤسسة حمد الطّبّية، الدّوحة، قطر.

ويوضح (الشكل رقم ٤) بويضة إنسان ناضجة يحيط بها خلايا الإكليل المشع والخلايا التجمعية. ويظهر أيضًا الغشاء الشفاف الذي يغلف البويضة. وتتميز بويضة الإنسان بوجود جسم كروي صغير يُسمى بالجسم القطبي polar body ويقع عادة في الفراغ المحيط بالمحّ ملتصقًا بالغشاء السيتوبلازمي والسطح الداخلي للغشاء المحيط بالبويضة. وفي شكل ٤ يبدو من مكان الجسم القطبي عند الساعة العاشرة.

وتُسمى البويضة أيضًا بالخلية التناسلية أو الأمشاج كما هو الحال مع الحيوان المنوي؛ لذلك فهي تعتبر خلية أحادية المجموعة الكروموسومية وهي كما أسلفنا تحتوي على ٢٣ زوجاً من الكروموسومات بعكس الخلايا الجسدية فهي تعتبر خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية وتحتوي على ٤٦ زوجاً من الكروموسومات. ومن بين الـ ٢٣ زوجاً من الكروموسومات في الخلية أحادية

المجموعة الكروموسومية يوجد كرموسوم جنسي واحد sex chromosome بينما بقية ٢٢ كروموسومًا هي عبارة عن كروموسومات جسدية. وسنرى في الجزء التالي كيف يمكن للكروموسوم الجنسي أن يحدد جنس الطفل. وجميع الخلايا عبارة عن خلايا ثنائية المجموعة الكرموسومية (تتكون من ٤٦ زوجاً من الكرموسومات) ما عدا الحيوان المنوي والبويضة. ويطلق على الخلايا ثنائية المجموعة الكرموسومية أيضاً اسم الخلايا الجسدية وهي التي تتكون منها بشرة الجلد والكبد والقلب والرئة والأعصاب والعظام وغيرها من الأنواع الأخرى من الخلايا عادة ما تحمل ٤٦ زوجاً من الكرموسومات.



الشكل رقم (٤). بويضة إنسان ناضجة يحيط بها عدد قليل من خلايا الإكليل المشع والخلايا التجمعية- جعفر علي، ١٩٩٨.

نعرف أن كلاً من البويضة والحيوان المنوي عبارة عن خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية ويحمل كل منهما ٢٣ زوجاً من الكرموسومات فعندما يخترق الحيوان المنوي جدار البويضة يحدث الإخصاب فتتشكل خلية واحدة وبالتالي يكتمل العدد الطبيعي للكروموسومات وهو ٤٦ زوجاً من الكرموسومات مكونًا بذلك خلية ملقحة zygote والتي تبدأ بالانقسام، وتتوالى عملية الانقسام لخلايا الجنين ويصبح لدينا أنواع مختلفة من الخلايا تتكون منها أعضاء الجسم المختلفة مكونة بذلك طفلاً جديداً. وسنرى ذلك بالتفصيل في الأجزاء القادمة.

كيف يتحدد جنس المولود؟

تحمل كل من خلية البويضة والحيوان المنوي معلومات لتحديد جنس المولود في زوج واحد من الـ٢٣ زوجاً من الكرموسومات ويسمى بكروموسوم الجنس. وكروموسوم الجنس في الحيوان المنوي قد يكون كرموسوماً ذكرياً "ص" أو كرموسوماً أنثوياً "س" كما تم إيضاحه مسبقًا ولا يمكن أن يكون كليهما، أي أن الطبيعي أن يكون الحيوان المنوي: إما "ص" أو "س" ولا يمكن أن يكون "س ص" أو "س س" وإذا حدث ذلك فإنه يُعّد تشوهًا وراثيًا. بينما تحمل البويضة دائماً نوعاً واحداً للكروموسوم الجنسي وهو الكرموسوم الأنثوي "س" فقط. وهذا الاختلاف الجوهري بين الحيوان المنوي والبويضة يُشكّل الأساس في تحديد جنس المولود وقت الإخصاب كما هو موضّح في الجدول التالي:

صفة الإخصاب	البويضة	الحيوان المنوي	جنس المولود
الإخصاب بين الكروموسومات الجنسية	س +	ص =	س ص (ذكر)
الإخصاب بين الكروموسومات الجنسية	س +	س =	س س (أنثى)

وبالتالي فإن الخلايا الجسدية التي تتكون من ٤٦ زوجاً من الكرموسومات سيكون لديها اثنان من الكروموسومات الجنسية وهي في نوعها إما أن تكون "س س" إذا كانت أنثى أو "س ص" إذا كان ذكرًا.