جامعة بغداد

كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)

علم الاجنة النظري

المحاضرة الثانية

قسم علوم الحياة

المرحلة الثانية

2026-2025

مدرسو المادة

الاستاذ الدكتورة نهلة عبد الرضا البكري

الاستاذ الدكتورة وجدان بشير عبد

الاستاذ مساعد الدكتورة استبرق عزالدين محمود

الاستاذ مساعد الدكتورة اسماء بشير عبد

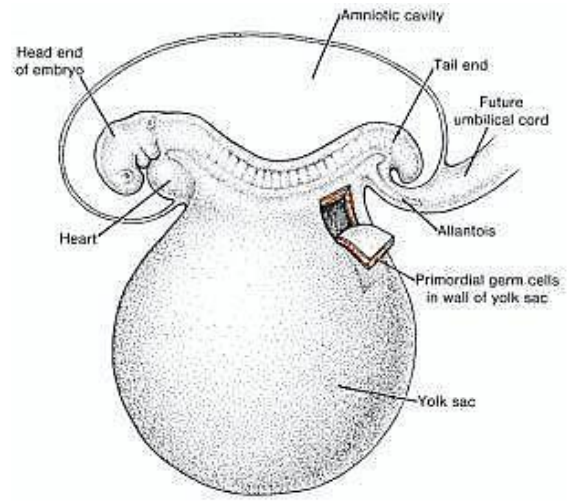
الدكتورة داليا حسن ظاهر

تكوين الأمشاج Gametogenesis

أصل الخلايا الجرثومية Origin of germ cells

أصل الخلايا التي تكون الأمشاج (الذكرية والانثوية) هي الخلايا الجرثومية الأولية **Primordial germ cells** وهذه لا تظهر أولاً بالغدد التناسلية وإنما تهاجر إليها عن طريق جهاز الدوران أو بحركة اميبية.

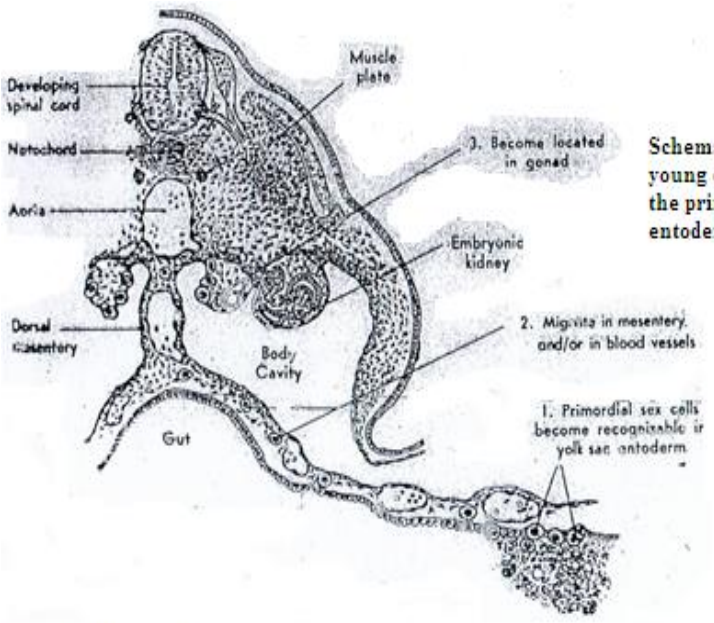
تظهر الخلايا الجرثومية الأولية في جنين الإنسان ضمن الأديم الباطن لجدار الكيس المحي **Yolk sac** وعلى مقربة من ساق اللقانقي **Allantoic stalk** وتهاجر هناك على طول المسراق الظهري للمعي الخلفي باتجاه الحرفين الجرثوميين **Germinal ridges** (شكل 6).



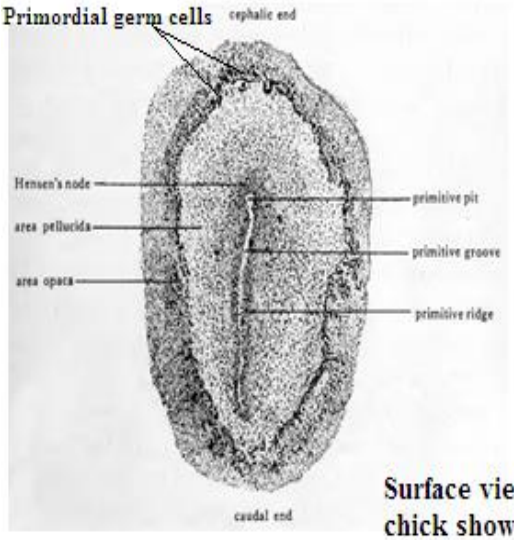
شكل (6): جنين إنسان عمر 3 أسابيع يظهر موقع الخلايا الجرثومية الأولية في جدار الكيس المحي.

وفي الزواحف والطيور توجد الخلايا الجرثومية الاولية في الجزء خارج جنيني في الأديم الباطن Endoderm وفي الأسماك العظمية نوع *Poecllia* تتواجد الخلايا الجرثومية الاولية في الصفيحة الجانبية للأديم المتوسط Lateral plate mesoderm. أما في البرمائيات اللاذنبية (الضفادع) تتواجد في الطبقة تحت القشرية Subcortical layer عند القطب الحيواني Animale pole للبيضة المخصبة Zyogote. وفي البرمائيات الذنبية تنشأ من الجزء الخلفي من الصفيحة الجانبية للأديم المتوسط.

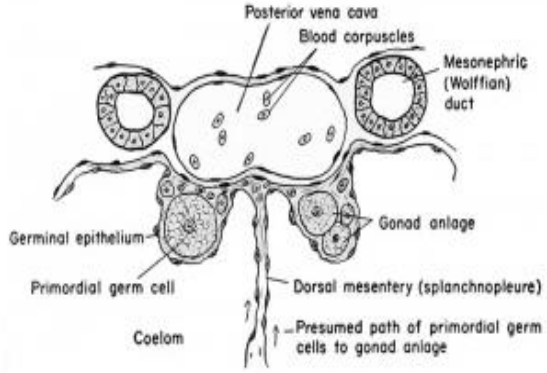
عند وصول الخلايا الجرثومية الأولية إلى الحرف الجرثومي Germinal ridge تنطمر في نسيجيه الظهاري ويتحدب الحرف باتجاه الجوف مكوناً تجويفاً ظهرياً يملأ بخلايا ميزنكيمية مفككة ويزاح قسم من النسيج الميزنكيمي من قبل أشرطة خلوية تهاجر من الحبل المولد للكلية الوسطية إلى الغدد التناسلية Gonads وتدعى الحبال الجنسية البدائية Primitive sex cords. إذا كانت الخلايا الجرثومية الأولية تحمل الكروموسوم الجنسي xy يكون الجنين ذكراً تنمو فيه الحبال الجنسية البدائية مكونة الحبال اللبية Medullary cords التي تتحول إلى النبيبات المنوية Seminiferous tubules (شكل 7).



Schematic section through the midbody region of a young cick embryo illustrating the manner in which the primordial germ cells originate in the yolk sac entoderm and migrate thence to the developing gonad.



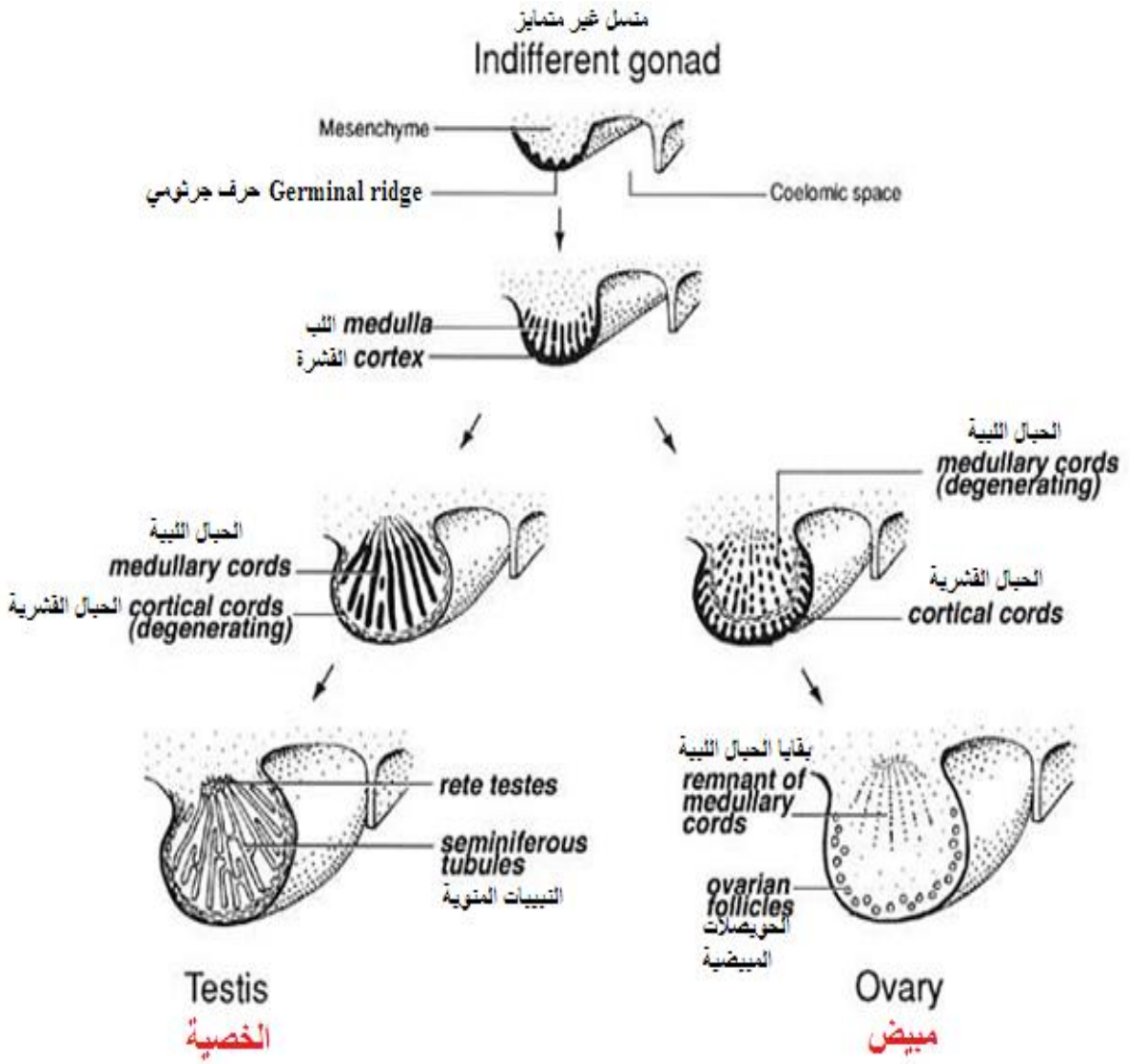
Surface view of a primitive-streak stage of a chick showing the primordial germ cell



Gonad anlage in 11-mm frog tadpole

شكل (7) المناسل والخلايا الجرثومية الاولية.

أما إذا كانت الخلايا الجرثومية الأولية تحمل الكروموسوم الجنسي xx يكون الجنين أنثى عندها تبقى الحبال الجنسية البدائية بشكل كتل غير منتظمة من الخلايا ثم تضمحل ويتكون بدلها نسيج ميزنكيمي هو لب المبيض، ويدعى النسيج الظهاري الموجود في حافة الحبال الجنسية الجرثومية بقشرة المبيض Cortex (شكل 8).



شكل (8): مخطط يوضح تكوين المناسل في الفقريات العليا.

عملية تكوين الأمشاج

يتكون الكائن الحي في التكاثر الجنسي Sexual reproduction بعد اتحاد الخلية الجرثومية الذكرية (النطفة Sperm) مع الخلية الجرثومية الانثوية (البيضة Oocyte) بعملية الإخصاب Fertilization. إذا حدثت عملية الإخصاب داخل جسم الحيوان تدعى الإخصاب الداخلي Internal fertilization، وإذا حدثت خارج جسم الحيوان تدعى الإخصاب الخارجي External fertilization.

تتطلب عملية الإخصاب اختزال عدد الكروموسومات في الخلايا الجرثومية Germ cells الذكرية والانثوية ويتم ذلك من خلال مرورها في مرحلتين من الانقسام الاختزالي إضافة إلى التغيرات التي تعانيها الخلية الذكرية والتي تشمل تغيراً بالشكل أيضاً لتصبح مكونة من رأس وعنق وقطعة وسطية بعد أن كانت كروية الشكل، فإن الخلية الانثوية تعاني تغيراً في حجمها ويزداد تدريجياً. يوجد في الخلية

الجسدية Somatic cell في الإنسان 46 كروموسوماً وفي الخلية الجرثومية Germinal cell يختزل العدد إلى النصف أي 23 كرموسوم 22 منها جسدي والآخر جنسي إما يكون x أو y.

فالخلايا الجرثومية الانثوية تكون x+22 ← ♀

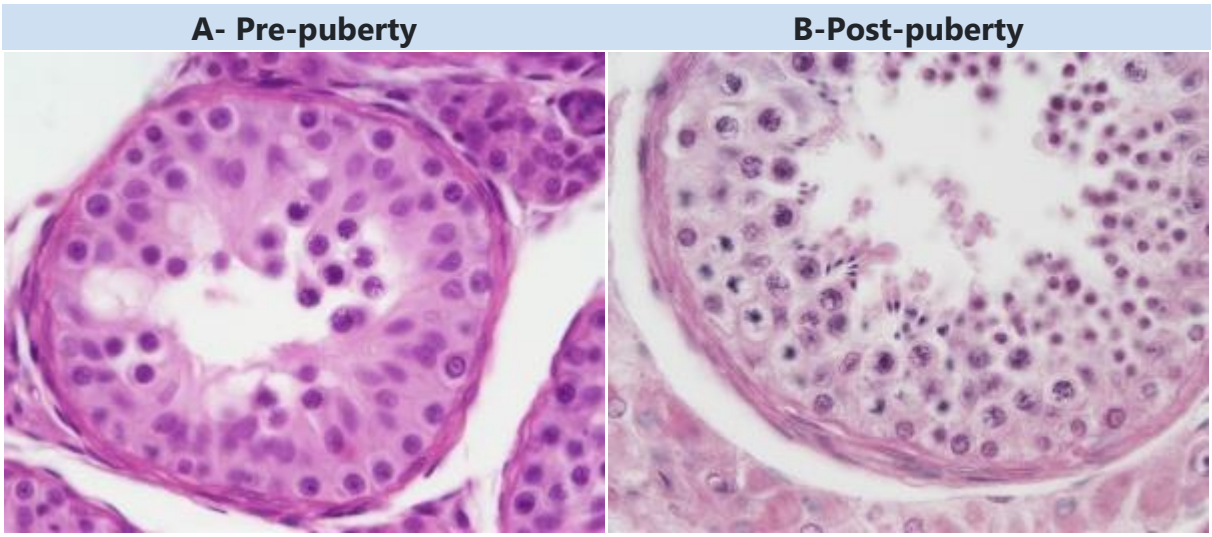
والخلايا الجرثومية الذكرية تكون y+22 ← ♂

x+22

وباتحاد البيضة مع النطفة (الإخصاب) يستعاد العدد الأصلي الكرموسومي للنوع. يتضمن تكوين الأمشاج عملية تكوين النطف Spermatogenesis وعملية تكوين البيوض Oogenesis.

عملية تكوين النطف Spermatogenesis

وهي عملية مستمرة تحدث في النبيب المنوي (شكل 9) الموجود داخل الخصية والذي يحتوي على الخلايا الجرثومية الأولية التي تمر بسلسلة متعاقبة من الانقسامات الخيطية لتعطي سيلفات النطف Spermatogonia التي تحتوي على العدد الكامل من الكروموسومات (2 n) ويتم هذا خلال المراحل الجنينية ومرحلة الطفولة وتبقى هذه السليفات خاملة حتى النشاط الجنسي.



شكل (9): مقطع مستعرض في النبيب المنوي

A- نبيب منوي قبل البلوغ لاحظ (سليفات النطف فقط).

B- نبيب منوي بعد البلوغ لاحظ (مراحل تكوين النطف).

تمر عملية تكوين النطف بالمراحل الآتية (شكل 10):

1- مرحلة التضاعف Multiplication phase (Mitosis): يتم خلالها تكوين سليفات النطف من الخلايا الجرثومية الأولية عن طريق الانقسامات الاعتيادية البسيطة المتعددة لتنتج عدداً أكبر

من سليفات النطف التي تتحول إلى حيامن بمراحل متعاقبة، وقسم منها يتخذ موقعاً محيطياً في النبيب المنوي للتعويض عن سليفات النطف التي تمايزت وانتقلت باتجاه تجويف النبيب المنوي.

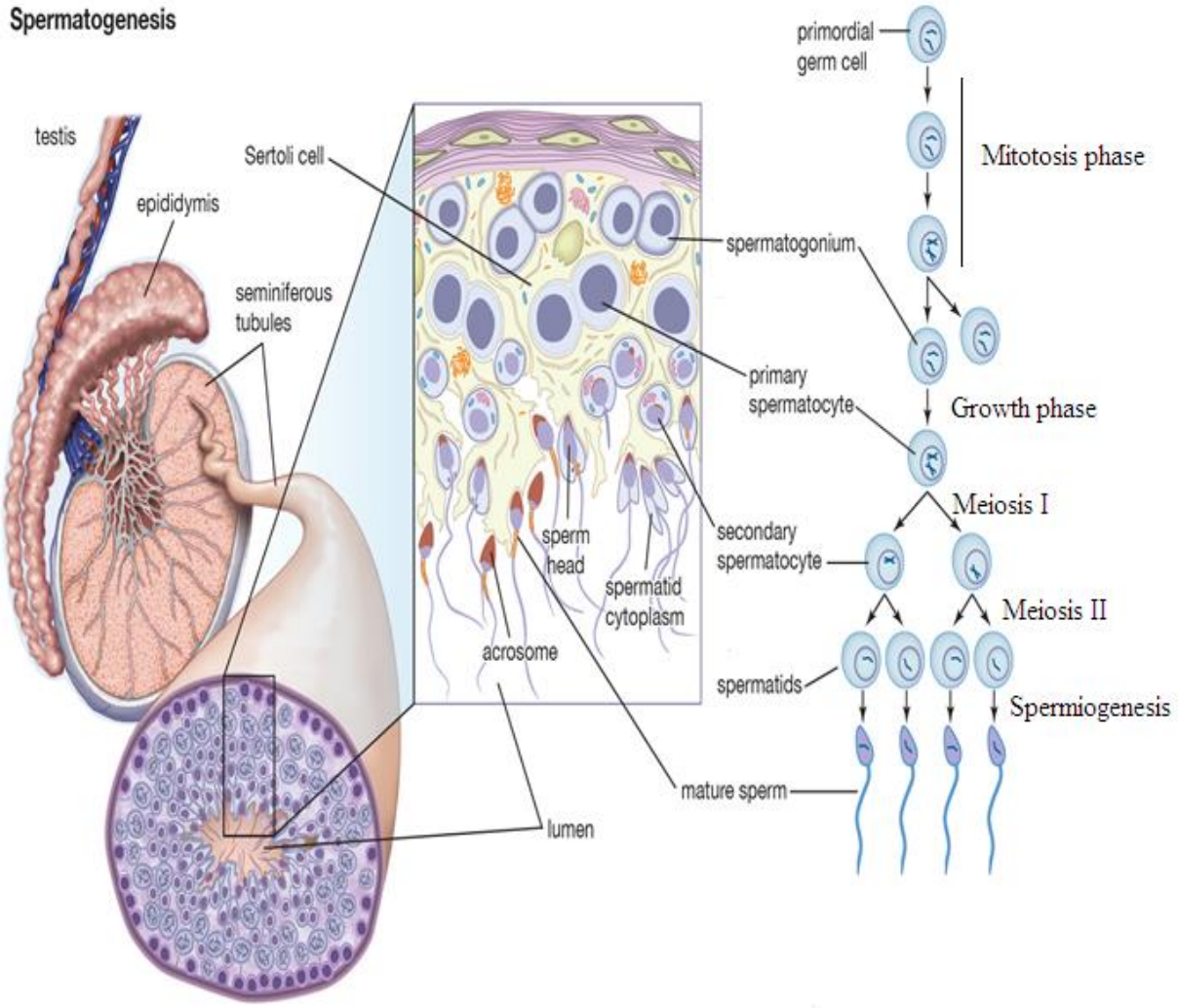
2- **مرحلة النمو Growth phase:** خلال هذه المرحلة يحدث نمو فقط (زيادة في الحجم) لخلايا سليفات النطف التي تمايزت وانتقلت باتجاه تجويف النبيب المنوي وفي نهاية هذه المرحلة تتحرك الخلايا نحو مركز النبيب المنوي وتدعى الخلايا النطفية الابتدائية Primary spermatocyte وهذه تمتلك العدد الكامل من الكروموسومات (2 N).

3- **مرحلة النضج Maturation phase أو مرحلة الانقسام الاختزالي (Meiotic)، (Meiosis):** تمر الخلية النطفية الابتدائية بالمرحلة الاولى من الانقسام الاختزالي الأول 1^{st} meiosis أو المرحلة الاولى من الانقسام النضجي الأول 1^{st} maturation والذي يؤدي إلى اختزال عدد الكروموسومات فيها إلى النصف فكل خلية نطفية ابتدائية تعطي خليتين هما الخليتين النطفيتين الثانويتين Secondary spermatocyte تمتلك كل منها نصف العدد من الكروموسومات (1 N).

ثم تدخل كل خلية نطفية ثانوية بالمرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي 2^{nd} meiosis أو المرحلة الثانية من الانقسام النضجي 2^{nd} maturation وهذه المرحلة عبارة عن انقسام اعتيادي لا يحدث فيه تضاعف في كمية DNA، فتنتج كل خلية نطفية ثانوية خليتين صغيرتين هما أرومة النطفة Spermatid تمتلك نصف العدد من الكروموسومات (1N) وهذه تتمايز وتتحول إلى حيوانات منوية ناضجة.

4- **مرحلة التمايز Differentiation phase أو عملية التحول النطفي Spermiogenesis:** تطمر أرومة النطفة في السايتوبلازم الطرفي لخلية سرتولي Sertoli cell الموجود ضمن النبيب المنوي Seminiferous tubules وهذه الخلايا لها دور رئيس وأساسي في تغذية النطف الجديدة وتساعد على التمايز.

في هذه المرحلة يحدث تحور لشكل الأرومة من خلية عادية بها نواة وسايتوبلازم به جهاز كولجي والجسيمان المركزيان وغيرها من العضيات الخلوية كالمايتوكوندريا إلى نطفة مكونة من رأس وعنق وقطعة وسطية وذنب.

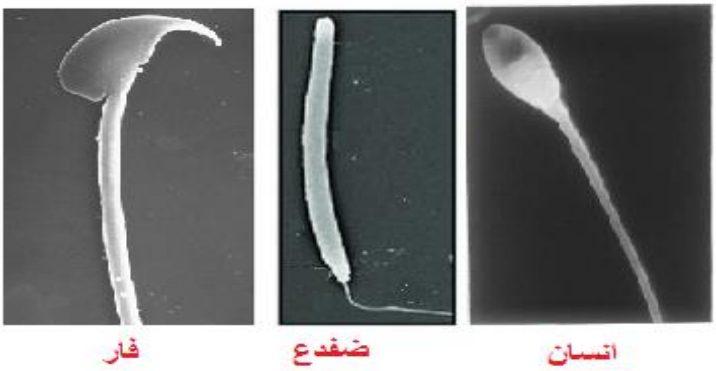


شكل (10): عملية تكوين النطف Spermatogenesis

يمكن توضيح التغيرات التي ترافق عملية التحول النطفي إلى:

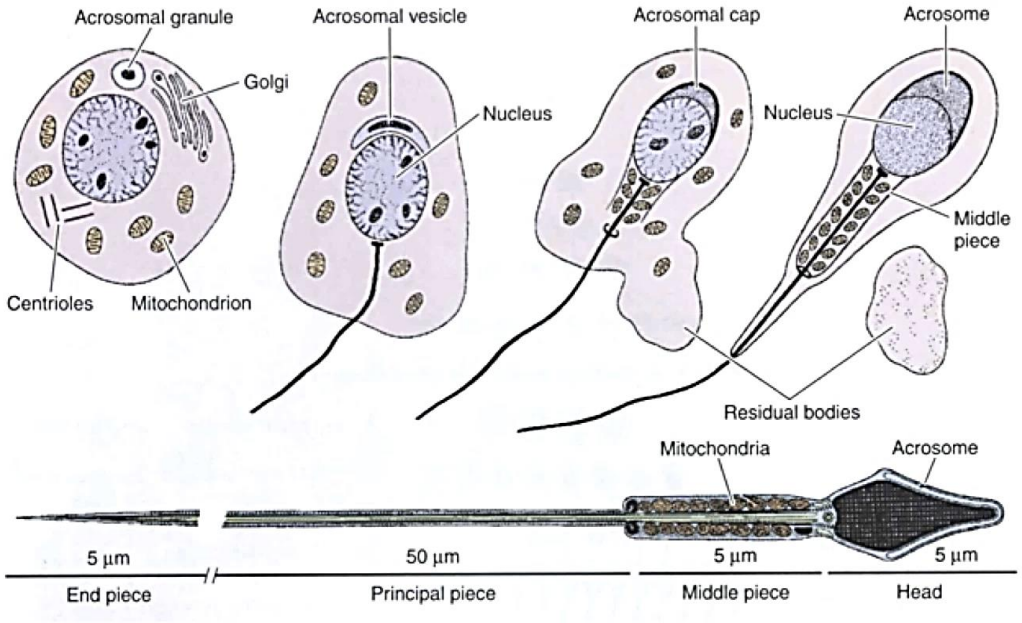
1- **تغيرات نووية:** وهي أول التغيرات التي تحدث في أرومة النطفة إذ يتغير شكل النواة وموقعها فتتحرك نحو غشاء الخلية من الأورمة مكونة رأس النطفة ودافعة السايتوبلازم نحو الخلف وتندمج فيها الحبيبات الكروماتينية ويصبح حجمها أكبر مما كانت عليه.

إن شكل النواة النهائي يختلف باختلاف نوع الحيوان وهو صفة موروثة للـ DNA، وليس هناك شكل محدد للأنوية في الحيوانات المنوية ففي الإنسان مثلاً تأخذ شكلاً كمثرياً مفلطحاً كما أنها في الأسماك كروية الشكل وفي البرمائيات اسطوانية وفي الفأر تأخذ شكل المنجل (شكل 11).



شكل (11): أشكال لرؤوس الحيوانات المنوية

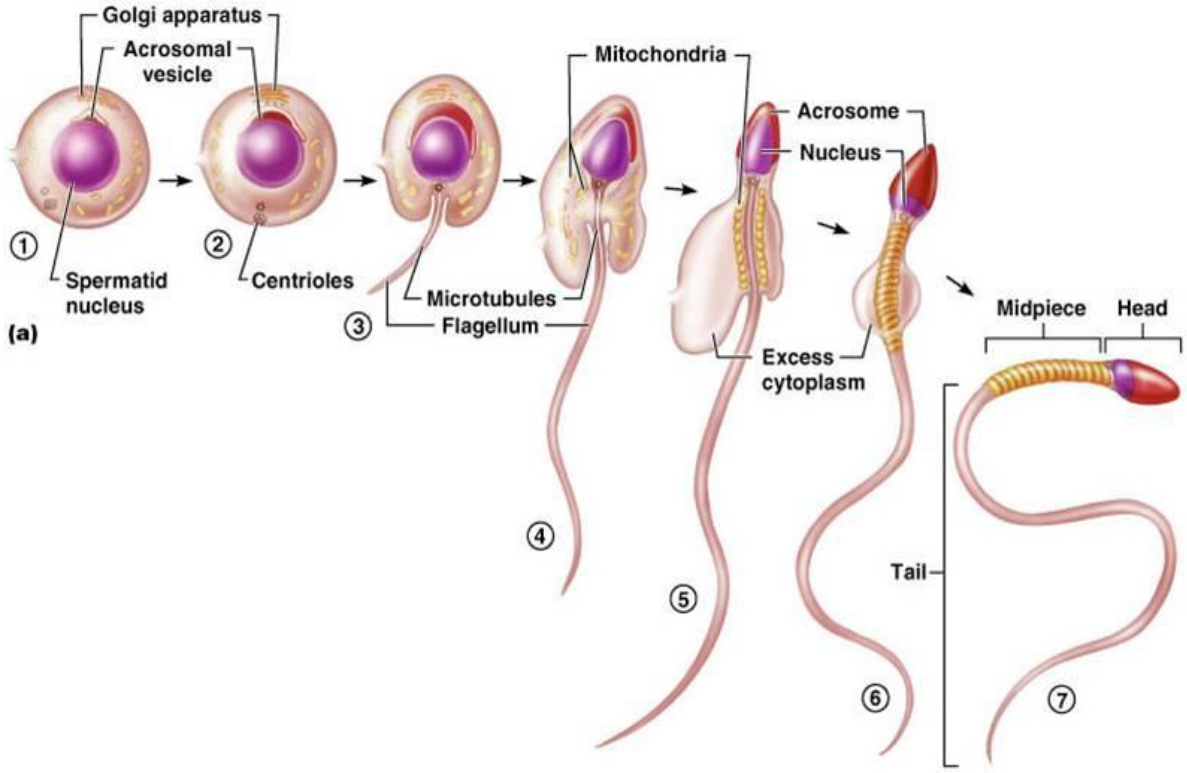
2- **تكون الجسيم الطرفي Acrosome:** يقع الجسم الطرفي أمام النواة ويتكون من اتحاد حبيبات صغيرة موجودة داخل جهاز كولجي تتجمع لتكون (قبل حبيبية الجسم الطرفي Pre-Acrosomal granule)، ثم تندمج لاحقا لتكون (حبيبة الجسم الطرفي Acrosomal granule) الموجودة داخل (حويصلة الجسيم الطرفي Acrosomal vacuole) ثم تتجه هذه الحويصلة نحو نواة الأرومة لتصبح محاذية لها من الأمام يضغط السايتوبلازم على الحويصلة مؤدياً إلى تسطح وانتشار حبيبة الجسيم الطرفي فوق الجهة الأمامية من النواة ويختزل تجويف الحويصلة منساباً على جوانب النواة فيدعى الجسم الطرفي عندها (بقبعة الجسم الطرفي Acrosomal cap) في هذه المرحلة تتكون عدة (انزيمات محللة Hydrolytic enzymes) في الجسم الطرفي لها دور في تفكيك الحويصلة والمنطقة الشفافة المحيطة بالبويضة. بعدها يتوجه الجزء الأمامي للأرومة حيث توجد النواة والجسم الطرفي عندها (يدعى Acrosome الجسيم الطرفي) ثم تتكثف مادته ويعطي حوالي ثلثي النواة (شكل 12).



شكل (12): مراحل تكوين الجسيم الطرفي Acrosome

3- **تكوين السوط Flagellum:** يتكون خلال عملية التحول النطفي حيث يتحرك الجسيمان المركزيان Centrioles إلى الجهة الخلفية من النواة مقابل الجسيم الطرفي، يتخذ الجسمان المركزيان موقعاً قريباً من النواة ويدعى المريكز القريب Proximal centriole ويتخذ الآخر موقعاً بعيداً ويدعى المريكز البعيد Distal centriole ويبدأ الأخير بتكوين الذيل.

تتجمع المايتوكوندريا حول الجزء الأمامي من محور الذيل لتكوين القطعة الوسطية Middle piece. في أنواع من النطف تتجمع المايتوكوندريا لتكون الأجسام المايتوكوندرية، وفي أنواع اخرى تكون تركيباً حلقياً في منطقة القطعة الوسطية يدعى الحلقة Annulus أو المريكز الحلقي Ring centriole للاعتقاد الخاطئ بأنه مشتق من المريكز البعيد. يستكمل تكوين الذنب بظهور القطعة الأساسية Principal (Chief) piece، والقطعة الأخيرة End piece (شكل 13).



شكل (13) مراحل تكوين السوط

4- **المثقب Perforatrium:** يوجد في نطف البرمائيات والطيور بين الجسيم الطرفي والنواة.

5- **الطوق Manchette:** يتألف من النبيبات الدقيقة Microtubules ويختفي بعد تكوين القطعة المتوسطة. لقد لوحظ في المجهر الالكتروني أن الحيامن تكون متصلة مع بعضها بعضاً أثناء تكوينها بجسور سايتوبلازمية فقد تكون هذه الاتصالات ذات دور كبير وعامل مهم في مرور جزيئات صغيرة من خلية إلى اخرى كي يحدث تمايز نطف كثيرة في وقت واحد في الإنسان.

تستغرق سليفة النطفة لتصبح نطفة ناضجة 64 يوماً وتبقى هذه النطف غير قادرة على إخصاب البيضة عند وصولها إلى القناة التناسلية الانثوية حيث تمر بفترة (تمكين Capacitation).

تركيب الحيوان المنوي Sperm structure

لا يوجد شكل واحد لتركيب الحيوانات المنوية في الفقريات ولكن كل حيوان منوي يحتوي على ثلاثة أجزاء أساسية:

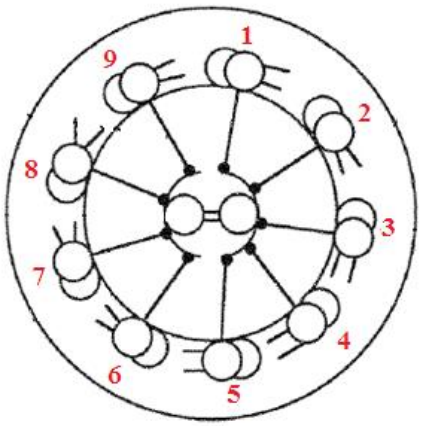
1- **الرأس Head**: في الإنسان يكون بيضوياً ويبلغ طوله 5-4 µm، يعمل على اختراق البويضة ويتألف الجسيم الطرفي الذي يشبه القلنسوة ويغطي ثلثي النواة ويحتوي على انزيمات محللة تساعد في اختراق أغشية البويضة وهي:

1. انزيم الهيالورونديز Hyaluronidase.
2. انزيم مفكك للطبقة الشفافة Zona lysin.
3. انزيم يخترق المنطقة التاجية الشعاعية Corona penetrating enzyme.

بالرغم من أهمية الجسيم الطرفي في الإخصاب إلا أنه لا يوجد في بعض الكائنات مثل الديدان المفلطحة. ويوجد في الرأس أيضا النواة تكون في الثدييات متجانسة وكثيفة، وتحتوي النواة على جميع الصفات الوراثية التي تنتقل من الأب إلى الجنين.

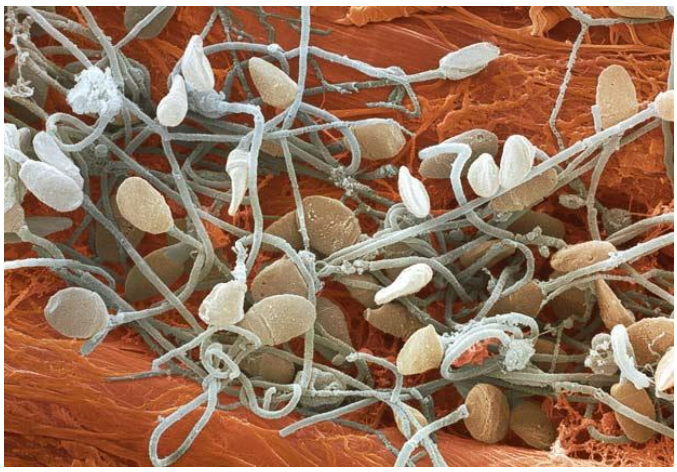
2- **العنق Neck والقبعة الوسطية Middle piece**: يتكون العنق من منطقة تقع خلف رأس الحيوان المنوي، تكون القطعة الوسطية صغيرة أو كبيرة حسب نوع الحيوان الفقري وهي تزود الحيمن بالطاقة إذ تحتوي على المايتوكوندريا الحاملة للانزيمات المؤكسدة للمواد الغذائية وتنطلق منها الطاقة. ويوجد الجسيمان المركزيان أيضاً في القطعة الوسطى، وهما يساعدان على تكوين المغزل أثناء انقسام البيضة المخصبة.

3- **الذنب Tail**: أطول أجزاء الحيمن ويكون مشابهاً للخيط المحوري بالاهداب والسوط، يظهر في لب ذيل الحيمن محور Axoneme يتكون من نبيبين دقيقيين تحيط بهما تسعة ثنائيات من النبيبات الدقيقة وغالباً ما يشار إلى هذا النمط بصيغة 2+9 يساعد الذيل الحيمن على الحركة من خلال انقباض الألياف الدقيقة الموجود في النبيبات الدقيقة فتدفع الحيمن للأمام (شكل 14).

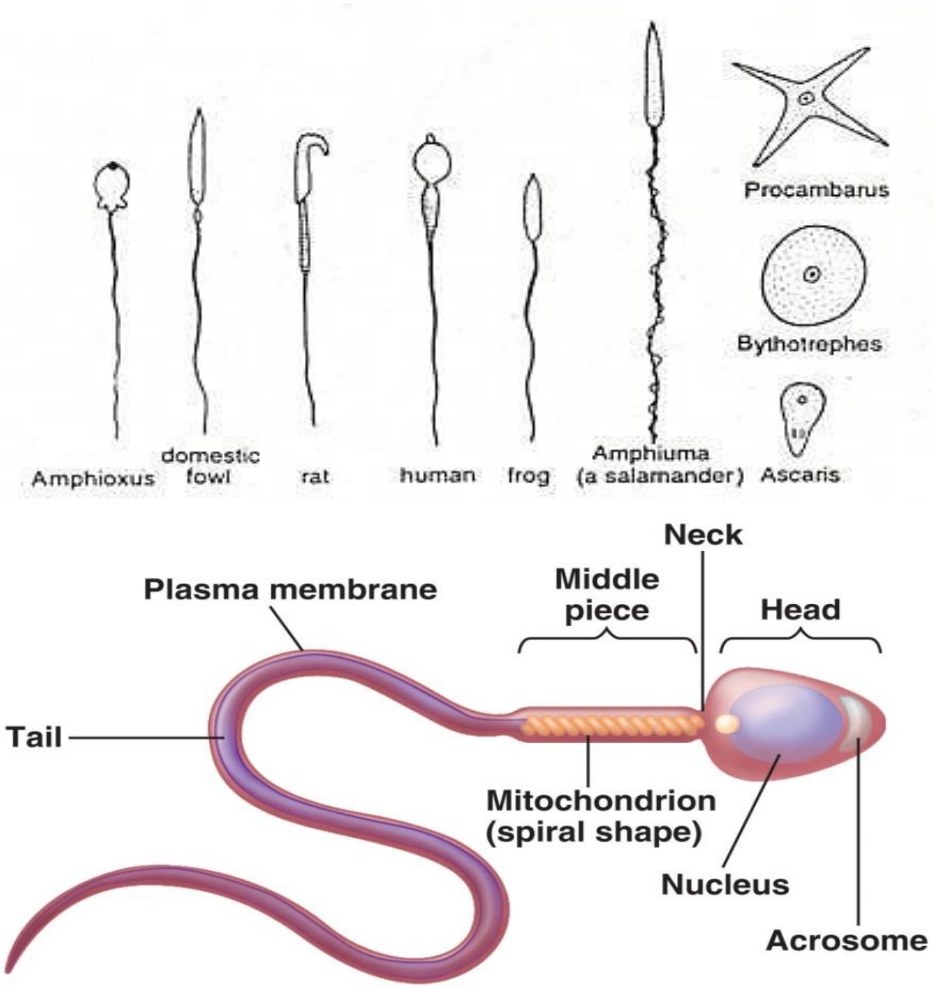


شكل (14) رسم تخطيطي لمقطع مستعرض في ذيل الحيمن.

تمتد النبيبات من عنق الحيمن (الشكل 15) إلى نهاية القطعة الأخيرة Anal piece في الذنب ويحيط بمحور ذيل الحيمن تسعة ألياف داكنة Dense fibres عندها تصبح الصيغة السابقة 2+9+9. تعد الألياف الداكنة المحرك الأساسي للذنب. تختلف أشكال الحيوانات المنوية اعتماداً على أنواع الحيوانات كما في الشكل (16).



شكل (15): صورة للنطف بالمجهر الالكتروني.



شكل (16): حيوانات منوية في كائنات حية مختلفة.

زراعة الخلايا المنوية Cell culture of spermatogenic cells

لقد تمكن العلماء من الحصول على الخلايا المنوية في مراحلها المختلفة (خليفة نطفية أولية، خلية نطفية ثانوية، أرومة النطفة) وتنميتها في بيئة صناعية، ولوحظ أن هذه الخلايا تكمل مراحل تكوين النطف ومن ضمنها مرحلة التحول النطفي. فقد أمكن زراعة الخلايا المنوية في البرمائيات والحصول على حيامن وذلك بزرعها بأنابيب وأطباق وبكثافة خلوية منخفضة Low cell density في بيئة Leibovitz L-15-medium خالية من المصل وفي درجة حرارة 21° سيليزية.

بنوك النطف Semen banks

تفحص الحيوانات المنوية قبل حفظها تجنباً لحفظ حيوانات منوية ضعيفة أو شاذة التكوين، ثم تعامل بإضافة بعض المواد والتي توفر الطاقة للحيامن مثل سكر الكلوكوز وسكر الفركتوز وإضافة بعض المضادات الحيوية لتجنب التأثير السام لنواتج التمثيل الغذائي للحيمن.

من أفضل طرق حفظ الحيامن هي طريقة التجميد Freezing وهذه تعتمد على إحلال محلول محل الماء الموجود في السائل المنوي والمحلول الكليسرول Glycerol أو سلفو اوكسيد ثنائي المثيل

DMSO، ثم تعرض الحيامن للبرودة الشديدة ثم التجميد باستخدام النتروجين السائل بدرجة حرارة (-196C°) تحت الصفر.

ويمكن حفظ الحيامن من بعد ذلك في أنابيب بلاستيكية صغيرة أو في أقراص أو بطريقة الأنابيب الشعرية وعند الحاجة إلى استخدامها فإنها تدفأ تدريجياً إلى أن تعود إلى درجة الحرارة الطبيعية، تختلف نسبة نجاح هذه الطريقة في الحيوانات المختلفة، ولوحظ أن تجميد الحيامن وإعادتها إلى درجة الحرارة الطبيعية لا يفقدها الخصوبة Fertility، وهذه مهمة في إنتاج الثروة الحيوانية.

الهرمونات المؤثرة على عملية تكوين النطف

ويقع عمل الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان تحت تأثير الهرمونات الآتية:

1- **الهرمون المحفز لتكوين الحويصلة Follicle stimulating hormone (FSH)**: له تأثير مباشر على الخلايا الجرثومية الأولية المكونة للأمشاج الذكرية ويؤثر في (خلايا سرتولي Sertoli cells) المغذية للنطف فيزيد من إنتاج النطف، يفرز هرمون FSH من الفص الأمامي للغدة النخامية بعد تحفيزها بهرمون الغدة تحت المهادية (الهرمون المحرض للمناسل GnRH Gonadotropin releasing hormone.

2- **الهرمون المحفز للجسم الأصفر Luteinizing hormone (LH)**: يفرز من الفص الأمامي للغدة النخامية تحت تأثير هرمون GnRH يحفز الخلايا البينية الموجودة بين النبيبات المنوية لإفراز (هرمون الشحمون الخصوي Testosterone) الذي يؤثر على خلايا سرتولي فيزيد إنتاج الحيوانات المنوية.

3- **هرمون Testosterone**: تطلقه الخلايا البينية Interstitial cells ويقوم هذا الهرمون بالوظائف الآتية:

أ- يحفز الخلايا الجرثومية الأولية على تكوين الامشاج الذكرية.

ب- عندما يقل تركيزه في الدم يؤثر في إفراز هرمون GnRH، وهذا يؤثر على إفراز هرمونات الفص الأمامي للنخامية وهي LH و FSH.

ت- يتحكم في ظهور صفات الذكور الثانوية ويؤثر في السلوك الجنسي.

ث- يؤثر في نمو العضلات.