

الفصل الثامن

علم الأجنة

تمهيد

يبدأ الفرد حياته كخلية واحدة هي البويضة الملقحة Fertilized egg (الزيجوت zygote) وهو اسم يدل على إن البويضة الملقحة لها نشأ مزدوجة فهي عبارة عن الحيوان المنوى الذى يتكون فى خصية الذكر والبويضة تتكون فى مبيض الأنثى وبإتحاد هاتين الخليتين التتاسليتين تتم عملية الإخصاب Fertilization وينتج عنها الزيجوت Zygote الذى يعتبر الخلية الجسمية Somatic cell الأولى فى بناء الفرد الجديد. هذه هى الطريقة العامة فى طريقة تكوين الجنين فى قبيلة الفقاريات وهذا هو التكاثر الجنسي فى الحبليات.

علم الأجنة: Embryology

هو دراسة دورة حياة الفرد من الإخصاب حتى النضج الجنسي ولكن بعض العلماء يفسرون علم الأجنة على أنه دراسة التكوين الجنيني لغاية الفقس والولادة و يتضمن علم الأجنة دراسة مراحل النمو والتكوين والتميز Growth, Development and Differentiation التى تتم فى الكائن الحى منذ النشأة الأولى (الزيجوت) إلى إن يصبح الحيوان كامل التكوين معقد التركيب شبيه الأبوين، ناضج جنسياً.

كلمة الجنين: Embryo

يشار إلى دراسة المراحل الجنينية فى الحيوان داخل البويضة قبل وبعد الفقس أو الولادة، وفيما يختص بمعنى الجنين يستخدم معنيين مختلفين:

(١) يشار إلى عمليات التحول التى تختص بإخصاب البويضة ومرور هذه البويضة المخصبة من المراحل الأولية إلى المراحل كاملة النضج وتكوين أفراد جديدة وتسمى هذه بظاهرة التطور والنشوء Ontogenetic Development.

(٢) أما الظاهرة الثانية وهى التطور التاريخى لبعض الأجناس، وتحولها من شكل إلى آخر Phylogenetic development.

وبذلك يكن تعريف علم الأجنة بأنه دراسة التطور الجنيني لحيوانات عديدة الخلايا من الإخصاب حتى النضج الجنسي.

Define embryology as the study of the ontogenetic development organisms.

ويتم الإخصاب عن طريق أتحاد الحيوان المنوى Spermatozoon من الذكر مع البويضة mature ovum من الأنثى وينتج الزيجوت Zygote عن طريق التكاثر الجنسي Sexual reproduction والزيجوت يعتبر الخلية الأولى فى بناء الكائن الحى ويحتوى على العدد الزوجى من الكروموسومات

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

Diploid numbers حيث يأتي نصف العدد الكروموسومي والحيوان المنوى يحتويان على نصف العدد الكروموسومي وباتحادهما يعطيان العدد الزوجي Diploid number الموجود بالزيجوت والذي يستمر في النمو حتى يصبح كائنات كاملة النمو والتكوين تشبه أبويهما.

وبذلك تكون دورة حياة الكائن الحي الذي يتكاثر بالطريقة الجنسية تبدأ بتكوين الأمشاج Gametes ويتضمن هذه العملية أنقساماً إختزالياً Reduction division يؤدي إلى إختزال عدد الكروموسومات (الصبغيات) في الخلية الناتجة إلى نصف العدد المميز النوع بعكس الخلايا الجسمية Somatic cells والتي تحتوى على العدد الزوجي من الكروموسومات في الخلية الأصلية والمميز لنوع الحيوان.

لمحة تاريخية لعلم الأجنة

Historical review of the main trends of thought in embryology

يرجع علم الأجنة في دراسته القديمة إلى العالم أرسطو (٣٢٢-٣٨٤ ق.م) الذي أجرى دراسته على جنين الدجاجة مستعيناً بالعين المجردة وفي سنة ٣٤٠ ق.م كان أول من وصف النمو الجنيني للدجاجة ووضح في وصفه أن أول عضو ينشأ هو القلب ثم الأجزاء الأخرى التي تتكون حول الأوعية الدموية. وسمى هذه العملية بعملية التكوين التراكمي Epigenesis وظهرت في هذه النظرية لكل من هارفي ١٥٧٨، فابر بشياف ١٥٣٧.

ومع ظهور المجهر ظهرت نظرية جديدة هي نظرية التكوين المسبق Preformation وقد أوضح مالبيجي Malpighi theory عام ١٦٧٣ بأنه رأى جنينا صغيرا كاملا لدجاجة في البيضة غير المحضنة. ولذا فإن نظرية التكوين ما هي إلا عملية التكوين الجنيني أي النمو الجنيني وأمداد أجزائه وزيادة كثافتها وقد لاقت هذه النظرية قبولا واسعا.

وفي عام ١٦٧٧ أكتشف رهام وليفهوك نطفة السائل المنوي فكان الظن بداية الأمر انها طفيليات. وقد اقترح بأنه يحمل صفات الجنين بدلا من البيضة.

ولقد ظهرت نظرية جديدة تمتلى جديدة تحويرا للفكرة الأساسية لنظرية التكوين السابقة وهي نظرية التكميس emboiment or encasement وتتص هذه النظرية على ان أفراد الاجيال المتعاقبة تحفظ في الخلايا الجنسية للأب الواحد داخل الآخر وكان رائدا هذه النظرية هما العالم سومرايم وبونت عام ١٧٢٠م.

لقد لوحظ بوفن Buffon ١٧٦٠ بدراسة عدد كبير من البويض على فترات مختلفة من الحضانة أنه اقترح بأن جنين الدجاجة موجودة في مركز البيضة منذ خروجها من جسم الدجاجة.

وفي عام ١٨٢٨ نشر فون بيرفي كتابه الموسم قالون الذي يتضمن على ان للمظاهر العامة التي تشيع في كل أعضاء المجموعة من الحيوانات تظهر في الجنين في وقت مبكر من وقت ظهور الصفات الأكثر

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

تخصصا كظهور الحبل الظهري والجهاز العصبي المركزي قبل ظهور بعض الصفات المختلفة كما الزعانف في الأسماك والريش في الطيور والشعر في الثدييات. وتضمن وصف العالم ارسطو بجنين الدجاج ضرورة وجوده روح غير مادية توجه عمليات التمايز والنمو المعقدة والتي تسمى بالقوة الحيوية التي اقترحها ولف ١٧٥٩م.

أهم المجالات المتخصصة لعلم الأجنة

- علم الأجنة الوصفي Descriptive embryology

يتطرق هذا العلم إلى المراقبة والوصف دون التدخل في العمليات الحيوية الداخلية وربط عمليات النمو بالظروف البيئية المتغيرة في كل مرحلة من النمو خصوصا الأسماك.

- علم الأجنة المقارن Comparative embryology

وقد تطرق هذا العلم إلى مقارنة أجنة الأنواع المختلفة ببعضها البعض ومحاولة إيجاد العلاقة أو المواقع التصنيفية للكثير منها. وقد ساعد هذا العلم على فهم التكوين الجنيني للكثير منها وتفسير كثير من الغموض في مراحل النمو الجنيني للإنسان.

- علم الأجنة التجريبي Experimental embryology

وهو العلم الذي يعتمد فيه الباحث على إجراء التجارب العلمية في المعمل وإحداثها على الخلية أو الجنين وعلى المشاهدة وتحليل النتائج وقد بدأ هذا العلم بتجربة من العالم ولهم روكس Wilhelm Roux الذي حاول حسم الخلاف بين مؤيدي نظريتي التكوين المسبق والتكوين التراكمي. فقد قتل العالم روكس إحدى الخليتين الناتجتين عن انقسام البويضة المخصبة للضفدعة بكيها بأبرة ساخنة إلى درجة الاحمرار. وبهذه التجربة أمكن إثبات أي النظريتين أصح نظرية التكوين التراكمي أو التكوين المسبق.

- فإذا كانت نظرية التكوين التراكمي صحيحة فسنحصل على جنين كامل وإن كان صغير الحجم.

- أما إذا كانت نظرية التكوين المسبق صحيحة فسنحصل على جنين مشوه أو ناقص وهو ما حصل عليه العالم رو. وقد اعتبر العالم رو هذه النتيجة دليلا عمليا صحيحا على صحة هذه النظرية واقترح وسمى هذه النظرية بالنظرية الفسيفساقية Mosaic theory.

ولقد ظهر فيما بعد عملية كى أو قتل الخلية تأثير على عملية التكوين الجنيني للخلية بحيث جاء مشوها. ولهذا فقد تم الحصول على جنينين كاملين صغيرين بعد فصل الخليتين الناتجتين عن أول انقسام لبويضة مخصبة فصلا تاما.

ومن رواد علم الأجنة التجريبي هو العالم دريش Driesch الذي أوضح في تجربته ١٨٩١ إمكانية نشو جنين كامل لقتل البحر من كل من الخليتين الناتجتين عن أول إنقسام للبويضة المخصبة بعد فصلهما.

– علم الأجنة الكيميائي: Chemical embryology

يساعد الباحثين في دراسة الجنين من حيث جيناته وتركيبه والمادة الأساسية لهذه الجينات. والكيفية التي تسيطر بها المادة الوراثية للبيضة المخصبة على بناء المواد المختلفة ونشاط الجنين عن طريق نشاط الأحماض النووية.

علم الأجنة الفسيولوجي: Physiological embryology

يساعد على دراسة النواحي المختلفة للجنين من ناحية عملية الأيض والتغذية والأخراج والنمو.

– علم الأجنة التحليلي (علم الأجنة المعاصر) Analytical chemistry

وهو يتبع في طريقته المنهج الجديد لعلوم الحياة الذي يتخذ الجينات والأحماض النووية وعملها أساسا لتحليل النشاطات والحيوية والفاعلين المختلفة للجنين وأول من أتبع هذا الطريق هو العالم مورجان Morgan في عام ١٩١٩ حين وضع الترتيب الخطي للجينات أو المادة الوراثية على الكروموسومات وبالتالي فإن هذه الشفرات (الجينات) المحمولة على الكروموسومات هي المسؤولة عن تحديد أنصاف المظهرية والوظيفية للفرد وهذه الجينات هي عبارة عن الأحماض النووية سواء الحامض النووي الديزوكسي ريبونيكلك اسيد أو الريبوزي نيكلك اسيد وبعض الإنزيمات.

صور مراحل التكوين للخلايا الجنسية:

من الواضح ان هناك عمليات وتطورات أساسية يمر بها الكائن الحي لمختلف الحيوانات ليكون فردا جديدا. وهذه العمليات تبدأ من قبل عملية الإخصاب للبويضة، وهي تشمل عملية تكوين كل من الحيوان المنوي والبويضة وتسمى هذه العملية بعملية تكوين الأمشاج Gametogenes في كل منهما تنشأ هذه الخلايا بطريقة واحدة باستثناء بعض اللاقاريات ويمكن توضيح التغيرات والتحورات للإنتاج الخلايا الجنسية الذكرية منها والأنثوية:

(١) التكاثر: Reproduction

– حيث تنقسم خلايا الجنسية البدائية إنقسامات متتالية بالإنقسام الغير مباشر منتجة أعداد كثيرة من الخلايا الجنسية.

– أمهات المنى في الحيوان المنوي وفي الأنثى تسمى عشاش أمهات البيض وبمجرد من وقوف بعض هذه الخلايا عن الإنقسام تدخل في مرحلة أخرى.

(٢) النمو: Growth

وهذه المرحلة تختص بغذاء خلايا أمهات المنى أو أمهات البيض وتتغذى الأولى بواسطة خلايا سرتولى وهى خلايا كبيرة بجوار خلايا أمهات المنى وتكوين ما تسمى بخلية منوية ابتدائية Primary spermatocyte والثانية تتغذى بواسطة الخلايا الحويصلية المحيطة بالخلية البيضية الأولية والتي تسمى Primary oocyte.

(٣) النضج: Maturation

عند إتمام نضج الخلية المنوية الابتدائية أو البيضية الابتدائية تدخل فى مرحلتى الإنقسام الإختزالى الأول والثانى.

وتؤدى إلى إختزال عدد الكروموسومات فى الخليتين الناتجتين إلى النصف وهى خلية المنوية (النظيفة) الثانوية Secondary spermatocyte أو البيضية الثانوية . وسرعان ما تمر هذه الخلايا بالمرحلة الثانية من الإنقسام الإختزالى الثانى دون المرور بطور نمو لتنتج أربعة خلايا جرثومية هى الطلائع المنوية. أو حوصلة جراف فى البيض لتعطى البويضة الناضجة ثم تتطور هذه الخلايا المنوية إلى انطلائع المنوية ثم إلى حيوانات منوية فى الذكر أو بويضة ناضجة فى الأنثى.

الأمشاج نوعين : ذكرية - أنثيه:

وباتحاد الخلية الذكرية (النطفة) Spermatozoa بالبويضة Ovum تعرف هذه العملية بالإخصاب لتكون البويضة المخصبة أو الزيجوت zygote والذى يحتوى على العدد الزوجى للكروموسومات Diploid number وتمر البويضة المخصبة (الجنين) بمراحل مختلفة من الإنقسامات المتتالية التى تؤدى إلى تكوين كرة مصمتة من الخلايا تسمى التوتيه morula ثم تتحول هذه الكرة إلى كرة جوفاء من الخلايا تسمى بالمفلجة blastula ويعرف تجويفها بتجويف المفلجة blastocoel ثم يتحول هذا الجنين إلى تركيب ثلاثى الطبقات يسمى بالبطينة Gastrula والتى تحتوى بداخلها على تجويف يسمى تجويف البطينة Gastrocoel أو المعى البدائى Archentron وتسمى عملية التحول هذه من المفلجة إلى البطينة بعملية التبطين Gasrulation وفى هذه المرحلة تحتوى البطينة على الطبقات الجرثومية الثلاثة يمر الجنين بعد ذلك إلى مرحلة تكوين الاعضاء.

فتتميز الطبقات الجرثومية الثلاثة إلى أجزاء صغيرة والتى تأخذ اتجاهات مختلفة لتحدد مصير كل جزء منها يتكون عضو معين. ويظهر بداءات الأعضاء ويصبح الجنين شبيها بالحيوان البالغ ثم يبدأ فى النمو والتميز ليتحدد حجم وشكل الأبوبين.

تنفقس البويضة فى بعض الأنواع كائن يختلف عن البالغ مظهرها ويسمى اليرقة Larva حيث تكون قادرة على الحصول على الطعام ثم تتحول اليرقة إلى الشكل البالغ بعملية تعرف بالتحول الشكلى

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

metamorphosis وخلال هذه العملية تفقد اليرقة تراكيب كثيرة تستخدم فى الطعام والانتقال ولكنها لا تؤدي وظيفة كبيرة عند البلوغ وتنتشر هذه الظاهرة فى الحيوانات التى تضع بيوضا صغيرة قليلة المح. ويمكن توضيح عملية التكوين الجنينى بانها سلسلة من الإنقسامات والتطورات المستمرة حيث أنها يمكن ان تتكون من عدة مراحل مختلفة هى:

(١) مراحل تكوين الخلايا الجنسية Formation of sex cells

(٢) الإخصاب Fertilization

(٣) التفليج والإنقسام Cleavage & Segmentation

(٤) مرحلة التطور Gastrulation

(٥) مرحلة تكوين الأعضاء Organogenesis

(٦) مرحلة خروج الجنين إلى الحياة Posthatching

من البويضة كما فى حالة بعض الأسماك والبرمائيات والطيور والزواحف والولادة فى حالة معظم الثدييات.

(٧) عملية النضوج الجنسي للفرد Sexual maturity التى تنتهى بحيوانات ناضجة جنسياً من ذكور وإناث يتزوجون مرة أخرى لإنتاج أجيال أخرى متتالية.

تكوين الأمشاج Gametogenesis

تمثل عملية تكوين الأمشاج الخطوة الأولى في التكاثر الجنسي Sexual Reproduction حيث تحتوى هذه الخلايا الجنسية على نصف العدد الكروموسومى (الصبغى) المميز للنوع وتعرف الخلايا الجنسية الذكرية بالحيوان المنوى (النطف) Sperm والخلايا الجرثومية الإنثوية الناضجة بالبويض Ova وتسمى العمليتين اللتين تؤديان إلى نشو أو تكوين البيض Oogenesis وتكوين الحيوان المنوى (النطف) Spermatogenesis وهتان العمليتان متشابهتان تماماً رغم إختلافات المظهرية بين نواتجهما فكلاهما يبدأ بمرحلة التكاثر للخلايا الجرثومية الأولية، مروراً بالإنتقسام الإختزالى وطور النمو والنضج ويتم إنتاج الحيوانات المنوية داخل خصية الذكور والبويضات من المبيض في الإناث .

أصل الخلايا الجرثومية: Origin of germ cells

يعتقد كثير من علماء الأجنة ان الخلايا الجرثومية الأولية تكون الأمشاج فقط أما الخلايا الجسمية Somatic cells للغدد التناسلية مثل خلايا سرتولى فى الخصى والخلايا الحويصلية فى المبايض تنشأ من الميزوديوم. ومن الثابت ان الخلايا الجرثومية تنشأ بوضع مختلف عن بقية الخلايا فى العرف الجرثومى Germinal ridge والذى يكون الغدد التناسلية والتي تنشأ فى أجزاء من الجنين بعيداً عن هذا الحرف ثم تهاجر لتستقر فيه. ولهذا كان الاعتقاد السابق ان الخلايا الجرثومية الأولية لا تظهر إلا فى وقت متأخر أثناء النمو الجنينى أى بعد أن تتكون المناسل حيث توجد هذه الخلايا. وقد تبين حديثاً ان الخلايا الجرثومية الأولية تظهر فى وقت مبكر جداً أثناء نمو الجنين وحتى قبل أن يعرف بعد ان كان ذكراً أم أنثى وقد وجد أن مدة الحمل فى الفأر الصغير mice هى ١٩-٢٠ يوماً والفأر الكبير Rat تصل إلى ٢١-٢٢ يوماً والأرانب من ٣٠-٣٢ يوماً.

ويتضح فى قول الله تعالى فى كتابه العزيز فى سورة الشورى الجزء الخامس والعشرون (٤٨) " لله ملك السموات والأرض يخلق ما يشاء يصيب لمن يشاء إناءً ويصيب لمن يشاء الذكور * أو يزوجهن ذكراً وإنانا وبجعل من يشاء لعها الله عليه قدبر".

وفى سورة أخرى يتضح فيه قدرة الله فى ان يهب من يشاء الإناث فى سورة آل عمران الجزء الثالث (٦) " هو الذى يصورهم فى الأرحام يحققه يشاء لا اله الا هو العزيز الحكيم"

وفى سورة الرعد الجزء الثالث عشر (٨)

" الله يعلم ما تعمل لئلا ينهى عما تعبد الأرحام وما يزداد وحل خي يحنه بمقدار"

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

ويبين الله العلى التقدير فى آياته الكريمة فى سورة الحج الجزء السابع عشر (٤)

" ياأيها الناس ان كنتم فى ريب مما نبعث فانا خلقناكم من تراب ثم من نطفة ثم من علقه ثم من مضغة مخلقة وغير مخلقة لنبين لكم ونقر فى الارحام ما نشاء الى أجل مسمى ثم نخرجكم طفلاً ثم لتبلغوا أشدكم ومنكم من يتوفى ومنكم من يرد الى أرذل العمر".

وفى سورة أخرى من كتاب الله عز وجل يوضح فيه المراحل المختلفة لتكوين الجنين فى رحم الأم وفى قوله عز وجل فى سورة المؤمنون الجزء الثامن عشر (١١)

" ولقد خلقنا الإنسان من ملاق من طين * ثم جعلناه نطفة فى قرار مهيئ * ثم خلقنا النطفة علقة فخلقنا العلقة مضغة فخلقنا الممضعة عظاماً فخلقنا العظام لعما ثم ابناناه خلقاً آخر فتبارك الله أحسن الخالقين"

وفى سورة أخرى من كتاب الله فى قول الله تعالى فى سورة غافر الجزء الرابع والعشرون (٦٧)

" هو الذى خلقكم من تراب ثم من نطفة ثم من علقه ثم يخرجكم طفلاً ثم لتبلغوا أشدكم ثم لتكونوا شيوخاً ومنكم من يتوفى من قبل ولتبلغوا أجلاً مسمى ولعلكم تعقلون".

وان الخلايا الجرثومية تتميز داخل الجدار الداخلى لعنق كيس المح شكل (٨-١) ثم تهاجر منه الى المناسل فى وقت يكون فيه المنسل عبارة عن بروز صغير يعرف باسم العرف الجرثومى Germinal ridge ويكون هذا العرف الجرثومى ملاصقاً تماماً للكلية الأولية للجنين حيث كان جزءاً منه ثم انفصل تدريجياً كما موضح فى شكل (٨-١).

ومع استمرار النمو الجنينى يزداد العرف الجرثومى فى النمو إلى أن ينفصل تماماً عن الكلية الجنينية ويزداد عدد الخلايا الجنسية المهاجرة إليه ويتحول إلى كيس وقشره خارجية سمكية Cortex ولب medulla تنتشر بداخله أحيال جنسية ابتدائية primitive sex cords ويعرف بالطور غير محدد المنسل indifferent gonad شكل (٨-١) وان قدر ان يكون هذا الجنين ذكراً فيحدث زيادة فى عدد الأحيال الجنسية الأولية وتملأ اللب تماماً وتقل القشرة وتتحول الأحيال الجنسية الأولية إلى الأنبيبيات المنوية Seminiferous Tubules وتتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى مولدات المنى وهى المرحلة الاولى لتكوين الحيوانات المنوية وتكون الخصية. وتظل مولدات المنى Spermatogonia ساكنة خلال الفترة الجنينية وحتى بعد خروج الجنين إلى الحياة حتى يصل إلى مرحلة النضج الجنسى عند ذلك تخرج هذه الخلايا من مرحلة السكون إلى سلسلة من الإنقسامات الخلوية الغير مباشرة والإختزالية حتى تكون الحيوانات المنوية.

وان قدر لهذا الجنين ان يكون أنثى فان سمك القشرة يزداد فى الحجم ويتبعه ضمور فى اللب وتزحف خلايا القشرة إلى الداخل حتى تملأ تجويف المنسل تماماً وتتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى نوع من الخلايا يعرف باسم أمهات البيض oogenia التى تعتبر الطور الاول فى مرحلة تكوين البويضات وتكوين المبيض. وتعرف هذه العملية السابقة بعملية التمييز الجنسى للأجنة قبل الولادة شكل (٨-٢).

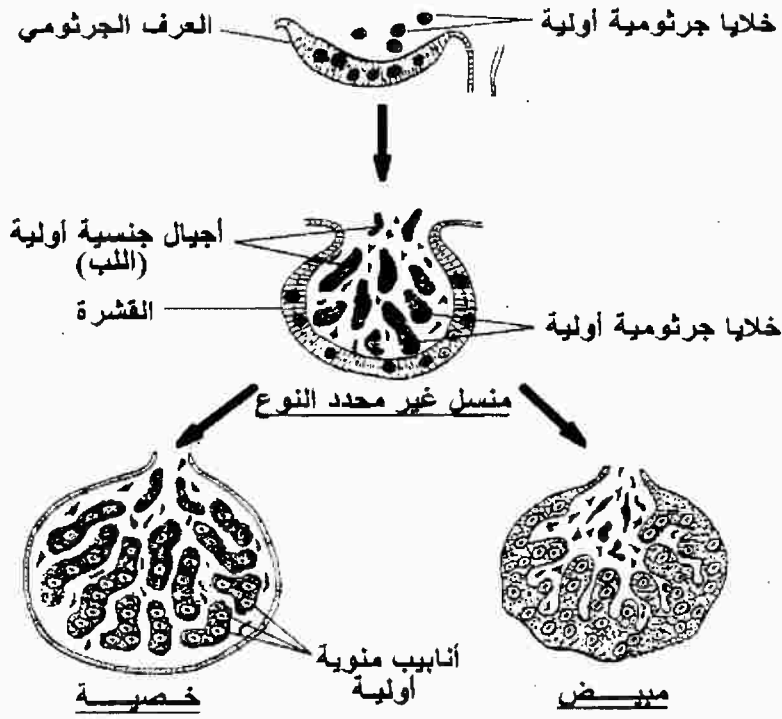
وفى خلال هذه العملية تمر كل من البويضة والحيوان المنوى بسلسلة من الإنقسامات والتمييز حتى يتكون كل منها وهذه السلسلة هى:

____مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة____

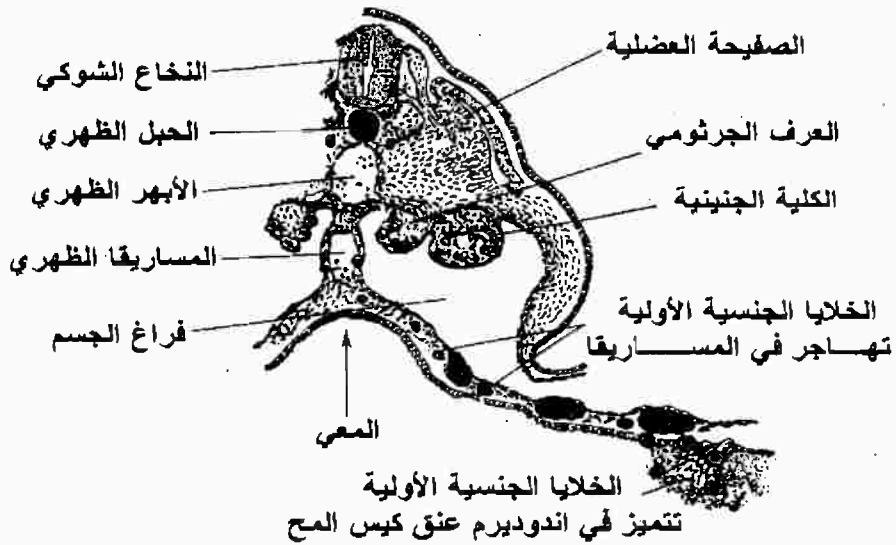
الإنقسام الغير مباشر. Mitosis

والإنقسام الاختزالي. Meiosis

وبعد تكوين كل من البويضة والحيوان المنوى يتم اتحادهما ويتكونان الزيجوت حيث أن كل منهما يحتوى على نصف عدد الكروموسومات Haploid No ويكتمل هذا العدد Diploid No بإتحاد البويضة والحيوان المنوى ويعطى العدد الزوجى diploid No. 2N فمثلاً: العدد الزوجى لكروموسومات الإنسان ٤٦ كروموسوم منهم ٢٢ زوج يسمى autosomes + زوج من الكروموسومات الجنسية Sex chromosomes والذي يطلق عليه XX فى حالة الإنثى، XY فى حالة الذكر. ويتوقف جنس الجنين على نوع الحيوان المنوى الذى يلقيح البويضة فإذا كان Y يتحد مع X بويضة فيكون الناتج ذكراً. وإذا كان X يتحد مع بويضة فيكون الناتج أنثى .



شكل () خطوات التميز الجنسي وكيفية تكوين المبيض أو الخصية.



رسم تخطيطي لقطاع خلال منتصف الجسم في جنين حيوان فقاري يوضح نشأة الخلايا الجنسية الأولية في اندوديرم الكيس المحي والتي تهاجر منه إلى المناسل النامية

شكل رقم (٨-١)

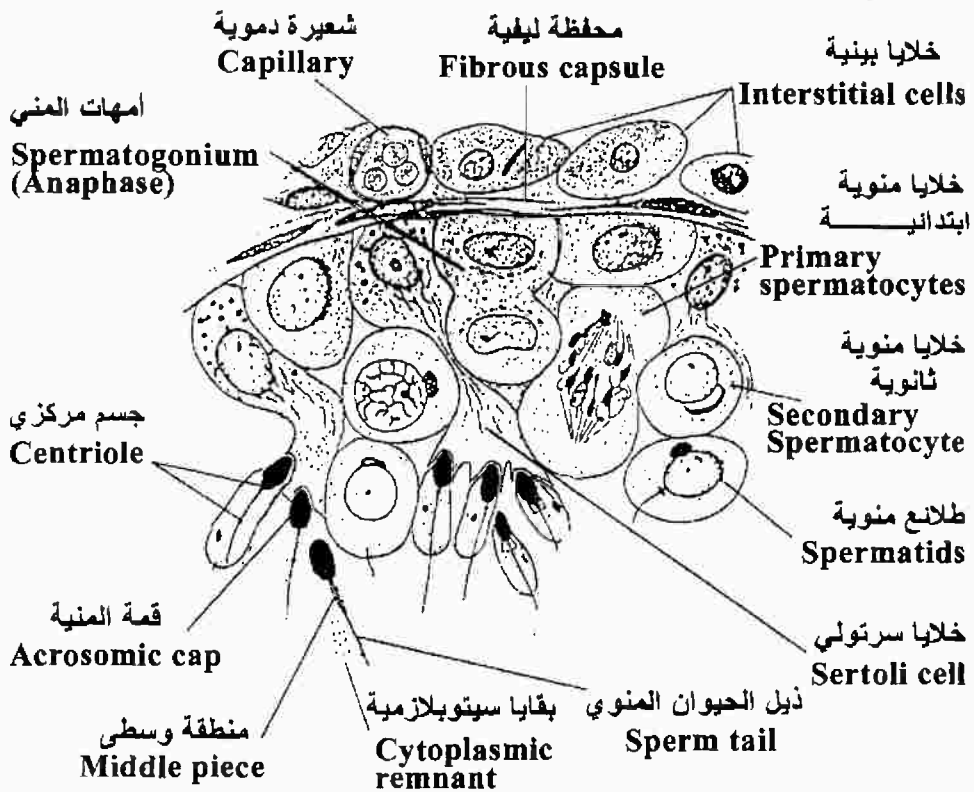
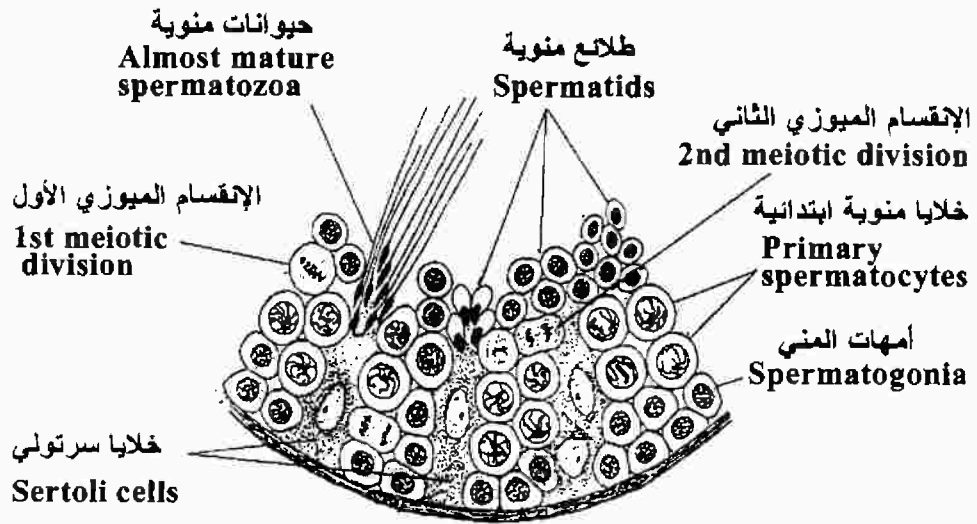


Diagram of a portion of the wall of a seminiferous tubule.

رسم توضيحي لجدار الأنبوبة المنوية

شكل رقم (٨-٢)

تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تتكون الجاميطات الذكرية (الحيوانات المنوية) فى خصية الذكر داخل الأنابيب الملفوفة داخل الخصية والتي تعرف باسم الأنبيبات المنوية Seminiferous Tubules وتنشأ الخلايا الجرثومية الأولية فى الأطوار المبكرة من النمو الجنينى ثم تهاجر إلى العرف التناسلى الذى وصف من قبل genital ridge حيث تعمل هذه الخلايا على تكوين الأنبيبات المنوية ثم الخلايا الجنسية الذكرية أو مولدات المنى Spermatogonia وهى المسئولة عن تكوين الحيوان المنوى فعندما يصل الحيوان الفقارى إلى مرحلة البلوغ أو النضج الجنسى يبدأ هذه الخلايا فى التحول إلى حيوانات منوية داخل الأنبيبات المنوية ولا تتحول هذه الخلايا الجنسية مره واحدة إلى حيوانات منوية بل على شكل مجموعات وعلى فترات متتابعة كما إن هناك انقسامات متتالية ودائمة ومستمرة لمولدات المنى وذلك لإنتاج أعداد كثيرة.

وعملية تكوين الحيوانات المنوية من مولدات المنى تسير على نمط واحد فى معظم أنواع الفقاريات. وتحتوى خصية الفقاريات الناضجة على عدد كبير من الأنبيبات المنوية والتي تحاط بنسيج أبيض مرن يسمى الغلالة البيضاء Tunica Albuginea وعند دراسة القطاع العرضى للخصية ودراسة إحدى هذه الأنبيبات المنوية فنجد انها تبدأ بالطلائع الجرثومية germinal epithelium ثم مولدات المنى Spermatogonia فى أطوار مختلفة من الانقسام الغير مباشر وذلك لإنتاج أعداد كبيرة من مولدات المنى. ومصير هذه الخلايا هما أثنين:

- (١) ان تستمر مولدات المنى فى الانقسام لتعطى مولدات أخرى تعوض ما تحول إلى حيوانات منوية.
- (٢) أو أن تتوقف عن الانقسام لفترة قصيرة وتنمو ويصبح حجمها أكبر قليلا من مولدات المنى وتعرف هذه الخلايا بالخلية المنوية الابتدائية Primary spermatocytes.

وكلا العمليتان يسيران جنبا إلى جنب وعندما تتحول هذه الخلايا إلى خلية منوية ابتدائية تبدأ الاخير فى ان تنقسم انقساما اختزاليا لتكوين خليتين منويتين ثانويتين Secondary spermatocytes كما فى شكل (٨-٢) وبعد فترة قصيرة تنقسم الخلية المنوية الثانوية أنقساما آخر تنقسم فيه الكروموسومات إلى كروماتيدات أو إلى خليتين أصغر حجما تسمى بالطلائع المنوية spermatids والتي تحتوى على نصف العدد الزوجى الموجود فى الخلية الأصلية Haploid number. وبذلك تنشأ أربعة خلايا من الطلائع المنوية من خلية واحدة. وتتحوّل هذه الطلائع المنوية إلى جاميطة مذكرة تعرف باسم الحيوان المنوى Spermatozoon ويوجد بين الخلايا المنبئة أو أمهات المنى Spermatogonia خلايا أخرى سرتولى Sertoli cells حيث تلعب دورا هاما فى تغذية الخلايا المنبئة والحيوانات المنوية وحمايه الخلايا الجنسية من المؤثرات الخارجية أو الداخلية أثناء وجودها فى الأنبيبات المنوية.

ويوجد نسيج ضام يسمى النسيج البينى Interstitial tissues والذى يعزو إلى ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكرية نظرا لإفراز هرمون خاص تفرزه هذه الخلايا بالإضافة إلى ان الأنبيبات المنوية أيضا تفرز هذا الهرمون.

وهناك عدة مراحل تمر بها الخلايا المنبئة حتى تتحول إلى حيوان منوى وهى:

مرحلة التكاثر Multiplication

وفيهما تنقسم الخلايا الجرثومية germ cells المكونة لجدار الاثنيوية المنوية لتعطى أمهات المنى spermatogonia والتي تحتفظ بالشكل الكروى والصغيرة الحجم، ومصير هذه الخلايا: أما ان تستمر فى النمو وتزيد فى الحجم وتتوقف عند الإنقسام لفترة وتعطى الخلية المنوية الابتدائية كما نكر سابقا. أما انها تستمر هذه الخلايا فى الإنقسام لتعطى مولدات منى أخرى.

مرحلة النمو: Growth

بعد فترة وجيزة من انقسام خلايا أمهات المنى تتوقف بعض هذه الخلايا وتزداد فى الحجم والنمو وتحرك نحو مركز الاثنيوية المنوية وتسمى هذه الخلايا الجديدة بالخلية المنوية الابتدائية primary spermatocytes شكل (٨-٢).

مرحلة النضج: Maturation

وفى هذه المرحلة من النمو الجنينى يحدث أن تنقسم الخلية المنوية الابتدائية انقسامًا اختزاليا لتعطى خليتين منويتين ثانويتين تحتوى كل منهما على نصف العدد الكروموسومى الموجود فى الخلية الأصلية Haploid no وهذه الخلايا أصغر من الخلية المنوية الابتدائية ثم تنقسم الخلية المنوية الثانوية انقسامًا غير مباشر Mitosis لتعطى خليتين منويتين تسمى بالطلائع المنوية spermatids وهى صغيرة جدا أصغر من الثانوية وبذلك فان كل خلية منوية من أمهات المنى تعطى أربعة خلايا من الطلائع المنوية. ويحدث تبادل المادة الوراثية بين الكروموسومات فى الإنقسام الإختزالى فى مرحلة الطور الاولى prophase I والذي يتكون من خمسة مراحل هى الطور المحبب والطور التزاوجى والطور الضام والطور التشتى والطور الابتعادى شكل (٨-٢).

وبعد مرحلة تكوين الطلائع المنوية تمر هذه الخلايا بعدة تحورات تكون فى نهايتها تكوين الحيوان المنوى وهذه المراحل هى:

وهناك أربعة مراحل لتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية كما فى شكل (٨-٤ ، ٨-٦) وهى:

(١) مرحلة جولجى Golgi phase

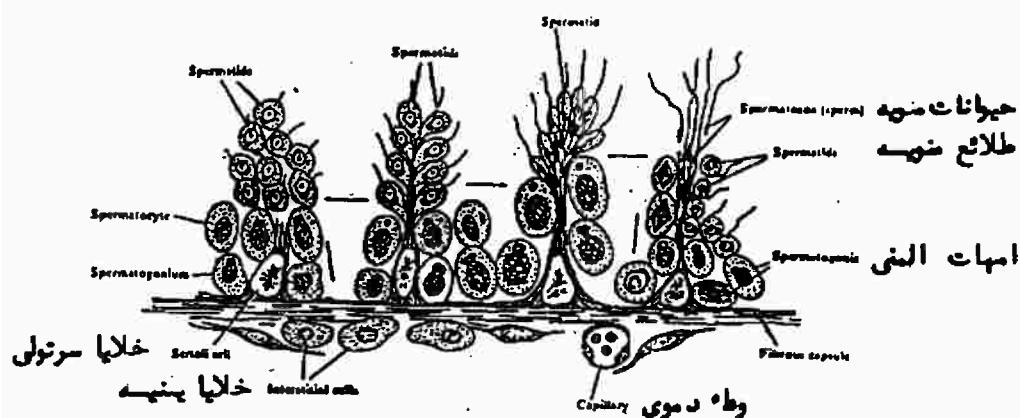
وهى تتميز بوجود حبيبات صغيرة تعرف بحبيبات قمة المنية فى داخل أغشية جولجى وهى عبارة عن تجمعات من الفجوات الصغيرة تتحد مع بعضها البعض لتكون فجوة كبيرة تظهر فى داخلها حبيبات قمة المنية وباستمرار النمو تتجمع هذه الحبيبات وتظهر كحبيبة واحدة فى داخل فجوة قمة المنية وتسمى بحويصلة قمة المنية عند ذلك Acrosomal vesicle.

(٢) مرحلة الطوق Cap phase

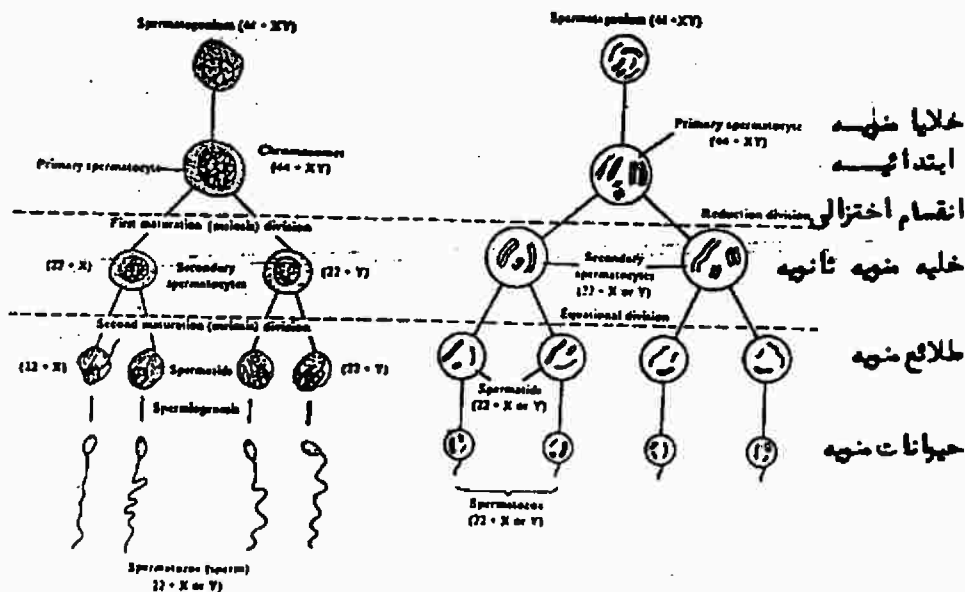
فى هذه المرحلة تفقد حوصلة قمة المنية بعض السوائل التى توجد فيها ثم ترتخى وتحيط بالنصف العلوى من نواة الحيوان المنوى وتكون ما يعرف باسم طوق الرأس Head cap. كذلك تتكتمش النواة تدريجيا بسبب فقدان كمية من الماء الموجود بالأحماض النووية وبذلك توجد الصبغات الوراثية فى حيز ضيق من النواة مما يساعد على تقليل وزن وحجم الحيوان المنوى. أما بالنسبة للأجسام المركزية فإن أحدهما يتحرك نحو القطب الخلفى للنواة ويعرف باسم جسم التمرکز الأمامى proximal centriole والآخر جسم التمرکز الخلفى (البعيد) Distal centriole وهذا يوجد عند قاعدة الذيل. ويتكون الذيل من خيط محورى يعرف Axial filament وهو عبارة عن أنبوبتين منفصلتين فى المركز وتسعة أزواج من الأنابيب مرتبة فى دائرة على مسافات متساوية حول الأنبوبتين المركزيتين .

(٣) مرحلة قمة المنية Acrosomal phase

وفىها تتحرك النواة من مركز الخلية إلى الحافه ثم تستطيل وتتقلطح حسب نوع الحيوان المنوى المتكون وتتدمج حبيباتها الكروماتينية ثم يبدأ الحيوان المنوى فى الاستدارة حول نفسه. أما قمة المنية فهى تأخذ أشكال وأحجام مختلفة حسب نوع الحيوان المنوى ويتجه الجسم الكروماتيدى للنواة نحو الجسم المركزى البعيد حيث يكون شكلا حلقيًا عند قاعدة الذيل مكونا Ring centriol الجسم المركزى الحلقى. أما الأجسام السباحية الموجودة فى السيترولازم فانها تهجر نحو قاعدة الذيل فى المنطقة الوسطى مكونه غشاء الأجسام السباحية Mitochondrial sheath الخاصة بالمنطقة الوسطى شكل (٣-٨) .

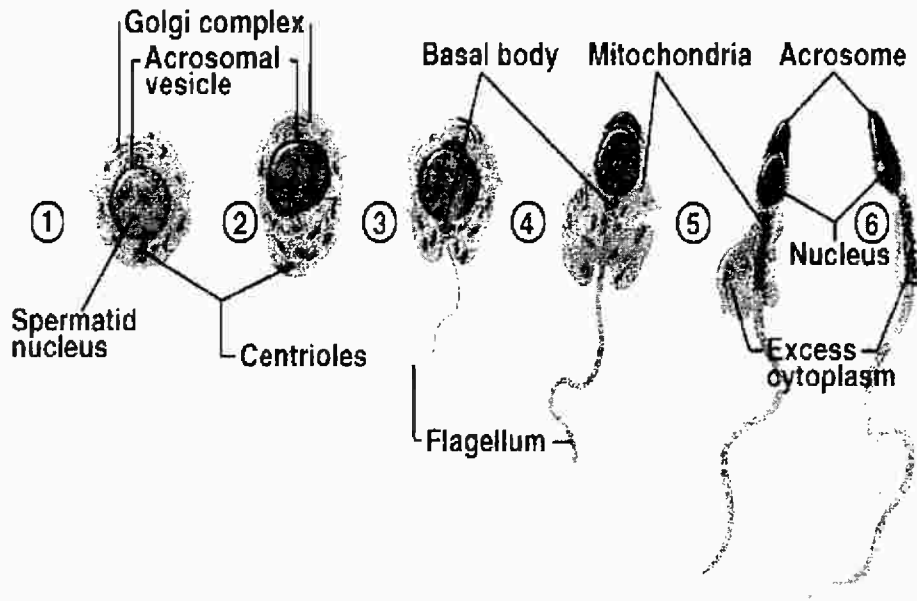


WALL OF SEMINIFEROUS TUBULE: STAGES IN SPERMATOGENESIS
جدار الأنابيب المنوية في عملية تكون الجدار المنوي



شكل يوضح عملية تكوين الحيوانات المنوية
شكل رقم (٨-٣)

Spermiogenesis



Changes that transform spermatids into spermatozoa

- discarding excess cytoplasm & growing tails

شكل رقم (٨-٤)

(٤) مرحلة النضج Maturation phase

وفيها تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوى حيث تأخذ النواة وقمة المنية الشكل والوضع النهائى لهما حسب نوع الحيوان وفى هذه المرحلة تحيط قمة المنية بالنصف الأمامى للنواة. وتتحوّل كل الأجسام الكروماتينية داخل النواة إلى كتلة واحدة متجانسة والجسم المركزى الحلقى يتحرك بعيداً فى اتجاه الذيل حيث يحدد نهايه المنطقة المتوسطة للحيوان المنوى وبداية تكوين الذيل. وفى المنطقة الوسطى تتمركز الأجسام السباحية وتتخذ شكلاً حلزونياً شكل (٨-٤ ، ٨-٥). وفى النهاية يحتوى السيتوبلازم على الريبوسومات والحبيبات الدهنية وأجسام سباحية متحللة وأغشية متبقية عن جهاز جولجى وهذه الكتلة التى تعرف باسم بقايا ريجود Residual body of regaud تنفصل عن الحيوان المنوى وتبقى فى تجويف الأنبيبات المنوية أو تلتصقها أنواع من الخلايا تعرف باسم خلايا سرتولى Sertoli cells.

وأثناء مراحل تحورات الطلائع المنوية تكون الطلائع المنوية المتكونة ملتصقة بجدار خلايا خاصة تسمى خلايا سرتولى نسبة إلى مكتشفها وهى خلايا جسيمة Somatic cells أى أنها تحتوى على العدد الزوجى للكروموسومات وليست مثل بقية الخلايا الجنسية التى تحتوى على العدد الفردى للكروموسومات ————— ومات ويعتقد ان خلايا سرتولى لها أهمية فى:

- إمداد الطلائع المنوية والحيوانات المنوية بالمواد الغذائية التى تنقلها إليها وهى خلايا لا تنقسم فى الخصية الناضجة.

- وهى لا تتأثر بالإشعاع ولذلك فانها تقاوم أنواع كثيرة من السموم التى قد تقتل الخلايا الجنسية وأطوارها المختلفة.

- ووظيفتها حماية الخلايا الجنسية من أى مؤثرات خارجية أو داخلية أثناء وجودها فى الأنبيبات المنوية.

وأهم أحداث هذا التحور كما فى شكل (٨-٤) هى:

- استئصال الطليعة المنوية.

- تحتوى كل طليعة منوية على نقطتين مركزيّتين Centrioles مع سوط دقيق.

- تتركز المادة الوراثية الموجودة فى النواة فى المنطقة الأمامية من رأس الطليعة المنوية التى تكون رأس الحيوان المنوى فيما بعد.

- يكون جهاز جولجى الجسم القمى acrosome فى الطليعة المنوية ثم الحيوان المنوى. حيث يعمل هذا الجسم على إفراز انزيم الهاليرونيداز Hyaluronidase الذى يقوم بإذابة غشاء البويضة.

- تتجمع الأجسام السباحية حول المنطقة الوسطى للطليعة المنوية أو الحيوان المنوى فيما بعد.

الحيوان المنوى: Spermatozoon

- وبعد مرحلة النضج تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوى والذي يختلف شكله من حيوان إلى آخر اختلافا كبيرا من حيث الحجم والشكل فقد يبلغ طوله ٠,٠٥ م فى الإنسان أو ٠,٠٢ م فى البلانجلوسس.
- يحتوى الحيوان المنوى على جزء ضئيل من البروتوبلازم والذي يشمل جميع المواد الغذائية للحيوان أى الطاقة المخزونة له. ولذلك فإن طاقته وحيويته تستمر لفترة وجيزة بعدها يصبح غير قادرا على الإخصاب.
- تتميز بحيويتها ونشاطها وقدراتها على الحركة داخل السائل المنوى الذى تفرزه الخصية والغدد الملحقة بها.
- يتحرك الحيوان المنوى فى هذا السائل بواسطة الذيل وهو الجزء الخلفى له.

تركيب الحيوان المنوى:

الحيوان المنوى لمعظم الفقاريات يتركب من نمط واحد وهو يتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هي:

Head

(١) الرأس

- فهو يختلف من حيوان إلى آخر فقد يكون مفلطحاً أو بيضاوياً كما فى الإنسان أو على شكل سيف منسوب نو رأس كما فى الفئران أو حلزونيا كما فى الطيور والبرمائيات.
- وتحتوى الرأس على النواة وهى المسئولة عن نقل الصفات الوراثية باتحادها مع نواه البويضة وتكوين فردا جديدا.
 - وتحتوى الرأس أيضا على قمة المنية Acrosome والتي تفرز إنزيم الهياليرينيز الذى يساعد فى عملية نوبان غشاء البويضة وسهولة دخول الحيوان المنوى داخل جسم البويضة كما فى شكل (٨-٥).

(٢) الجزء المتوسط Middle piece

- يوجد خلف الرأس مباشرة وهو متغير أما ان يكون قصيرا أو طويلا وهو يتكون من مجموعه من الأغشية أو ما تسمى بالأجسام السباحية Mitochondria التى علاه ما تأخذ شكلا حلزونيا فى الثدييات.
- ويوجد أيضا النقطة المركزية وهى أما أن تكون أمامية أو خلفية أو وسطية وتستخدم فى عملية الإنقسام أثناء اتحاد نواه الحيوان المنوى بنواه البويضة ويتكون خيط المغزل ووجود الأجسام السباحية يعزى إليها
- حركة الحيوان المنوى- إنتاج الطاقة اللازمة للحركة وذلك عن طريق وجود الإنزيمات المؤكدة للمواد الغذائية.

Tail

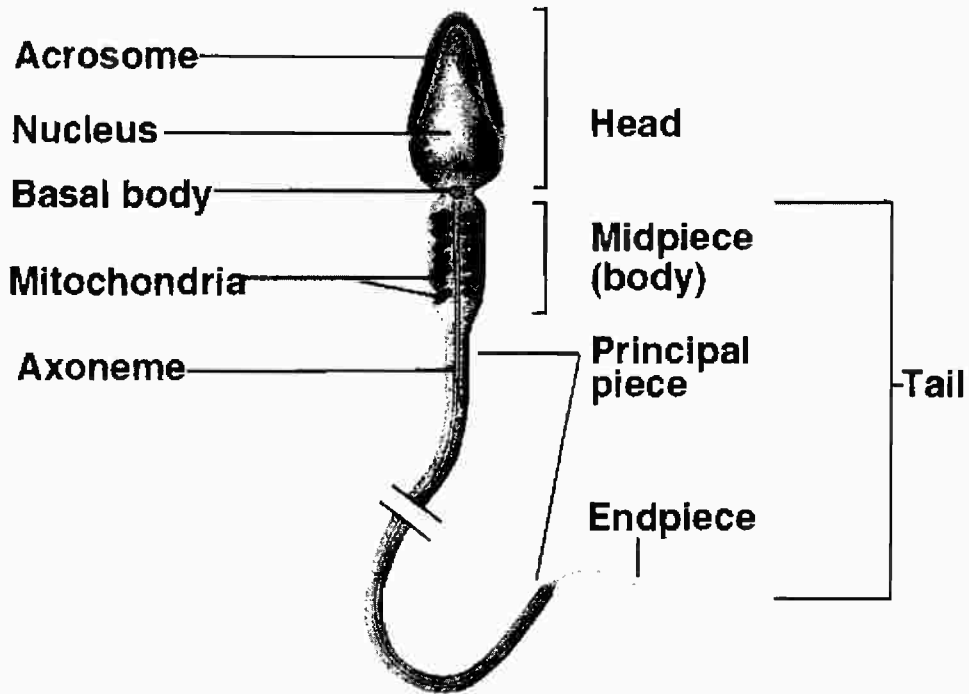
(٣) الذيل

وهو أطول جزء فى الحيوان المنوى وبحركته يستطيع الحيوان المنوى ان يتحرك داخل الكتلة المنوية المقنوفة فى الجهاز التناسلى للأنثى والتى تحتوى على عدة ملايين ٢٠-٢٠٠ مليون من الحيوانات المنوية تسبح فى السائل المنوى التى تفرزه كل من الخصية والغدد الملحقة بها. شكل (٨-٥).

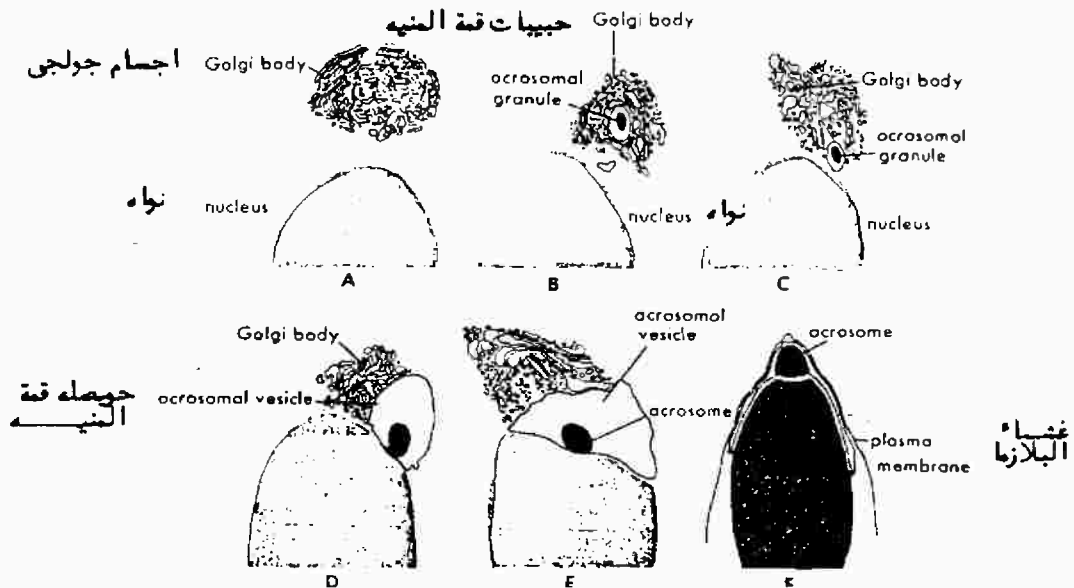
وأهم وظائف الحيوان المنوى هو:

- إخصاب البويضة وذلك عن طريق تلاقى الحيوان المنوى بالبويضة واتحادهما وتكوين الزيجوت.
- الوظيفة الأخرى الميكانيكية فعندما يصل الحيوان المنوى إلى البويضة يحثها على بدء الإنقسام وقد يتم ذلك دون اتحادهما.

Spermatozoon



شكل (٥-٨)



مراحل تطوير و تكوين قمة المنية ورأسها في جهاز جولجي أثناء تكوين الحيوانات

المنوية في القط

شكل (٦-٨)

مرحلة النضج الوظيفي للحيوان المنوى Physiological Maturation of the sperm

عند اكتمال نمو الحيوان المنوى داخل الخصية لا يكون قد وصل إلى الصور النهائية للنضج سواء في التكوين أو في قدرته على تلقيح البويضة.

وقد وجد انه يحدث بعض التحورات الفسيولوجية والتركيبية وتتم هذه التحورات في الذكر كالآتي:

عند اكتمال عملية التحور للطلائع المنوية إلى حيوانات منوية تترك هذه الحيوانات المنوية الخصية حيث تمر في أنبوبة غاية في الطول ملتفة حول نفسها على شكل مضغوط تلى الخصية مباشرة يعرف باسم البربخ Epididymis شكل (٨-٧) وفي معظم الثدييات ينقسم البربخ إلى ثلاثة أجزاء:

(١) الرأس Caput

(٢) الجزء المتوسط أو الجسم Corpus

(٣) الذيل Cauda

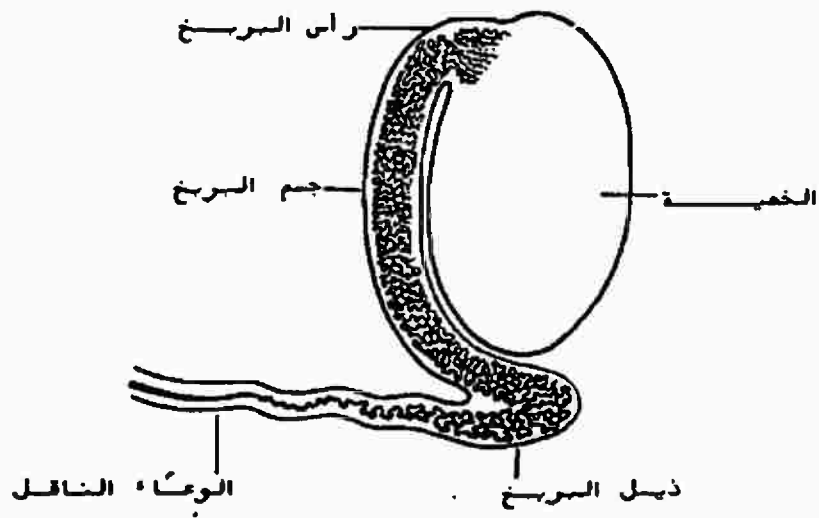
ويتم نضج الحيوانات المنوية في الرأس والجسم أما منطقة الذيل فهو يختزن فيه الحيوانات المنوية. ومن أهم التعبيرات التركيبية التي تطرأ على الحيوانات المنوية أثناء وجودها في البربخ، هي أن النقطة السيتوبلازمية (وهى بقايا السيتوبلازم الذي ترك أثناء تحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية داخل الخصية) تهاجر من عنق الحيوان المنوى إلى الطرف البعيد من الجزء المتوسط وعند عملية القذف تكون هذه النقطة السيتوبلازمية قد اختفت تماماً. وقد لوحظ وجود هذه النقطة السيتوبلازمية في المنطقة الوسطى من الحيوان المنوى بعد القذف لفترات قصيرة وهذا دليل على عدم نضج الحيوان المنوى.

وقد وجد أن حيوية الحيوانات المنوية وقدرتها على الحركة تزداد كلما أبتعدت عن الرأس وجسم البربخ، وتكون درجة حيويتها في الذيل ضعف تلك الموجودة في الرأس والجسم، أما الحيوانات المنوية الموجودة في الخصية فهي عقيمة لا قدره لها على التلقيح.

وقد نوه بعض الباحثين عن احتمال وجود بعض الإفرازات مصدرها البربخ تكسو أو تغطي الحيوانات المنوية فتحميها من أى مواد ضارة قد توجهها في المجرى التناسلى للأنثى. وتتم المراحل النهائية للنضج الوظيفي للحيوان المنوى في داخل الجهاز التناسلى للأنثى.

وتستقر الحيوانات المنوية بين قناة البيض ورحم الأنثى في فترة تتراوح بين عدة دقائق إلى عدة ساعات حسب نوع الأنثى وذلك حتى يصبح قادرا على الاتحاد بالبويضة ولقد سميت هذه الفترة بزيادة القدرة Capacitation period حيث تفرز قناة البيض والرحم إفرازات تؤثر على قدرة الحيوان المنوى وتنشيطه مما يجعله قادرا على إخصاب البويضة.

عند دخول الحيوانات المنوية إلى قناة البيض تزداد نشاطها حيث انها تمر بفترة زيادة القدرة للإفرازات المحدثه من قناة البيض والرحم والمهبل Vagina التى تحتوى على مواد تساعد على رفع للمستوى الإخصابى للحيوان المنوى وتحافظ على حياة الحيوان المنوى.



شكل (٧-٨) رسم يوضح العلاقة بين الحفيرة وأجزاء البربخ. (عن: Austin and Short 1967).