المقدمة

تمهيد وتعريف:

لقد لفتت ظاهرة تكوين النسل وتشكل الأجيال وتعاقبها في جميع الكائنات نظر الكثير من العلماء وأخذ الكثير منهم يبحث في الأسباب فكانت هناك الكثير من النظريات التخمينية التي وضعت والتي تبين في بداية القرن العشرين أنها مجرد نظريات تحمل بعض الدلالات لجانب الحقيقة العلمية

يضم علم الأجنة الكثير من الاتجاهات العلمية ومنها:

١- علم الأجنة التجريبي

٢- علم الأجنة المقارن

٣-علم الأجنة التطوري

٤ -علم التشوهات الخلقية

٥- زراعة الأنسجة

٦-علم الأجنة الوصفي

علم الأجنة الوصفي Descriptive Embryology

هو العلم الذي يبحث في الدراسات الوصفية للأجنة المتكونة منذ بداية تكوين الامشاج وما يلحقها من مراحل التكوين الجنيني المبكر مثل التفلج والتوتية والمفلجة والبلاستولا وبداية تكوين الأعضاء كما يدخل بعض علماء الأجنة دراسة بعض العمليات التكوينية لها بعد فقس البيضة أو الولادة وحتى مرحلة تشبه إلى حد كبير الحيوان اليافع ضمن دراسة علم الأجنة.

ب)علم الأجنة المقارن Comparative Embryology

هو مجموعة الدراسات الوصفية المقارنة للتكوين الجنيني في الطوائف المختلفة للحيوانات، وقد ساعدت هذه الدراسات في معرفة التكوين الجنيني في الإنسان قياسا على أجنة الفقاريات وذلك لصعوبة التوصل إلى أجنة الإنسان في بداية الأمر.

بيولوجيا التكوين Developmental Biology

تشمل دراسة بيولوجيا التكوين نواحي متعددة سواء ما كانت منها دراسات وصفية أو تجريبية وقد تشعبت طرق الدراسة بسبب تنوع الأجهزة المستخدمة وحداثتها فهناك دراسات يستخدم فيها التحليل الكيميائي Chemical analysisوالطرد المركزي Centrifugationوالمجهر الالكتروني والترحيل الكهربائي والرسم الاشعاعي الذاتي

علم الأجنة التجريبي EmbryologyExperimental

إجراء تجارب على الأطوار الجنينية المختلفة لتفسير وتحليل ظاهرة التكوين الطبيعي وبعض ظواهر التكوين غير الطبيعية مثل التجدد regenerationوالحث الجنيني Induction embryonicاوالتلقيح الخارجي in vitro fertilization

علم التشوهات الخلقية Teratology

انبثق هذا الفرع من العلم من الأجنة التجريبي وهو يبحث الأسباب التي تؤدي إلى التشوهات الخلقية وذلك بالتأثير على الأطوار الجنينية بعوامل متنوعة من أهمها :

المواد الكيميائية، الأدوية، الإشعاع، الهرمونات .....

زراعة الانسجة tissue culture

يهتم هذا التخصص بدراسة زراعة وتنمية كل من الخلية والنسيج والعضو والجنين بعيدا عن الكائن الحي وفي بيئة صناعية خاصة ويخدم هذا التخصص علوم مختلفة ويعتبر وسيلة لتحقيق كثير من الدراسات في مجال الطب والصيدلة والكيمياء الحيوية والصناعة

نبذة تاريخية:

أ) عهد ماقبل الميلاد:

أول تسجيل للدراسات الجنينية كانت معروفة في كتاب العالم الإغريقي أبو قراط، وذلك في القرن الخامس قبل الميلاد، والذي وضح بأنه لو أخذنا ٢٠ بيضة وحضنت تحت دجاجة ثم نأخذ بيضة من اليوم الثاني وحتى تاريخ الفقس ثم نفحصها فإننا سنجد تكوينا للجنين يمكن أن نشبه طريقة تكوين الإنسان به. ويعتبر كثير من العلماء أن العالم اليوناني أرسطو (القرن الرابع قبل الميلاد) هو مؤسس على الأجنة وهو صاحب الفكرة التي تقول بأن تكوين كتلة دم متجلطة ناتجة من اتحاد السائل المنوي ودم الحيض

ب)عهد مابعد الميلاد:

١- في القرن الثاني بعد الميلاد كتب جال كتابا باسم (تكوين الجنين) تكلم فيه عن وصف الجنين وتغذيته ، وفي القرن الخامس عشر الميلادي رسم العالم شكلا يوضح فيه الرحم وبه الجنين.

وفي عام ١٦٧٢م استخدم العالم جراف المجهر البسيط ففتح له بعض الآفاق حيث رأى غرفا صغيرة في رحم الأرنب وقال بأن هذه الغرف لا تفرز من الرحم إنما تأتي من عضو أخر سماه بعد ذلك المبيض ، ثم درس قطاعات في مبايض حيوانات مختلفة منها الثدييات واثبت أن مبايض الثدييات هي التي تنتج بيضا.

نظريات التكوين

١التكوين المسبق:(١٧٣٢-١٦٣٢)

يفترض أصحاب هذه النظرية وجود قزم جنيني في البيضة أي ان الجنين سبق تكوينه وينمو في بطن المرأة وقد أكد هذه النظرية زعم العالم ملبيجي أنه رأى جنينا مصغر في بيضة الدجاج غير المحضن.

ثم تمكن العالم لوفينهوك من رؤية الحيوانات المنوية في السائل المنوي لحيوانات مختلفة ، وكذلك في مني الإنسان فقاد ذلك الى تخيل وجود جنين مصغر في رأس الحيوان المنوي للإنسان على شكل قزم جنيني وكان في ذلك رفض لنظرية التكوين المسبق في البويضة وقرر أن الانثى ليس لها دخل في تكوين الجنين سوى انها تنمى بذرة الرجل (الحيوان المنوي) التي تلقى فيها كبذرة النبات التي تلقي في التربة.

٢)نظرية التكوين التراكمي:

لقد دحض العالم وولف عام ١٧٥٩م نظرية التكوين المسبق حيث أنه قام بفحص أجنة الدجاج (البيض غير المحضن) وأثبت أن أعضاء الجنين تتكون بالتدريج إلى أن يتم تكوين الجنين وذلك بعد تحضينه فقادته هذه النتائج إلى وضع نظرية التكوين التراكمي

3) الحقيقة العلمية

لقد تبين فيما بعد (سنة١٧٧٥م) أن كلا من الحيوان المنوي والبويضة ضروريان لعملية الإخصاب حيث أوضح ذلك العالم spallanzani وبالتالي التكوين الجنيني. وفي عام ١٨٢٧م وصف vonbaerالبويضة الملقحة zygoteوكذلك البلاستولا blastula وتكلم عن تكوين الأنسجة والأعضاء الجنينية من الطبقات الجرثومية (الاكتودرم،الاندودرم، الميزودرم).

وعلى ضوء ما مضى نستطيع أن نقول ان التكوين مسبقا أي في البويضة الملقحة حيث أن المادة الوراثية (DNA) موجودة وحاملة لجميع الصفات وأن التكوين تراكميا أي أن الأعضاء والأنسجة تتكون بالتدريج ولا تظهر فجأة وبدفعة واحدة.

علم الأجنة في القرآن والسنة:

لقد أوضح القرآن والسنة كثيرا من الحقائق العلمية في مجال علم الأجنة والتي لم تعرف من قبل فكانت أيات تبهر وأحاديث تقهر في سبق علم الله لقضايا المادة والإنسان، وقد تحدث عن ذلك أستاذ علم الاجنة والتشريح الكندي دكتور كيت مور في كتابه The Developing Human

مراحل خلق الانسان في القران

قصة خلق الإنسان مرحلة بعد مرحلة وطور بعد طور أمر مثير للدهشة و التعجب من هذه القدرة الباهرة التي تحول النطفة التي لا ترى إلا بتكبيرها مئات والآف المرات إلى إنسان كامل البنية سوي الخلقة بديع التكوين . وقد أستعرض سبحانه وتعالى مراحل خلق الإنسان في شكل متكامل يبدأ من مرحلة الطين و ينتهي بالموت ثم البعث و النشور . قال تعالى ((يأيها الناس إن كنتم في ريب من البعث فإنا خلقناكم من تراب ثم من نطفة ثم من علقة ثم من مضغة مخلقة وغير مخلقة لبنين لكم ونقر في الأرحام ما نشاء لإلى أجل مسمى ثم نخرجكم طفلاً ثم لتبلغوا أشدكم و منكم من يتوفى ومنكم من يرد إلى أرذل العمر لكيلا يعلم من بعد علم شيئاً)) .

التكاثر Reproduction

أ)التكاثر الجنسي.sexual reproduction

يتم التكاثر الجنسي باتحاد الخليتين التناسليتين ،البويضة والحيوان المنوي بعملية تعرف بعملية الإخصاب fertilizationحيث ينتج من ذلك تكون اللاقحة ثم يلي ذلك آليات تكوين الجاسترولاوتنتهي بتكوين الأعضاء الجنينية المختلفة. وهذا النوع من التكاثر منتشر في أنواع كثيرة من الحيوانات ،وتتكون الأمشاج بنوعيها(الحيوانات المنوية والبويضات) في المناسل وهي تعرف في الذكر باسم الخصية testisوفي الأنثى بالمبيض ovary،على أنه في بعض الحيوانات تحتوي مناسلها على تكوين من الخصية والمبيض في ان واحد فتسمى مثل هذه الحيوانات بالخنثى.

ب)التكاثر اللاجنسي asexual reproduction

ومن اسم هذا النوع من التكاثر فإنه يدل على عدم الحاجة إلى التقاء كل من الأمشاج المذكرة والأمشاج المؤنثة لتتم عملية التكاثر وإنما يكتفي فقط بوجود أب واحد ،ويكون التكاثر اللاجنسي على أنواع من أهمها :الانشطار fission والتبرعم buddingوالتجدد regeneration

التكوين Development

إن ظاهرة التكوين developmentفي الأجنة المختلفة تشمل كل من النمو Growthوالتمايز الخلوي Cell ifferentation.

أ)النمو:Growth

وهو الزيادة في الحجم والوزن لخلايا الأجنة المتكونة وحيث أن الأنسجة الحيوانية تتكون من عدد هائل من الخلايا الحية تغمرها كميات من المواد الخلالية فهي التي يكون لها دور أساسي في عملية النمو ، ويكون نمو الخلايا بأحد الطرق التالية:

١-النمو بطريقة التكاثر الخلوي (Growth by cell division)

٢-النمو الخلالي (***Intercellular growth***)

النمو الحجمي . ***Growth of single cell***

وتشترك الأنواع الثلاثة السابقة في نمو خلايا الأجنة وإن كان النمو بالتكاثر الخلوي يقوم بالدور الرئيسي في هذا النمو.

١-النمو بالمضاعفة الخلوية Multiplicative Growth

وذلك عن طريق تكوين خلايا جديدة وذلك بأن تتولد خلية من خلية في عملية الانقسام غير المباشر ويعرف ايضا بالنمو العضوي ،ويكون ثلاثة أنماط :

الخلايا مستقرة التكوين Static Cell Population

مثل الخلايا العصبية حيث تصل إلى عددها النهائي قبل الولادة وتتوقف عن الانقسام بعد الولادة وتستمر خلايا الغراء بالتكاثر فقط.

الخلايا مستمرة التكوينExpanding Cell Population

وهي الخلايا التي تستمر في انقسامها وتكاثرها بالتكاثر الخلوي حتى بعد الولادة ولكن استمرارية الانقسام والتكاثر محددة بضوابط وعوامل وراثية ويشمل هذا النوع من النمو معظم خلايا الجسم .

الخلايا المتجددة Renewing Cell Population

وذلك عندما تموت أو تتحلل بعض الخلايا مثل خلايا الجلد وخلايا الدم ففي هذه الحالة لا يتم التكاثر الخلوي في خلية متميزة أصلاً وإنما هناك الخلايا الأصلية وهي عبارة عن خلايا احتفظت بخواصها الجنينية دون أن تتميز إلى أي نوع من الخلايا لذا فهي قادرة بعد إنقسامها على التمايز في أي اتجاه خلوي اخر حيث تنقسم إلى خليتين أحدهما تتميز بينما تبقى الأخرى غير متمايزة.

ب)النمو الخلالي ***(Intercellular growth)***

ويقصد بالنمو الخلالي زيادة المواد بين الخلوية التي تدخل في بناء الأنسجة كألياف الأنسجة الرابطة والمواد البينية ومثال ذلك في حالة الغضروف الزجاجي فإنه عندما تنمو الخلايا وتتمايز إلى خلايا غضروفية بالغة فإنها تقوم بإفرازمواد خلالية غضروفية تتكون من بروتين غضروفي مخاطي وهكذا فإن نمو الغضروف الزجاجي ينمو بازدياد مواده الخلالية.

النمو الحجمي للخلايا(Growth of single cells)

هذا النوع من النمو نادر الحدوث وهو ما يعرف بنمو حجم الخلايا ومثال ذلك نمو الخلايا العصبية حيث أنها تزداد في الحجم إلى أضعاف حجمها الأصلي ويرجع ذلك إلى زيادة حجم السيتوبلازم عن طريق تكوين عضيات جديدة وكذلك التفرع الشبكي للخلية العصبية وأيضا لزيادة تفرعات الشجيرات العصبية طول المحاور العصبية لها فعدد الخلايا العصبية في الإنسان (١٤) مليار منها (٩) مليارات في الدماغ تتوزع على ٦٤ منطقة من مناطق الدمـــاغ خلايا الجهاز العصبي لا تتكاثر ولا تتغير ولو تغيـرت لا حتاج الإنسان لتعلم اللغة كُل ٦ أشهـــر . ومنها نمو أمهات البيض لتكوين الخلية البيضية الابتدائية ونمو أمهات المني لتكوين الخلية المنوية الابتدائية.

التمايز الخلوي cell differentiation

وهو قدرة الخلايا الجنينية في المراحل المبكرة من التكوين على أن تتمايز إلى الأنسجة والأعضاء المختلفة . فبعد أن يصبح الجنين كرة خلوية ناتجة عن الانقسام والمضاعفة الخلوية يبدأ في التمايز إلى الثلاث طبقات ثم تبدأ كل طبقة في تكوين الأجهزة الناشئة عنها فكيف إذن لخلايا تحمل نفس العدد الكروموسومي (٤٦كروموسوم) أن تصبح متباينة هذه خلية عظمية وأخرى دموية وثالثة عصبية ... هذا اللغز الذي يعد واحداً من الأمور التي أصابت علماء الأجنة بالحيرة والذهول إلى يومنا هذا والذي يؤكد أنه مازال أمامنا الكثير مما يجب تعلمه

ويعود السبب في ذلك إلى أن جميع الخلايا الجسدية تحمل نفس الجينات ولكن تكون كلها خاملة ماعدا جين واحد نشط هو الجين المسئول عن تكوين العضو المطلوب .

العوامل التي تؤدي إلى تنشيط جينات مختلفة في الخلايا

السيتوبلازم

٢-النواة

٣-البيئة

٤-الهرمونات

٥-التفاعل مع خلايا مجاورة

مراحل التكوين الجنيني Embryonic stages

إن عملية تكوين الجنين ماهي إلا سلسلة من الانقسامات والتطورات التي يمر بها التكوين الجنيني في شعبة الحبلياتولذلك يمكن تقسيم المراحل **إلى**

مرحلة تكوين الخلايا الجنسية (الأمشاج)

the formative stage of sex cells (gametes) وتشمل :

أ **-** نشأة الخلايا الجنسية وتكوين المناسل الذكرية والأنثوية.

ب - إنتاج الخلايا الجنسية عند اكتمال النمو الجنسي للفرد.

الإخصاب (fertilization) **:** وهو اتحاد نواة البويضة مع نواة الحيوان المنوي لتكوين البويضة الملقحة أو اللاقحة أو Zygote .

مرحلة التفلج(Cleavage): انقسام البويضة المخصبة عدة انقسامات ينتج عنها مجموعة من الخلايا تعرف بالفلجات وتستمر الانقسامات إلى أن تتكون كتلة من الخلايا تعرف بالكتلة الجرثومية.

مرحلة المفلجة أو البلاستيولا (Blastula) يتكون تجويف داخل الكتلة الجرثومية فتصبح على شكل كرة جوفاء سمكها خلية واحده في السهيم أو كره ذات تجويف في القطب الحيواني سمكها عدة خلايا كما في البرمائيات أو على شكل قرص من الخلايا يطفو فوق المح يعرف بالقرص الجرثومي كما في الزواحف والطيور وتمثل إعادة ترتيب وتوزيع الخلايا وفقاً لما ستعطيه كل مجموعة من الخلايا مستقبلاً.

مرحلة التبطين أو الجاسترولا(Gastrula) وتؤدي إلى تمايز الطبقات الجرثومية الثلاثة الاكتوديرم والميزوديرم والاندوديرم.

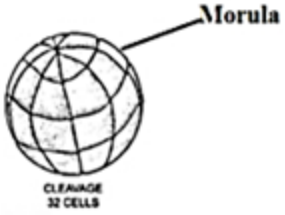
التعضي (organization) ويبدا فيها تكوين الأنسجة والأعضاء المختلفة وتمثل المرحلة الجنينية الحرجة ويعقبها مرحلة نمو لهذه الأعضاء.

مرحلة الخروج إلى الحياة out to the lifeسواء من البيضة بالفقس Hatching كما في الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور أو الولادة birthكما في الثدييات وهي إعلان عن اكتمال تكوين ونمو معظم الأعضاء الداخلية .

البلوغ Sexual maturityوهي عملية النضج الجنسي للفرد وتعني اكتمال النمو العضوي والفسيولوجي للكائن.

التوتية Morula

هي كتلة من الخلايا ناتجة عن التفلجات المبكرة يختلف شكلها حسب النوع وتوزيع المح والتدخل الميكانيكي لغشاء الإخصاب وضغط الفلجات على بعضها، تكون خلايا التوتية متساوية بالحجم وتشبه ثمرة التوت وتميل لأخذ الشكل الكروي (شكل 64).

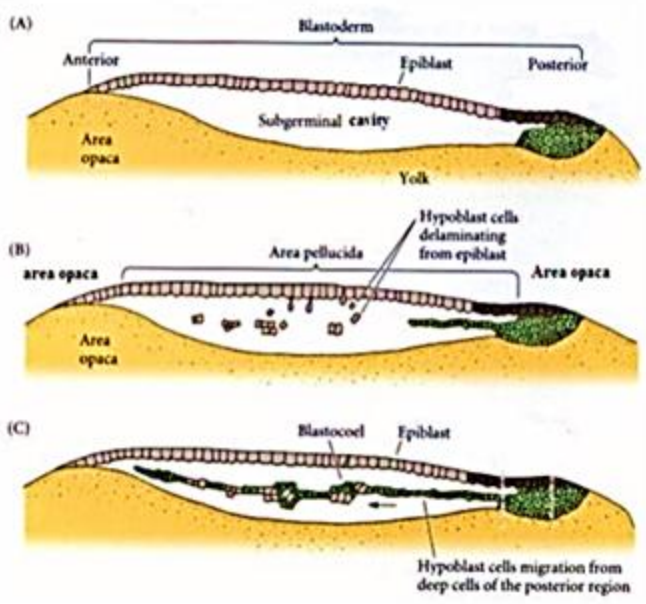


شكل (64): التويتة Morula

الأريمة Blastula

يكون الجنين بهذه المرحلة بشكل كرة جوفاء تدعى الاريمة وهذه تتكون بعد ظهور تجويف مركزي بالتويتة Morula من التقاء الشقوق بين الفلجات، ويملأ بسائل عندها يدعى الجوف الارومي Blastocoele أو تجويف التعقيل Segmantation cavity تحيط به الفلجات بشكل نسيج ظهاري يدعى الأدمة الارومية Blasoderm يختلف هذا الجوف حسب النوع ويعتمد على نمط التفلج وكمية المح وكالآتي:

1. **بيوض قليلة المح:** يكون الجوف مركزياً والأدمة الارومية كنسيج ظهاري عمودي بسيط خلاياه بالقطب الحيواني أصغر منها بالقطب الخضري.
2. **بيوض متوسطة الحجم:** يكون الجوف الارومي لامركزي الموقع، مزاح عن القطب الخضري والأدمة الارومية بسمك عدة خلايا.
3. **بيوض طرفية المح:** تقتصر التفلجات على قرص الارومة وينشأ منها الادمة الارومية Blastoderm المكونة من عدة خلايا تفصل عن المح بالجوف تحت الجرثومي Subgerminal cavity، ثم تتضح منطقتان بالادمة الارومية واحدة فوق التجويف تدعى المنطقة الشفافة Area pellucida، والثانية تلامس خلاياها كتلة المح مباشرة وتدعى المنطقة المعتمة Area opaca. ثم تهاجر بعض خلايا المنطقة الشفافة وتدخل التجويف ويستمر الانقسام وتندمج لتكون ارومة سفلى Hypoblast تنفصل عن الارومة العليا Epiblast بالجوف الارومي Blastocoel (شكل 65).



شكل (65): الاريمة في بيوض طرفية المح (الطيور).

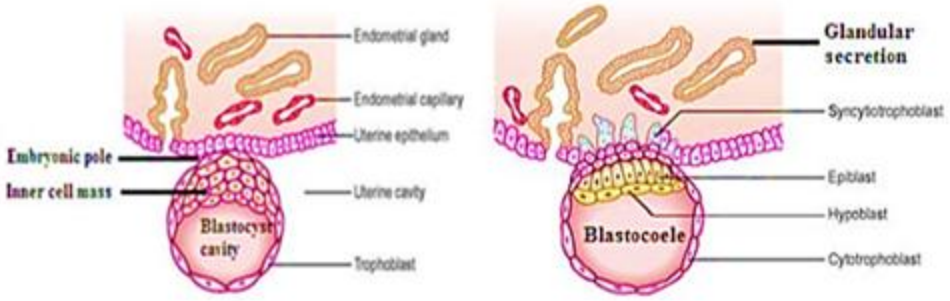
4. **بيوض مركزية المح:** تمتلك اريمة محيطة Periblastula جوفها على المح.
5. **بيوض لولبية التفلج:** توجد فيها اريمة صلدة Stereablastula غير مجوفة.
6. **بيوض دورانية التفلج:** يحدث هذا التفلج في الإنسان بعد أربعة أيام من الإخصاب. تظهر شقوق بين الخلايا المركزية التوتية Morula ويبدأ سائل مفرز من الرحم الوصول إليها عبر المنطقة الشفافة Zone pellucida، يزداد حجم السائل وتندمج الشقوق وتنقسم خلايا الجنين إلى طبقة خارجية تدعى المغذية Trophoblast (تسهم في تكوين المشيمة (السخد) Placenta) مستقبلاً، وطبقة داخلية تدعى الكتلة الخلوية الداخلية (Inner cell mass) تسهم في تكوين الجنين الذي يدعى في هذه المرحلة الكيسية الارومية Blastocyst وببلوغ الجنين يومه الخامس تتفكك الطبقة الشفافة وتتلامس ويأخذ غذاءه في هذه المرحلة من إفرازات غدد الرحم ويتم في هذه المرحلة انغراس الجنين Implantation في بطانة الرحم بعدها يتغذى عن طريق المشيمة (شكل 66). وبعد ستة أيام من الإخصاب تتصل الارومة المغذية ببطانة الرحم عند القطب الجنيني Embryonic pole، ثم تتمايز الارومة المغذية إلى منطقتين:

1- خارجية تدعى الارومة المغذية المدمجة Synctiotrophoblast.
2- داخلية تدعى الارومة المغذية الخلوية Cytotrophoblast.

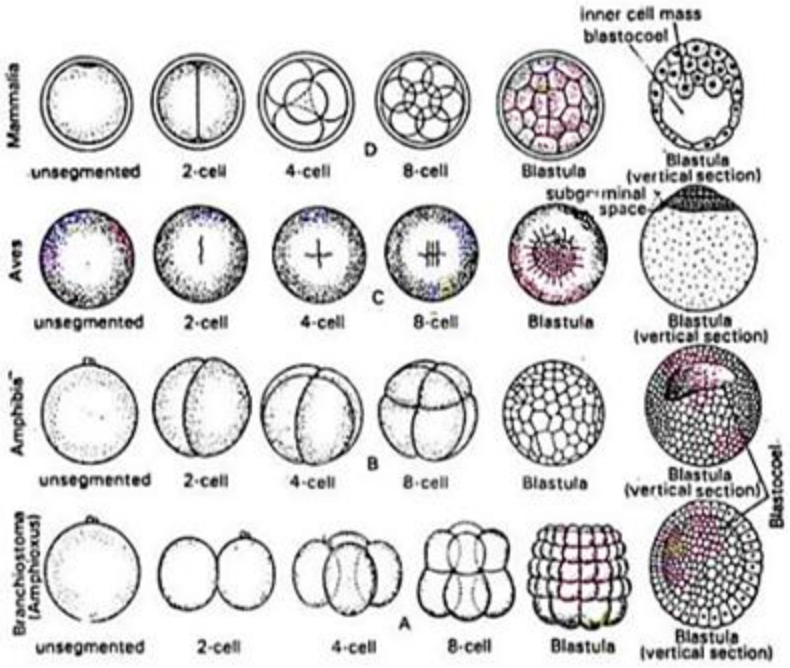
وبنهاية الأسبوع الأول تتداخل بروزات من الارومة المغذية المدمجة مع بطانة الرحم لانغراس الجنين في بطانة الرحم، وفي هذه المرحلة تتمايز الكتلة الخلوية الداخلية إلى:

1. ارومة سفلى Hypoblast تطل على الجوف الارومي.

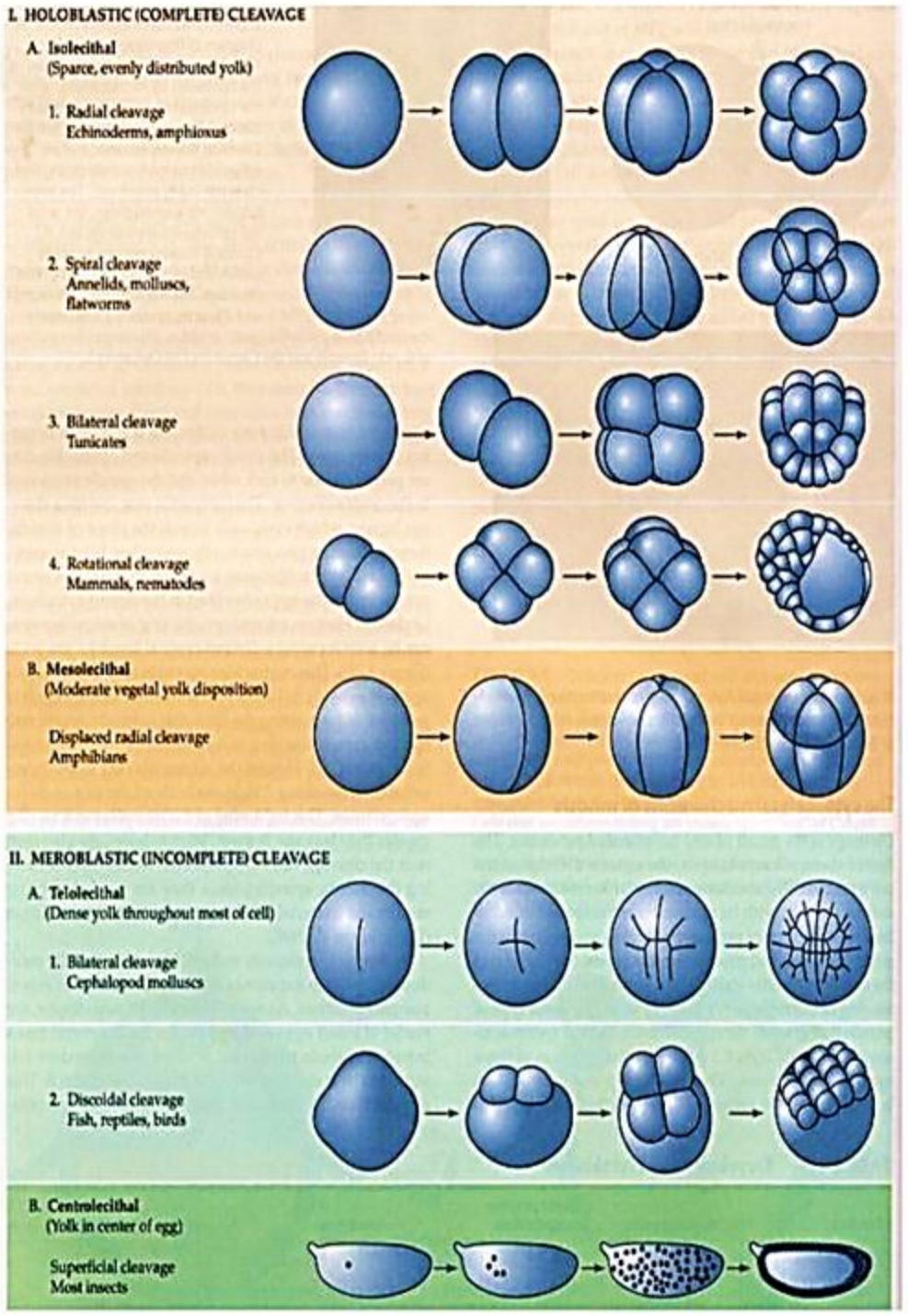
2. ارومة عليا Epiblast.



شكل (66): تمايز الارومة المغذية Trophoblast والكتلة الخلوية الداخلية Inner cell mass أثناء انغراس الجنين.



المخطط التالي يوضح صورة مبسطة لأجل المقارنة في أنواع التفلج بين: 1- الرميح Amphioxus. 2- البرمائيات Amphibian. 3- الطيور Bird. 4-اللبائن Mammal ومقارنة بين أنواع الأريمات في: 1-الرميح. 2-البرمائيات. 3- الطيور. 4- اللبائن.



مخطط يوضح أنماط التفلج.

خرائط المصير Fale maps

تمكن العلماء من توزيع مناطق الاريمة إلى مساحات وأجزاء لما تكونه مستقبلاً بما يشبه الخارطة لذا سميت الخارطة المصيرية (شكل 67)، ويتم ذلك باستخدام أحد الطرق الآتية:

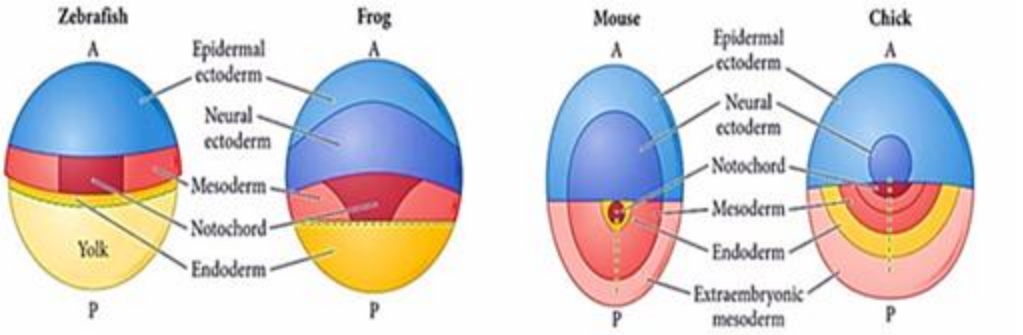
1- الاعتماد على الصفات المظهرية.
2- الاعتماد على العلامات البايولوجية وهذه تستمر الى مراحل متقدمة بالأعضاء والخلايا المسماة العرف العصبي Neural crest.
3- المواد المشعة Radiochemical تعريض جزء من الاريمة إلى وسط مشع وتتبع حركة المادة المشعة المحمولة بالخلايا.
4- استخدام ملونات حيوية Vital stain كالأحمر المتعادل والأزرق النيلي وغيرها لتأشير مناطق مختلفة من البيضة أو الاريمة وتتبع حركتها أو مصيرها مستقبلاً.
5- الاعتماد على الملونات الطبيعية Pigmantation في بعض البيوض مثل بيوض الضفدع يوجد في قطبها الحيواني صبغة سوداء اللون وتظهر مستقبلاً في الأديم الظاهر وهذا يدل على أن هذا القطب أصله من القطب الحيواني.

العالم فوكت (1925) Vogt أول من استخدم الملونات الحيوية وذلك بتشبيع شرائح من الاكار Agar أو السلوفان Cellophane بالملونات الحيوية، ووضع هذه الشرائح على مناطق مختلفة من سطح الاريمة فتنفذ الملونات من خلال غشاء المح، ثم ترفع الشرائح فتلون الاريمة بألوان مختلفة، وبذلك يمكن تحديد الخلايا المستقبلية وتعيين ما يشتق منها، حيث يستمر اللون في الخلايا التي لونت به والخلايا التي نتجت عنها.

يشترط بالملونات الحيوية الآتي:

1- غير ضارة.
2- انتشارها محدود جداً أي لا تلون الخلايا المجاورة لتلك المراد تلوينها.
3- لا تؤثر على حيوية الخلايا الجنينية.

وفي عام 1946 استخدم Sprate دقائق الكاربون وكانت مهمة جداً في دراسات التمعد لأجنة الطيور وتكوين الخط البدائي فيها، فباستخدام هذه الدقائق Carbon particles تعلم الخلايا وتتابع تحركاتها. كما ويمكن استخدام التصوير بالإشعاع الذاتي Autoradiography لمعرفة حركة الخلايا وهجرتها خلال فترة التمعد.



شكل (67): أنـواع الخرائط المصـيرية فـي بعض الفقريات: Fish-1، Frog-2، Mouse-3، Chick-4.

الهرمونات وعملية الإخصاب (بداية تكوين الجنين)

هرمونات الأنوثة

(الإستروجين والبروجستيرون)الهرمونات عبارة عن مواد كيمائية تفرز في الجسم وتمر في الدم لتحمل رسائل من جزء الى أخر في الجسم يوجد هرمونين رئيسيين في المرأة هما الإستروجين والبروجستيرون يفرزا من المبيض

دورة إفراز الهرمونات تمر بمرحلتين في المبيض:

1-في النصف الأول للدور يلعب الإستروجين الدور الرئيسي في أثناء هذة المرحلة تنمو البويضات الصغيرة داخل المبيض في الكيس الخاص بها حيث تحيط البيضة خلايا ويتكون سائل داخل كيس البيضة وتنمو البيضة داخل الكيس وتصل الى 15-28مم عند التبويض أثناء نمو البيضة تفرز الخلايا المحيطة بها هرمون الإستروجين الذي يصل عن طريق الدم الى جدار الرحم حيث يساعد على نمو بطانة الرحم حيث تصل الى أكثر من 7مم سمك عند التبويض

2-النصف الثاني لدورة الهرمونات يبدأ مع التبويض حيث يتحول كيس البيضة الى الجسم الأصفر يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجستيرون والأستروجين ويكون تأثير البروجستيرون واضح في هذه المرحلة حيث يحدث تغيرات في بطانة الرحم (التي نمت بفعل الإستروجين) تجعلة مهيأ لاستقبال البيضة الملقحة في حالة عدم حدوث حمل في هذه الدورة يضمر الجسم الأصفر بعد 12-14 يوم من التبويض وتنخفض نسبة البروجستيرون والأستروجين وبذلك تفقد بطانة جدار الرحم الدعم الهرموني فتنزل على صورة الحيض

العلاقة بين الغدة النخامية والمبيض:

تفرز الغدة النخامية هرمون الجونادوتروبين—اف.اس.اتش وإل.اتش

FSH-LH يزيد إفراز إف.اس.اتش في الجزء الأول من الدورة ويسبب نمو البيضة وبالتالي إفراز الإستروجين.....زيادة الإستروجين بنسبة معينة تجعل الغدة النخامية تقلل من إفراز اف.اس.اتش وتزيد من إفراز ال.اتش الذي يسبب انفجار كيس البيضة فتخرج البيضة من المبيض لتلتقطها قناة فالوب(الأنبوبة) وبذلك يساعد ال.اتش على تفجير كيس البيضة ويحافظ على الجسم الأصفر.

كيف يتم الإخصاب :

*بعض الحيوانات المنوية يصل الى قناة فالوب (الأنبوبة) خلال دقائق قليلة

*البعض يموت في الوسط الحامض للمهبل

*البعض يدخل الى عنق الرحم ويكون صالح للحركة الى قناة فالوب وإخصاب البيضة لمدة 3 أيام

من ضمن الملايين من الحيوانات المنوية يصل الى قناة فالوب بضع مئات فقط وقد تكون الحكمة من قذف هذة الملايين من الحيوانات المنوية (بالرغم من أن الإخصاب يحتاج الى حيوان منوي واحد فقط) هو أن الكثير يموت ولا يستطيع الوصول الى قناة فالوب حيث توجد البيضة

التبويض:

تخرج بيضة واحدة كل شهر من المبيض أثناء فترة الخصوبة للمرأة حيث تحيط قناة فالوب بالمبيض وتلتقط البيضة عند انفجار كيس البيضة وتكون البيضة محاطة بغشاء وبعض الخلايا وبعد أن يخترق الحيوان المنوي البيضة يمنع هذا الغشاء دخول اي حيوانات منوية أخرى (سبحان الله) وبهذا تحمى البيضة الملقحة. تعيش البيضة في قناة فالوب لمدة 24 ساعة فقط حيث تدفعها الأهداب المبطنة لقناة فالوب تجاه الرحم وإذا لم تلقح البيضة في خلال الأربع والعشرون ساعة تموت

عملية الإخصاب:

من بين المئات من الحيوانات المنوية التي تصل الى البيضة في قناة فالوب حيوان منوي واحد فقط يستطيع أن يخترق الغشاء المحيط بالبيضة حيث يلتقي نواة البيضة (تحمل كروموسومات الأم) ونواة الحيوان المنوي (تحمل كروموسومات الأب) وتتحد نواة البيضة ونواة الحيوان المنوي لتكون خلية واحدة تحمل صفات الأب والأم .تنقسم الخلية الى 2-4-8-16-32خلية أثناء مرورها داخل قناة فالوب(حيث تدفعها الأهداب وحركة الأنبوبة في اتجاه الرحم) وتصل الى الرحم بعد 3-5 أيام حيث تبدأ في الانغماس داخل جدار الرحم وتنقسم الخلايا الى نوع يكون المشيمة ويفرز هرمون اتش.سي.جى-هرمون الحمل ونوع أخر من الخلايا يكون الجنين.

المظاهر الرئيسية للتشكل:

يعرف التشكل هو عملية تكوين الفرد من البيضة المخصبة (الزيجة) الى حين اكتمال تكوين الاعضاء وللتشكل اربع مظاهر رئيسية هي :

1- التفلج Cleavage .

2- النمو Growth .

3- التمايز Differentiation .

4- تكوين الاعضاء Organization .

- فالتفلج هو سلسلة انقسامات متتابعة كالانقسام الخيطي يحدث على الزيجة يؤدي الى تكوين عدد من الخلايا المستقلة وخلال هذه المرحلة قد يكون النمو ضئيلاً او قد لا يحصل النمو اطلاقاً.
- اما النمو فخلاله يزداد عدد الخلايا اثناء التكوين الجنيني الى الآلاف او الملايين حيث تحصل الزيادة في البيضة المخصبة الى ملايين المرات .
- اما التمايز فيشمل تمايز الخلايا بعضها عن البعض الآخر مثل الخلايا العصبية حيث تختص كل منها بعمل معين فالخلية العضلية تختص بالتقلص وتحتوي خيوط المايوسين والاكتين اما الخلية العصبية فهي تختص بنقل الايعازات العصبية .
- اما تكوين الاعضاء فان البيضة المخصبة تنقسم وتنمو وتتمايز ولكن الجنين لا يتكون الا عندما تتكون الاعضاء .

أولا : التفلج Cleavage

يتضمن التكاثر الجنسي تحول البيضة المخصبة بعد تنشيطها الى كائن متعدد الخلايا ، بمرورها بسلسلة من الانقسامات الخيطية المتتالية التي تعرف بمجموعها بالتفلج Cleavage . كما تعمل سلسلة الانقسامات هذه على جعل الخلايا الناتجة عن كل انقسام اقرب الى حجم الخلايا المتمايزة ، وذلك لعدم مرور الخلايا بطور نمو قبل كل انقسام كما يحصل في الخلايا الجسمية الاعتيادية . اي ان التفلج لا يقترن بنمو بالحجم . يتميز التفلج بالآتي

1- تتحول البيضة المخصبة وحيدة الخلية الى تركيب متعدد الخلايا بانقسامات خيطية متعاقبة.

2- لا يتضمن التفلج نمواً ، لذا فان الطور البيني Interphase لا يستغرق سوى فترة قصيرة تتهيأ خلالها الخلايا للانقسام اللاحق
3- لا يتغير الشكل باستثناء ظهور تجويف داخلي ، هو الجوف الأرومي Blastocoe .
4- تقتصر التغيرات النوعية في التركيب الكيميائي على تحول مواد سايتوبلازمية الى مواد نووية .
5- لا تبدل اجزاء سايتوبلازم البيضة مواقعها بقدر كبير ، وتبقى في نفس المواضع التي تحتلها في البيضة المخصبة .
6- ترتفع نسبة النواة الى السايتوبلازم التي تكون واطئة جداً خلال الانقسامات التفلجية حتى تقترب من النسبة القائمة في الخلايا الجسمية الاعتيادية . لذا يعتمد عدد الانقسامات التفلجية المتعاقبة على الفرق في هذه النسبة بين البيضة المخصبة والخلايا الجسمية .
7- يعرض التفلج في اغلب الحيوانات الراقية نمطاً وايقاعاً دقيقين فاصلاً السايتوبلازم الى خلايا محددة تحتل مواقع ثابتة في الجنين .
8- يتلاشى التزامن الذي يميز الانقسامات الاولى تدريجياً لتنقسم الخلايا بصورة مستقلة عن بعضها .

هل يحدد التفلج مصير الخلايا التفلجية Cleavage cells أم لا ؟ يبدو ان مصير الخلايا التفلجية في بعض الانواع يتحدد مبكراً ، اي ان كل خلية تفلجية او خذمة او فلجة Blastomere تعطي جزءاً محدداً من الجنين . لذا فان هذا النوع من التفلج يعرف بالتفلج المحدد Determinate Cleavage . يشيع هذا التفلج في اغلب انواع اللافقريات وفي الغلاليات Tunicates ، وخير مثال له التفلج الذي يحصل في الاسكارس حيث يتحدد مصير الفلجات منذ الانقسامات الاولى . اما التفلج في شوكية الجلد ونصفية الحبل والبرمائيات فلا يؤدي الى الفلجات محددة المصير في المراحل المبكرة ، بحيث يمكن ان يؤدي فصل الفلجات عن بعضها في مرحلة الخليتين ، او الاربعة خلايا ، واحياناً الثماني خلايا الى تكوين اجنة كاملة ، وان كانت صغيرة الحجم ، فهو تفلج غير محدد .

التفلج المنتظم والتفلج غير المنتظم

يكون التفلج في كثير من جوفية المعي غير منتظم Irregular . اذ تكون مستويات التفلج باتجاهات ليست ذات علاقة بعمليات التكوين الجنيني المقبلة . فهي مشوهة وعشوائية ولا تتبع نظاماً محدداً . اما في الحيوانات الارقى فان البيضة اصبحت اكثر تنظيماً ، كما تمركزت المعلومات الخاصة بالتكوين الجنيني في مواقع محددة من السايتوبلازم . واصبح التفلج دقيقاً ومنتظماً Regular يعمل على توزيع القدرات الكامنة للبيضة على الخلايا وذلك بتحديد موقعها واجزاء السايتوبلازم التي تستلمها .

التفلج Cleavage

وهي عملية مرور البيضة المخصبة بسلسلة من الانقسامات الخيطية وتدعى الخلايا الناتجة بالفلجات Blastomere، وهذه أقرب حجماً إلى الخلايا المنقسمة منها لعدم مرورها بطور نمو قبل كل انقسام.

النواة في بداية كل تفلج تكون كبيرة لزيادة العصير النووي وزيادة كمية الحموض النووية DNA للتهيؤ للتفلج الجديد. وأن الجينات الامية هي المحددة للتفلج لأن البويضة من الأم وسايتوبلازمها ونواتها وكمية المح فيها تحدد محاور التفلج. يتأثر التفلج (بنوع الحيوان، درجة الحرارة، توفر المواد اللازمة لمضاعفة الخلايا، سهولة الاتصال بين الخلايا المتجاورة).

صفات التفلج

يتميز التفلج بالصفات التالي:

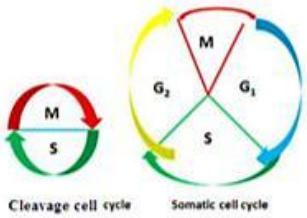
1- تحول البيضة أحادية الخلية (Unicellular) إلى كائن معقد متعدد الخلايا (Multicellular).
2- لا يحدث نمو بالحجم ولا يتغير شكل الجسم باستثناء ظهور Blastocoel.
3- لا يتبدل تركيب السايتوبلازم كيميائياً باستثناء التحول إلى مواد نووية.
4- لا تغير أجزاء السايتوبلازم مواقعها كثيراً وتبقى نفسها بالبيضة المخصبة.
5- النسبة بين النواة/ السايتوبلازم قليلة في بداية كل تفلج وتقترب من نسبتها بالخلايا الجسمية في نهايات التفلج.
6- التفلج في أغب الحيوانات الراقية له نمط دقيق تحتل فيه الخلايا مواقعاً ثابتة في الجنين.
7- يتلاشى التزامن الذي يميز الانقسامات الاولى تدريجياً، ثم تنقسم الخلايا بصورة مستقلة عن بعضها.
8- تتناقص حجوم الفلجات باستمرار نتيجة لتناقص كمية السايتوبلازم فيها.

تدخل البيضة المخصبة دورات خلوية متتابعة (Cell cycles) وكالآتي:

1- طور G_1 و يشمل الفترة الواقعة بين اكتمال انقسام الخلية وبدء تخليق الـ DNA.
2- طور S وهي فترة تخليق DNA.
3- طور G_3 وهو الفترة الواقعة بين لحظة الانتهاء من تصنيع الـ DNA والانقسام الخلوي الثاني.
4- طور M وهي فترة الانقسام الخلوي.

تكون الدورة الخلوية في التفلج أقصر منها في الخلايا الجسمية وذلك نتيجة حذف طوري G_1 وG_2 وتقصير طور S، وذلك بسبب التنشيط المتزامن لعدة مواقع تصنيع DNA في كل كروموسوم مقارنة في الخلايا الجسمية التي تكون فيها مواقع تخليق DNA محددة.

لذلك تقتصر دورة الخلية في خلية الفلجة Cleavage cell على طوري الانقسام الخيطي (Mitosis-M) وتصنيع DNA (Synthesis-S) ويحذف منها طوري النمو الاول ($Growth-G_1$) والنمو الثاني ($Growth-G_2$) وهذا يختلف عن دورة حياة الخلية الجسدية Somatic cell التي توجد فيها الاطوار الاربعة اعلاه (شكل 48).



شكل (48): مقارنة بين الدورة الخلوية Cell cycle في خلية جسمية Somatic cell وفي فلجة Cleavage cell.

التغيرات الكيميائية أثناء التفلج Chemical changes during cleavage

تشمل التغيرات الكيميائية الآتي:

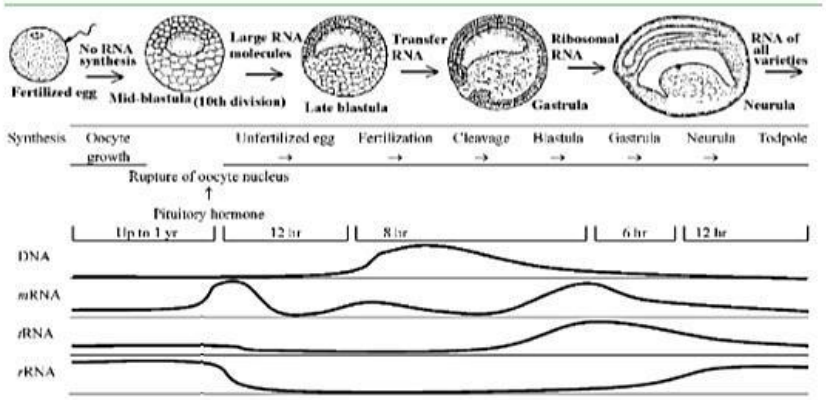
1- **تصنيع DNA:** إن تضاعف عدد النوى مع كل انقسام للفلجات يتطلب زيادة الحامض النووي DNA ويتطلب تصنيع DNA الآتي:

أ. جزيئات RNA تتحول نيوكليوتيداتها إلى تلك اللازمة لتصنيع DNA.

ب. مواد سليفة Precursors أوازنها الجزيئية بسيطة.

ت. بعض الحموض الامينية.

2- **تصنيع RNA:** يعتقد أن تصنيع RNA يكون قليلاً أو معدوماً خلال التفلج، لأن مواقع تصنيعه (النويات) لا تظهر أثناء التفلج وإنما في بداية (مرحلة التمعد). وتصنيع mRNA، tRNA يبدأ في المراحل المتأخرة للتفلج، والشكل التالي يوضح التغيرات في تصنيع الأنواع المختلفة من الحموض النووية خلال تكوين البيوض والإخصاب والتفلج.



شكل (49): التغيرات في تصنيع DNA، mRNA، tRNA، rRNA خلال تكوين البيوض والإخصاب والتفلج.

3- تصنيع البروتينات: يزداد تصنيع البروتينات وأهمها:

أ. Tubulin مادة النبيبات الدقيقة.

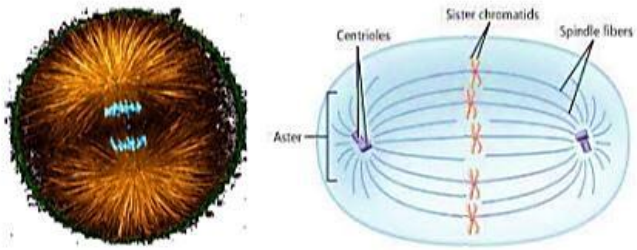
ب. Actin الخيطيات الدقيقة اللازمة للانقسام السايتوبلازمي.

ت. Histones التي تكون أكثر كروموسومات.

ث. Ribonycleotid reductase مختزل النيوكوليوتيد الريبي، يسهم في تفكيك RNA إلى مواد خام تستعمل في تصنيع DNA.

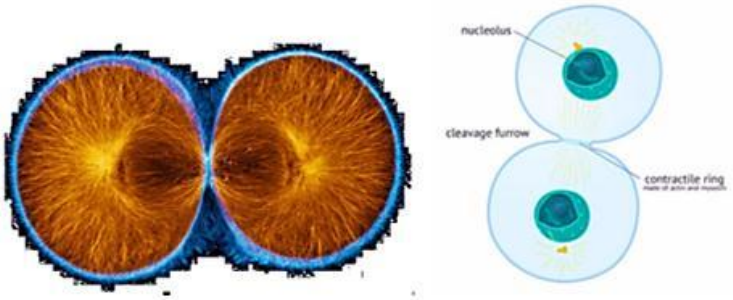
4. **ميكانيكية التفلج Mechanism of cleavage:** تشمل الميكانيكية:

أ. الانقسام النووي (Karyokinesis): يتم هذا الانقسام بوساطة جهاز الانقسام Mitotic apparatus الذي يتكون من خيوط مغزلية Spindle fibers ومريكزين Centrioles ونجم Aster. تصطف الكروموسومات عند "خط الاستواء" وتتصل بالخيوط الدقيقة 9 هي خيوط المغزل (مكونة نبيبات دقيقة) المرتبط بالنجم وبعد ذلك تسحب إلى أقطاب الخلايا الجديدة (شكل 50).



(شكل 50): جهاز الانقسام في الخلايا المتفلجة.

ب. **الانقسام السايتوبلازمي (Cytokinesis)**: يبدأ عند حركة الكروموسومات نحو قطبي الخلية وتكوين اخدود التفلج Cleavage furrow نتيجة لنشاط حلقة الانقباض Contractille ring المكونة من النبيبات الدقيقة.



شكل (51): الانقسام السايتوبلازمي

مستويات التفلج

يحدث التفلج بمستويات تدعى مستويات التفلج هي:

1- شاقولي، عمودي، طولي Uertical, Meridional, Longtudinal، ينصف البيضة المخصبة إلى فلجتين 2-Blastomere.
2- طولي عمودي على الاول نتيجته أربع فلجات 4-Blastomere.
3- أفقي، عرضي، استوائي Latitudinal, Horizantal, Equatoridal يمر بخط استواء البيضة ونتيجته 8 فلجات 8-Blastomere.
4- طولي نتيجته 16 فلجة 16-Blastomere.
5- عرضي مزدوج نتيجته 32 فلجة 32-Blastomere.

أنواع التفلج Types of Cleavage

يعتمد نوع التفلج على:

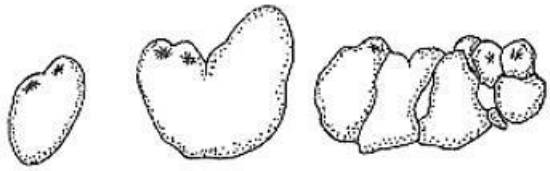
1- وضع جهات الانقسام في الفلجة.
2- مستوى التفلج الذي ينصف المستوى السابق ويقسم الفلجات.
3- المح.

تنقسم أنواع التفلج إلى:

1- المحدد Determinate: مصير الفلجات فيه محدد لا تكونه مستقبلاً، كما في الاسكارس.

2- غير المحدد **Indeterminate**: مصير الفلجات غير محدد فيه لما تكونه مستقبلاً، إذ عند فصل الفلجات عن بعضها مبكراً تتكون أجنة صغيرة كما في البرمائيات.

3- غير المنتظم **Iregular**: مستوياته تكون عشوائية كما في جوفية المعي (شكل 52).

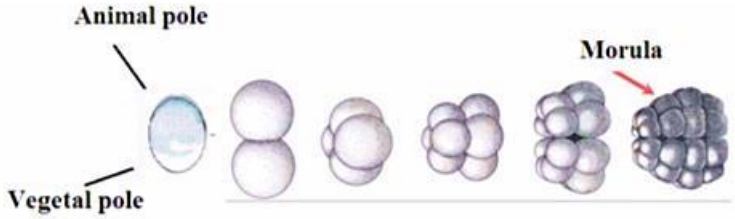


شكل (52): التفلج غير المنتظم

4- المنتظم **Regular** يعتمد على مستويات التفلج ويحدث في الحيوانات الراقية بسبب تنظيم البيضة ولهذا يتأثر بالآتي:

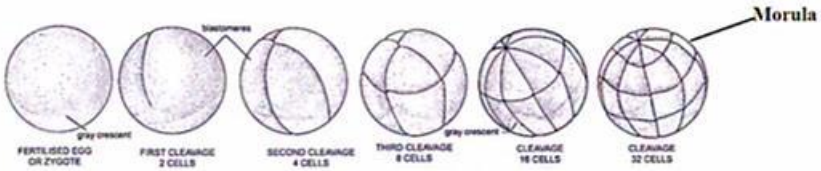
A- **التفلج المنتظم المتأثر بالمح**، ويكون على الأنواع الآتية:

1. **التفلج التام المتساوي Holoblastic equal complete**: يحدث في بيوض قليلة المح وعديمة المح (اللبائن) (شكل 53).



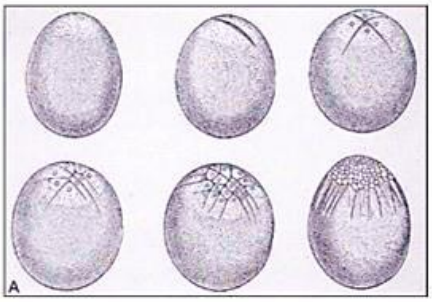
شكل (53): التفلج التام المتساوي

2. **التفلج التام غير المتساوي Holoblastic unequal cleavage**: يحدث في بيوض متوسطة المح فيرتفع مستوى التفلج الثالث باتجاه القطب الحيواني قليلاً مكوناً فلجات القطب الحيواني الأربعة الصغيرة Micromeres وفلجات القطب الخضرية الأربعة الكبيرة Macromeres (كالضفدع) (شكل 54).

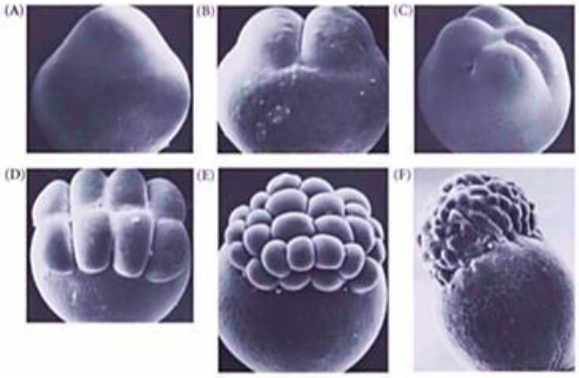


شكل (54): التفلج التام غير المتساوي

3. التفلج غير التام أو الجزئي **Meroblastic or partial (incomplete) cleavage**:
يكون التفلج ناقصاً لإعاقة المح لأخاديد الانقسام فيتاخر وصول اخدود التفلج إلى القطب الخضري إلى ما بعد ظهور اخدود التفلج الثاني في القطب الحيواني، كما في سمكة الأيميا Amia (شكل 55 و56).

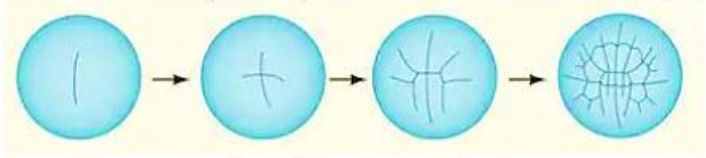


شكل (55): رسم تخطيطي يوضح التفلج الجزئي.



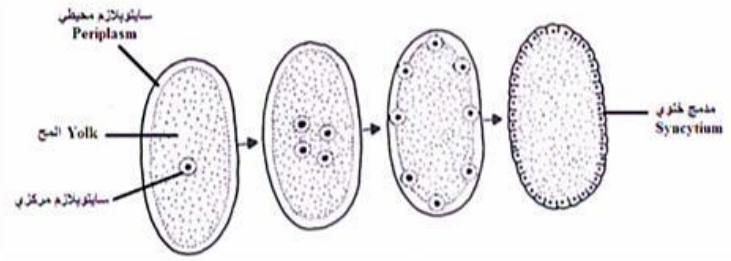
شكل (56): صورة المجهر الالكتروني الماسح توضح التفلج الجزئي.

4. التفلج القرصي **Discoidal cleavage**: يحدث في بيوض الأسماك العظمية والزواحف والطيور، ينحصر الانقسام في منطقة خالية من المح في القطب الحيواني تدعى القرص الارومي Blastodic تتمايز خلاياه لتكون الجنين (شكل 57).



شكل (57): التفلج القرصي في بيضة الدجاج.

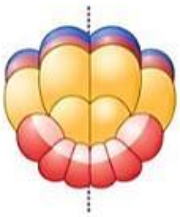
5. **التفلج السطحي Superficial cleavage:** يحدث في بيوض مركزية المح كالحشرات، يوجد فيها سايتوبلازم مركزي يضم النواة، ويوجد هذا السايتوبلازم وسط المح كما يوجد سايتوبلازم محيطي Periplasm يحيط بالمح. تتقسم النواة عدة انقسامات دون انقسام السايتوبلازم وتهاجر النوى بعد إحاطتها بقليل من السايتوبلازم إلى السايتوبلازم المحيطي الذي يتحول إلى مدمج خلوي Syncytium الذي هو عدد من النوى مطمورة بطبقة غير مقسمة من السايتوبلازم (الذي يقسم فيما بعد بأخاديد) (شكل 58).



شكل (58): التفلج السطحي في الحشرات

B-التفلج المنتظم المتأثر بالسايتوبلازم: إن تنظيم مكونات سايتوبلازم البيضة له دور في تحديد اتجاه مغزل الانقسام خلال التفلج الذي يؤثر على نوعه (نوع التفلج)، ويكون هذا التفلج على الأنواع الآتية:

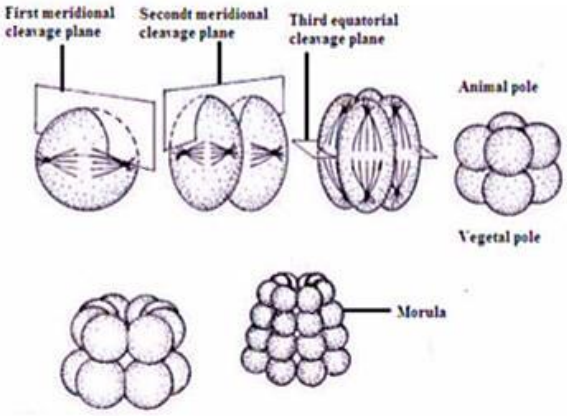
1. **التفلج جانبي التناظر Bilateral cleavage:** يوجد مستوى واحد فقط يقسم الجنين إلى نصفين متماثلين وهذا المستوى يقابل المستوى الوسطي أو السهمي للجنين، ويكون التفلج الأول تاماً متساوياً ويعطي فلجتين كبيرتين وفلجتين صغيرتين فيتناظر جانباً الجنين. يوجد هذا التفلج في حاملات الأمشاج وفي البيوض متوسطة المح (شكل 59).



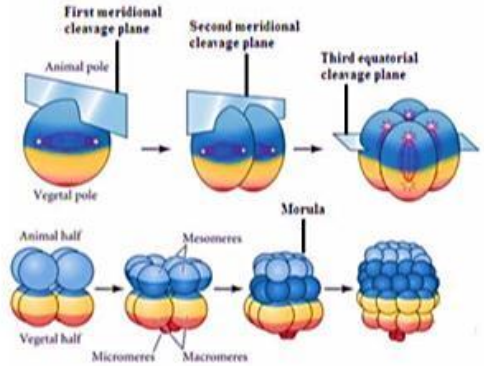
شكل (59): التفلج جانبي التناظر

2. **التفلج الشعاعي Radial cleavage:** تكون الانقسامات الاولى كتلة من الخلايا متناظرة شعاعياً حول المحور بين القطبين الحيواني والخضري، ينقسم الجنين إلى نصفين متماثلين عند مرور اخدود التفلج في أي مستوى عبر المحور الحيواني الخضري، يوجد هذا التفلج في بيوض

شوكية الجلد كخيار البحر وقنفذ البحر الذي يشذ في تفلجه عن خيار البحر ففي التفلج الرابع الخلايا الأربعة العليا تتقسم لتكون فلجات متوسطة الحجم Mesomeres، في حين تنقسم الخلايا الأربعة السفلى لتكون أربع فلجات كبيرة Macromeres وأربع فلجات صغيرة Micromeres (شكل 61).

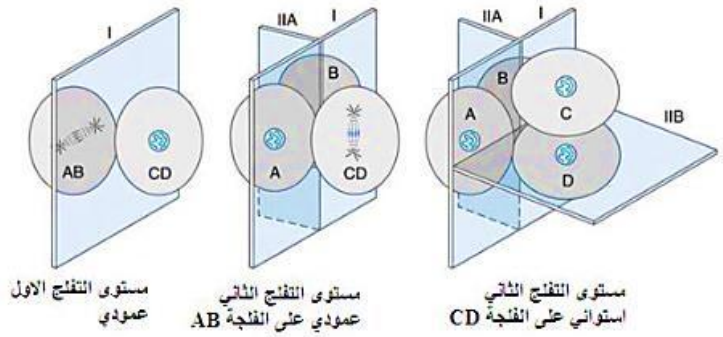


شكل (60): التفلج الشعاعي لخيار البحر



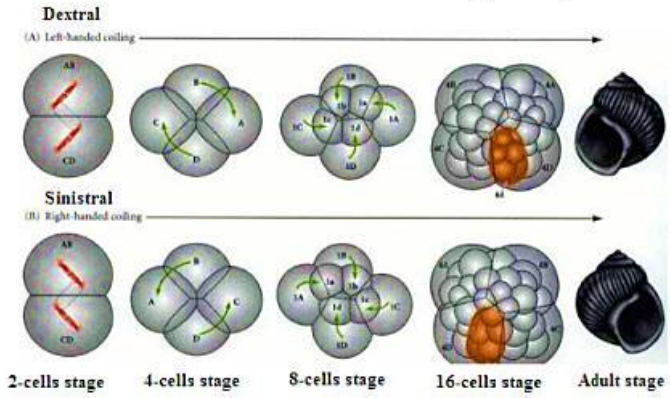
شكل (61): التفلج الشعاعي لقنفذ البحر

3. **التفلج الدوراني Rotational cleavage**: يحدث في الثدييات عندما تدور احدى الفلجتين 90° بالنسبة للثانية قبل أن يبدأ التفلج الثاني يكون مستوى التفلج الأول عمودياً يقسم البيضة إلى فلجتين متساويتين (AB, CD)، بينما يكون مستوى التفلج الثاني استوائياً في احدى الفلجتين CD وعمودياً في الثانية AB وتظهر الفلجات متساوية في الحجم، يحدث هذا التفلج الأول في الإنسان بعد حوالي 30 ساعة من الإخصاب (شكل 62).



شكل (62): التفلج الدوراني

4. **التفلج الحلزوني Spiral cleavage:** يحدث في الديدان الحلقية والنواعم، في هذا التفلج يتوجه جهاز الانقسام مائلاً بدلاً من أن يكون موازياً للمحور الطولي كما في بقية أنواع التفلج، يكون التفلج الأول بمستوى عمودي ومتساوي ومائل يعطي فلجتين AB وCD والتفلج الثاني عمودي وينتج عنه أربع فلجات متساوية بالحجم، تكون فلجات القطب الخضري أكبر من فلجات القطب الحيواني. وفي التفلج الثالث يكون المستوى استوائياً غير متساوي، فتنقسم الفلجة A إلى خلية كبيرة عند القطب الخضري واخرى صغيرة a بالقطب الحيواني وتكون الأجزاء العليا لكل جهاز انقسامي مائلة باتجاه عقارب الساعة يدعى التفلج الحلزوني (الايمن) Dextral. وفي التفلج الذي تكون فيه الأجزاء العليا لكل جهاز انقسامي مائلة عكس عقارب الساعة يدعى التفلج الحلزوني (الأيسر) Sinistral (شكل 63).



شكل (63): التفلج الحلزوني في الرخويات.

الإخصاب والتكوين

FERTILIZATION AND DEVELOPMENT

يتكون الفرد الجديد سواءً حيواناً أو نباتاً من بيضة مخصبة، أي بيضة اندمج معها حيوان منوي (في الحيوان) أو بيضة مع خلية منوية (في النبات). فالإخصاب هو اتحاد نواة الخلية التناسلية الذكرية (Male sex cell) (حيوان منوي أو من حبة لقاح) مع نواة الخلية التناسلية المؤنثة (Female sex cell) (البيضة) لتكوين اللاقحة أو الزيجوت (Zygote).

ويسبق الإخصاب الجماع (Coitus) في الحيوان، أو اللقاح (Pollination) في النبات. ففي الجماع يتم التقاء الذكر بالأنثى ويتم الإخصاب بطريقتين هما: الإخصاب الخارجي (External fertilization)، والإخصاب الداخلي (Internal fertilization). أما في اللقاح فيتم إيصال حبة اللقاح إلى ميسم الزهرة، ويحصل ذلك بوسائل مختلفة سوف نتناولها بالتفصيل فيما بعد.

يلي الإخصاب التكون (Development)، وهو عبارة عن مجموعة التغيرات والتمايزات التي تمر بها البيضة المخصبة أو الزيجوت ابتداءً بتكوين الجنين (Embryo) حتى تصل إلى مرحلة الفرد الكامل التي تتم بالفقس في الطيور، وبالولادة في الثدييات، وبالإنبات في النباتات. ولقد تكلمنا عن الإخصاب وهنا سوف نتكلم عما يحدث بعد الإخصاب في كلٍ من الإنسان والحيوان والنباتات الزهرية.

الإخصاب في الحيوان (Animal fertilization)

توجد طريقتين للإخصاب في الحيوانات وهما:

الإخصاب الخارجي (External fertilization).

والإخصاب الداخلي (Internal fertilization).

الإخصاب الخارجي (External fertilization)

يحدث هذا النوع من الإخصاب في بعض الحيوانات التي تعيش في الماء، مثل بعض الأسماك، وشوكيات الجلد كقنفذ البحر، والبرمائيات كالضفادع. ويتم خارج جسم الأنثى. ويتطلب

الإخصاب الخارجي (External fertilization) وجود الماء، فعندما يلتقي الذكر بالأنثى تضع الأنثى البيض في الماء يقوم الذكر في نفس الوقت بإطلاق الحيوانات المنوية (Sperms)، حيث تسبح في الماء باتجاه البيض، ليتم الإخصاب، شكل (1-11)

جدول (11-1): مقارنة بعض الأطوار الجنينية في السهيم والبرمائيات والطيور والإنسان.

وجه المقارنة / الكائن	كمية المح وتوزيعه	التفلج	التوتة	البلاستولة	البطينة
السهيم	قليلة متساوية	كامل	كرة مصمتة من الخلايا.	كبيرة التجويف	انغماد
البرمائيات	متوسطة نيلية	شبه كامل	فلجات غير متساوية	متوسطة التجويف	التفاف ونمو فوقي
الطيور	كثيرة نيلية	جزئي (قرصي)	لا يوجد	تجويف صغير جداً	يترقق، وينفصل إلى طبقات، حركة الخلايا إلى الداخل
الإنسان	قليلة جداً، متساوية	كامل	كرة مصمتة من الخلايا.	تجويف يمثل كيس قليل المح بدلاً من تجويف البلاستوسيل	تتكون من كتلة الخلايا الداخلية، وحركة الخلايا إلى الأسفل.

الإخصاب الداخلي (Internal fertilization)

يحدث في معظم الحيوانات كالثدييات، والطيور، والزواحف. ويتم هذا النوع من الإخصاب داخل الجهاز التناسلي للأنثى، بعد عملية الجماع التي تتم بين الذكر والأنثى، حيث تنتقل الحيوانات المنوية من العضو التناسلي الذكري إلى العضو التناسلي الأنثوي. ففي الحيوانات البيوضة يتم إخصاب البيضة داخل الجهاز التناسلي للأنثى، ثم تضع الأنثى البيض المخصب في مكان مناسب وآمن، كأن يدفن في الرمال حتى يفقس كما في السلاحف، شكل (11-2). أو بوضعه في أعشاش وحضنه حتى يفقس كما في الطيور، شكل (11-3). فالحمام على سبيل المثال عندما يلتقي الذكر بالأنثى فإنه يلصق فتحته التناسلية بالفتحة التناسلية للأنثى (يطلق عليها في الذكر والأنثى المجمع لأنها فتحة بولية تناسلية) ويحقن المني في الأنثى، حيث يسير إلى قناة المبيض فيخصب البيضة التي تمر حينئذٍ في قناة المبيض إلى الخلف، وتكون وقتها محتوية على

الصفار فقط. وبعد إخصابها وخلال مرورها في قناة المبيض إلى الخارج تحاط بالبياض، والأغشية الرقية، ثم القشرة الجيرية البيضاء التي تتصلب بالتدريج أثناء مرور البيض في قناة المبيض ومنها إلى المجمع ثم إلى الخارج. وتضع الأنثى البيض في العش ثم يرقد عليه الذكر والأنثى بالتناوب، ويفقس بعد 91 يوماً. ويتغذى الجنين قبل الفقس على المح Yolkوهو الغذاء المدخر في البيضة إلى أن يكتمل نموه.

أما في الكائنات الولودة مثل الإنسان، وبقية الثدييات فيتم الإخصاب داخل الأعضاء التناسلية للأنثى، حيث تحتفظ الأنثى بالبيض المخصب في رحمها لفترة من الوقت يتم خلالها نمو البيضة مكونة الجنين الذي يولد عند تمام اكتماله. ويتغذى الجنين أثناء تكوينه ونموه من دم الأم. وفيما يلي وصفاً تفصيلياً لما يحدث في الثدييات:يتم تكوين البيض (Ova) في الثدييات (كما سبق وصفه في الباب العاشر) بالقرب من حافة المبيض (Ovary)، من خلال مراحل متعددة تمر بها الخلية البيضية (Oocyte) في الحويصلة المبيضية (Ovarian follicle)، وصولاً إلى حويصلة جراف (Graffian follicle). وبعد اكتمال نمو الحويصلة وعندما يحين وقت التبويض تقترب حويصلة جراف من حافة المبيض لتنطلق الخلية البيضية الثانوية (Secondary oocyte) لتدخل قناة فالوب (Fallopian tube)،.

ثم تسير في اتجاه الرحم. تقذف الحيوانات المنوية في مهبل الأنثى أثناء عملية الجماع (كما في الإنسان)، ويقذف مع الحيوانات المنوية سائل يعتبر وسط كيميائي ملائم لبقاء الحيوانات المنوية حية لعدة دقائق. يطلق على هذا السائل والحيوانات المنوية المني (Semen). الجدير بالذكر أن القذفة الواحدة تحتوي على ما يقارب من 300 مليون حيوان منوي. تسير الحيوانات المنوية في مهبل الأنثى إلى الرحم ومنه إلى قناة فالوب حيث تقابل الخلية البيضية الثانوية وتحيط بها. وتصل إلى البويضة في مدة 15 دقيقة تقريبا بعد عملية القذف، كما لا يصل إلى نهاية الرحم إلا عدد قليل (300 ألف حيوان منوي تقريباً)، ولا يصل منها إلى قناة فالوب إلا 300 حيوان منوي تقريباً، ومن هذا العدد لا ينجح إلا حيوان منوي واحد فقط في الدخول إلى الخلية البيضية الثانوية ليتم الإخصاب

التكون في الحيوان (Animal development)

بعد عملية الاندماج بين نواة الحيوان المنوي ونواة البويضة وهي العملية التي تعرف بالإخصاب والتي أدت إلى تكوين خلية ملقحة أو الزيجوت. نجد أن الزيجوت تمر بعدة مراحل يمكن إيضاحها فيما يلي:

مرحلة التفلج (Cleavage):

حيث يتم خلال هذه المرحلة انقسام الزيجوت عدة انقسامات غير مباشرة (Meiotic divisions) متتالية. وتعتمد السرعة التي تتم بها عملية التفلج وطريقتها على كمية المح (Yolk) المتكون من مواد غذائية، وطريقة توزيعه في سيتوبلازم البيضة. وبناءً على ذلك يمكن تقسيم البيض على النحو التالي:

البيضة متشابهة المح (Isolecithal egg)

وهي البيضة التي يحتوي السيتوبلازم فيها على كمية قليلة من المح، وموزعاً بالتساوي فيه. كما في بيضة السهيم (Amphioxus) والإنسان. ويكون التفلج في مثل هذه البيضة تفلجاً كاملاً (Holoblastic cleavage). أي يقسم البيضة إلى خليتين متساويتين في الحجم نتيجة الانقسام الأول وكذا الأمر فيما يليه من انقسامات.

البيضة ذيلية المح (Telolecithal egg)

في هذه البيضة يتركز المح في أحد جوانبها، كما في بيضة الطيور والبرمائيات. ويمكن تمييز قطبين للبيضة، فالقطب القريب من كمية المح الكثيرة يعرف بالقطب الخضري (Vegetative pole). أما القطب المقابل من السيتوبلازم فيعرف بالقطب الحيواني (Animal pole). وعادة ما يميز القطب الحيواني وجود الأجسام القطبية قريبة منه. والتفلج في هذا النوع من البويضات يكون تفلج جزئي (Meroblastic cleavage)، حيث يتم التفلج في منطقة القطب الحيواني من السيتوبلازم، ولا يمتد خلال المنطقة من السيتوبلازم التي بها المح. ومن أشهر الأمثلة على ذلك التفلج في بيضة الطيور.

تكوين ونمو السهيم المبكر كنموذج لعملية التكوين والنمو:

التفلج كاملا حيث أن البيضة متشابهة المح يبدأ التفلج بانقسام الزيجوت إلى خليتين متشابهتين ومتساويتين حجما .تستمر عملية التفلج معطية : 4خلايا ، 8خلايا ،16 خلية ،32 خلية

ثم طور 32 فلجة . (Blastomeres -32) ، يكون معدل الانقسام في الأطوار الأخيرة عند القطب الحيواني أكثر منه عند القطب الخضري .

مرحلة الاريمة : (Blastula)

زيادة التفلج واستمراره يكون تجويف يعرف بتجويف البلاستوسيل .(Blastocoel)

يحيط به طبقة واحدة من الخلايا متفاوتة الحجم .

الخلايا القريبة من القطب الحيواني تعرف بالفلجات الصغيرة .(Micromeres)

وتلك القريبة من القطب الخضرى تعرف بالفلجات الكبيرة.(Macromeres)

مرحلة المعيدة : (Gastrula)

تبدأ هذه المرحلة بتسطح القطب الخضري ثم انخفاضه إلى داخل التجويف

نتيجة لانقسام خلايا هذا القطب بسرعة متزايدة .يستمر هذا الانخفاض (Invagination)
تدريجيا .تتلامس خلايا القطب الخضري خلايا القطب الحيواني .يتلاشى تجويف البلاستوسيل
تدريجيا .ينتج من ذلك البطينة (Gastrula) التى لها شكل الكوب .وطبقتين من الخلايا :

1- خارجية وتعرف بالاكتودرم.(Ectoderm)

2- داخلية وتعرف بالاندوديرم.(Endoderm)

كما أن للمعيدة تجويف يعرف بتجويف المعيدة (Gastrocoel) أو تجويف المعي القديم أو الأول
. (Archentron) يفتح تجويف البطينة إلى الخارج بالثقب الارومي .(Blastopore)

تستطيل بعد ذلك البطينة مصاحبا ذلك تقارب شفتي الثقب الجرثومي والتصاقهما .تبقى فتحة صغيرة في الجزء الخلفي الظهري من الجنين .يعقب ذلك تسطح السطح الظهري للبطينة .تأخذ خلايا الاندودرم في هذه المنطقة الشكل العمادي مكونة بذلك الصفيحة العصبية (Neural plate) تقوم خلايا الاكتودرم والإندودرم بعملية تكاثر نشط .يتم خلالها إنتاج خلايا جديدة في فراغ التجويف البلاستوسيلى على جانبي الجنين الظهري .تتكون فيما بعد طبقة ثالثة تقع بين الطبقتين السابقتين تعرف بالميزوديرم .(Mesoderm) وفيما يلي جدول يبين منتهى الطبقات الجنينية:

الاكتوديرم					
الجهاز العبي (المخ-الحبل الشوكي-الأعصاب)	بطانة الفم والأنف والشرج.	الجلد ومشتقاته.	المستقبلات الحسية.		
الاندوديرم					
الحبل الظهري.	الأنسجة المبطنة للقناة الهضمية ما عدا الفم والشرج وملحقات القناة الهضمية.	بطانة المثانة.	بطانة الجهاز التنفسي والبلعوم والأذن الوسطى.		
الميزوديرم					
المساريقا.	الجهاز الهيكلي وتلأنسجة الضامة.	العضلات.	الجهاز التناسلي.	الجهاز الاخراجي البولي.	الجهاز الدوري.