جامعة بغداد

كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)

علم الاجنة النظري

المحاضرة الخامسة

قسم علوم الحياة

المرحلة الثانية

2025-2024

مدرسو المادة

الاستاذ الدكتورة نهلة عبد الرضا البكري

الاستاذ مساعد الدكتورة وجدان بشير عبد

الاستاذ مساعد الدكتورة استبرق عزالدين محمود

الاستاذ مساعد الدكتورة اسماء بشير عبد

تصنيف البيوض

تختلف بيوض الفقريات كثيراً في الحجم من مجموعة لأخرى معتمداً ذلك إلى اختلاف كمية المح فيها وتوزيعه (شكل 27). إن كمية وتوزيع المح مسؤولان عن الاختلافات في طرق انقسام البويضات والتكوين الجنيني، وتصنف البيوض كالآتي:

A-تصنيف البيوض اعتماداً على كمية المح وهذه تصنف إلى:

1- البيوض اللامحية Alecithal eggs: يكون مخزون المح وكميته فيها قليلاً جداً أو غير موجود وذلك لعدم حاجة الجنين له حيث يوجد بديل للتغذية مثل المشيمة، ويتمثل هذا النوع من البويضات في الثدييات المشيمية Placental mammals كما في الإنسان (شكل 27 أ).

2- بيوض قليلة المح Oligolecithal eggs (Microlecithal): تكون كمية المح فيها قليلة نسبياً ويتمثل وجود ذلك في الحبليات الأولية Protochordates كالرميح Amphioxus، وبعض اللافقريات.

3- بيوض متوسطة المح Mesolecithal eggs: تحتوي البيوض على كميات متوسطة من المح غير متجانس التوزيع تكثر بالقطب الخضري للبيضة كما في البرمائيات (شكل 27 ب).

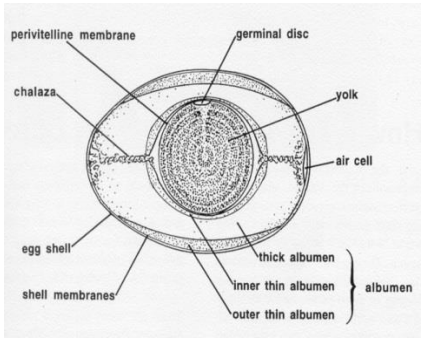
4- بيوض كثيرة المح Polylecithal eggs: المح يكون كثيراً غير متجانس التوزيع وتكون كميته كبيرة يعلوه جزء صغير من السايتوبلازم كما في الزواحف والطيور (شكل 27 ج).

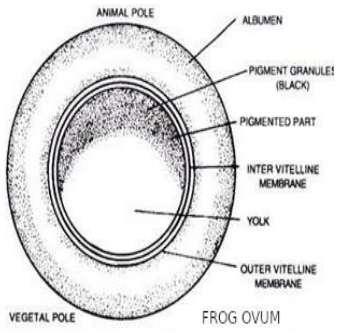
B-تصنيف البيوض اعتماداً على توزيع المح في السايتوبلازم: وهذه تصنف إلى:

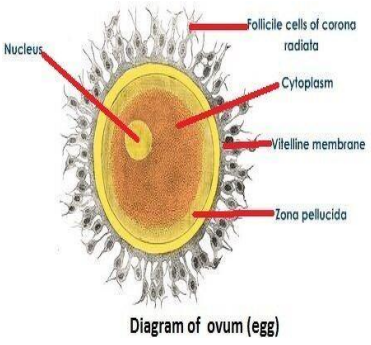
1- بيوض منتظمة أو متجانسة التوزيع Isolecithal (Homolecithal) eggs: تحتوي البيوض على كمية مح قليلة منتظمة التوزيع على جميع أجزاء السايتوبلازم او معدومة المح كما في الثدييات المشيمية والرميح.

2- بيوض طرفية المح Telolecithal eggs: يتركز المح بالقطب الخضري فيشكل السايتوبلازم والنواة بالقطب الحيواني كقبعة السايتوبلازم Cytoplasmic cap وذلك في بيوض الأسماك العظمية والزواحف والطيور، أي أن المح يوجد في جميع البيضة عدا طرف علوي بسيط جداً بالقطب الحيواني. وهناك نوع ثانٍ من هذه البيوض يتركز بالقطب الخضري ويقل تدريجياً باتجاه القطب الحيواني وتدعى طرفية المح معتدلة Moderately telolecithal كما في بيوض البرمائيات.

3- بيوض مركزية التوزيع Centrolecithal: يتركز المح في هذه البيوض في المنطقة الوسطية من البيضة ويحيط به السايتوبلازم كما في الحشرات.







ج ب أ

شكل (27): أ. بيضة الانسان ب. بيضة البرمائيات ج. بيضة الطيور

أغلفة البويضة Egg Envelopes

إضافة إلى الغشاء البلازمي Plasma membrane فإن البيضة تحاط قبل أو بعد إطلاقها من المبيض بواحد أو أكثر من الأغلفة اللاخلوية وتقسم هذه الأغلفة اعتماداً على مصدرها إلى:

A-الأغلفة الأولية Primary Envelopes: تنشأ من البويضة نفسها أثناء نضوجها أي تنشأ في المبيض بين Oocyte والـ Follicle cells وتنفصل عن البيضة بالفسحة حول المحية Perivitelline space التي تظهر بعد حدوث الإخصاب والأغشية وهي:

1- الغلاف المشيمي Chorion المحيط في بيوض الأسماك.

2- الغطاء الجيلاتيني Jelly coat المحيط في بيوض قنفذ البحر.

3- المنطقة الشفافة Zona pellucida المحيط في بيوض الثدييات ويحل محل المنطقة الشعاعية Zona radiata ثم تحاط بمجموعة من الخلايا الجريبية تدعى التاج الشعاعي Corona radiata.

تقوم هذه الأغلفة بمنع دخول أكثر من حيوان منوي واحد للبويضة.

B-الأغلفة الثانوية Secondary Envelopes: تتكون من قبل الخلايا الجريبية مثل:

1- الغلاف المحي Vitelline envelope المحيط في بيوض الحشرات.

2- الغلاف المشيمي Chorion المحيط في بيوض الحشرات وهو يختلف عن الغلاف المشيمي في الأسماك، وهذه أغلفة وقائية.

C-الأغلفة الثالثية Tertiary Envelopes: لها وظائف وقائية البويضة من المؤثرات البيئية (الجفاف)، وتزويد الجنين بالغذاء تتكون في القنوات التناسلية بعد انطلاق البويضة من المبيض ومن أمثلتها:

1- الغلاف الجلاتيني (الطبقة الجلاتينية) Jelly layer المحيطة في بيوض البرمائيات، تحمي البيضة وتساعد على التصاق وتنتفخ بعد امتصاصها للماء.

2- القشرة الصلبة Hard shell المحيطة في بيوض الأسماك الغضروفية البيوضة تثبت البيوض بالنباتات المحيطة وتفرز من قبل الغدة القشرية Shell gland.

3- غشاء المح Yolk membrane (الصفار) المحيط في بيوض الزواحف والطيور ويتألف من طبقتين داخلية تفرز من المبيض وخارجية تفرز من الجزء العلوي لقناة البيض.

4- بياض البيض Albumen (الآح): يحتوي على نسبة عالية من الماء ويتميز منه خيطان لولبيان هما خيطا الآح Chalazae يثبتان البيضة بوسط الآح.

5- الغشاءان القشريان Shell membranes يحيطان بالآح ويكونان متلامسان عدا في النهاية العريضة ينفصلان بفسحة الهواء Air space.

6- القشرة Shell تحيط بالغشائين القشريين وتكون في بيوض الزواحف متكلسة جزئياً وفي الطيور متكلسة بالحد الذي لا يسمح بنفاذ الماء وتحتوي على ثغور دقيقة.

تعد بيوض الزواحف والطيور متطورة وتدعى البيوض المغلقة Cleidoic eggs وهذا يشكل حدثاً مهماً مكنها من الاستقلال عن الماء خلال التكوين الجنيني عن طريق إضافة المزيد من الأغشية.

الاخصاب Fertilization

هو عملية اتحاد الامشاج الذكرية والانثوية لتكوين البيضة المخصبة Zygote ويدعى ايضاً الخلط الثنائي Amphimixis يتطلب الاخصاب الامور الاتية:

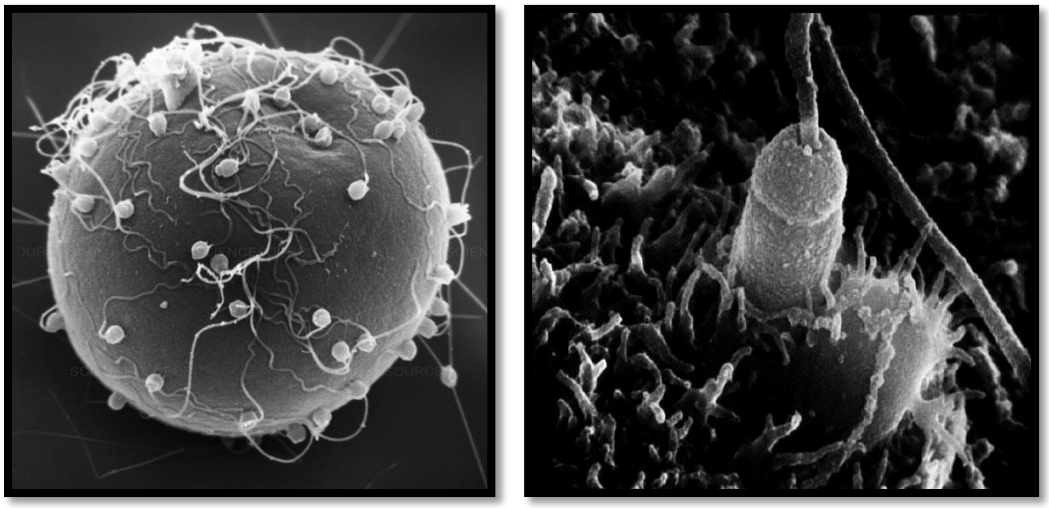
1. اعادة دمج الكروموسومات الذكرية والانثوية لتكوين العدد الزوجي الاصلي من الكروموسومات الخاصة بالنوع وذلك من خلال اعادة الخلط Recombination.
2. تحديد جنس الجنين.
3. تنشيط الفعاليات الحيوية للبويضة Activation ودفعها للدخول في عملية الانماء (التكوين) التي تبدأ بعملية التفلج Cleavage.

يعد التنشيط بصالح البويضة التي اما ان تضمحل او تنمو وتتمايز والبيوض غير المخصبة لاتعيش بعد التبويض الا بضع ساعات وذلك لكبر حجمها وعدم تناسب حجمي النواة والسايتوبلازم.

تفقد البيضة التنظيم المميز لمكوناتها بمرور الوقت وعليه فان احد اسباب التشوهات الخلقية في الانسان تعود الى طول الفترة بين التبويض والاخصاب.

يختلف وقت الاخصاب حسب نوع الحيوان:

1. يحدث في مرحلة الجريبة الجرثومية فيحفز على اتمام الانقسام الاختزالي وفيه تكون البيوض نشطة ايضياً.
2. يحدث بعد اتمام الانقسام الاختزالي وفيه تكون البيوض خاملة ايضياً.
3. يحدث بين الحالتين اعلاه.



شكل (28): صور بالمجهر الالكتروني توضح اختراق نطفة واحدة للغشاء المحي في حيوان قنفذ البحر Sea urchin.

التمييز Recognition

وهو قدرة سطح المشيج على تمييز سطح المشيج الاخر لنفس نوعه المخالف لجنسه وهي صفة موجودة في جميع الاحياء ذات التكاثر الجنسي حتى الدنيا منها وهذه الظاهرة توضح كيف تعرف الامشاج الذكرية الامشاج الانثوية التي تعود لنفس نوعها بالرغم من تشابه الامشاج مع انواع اخرى لاسيما الاحياء المائية.

يتطلب التقاء النطفة بالبيضة الاتي:

1. حركة عشوائية Random movement
2. وجود وسط مائي Aquatic medium
3. وجود ظاهرة التمييز Recognition

تكيفات الحيوانات في التقاء امشاجها

تختلف هذه التكيفات حسب نوع الحيوان وفيما يأتي قسم منها:

1. نضج البيوض والحيامن في نفس الوقت.

2. قد يحفز الجماع في بعض الانواع عملية التبويض.
3. قد تفرز الانثى اثناء وضع البيض مواد محفزة لبقية الاناث والذكور المجاورة.
4. حجم البيضة الكبير يساعدها على زيادة احتمال التقاء النطفة بها.
5. الاخصاب الداخلي طريقة اكيدة لحدوث الاخصاب.
6. تطرح بعض الانواع المائية اعداد كبيرة من الامشاج لتسهيل الاخصاب لانه ربما يكون المحيط المائي بيئة خطرة على الحيوان الناشيء ولاتساعده على تكملة نموه الى طور البلوغ لذا فأن معظم اللافقريات والاسماك البحرية ذات استراتيجية قوية بمعدلات التكاثر ووفيات عالية فمثلاً سمكة (القُدّ الرمادي) تضع من 4–6 ملايين بيضة يصل 2 منها الى مرحلة البلوغ. بينما يلاحظ الحيوانات التي توفر مزيد من الحماية لصغارها تضع عدد اقل من البيوض كما في الطيور. والاخصاب الداخلي بدوره يمنع انتشار الامشاج كما في الثدييات. لذا فإن استمرارية حياة النوع تلزم التأكيد على حدوث الاخصاب وانتاج ذرية قادرة على البقاء للاستمرار.

مراحل الاخصاب Fertilization stages

تتم عملية الاخصاب وفق المراحل الاتية:

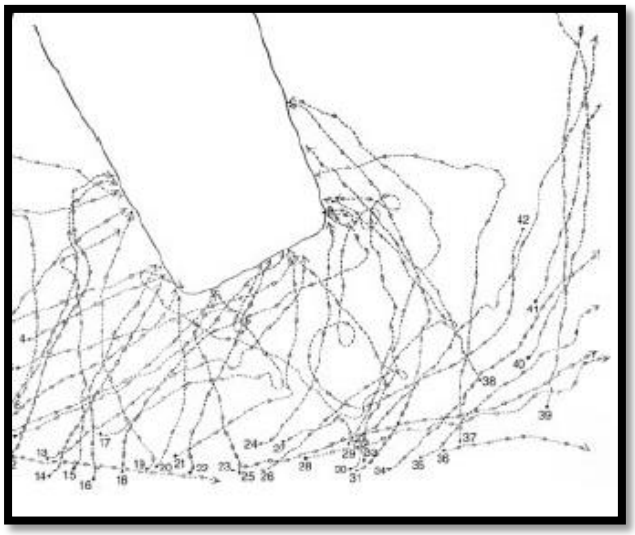
اولاً- تكوين امشاج فاعلة Formation of Functional gametes: يجب ان تكون النطف متمايزة شكلاً ومحتوىً وحركةً إذ يكون عددها 60–100 مليون لكل مل من السائل المنوي في الانسان. وكذلك البويضة يجب ان تكون بمواصفات معينة اهمها على المستوى النووي إذ تكون الكروموسومات فيها مصنفة اما على المستوى السايتوبلازمي فتكون الحاجة ملحة لتكوين الحبيبات القشرية وكميات مناسبة من المح (معتمدة على نوع الحيوان) وكذلك اكتمال تكون الاغلفة المحيطة بالبيضة.

ثانياً- نقل الامشاج Transport of gametes: وهي نقل البويضة والنطف الى موقع الاخصاب وهذا موضوع سهل في الاحياء المائية وفيه نوع من التعقيد في الاحياء ذات الاخصاب الداخلي، فبعد ان تنطلق الخلية البيضية الثانوية من المبيض تتلقفها بروزات قمع قناة فالوب ونتيجة حركة اهداب البروزات تنزل الخلية البيضية الثانوية الى القمع ثم الى جزء قناة البيض Ampulla وهناك تبقى مهيئة للاخصاب لمدة 12 ساعة تقريباً (في الانسان). تتجه النطف نحو البيوض معتمدة على حركتها الذاتية ونتيجة للانقباضات العضلية لقناة البيض تستمر رحلتها من 5–40 دقيقة اعتماداً على نوع الحيوان.

لقد اوضح العالم Austin عام (1952) ان النطف تبقى في قناة البيض لفترة تدعى التمكين Capacitation من 4–6 ساعة تتم خلالها ازالة البروتينات المثبطة من على سطح النطف بوساطة انزيمات معينة في قناة البيض وينتج عنها زيادة حركة النطف وتنافسها وان هذه البروتينات اضيفت الى النطف عند مرورها في القنوات التناسلية الذكرية.

ان تنشيط حركة الحيوانات المنوية لايضمن لها الوصول الى البويضة، لذا لقد وجدت الكائنات الحية الخارجية الاخصاب وسائل لجذب الحيوانات المنوية الى البويضات وذلك من خلال:

الانجذاب الكيميائي Chemotaxis ومواد هذا الانجذاب اكتشفت في عدة نباتات بحرية وقسم من الاسماك والحشرات واللافقريات وهذه اما مواد بروتينية او هيدروكاربونية كما في بعض الطحالب (شكل 29).



شكل (29): الانجذاب الكيميائي Chemotaxis لامشاج الذكرية نمو حافظة البويضة في الطحالب.

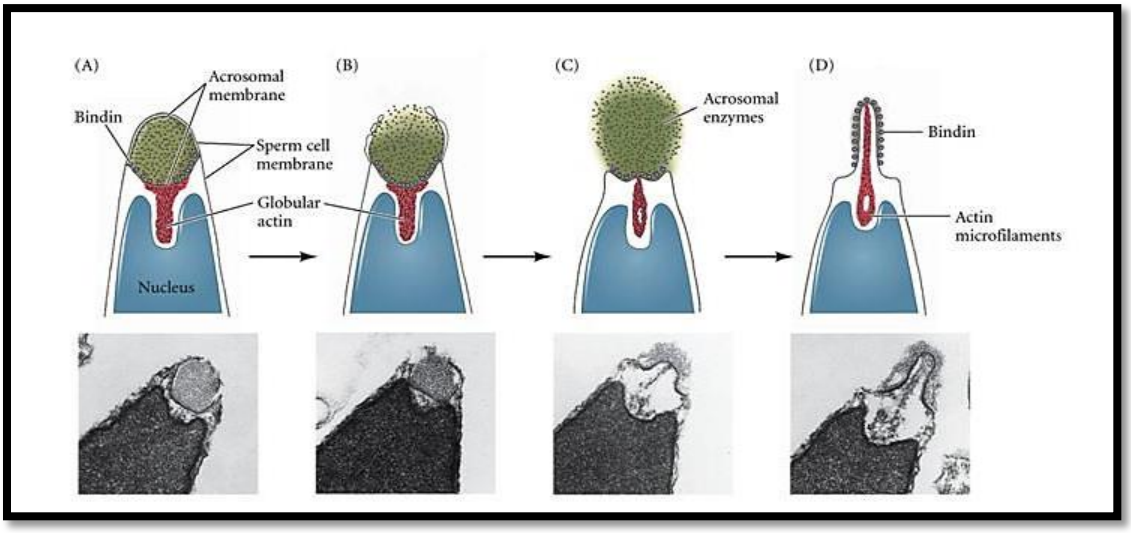
ثالثاً- اختراق اغلفة البويضة Penetration of Egg Envelopes

يتضمن اختراق اغلفة البويضة دراستها في:

اولاً: اللافقريات (شكل 30)

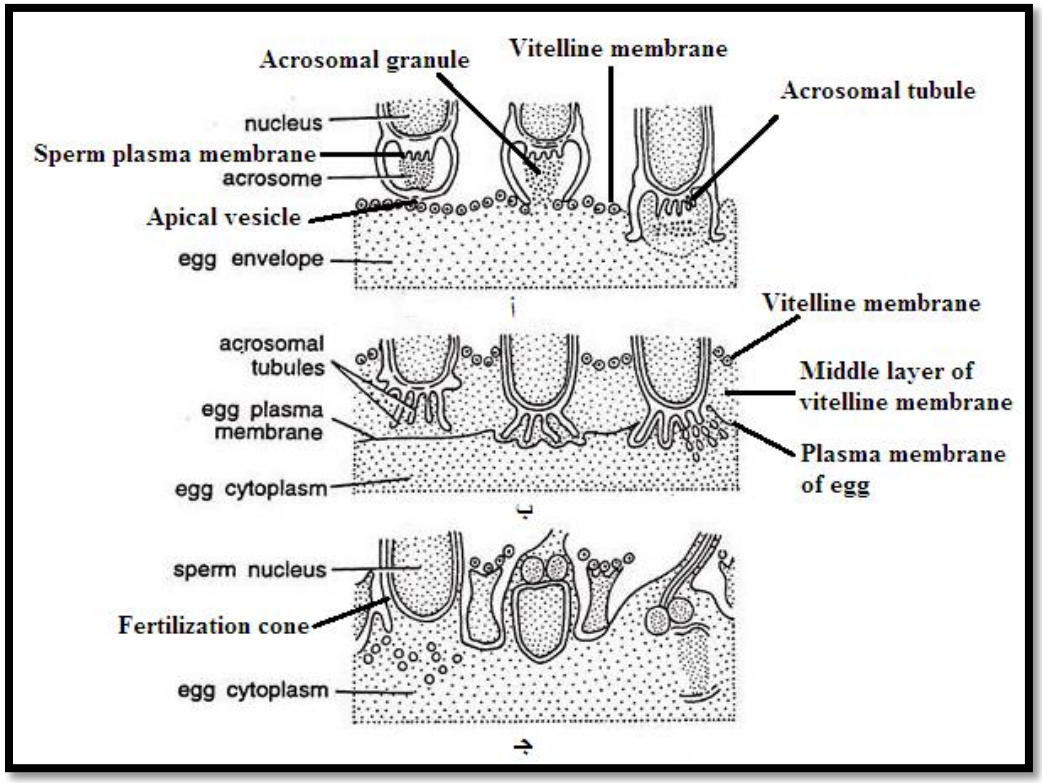
يحدث تفاعل الجسيم الطرفي Acrosomal reaction ويتطلب حدوثه ما يأتي:

1. اندماج الغشاء الخارجي للجسيم الطرفي مع غشاء النطفة.
2. اطلاق انزيمات محللة لاختراق الغلاف الجيلاتيني Jelly coat.
3. ظهور بروز الجسيم الطرفي Acrosomal process نتيجة لاستطالة الخويطات الدقيقة Microfilaments وامتداد البروز بأتجاه غلاف المح Vitelline membrane، وتوجد عليه جزيئات البايندين Bindin التي تتحد مع الجزيئات المستقبلة Receptor على سطح البويضة يتصل بها بروز الجسيم الطرفي Acrosomal process.
4. اختراق غشاء المح بفعل انزيم محلل يشبه انزيم كايموتريسين Chymotrypsin عندها تصل النطف الى غشاء البويضة ويتطلب ذلك وجود ايونات Ca^{+2} التي تدخل منطقة بروز الجسيم الطرفي.



شكل (30): تفاعل بروز الجسيم الطرفي في قنفذ البحر (اللافقريات).

5. في انواع اخرى من النطف تظهر النبيبات قصيرة Acrosomal tubules تطلق حبيبات الجسيم الطرفي Acrosomal granules تفرز انزيمات تذيب اغلفة البيضة للسماح بنواة النطفة للدخول الى البويضة ثم تسير النطفة الى ان تبلغ الغشاء البلازمي للبيضة Plasma membrane فتطلق حبيبات الجسيم الطرفي ما تبقى من الانزيمات لاذابة هذا الغشاء (مكان دخول النطفة فقط) ثم يتحد الغشاءان البلازميان (للنطفة والبويضة) معاً ويتكون مخروط الاخصاب Fertilization cone الذي يتلقف النطفة الى داخل البويضة (شكل 31).

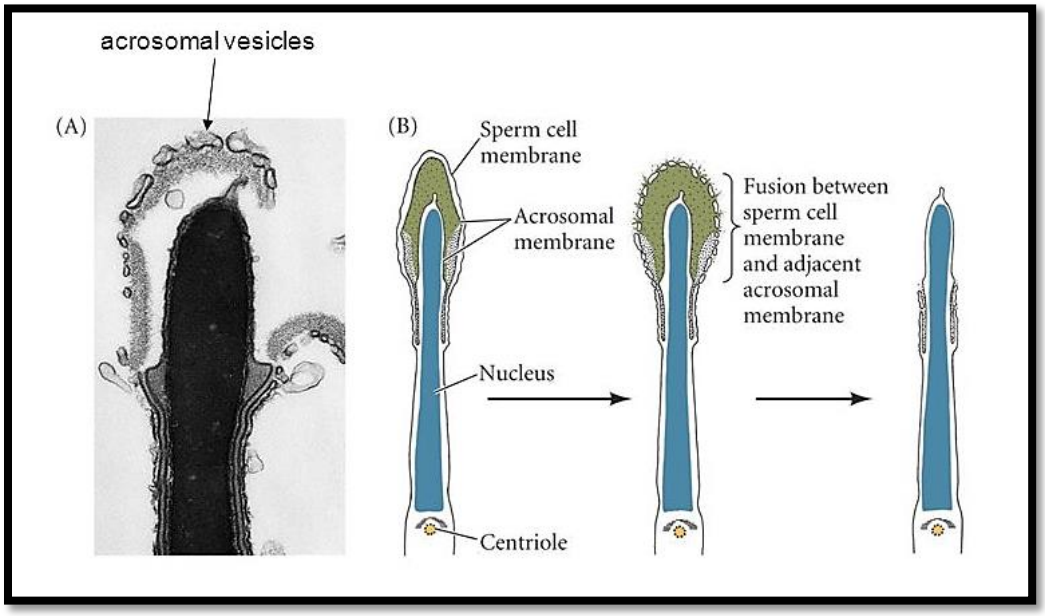


شكل (31): تفاعل نبيبات الجسيم الطرفي في اللافقريات (*Hydroides*).

ثانياً: الثدييات

يحدث تفاعل الجسيم الطرفي Acrosomal reaction وفق الخطوات الاتية (شكل 32):

1. اندماج الغشاء الخارجي للجسيم الطرفي مع غشاء النطفة.
2. تكوين حويصلات بين غشائية ثم اختفائهما وذلك لاطلاق انزيمات الجسيم الطرفي.
3. اندماج الغشاء الداخلي للجسيم الطرفي بالقرب من نهايته مع غشاء النطفة.
4. اطلاق انزيم هيالورونديز Hyaluronidase واختراق النطفة لغلاف الخلية البيضية.
5. اختراق المنطقة الشعاعية Corona radiata بالانزيم المفكك لهذا الغلاف Corona-penetrating enzyme.
6. اختراق المنطقة الشفافة Zona pellucida باطلاق انزيم Zonalysin.
7. تصل النطف الى غشاء البويضة وهي العملية او التفاعل الذي يتطلب وجود Ca^{+2}.



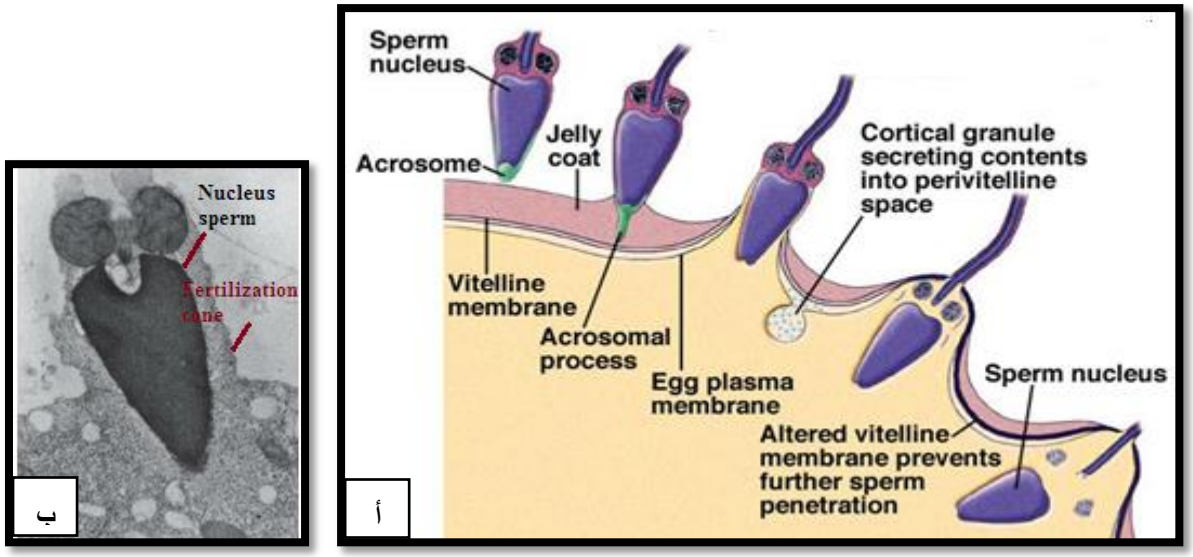
شكل (32): تفاعل الجسيم الطرفي في اللبائن.

رابعاً- اندماج اغشية الامشاج Fusion of gametes membranes

يعتمد اندماج اغشية الامشاج على نوع الحيوان وكما يلي:

اولاً: اللافقريات

يحدث الاندماج بين غشاء البويضة وغشاء النطفة عند نهاية بروز الجسيم الطرفي، إذ يتكون مخروط الاخصاب Fertilization cone وهو امتداد لسايتوبلازم البويضة يتكون حول راس النطفة ويوجد في المخروط خويطات دقيقة Microfilaments عند انقباضها تنسحب النطفة الى الداخل (شكل 33).



شكل (33): أ. مراحل حدوث الاخصاب في اللافقريات

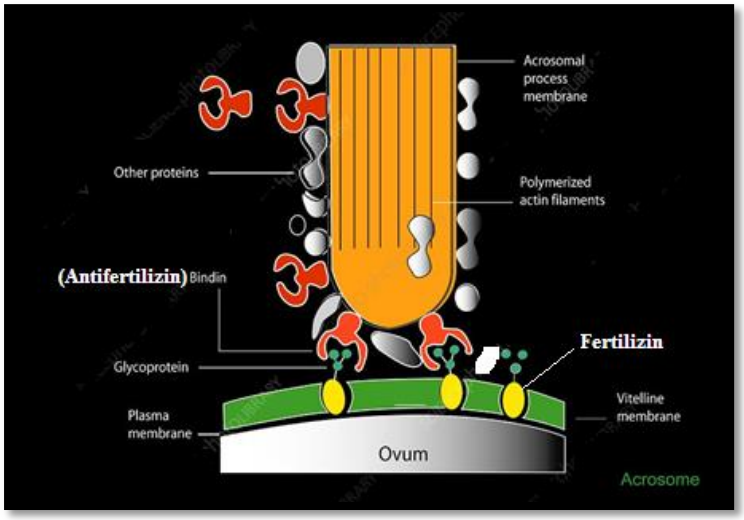
ب. صورة بالمجهر الالكتروني توضح مخروط الاخصاب Fertilization cone.

لقد اشار العالم Lillie قبل حوالي 100 عام الى خصوصية التفاعل بين غشاء البويضة وغشاء النطفة من خلال وجود المخصب Fitilizin على سطح البويضة يقابلها المخصب المضاد Antifertilizin على سطح النطفة.

لقد قام العالم Lillie بتجربة على حيوان قنفذ البحر Sea urchin وهي انه لاحظ تجمع وتلازن Agglutination النطف بعد وضعها في ماء بحر مرره على بيوض نفس النوع، واستنتج حدوث تفاعل (ضد- مستضد). وذكر ان Jelly coat للبيضة وسطحها مغطيان بجزيئات مستقبلة Receptor molecules سماها (المخصب Fertilizin) يتمم شكلها شكل الجزيئات الموجودة على سطح النطف والتي سماها (المخصب المضاد Antifertilizin) (شكل 34).

ان سبب حدوث ظاهرة التلازن لنطف قنفذ البحر هو انتشار جزيئات المخصب في الماء وربطها لعدد كبير من النطف في مواضع المستقبلات وان هذا التلازن نتيجة تفاعل كيميائي بين مادتين يشابه شكلها القفل والمفتاح.

يوجد المخصب في 4 شعب حيوانية ضمنها الحبليات وبعض انواعه تحتاج الى Ca^{+2} للارتباط بالنطفة، وهو بروتين سكري Glycoprotein وزنه الجزيئي 300000 يحتوي على سكريات احادية احماض امينية تختلف حسب نوع الحيوان. اما المخصب المضاد فهو بروتين حامضي وزنة الجزيئي 10000.



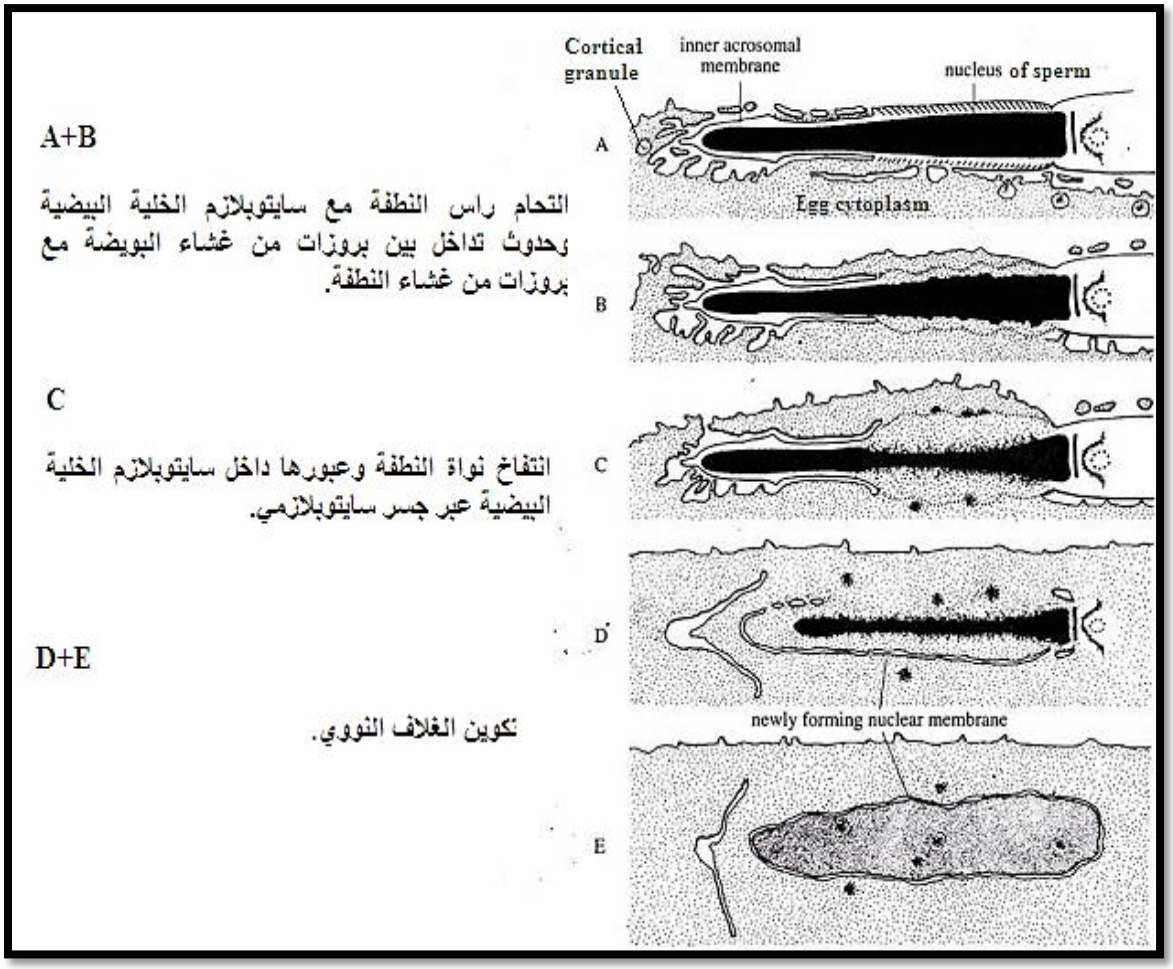
شكل (34): رسم يوضح التقاء المخصب بالمخصب المضاد (القفل والمفتاح).

يختلف موقع المخصب حسب نوع الحيوان وكالاتي:

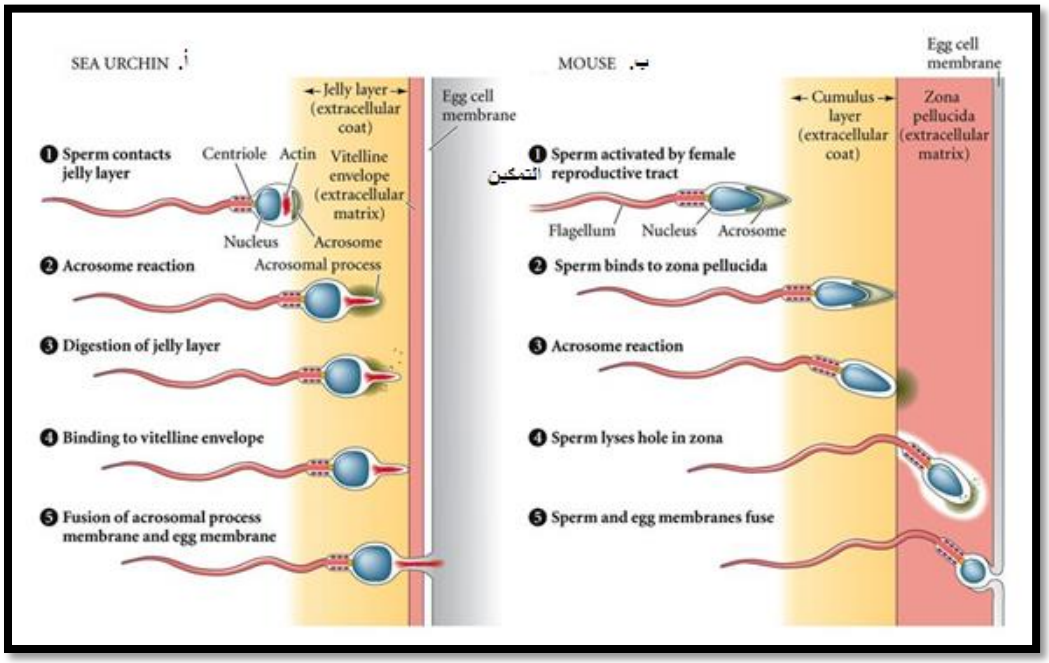
1. الغطاء الجيلاتيني والغشاء المحي في بيوض قنفذ البحر وممكن وجوده في المبيض.
2. البيضة في بعض الديدان الحلقية.
3. الغشاء البلازمي في الانواع التي لاتملك بيوضها غطاء جيلاتيني فيدعى المخصب الخلوي Cytofertilization مقارنة بمخصب الغطاء الجيلاتيني.

ثانياً: الثدييات

يتم الاندماج بين غشائي النطفة والبويضة عند المنطقة الاستوائية Equatorial region حيث لايوجد بروز الجسيم الطرفي. يتصل دائماً غشائي النطفة والبويضة ويتكون جسر سايتوبلازمي بينهما ليسمح بعبور نواة النطفة الى داخل سايتوبلازم البويضة وبروزات من غشاء النطفة تهيء للاندماج، كما ان وجود مستقبلات (مركبات بروتينية كاربوهيدراتية ZP_1، ZP_2، ZP_3) في المنطقة الشفافة Zona pellucida لها دور في تحديد خصوصية التفاعل (كمستقبل خاص بالنطف) (شكل 35، 36، 37).



شكل (35) اندماج غشائي النطفة والخلية البيضية (البويضة) في الثدييات.



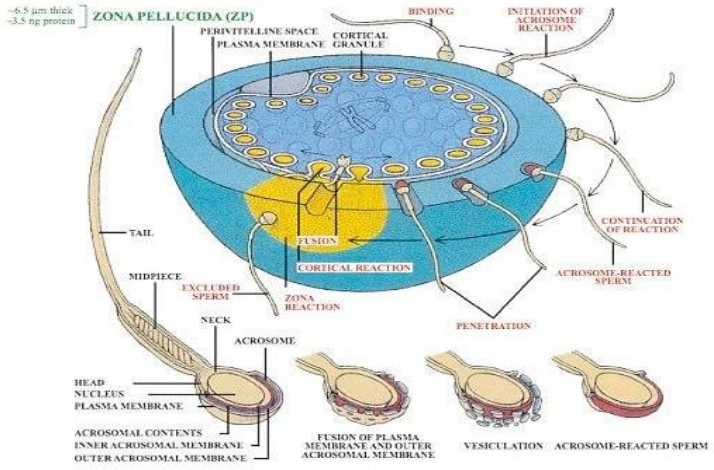
شكل (36) مراحل اندماج الغشاء البلازمي للبيضة والحيمن في:

أ. قنفذ البحر Sea urchin ب. اللبائن (الفأر Mouse)

شكل (37) صورة بالمجهر الالكتروني الماسح توضح نطفة الانسان.

لقد تمكن العالم واسرمان Wassarman من معرفة الجزيء المستقبل للنطفة في بويضة الفأر ويتطابقان سوية كما يتطابق القفل والمفتاح ووجد ان هذه المستقبلات توجد في منقطة Zona pellucida وهي ثلاثة انواع من البروتينات السكرية: ZP_1، ZP_2، ZP_3

وكان التفريق بينها بوساطة وزنها الجزيئي باستخدام تقنية الترحيل الكهربائي Electrophoresis. وقد قام واسرمان بفصل المنطقة الشفافة من البويضة غير المخصبة واذابها في محلول حامضي مخفف لكي يحصل على جميع البروتينات السكرية ووضعها في طبق بتري ووضع معها سائل منوي يحتوي على نطف لفترة من الزمن ثم فصلت النطف واختبرت قدرتها على الاخصاب مرة ثانية بحيث حضنت مع بويضات فئران غير مخصبة فحصل على نتيجة عدم استطاعة النطف على الارتباط بالبويضات، وهذا يوضح ان البروتينات السكرية المفصولة من المنطقة الشفافة قد التصقت بمستقبلاتها على النطف فلم يعد هناك اي مناطق على سطح النطف تستطيع ان ترتبط بالبويضات غير المخصبة وهذه التجربة اكدت وجود المستقبلات لنطف الفار في المنطقة الشفافة لبيوض الفار (شكل 38).



شكل (38) تجربة واسرمان لاثبات وجود المستقبلات في المنطقة الشفافة لبويضة الفأر.