

تخلق الأجنة

Embryogenesis

في عام 1651، افتتح الطبيب الإنجليزي ويليام هارفي William Harvey كتابه «عن تكاثر الحيوانات» بعبارة (جميعنا من البويضة) هذه العبارة مناقضة لفكرة أرسطو أن الحياة نشأت من خلال أطوار عفوية من مادة غير حية ودفعت علماء الأحياء التطوريين إلى دراسة كيف خلقت الأجنة.

يعتبر أرسطو أشهر فيلسوف يوناني، لكننا لا بد أن نصنفه أيضًا كأول عالم أحياء. فقد قام بإسهامات عديدة في علم التشريح وعلم الأجنة، على سبيل المثال، من خلال اشتغاله على دور المشيمة والحبل السري أثناء فترة الحمل أفاد بأن الحيوانات التي تولد من البيض تسمى (بيوضية ovipartiy) والتي تولد من خلال الولادة الحية تسمى (ولودية viviparity) أما ما بعد فقس البيض داخل جسد الأم فيسمى (بيوضية ولودية ovoviviparity)، كما يتضح في أسماك القرش وزواحف محددة). لكن، بينما كان أرسطو يعتقد أن النمو يحدث من البويضة، اعتقد أيضًا أن الحيوانات نشأت من مادة غير حية مثل الطمي!

الخط الزمني

350 ق.م	1651م	1817م
وصف أرسطو تشريح العديد من أجنة الحيوانات.	قال هارفي إن التطور هو أن جميعنا من البويضة.	عرّف باندر الطبقات الجنينية وأعضاء أجهزتها.

من البويضة إلى الجنين

البنى المتشابهة

عندما عُقدت مقارنة بين الفقاريات في ثلاثينيات القرن التاسع عشر وصف عالم الأجنة الألماني مارتن راثكي Martin Rathke الأقواس البلعومية pharyngeal arches بأنها بنى تطورت إلى أجزاء من جهاز الخياشيم في السمك، لكن الفكين والأذنين يوجدان في الثدييات فقط. ومن الناحية التطورية تتماثل الخياشيم مع الأذن لأنها نشأت من سلف مشترك. وأشهر مثال على التطابق هو الأرجل الأمامية أي أذرع الرئيسيات، أما زعانف الدرافيل وأجنحة الطيور فتتطابق مع الأرجل الأمامية لجميع الكائنات التي تمشي على أربع. وبالتبادل، يمكن للأشكال المتشابهة أن تكون «متناظرة» لأنها لم تنشأ من بنية سلف مشترك مثل الأجنحة في الطيور والخفافيش والثيروصورات. حيث تستخدم الطيور أيديها في الرفرفة وتستخدم الخفافيش أصابعها، بينما الثيروصورات المنقرضة تمد غشاء الجناح من أصبعها الرابع زائد الطول. أما أجنحة الحشرات فلا تتعلق بأرجلها. قد تبدو البنيات التشريحية مختلفة بسبب التداخلات المعقدة بين الجينات، لكن العديد من البنيات قد تغيرت قليلاً نسبياً في مسار تطور الجينات المتماثلة في الأنواع المختلفة التي يمكن الكشف عنها باستخدام تسلسل الـ DNA من نوع واحد للكشف عن جينوم النوع الآخر. في بعض جوانب التطور مثل تكوين شكل الجسم (المورفولوجي)، يمكن حتى أن تستبدل جينات الأنواع بعيدة الصلة بنوع آخر دون تأثيرات ملحوظة.

على مدار ألفي عام من الزمان لم يحدث في علم الأجنة سوى تطورات طفيفة. وذلك عندما أثبت الطبيب الإنجليزي ويليام هارفي كيف تعمل الدورة الدموية أي زعم أن جميع الحيوانات بدأت كبويضة. وعلى الرغم من أن اختراع المجهر عقد الأدلة بشكل مبدئي إلا أنه في عام 1672 وصف عالم الأحياء الإيطالي مارشيلو ملبيني تشرح الكتكوت في مراحل نموه المتعددة وأثبت أن الأوعية الدموية بين الجنين والمُخّ،

1940م

وصفت راوليس Rawles
هجرة العصبونات (الخلايا
العصبية) ومصرها.

1832م

وصف راثكي Rathke البنيات
المتشابهة في العديد من الحيوانات.

1828م

ظهرت قوانين فون باير Von
Baer لنمو البنية الفقارية.

وأن الجسيدات somites متجهة إلى تكوين العضلات وأن الأخدود العصبي (أصبح قناة عصبية ثم جهازاً عصبياً مركزياً). دافع ملبيني عن «التكوين المسبق» أي أن أعضاء الكبار البالغين تحدث بصورة مصغرة داخل الجنين، وقد فضل كل من أرسطو وهارفي تعريفها بـ «التخلق المتوالي epigenesis» (الحلق من نقطة الصفر).

درس عالم الأجنة الألماني كاسبر فريدريش فولف Caspar Friedrich Wolff أيضاً الكتكوت وأثبت أن بنية الجسم تظهر فقط أثناء التطور. على سبيل المثال، قد لاحظ أن الأمعاء تتكون بعد طي نسيج مسطح مثل الشكل الأنبوبي الذي ينشأ من الضغط على طرفي الصحيفة اللذين يلتقيان في اتجاه بعضيهما على الطاولة. في عام 1767، قال فولف مستنتجاً «إن تكوين الأمعاء بهذه الطريقة لا يزن شيئاً وهذا لا يدع مجالاً للشك في إيماني بصحة التخلق المتوالي».

من طبقات إلى أعضاء

نشأ علم الأجنة الحديث على يد ثلاثة أصدقاء، جميعهم من دول البلطيق وولدوا في عام واحد وقد درسوا في شمال ألمانيا وهم: كارل إرنست فون باير Karl Ernst von Baer الذي وصف عملية النمو، ومارتن راثكي Martin Rathke الذي قارن البنيات المتشابهة بين الفقاريات، وهانز كريستيان باندر Heinz Christian Pander الذي اكتشف أن أعضاء الأجهزة نشأت من طبقات جنينية متميزة. وقد أمضى باندر خمسة عشر شهراً يدرس الكتاكيت فاكشف أثناء ذلك أن أجنة الحيوانات لها ثلاث «طبقات تبرعم germ layers» هي: الطبقة الخارجية (الأديم الظاهر ectoderm) التي تكون البشرة والأعصاب، والطبقة الداخلية (الأديم الباطن endoderm) التي تكون البنية الداخلية مثل الجهاز الهضمي والأعضاء مثل الرئتين، وتوسطهما الطبقة الوسطى (الأديم المتوسط mesoderm) التي تصنع الدم والعظام والقلب والكليتين والغدد التناسلية والأنسجة الضامة. وتعتبر الكائنات البسيطة مثل الإسفنج البحري وقنديل البحر (مزودة

طبقات التبرعم (diploblastic) لأنها تحتوي على طبقتين من دون طبقة الأديم المتوسط، بينما تعتبر الحيوانات (ثلاثية طبقات التبرعم triploblastic) لأنها تتكون من الطبقات الثلاث. وفي عام 1817، أثبت باندنر أن طبقة وحيدة تستطيع أن تنتج أعضاء إذا كانت الطبقات الأخريات متواجدة. ويعتبر هذا مبدأ الحث أي إن الخلايا تحفز بعضها لتنمو ويقع تحت هذا المبدأ شكل الجسم (المورفولوجيا - انظر الفكرة 31) والطريقة التي جعلت الخلايا الجذعية متخصصة.

«لقد حفظت جنينين صغيرين في كحول ونسيت أن أدون على كل منهما اسمه، ربما يكونان سحليتين أو عصفورتين صغيرتين أو حتى كائنات ثديية!!»
 كارل إرنست فون باير Karl Ernst von Baer

درس فون باير نمو الكنكوت واكتشف الجبل الظهري وهو قضيب يشبه العمود الفقري، يحفز تكوين العصبونات (الخلايا العصبية) بالقرب من طبقة الجلد الخارجية.

وفي عام 1828، وصف الصعوبات التي تميز بين الفقاريات وقد أدى ذلك به إلى وضع «قوانين فون باير» الأول: ظهور الخصائص الأكثر عمومية لمجموعة مختلفة من الحيوانات في أجنحتها قبل الخصائص الأكثر خصوصية، والثاني: تطور الخصائص الأكثر خصوصية من الخصائص الأكثر عمومية، والثالث: لا يمر أي جنين لنوع حيواني معين بالمراحل الأخرى لنوع آخر وإنما يصبح منفصلاً عنها، والرابع: لا يشبه جنين الشكل الأعلى جنين الشكل الأقل أبداً إنما يشبه جنينه فقط. وقد دحض عالم الطبيعة إرنست هيكيل هذا الإثبات الخاطئ من خلال «قانون علم الوراثة البيولوجي» الذي يثبت أن النمو يعكس التاريخ التطوري.

تعيين الهجرة

ترسخت نظرية أن الحياة نشأت من الخلايا في أواخر القرن التاسع عشر، وبدأ علماء الأحياء دراسة كيف تصبح البويضة جسماً متعدد الخلايا. فقد استطاع إدوين كونكلين Edwin Conklin أن يتابع مصير الخلايا في بؤاخ البحر (الكيسيات) لأن أنسجتها تحتوي على أصباغ متعددة، بينما تحتاج الكائنات الأخرى أن تُصبغ بصبغات أو تُعرض لواسم مشع. والهدف أن يخلق كل نوع

«خريطة مصير» توضح المناطق الجنينية التي تنشأ في البنيات البالغة واليرقانية أو الدودية. أثناء التخلق الجنيني أو المضغي تهاجر خلايا معينة حول الجسم، كما وضحته عالمة الحيوان الأمريكية ماري راوليس Mary Rawles عام 1940 باستخدام خلايا من منطقة تعرف باسم العُرف العصبي neural crest التي تنتقل فيما بعد إلى البشرة. كما تهاجر أيضًا الخلايا الجنسية الأولية التي تصبح حيواناتاً منويًا أو بويضة من خلايا المُخ الغنية إلى الغدد التناسلية، بينما تنتهي خلايا الدم الجذعية في الكبد والنخاع العظمي.

انقسام الخلية

ينتج انقسام البويضة المخصبة خلايا متعددة تبدأ بمحور فرضه توزيع المُخ فتكون نهايته المخففة القطب «الحيواني» بينما ينتهي المُخ الغني بقطب «نباتي». في أواخر القرن التاسع عشر، لاحظ أوسكار هيرتويغ انقسام الخلية من خلال دراسته لخلايا قنفذ البحر. حتى عام 1984، لم يكن مارك كيرشнер Marc Kirschner قد حدد محفز بروتين «عامل تعزيز النضج MPF» الذي يحث الخلايا أن تنشئ سريعًا بين تكرار الـ DNA والانقسام المتساوي. ويعتبر معدل انقسام الخلية أسرع من أي انقسام آخر لها فمثلًا تنمو خلايا جنين ذبابة الفاكهة حوالي 50.000 خلية في 12 ساعة، حتى مرحلة 16 خلية تسمى أي كرة صلبة «توتيتية morula»، وبعد ظهور تجويف مركزي، تتشكل بنية كروية جوفاء أو الأريمة blastula.

يخلق تكوّن المَعِيْدَة gastrulation طبقات التبرعم الثلاث: طبقة الجلد الخارجية وطبقة الجلد الداخلية والطبقة الوسطى التي تؤدي إلى حدوث تغيرات فيزيائية للجنين. على سبيل المثال في قنفذ البحر، تُثنى طبقة الجلد الداخلية للداخل وتهاجر خلايا الطبقة الوسطى في اتجاه مركز البنية الكروية. وتتضمن تلك العمليات نموًا منسقًا وحركة بين الخلايا المجاورة وتعتبر هذه المرحلة ضرورية في التخلق الجنيني. وهنا نقبّس قول عالم الأحياء الإنمائية لويس ولبرت Lewis Wolpert «ليس يوم ميلادك أو زواجك أو حتى وفاتك هو الأهم، لكن أكثر وقت مهم في حياتك بشكل حقيقي هو تكوّن المَعِيْدَة».

الأجنة الأولى

أثناء النمو الأولي لأجنة الثدييات وقنفذ البحر تكون متعددة الخلايا. وتعتبر الخلية التوتية morula هي أي خلايا كروية الشكل صلبة تنشأ بعد انقسام أي بويضة مخصبة (زيجوت) وتصل إلى عشرات من الخلايا أو أكثر. أما الأريمة blastula فهي شكل كروي أجوف التي غالبًا ما تحتوي على مئات الخلايا، وفي مشيمة الثدييات توجد كتلة خلية داخلية تكوّن الجنين. وتتكوّن المَعِيْدَة gastrula من طبقتين أو ثلاث من طبقات التبرعم germ layers التي تنشئ أعضاء الأجهزة الأعضاء، حيث يبدأ الحيوان في بناء شكل جسمه (المورفولوجيا).



الفكرة الرئيسية

تتطور البويضات إلى كائنات متعددة الخلايا مع طبقات الجسم