



كلية الصيدلة

مقرر البيولوجيا

المحاضرة الثامنة

التنامي الجنيني عند الحيوانات

Embryo Development in Animals

د. علي منصور

I- مراحل التنامي الجنيني عند الحيوانات

يتضمن التنامي الجنيني عند الحيوانات أربعة مراحل رئيسية هي:

- 1- الإخصاب والحمل Fertilization and Pregnancy
 - 2- التقسم ومرحلة الأصيلة Cleavage and Blastula Stage
 - 3- تشكل المعيدة Gastrulation، 4- توليد الأعضاء Organogenesis
- وسنتحدث عن كل مرحلة من هذه المراحل بشيء التفصيل.

1- الإخصاب والحمل Fertilization and Pregnancy

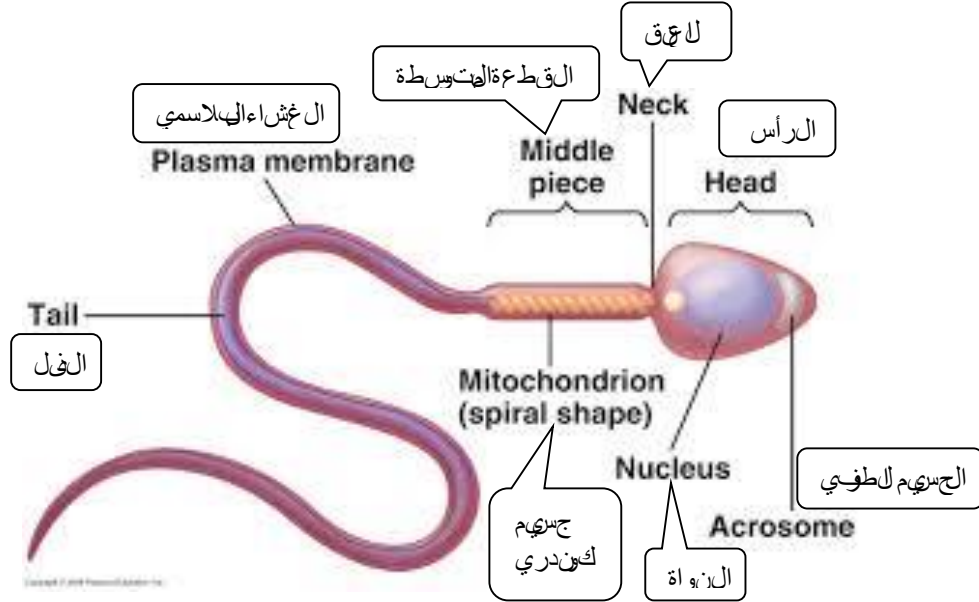
يتمّ، عند معظم النساء، تحرير ببيضة واحدة من المبيض حوالي اليوم 14 من بداية الدورة الشهرية، ويقال أنّ الدورة الشهرية تبدأ في اليوم الأول للطمث. وهكذا إذا كانت امرأة ذات دورة شهرية نظامية (28 يوم)، يتم تحرير الببيضة في اليوم 14 تقريباً. ولكن تملك بعض النساء دورات غير منتظمة ومن الصعب تحديد متى ستحرر الببيضة بالضبط وتصبح جاهزة للإخصاب. ومتى تحررت الببيضة يتم دفعها إلى القناة الناقلة للبيض وتتحرك باتجاه الرحم. فإذا كانت النطف موجودة (شكل 1)، فهي تتجمع حول الببيضة أثناء تحرك الأخيرة في القناة نحو الأسفل، ولكن نطفة واحدة فقط تخترق الطبقة الخارجية للببيضة وتقوم بإخصابها وتسبب إكمال الانقسام المنصف في الببيضة. تسهم النطف الأخرى بالأنزيمات التي تهضم في طريقها حاجز البروتين والمخاط الذي يفصل بين الببيضة والنطفة التي نجحت في اختراقها.

In most women, an egg is released from the ovary about 14 before the next menstrual period. The menstrual cycle is usually said to begin on the first day of menstruation. Therefore, if a woman has a regular 28 day cycle, the cell is released approximately on a day 14. Some women, however, have very irregular menstrual cycles, and it is difficult to determine just when the egg will be released to become available for fertilization. Once the cell is released, it is swept into the oviduct and moved toward the uterus. If sperms are present, they swarm around the egg as it passes down the oviduct, but only one sperm (figure 1) penetrates the outer layer to fertilize it and cause it to complete meiosis. The other sperms contribute enzymes, which digest away the protein and mucous barrier between the egg and successful sperm.

تكون الخطوة الأولى للتكاثر، في المتعضيات التي تتكاثر جنسياً، هي الإخصاب fertilization أي اتحاد العروس الذكرية (1ن) مع العروس الأنثوية (1ن) لتشكيل الببيضة الملقحة zygote (2ن).

يحدث الإخصاب عبر ثلاث مراحل: اختراق النطفة للببيضة واندماج غشائيهما السيتوبلاسميان، تنشيط الببيضة، واندماج نواتي كل من النطفة والببيضة.

لكي تتمكن النطفة من إخصاب البويضة فيجب أن تتمكن من اختراق الطبقات الخارجية لتصل إلى غشائها السيتوبلازمي (شكل 2).



شكل 1: بنية النطفة

يحوي الجسيم الطرفي للنطفة أنزيمات هاضمة تمكن النطفة من شق طريقها عبر الطبقات الخارجية للبويضة.

إن اندماج الغشاءان السيتوبلازميان للنطفة والبويضة يسمح بعبور نواة النطفة مباشرة إلى سيتوبلازما البويضة، وهناك نطفة واحدة فقط تنجح في إخصاب البويضة وهي التي تصل أولاً. يتضمن منع حدوث اندماج نطاف أخرى مع البويضة حدوث تغيرات في كموّن الغشاء السيتوبلازمي للبويضة وتغيير الغلاف الخارجي للبويضة.

يحفز اندماج الغشاءان تنشيط البويضة عن طريق تحرير شوارد الكالسيوم (Ca^{++}) الذي تبدأ بإحداث تغيرات في البويضة (شكل 2).

ويحدث اختراق النطفة تأثيرات أخرى للبويضة: إكمال الانقسام المنصف الثاني للبويضة، وإعادة ترتيب السيتوبلازما، ويزداد اصطناع البروتين بشكل حاد.

خلال الانقسام الثاني من الانقسام المنصف، ينفصل الجسم القطبي الثاني وتشكل الخلية الأكبر، من الخليتين الناتجتين عن الانقسام، البويضة الحقيقية.

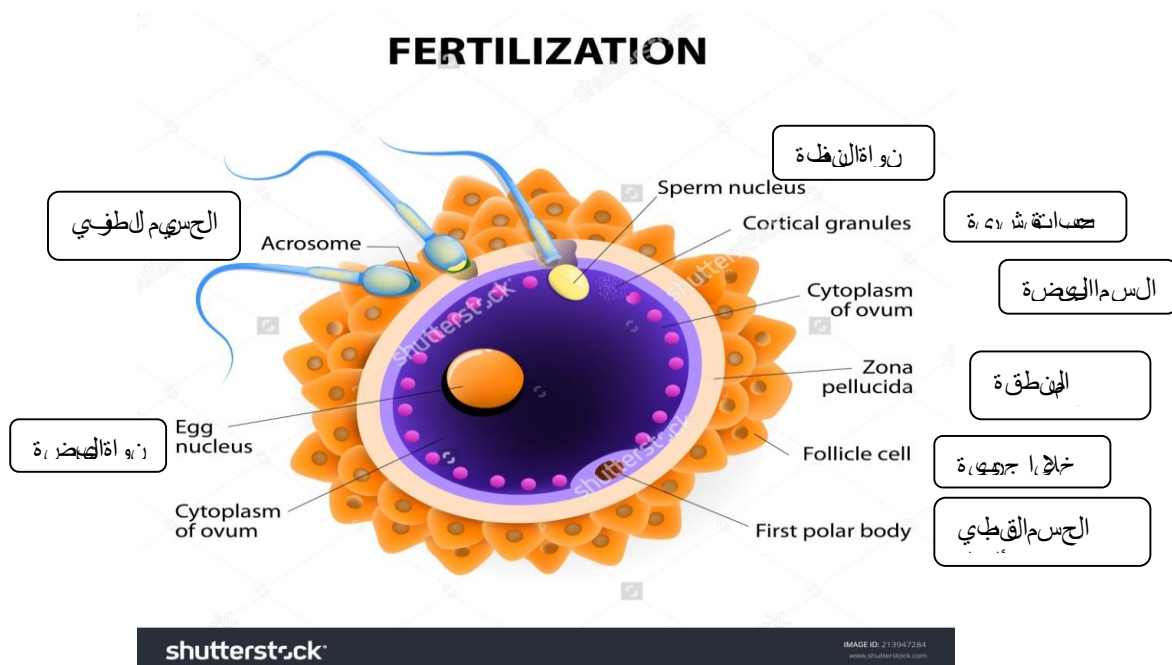
يكتمل الإخصاب عندما تندمج نواة النطفة الأحادية الصيغة الصبغية مع نواة البويضة الأحادية الصيغة الصبغية ويتشكل بويضة ملقحة ثنائية الصيغة zygote (شكل 3).

Fertilization occurs in three stages; sperm penetration and member fusion, egg activation, and fusion of nuclei.

For a sperm to fertilize an egg it must penetrate the external layers to reach the plasma membrane.

The acrosome contains digestive enzymes that enable the sperm to tunnel its way through the external layers to the ovum.

Fusion of the plasma membranes of the egg and sperm allow the sperm nucleus to pass directly into the egg cytoplasm.



شكل 2: إخصاب البويضة Figure 2: Egg Fertilization

Fusion of membrane triggers egg activation by the release of calcium, which initiate changes in the egg (figure 2).

Blocks to polyspermy include changes in membrane potential and altering of the external coat of the egg.

Sperm penetration has other effects on the egg: meiosis is completed, cytoplasmic rearrangements occur and protein synthesis increase sharply.

Fertilization is completed when the haploid sperm nucleus fuse with the haploid egg nucleus and forming the diploid Zygote (figure 3).

تتصل خلايا التويطة الخارجية مع بعضها بشكل وثيق، ويخلق ضخ شوارد الصوديوم (Na+) إلى الفراغ الخلوي الداخلي تدرج حلولي، يجلب الماء للداخل ويخلق كرة جوفاء من الخلايا تدعى الأصلة Blastula التي تنغرس في بطانة الرحم عندما تصل إليها ويحدث ما يسمى بالتعشيش implantation (شكل 3).

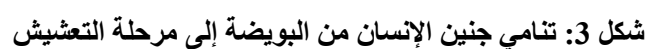


Figure 3: Human Embryo Development from Ovulation to Implantation

تتنوع أنماط التقسم وتتأثر بكمية المح في البيضة وتختلف هذه الكمية في بيوض المجموعات الحيوانية المختلفة وتكون أقل كمية عند بيوض الثدييات.

The second major event in animal development is rapid mitosis dividing of the zygote, during passes down the oviduct, resulting in a large number of small cells. Eventually, a solid ball of cells is produced, known as the morula stage (16 cells). This division process is called cleavage.

Cleavage is a periodic series of cell division that does not increase the size of the embryo but produce smaller cells called blastomeres.

The outermost blastomeres join by tight junctions, and Na^+ pumped into the intracellular space creates an osmotic gradient, bringing in water and creating a hollow ball of cells called a blastula which implants in the uterine lining when it reaches the uterus (figure 3).

Cleavage patterns are diverse and are influenced by the amount of yolk which in turn is diverse in different animal groups: eggs of mammals have less amount of yolk than other animal groups.

3- تشكل المعيدة (gastrulation) (Gastrulation)

يُنجز تشكل المعيدة بناء الجسم الرئيسي ويخلق ثلاث طبقات منشئة بدائية في الأجنة الحيوانية. وهذه الطبقات المنشئة هي: الأدمة الداخلية endoderm، والأدمة المتوسطة mesoderm، الأدمة الخارجية ectoderm (الشكل 4) ويحدث هذا في الأسبوع الثاني بعد الإخصاب .

يتم في هذه المرحلة إعادة انتظام خلايا الأصيلية حيث تتحرك بعض هذه الخلايا إلى داخل الجنين بينما يظل البعض الآخر على السطح. ويحدث أثناء هذه العملية إنسداد تجويف الأصيلية ويتكون تجويف جديد هو تجويف المعيدة.

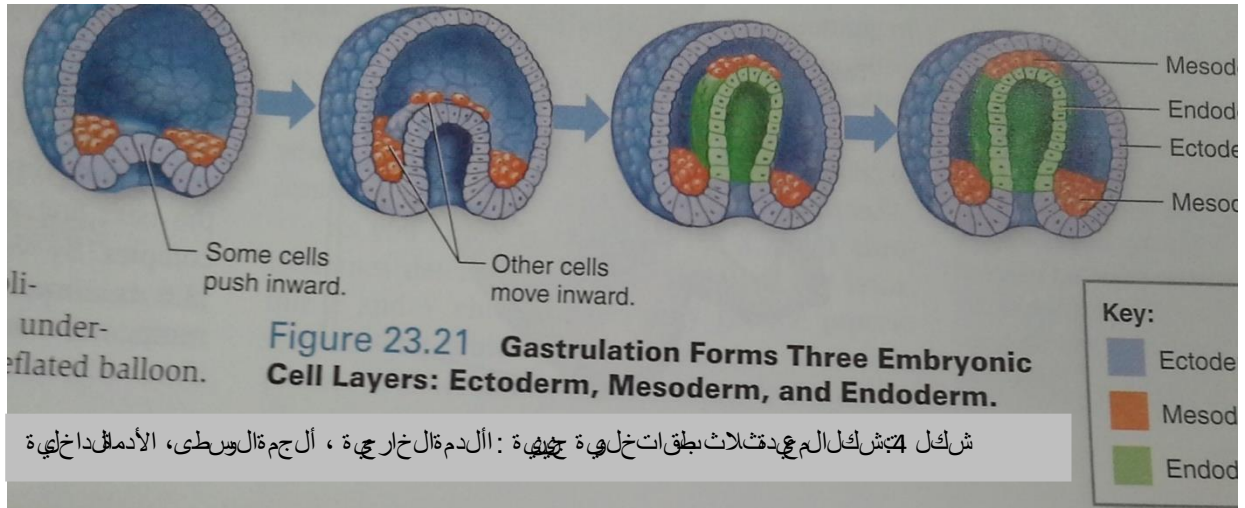
تملك الخلايا في كل طبقة منشئة مسار تطوري مختلف جداً عن الخلايا في الطبقتان الأخريان. تتحرك خلايا الأدمة الداخلية إلى داخل الجنين لتشكل أنبوب المعي البدائي؛ تعطي خلاياها بطانة المعي ومشتقاته (البانكرياس، الرئتين، الكبد وغيرها). بينما تبقى خلايا الأدمة الخارجية على السطح في الخارج، وتتضمن مشتقاتها البشرة في الجانب الخارجي من الجسم والجهاز العصبي. بينما تشكل الخلايا التي تتحرك إلى الفراغ ما بين الأدمة الداخلية والخارجية ما يسمى بالأدمة الوسطى وتعطي

هذه الخلايا بشكل نهائي الحبل الظهري والعظام والأوعية الدموية والنسج الضامة والعضلات والأعضاء الداخلية كالكلية والغدد.

ويتنوع تحرك الخلايا خلال تشكل المعيدة حسب كمية المح:

في الضفادع، تهاجر طبقة من الخلايا باتجاه القطب الإعاشي (الغني بالمح) وتدخل في النهاية عبر الشفة الظهرية من ثقب الأصيلة ويتم ارتشاف المح في النهاية.

في الطيور، تنفصل أدمة الأصيلة إلى طبقات لتشكل تجاويف الأصيلة، وتهاجر خلايا السطح عبر الخط البدائي-وهو عبارة عن بنية مؤقتة تتشكل في اليوم 15 من تنامي الجنين ويعتبر كعلامة لبدء تشكل المعيدة. تشكل معيدة الثدييات بشكل مشابه لما يحدث في الطيور.



Gastrulation establishes the basic body plan and creates the three primary germ layers of animal embryos.

Gastrulation produces the three germ layers: endoderm, ectoderm, and mesoderm (figure 4) and this take place in the second week after fertilization.

In this stage, cells of blastula are rearranged where some cells move into inside embryo, others stay on the surface. During this process, cavity of blastula is blocked and a new cavity is formed which is cavity of gastrula.

The cells in each germ layer have very different developmental fates. The cells that move into the embryo to form the tube of the primitive gut are endoderm; they give the rise to the lining of the gut and its derivatives (pancreas, lungs, liver, etc.). The cells that remain in the exterior are ectoderm, and their

derivatives include the epidermis in the outside of the body and the nervous system. The cell that moves into the space between the ectoderm and endoderm are mesoderm: they eventually form the notochord, bones, blood vessels, connective tissues, muscles and internal organs such as the kidneys and gonads.

Cells move in gastrulation also varies with the amount of yolk.

In frogs, a layer of cells migrates toward the vegetal pole, ultimately involving through the dorsal lip of the blastopore and eventually encasing the yolk.

In birds, the blastoderm delaminates to form a blastocoel, and surface cells migrate through the primitive streak which is a transient structure whose formation, on day 15 of embryo development, marks the start of gastrulation. Mammalian gastrulation is similar to birds.

الأغشية الجنينية Embryonic membranes

طوّرت الأنواع السلوية كتكيف للحياة على اليابسة عدّة أغشية جنينية إضافية وهي: كيس المح yolk sac، السلى amnion، المشيم chorion، السقاء allantois التي تغذي وتحمي الجنين المتنامي (شكل 5). ويكون جنين الثدييات في معظم أوقات تناميّه محاطاً بغشاء (السلى) مملوء بالسائل السلوي، الذي يحميه من الإرتطام ويبقيه رطباً (شكل 5). يندمج المشيم والسقاء مع بطانة الرحم ليشكلا المشيمة placenta (شكل 6).



شكل 5: الجنين محاطاً بالسائل السلوي

Figure 5: Embryo enclosed in amniotic liquid

يكون كيس المح متطور بشكل جيد في الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور ويحتوي على كمية كبيرة من الغذاء والتي تستخدم في تنامي الجنين عند هذه الحيوانات.

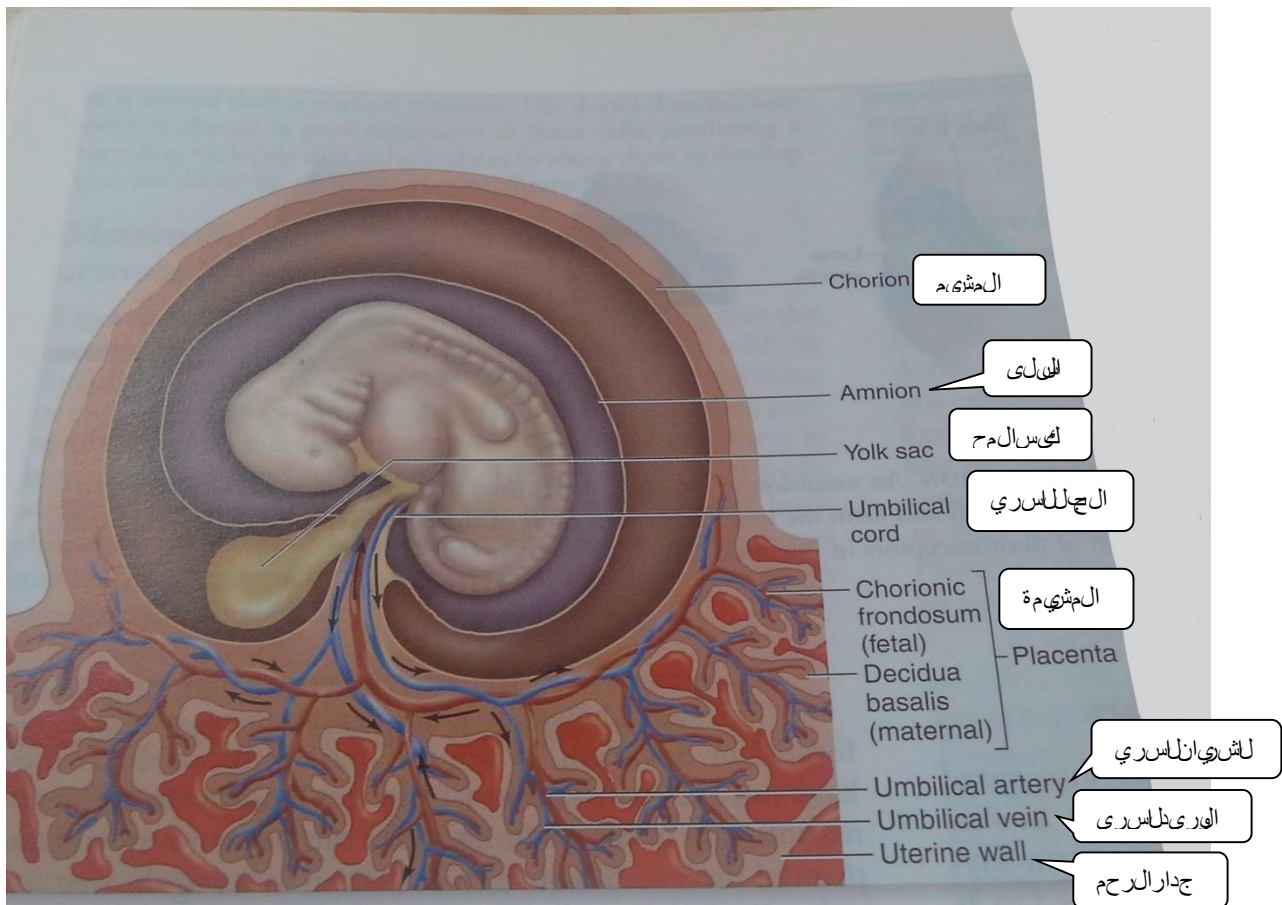
أما في الثدييات فعلى الرغم من وجود كيس المح، فهو صغير ولا يحتوي مح. ويتم تلبية متطلبات تغذية الجنين عن طريق المشيمة.

وتنتج المشيمة أيضاً هرمونات مشيمية موجهة تحفز الجسم الأصفر corpus luteum على الاستمرار في إنتاج البروجيستيرون وهذا يمنع حدوث الطمث والإباضة خلال الحمل إذ يمنع تطور الجريبات المبيضية الأخرى. والجدير بالذكر أنّ الجسم الأصفر هو عبارة عن كيس البيض بعد الإباضة حيث يقوم بإفراز الهرمونات اللازمة لدعم الحمل.

As an adaptation to life on dry land, amniotic species develop several extraembryonic membranes: the yolk sac, amnion, chorion, and allantois, which nourish and protect the developing embryo (figure 5).

Most of the time during its development, the embryo is enclosed in water filled membrane (figure 5), the amnion, which protect it from blows and keep it moist. Two other membranes, the chorion and allantois, fuse with the lining of the uterus to form the placenta (figure 6).

The yolk sac, is well developed in reptiles, fish, amphibians, and birds. The yolk sac in these animals contains a large amount of food used by the developing embryo. Although a yolk sac is present in mammals, it is small and does not contain yolk. The embryo's nutritional needs are met through the placenta.



شكل 6: الأغشية المحيطة بجنين الإنسان: figure 6: Membranes surrounding human embryo

The placenta also produces hormone chorionic gonadotropin, which stimulate the corpus luteum to continue producing progesterone and thus prevents menstruation and ovulation during pregnancy.

The placenta also produces hormone chorionic gonadotropin, which stimulate the corpus luteum to continue producing progesterone and thus prevents menstruation and ovulation during pregnancy.

4- توليد الأعضاء Organogenesis

- توليد الأعضاء وهو تشكل الأعضاء في مواقعها المناسبة بواسطة تفاعلات الخلايا بين الطبقات المُنشئة الثلاث وضمنها ويبدأ هذا في الأسبوع الرابع: تتشكل العيون، يتطور الأنبوب القلبي إلى أربع حجرات ويبدأ تشكل براعم الذراعان والساقان (شكل 7).

- ويستمر تكون الأعضاء خلال الشهر الثاني: حيث يمكن رؤية كل من الذراعان والساقان وأصابع اليدين والقدمين وكذلك الذيل العظمي القصير. كما تظهر أعضاء التجويف البطني كالكلبد، البنكرياس، والحوصل الصفراوي.

- ويتطور خلال الشهر الثالث الجهاز العصبي، ويبدأ الذراعان والساقان بالحركة وتبدأ تعابير الوجه بالظهور.

Organogenesis is the formation of organs in their proper locations by interactions of cells within and between the three germ layers. This begins during the fourth week: the eye form the tubular heart develops to its four chambers, the arm and leg buds begin to form. During the second month, the arms, legs, fingers, toes, as well as short bony tail can all be seen. Within abdominal cavity, liver, pancreas and gallbladder, become evident. Nervous system develops during the third month and the arms and legs start to move. The embryo begins to show facial expressions.

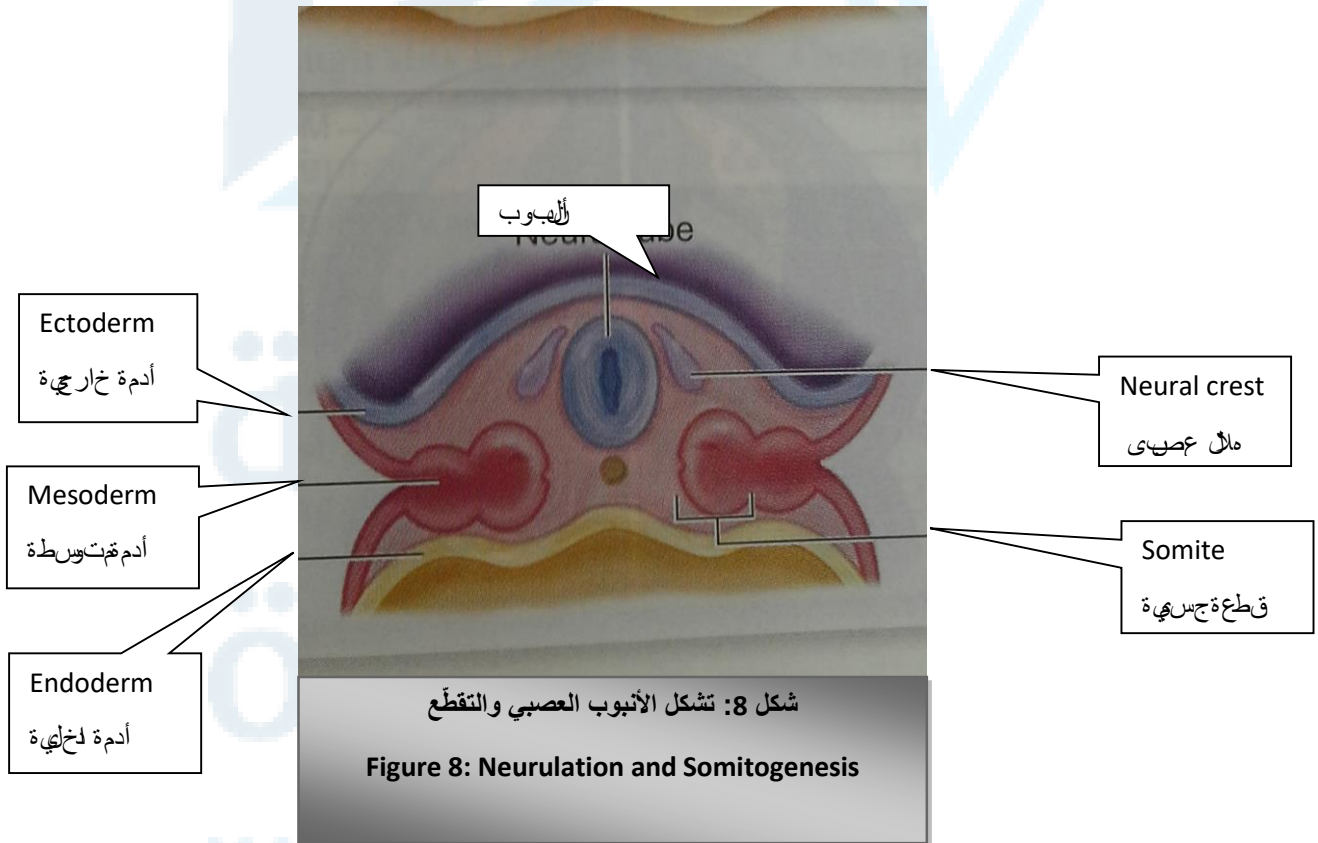
يجب أن تتغذى الخلايا، خلال تطور الجنين، حتى تنقسم وتنمو وتتمايز. ويتم تأمين الغذاء من قبل الأم عبر المشيمة التي تكون غنية بالأوعية الدموية الجنينية والأمومية وتسمح بتبادل العناصر بين الأم والجنين. وتنتقل المواد التي تدخل إلى الجنين عبر الأوعية الدموية في الحبل السري umbilical cord (شكل 6).

إنّ غذاء وسلوك الأم أثناء الحمل هام بشكل كبير ويؤثر على الجنين وعلى تطوره وقد تؤدي بعض المواد والإصابات الجرثومية والفيروسية إلى تشوهات في الجنين وحتى موته.

ينتج نمو الجنين عن تنامي أجزاء الجسم الرئيسية في الأسبوع العاشر من الحمل، وتستمر زيادة حجم الجنين بعد هذا الوقت ويتم تحديد بنية الجسم.



شكل 7: تشكل براعم الذراعان والساقان في الجنين
 Figure 7: Formation the Arm and Leg Buds



يبدأ توليد الأعضاء في الفقاريات مع تشكيل الأنبوب العصبي من الأدمة الخارجية وتشكيل القطع الجسمية (التقطع) من الأدمة الوسطى (شكل 8) وتعطي هذه القطع في الفقاريات: العضلات الهيكلية، والنسيج الغضروفي، وأدمة الجلد وغيرها.

In the developing embryo, in order to divide, grow, and differentiate, cells must receive nourishment. This is provided by the mother through the placenta, in which both fetal and maternal blood vessels are abundant, allowing for exchange of substances between the mother and the embryo. The materials entering the embryo travel through blood vessels in the umbilical cord.

The diet and behaviour of the mother are extremely important. Any molecules consumed by the mother can affect the embryo.

Harmful materials can all cross the placenta and affect the development of the embryo. Infections by such microbes and viruses can also result in fetal abnormalities or even death.

The growth of the embryo results in the development of major parts of the body by the tenth week of pregnancy. After this time, the embryo continues to increase in size, and the structure of the body is refined.

In the vertebrates, organogenesis begins with neurulation and somitogenesis (figure 8). Somitogenesis is the process by which somites form. In vertebrates, somites give rise to skeletal muscle, cartilage, tendons, endothelial cells, and dermis.

II- التنامي عند الإنسان والولادة Human development and Birth

يستغرق التنامي عند الإنسان ما معدله 266 يوم ويقسم إلى ثلاث مراحل (كل مرحلة 3 أشهر) تدعى أثلاث (جمع ثلث).

تعاني البيضة الملقحة في الثلث الأول تنامي سريع وتمايز وتوليد الأعضاء المختلفة.

يستمر خلال الثلث الثاني النمو وتتطور البنية الأساسية للجسم أكثر.

في الثلث الثالث هي فترة نمو ونضج الأعضاء حيث يصبح الجنين قادراً على الحياة خارج الرحم (شكل 9).

تبدأ الولادة بإفراز ستيروئيدات قشرية من قشرة الأدرينالين الجنينية (الغدة فوق الكظر) التي تحفز البروستاغلاندين (مركبات ذات تأثير مشابه للهرمونات) وتسبب التقلصات العضلية للرحم وحدوث الولادة.

تُحَدِّثُ التَغْذِيَّةُ (الرَّضَاعَةُ) مَنَعَكَسًا عَصَبِيًّا ذُو إِفْرَازٍ دَاخِلِيٍّ، مَسْبَبًا تَحْرِيرَ هَرْمُونِ الْأَكْسَوْتُوسِينِ وَالاسْتِجَابَةَ بِإِفْرَازِ الْحَلِيبِ.

يَسْتَمِرُّ التَّنَامِيُّ بَعْدَ الْوِلَادَةِ بِنَمُو الْأَعْضَاءِ الْمَخْتَلِفَةِ بِمَعْدَلَاتٍ مَخْتَلِفَةٍ وَيَدْعَى بِالنَّمُو الْمُتَفَاوِتِ.

Human development takes an average of 266 days and is divided into 3-month periods called trimesters.

Trophoblast cells digest their way into endometrial tissues of the uterus and implant.

During the first trimester the zygote undergoes rapid development and differentiation.

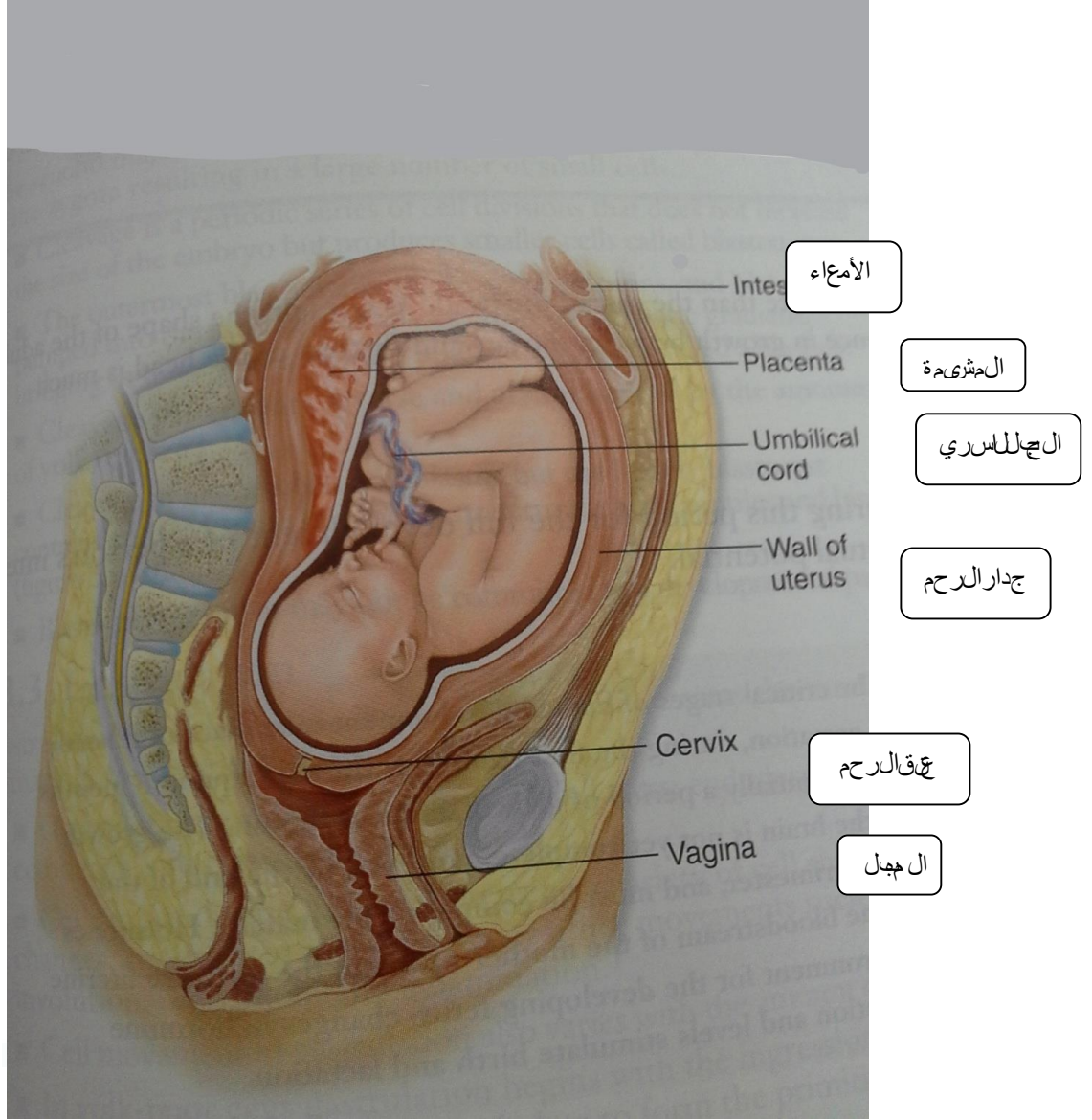
During the second trimester growth continues, and the basic body plan develops further.

The third trimester is a period of growth and organ maturation such that the fetus can survive outside the womb.

Birth is initiated by secretions of corticosteroids from fetal adrenal cortex that induce prostaglandins, which cause contractions.

Nursing involves a neuroendocrine reflex, causing the release of oxytocin and the milk let-down response.

Postnatal development continues with different organs growing at different rates- called allometric growth.



شكل 9: جنين جاهز للولادة (الشهر الأخير من الحمل)

Figure 9: the embryo is ready for birth (the ninth month of pregnancy)

III - التوائم عند الإنسان Twins in human

إنّ نسبة التوائم الثنائية (حقيقية وغير حقيقية) في الولادات هي 1 إلى 40 بينما نسبة التوائم المتعددة هي 1 إلى 650 وذلك في الولايات المتحدة. وتنتج التوائم بطريقتين:

في التوائم الحقيقية identical twins (تشكل حوالي ثلث حالات التوائم) ينشطر الجنين إلى خلال التقسم إلى مجموعتين منفصلتين من الخلايا. تتطور كل مجموعة إلى جنين مستقل.

وبسبب كون هذه الأجنة أتت من نفس البويضة الملقحة فهي تملك نفس المورثات ونفس الجنس لذلك تكون متشابهة جداً.

تنتج التوائم غير الحقيقية Fraternal twins من إخصاب بويضتين منفصلتين بنطفتين مختلفتين. لذلك فهي تشبه بعضها فقط كما تشبه الأخوة غير التوائم بعضها. وهي لا تحوي نفس المورثات وقد لا تملك نفس الجنس (♂♂ أو ♀♀ أو ♂♂ أو ♀♀).

عندما لا يكتمل انفصال التوائم، سيتولد في هذه الحالة ما يُعرف بالتوائم المتصلة (السيامية) Conjoined twins وهي تحدث بمعدل 1 إلى 70,000-100,000 حالة من الولادات.

In the United States, women giving birth have 1 in 40 chance of delivering twins and a 1 in 650 chance of triplets or other multiple births.

Twins happen in two ways. In the case of identical twins (approximately one-third of all twins), the embryo splits during cleavage into two separate groups of cells.

Each group develops into an independent embryo. Because they come from the same single fertilized ovum, they have the same genes and are the same sex.

Fraternal twins result from fertilization of two separate eggs by two different sperms. Therefore, they resemble each other no more than do regular brothers and sisters. They do not contain the same genes and do not have the same sex.

When the embryo separation is incomplete, the twin would born attached to one another, a condition referred to as conjoined twins. Conjoined twins occur in every 70,000 to 100,000 live birth.