

Beelden van de mens

Embryologie

Tom van Gelder

Een mens wordt niet mens,
Maar is mens.
Erich Blechschmidt

Voorwoord

In de 20 jaar dat ik op Warmonderhof (de opleiding voor biologisch-dynamische land- en tuinbouw) les heb gegeven was embryologie een van de vakken. In dit boek heb ik opgeschreven wat de inhoud van de lessen was: de ontwikkeling van de embryonale mens. Aan het begin ga ik in op de principes van de ontwikkeling van de plant en het (eenvoudige) dier.

De basis voor de lessen werd gelegd door een aantal boeken van Blechschmidt en Wilmar. En ik was in de gelukkige omstandigheid dat ik al in een van de eerste jaren een embryologiecursus bij de embryoloog Jaap van der Wal kon volgen. Zijn cursus en later zijn website zijn een onmisbare bron van informatie voor me geweest.

Men kan zich afvragen waarom een vak als embryologie op het rooster van een landbouwopleiding staat. In de eerste plaats gaat het om de ontwikkeling van het embryo zelf, waaruit zichtbaar wordt dat de mens vanaf het begin mens is, alleen in een andere verschijningsvorm dan we na de geboorte tegenkomen. Dit kan eerbied voor het ongebooren leven teweegbrengen, een tweede reden het vak te geven. Een derde is dat er veel processen tegelijk plaatsvinden en dat het een oefening is die tegelijk in het bewustzijn te hebben. Daarbij komt dat de ontwikkeling een ruimtelijk proces is dat driedimensionaal moet worden voorgesteld, waardoor het een moeilijk vak is, dat de ontwikkeling van het denken bevordert; een vierde reden.

De embryonale ontwikkeling van de mens wordt beschreven en is in een tamelijk groot aantal tekeningen weergegeven, zodat er een beeld van die ontwikkeling kan ontstaan. Mijn uitgangspunt is het antroposofisch mensbeeld, dat ik in de embryologie meen terug te kunnen vinden.

Hierbij ga ik niet ontleedkundig en analytisch te werk, maar probeer de door de vorm heen sprekende innerlijke beweging, de samenhang en het grotere verband waar te nemen en te omschrijven. Het gaat meer om het verstaan van de taal van de vormen van levende organismen dan om het wetenschappelijk verklaren van die vormen. Dit alles om bewustzijn te wekken voor, zoals Goethe dit noemde, de “bovenzintuiglijke” kwaliteit van het Leven, van de mens. Het boek is geschreven voor de geïnteresseerde leek, daarom heb ik op verschillende plaatsen vereenvoudigingen aangebracht. Wil men diepgaander in de stof duiken dan zijn er handboeken en een informatieve website[°] met tekeningen en foto's. Wil men meer achtergronden dan is er de website van Jaap van der Wal en verschillende publicaties; zie daarvoor onder Bronnen, achterin dit boek.

In de tekeningen worden – daar waar toepasselijk – vier kleuren gebruikt: **blauw** voor het ectoderm, **rood** voor het mesoderm, **groen** voor het entoderm en **geel** voor de allantois.

Zeerijp, september 2010.

[°] www.embryology.ch

Inhoudsopgave

1. Plant en dier	5
2. De menselijke eicel en de zaadcellen	9
3. De bevruchting	14
4. De eerste week: een zwevend en tijdloos bestaan	16
5. De tweede week: uitgroeien in een nieuwe omhulling	19
6. De derde week: een centrum ontstaat	24
7. De vierde week: de vorm ontstaat	30
8. De vijfde tot achtste week: de ontwikkeling	36
9. Bronnen	42

1 Plant en dier

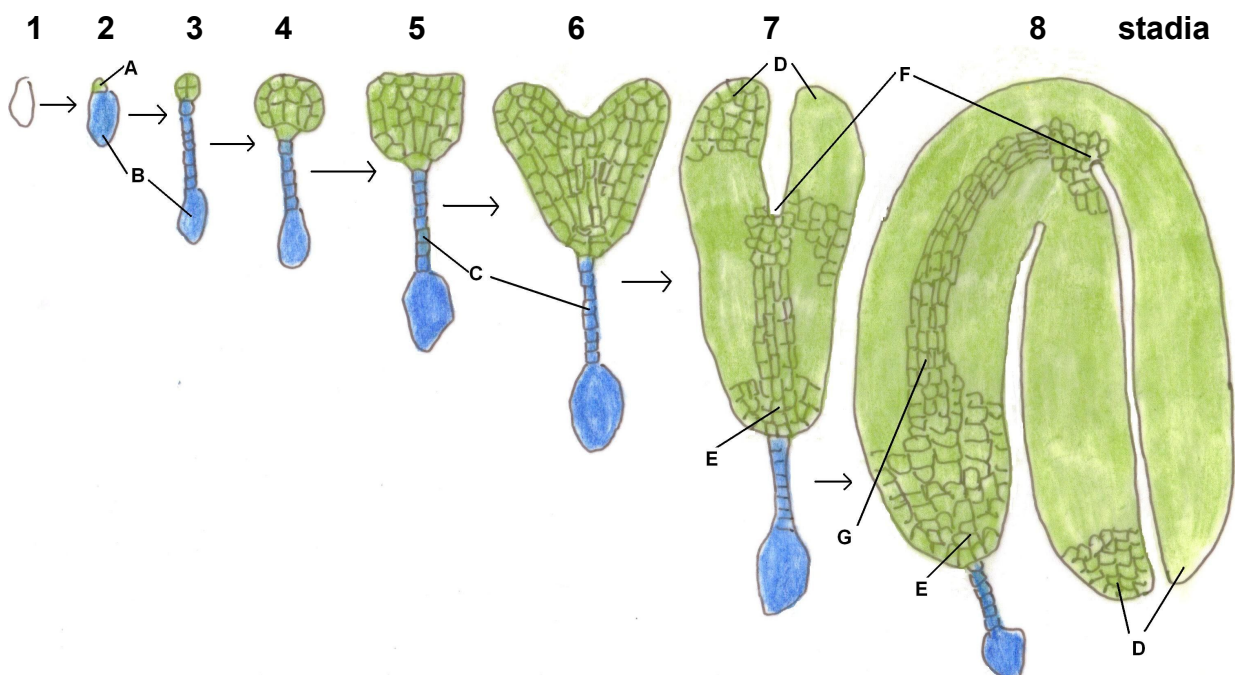
In dit hoofdstuk worden de embryonale ontwikkeling van een tweezaadlobbige plant en een eenvoudig dier (zoals een zee-egel) met elkaar vergeleken. Het principiële verschil tussen de bouw en het wezen van een plant en een dier zal daaraan worden verduidelijkt.

1.1 De ontwikkeling van het embryo van de plant

Wanneer de plant bloeit wordt het stuifmeel door de wind of door insecten of andere dieren op de stempel van de stamper gebracht. Het stuifmeel maakt een buisje door de stijl naar de eicel in het vruchtbeginsel. De bevruchting vindt plaats en daarna (zie afb. 1 bij 2) vindt de eerste deling plaats. Er ontstaat een kleine apicale of topcel (A) en een grote basale cel (B). De apicale cel deelt in vieren en maakt een bolletje cellen. De basale cel snoert cellen af aan de bovenkant (zie 3). Het klompje apicale cellen, de kiembol genaamd, wordt groter, het onderste deel met de basale cel stopt vrij snel met delen en groeien (zie 4 en 5). Dit deel wordt de suspensor (C) genoemd. Het apicale weefsel groeit aan de zijkanten uit (zie 6), daaruit ontstaan de zaadlobben (D). Tegelijkertijd differentieert het weefsel tussen de zaadlobben en de suspensor. Het wortelgroeipunt (of wortelmeristeem; E), het stengelgroeipunt (of apicale meristeem; F) en verbindend vaatweefsel (G) ontstaan, zie 7 en 8. De zaadlobben klappen dubbel en groeien uit. Het zaad (denk aan een pinda) is ontstaan. Het zaad groeit verder en gaat in rust en groeit pas verder wanneer het in de aarde komt en de omstandigheden gunstig zijn voor de kieming.

De volgende processen zijn zichtbaar:

- vanaf de eerste deling groeit het embryo;
- er is meteen celdifferentiatie, de apicale en de basale cel zijn verschillend;
- het weefsel is massief.



Afbeelding 1: De ontwikkeling van het embryo van de plant

Zie de tekst voor de beschrijving. A: topcel; B: basale cel; C: suspensor; D: zaadlobben; E: wortelmeristeem; F: stengelmeristeem; G: vaatweefsel

Er kan worden gesproken van een dubbele bevruchting. Het stuifmeel bevrucht de eicel en het zaad moet in de aarde komen. Het zaad (mannelijk) valt in Moeder Aarde.

1.2 De ontwikkeling van het embryo van een eenvoudig dier (zoals een zee-e-gel)

Bij de bevruchting smelten de eicel en een zaadcel samen en ontstaat er een zygote (= bevruchte eicel). Na 24 uur vindt de eerste deling plaats, waarbij twee even grote cellen ontstaan. Daarna vinden de delingen ongeveer om de 12 uur plaats. Het stadium van 16 tot 64 cellen wordt een morula (= moerbeï)* genoemd (zie afb. 2, vijfde stadium; zij aanzicht).

Daarna migreren de cellen vanuit het midden naar de periferie, sterven er in het midden enkele cellen af en wordt een blaasje gevormd, de blastula (= kleine knop; afb. 2, zesde stadium, een dwarsdoorsnede). In de holte bevindt zich vocht.

De celdelingen in de wand gaan door en daarna stulpen enkele cellen op een plek naar binnen. Het indeuken is alsof er met een vinger in wordt geduwd. Dit gebeurt op een plaats die de oermond wordt genoemd (afb. 2, 7^e en 8^e stadium). Het embryo wordt nu een gastrula (gaster = maag) genoemd. Dit proces van instulpen gaat door tot de overliggende wand wordt bereikt, dan breekt het weefsel open. Uit de oermond wordt de anus gevormd en de nieuwe doorbraak wordt de mond. ertussen ligt een buis die het spijsverteringskanaal zal worden. Tussen het spijsverteringskanaal en de huid is een lichaamsholte gevormd, waarin zich uit klompjes cellen (het mesoderm) organen zullen vormen.

Er zijn drie weefseltypen gevormd:

- een buitenwand of buitenhuid of ectoderm (ecto = buiten en derma = huid; blauw),
- een binnenwand, of binnenhuid of entoderm (ook wel endoderm; ento = binnen; groen) en
- ertussen een holte waarin zich tussenweefsel of mesoderm (mesos = midden; rood) bevindt.

Deze drie weefsels worden de drie kiembladen genoemd. Hieruit ontstaan later alle weefsels en organen.

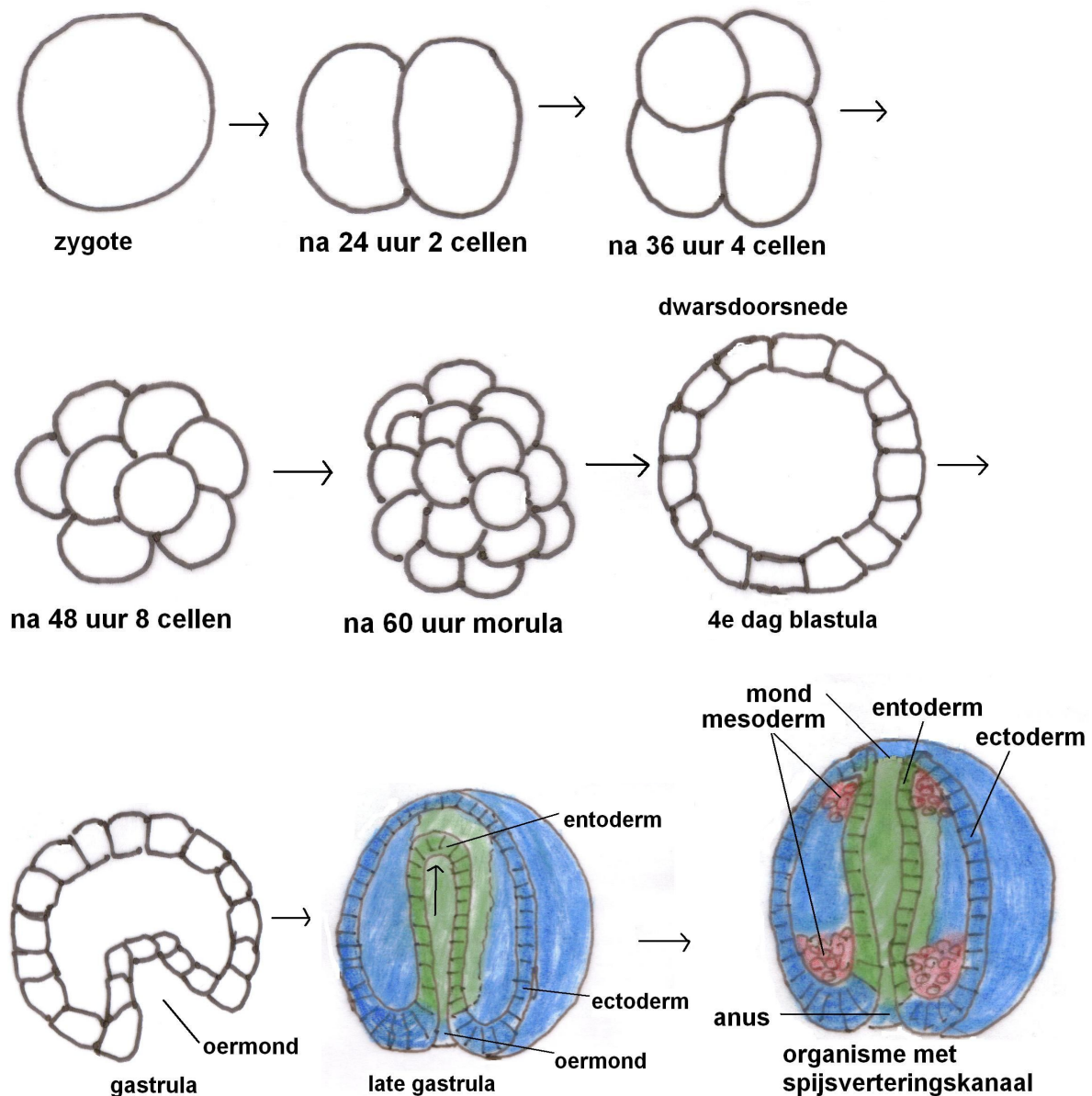
Er zijn twee holtes ontstaan:

- het spijsverteringskanaal, een holte die van buitenaf is ontstaan, een stukje buitenwereld in het lichaam en die in contact staat met de buitenwereld en
- de lichaamsholte, de holte die tussen de huid en het spijsverteringskanaal ligt. In die holte zal het centrum van het lichaam ontstaan.

De volgende processen zijn zichtbaar:

- in het begin is er geen groei,
- er is dan ook geen celdifferentiatie,
- er worden twee holtes gevormd.

* Bij vaktermen zal de eerste keer de Nederlandse vertaling tussen haakjes worden gegeven.



Afbeelding 2: De embryonale ontwikkeling van een zee-ezel (schematisch)

Zie de tekst voor een uitleg. Er ontstaat een klompje cellen, waar op de 4^e dag een holte in wordt gevormd. Daarna ontstaat er bij de oermond een indeuking, die aan de andere kant doorbreekt. Het resultaat is een organisme waardoor een **spijsverteringskanaal** loopt en waarin zich een lichaamsholte met **klompjes mesodermcellen** bevindt. Vanaf de blastula zijn dwarsdoorsneden getekend, bij de late gastrula en de laatste tekening is het organisme doorsneden en is de helft zichtbaar. **Ectoderm is blauw**, **entoderm groen** en **mesoderm rood**.

1.3 Verschillen tussen plant en dier

De embryonale ontwikkeling van planten en dieren is verschillend. Planten groeien meteen, dieren niet. De cellen van planten verschillen meteen en bij dieren is dat niet het geval. Dieren stulpen in en maken een lichaamsholte en planten maken geen binnenruimte.

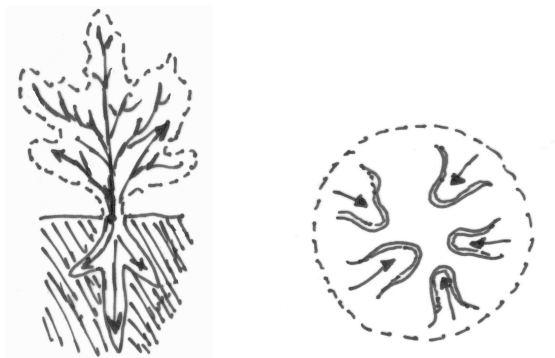
Dit is later ook te zien: planten groeien aan de uiteinden naar de omgeving toe, de groeipunten verplaatsen mee naar de uiteinden. De groeisnelheid en grootte worden voor een belangrijk deel door de omgeving bepaald. Een plant op een arme bodem groeit veel minder dan een

plant in de vette klei. Dieren groeien tot een bepaalde (enigszins variabele) grootte is bereikt en stoppen dan met groeien. Planten staan vast in de aarde en dieren kunnen zich bewegen. In planten is geen centrum, bij dieren ontstaat dit wel (het hart). Planten zijn in de omgeving en alle processen vinden aan de buitenkant plaats. De omgeving heeft hier veel invloed op. Dieren hebben een innerlijk en ontwikkelen een binnenruimte, waarin zich processen afspelen. Zie afb. 3.

Hieraan wordt vanuit de antroposofie het innerlijk leven van dieren gekoppeld. De holtes zijn het aangrijpingspunt voor het zogenaamde zielelichaam, het niet-fysieke lichaam waarin zich de zielefuncties *waarnemen en denken, voelen en ervaren en handelen* bevinden. Planten hebben geen holtes en geen zielelichaam. Planten en dieren hebben beide wel een levenslichaam. Planten kunnen onbelemmerd groeien, dieren niet doordat ze op hun innerlijk georiënteerd zijn, wat de gastrula laat zien. In tabel 1 zijn de verschillen tussen planten en dieren samengevat.

	planten	dieren
groei	direct bij de 1 ^e celdeling	eerst niet, later wel
celdifferentiatie	direct	later
holtes	geen	spijsverteringskanaal en lichaamsholte
oriëntatie	op de omgeving	op het innerlijk
centrum	geen	hart in de lichaamsholte
wezensdelen	fysiek en levenslichaam	fysiek, levens- en zielelichaam

Tabel 1. Verschillen tussen planten en dieren



Afbeelding 3. De groeitendensen van een plant en een dier (ontleend aan van der Wal (2003): Hartmann)

Hartmann heeft 4 tekeningen gemaakt van de relatie centrum – omgeving van het mineraal, de plant, het dier en de mens, die bij de embryologie bruikbaar zijn. Bij de plant is te zien dat hij vanuit een punt omhoog en omlaag groeit in de omgeving. Het dier groeit naar binnen.

2 De menselijke eicel en de zaadcellen*

Voor een bevruchting zijn een eicel en een zaadcel nodig. De cellen versmelten en de chromosomen komen bij elkaar en dan kan de zygote (= bevruchte eicel) zich gaan delen. Eerst zullen we naar de eicel en de zaadcel kijken. Er zijn geen cellen bij de mens die zo van elkaar verschillen en toch zo bij elkaar horen.

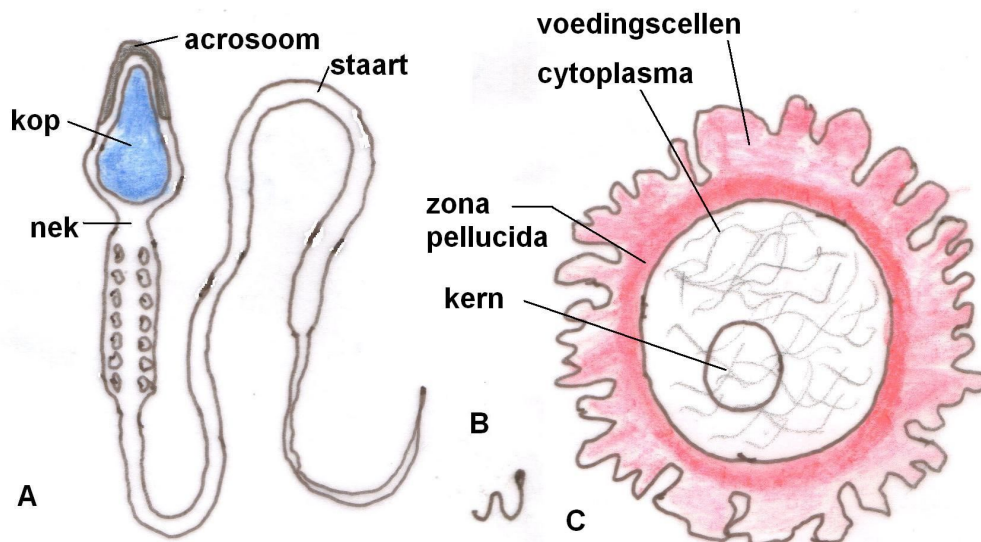
2.1 Eicel en zaadcellen

Grootte en vorm

De eicel is de grootste cel van de mens. Zij meet 0,15 – 0,2 mm en is net met het blote oog zichtbaar. Zij is ook de meest ronde cel, bijna perfect rond (afb. 4). Ze heeft daarmee het grootste volume ten opzichte van de oppervlakte. De cel bestaat uit veel cytoplasma (= celvocht), de kern is daarin opgelost tot vlak voor de bevruchting.

De zaadcellen zijn de kleinste menselijke cellen. Ze zijn niet meer dan kernmassa met wat cytoplasma en mitochondriën (dit zijn de energieleveranciers van de cel) en door de lange staart zijn ze ook de meest rechte cellen.

Eicel en zaadcel zijn elkaars tegenovergestelde. Groot versus klein, rond versus recht, cytoplasma versus kern. Maar ze horen ook bij elkaar als we de eicel als de bol opvatten en de rechte zaadcel als de bijbehorende straal*.



Afbeelding 4. Zaadcel (A) en eicel (C). B geeft de zaadcel weer in verhouding tot de eicel (ontleend aan Moore)

Beweeglijkheid

Het cytoplasma van een cel is beweeglijk, de kern is dat niet. Omdat de eicel voornamelijk uit cytoplasma bestaat is zij inwendig beweeglijk. De kernmassa is er in uitgebreid (dus niet opgerold) en is eveneens actief en beweeglijk. De zaadcellen zijn met hun geconcentreerde DNA-kern kristallijn en gestructureerd. Die cellen zijn verstand.

* gebaseerd op: Van der Wal, Dynamic morphology and embryology.

* Het is niet helemaal waar dat ze de grootste en de kleinste cellen zijn. In het ruggemerg is er een grotere cel, in de kleine hersenen is er een kleinere cel. Dit doet aan het principe geen afbreuk. Het verschil tussen eicel en zaadcel blijft enorm groot.

Daar staat tegenover dat de eicel uitwendig niet actief is. Ze wordt na het vrijkomen passief voortbewogen door de vloeistofstroom in de eileider, terwijl de zaadcellen juist actief zijn en zich met hun staart voortbewegen, tegen de stroom in nog wel.

Inwendig beweeglijk en uitwendig passief bij de eicel staat tegenover inwendig gestructureerd en uitwendig actief bij de zaadcellen.

Stofwisseling

Een eicel is een stofwisselingsactieve cel, die stoffen opneemt en afgeeft. Bijvoorbeeld stoffen die de baarmoeder beïnvloeden en stoffen die de zaadcellen aantrekken. Ze leeft maar 12 tot 24 uur in haar eigen omgeving en is niet bewaarbaar. Ze kan makkelijk kapot gaan*. Zij is actief en open naar de omgeving.

Zaadcellen nemen geen stoffen op of geven die af. Er is geen interactie met de omgeving. Ze leven circa 3 tot 5 dagen in de baarmoeder en kunnen worden bewaard en ingevroren bij temperaturen lager dan 60°. Ze zijn niet makkelijk kapot te maken.

Het opene en kwetsbare van de eicel staat tegenover het geslotene en robuuste van de zaadcel.

Aantal

Voor een bevruchting zijn er één eicel en miljoenen zaadcellen nodig. Een man met minder dan 20 – 40 miljoen zaadcellen in een zaadlozing is onvruchtbaar. Er zijn er zoveel nodig omdat de meeste de eicel niet bereiken. Ook voor de bevruchting is er meer dan één nodig, zie hoofdstuk 3.

De eicel is alleen en ertegenover staat de enorme hoeveelheid zaadcellen. Eén zaadcel betekent niets, één eicel is alles bepalend.

Waar

De eicellen ontwikkelen zich in de twee eierstokken die in de warme buikholte liggen, de zaadcellen in de teelballen die zich net buiten het lichaam bevinden en wat kouder zijn.

De eicel ontwikkelt zich bij warme omstandigheden en zaadcellen bij relatieve koude.

Ontwikkeling

Eicellen worden al voor de geboorte in een enorm groot aantal aangelegd en daarna is er een voortdurend proces van afsterven, zodat er bij de geboorte nog 2 miljoen (!) over zijn. Dat sterven gaat na de geboorte door. Aan het begin van de puberteit resteren er nog 40.000 eicellen. Daarna gaat er iedere vier weken een aantal op weg om rijp te worden. Daarvan wordt er echter slechts één rijp, de rest sterft af. In totaal rijpen er circa 400 eicellen (13 per jaar gedurende 30 jaar). Bij de menopauze (= overgang) zijn er geen eicellen-in-aanleg meer over.

Bij de man is er een heel ander proces gaande. De eerste zaadcellen worden pas met de puberteit gevormd, daarvoor zijn ze er niet. Daarna gaat het altijd maar door, honderden per seconde, miljoenen per dag. Ze worden steeds nieuw gevormd.

Eicellen zijn oude cellen, die rijpen. Zaadcellen zijn jonge cellen, die steeds nieuw worden gevormd. Eicellen sterven af. De rijping is een aflopend proces, het houdt op. De vorming van de zaadcellen is een vitaal proces, dat nooit ophoudt.

Rijping

Vanuit een eicel-in-aanleg ontstaat één eicel, de rest van de kernmassa wordt als poollichaampjes afgescheiden. De cel groeit tijdens de rijping, de hoeveelheid cytoplasma neemt toe. Tijdens de rijping beweegt de eicel van het midden van de eierstok naar de rand.

* Sinds een aantal jaren kan een eicel worden ingevroren door vitrificatie, een proces waarbij het water wordt verwijderd en vervangen door een geconcentreerde vloeistof, waardoor er bij het invriezen geen kristallen ontstaan, die de chromosomen beschadigen.

Uit een zaadcel-in-aanleg ontstaan vier zaadcellen en alle cytoplasma wordt uitgescheiden, de cel wordt steeds kleiner. Zaadcellen worden aan de rand van de testis gemaakt en worden in het binnenste bewaard.

Bij de eicel is er concentratie op de ene cel, die allesbepalend is en uitdijt in volume. Bij de zaadcellen is er concentratie van materiaal en uitdijing van het aantal. Eicellen bewegen van binnen naar buiten, zaadcellen van buiten naar binnen.

Conclusie

Eicel en zaadcellen zijn in hun verschijning en eigenschappen steeds elkaars tegenpool. Groot versus klein, inwendig actief versus uitwendig actief, oud versus jong, concentratie versus veelheid, etc. Er worden twee cellen gevormd die maximaal van elkaar verschillen en tot het uiterste lijken te gaan in hun eigenheid. Ze kunnen sterven of elkaar vinden en met de bevruchting de tegenstellingen oplossen, om zo een nieuwe mens te laten ontstaan met alle cellenvormen die tussen de twee extremen liggen.

	eicel	zaadcel
grootte	grootste cel	kleinste cel
vorm	rond	recht
inwendige beweging	beweeglijk cytoplasma	verstard kernmateriaal
uitwendige beweging	passief voortbewogen	beweegt zich actief voort
stofwisseling	actief	nauwelijks
open naar de omgeving	ja	nee
aantal	een	miljoenen
waar geproduceerd	in het lichaam (eierstokken)	buiten het lichaam
temperatuur	warm	koud
wanneer gevormd	voor de geboorte	vanaf de puberteit
leeftijd	oud	jong
tot wanneer gevormd	overgang	altijd
rijping	toename van volume	afname van volume
leeft	kort	lang
bewaarbaar	nee	ja, in te vriezen

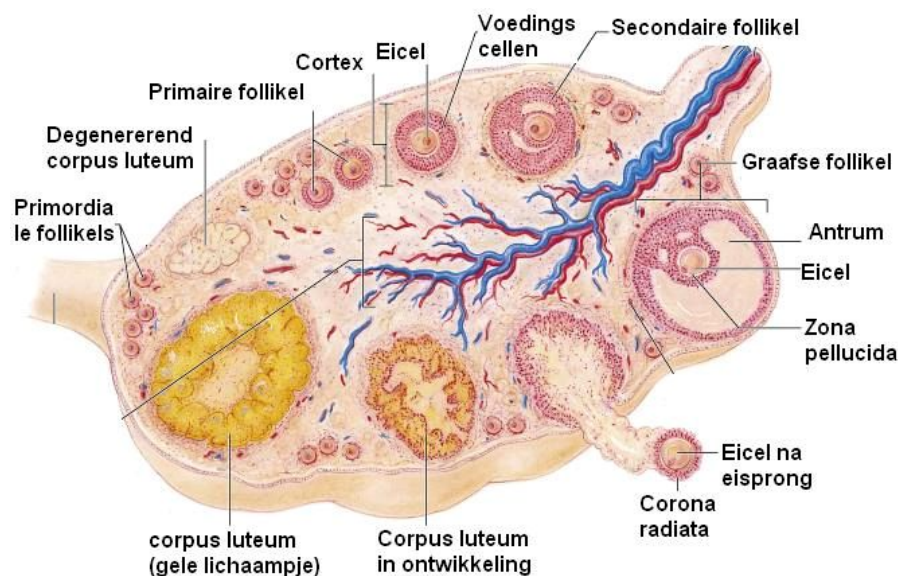
Tabel 2. Verschillen tussen eicel en zaadcel

2.2 Het ontstaan van de eicel

Eicellen worden in miljoenvoud al in de embryonale fase aangelegd en hun aantal wordt al- lenglens minder. De eicellen liggen afgezonderd van elkaar en zijn omgeven door een laagje an- dere cellen. Ze leiden in de primordiale follikels (= oorspronkelijke blaasjes) een rustend be- staan. In afb. 5 is van links (primordiale follikels) met de klok mee de ontwikkeling van de ei- cel te zien.

- (1) De ontwikkeling begint met het dikker worden van de omringende laag voedingscellen, dit wordt de primaire follikel (= eerste blaasje) genoemd.

- (2) Daaruit ontstaat de secundaire follikel (= tweede blaasje), doordat in de laag voedingscellen het antrum (= holte) ontstaat. De eicel wordt tevens groter. De follikel produceert oestrogenen, een hormoon dat de baarmoederwand dikker laat worden.
- (3) Het antrum wordt groter. Om de eicel wordt een laag gevormd die de zona pellucida (= doorschijnende laag) wordt genoemd. Daaromheen zitten de voedingscellen in de corona radiata (= uitstralende krans). De groei van de eicel gaat door. De wand van de baarmoeder blijft dikker worden.
- (4) Daarna wordt de eicel weggeschoten in de buikholte, waar zij door de eitrechter van de eileider wordt opgevangen. Er is een moment dat de eicel vrij in de buikholte zweeft. Het opvangen is een actief proces van de eileider.
De overblijvende holte wordt het corpus luteum (= gele lichaampje), dat progesteron produceert, wat ook een rol speelt bij het dikker worden van de baarmoederwand, zodat die de bevruchte eicel kan opnemen. Komt het niet tot een bevruchting dan laat de verdikte wand los en treedt menstruatie op.*



Afbeelding 5. Oogenese, de ontwikkeling van de eicel in de eierstok (van het internet)

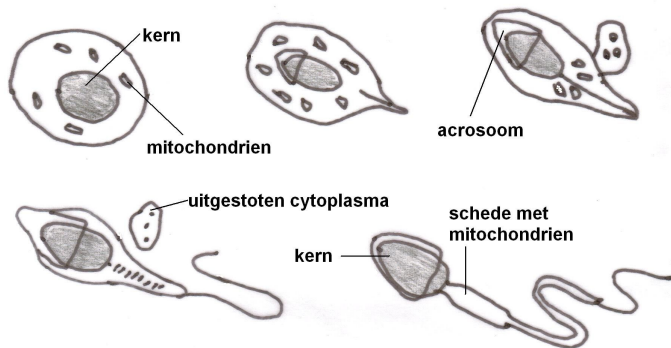
2.3 Het ontstaan van zaadcellen

Vanuit een geslachtscel worden door deling vier gelijke zaadcellen gevormd. Om de kern wordt een hard kapje gevormd, het acrosoom (acros = top, soma = lichaam). Daarna wordt er

□ Konig (1986) ziet een overeenkomst tussen de ontwikkeling van de eicel en de ontwikkeling van de aarde, zoals die in de antroposofie door Rudolf Steiner wordt beschreven:

- (1) De eicel is jarenlang omgeven door het weefsel van de eierstok. Hij vergelijkt dit met de Warmtefase van de aarde, ofwel de Saturnusfase.
- (2) De laag voedingscellen wordt dikker, de eicel komt meer en meer op zichzelf te staan. Hij vergelijkt dit met de Luchtfase of de Zonfase van de aarde.
- (3) In de laag voedingscellen ontstaat het met vocht gevulde antrum. Dit wordt vergeleken met de Waterfase of de Maanfase van de aarde.
- (4) Het vrijkomen van de eicel vergelijkt hij met de (huidige) vaste of Aardefase. De cel staat op zichzelf en kan zich verder ontwikkelen of zij zal sterven.

cytoplasma uitgestoten en wordt de cel kleiner. De mitochondriën verplaatsen zich naar het begin van de staart, die daar dikker is en langer wordt. De cellen worden circa 60 dagen bewaard, waarna ze worden geresorbeerd. Als er een wolkje cytoplasma bij de kern achterblijft is de zaadcel beschadigd en komt hij slecht vooruit.



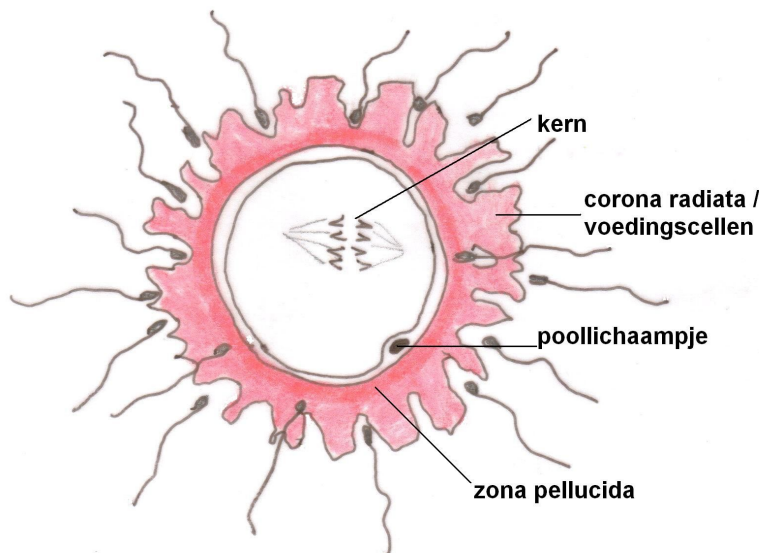
Afbeelding 6. De ontwikkeling van de zaadcellen of de spermatogenese (ontleend aan Moore)

3 De bevruchting

De eicel met eromheen voedingscellen bevindt zich na de eisprong en opvang door de eitrechter in de eileider. De eicel wordt door de vloeistofstroom en door de beweging van trilharen in de eileider naar de baarmoeder getransporteerd. De eicel en het slijmvlies van de eileider geven stoffen af die de zaadcellen aantrekken. De zaadcellen zwemmen tegen de stroom in van de vagina via de baarmoeder en de eileider naar de eicel toe. Vele miljoenen zaadcellen (> 90%) blijven achter barrières zoals trilharen steken of verongelukken door antistoffen. Slechts enkele tientallen tot honderden zaadcellen bereiken de eicel en gaan erom heen liggen met de koppen naar de eicel toe (afb. 7).

Het pre-conceptioneel attractiecomplex

Uit in vitro (reageerbuis) bevruchtingen is bekend dat zich gedurende enkele uren een zogenaamd pre-conceptioneel attractiecomplex vormt: een toestand waarin een eicel omringd is door enkele tientallen zaadcellen. Er is waargenomen dat dit complex gaat draaien. Het min of meer ritmisch worden en gelijkschakelen van de staartbewegingen van de zaadcellen is hiervan de oorzaak.



Afbeelding 7. Pre-conceptioneel attractiecomplex (ontleend aan Moore)

De eicel met eromheen de zona pellucida en voedingscellen (corona radiata) en daar weer omheen de zaadcellen

De bevruchting

Tijdens het pre-conceptioneel attractiecomplex scheidt de eicel stoffen uit die de zaadcellen veranderen. Hun kapje (het acrosoom) verdwijnt, waardoor ze in staat zijn de eicel te bevruchten. De zaadcellen zorgen er op hun beurt voor dat de zona pellucida verandert, zodat zij een zaadcel doorlaat. Er zijn over en weer stoffen nodig die beide cellen voorbereiden op een samensmelting. De cellen zijn in interactie met elkaar en veranderen elkaar. Of de samensmelting lukt is niet zeker, dat is afhankelijk van de wisselwerking.

De celwand van de eicel fuseert met die van één zaadcel en de inhoud van die zaadcel komt in de eicel terecht. De eicel ontvangt de zaadcel. Er ontstaat geen gat in de celwand, de celwand blijft doorlopen. Het blijft de vraag hoe wordt bepaald welke zaadcel de eicel binnen kan gaan.

Nadat er een fusie met een zaadcel heeft plaats gevonden, verandert de zona pellucida weer en kan er geen enkele zaadcel meer met de eicel fuseren.

In het beeld van het pre-conceptioneel attractiecomplex is geen plaats voor een race waarbij de eerste zaadcel wint ("survival of the fittest") en het is ook niet zo dat de zaadcel de eicel binnendringt, want de celwanden fuseren. Er is geen race en er is geen agressie. Beide cellen zijn gelijkwaardig en hebben elkaar nodig. De bevruchting is een geleidelijk proces, waarin beide cellen elkaar klaarmaken voor een fusie.

Vereniging

In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat eicel en zaadcellen elkaars tegenovergestelde zijn. Dat beide cellen elkaar aantrekken is niet verwonderlijk. Dat wat de eicel is, zijn de zaadcellen niet en omgekeerd. Als ze elkaar tegenkomen, kunnen ze hun eenzijdigheid oplossen met de eenzijdigheid van de andere cel. Wat gescheiden was, wordt verenigd.

Beide cellen zijn zo ver gespecialiseerd dat ze zich niet verder kunnen ontwikkelen. Alleen als ze elkaar ontmoeten kan het samenkomen van beide eenzijdige specialisaties het beginpunt zijn van een nieuwe ontwikkeling.

Omkering

Gedurende de duur van het pre-conceptioneel attractiecomplex zien we een eicel met haar cytoplasma en er omheen tientallen of honderden gestructureerde celkernen in de zaadcellen. De gebruikelijke voorstelling van een cel, waarin de kern in het midden ligt met het beweeglijke cytoplasma daar omheen, wordt zo omgekeerd. De kernen zitten nu aan de rand. Tegelijk vormt de cytoplasmabool van de eicel in deze fase het rustende centrum waar omheen wordt gedraaid door de beweging van de staarten van de zaadcellen. Normaal vindt bij een cel aan de rand interactie met de omgeving plaats, nu is daar de gesloten kwaliteit van de zaadcellen. Het complex is naar binnen gericht. Het pre-conceptioneel attractiecomplex vormt de omkering van de normale verhoudingen in een cel.

Incarnatie

Dit spel van eicel en zaadcellen en de omkering van de normale verhoudingen die er gedurende de uren van het pre-conceptioneel attractiecomplex is, is wellicht nodig is om het fysieke open te stellen voor het geestelijke. Het is mogelijk dat er een ontmoeting met een mens wordt voorbereid. Dit kan het moment zijn waarin de geestkiem van de nieuwe mens zich met zijn fysieke kiem verbindt. Het moment van de incarnatie, die door sommige mensen ook wordt ervaren. Ze merken niet alleen dat er een zwangerschap is, maar ook wie er aan komt. Soms is het een gevoel, soms maakt deze individu ook zijn wezen of naam kenbaar.

De bevruchting en incarnatie hoeven niet te lukken. De vrouw en de man maken het kind niet, maar krijgen het.

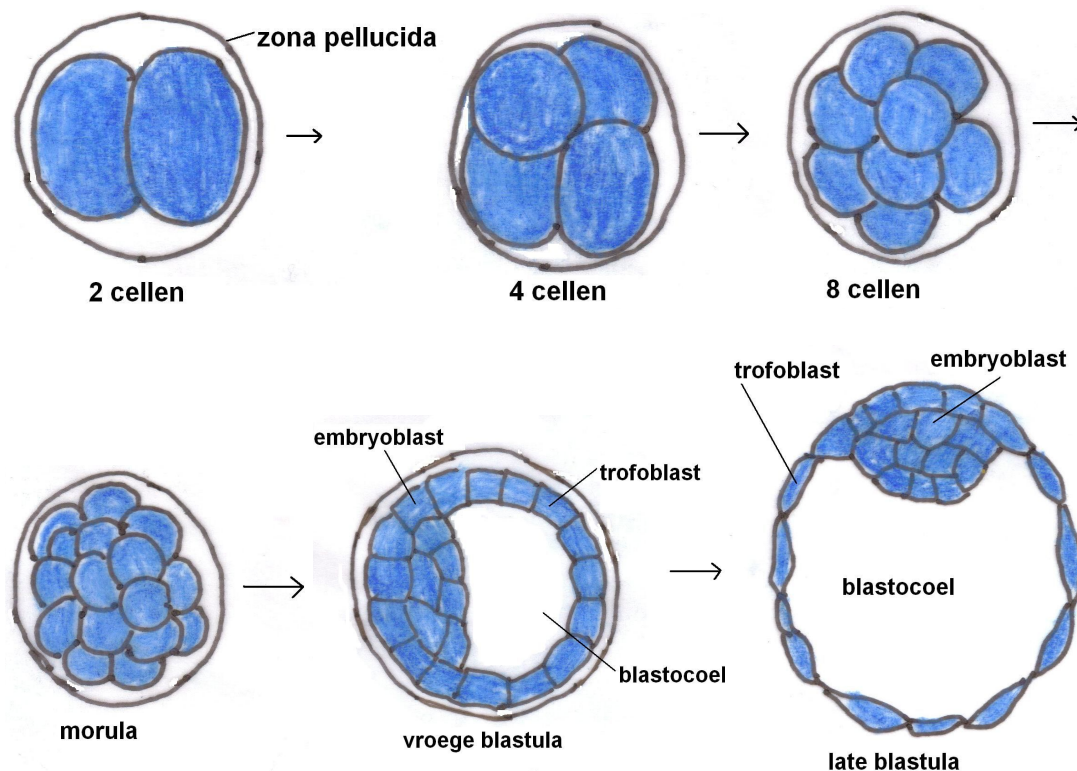
Geen reproductie

Het lijkt of de bevruchting en embryonale ontwikkeling van de mens niet efficiënt zijn. De kans dat menselijke zaadcellen een eicel ontmoeten is klein in vergelijking met zoogdieren en dan moet ook de innesteling nog lukken en het embryo zich gezond ontwikkelen. Er blijken bij de mens veel vaker miskramen (die veelal niet worden opgemerkt) voor te komen dan bij zoogdieren. De mens wordt daarom een inefficiënte voortplanter genoemd. Wanneer we het bovenstaande in aanmerking nemen is dat niet zo verwonderlijk, omdat het bij de mens niet om reproductie of voortplanting gaat, maar om de incarnatie van een individu. De ouders herhalen zich niet in hun nakomelingen, maar scheppen de voorwaarden voor de incarnatie van een ander mens. Elke mens is immers een unieke individualiteit.

4 De eerste week: een zwevend en tijdloos bestaan

De delingen

Nadat de zaadcel en de eicel zijn gefuseerd, sluit de zona pellucida zich zodat er geen andere zaadcellen meer binnen kunnen komen. De kernen fuseren met elkaar en de chromosomen worden gepaard. De zygote (= bevruchte eicel) is ontstaan. Er kan vanaf dit moment geen stofwisseling met de omgeving meer plaats vinden.



Afbeelding 8. De delingen van dag 1 – dag 6* (ontleend aan Moore)

1^e rij: De zygote bestaat na 24 uur uit 2 cellen; de volgende delingen zijn regelmatig: 4 en 8 cellen;

2^e rij: na circa 96 uur (dag 5) zijn er 32 cellen, de morula is ontstaan; vroegte blastula op dag 6 met zona pellucida met embryoblast en trofoblast; late blastula op dag 7 zonder zona pellucida. De laatste 2 tekeningen zijn dwarsdoorsneden. De kleur heeft geen betekenis.

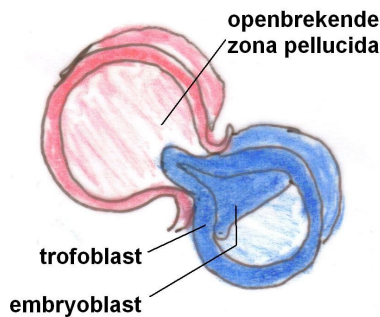
De eencellige zygote blijft ongeveer een dag bestaan. Daarna deelt de cel zich en zijn er twee even grote cellen. Deze delen zich iedere 16 – 20 uur verder. Eerst zijn er 4, daarna 8 cellen. Op de vijfde dag zijn er circa 32 cellen en vervolgens circa 64. Het stadium van 16 – 64 cellen wordt een morula (= moerbeik; de zygote lijkt op een moerbeik of een braam) genoemd. De delingen verlopen vanaf de morula niet synchroon meer.

Op de zesde dag gaan de meeste cellen naar de buitenkant (trofoblast (= voedingsweefsel) of buitenei) en blijft er een klompje cellen binnenin (embryoblast (= embryoweefsel) of binnenei). De cellen van het buitenei gaan dichter tegen elkaar aan liggen, waardoor het weefsel steviger wordt. De delingen gaan door. Er zijn op de zesde dag circa 120 cellen, waarvan circa 10 het binnenei vormen en 110 het buitenei, de verhouding is circa 1: 10.

Alle delingen vinden plaats binnen de omhulling van de zona pellucida. Het embryo groeit niet. De cellen worden steeds kleiner en bevatten na iedere deling relatief meer kernmateriaal en minder cytoplasma.

* de tijd is variabel, het kan een dag vroeger of een dag later zijn.

Terwijl dit gebeurt, wordt het embryo passief zwevend door de vloeistofstroom van de eileider naar de baarmoeder getransporteerd.

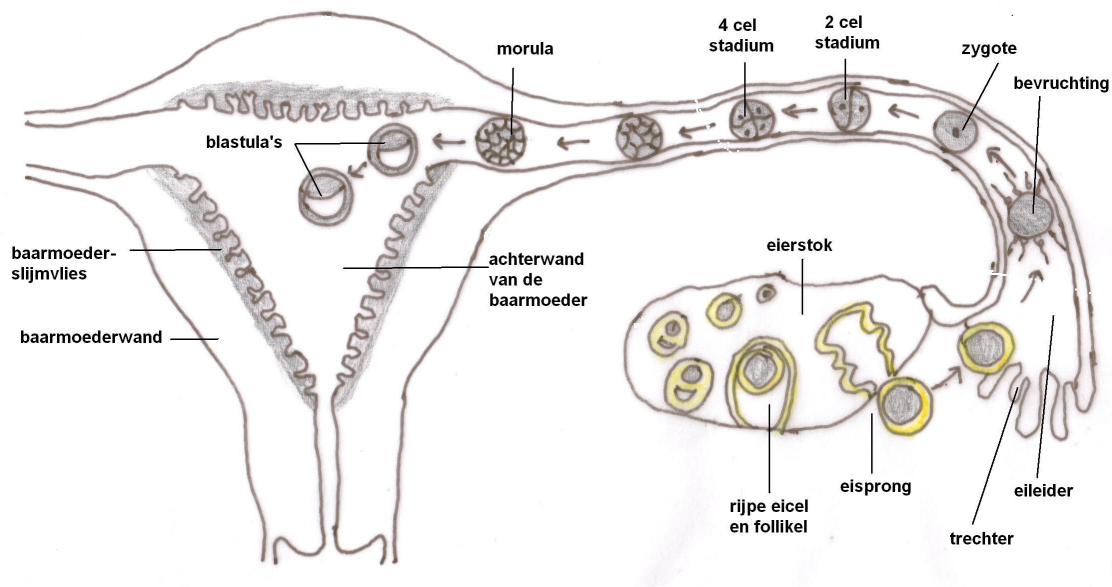


Afbeelding 9. De zona pellucida breekt open aan de kant van de blastocoel en de blastula stulpt naar buiten

Uit het ei*

Op de zesde dag breekt de zona pellucida door. Dit gebeurt doordat er in de trofoblast aan de kant van de blastocoel enzymen worden gevormd die de zona pellucida weker maken. Tegelijkertijd zet het embryo uit tot 2 x zijn volume, trekt dan samen tot 50% en zet weer uit tot 3 x zijn volume. Dan breekt de zona pellucida en kan het embryo uit zijn omhulling stulpen. Dit wordt vergeleken met het uit het ei komen van een kuiken en wordt "hatching" genoemd (afb. 9). Het embryo kan nu gaan groeien.

Het vrijkomen van het embryo uit zijn omhulling, zijn schaal, is een actief proces van het embryo zelf. De verweking van de zona pellucida samen met de expansie zorgen voor een breuk waardoor het embryo naar buiten kan gaan.



Afbeelding 10. De baarmoeder, eileider en eierstok. In de eierstok zijn de fasen van de eirijping weergegeven en in de eileider de eerste celdelingen en de plaats waar ze ongeveer plaats vinden (ontleend aan Moore)

Tijdsduur

Opmerkelijk is dat de ontwikkeling van de zygote tot de blastula bij alle zoogdieren min of meer gelijk verloopt en circa een week duurt. Dit is niet alleen zo bij de mens met zijn embryonale ontwikkelingsstijd van 9 maanden. Ook bij de muis met een ontwikkelingsstijd van 21 da-

* zie: www.embryology.ch incl afb. 9.

gen en de olifant (21 maanden) duurt deze fase tot de blastula 6 dagen. Bij de muis blijven er voor de verdere ontwikkeling nog slechts 15 dagen over.

Reeën hebben een verlengde draagtijd. De bronst vindt plaats in juli/augustus. De zygote ontwikkelt zich tot een blastula en gaat dan circa 150 dagen in rust. Pas in december gaat de ontwikkeling verder en na een ontwikkelingstijd van 144 dagen worden de kalfjes in mei/juni geboren. Het ree is het enige hoefdier waarbij dit plaats vindt, maar een verlengde draagtijd komt ook voor bij marterachtigen (o.a. de das), beren en kangoeroes. Steeds vindt de rust plaats in het blastulastadium.

Karakteristiek

De eerste dag na de bevruchting is de mens een grote ronde cel. Dat is alles, er is niet meer, maar ook niet minder. Het lijkt een perfect bestaan: het organisme is een geheel en die ene cel omvat alles. De zygote is rond en hij zweeft. Het geheel is primair en de delen komen later. Een mens is opgedeeld in organen en er niet uit opgebouwd.

Na de eerste dag zijn er delingen en na 6 dagen is de blastula gevormd: een bol met een ruimte binnenin. Het embryo heeft nog geen richting: links en rechts, boven en beneden zijn nog geen begrippen om iets aan te duiden, richtingen ontstaan later pas later.

Direct na de bevruchting sluit de zona pellucida zich en door de delingen zijn na 6 dagen de cellen erg klein geworden. Er is meer kernmateriaal gekomen en minder cytoplasma en daarmee is de innerlijke beweeglijkheid afgenomen. Het embryo is gestructureerder geworden en heeft in vergelijking met de zygote meer zaadcelkwaliteit gekregen. Dat de morula makkelijker is in te vriezen dan de eicel wijst hier ook op (de zaadcel is makkelijk in te vriezen).

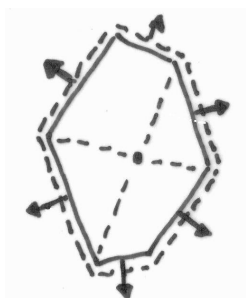
Dit proces van opdelen en kleiner worden van de cellen kan niet doorgaan, want dan zou het embryo verstarren en sterven. Er moet een omkering komen. Dat gebeurt doordat de blastula gaat samentrekken en uitzetten en uit de zona pellucida stulpt en zich in de baarmoederwand nestelt. Dan kan de ontwikkeling van het embryo doorgaan. Schattingen zijn dat dat bij slechts 50 – 70% van de embryo's gebeurt.

De ontwikkeling van het embryo tot de innesteling duurt bij zoogdieren 6 dagen. In de rest van de embryonale ontwikkeling zijn de verschillen groot: van 21 dagen tot 21 maanden. Dede ontwikkeling van alle zoogdieren tot de blastula heeft zijn eigen tijdsduur en is niet soortspecifiek. Het maakt geen deel uit van de levensduur van het dier, het heeft zijn eigen levensduur. Het is alsof de tijd er nog niet is.

Samengevat:

- Het embryo is een bol, er zijn geen richtingen.
- De ontwikkeling speelt zich af binnen de afgeslotenheid van de zona pellucida.
- Eerst is er het geheel of de eenheid, daarna ontstaat de veelheid.
- De tijdsduur van de ontwikkeling in de eerste week ligt vast en is soortonafhankelijk.

Kenmerken van het mineraal zijn dat het uit elkaar valt in gelijke elementen, er geen communicatie is met de omgeving en er geen tijd is. Het embryo wordt deze eerste week daarom de 'minerale mens' genoemd.



*Afbeelding 11. Het mineraal of een beeld voor de 'minerale mens' (ontleend aan van der Wal (2003): Hartmann)
Het mineraal valt uit elkaar in gelijke elementen, er is geen tijd en geen communicatie met de omgeving*

5 De tweede week: uitgroeien in een nieuwe omhulling

In deze week nestelt het embryo zich in de wand van de baarmoeder en het aan de buitenkant gelegen voedingsweefsel groeit hard. De kiemschijf ontstaat en komt vrij in de ruimte te hangen. Verschillen in groeisnelheid zijn hiervoor verantwoordelijk.

De innesteling

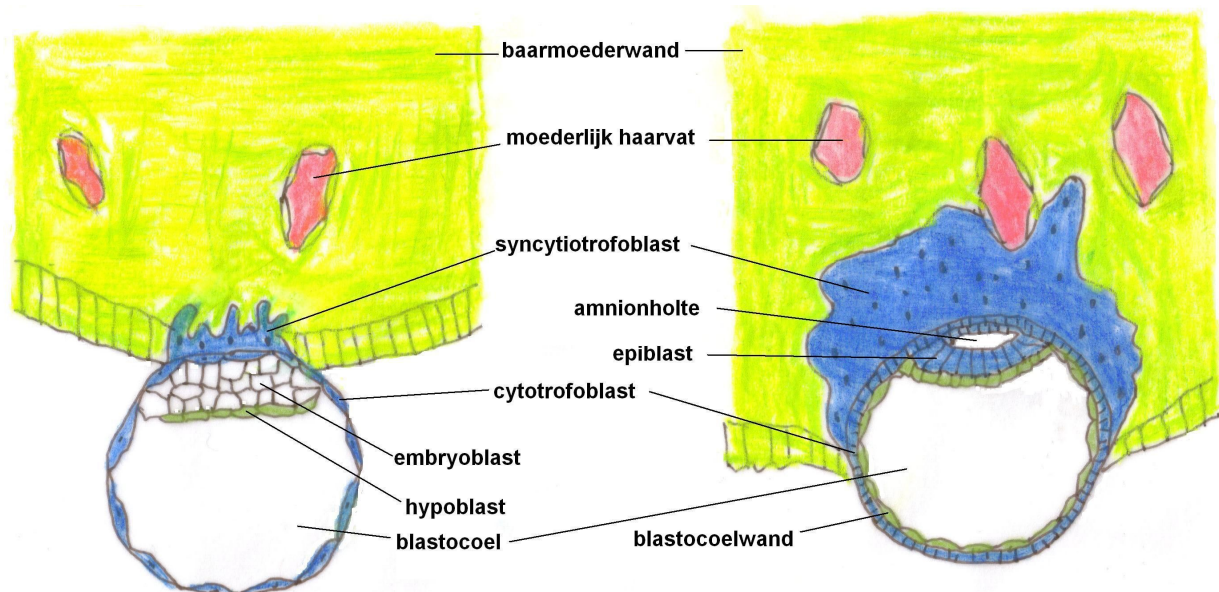
Het embryo (de blastula) is in de baarmoeder aangekomen en nestelt zich in aan de kant van de embryoblast in de wand van de baarmoeder. Enzymen van het embryo verteren het moederlijk weefsel. Het embryo gedraagt zich agressief en vreet zich in de baarmoederwand in en groeit.

De trofoblast groeit snel, zelfs zo snel dat er een woekerend weefsel zonder celwanden, maar met veel kernen (syncytiotrofoblast genoemd) ontstaat. De 'gewone' (cyto)trofoblast (= voedingsweefsel met celwanden) blijft aanwezig tussen syncytiotrofoblast en embryoblast.

In de syncytiotrofoblast ontstaan openingen, lacunae genoemd, waar moederlijk bloed doorheen kan stromen, zodat er maar één wand tussen moederlijk bloed en embryonaal weefsel is en er weinig barrières zijn voor de uitwisseling van stoffen. Ook gaat embryonaal weefsel om moederlijke haarvaten en kliergangen heen liggen. Zo kan het embryo van zuurstof en voeding worden voorzien en kunnen afvalstoffen worden afgevoerd.

De moeder geeft in haar eigen weefsel ruimte aan het embryo. Ze laat een vreemd wezen in haarzelf toe. Dat is een wonderlijk proces, omdat vreemde wezens (door de fusie van eicel en zaadcel is het embryo een vreemd wezen voor de moeder) in het lichaam bestreden worden.

Een hormoon van het embryo (HCG) zorgt ervoor dat de moeder het embryo accepteert.

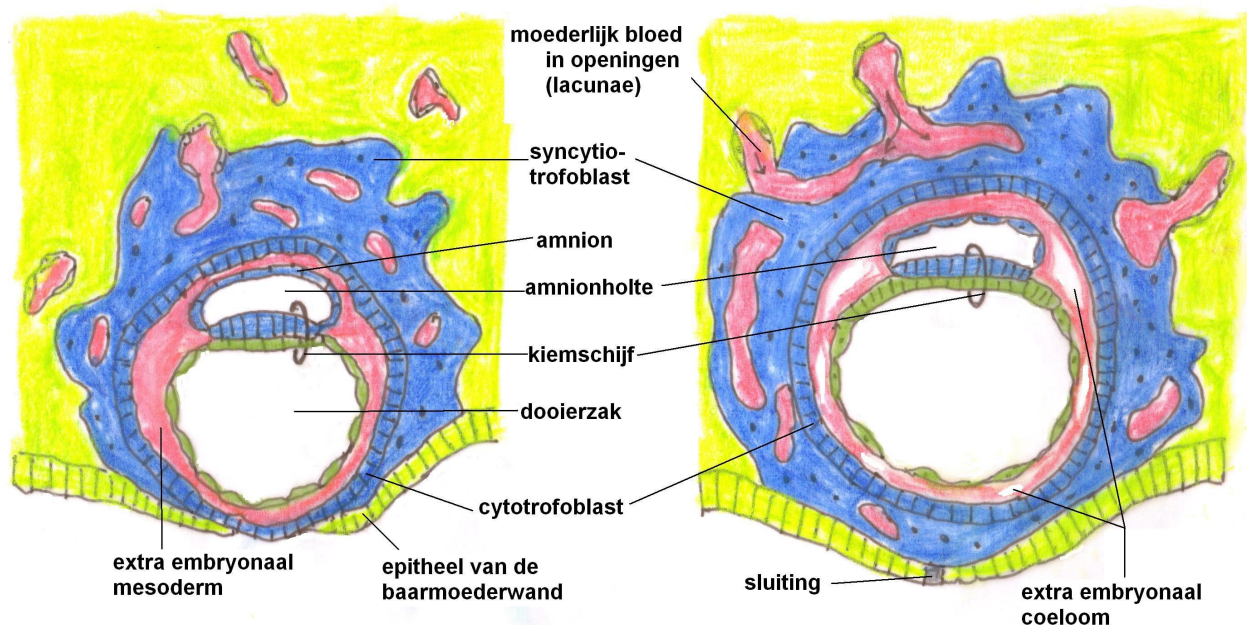


Afbeelding 12. De innesteling in de baarmoederwand (ontleend aan Moore, veranderd)

Links op dag 7-8; het embryo ligt aan de kant van de embryoblast tegen de baarmoederwand aan en de syncytiotrofoblast breidt zich uit in het moederlijk weefsel (geel-groen). De hypoblast ontstaat door afsnoering van cellen van de embryoblast (wit).

Rechts op dag 8-9; het embryo vreet zich verder in de baarmoederwand in, de hypoblast (platte cellen) heeft zich helemaal naar onder uitgebreid en vormt samen met de cytotrofoblast de wand van de blastocoel. In de embryoblast is de amnionholte ontstaan, de epiblast (hoge cellen) ligt op de hypoblast en het amnion is gevormd uit epiblast en cytotrofoblast. De syncytiotrofoblast ligt tegen een moederlijk bloedvat (haarvat) aan.

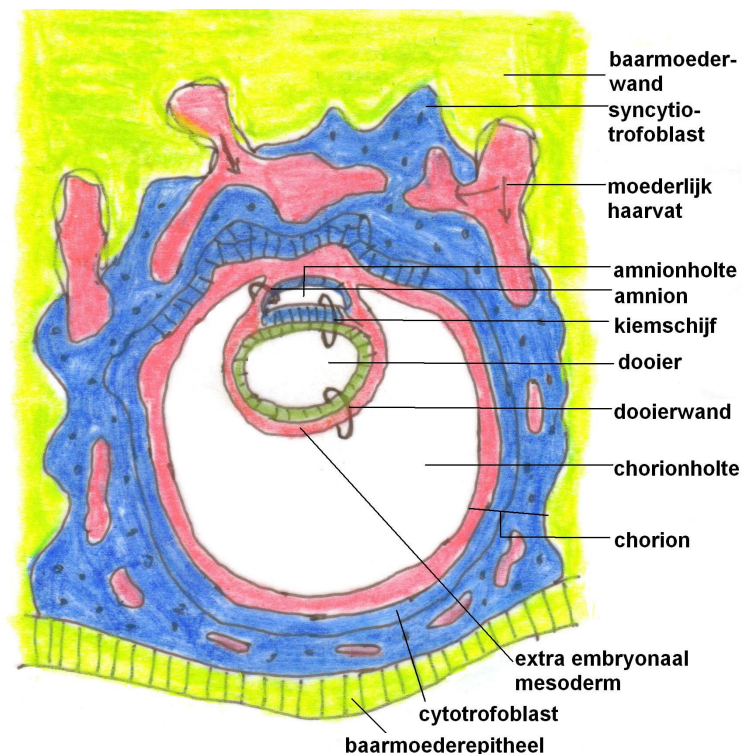
Op dag 10 ligt het embryo helemaal in het moederlijk weefsel en wordt er een prop gemaakt die de wand sluit. Daarmee is de wand helemaal gesloten. Om het embryo heen ligt de trofoblast, later chorion (= huid) genoemd, en daaromheen de baarmoederwand.



Afbeelding 13. De innesteling, vervolg (ontleend aan Moore, veranderd)

Links op dag 9; het embryo vreet zich verder in de baarmoederwand in. De syncytiotrofoblast woekert in het moederlijk weefsel en gaat om haarvaten liggen en maakt openingen (lacunae) waar direct moederlijk bloed door kan stromen. Moederlijk weefsel en bloed blijven afgescheiden van embryonaal weefsel. De amnionholte ontstaat, waardoor de twee cellen dikke kiemschijf ontstaat. Het weefsel van de **hypoblast** gaat de hele blastocoelwand bekleden, die nu **dooierzak** heet. Tussen dooierwand en trofoblast ontstaat een dik weefsel: **het extra embryonaal mesoderm**.

Rechts het embryo op dag 12; het embryo ligt helemaal in het weefsel van de baarmoederwand. De syncytiotrofoblast breidt zich snel uit. Het **extra embryonaal mesoderm** wordt dikker en er ontstaan holtes in, het extra embryonaal coeloom.



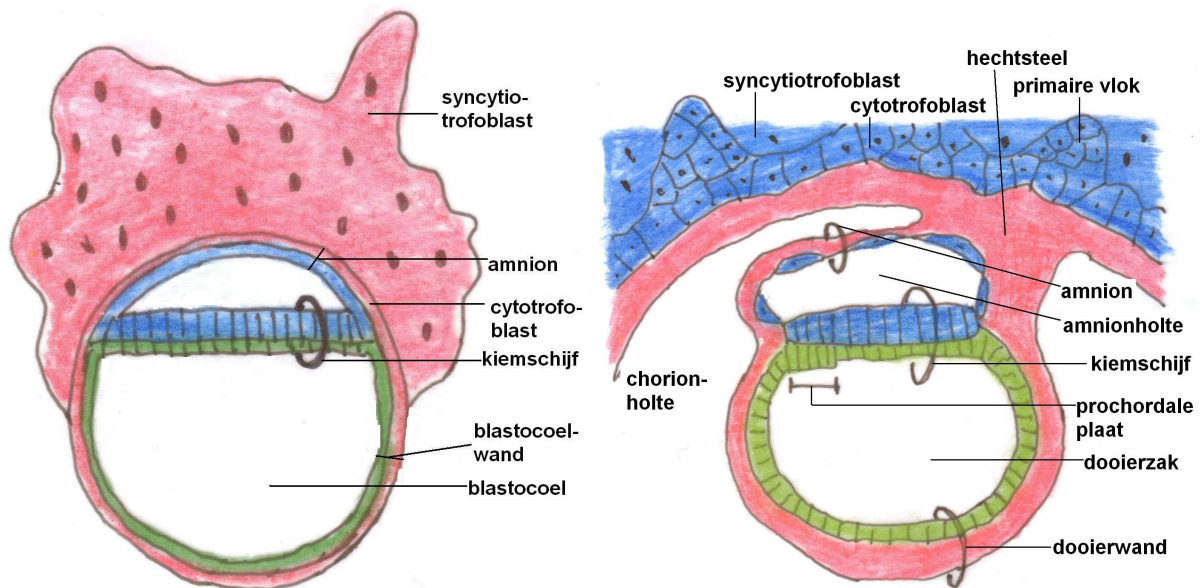
Afbeelding 14. Het embryo op dag 13 (naar Moore, vereenvoudigd)

De gaten in het **extra embryonaal mesoderm** hebben zich aaneengesloten tot de chorionholte, de wand ervan heet **chorion**. De syncytiotrofoblast ligt nu overal om het embryo heen, het is dikker aan de binnenkant van het baarmoederlijk weefsel dan aan de buitenkant. De embryonale schijf zit aan de rugkant vast aan het **chorion**. Om de hele chorionholte ligt er syncytiotrofoblast met daarin lacunae met moederlijk bloed.

(De primaire dooierzak die zich van de nu secundair genoemde dooierzak heeft afgescheiden is weggelaten.)

Ontwikkeling van de kiemschijf

Aan de kant van de blastocoel worden van de embryoblast platte, vierkante cellen afgesnoerd (afb. 12 – 15). Deze cellen worden hypoblast (hypo = onder) genoemd. De hypoblast breidt zich naar de trofoblast uit en bekleedt die. In de embryoblast ontstaat een kleine holte, die amnionholte wordt genoemd, het dak ervan wordt amnion (= schaapshuid) genoemd. De cellen die tegen de hypoblast aanliggen worden cylinder- of langgerekt kubusvormig en deze cellaag wordt de epiblast (epi = boven) genoemd. Door de vorming van de dooierzak en de amnionholte is een ronde, platte embryonale of kiemschijf gevormd van twee lagen (epi- en hypoblast). Aan het eind van de week ontstaat in de kiemschijf de prochordale plaat.



Afbeelding 15. De kiemschijf op dag 9 (links) en dag 14 (rechts) (ontleend aan Moore, veranderd)

Links: Het embryo op dag 9; de kiemschijf is twee cellagen dik en is rond en plat.

Rechts: het embryo is aan de rugkant via de hechtsteel verbonden met **het chorion** en de cyto- en syncytiotrofoblast. Het hangt vrij in de chorionholte. Aan de kant van de embryonale schijf waar het hoofd zal ontstaan ligt de prochordale plaat. **De epiblastcellen zijn hoog, de hypoblastcellen zijn plat.**

Ontstaan van de chorionholte en de hechtsteel

Vanaf dag 9 wordt het weefsel tussen trofoblast en amnion en dooierzak dikker (afb. 13). Dit weefsel wordt extra embryonaal mesoderm genoemd (extra = buiten). Een verwarrende naam, omdat het weefsel binnen het embryo ligt. De naam duidt erop dat het weefsel buiten de kiemschijf ligt. Doordat de cytotrofoblast en de syncytiotrofoblast veel harder groeien dan de kiemschijf, gaat dit weefsel scheuren en ontstaan er holtes (het extra-embryonaal coeloom (= holte)) in, die zich vanaf dag 12 verenigen tot de chorionholte. De trofoblast wordt nu chorion genoemd.

De kiemschijf met amnion en dooierzak zit eerst met de rug vast aan het chorion (dag 12). Deze aanhechting verschuift naar de stuit (of beter: de plaats waar de stuit zal ontstaan) en wordt smaller. Deze aanhechting wordt de hechtsteel genoemd.

De ronde, platte kiemschijf, amnionholte en dooierzak hangen nu als een in tweeën gedeelde bal aan de hechtsteel vrij in een grotere ronde ruimte (de chorionholte) met het chorion als wand.

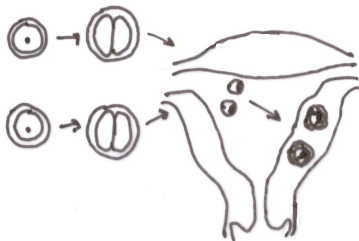
Grootte

Het embryo groeit. Aan het begin van de tweede week is het circa 0,3 mm groot, aan het eind 3 – 3,5 mm. Het is een week tijd 10 x zo groot geworden. De kiemschijf is nog klein: 0,5 mm.

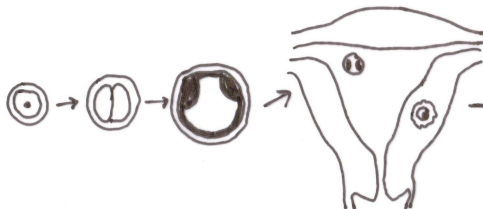
Tweelingen*

Ongeveer een op de 90 zwangerschappen betreft een tweeling. Die kunnen twee-eiig of een-eiig zijn. Twee-eiige tweelingen ontstaan uit twee bevruchte eicellen, zijn niet hetzelfde en kunnen van hetzelfde geslacht zijn of niet. Dit betreft 2/3 van alle tweelingen. De twee embryo's ontwikkelen zich zoals boven beschreven en hebben elke hun eigen amnion en chorion (afb. 16).

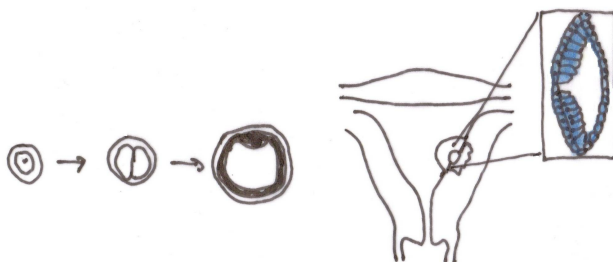
Een-eiige tweelingen ontstaan uit één bevruchte eicel, meestal doordat er in de eerste week in de blastula twee embryoblasten ontstaan. Deze embryo's hebben een eigen amnion en delen het chorion en de placenta (afb. 17). Een klein aantal tweelingen ontstaat nog in de tweede week, na de vorming van het amnion, door splitsing van de kiemschijf. Zij zitten samen in hetzelfde amnion en delen eveneens chorion en placenta (afb. 18).



Afbeelding 16. Twee-eiige tweeling (ontleend aan Moore). Er zijn 2 zygotes, die zich innestelen. Zij hebben beiden hun eigen omhulling (amnion, chorion) en trofoblast.



Afbeelding 17. Een-eiige tweeling (ontleend aan Moore). Er is een zygote met 2 embryoblasten, die innestelt. Beide embryo's hebben een eigen amnion, maar zitten samen in hetzelfde chorion.



Afbeelding 18. Een een-eiige tweeling uit de tweede week (ontleend aan Moore). De embryonale schijf splitst. De embryo's zitten samen in dezelfde amnion en chorion.

Karakteristiek*

In de eerste week van de ontwikkeling deelde de eencellige zygote zich in veel kleine en gelijke cellen en ontstonden de morula en blastula.. Aan het eind ontstonden de trofoblast en de embryoblast. In de tweede week vindt er doordat het embryo uit de zona pellucida komt een omkering: het embryo gaat groeien. De cellen worden niet nog kleiner. Met name de trofoblast groeit enorm snel, zo snel dat er geen celwanden worden gemaakt in de syncytiotrofoblast.

* zie ook hoofdstuk 8

* gebaseerd op: van der Wal: Dynamic morphology and embryology

De nadruk van de groei ligt bij de periferie, de trofoblast. De groei van het centrum, van de embryoblast, blijft achter, wat duidelijk wordt door het scheuren van het extra embryonaal mesoderm en het ontstaan van de chorionholte. Wel zien we daar differentiatie in amnion en dooierzak, in epi- en hypoblast.

Er is nu weer interactie met de omgeving, de afgeslotenheid door de zona pellucida van de eerste week is er niet meer. Het embryo geeft hormonen en enzymen af, neemt voedingsstoffen op, etc. Daardoor kan het zich een plaats verwerven in de baarmoederwand en kan het groeien. De omhulling van de dichte zona pellucida wordt vervangen door de omhulling van de voedende baarmoederwand.

Het centrum, de kiemschijf, is een platte ronde schijf geworden van twee cellen dik, waar wel een boven en onder zijn, maar nog geen links en rechts. De schijf heeft nog geen inhoud. Een begin van oriëntatie ontstaat pas aan het eind van de week met de hechtsteel.

Tweelingen kunnen, behalve in de eerste week, ook aan het begin van deze week nog ontstaan. De kiemschijf is nog deelbaar, daarna niet meer. Het embryo is dan pas individueel (= on-deelbaar) geworden.

De ontwikkeling van de eerste week is bij alle zoogdieren gelijk in vorm en tijd. Nu is dat niet meer het geval, zowel vorm als duur zijn soortafhankelijk.

De karakteristiek van deze week is een omkering van de karakteristiek van de eerste week en is die van de plant:

- er is een enorme groei aan de buitenkant,
- in het centrum is er geen links en rechts en geen inhoud, de kiemschijf is plat en rond.

Daarom heeft het embryo in de tweede week de karakteristiek van de plant en kan het de “plant-mens” worden genoemd.

Rudolf Steiner heeft gezegd dat de mens in de tweede week nog niet in het embryo is, maar er om heen zweeft. Het geestwezen leeft in de periferie, in de omhulling van de trofoblast.

	eerste week	tweede week
ontwikkeling	deling	groei en woekering
interactie, communicatie	geen	intensief
tijdsduur	onafhankelijk van de soort	soortafhankelijk
weefsels	geen differentiatie	differentiatie
omhulling	zona pellucida	baarmoederwand

Tabel 3. Verschillen van de eerste en tweede week



Afbeelding 19. De plant of een beeld voor de ‘plant-mens’ (ontleend aan van der Wal (2003): Hartmann)

De plant streeft bij zijn groei naar de periferie en groeit vanuit zijn kiem seizoensafhankelijk naar alle kanten de ruimte in.

6 De derde week: een centrum ontstaat

In de tweede week groeide het embryo aan de buitenkant. Zou dat doorgaan, dan zou er een steeds grotere afstand ontstaan tussen de voedende trofoblast en de embryonale schijf. In de derde week komt er een omkering. De buitenkant ontwikkelt door, het zwaartepunt van de ontwikkelingen ligt dan bij de embryonale schijf.

Er zijn meerdere ontwikkelingen die min of meer gelijktijdig plaats vinden. Voor de overzichtelijkheid zullen ze afzonderlijk worden besproken in de volgorde waarin ze beginnen.

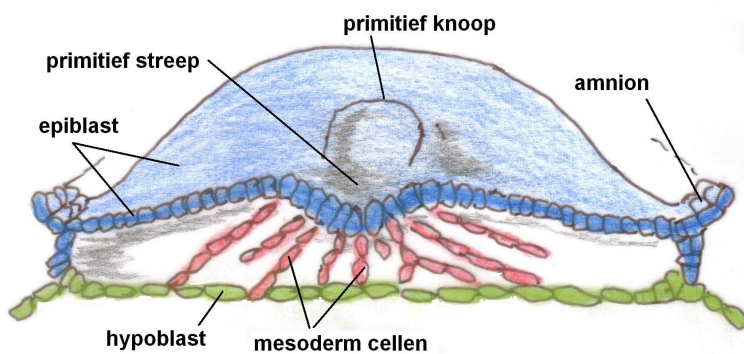
Gastrulatie: de vorming van het mesoderm

Het eerste proces dat in de derde week plaats vindt is de gastrulatie (gaster = maag). Betekende gastrulatie bij eenvoudige dieren maagvorming en ontstond in dat proces het spijsverteringskanaal samen met het mesoderm, bij de mens is gastrulatie het proces waarbij alleen het mesoderm ontstaat. Het spijsverteringskanaal ontstaat later in een proces, waarbij het amnion is betrokken.

Aan het begin van de derde week ontstaat er caudaal (cauda = staart; caudaal = aan het staart-einde; omdat het om de mens gaat, gebruik ik liever stuit) in de embryonale schijf bij de hechtsteel een verdikking en kleine indeuking van de epiblast (afb. 20 en 21A). Dit wordt de primitiefstreep genoemd. De primitiefstreep groeit naar het hoofdeinde. Tegelijk groeit het embryo snel in de lengte, waarbij het sneller aan de craniale zijde (= de hoofdzijde) groeit dan aan de caudale zijde. Vanuit de primitiefstreep worden mesodermcellen afgesnoerd die naar de ruimte tussen epi- en hypoblast migreren. Ook worden de cellen van de hypoblast door deze cellen vervangen.

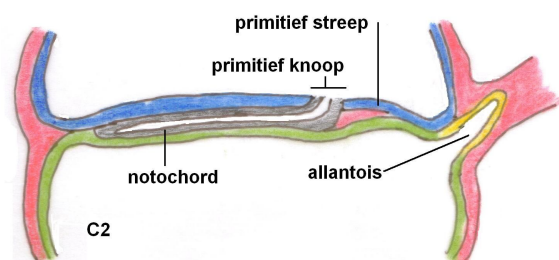
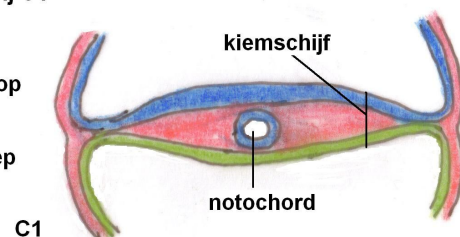
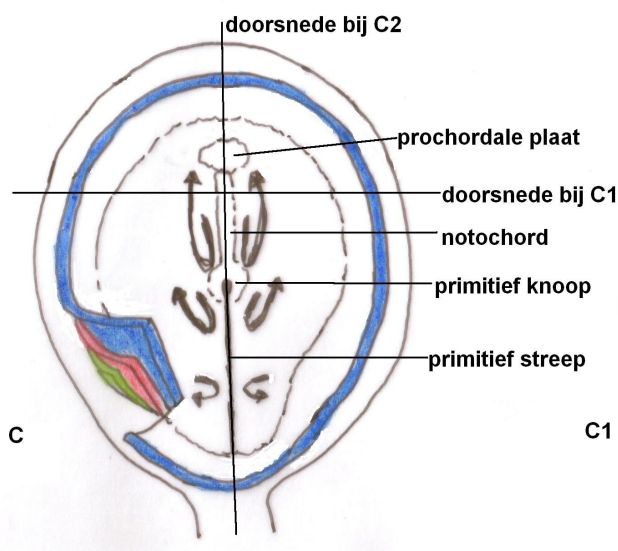
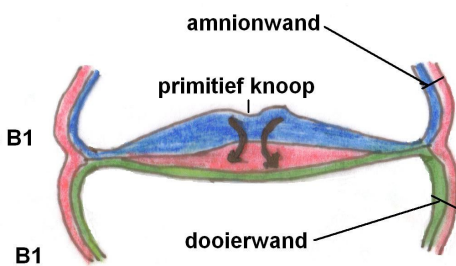
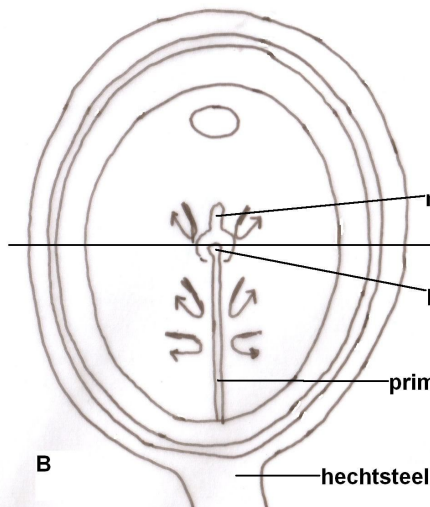
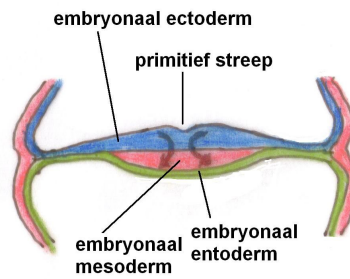
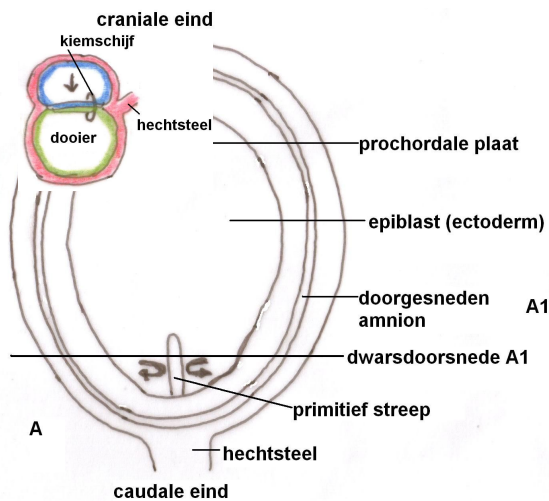
De primitiefstreep groeit tot halverwege het embryo (afb. 21B) en maakt daar de primitiefknoop. Dit is de plaats waar de meeste mesodermcellen ontstaan. Deze cellen gaan overal tussen de epi- en hypoblast zitten, behalve bij de prochordale plaat en op de plaatsen waar de mond en de anus zullen ontstaan, omdat epi- en hypoblast aan elkaar blijven zitten. De epiblast wordt nu ectoderm genoemd en de hypoblast entoderm.

Vanuit de primitiefknoop groeit tussen epi- en hypoblast een buisje naar de prochordale plaat, het notochord* (= de ruggestreng) genoemd (afb. 21C). Hierdoor ontstaat er een symmetrie-as in het embryo. Door het notochord ontstaan links en rechts en door het mesoderm ontstaat dikte. Het notochord geeft ook stevigheid aan de embryonale schijf en het is het weefsel waaromheen de wervels zullen groeien. In de volgroeide mens zijn restanten ervan alleen in de tussenwervelschijven zichtbaar. Doordat het embryo in de lengte harder aan het hoofdeinde groeit, neemt de betekenis van de primitiefstreep af en verdwijnt hij uiteindelijk.

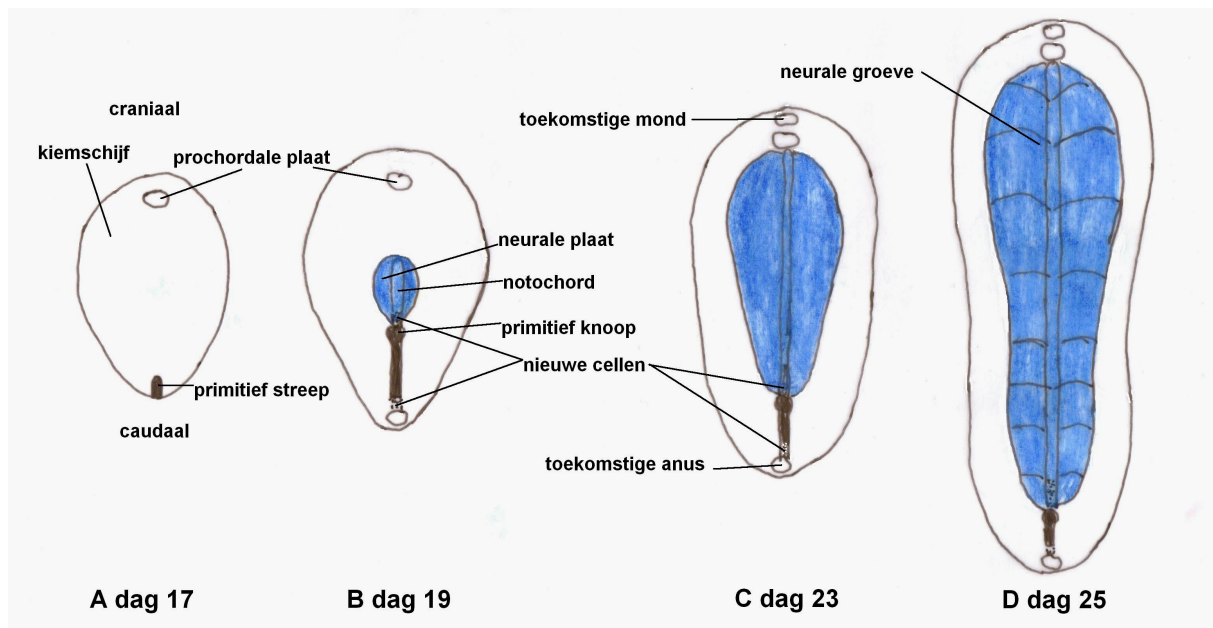


Afbeelding 20. Gastrulatie bij de mens (ontleend aan Moore, vergelijkbaar met afbeelding 21-A1) Dwarsdoorsnede door de kiemschijf waarin het ontstaan van mesodermcellen vanuit de primitiefstreep in de epiblast (kubusvormige cellen) zichtbaar is; de mesodermcellen gaan naar de ruimte tussen epiblast en hypoblast en vervangen ook de platte cellen van de hypoblast

* De vorming van het notochord is hier alleen in hoofdlijnen beschreven. Het werkelijke verloop is een stuk ingewikkelder. Zie www.embryology.ch.



Afbeelding 21. Gastrulatie of het ontstaan van het **mesoderm** (vereenvoudigd, naar Moore)
 A, B en C zijn rugaanzichten
 A1, B2 en C2 zijn de bijbehorende dwarsdoorsneden
 C2 is de lengtedoorsnede van C
 Zie de tekst voor de verklaring.



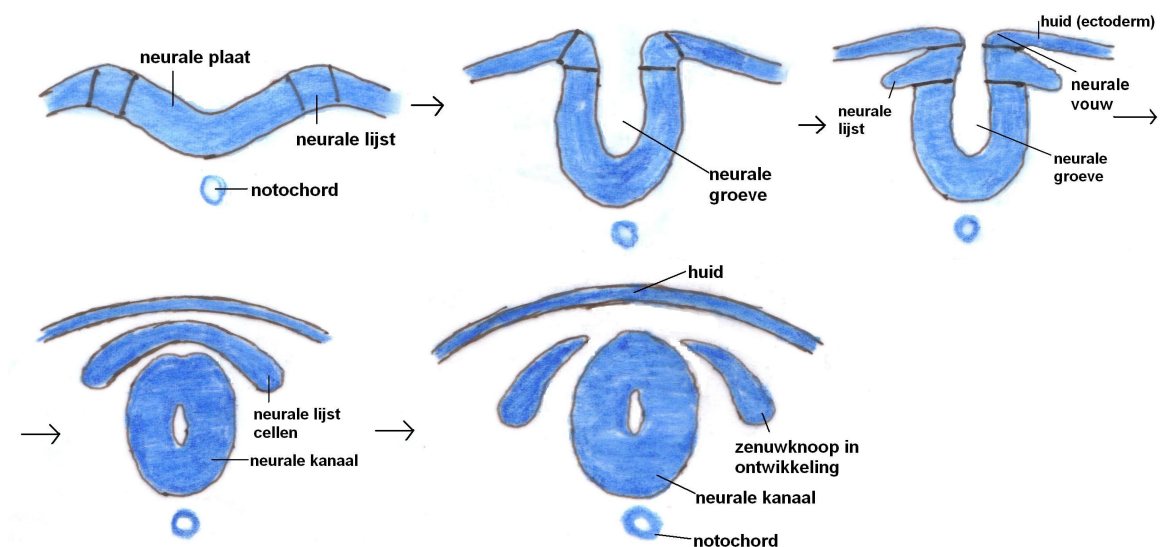
Afbeelding 22. Rugaanzicht van de kiemschijf. Ontwikkeling van het notochord en de neurale plaat (ontleend aan Moore, veranderd; datering en interpretatie prochordale plaat: www.embryology.ch). Alleen het ectoderm is zichtbaar, ook het ongekleurde weefsel zou blauw moeten zijn. Voor de duidelijkheid is alleen de neurale plaat ingekleurd.

A. Op dag 17 verschijnt caudaal de primitiefstreep, die naar het midden van het embryo groeit en eindigt in de primitief knoop.

Bij B. is te zien dat vandaar het notochord groeit naar de prochordale plaat. Boven het notochord verdikt het ectodermweefsel zich en vormt de neurale plaat. De primitiefstreep en het notochord groeien vanaf de caudale zijde.

Bij C. is de kiemschijf langgerekt geworden doordat de groei vooral aan de craniale zijde optreedt. Het notochord is tot de prochordale plaat gegroeid.

Bij D. vouwt de neurale plaat zich tot de neurale groeve. De primitiefstreep groeit nauwelijks nog, het notochord wel.



Afbeelding 23. De ontwikkeling van het neurale kanaal (dwarsdoorsneden; ontleend aan Moore)

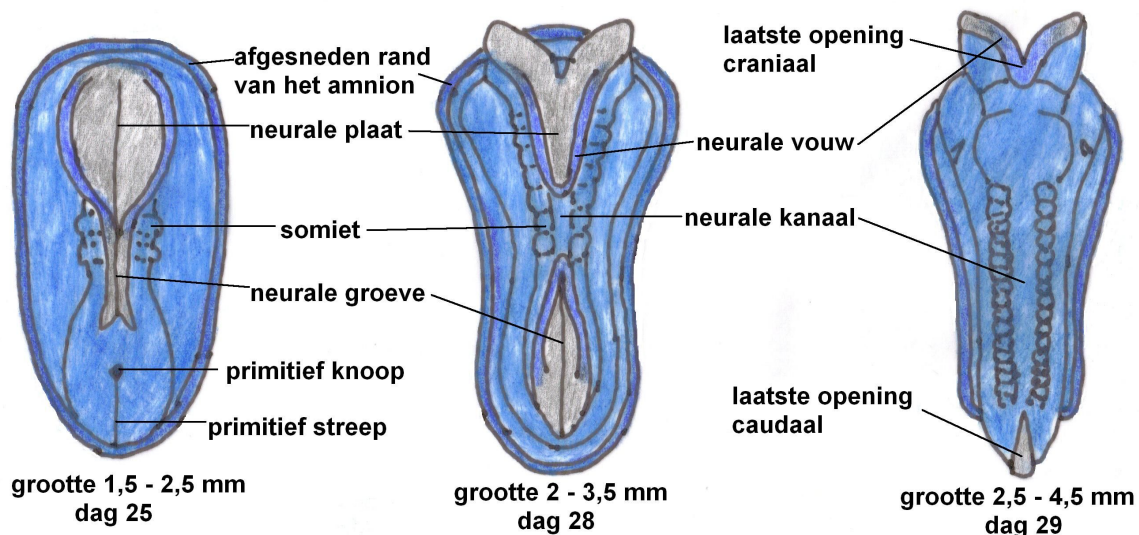
Het verdikte ectoderm deukt in tot de neurale groeve. Aan de uiteinden bevindt zich de neurale lijst. De neurale groeve wordt dieper en de neurale lijst wordt groter (derde afbeelding). Op de laatste rij is het neurale kanaal zichtbaar. Uit de neurale lijst ontstaan ganglia (zenuwknoopen). Het neurale kanaal bevindt zich tussen de huid en het notochord en wordt het ruggemergkanaal.

Het neurale kanaal en de somieten

Het ontstaan van het neurale kanaal hangt samen met de groei van het notochord. Vanaf de 19^e dag wordt het ectoderm boven het notochord dikker (afb. 22). Dit wordt de neurale plaat genoemd. Het centrale zenuwstelsel zal hieruit ontstaan. Ongeveer de helft van het ectoderm wordt neurale plaat, de rest zal de huid vormen.

De kiemschijf groeit snel: in vijf dagen verdubbelt de lengte. Aan de craniale kant gaat de groei veel harder dan aan de caudale kant, waardoor de neurale plaat aan het hoofdeinde langer en breder wordt dan aan de stuitkant. De neurale plaat deukt in (afb. 23 en 24), eerst in het midden en vandaar schuift het op naar de hoofd- en stuitzijden. De indeuking wordt dieper en wordt de neurale groeve (afb. 23 en 24). De verbinding met het ectoderm wordt verbroken en de neurale groeve en het ectoderm sluiten zich. Het neurale kanaal is ontstaan. Vanuit het midden gaat dit proces naar de uiteinden. De sluiting bij het hoofd is op de 29^{ste} dag, een dag eerder dan bij de stuit (30^{ste} dag).

In het neurale kanaal bevindt zich amnionvloeistof. Uit de neurale lijst zullen zenuwknopen ontstaan, die naast het ruggemerg liggen en zich over het lichaam verspreiden. Naast het neurale kanaal ontstaan links en rechts gepaarde klompjes mesodermcellen, de somieten (soma = lichaam; afb. 24). In totaal zullen zich ongeveer 40 paren ontwikkelen. Hieruit zullen o.a. de wervels en spieren ontstaan.



Afbeelding 24. De ontwikkeling van het neurale kanaal gezien op de rug (naar www.embryology.ch), alle weefsel is **ectoderm**, ook de **grijze neurale plaat**.

Van links naar rechts dag 25, 28 en 29. De sluiting van het **neurale kanaal** begint in het midden. Naast het neurale kanaal ontstaan **somieten**, die zichtbaar zijn als opbollingen onder het **ectoderm**. De kiemschijf groeit van ca. 2 tot 3,5 mm in vijf dagen.

De allantois

Aan het begin van de derde week groeit de dooierzak vingervormig uit in de hechtsteel (afb. 21 C2). Dit kleine orgaan is de allantois (allantos = worstje). Hij speelt een rol bij het ontstaan van het bloed en de bloedsomloop. Later is hij betrokken bij de vorming van de blaas. Bij mensen blijft hij klein, bij vogels is de allantois het orgaan voor de ademhaling.

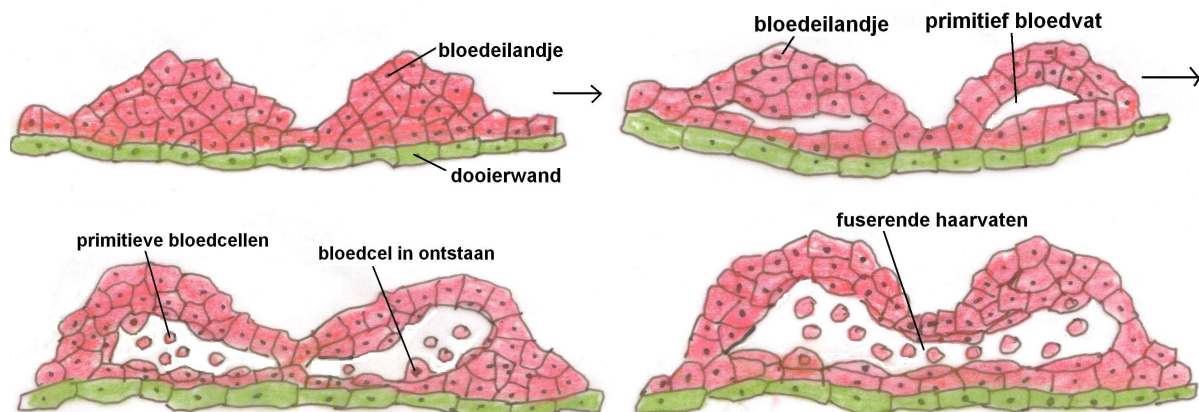
Het bloed en de bloedsomloop

In de tweede week is de kiemschijf zo klein dat voeding en zuurstof van de moeder via diffusie in het vocht de cellen kunnen bereiken. De afvoer van afvalstoffen gaat ook zo. Door de

groei van de kiemschijf in de derde week is dit niet meer voldoende mogelijk en zal er halverwege die week een transportsysteem ontstaan. Dat gaat als volgt:

De eerste bloedvaten en het eerste bloed worden in het mesoderm aan de buitenkant van de dooierzak en de allantois gevormd. Eerst ontstaan daar celklompjes, die bloedeilandjes worden genoemd (afb. 25). In de bloedeilandjes ontstaan holtes. Verschillende bloedeilandjes verbinden zich met elkaar en de holtes fuseren, zodat er haarvaten worden gevormd. De haarvaten worden langer en gaan naar de kiemschijf lopen. Sommige cellen in de wand hiervan worden omgevormd tot bloedcellen, die in de haarvaten met het vocht meestromen.

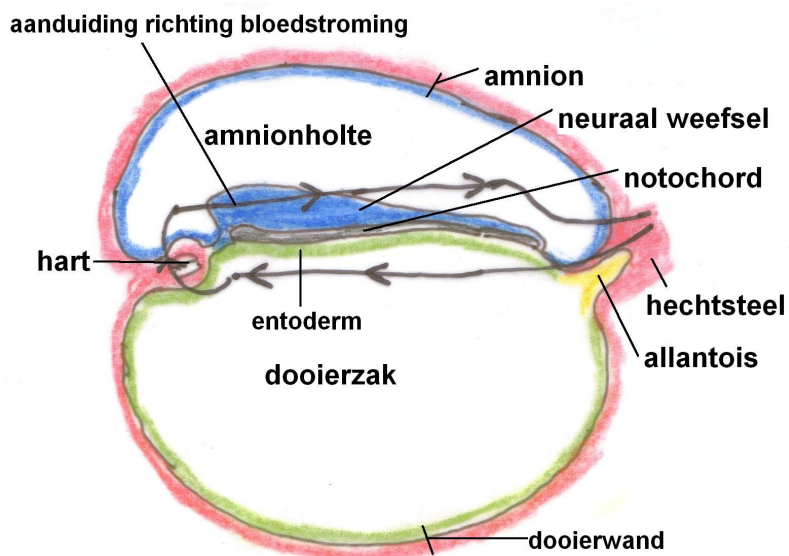
Het bloed wordt eerst buiten het embryo (dwz. de kiemschijf) gevormd. In het embryo zelf wordt pas in de vijfde week bloed gevormd.



Afbeelding 25. De ontwikkeling van de bloedvaten (ontleend aan Moore)

Eerst ontstaan er klompjes cellen, bloedeilandjes, waar holtes in ontstaan. Die holtes groeien aan elkaar en haarvaten ontstaan. Tegelijk ontstaan er uit hetzelfde weefsel primitieve bloedcellen, die met het vocht mee gaan stromen.

Het bloed gaat stromen doordat er in de embryonale schijf stoffen nodig zijn en andere worden afgegeven. Het stroomt in het embryo aan de buikkant naar het hoofd tot het aan het eind komt, waar het op afsluitend weefsel stuit en niet verder kan. Daar moet het bloed omkeren om aan de rugkant naar de hechtsteel terug te kunnen stromen, waar het naar de trofoblast kan gaan om voedingsstoffen en zuurstof op te nemen. Bij het omkeren ontstaat er stuwning en staat het bloed even stil en gaat het bloedvat pulseren. Op die plaats (dus aan de hoofdkant van het neurale kanaal; bij ons dus boven het hoofd) ontstaat het hart (afb. 26). Ongeveer op de 20^{ste} dag begint het te kloppen.



Afbeelding 26. Positie van het hart en de bloedsomloop aan het eind van de derde week (ontleend aan Moore)

Het hart ligt craniaal van het neurale weefsel en de mondmembraan (de dunne plek achter het hart). Het bloed stroomt aan de buikkant naar het hoofd en aan de rugkant terug naar de hechtsteel (de pijlen zijn buiten de kiemschijf getekend, het bloed stroomt echter in de kiemschijf)

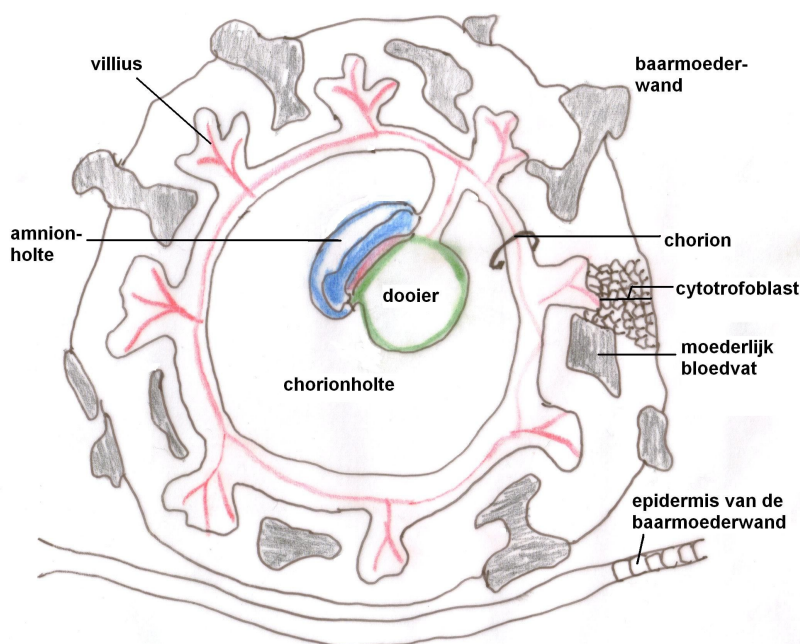
Eerst is er stroming en doordat de stroom botst op ander weefsel ontstaat door stuwing en stilstand het kloppende hart. Dit fenomeen is ook te zien als er een stroming botst tegen een hard materiaal, zoals bij de golven aan de kust (zeestroming botst op de kust), bij stenen in beken en in flow-forms (stromend water botst op steen).

Het hart ontstaat dus uit stroming en is niet de oorzaak van de stroming van het bloed. Het hart is de enige plaats waar het bloed stil staat.

De bloedsomloop is het eerste lichaamssstelsel dat in werking is.

Het chorion en de trofoblast

De woekerende groei van de trofoblast neemt af. De syncytiotrofoblast krijgt celwanden, heet nu cytotrofoblast en vormt een verbindende schil tussen baarmoederweefsel en het chorion. In het chorion ontstaan ook bloedvaten, die van de hechtsteel naar de villi (= vlokken) lopen, waar vanaf het eind van deze week de uitwisseling van stoffen met het bloed van de moeder plaats vindt.



Afbeelding 27. De ontwikkeling van het chorion en de placenta (ontleend aan Moore)

De embryonale schijf met amnion en dooier hangen aan de hechtsteel in de chorionholte. In het chorion zijn schetsmatig de bloedvaten aangeduid die vanaf de hechtsteel naar de villi lopen. De syncytiotrofoblast heeft celwanden gekregen en heet nu cytotrofoblast.

Karakteristiek

Het zwaartepunt van de ontwikkeling van het embryo ligt in de derde week bij de embryonale schijf. Aan de periferie vindt nog veel groei plaats, maar de woekerende groei stopt en het weefsel krijgt celwanden. Er komt relatieve rust. Zou de groeibeweging van de tweede week zijn voortgezet, dan zou de mens in de periferie (of zijn omhullende organen) zijn blijven steken en geen lichaam hebben gevormd.

Vanuit de periferie (dooierzak, hechtsteel) ontstaat de bloedsomloop, die in het hart een centrum krijgt. Het hart ontstaat vanuit stroming en ook vanuit de stroming en de weefselstructuur ontstaat het pulseren van het hart.

Tegelijk ontstaat er dikte in de embryonale schijf door de afsnoering van mesodermcellen vanuit de primitiefknoop en -streep, die de kiemschijf vullen. Links en rechts ontstaan door de vorming van het notochord, later nog versterkt door de vorming van het neurale kanaal. De embryonale schijf is ruimtelijk, driedimensionaal geworden.

Wanneer de bloedsomloop en het hart niet ontstaan stopt de ontwikkeling. Zo rond de 17^e dag ligt er een belangrijk punt in de embryonale ontwikkeling van de mens.

7 De vierde week: de vorm ontstaat

In de vierde week groeit het embryo (de kiemschijf) van ca 2 naar ca 6 mm. De processen van de derde week (vorming neurale buis, bloedsomloop) lopen in de vierde week door. Tegelijk neemt het amnion enorm in omvang toe, terwijl de dooierzak dat niet doet.

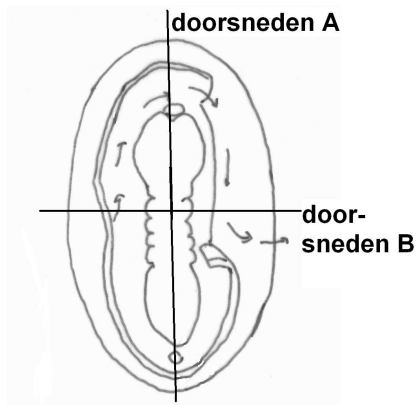
De groei van het amnion

In de derde week heeft de embryonale schijf dikte gekregen en is er een symmetrie-as ontstaan. De weefsels van de embryonale schijf lopen in de weefsels van de omhullende organen door: ectoderm wordt amnionwand, entoderm wordt dooierwand en mesoderm loopt door in het extra-embryonaal mesoderm en in de hechtsteel. Het ectoderm bevindt zich aan de rugkant, het entoderm aan de buikkant van het embryo. Het embryo is aan alle kanten nog een open schijf.

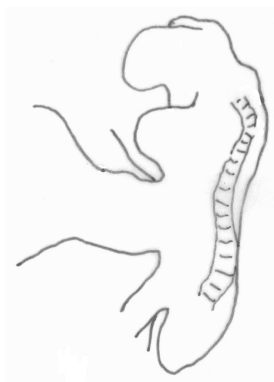
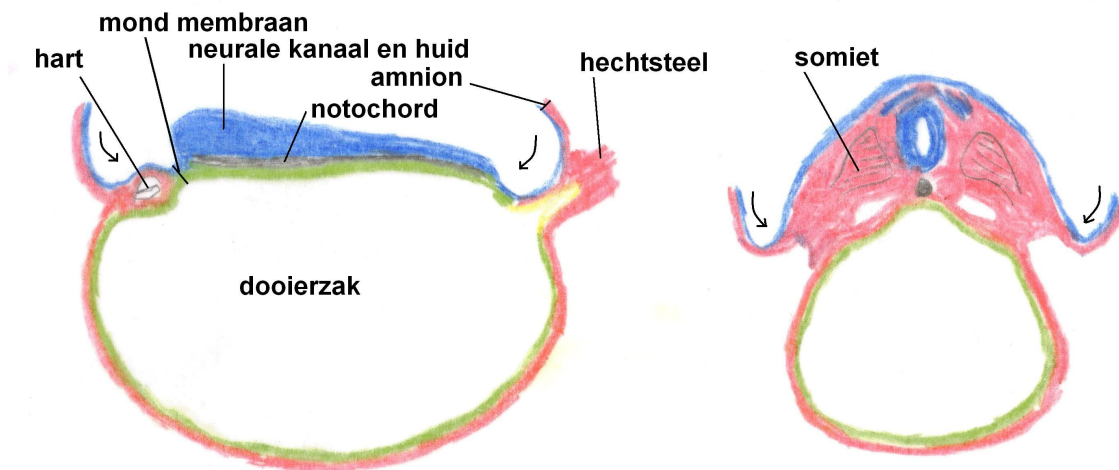
Om een afgesloten lichaam te laten ontstaan, zodat het organisme op zichzelf kan staan, zal er een huid om het hele embryo heen worden gevormd. Dat gebeurt doordat het amnion enorm groeit en door de amnionvloeistof naar buiten wordt gedrukt. De dooierzak groeit niet en wordt slap. Daardoor groeit het amnion om de kiemschijf heen. Dat gebeurt rondom: bij het hoofd, bij de stuit en aan de beide zijkanten. Aan de hoofdkant gaat het sneller dan aan de stuitkant. In de afbeeldingen 28 – 31 is dat weergegeven. Het is een lastig voorstelbaar driedimensionaal proces. Het vergelijken en natekenen van de doorsneden en het maken van andere doorsneden (bv. door het hart) is aanbevolen om het proces te vervolgen.

Wat gebeurt er?

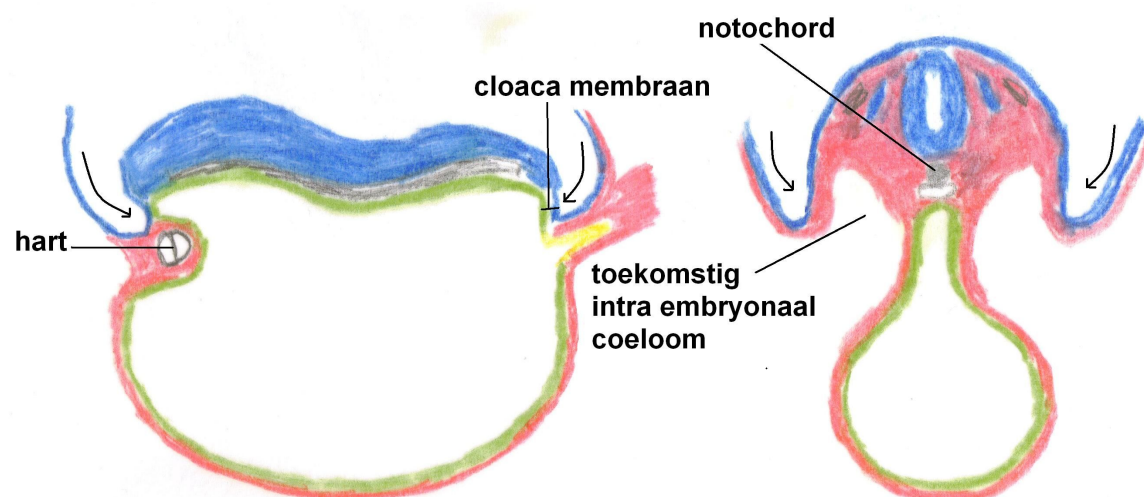
- Bij het groeien van het amnion wordt het hart, dat in verhouding groot is, van het hoofd naar de borst verplaatst (afb. 28 – 31) en komt op zijn plaats in de borst terecht.
- Iets later wordt de hechtsteel naar de buik gedrukt en komt caudaal van het hart terecht. De navelstreng zal daar omheen ontstaan.
- Het neurale kanaal wordt aan de hoofdzijde snel dikker.
- Het amnion drukt aan de buikkant de dooierzak naar binnen, zowel craniaal en caudaal als aan de zijkanten (lateraal) door de stevigheid die het notochord aan de kiemschijf geeft en doordat het ectoderm en entoderm bij het mond-membraan aan elkaar vast zitten en er een scharnierpunt is boven het flink uitgegroeide neurale kanaal. Hierdoor ontstaat het spijsverteringskanaal. Dit gebeurt ook aan de caudale zijde door het cloaca-membraan, waardoor het eind van het spijsverteringskanaal ontstaat (afb. 29, 30).
- De vorming van het spijsverteringskanaal gaat van de uiteinden naar het midden. In het midden ontstaat de navelstreng, waarmee het embryo vastzit aan het chorion en waardoor het zijn voeding krijgt en afvalstoffen kwijt kan.
- In de navelstreng zijn behalve de hechtsteel de dooierzak en het allantois opgenomen (afb. 31).
- Bij de omstulping van het amnion wordt een deel van het chorion in het embryo opgenomen als lichaamsholte (intra-embryonaal coeloom) (afb. 29 en 30).
- Het embryo wordt eerst min of meer cilindervormig en maakt daarna in de lengterichting een inwikkende beweging (afb. 31).
- Nadat het spijsverteringskanaal is gevormd groeit het snel uit (afb. 31).

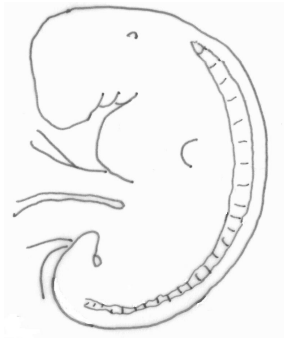


Afbeelding 28. Rugaanzicht en lengte- en dwarsdoorsnede door een embryo van 22 dagen (ontleend aan Moore)
 Het amnion groeit en stulpt in de lengte en aan de zijkanten om het embryo heen, waarbij het hart naar binnen wordt geschoven. Het embryo is min of meer vlak.

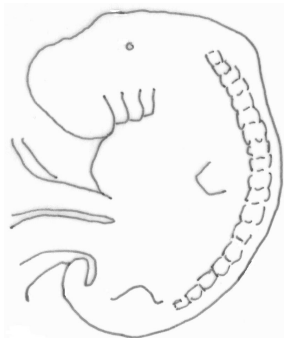
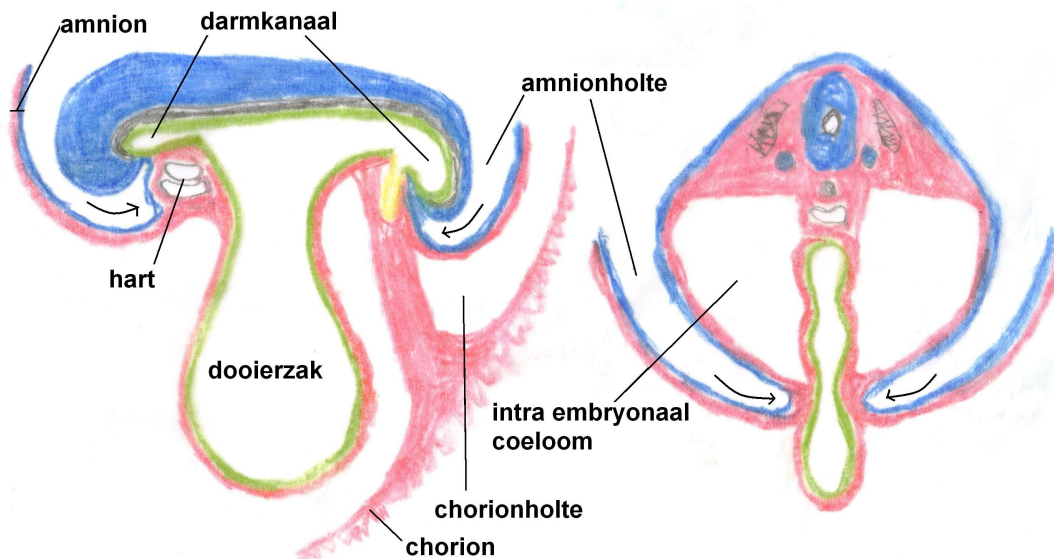


Afbeelding 29. Zijaanzicht en lengte- en dwarsdoorsnede door een embryo van 24 dagen (ontleend aan Moore)
 De omstulping door het amnion van het embryo is verder dan in afb. 28. Het hart ligt niet meer craniaal van het mond-membraan, maar meer naar binnen. Het embryo is gekromd. De mond- en cloaca-membraan zijn zichtbaar als plekken waar geen mesoderm tussen het ecto- en het entoderm aanwezig is.

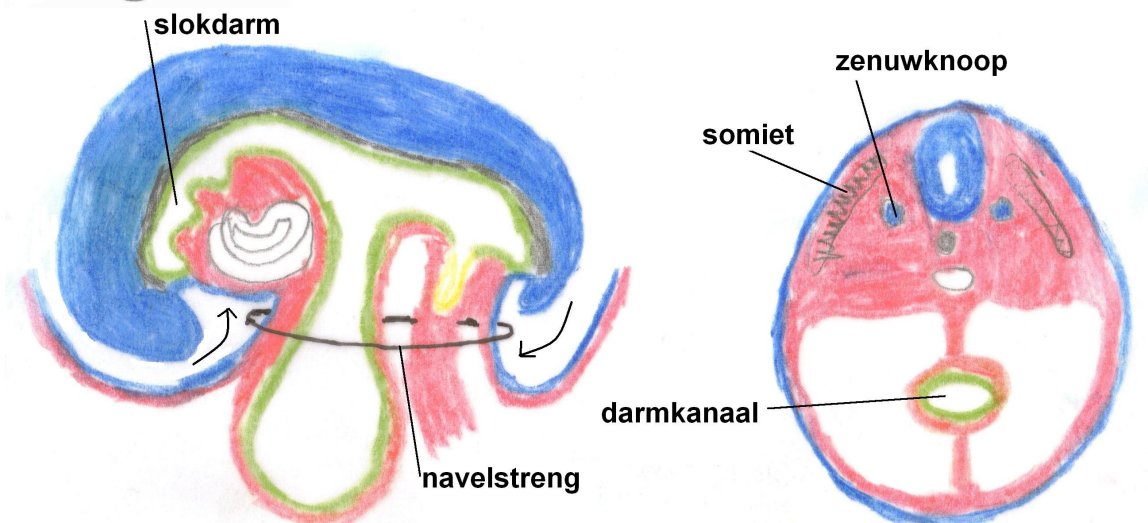




Afbeelding 30. Zijaanzicht en lengte- en dwarsdoorsnede van een embryo van 26 dagen (ontleend aan Moore)
 Het hart is verder naar binnen gedruwd en ligt min of meer op zijn definitieve plaats. Doordat het amnion om het embryo heen gaat liggen, wordt het endoderm naar het midden gevouwen en ontstaat er een buis, het spijsverteringskanaal. Zie ook de volgende afbeelding. Op de dwarsdoorsnede is te zien dat er een deel van de chorionholte in het lichaam is opgenomen als intra-embryonaal coeloom.

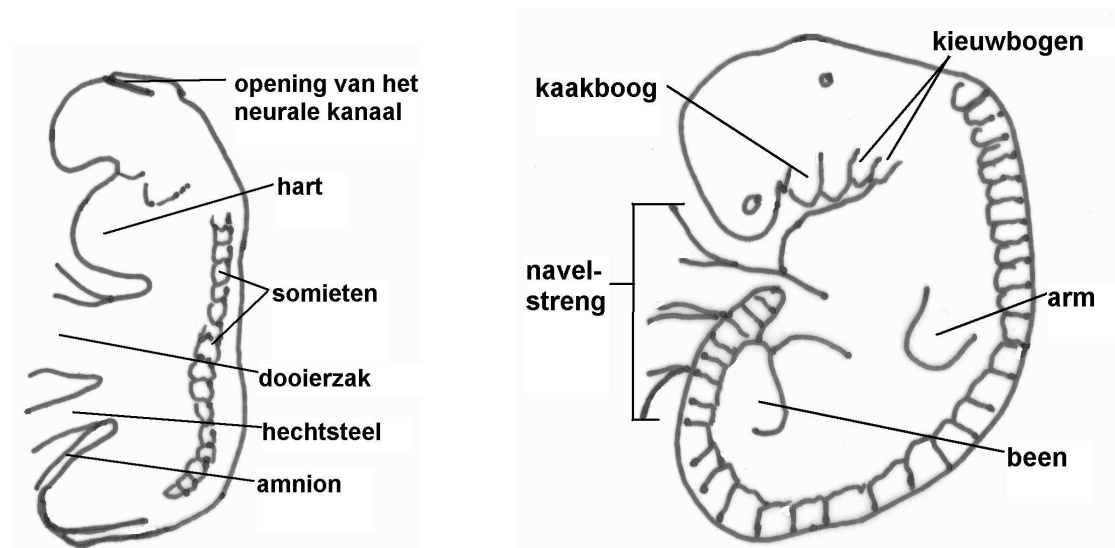


Afbeelding 31. Zijaanzicht en lengte- en dwarsdoorsnede van een embryo van 28 dagen (ontleend aan Moore)
 Het embryo is bijna geheel door het amnion omgeven. Het spijsverteringskanaal is ontstaan. De navelstreng is zichtbaar. Daarin liggen de hechtsteel, de dooierzak en de allantois. Het embryo ligt in de amnionholte, die weer in de chorionholte ligt.



Afb. 32 laat twee zijaanzichten zien van het embryo in de vierde week. Op de tekening van het midden van de vierde week, de 24^{ste} dag, (afb. 32 links, komt overeen met afb. 29) omhult het amnion de embryonale schijf en ontstaat het cilindervormige embryo. Zichtbaar is de grote bult van het hart dat al van zijn craniale plaats boven het hoofd is verschoven naar zijn uiteindelijke plaats in de borst. Het neurale kanaal is aan beide zijden nog open. De hechtsteel en de dooierzak zijn nog zichtbaar.

Aan het eind van de vierde week, op de 28^{ste} dag (afb. 32 rechts, komt overeen met afb. 31) is de omhulling van het amnion voltooid en is de navelstreng (met daarin bloedvaten, hechtsteel, dooierzak en allantois) zichtbaar. Het hart is gegroeid en nog iets verder gedaald en ligt tegen de navelstreng aan. Het embryo heeft een korte staart gekregen en is ronder geworden. Het hoofd en de staart zijn naar binnen gewikkeld. Het hoofd is groot, die kant ontwikkelt zich sneller. Bij het hoofd zijn plooien verschenen, die ontstaan doordat het neurale kanaal aan de rugkant groeit en het hoofd daardoor naar voren buigt. De eerste boog is de kaakboog, daar groeit de onderkaak uit. De laatste twee plooien worden kieuwbogen genoemd, naar gelijkenis met de plooien bij vissen. Het begin van een oog en een oor is te zien. De ledematen groeien, van arm en been zijn er de aanzet te zien (zie hoofdstuk 8).



Afbeelding 32. Links: embryo op dag 24; rechts op dag 28, resp. 2 en 5 mm lang.

Neurale kanaal en spijsverteringskanaal

Het neurale kanaal ontstaat vanuit het midden en het spijsverteringskanaal vanuit de uiteinden. In het neurale kanaal bevindt zich amnionvocht, een vloeistof die druk uitoefent op de wand, in het spijsverteringskanaal bevindt zich dooiervloeistof, die dat niet doet. Het neurale kanaal is een overwegend rechte buis, het spijsverteringskanaal is een buis die gaat inwikkelen (de darmen). Het neurale kanaal bestaat uit ectoderm, het spijsverteringskanaal uit entoderm. Ectoderm komt vanaf de rugzijde, die de antipathiekant kan worden genoemd (denk aan: iemand de rug toekeren). Entoderm komt van de buikzijde, de sympathiekant van ons lichaam. Met ectoderm grenzen we onszelf af en scheppen we afstand (waarnemen), met entoderm scheppen we verbinding (vertering van voedsel) (tabel 4).

	neurale kanaal	spijsverteringskanaal
ontstaan vanuit	het midden	de uiteinden
vloeistof	amnionvloeistof, op spanning	dooierzakvloeistof, niet op spanning
weefsel	ectoderm	entoderm
vorm	recht	kronkelig
	rugkant = antipathiekant	buikkant = sympathiekant

Tabel 4. Verschillen tussen neurale kanaal en spijsverteringskanaal

Karakteristiek

De processen van de derde week hebben het embryo inhoud gegeven, maar de kiemschijf is nog niet afgegrensd. De kiemschijf loopt door in de omhullende weefsels van amnion, dooierzak en chorion. Door de omstulpende beweging van het amnion wordt het embryo afgezonderd van de overige weefsels en emancipeert het embryo zich. Het duurt nog lang voor het embryo zelfstandig is, maar het begin is er nu het lichaam een eerste vorm heeft en via een navelstreng is verbonden met de voedende weefsels in de periferie. Steiner noemde dit stadium de “Paradijsmens”, waarmee hij wilde aangeven dat dit de eerste afzondering is van de omgeving.

Er is nu een driedimensionaal, afzonderlijk lichaam, dat inhoud heeft. Het lichaam kromt zich (afb. 31 en 32) en is op een centrum gericht. Hartmann geeft hieraan de naam “dier-mens”. De omhullende beweging van het amnion resulteert erin dat wat eerst aan de rugzijde lag nu de buitenkant vormt en dat wat aan de buikzijde lag nu binnenin ligt. Het is een gebaar alsof men inwikkelt.

De navelstreng zit aan de buik van het embryo. Het begon met de hechtsteel aan de rugkant, die zich naar de stuit verplaatste en nu doorschuift naar de buik. De voeding kwam in het stadium van de “plant-mens” van achteren en komt bij de “dier-mens” van voren.



Afbeelding 33. De dier-mens (ontleend aan van der Wal, naar Hartmann)

Aangegeven is dat het dier een afgerond organisme is met inhoud. Het is naar binnen op een centrum gericht.

De drie weefsels van de embryonale schijf en wat eruit ontstaat

Er zijn in de embryonale schijf drie weefsels of kiembladen:

- Het ectoderm
- Het entoderm
- Het mesoderm

Uit het ectoderm ontstaan:

- De huid

- Het zenuwstelsel
- De zintuigen

Uit het entoderm ontstaan:

- Het spijsverteringskanaal en de spijsverteringsorganen (lever, alvleesklier)
- De longen
- De blaas (uit de allantois)

Het mesoderm kan drie soorten weefsels maken:

- Het kan zich naar binnen richten en vormt spieren, pezen, bindweefsel en botten;
- De nieren, de milt en de voortplantingsorganen.
- Het kan naar de periferie gaan en vormt lichaamsholtes, zoals het hartzakje, het longzakje, de buikholte etc.
- Het kan beide tegelijk doen en vormt het bloed, de bloedvaten en het hart.

8 De vijfde tot de achtste week: de ontwikkeling

In de vierde week is er in het centrum een lichaam gevormd dat een duidelijke grens heeft met de voedende periferie. In dit hoofdstuk zal worden beschreven:

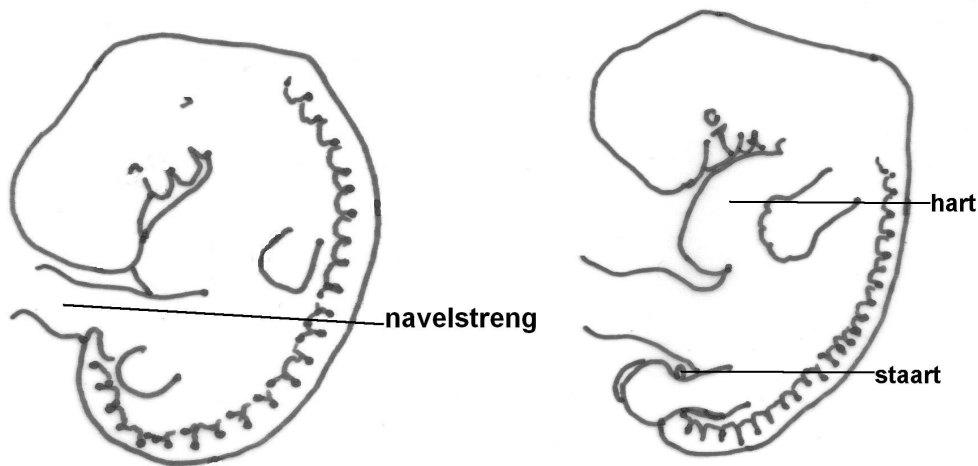
- hoe het lichaam verandert tot het eind van de achtste week;
- de ontwikkeling van de ledematen;
- de ontwikkeling van tweelingen (als vervolg op hoofdstuk 5);
- de ontwikkeling van de vliezen.

Veranderingen van het embryo

In de afbeeldingen 34 en 35 zijn 4 stadia van het embryo getekend als zij-aanzicht van de vijfde tot de achtste week.

Op de 32^{ste} dag (afb. 34 links) is het embryo nog meer naar binnen gewikkeld dan aan het eind van de vierde week. Hoofd en staart zijn naar elkaar gericht. De rug is rond en gebogen. Het hoofd is groot, met name het hersengedeelte en ligt over het hart heen. Ook het hart is groot. De navelstreng is compact; dooierzak en allantois liggen dicht tegen elkaar aan.

Op de 41^{ste} dag (afb. 34 rechts) heeft de rug zich gedeeltelijk gestrekt en is het embryo minder rond. Het hoofd is door het grote hart naar boven geduwd. In de navelstreng is een bobbel te zien, die wordt veroorzaakt doordat een deel van het spijsverteringskanaal geen plek in de buik kan vinden en uit het lichaam is gestulpt. De korte staart is nog aanwezig. De ledematen zijn gegroeid en vingers en tenen zijn zichtbaar.



Afbeelding 34. Links: embryo op dag 32; rechts op dag 41, resp. 7 en 12 mm lang.

Op de 51^{ste} dag (afb. 35 links) is het hoofd geknikt ten opzichte van de rug. De nek wordt zichtbaar als een welving. Het hoofd is ronder geworden en oog en oor zijn te zien. Het hart is in de romp opgenomen, de darmen puilen nog uit. Armen en benen steken uit de romp en zijn langer geworden. De staart is verdwenen.

Op de 56^{ste} dag (afb. 35 rechts) is het lichaam een klein mensje. Het grote ronde hoofd met het grote voorhoofd, oog en oor staat recht op de romp. De nek is gevormd. Er is een bol buikje, in de navelstreng is de bult van het uitpuilende spijsverteringskanaal nog zichtbaar. De heup en lende zijn gevormd. De benen staan onder de romp.



Afbeelding 35. Links: embryo op dag 51; rechts op dag 56, resp. 22 en 30 mm lang.

Karakteristiek

In de vijfde tot achtste week krijgt het lichaam zijn vorm. Eerst wordt de inwikkende beweging van de vierde voortgezet en wordt het embryo ronder. Daarna strekt de rug zich en worden eerst de nek en daarna de lende en heup zichtbaar. Hoofd en ledematen worden afgescheiden van de romp. Dit proces gaat van boven naar beneden: eerst komt de nek, dan de lende. Nek en lende zorgen ervoor dat hoofd, borst en ledematen aparte gebieden worden. De ruggegraat strekt zich, men kan ook zeggen “ont-wikkelt” zich, een term die bij de mens past. De mens is het enige organisme dat rechtop staat en gaat: alle gewrichten (nek, schouders, heup, knie, enkel) bevinden zich in een verticaal vlak. Wanneer de mens staat, is hij in balans. Staan en voortbeweging kosten weinig energie. Omdat hij alleen op zijn benen staat, zijn de handen vrij om naar eigen inzicht te gebruiken. Ook apen maken de strekking van de rug en vorming van nek en lende door, maar verliezen de rechtopgaande eigenschappen weer, de chimpansee pas na de geboorte (Verhulst).

Zichtbaar is ook de polariteit tussen het gesloten, ronde hoofd en de radiaire, langgerekte ledematen. In veel opzichten zijn zij elkaars tegengestelden met de romp ertussen.

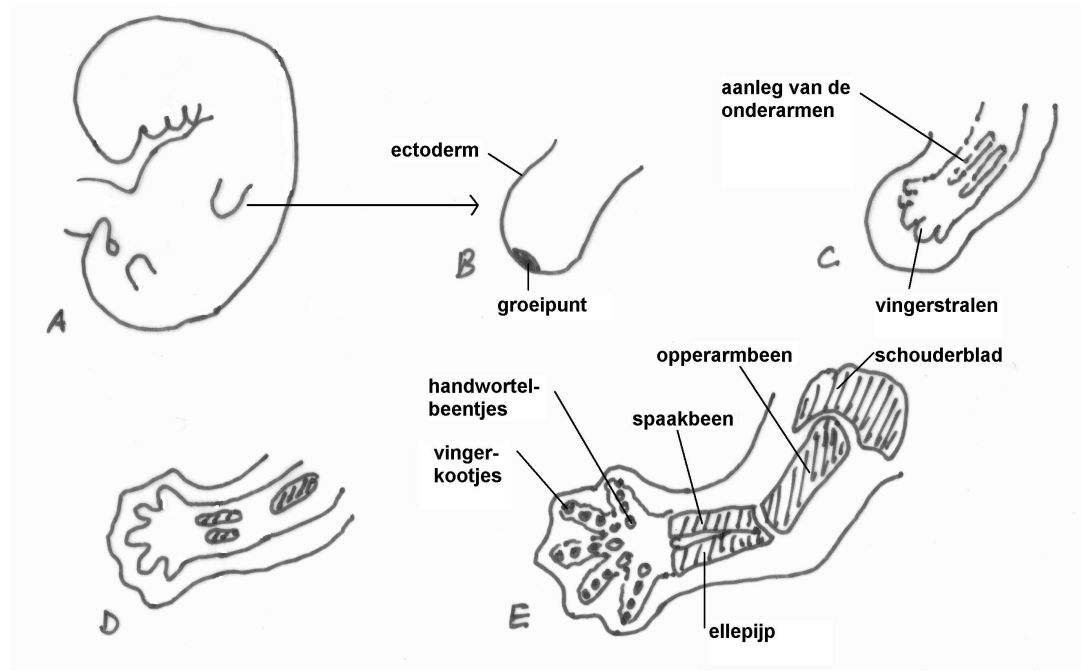
Hoofd, romp en ledematen zijn gescheiden en hebben elk hun eigen taak: het hoofd dient vooral het waarnemen en het denken, de romp met hart en longen het gevoel en de ledematen dienen het handelen.



Afbeelding 36. De mens-mens (ontleend aan van der Wal, naar Hartmann) Evenals de dieren is de mens een ingekeerd organisme met een binnenwereld. Het verschil is dat de mens niet alleen een fysiek centrum heeft, maar ook een geestelijk centrum: zijn zelfbewustzijn. De mens heeft een standpunt van waaruit hij de wereld en zichzelf bekijkt en hij kan vanuit zijn centrum vrij handelen.

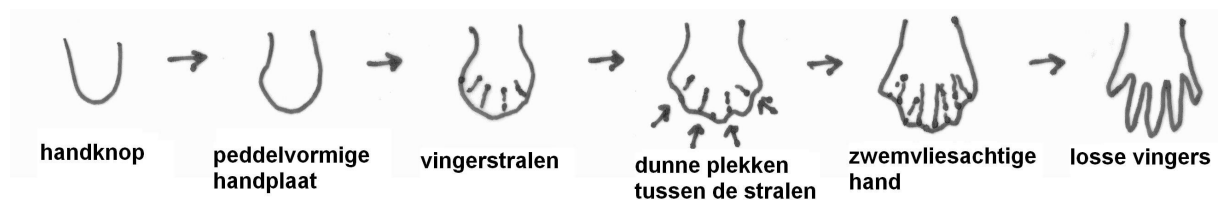
De ledematen (incl. karakteristiek)

Aan het eind van de vierde week verschijnen de knoppen van de armen en twee dagen later van de benen (afb. 33). fb. 37 laat de ontwikkeling van de ledematen zien. Van de armen verschijnt eerst het uiteinde, de knop die de vingers zullen worden. Daarna verschijnt de hand en vervolgens de onderarm, de bovenarm en als laatste de schouders. Vingers en tenen verschijnen eerst als een plaat, die stralen krijgen en na een fase waarin ze op zwemvliezen lijken verschijnen de afzonderlijke vingers en tenen. Op de 52^{ste} dag zijn de armen en vingers geheel gevormd, op de 56^{ste} dag de benen en tenen.



Afbeelding 37. Ontwikkeling van de armen (ontleend aan Moore)

Eerst verschijnt er een knop van de handen, bij C zijn ook de onderarmen zichtbaar, bij D de bovenarm, bij E de schouderbladen. Het mesoderm verhardt langzaam, de beenderen zijn eerst nog van kraakbeen.



Afbeelding 38. Ontwikkeling van de vingers en tenen (ontleend aan Moore)

Eerst zijn er peddelvormige plaatjes, waarin de vingers en tenen als stralen ontstaan. Bij de stralen wordt het weefsel dikker en ertussen dunner. Het dunne weefsel verdwijnt en de afzonderlijke vingers en tenen zijn gevormd.

De armen en benen liggen eerst zijdelings naast het lichaam. In de 8^{ste} week draaien de armen naar buiten (exorotatie) en de benen naar binnen (endorotatie), waardoor de handen naar boven gericht worden en de voeten naar beneden (afb. 35). De voeten zijn op de aarde gericht, de handen op de hemel.

Ook is te zien dat de armen op het hart liggen en de benen op de navelstreng. De armen bewegen mee met het ritme van de eigen (snelle) hartslag en de benen bewegen mee met het ritme van het bloed in de navelstreng, die wordt bepaald door de hartslag van de moeder. De armen

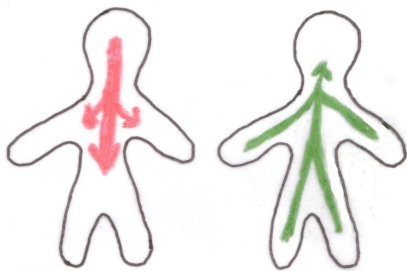
bewegen mee met het eigen ritme van het embryo, de benen met dat van de moeder. De armen zijn meer van het embryo, de benen meer van de omgeving. De armen zijn vanaf het begin meer op het embryo zelf gericht, de benen meer op de omgeving.

De mens staat tussen hemel en aarde en is via zijn voeten op de aarde gericht en via zijn handen op de hemel. De voeten zijn aarde-gebonden, de handen zijn vrij.

	armen	benen
draaiing	naar buiten (exorotatie)	naar binnen (endorotatie)
richting	handen naar boven	voeten naar beneden
plaats	op het hart	langs de navelstreng

Tabel 5. Verschillen tussen armen en benen

Aan de kant van het hoofd ontwikkelt het embryo zich sneller dan aan de kant van de stuit. Het neurale kanaal is daar eerder gesloten, het spijsverteringskanaal wordt daar eerder gevormd en de armen ontstaan eerder dan de benen. Dit wordt de cranio-caudale (= hoofd-stuit) groeibeweging genoemd. Bij de ledematen daarentegen verschijnen niet de schouders en het bekken eerst, maar de vingers en tenen en ontstaat dat wat het dichtst bij het centrum ligt het laatst en dat wat het verst ervan verwijderd is het eerst. Dit is een omkering van de eerder genoemde ontwikkelingsrichting. Dit zou men de periferie-centrum groeibeweging kunnen noemen (afb. 39). Deze groeibeweging is voor de mens belangrijk, omdat dat wat het laatst ontstaat het langst doorgroeit. Zo worden de benen langer dan de armen en de bovenbenen langer dan de onderbenen (Verhulst). Deze groeibeweging bepaalt in belangrijke mate de menselijke, rechtopgaande gestalte.



Afbeelding 39. Links: cranio-caudale groeibeweging en rechts de periferie-centrum groeibeweging (naar Verhulst)

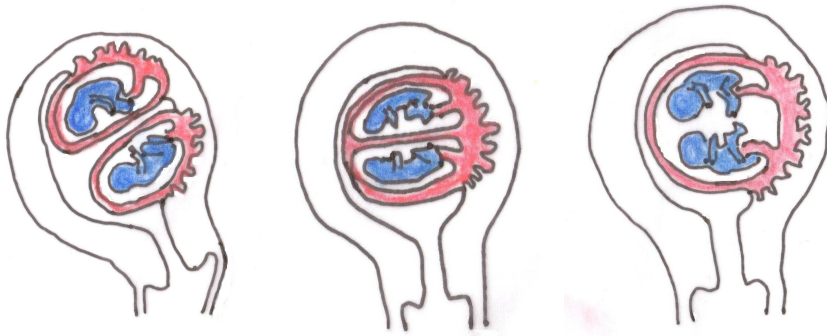
Tweelingen

In aanvulling op hoofdstuk 5 staan in afb. 40 vervolgtekeningen van de drie typen tweelingen die kunnen ontstaan.

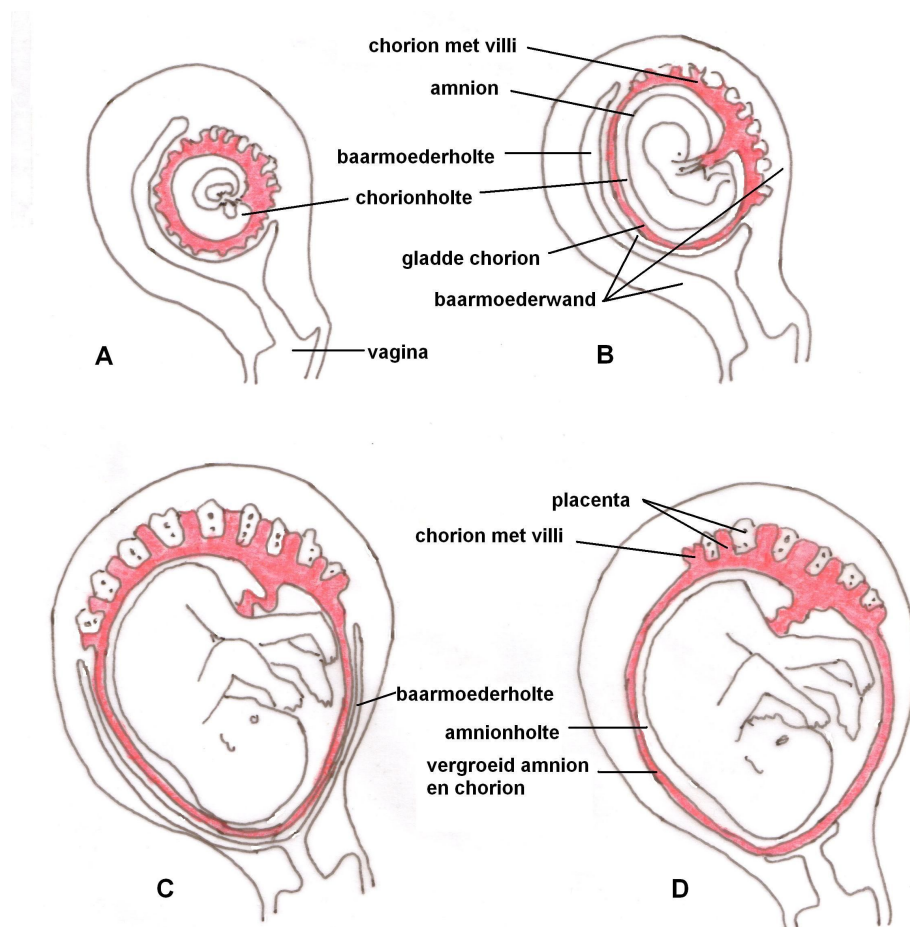
Beide embryo's van de twee-eiige tweeling liggen elk in hun eigen chorion en amnion, de placenta's kunnen los liggen of vergroeid zijn.

De een-eiige tweeling uit de eerste week is ontstaan uit twee embryoblasten binnen een trofoblast. De embryo's delen het chorion en de placenta en liggen elk in hun eigen amnion.

De een-eiige tweeling uit de tweede week is ontstaan uit een deling van de embryonale schijf. De embryo's delen amnion, chorion en placenta. Het gevaar is groot dat de navelstrengen om elkaar winden en dat de bloedtoevoer van een van beiden wordt afgebonden.



Afbeelding 40. Tweelingen, van links naar rechts: twee-eiig, een-eiig uit de eerste week en een-eiig uit de tweede week (ontleend aan Moore) Uitleg in de tekst.



Afbeelding 41. De ontwikkeling van de vliezen en de placenta. A: 4^{de} week, B: 8^{ste} week, C: 16^{de} week, D: 22^{ste} week (ontleend aan Moore) Uitleg in de tekst.

De vliezen

Het embryo wordt omhuld door het amnion, het chorion en de baarmoederwand. Het embryo groeit en wordt na de achtste week foetus genoemd. Bij 41A. is het amnion in de vierde week nog klein en hangt de embryonale schijf met amnion en dooier vrij in de chorionholte. Bij B is de amnionholte groter geworden en neemt het bijna geheel de chorionholte in. De baarmoederholte is bijna geheel door beide ingenomen. Bij C is te zien dat de baarmoederholte geheel door de foetus wordt gevuld. De chorionholte is zo goed als geheel gevuld door de amnion-

holte. Uiteindelijk zullen chorion en amnion vergroeien (afb. 41D). Vruchtwater is amnion-vloeistof.

Beelden van de mens

Wanneer is het embryo een mens? Is het altijd mens, of wordt het pas vanaf een bepaald moment mens? Een embryo van 8 weken lijkt op een mens. Een eencellige zygote lijkt meer op andere eencellige organismen en niet op een mens. De embryonale stadia uit de vierde week zien er vreemd en weinig menselijk uit.

Een antwoord kan worden gevonden door terug te kijken. Een volwassene ziet er anders uit en gedraagt zich anders dan een puber en die ziet er anders uit dan een kind en een kind ziet er weer anders uit dan een baby. Er is een doorgaande lijn te zien en hoewel een kind en een baby er anders uitzien en zich anders gedragen dan de volwassene zien we ze als een jonge mens.

Hoe zit dat dan met de foetus? Die ziet er uit als een baby, maar heeft een ander gedrag.

Wordt een baby te vroeg geboren, dan wordt alles in het werk gesteld om die in leven te houden. Die foetus komt voort uit het embryo en dat weer uit de kiemschijf en die uit de blastula en die uit de zygote. Allen zijn ze verschijningsvormen van een mens met een eigen bij de verschijningsvorm en de omstandigheden passend gedrag. Zoals de baby verschilt van de volwassene, zo verschilt de zygote van de baby. Dat leidt tot mijn conclusie dat het embryo altijd mens is, alleen in een andere verschijningsvorm. Vandaar: embryologie: beelden van de mens.

9. Bronnen

Bie, G van der, 2001. Embryology. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Blehschmidt, E., 1979. Zo begint het menselijk leven. Buijten en Schipperheijn, Amsterdam.

König, K, 1986. Embryologie und Weltentstehung. Novalis Verlag.

Moore, K.L., 1989. Before we are born. Saunders, Philadelphia.

Verhulst, J., 1999. Der Erstgeborene. Freies Geistesleben, Stuttgart.

Van der Wal, J, 2002. De menselijke bevruchting in een nieuw perspectief? Op: www.embryo.nl.

Van der Wal, J., 2003. Dynamic morphology and embryology. In: Bie, G van der & M. Huber, Foundations of anthroposophical medicine.

Websites

www.embryo.nl

www.embryology.ch