

新 発生学

Q シリーズ

フルカラー新装版

山形大学准教授 白澤信行 ● 編著

見開き完結



ぜんぶ図解!

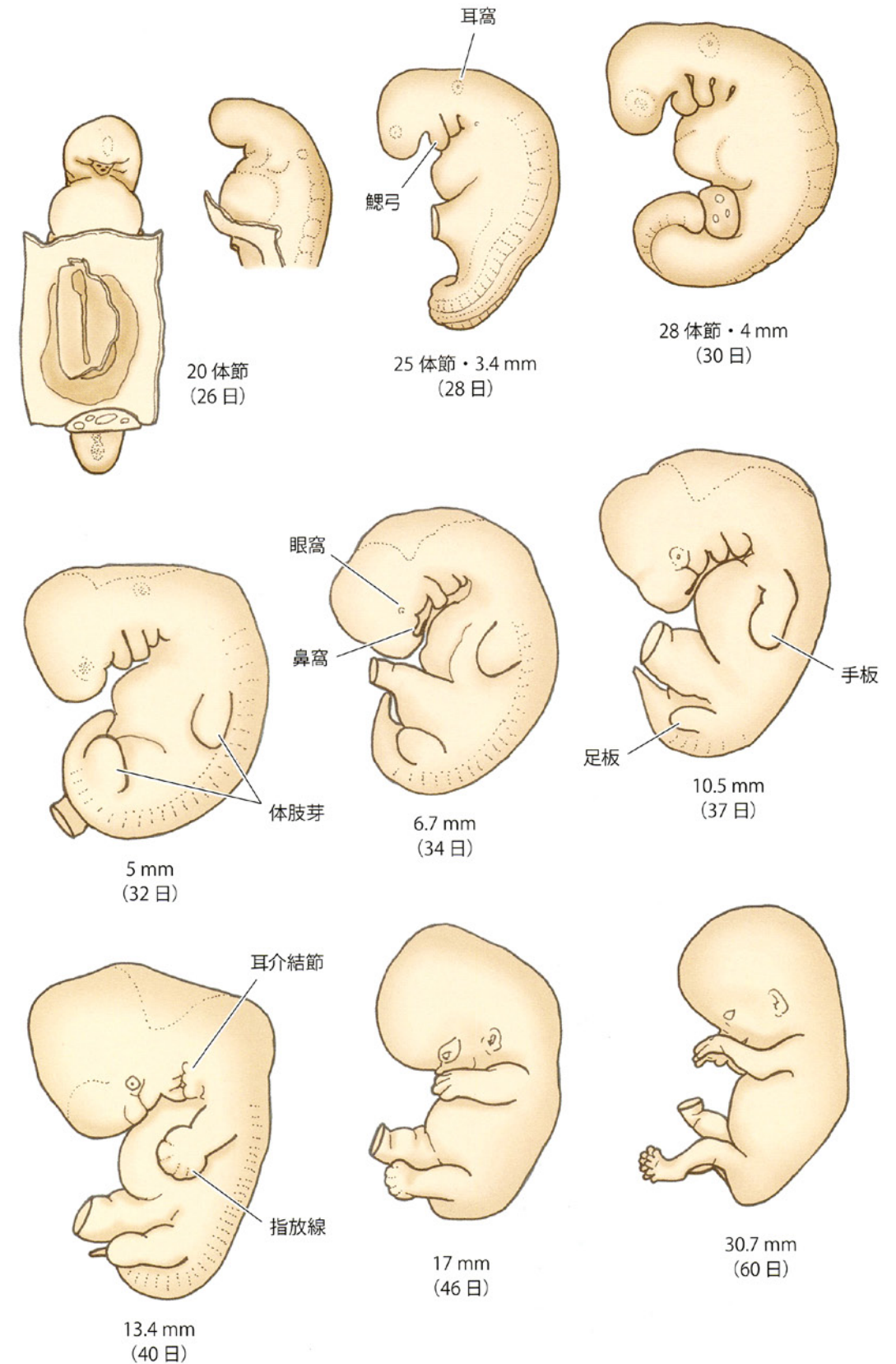
初学者のための解説 + カラー模式図
発生学のエッセンスを見開き1テーマで

1 総論

Q1 発生の全体像

- 発生学の胎齢に2週を加算すれば、産科学の胎齢（最終月経後の週数）になる。
- 器官の基本構造を形成する時期は、胚子期の7週末まで。
- ◆ ヒトの発生過程は、①卵管内での受精、②子宮壁に着床し初期の胚葉が形成される**前胚子期**、③子宮内膜中で器官の基本構造が形成される**胚子期**（7週末頃まで）、④子宮内で各器官が成長する**胎児期**の合計約266日間を経る。
- ◆ 分化の過程が比較的遅い大脳や小脳、一部の生殖器などを除いて、形態変化の大きい胚子期が発生学を中心となる。器官形成が盛んな時期（6週を中心とする期間）は、胚子が外界の因子の影響を受けやすい時期（**臨界期**）でもある。
- ◆ 胎齢は、発生学では受精日から、産科学では最終月経日から数える。性周期が28日であることから、1カ月は4週として計算する。胚子期が終わる7週末すなわち8週は、最終月経後10週（2.5カ月）にあたる。妊娠月数は最終月経の初日を起点として計算しているため、最終月経後2.5カ月は「妊娠3カ月半」となる。

前胚子期	1週	受精卵 → 桑実胚 → 胚盤胞 → 子宮壁への着床	
	2週	二層性胚盤 → 原始胎盤の形成 → 子宮内着床	
胚子期	3週	三層性胚盤（原始線条・脊索・神経板・神経ヒダ・胚性中胚葉・体節・心筒の形成）	最大長 2mm
	4週	心臓拍動開始、心ループ・神経管・鰓弓・喉頭気管憩室・耳窩・体枝芽の形成	最大長 5mm
	5週	口唇・眼窩・眼杯・鼻窩・手板・足板・肺芽・心房心室中隔・脳胞・尿管芽の形成	最大長 8mm
	6週	上唇・歯・舌・耳介結節・指放線・乳腺堤の形成	最大長 13mm
	7週	口蓋・眼瞼・指放線・臍帯ヘルニア・外生殖器・骨・体節筋の形成	頂尾長 20mm
胎児期	8週	肛門膜開孔、内生殖器の性分化	頂尾長 30mm
	9週	外生殖器の性分化	頂尾長 40mm
	10週	爪の形成	頂尾長 60mm
	3カ月	四肢運動、呼吸運動、羊水嚥下	体重 = 2 × (月数) ³ g
	4カ月	胎盤ができる	身長 = (月数) ² cm
	6カ月	胎脂・頭髪・睫毛ができる	体重 = 3 × (月数) ³ g
	7カ月	老人様顔貌	身長 = 5 × (月数) cm
	10カ月	体重 3,000g, 身長 50cm → 分娩 → 新生児	

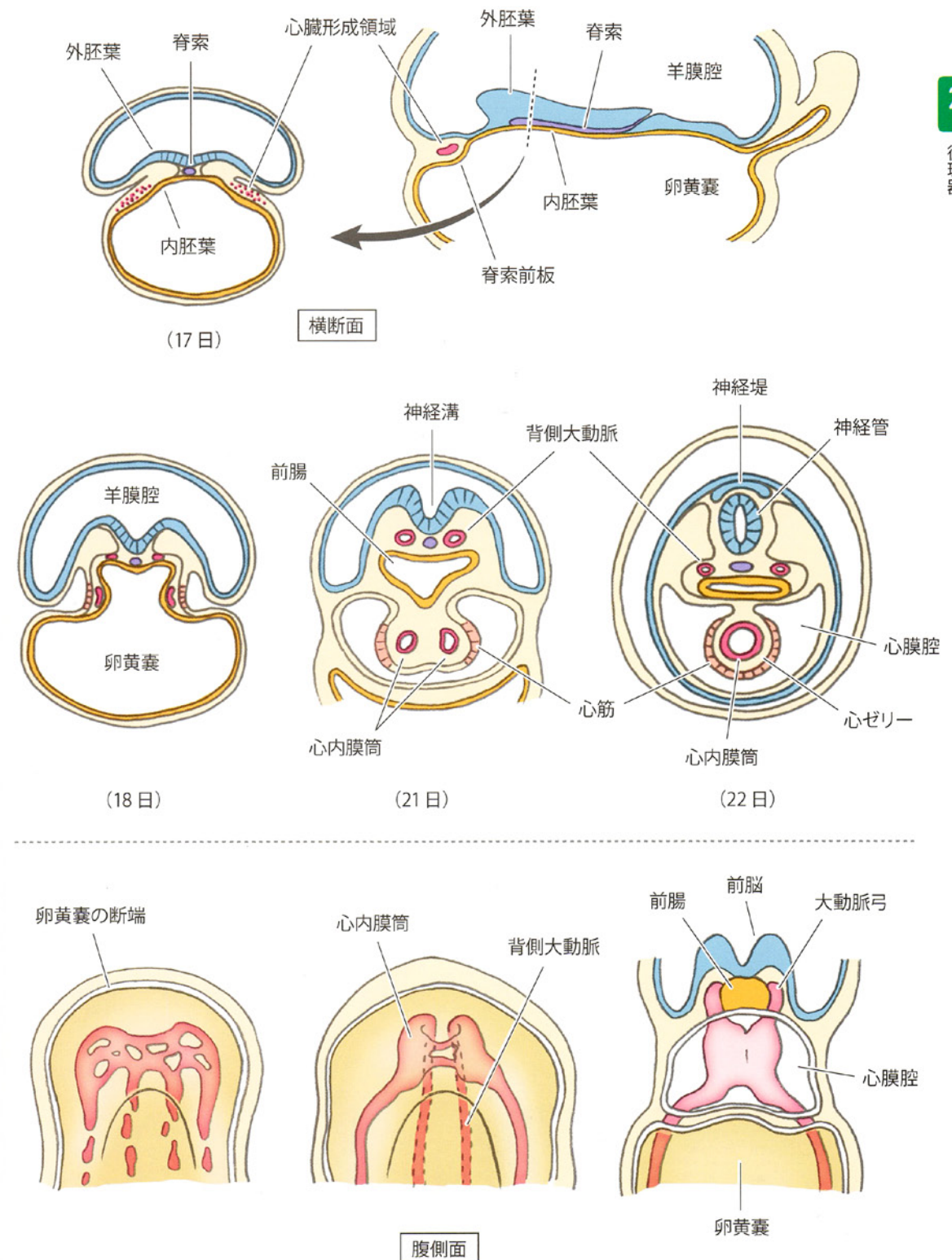


2 循環器

Q23 心内膜筒

- 心臓は最初に形成され、機能する臓器である。
- 左右の原始心内膜筒は正中で癒合して単一の心内膜筒を形成する。
- 胎生約 22 日で、心内膜筒は拍動を開始する。

- ◆ 循環器系は最初に機能する臓器で、他の臓器よりはるかに早く出現する。心臓自体の形態が出来上がる以前に、胚子の増大する代謝と他臓器の発育に応えるために、すでに循環器としての機能を発揮している。心臓は、胚子全体に血液を送るという機能を果たしつつ、単純な筒から 4 つの部屋を持つ複雑な構造に変化していく。
- ◆ 胎生 18 ~ 19 日頃、脊索前板の前方部に側板中胚葉由来の細胞が密集して心臓の原基を形成する。この心臓前駆細胞の起源を**一次心臓形成領域**という。やがて、これらの細胞集団の内部に管腔が生じ、**原始心内膜筒** primitive endocardial heart tube ができる。
- ◆ 胚子の側屈に伴って、左右の原始心内膜筒は頭側から尾側に向かって正中で癒合していき、単一の**心内膜筒** heart tube を形成する。
- ◆ 胎生 22 日頃、心内膜筒はその静脈端から動脈端に向けて収縮を繰り返すようになる。すなわち拍動が開始される。
- ◆ さらに発生が進みループ形成が起こる頃には、心内膜筒の背側にある臓側中胚葉由来する前駆細胞が、心臓の円錐動脈幹と右心室および心房の形成に関与する。この起源を**二次心臓形成領域**と呼ぶ。そのほか、外胚葉由来の神経堤細胞が円錐動脈幹に移動して大動脈肺動脈中隔が形成される。
- ◆ 心内膜筒の内側は、将来**心内膜**と呼ばれる心臓の内皮層である。心内膜筒の外側には**心筋層**が形成される。この 2 層の間は**心ゼリー**と呼ばれるゼラチン状の結合組織によって隔てられる。
- ◆ **心外膜**は、静脈洞の腹側壁表層から伸び出した中皮細胞塊の絨毛様突起の先端が心筋層の背側壁に付着し、そこから心臓全体に中皮（体腔上皮）のシートが伸展して形成される。心外膜シートが心室、心房、心球の順に遠位部に向かって伸びていく間に、心筋層は肉柱化し、**心内膜床** endocardial cushion が作られ、心外膜下に間葉細胞が出現する。



5 骨格・筋・四肢

Q71 軟骨の発生

- 胎生期には多量の軟骨が作られ、将来の骨の鋳型となる。
 - 軟骨の形成は未分化間葉細胞の集合から始まる。
 - 間葉細胞は軟骨芽細胞、骨芽細胞、線維芽細胞などに分化する能力がある。
- ◆ 中胚葉性の間葉細胞が移動・密集して軟骨化中心を形成する。これらの間葉細胞は**軟骨芽細胞**に分化し、軟骨膜と膠原線維、弾性線維などからなる**軟骨基質**を作る。胎生期に形成された軟骨の多くは、やがて軟骨内骨化の過程を経て骨組織に置き換わる。

Q72 骨の発生

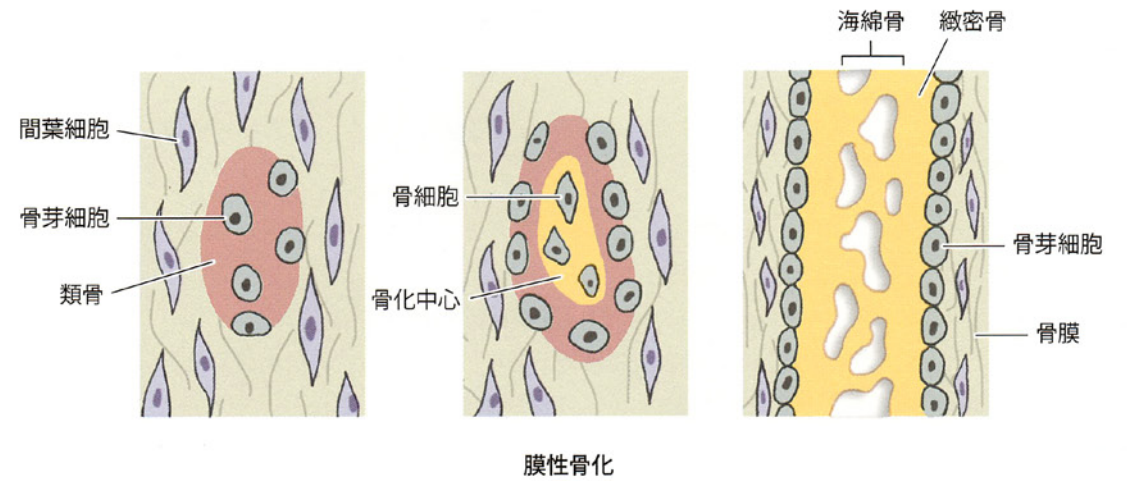
- 間葉組織が骨組織に置き換わることを骨化という。
 - 膜性骨化では間葉細胞から直接骨芽細胞が分化する。
 - 軟骨内骨化ではいったん軟骨の鋳型が作られ、これが骨に置換される。
- ◆ 骨化 ossification とは細胞間基質や膠原線維に鈣質（リン酸カルシウムを主体とする無機質）が沈着していくことをいい、次の2つの様式がある。

膜性骨化

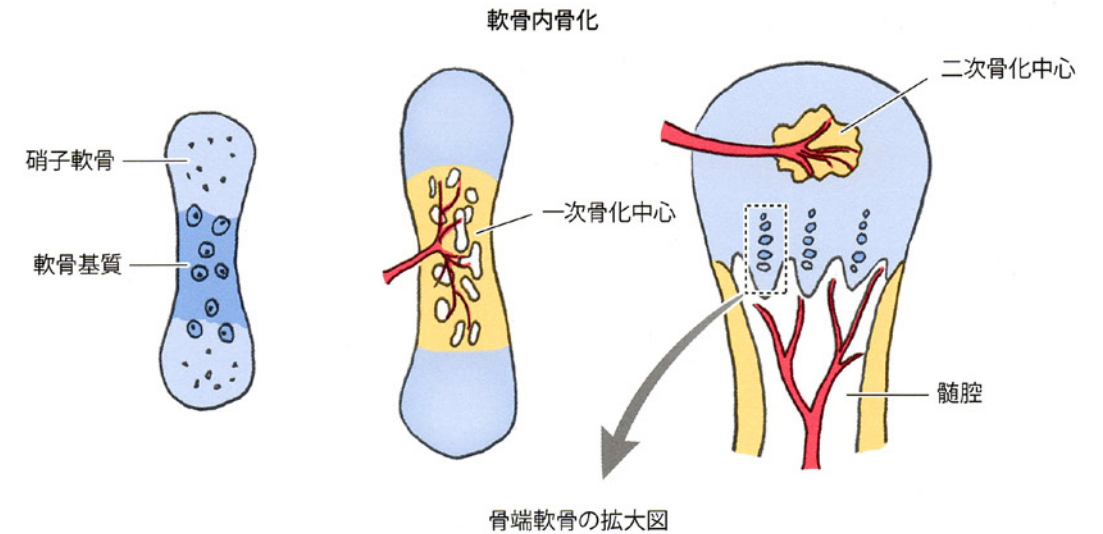
- ◆ 頭蓋の扁平骨はこの様式で形成される。膜様に密集した間葉細胞から分化した**骨芽細胞** osteoblast 間の線維はやがて**類骨** osteoid となり、これに鈣質が沈着して一次骨を形成する。膜性骨化の初期は海綿状で、中心部は**海綿骨** spongy bone、外側は**緻密骨** compact bone（骨膜骨 periosteal bone）となる。

軟骨内骨化

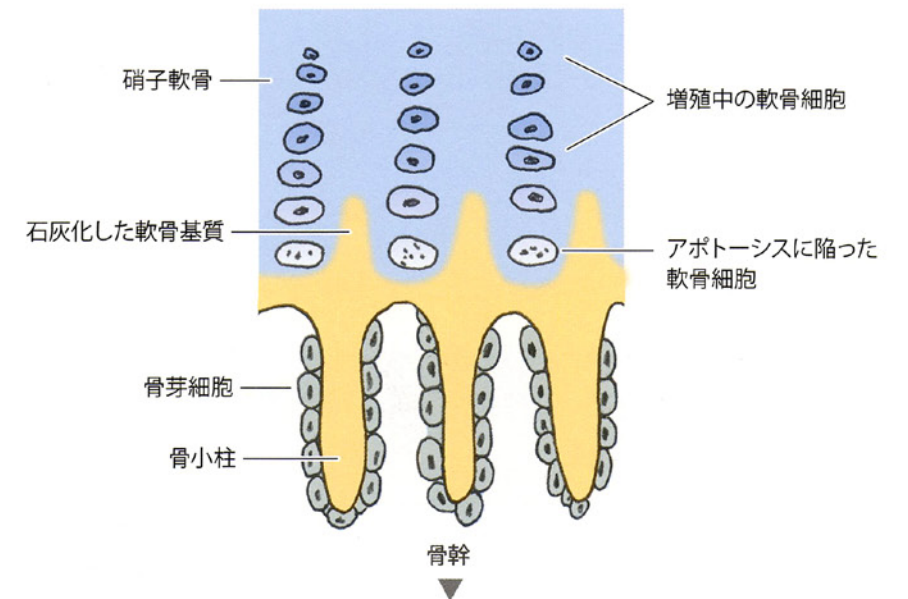
- ◆ 四肢の長骨はこの様式で形成される。まず胎生6週すぎに間葉細胞が集合して軟骨の鋳型を作る。やがて骨幹部に**一次骨化中心**が現れる。骨幹部を取り巻く軟骨膜に膜性骨化が起こり、骨膜となる。骨膜の内側の軟骨細胞は肥大し、その周囲に鈣質が沈着して徐々に緻密骨に置き換わる。
- ◆ 出生時には、多くの長骨は骨化した骨幹部と、軟骨化した骨端部からなっている。生後、骨端部にも血管に富んだ間葉組織が侵入して、**二次骨化中心**が出現する。



膜性骨化



軟骨内骨化



6 神経系

Q79 神経板から神経管・神経堤の形成

● 神経外胚葉の神経板は神経管と神経堤を作る。

神経板から神経管の形成

- ◆ 神経系の原基は、受精 17 日頃に出現する **神経外胚葉** neural ectoderm である。二層性胚盤の間に作られた脊索によって胚盤の長軸が決まると、上層の外胚板に長楕円形の **神経板** neural plate が形成される。二層性胚盤の間に胚性中胚葉細胞が外胚板から陥入して三層性胚盤になりながら、神経板の軸に沿って陥入した **神経溝** neural groove が作られ、その両側は隆起して **神経ヒダ** neural fold となる。
- ◆ 18 日頃から体節の形成とともに、両側の神経ヒダは胚子の中央部から接近・癒合を開始し、21 日頃には頭部と尾部に向かって管状の **神経管** neural tube を形成する。神経ヒダの頭方と尾方は管状化が遅れ、それぞれ神経孔として羊膜腔に開口した状態になるが、頭側神経孔は 24 日頃に、尾側神経孔は 26 日頃に閉鎖して管状化が完成する。神経管から脳と脊髄が形成される。

神経堤

- ◆ 神経管の形成過程で、神経ヒダの一部の細胞が神経管の両側から離れるように胚性中胚葉の中に移動し、板状から分節状の **神経堤** neural crest を形成する。神経堤組織は、中脳領域から尾端まで縦長に並ぶ。体節の形成とともに神経堤組織も分節化して神経節の原基となる。神経節原基は各体節に作られる筋原基（筋節）に対応し、一般知覚神経を形成するとともに、同位の脊髄から運動神経が入る。
- ◆ 神経堤組織から脊髄神経節、交感神経節、副交感神経節、末梢神経のシュワン細胞、副腎髄質、皮膚の色素細胞などが形成される。

神経系の分節化

- ◆ 沿軸中胚葉からなる体節は、身体の左右で対をなし体軸方向に繰り返す分節構造である。神経系も体節に対応して **神経節** ganglia という一連の相同な分節を作る。神経管から作られる脊髄は分節構造をとらないが、脊髄髄質は体節に対応した区分があり **神経分節** neuromere という。神経分節はそれぞれ固有の皮膚領域（**皮膚節** dermatome）から知覚神経線維を受け、固有の筋群（**筋節** myotome）へ運動神経線維を送る。ただし、運動路の分節化は知覚路ほど顕著ではない。

