

ANATOMIA E FISILOGIA DOS **Animais de Fazenda**

SÉTIMA EDIÇÃO

Rowen D. Frandson, BS, DVM, MS

Professor Emeritus, Department of Anatomy and Neurobiology
College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences
Colorado State University
Fort Collins, Colorado

W. Lee Wilke, DVM, PhD

Associate Professor Emeritus, Department of Biomedical Sciences
College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences
Colorado State University
Fort Collins, Colorado

Anna Dee Fails, DVM, PhD

Assistant Professor, Department of Biomedical Services
College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences
Colorado State University
Fort Collins, Colorado



Embriologia

Desenvolvimento das Camadas Germinativas, 39
Neurulação, 41
Diferenciação de Outros Tecidos, 41

Embriologia é o estudo do desenvolvimento pré-natal inicial de um animal. Como uma disciplina descritiva, foi suplantada em grande parte nos currículos escolares pela biologia do desenvolvimento, disciplina que tende a focar os eventos celulares, genéticos e moleculares que permeiam o desenvolvimento do embrião. Apesar disso, o conhecimento das alterações morfológicas que são o assunto da embriologia pode facilitar a compreensão da anatomia e, certamente, tornar mais lógico o entendimento dos defeitos encontrados ao nascimento.

O desenvolvimento começa com a fertilização do **óvulo** por um **espermatozoide** para formar o **zigoto** (ver Capítulo 28). O óvulo e o espermatozoide podem contribuir, cada um, com metade dos cromossomos nucleares para o zigoto recém-formado. As células do zigoto sofrem divisão, migração e diferenciação, tornando-se sucessivamente **mórula**, **blástula**, **gástrula** e então embrião. Em termos estritos, o **período embrionário** termina quando os vários órgãos e sistemas estão formados. O embrião então torna-se um feto, que lembra mais ou menos um adulto da mesma espécie. O **período fetal** abrange especialmente o aumento de tamanho e diferenciação funcional de órgãos. Em bovinos, o embrião torna-se feto aproximadamente no fim do segundo mês de gestação. O feto torna-se um **neonato** (animal recém-nascido) no momento do **parto** (nascimento).

Desenvolvimento das Camadas Germinativas

O zigoto unicelular sofre as primeiras divisões mitóticas, conhecidas como **clivagens**, logo após a fertilização. A clivagem

aumenta o número de células (denominadas **blastômeros**), sem aumentar o volume do embrião em desenvolvimento, de modo que, após cada divisão celular, as células-filhas têm massa citoplasmática menor. No entanto, os núcleos das células-filhas são de tamanho normal e contêm um complemento completo de cromossomos. O aglomerado de pequenas células resultantes da clivagem tem um aspecto lobulado que lembra uma amora, daí a denominação de **mórula** (do latim, *pequena amora*) dada a esse estágio (Figura 3.1).

Quando a **mórula** alcança o útero, forma-se uma cavidade, a **blastocèle**, dentro dela, transformando a **mórula** em uma bola oca denominada **blástula**. A **blástula** compreende uma camada de células, o **trofoblasto**, circundando a **blastocèle**, em que a coleção de células, a **massa celular interna**, se sobressai. Por fim, a massa celular interna forma o corpo do embrião. O trofoblasto irá desenvolver-se nos tecidos extraembrionários, inclusive a placenta.

Como retêm o potencial de tornar-se qualquer célula do embrião (excluindo os tecidos extraembrionários), as células da massa celular interna em geral são descritas como **pluripotenciais**. Essas células do embrião inicial, as chamadas **células-tronco embrionárias**, são motivo de grande interesse e debate na comunidade científica (ver final deste capítulo).

É o estágio de blástula que é colhido de animais doadores para transferência de embriões.

A parte da massa celular interna mais próxima do trofoblasto é o **epiblasto**, enquanto a parte adjacente à **blastocèle** é o **hipoblasto**. À medida que a massa celular interna se desenvolve forma-se uma cavidade dorsal no epiblasto, a **cavidade amniótica**.

Um pouco antes da segunda semana de desenvolvimento, o epiblasto começa a espessar-se com células em proliferação sobre o eixo longitudinal do embrião. Esse espessamento é a **linha primitiva**, e daí as células do epiblasto migram para o interior do embrião, localizando-se profundamente na camada externa de células (agora chamada **ectoderma**) e deslocando o hipoblasto para criar uma camada profunda, o **endoderma**. Entre o **ectoderma** e o **endoderma**, é estabelecida a terceira e última camada, o **mesoderma**. Essa migração de células é a **gastrulação** (Figura 3.2), com que o embrião estabelece as três linhagens celulares básicas que darão origem a todos os tecidos no corpo adulto.

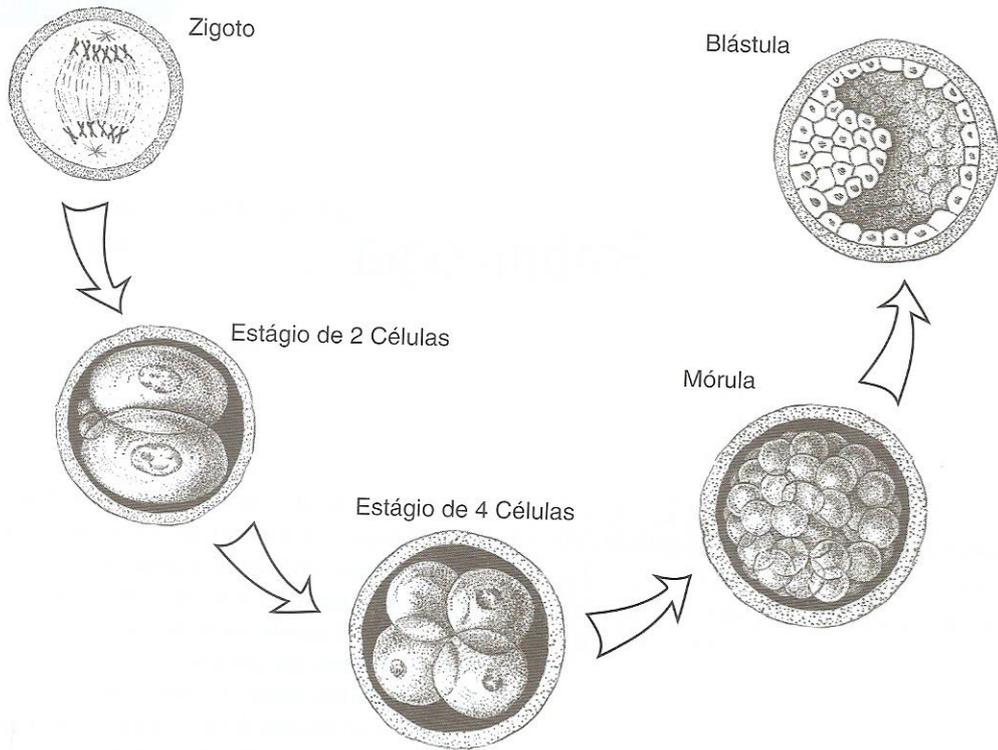
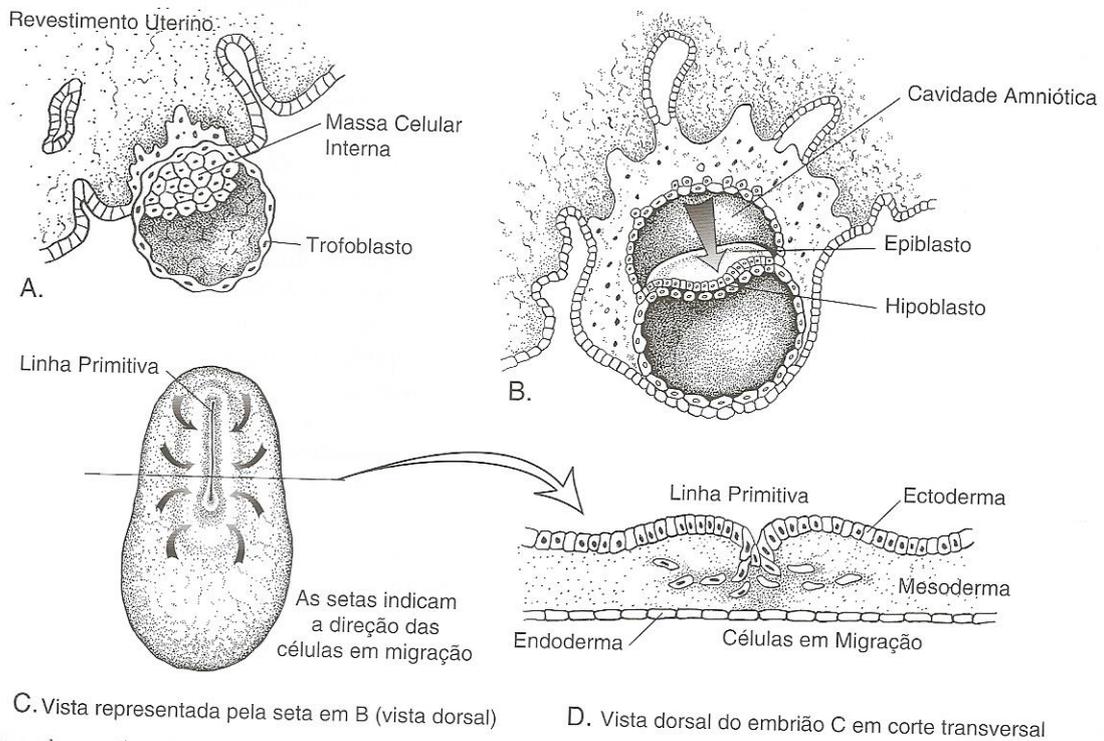


Figura 3.1 Desenvolvimento do zigoto até blástula.



C. Vista representada pela seta em B (vista dorsal)

D. Vista dorsal do embrião C em corte transversal

Figura 3.2 Gastrulação. A) e B) Na época da implantação, quando o embrião está firmado na parede uterina, a massa celular interna torna-se um disco de duas camadas distintas, o epiblasto e o hipoblasto. C) Embrião visto de cima, como indicado pela seta em B. As células da região da linha primitiva começam a proliferar-se e a migrar na direção da linha primitiva longitudinal na linha média dorsal. D) Corte transversal através da linha primitiva. As células em migração movem-se para o interior do embrião, onde tornam-se o mesoderma.

O ectoderma da superfície dorsal do embrião irá tornar-se a epiderme e o tecido nervoso. O endoderma é a linhagem de células germinativas, destinadas a tornar-se o revestimento dos sistemas gastrintestinal e respiratório, das partes epiteliais das glândulas associadas ao sistema digestório e do sistema reprodutor. O mesoderma dá origem aos músculos, esqueleto, sistemas urinário e cardiovascular, bem como a partes do sistema reprodutor.

Neurulação

Com início em torno da segunda semana de desenvolvimento, o mesoderma na linha média do embrião em desenvolvimento condensa-se em uma haste longitudinal, o **notocórdio**, que nos vertebrados é essencial para a formação do sistema nervoso sobrejacente e para a diferenciação do mesoderma adjacente nas vértebras definitivas.

O ectoderma sobrejacente ao notocórdio é induzido por ele a espessar-se, formando a **placa neural**. A partir desse ponto, essas células, destinadas a tornar-se o sistema nervoso, constituem o **neuroectoderma**. As margens laterais da placa neural espessam-se e crescem em sentido dorsal, transformando-a em um **sulco neural**. O crescimento dorsal das margens do sulco neural prossegue até que elas se encontram e se fundem formando o **tubo neural** (Figura 3.3). A formação do tubo neural prossegue do sentido cranial para caudal, de modo que o encéfalo se desenvolve antes das

partes caudais da medula espinal. O lúmen do tubo neural persiste no adulto como o sistema ventricular do encéfalo e o canal central da medula espinal.

Diferenciação de Outros Tecidos

As células mesodérmicas de cada lado do notocórdio condensam-se em uma série de massas pareadas semelhantes a um bloco. Essas constituem os **somit**s, dispostos de forma segmentar, que por sua vez desenvolvem-se nas vértebras e músculos. O mesoderma lateral aos somitos denomina-se **mesoderma nefrogênico (intermediário)**. Ele irá originar os órgãos urogenitais (Figura 3.4).

O mesoderma mais lateral, a **placa mesodérmica lateral**, divide-se em duas camadas, formando uma cavidade, o **celoma**, que irá tornar-se as cavidades torácica, abdominal e pélvica.

A camada externa da placa mesodérmica lateral e o ectoderma adjacente compõem a **somatopleura**, que forma parte da parede corporal e entra na formação das membranas fetais. A camada interna da placa mesodérmica lateral e o endoderma constituem a **esplanopleura**, que forma a parede intestinal (Figura 3.5).

A diferenciação das células relativamente indiferenciadas de cada uma das três camadas germinativas para formar células teciduais especializadas denomina-se **histogênese**. Sabe-se muito sobre quando e onde desenvolvem-se vários

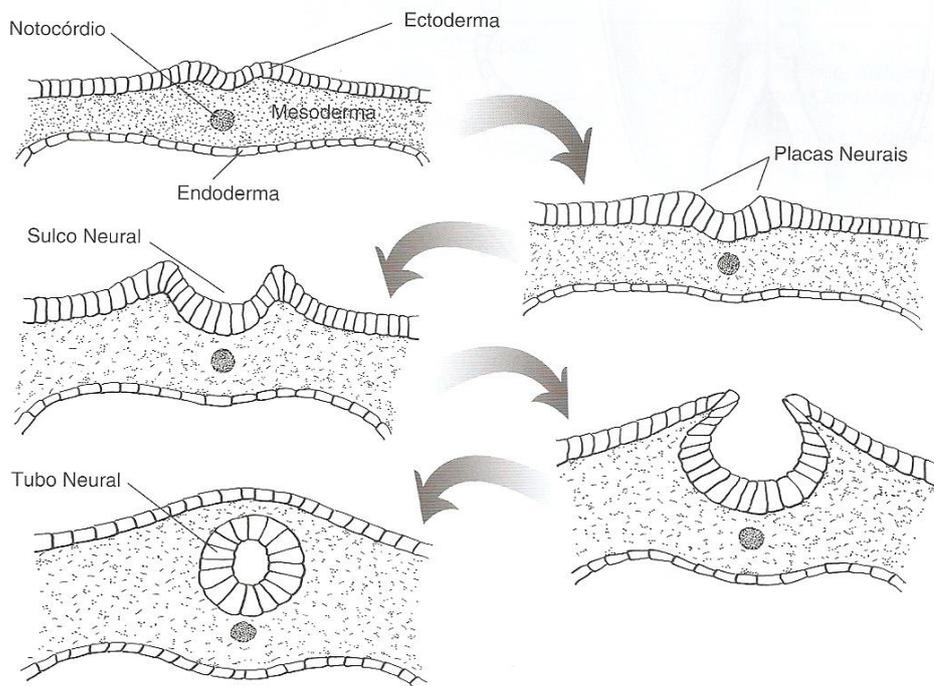


Figura 3.3 Neurulação. Em corte transversal, o ectoderma sobrejacente ao notocórdio é induzido a espessar-se formando a placa neural. O crescimento diferencial de células da placa neural produz uma depressão, o sulco neural. As margens do sulco neural aproximam-se uma da outra e fundem-se, criando o tubo neural, precursor da medula espinal e do encéfalo.

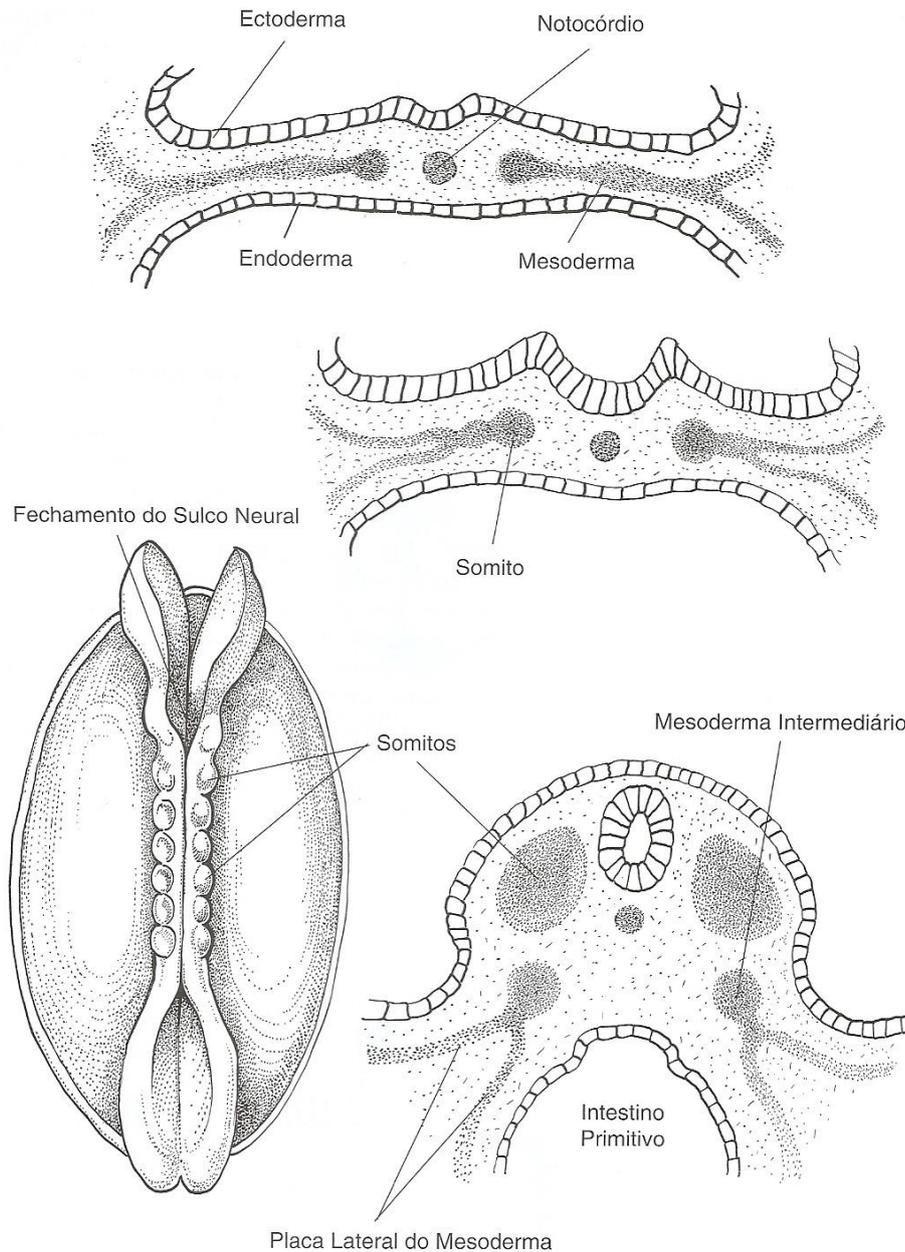


Figura 3.4 Diferenciação do mesoderma. Os somitos formam-se mais medialmente, dando origem aos músculos e ossos associados à coluna vertebral. Lateral aos somitos está o mesoderma intermediário, que irá diferenciar-se nos tecidos do sistema urogenital. Mais lateralmente, a placa mesodérmica lateral irá fazer parte das paredes gastrintestinal e corporal.

tecidos e órgãos, assim os biólogos do desenvolvimento estão começando a desvendar os eventos moleculares e genéticos que permeiam o desenvolvimento. Por exemplo, as moléculas da superfície celular que instruem células a migrarem e a se agregarem foram identificadas, assim como outras que fazem as células modificarem a expressão de seus genes. Uma vez que uma célula tenha alterado a expressão de seu genoma para assumir um papel mais especializado, é considerada *comprometida*. Cada uma das três linhagens

germinativas está comprometida para formar certos tipos de tecidos (Quadro 3.1). A *diferenciação* ocorre à medida que essas células assumem o aspecto e as funções características do tipo celular com que estão comprometidas.

As *células-tronco embrionárias* são capazes de diferenciar-se em múltiplos tipos de tecidos, característica denominada *pluripotência*. Ao contrário da maioria dos tecidos diferenciados, elas podem sobreviver muito tempo em cultura (fora do corpo). As células-tronco embrionárias

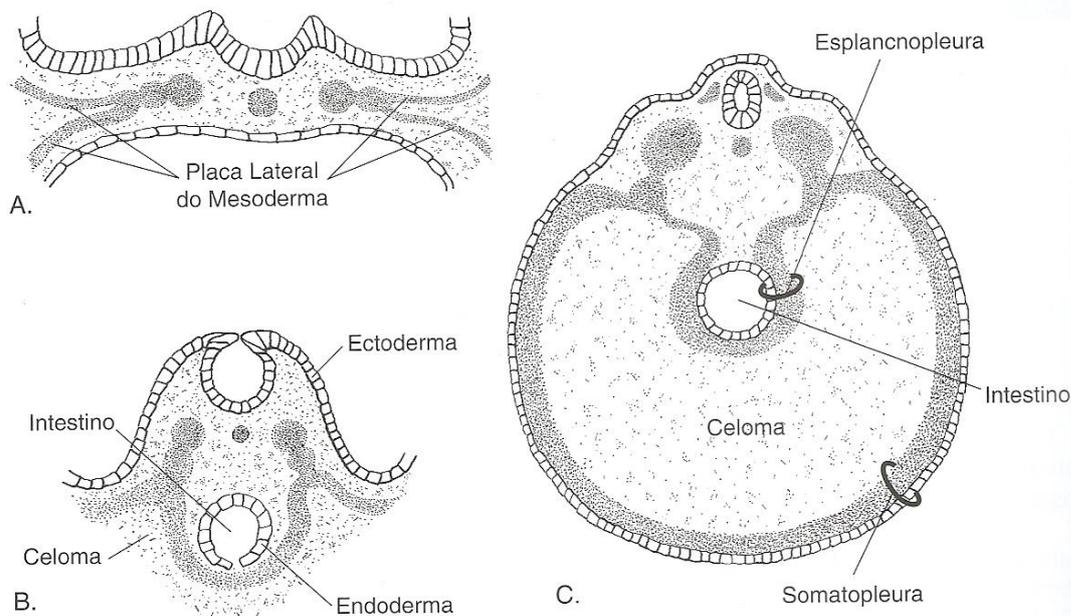


Figura 3.5 A) A placa mesodérmica lateral divide-se no início do desenvolvimento, criando o celoma (cavidade corporal primitiva). B) A camada externa associa-se ao ectoderma sobrejacente, enquanto a camada interna associa-se ao endoderma do intestino em desenvolvimento. C) O ectoderma mais a camada externa da placa mesodérmica lateral constituem a somatopleura, que se tornará a parede corporal. O mesoderma interno e o endoderma são a esplanopleura, que depois se torna a parede do trato gastrintestinal.

Quadro 3.1 Camadas Germinativas na Origem dos Tecidos

<i>Ectoderma</i>	<i>Mesoderma</i>	<i>Endoderma</i>
Epiderme, incluindo glândulas cutâneas, pelos, unhas (garras, cascos), lente	Músculo (de todos os tipos)	Epitélios de:
Epitélios dos órgãos dos sentidos, cavidade nasal, seios paranasais, cavidade oral	Cartilagem	Faringe, incluindo a raiz da língua tuba auditiva, tonsilas,
Esmalte dentário	Osso	Laringe, traqueia, pulmões
Tecido nervoso	Sangue, medula óssea	Tireoide, paratireoides, timo
Adeno-hipófise	Endotélio	Tubo digestório e glândulas
Células cromafins da glândula adrenal	Mesotélio (revestimento de cavidades serosas)	Bexiga urinária
	Epitélio dos rins e ureteres	Vagina, vestibulo
	Epitélio das gônadas, ductos genitais	Uretra e glândulas associadas
	Córtex adrenal	
	Sinóvia	

são profundamente interessantes para os pesquisadores biomédicos, pois parece que, quando cultivadas, podem ser induzidas a diferenciar-se em uma ampla variedade de tipos de tecidos, técnica promissora como um novo caminho para tratar doenças que envolvem a perda de tecidos normais. Algumas das muitas possibilidades incluem o uso de células-tronco para criar (1) células hematopoéticas para regenerar precursores sanguíneos normais para o tratamento de distúrbios hematológicos e imunes, (2) cartilagem e osso para substituir compo-

nentes esqueléticos danificados e (3) precursores neuronais para substituir neurônios perdidos na doença de Parkinson ou na de Alzheimer. A pesquisa com células-tronco embrionárias humanas tem implicações éticas discutíveis, pois em geral essas células são obtidas de embriões e fetos abortados. A pesquisa com embriões de animais tende a ter menos problemas éticos, mas naturalmente trará debates à medida que as técnicas desenvolvidas em modelos animais sejam incorporadas para uso na medicina humana.