Embriologia

A maioria das espécies animais e vegetais apresenta mecanismos de reprodução sexual que consistem basicamente na formação dos gametas masculinos e femininos, células especiais que possuem a metade dos cromossomos (onde está contida a informação genética) que o adulto requer e que, mediante sua união, formam o ovo ou zigoto, a partir do qual se origina um novo indivíduo.

Embriologia é a ciência biológica que estuda, nos vegetais e animais, o desenvolvimento da semente ou do ovo até constituir um espécime completo. Para alguns, seu campo de aplicação se estende aos processos de formação dos gametas e à fecundação.

Embriologia vegetal

As plantas superiores, que produzem sementes, formam células geradoras de gametas. São os gametófitos masculinos (microgametófitos) e femininos (macrogametófitos), que têm origem em órgãos especializados denominados esporângios (microesporângios e macroesporângios, respectivamente). Nas gimnospermas (plantas que não florescem nem frutificam), os microesporângios acham-se em estruturas cônicas chamadas estróbilos e os macroesporângios em outras, também cônicas e de maior tamanho, chamadas macrostóbilos - que correspondem, por exemplo, às pinhas do pinheiro. Por sua vez, nas angiospermas (vegetais que dão flor e fruto), os microesporângios correspondem a órgãos homólogos, as anteras, e os macroesporângios, aos pistilos.

Nas gimnospermas, o microgametófito é constituído de uma célula vegetativa e outra generativa, ambas haplóides (com um só jogo cromossômico, conseqüência do processo de divisão celular conhecido como meiose). A partir da célula generativa, durante o processo de fecundação, formam-se duas células, a pedicular e a espermatógena. O núcleo desta última se biparte, e assim a célula passa a constar de quatro núcleos haplóides. Nas plantas angiospermas, o microgametófito compõe-se de uma só célula, que contém três núcleos haplóides, dois espermáticos e um vegetativo.

O macrogametófito se compõe, nas gimnospermas, de múltiplas células haplóides, várias das quais são óvulos (gametas femininos que se fundem com um núcleo espermático, para formar o zigoto) e, nas angiospermas, de sete células: uma central, com dois núcleos haplóides, e dois grupos de três células haplóides em posição polar.

Quando o micromegatófito contido num grão de pólen entra em contato com um macroesporângio, dá-se a polinização. O grão de pólen lança o tubo polínico, pelo qual migram os núcleos espermáticos, que entram em contato com as células do macromegatófito para processar-se a fecundação. Nas gimnospermas, três dos núcleos do micromegatófito degeneram e o restante se funde com o óvulo para formar o zigoto. Nas angiospermas, um dos núcleos espermáticos se une ao óvulo (a célula central de um dos pólos do macromegatófito) e o outro se funde com os dois núcleos da célula central. Assim se constitui o endosperma, tecido de reserva que serve de nutriente ao embrião durante seu desenvolvimento.

Os zigotos formados começam a dividir-se ativamente mediante mitose, até formar o embrião, que consta de uma raiz e um talo jovens e de dois ou mais cotilédones (folhas embrionárias), nas gimnospermas, e de um ou dois cotilédones nas angiospermas (conforme sejam monocotiledôneas ou dicotiledôneas). A multiplicação das células caracteriza distintas zonas embrionárias, além dos cotilédones: nas dicotiledôneas, por exemplo, se distinguem o núcleo ou meristema radicular, a fração central ou hipocótilo, a superior ou meristema caulinar, o Albume e o tegumento da semente. Rodeada dos restos de tecido do macroesporângio, constituem-se as sementes que, no caso das angiospermas, ficam dentro do fruto. Depois de uma fase de latência, as sementes germinam e dão início ao crescimento da planta.

Embriologia animal

Nos animais, o embrião pode dar lugar a um adulto, em processo de crescimento direto, ou produzir uma larva que passará por metamorfose para converter-se em adulto. As células que apresentam dois jogos cromossômicos homólogos são diplóides e os organismos correspondentes diplontes. Isso ocorre em todos os animais: durante a gametogênese, formam-se os gametas (óvulos nas fêmeas e espermatozóides nos machos), que só têm um jogo cromossômico como resultado da meiose.

Na fecundação, o núcleo do espermatozóide funde-se com o óvulo para formar o zigoto, que assim constitui a célula diplóide. O embrião pode desenvolver-se fora do organismo a partir do qual se formou, alimentando-se de uma substância proporcionada pelo óvulo, o vitelo (caso dos animais ovíparos, como as aves), no interior do gerador, também com nutrição vitelina (animais ovovivíparos, como alguns répteis), ou ainda no interior, mas com alimentação fornecida pelo organismo (caso dos animais vivíparos, como os mamíferos).

Fases de desenvolvimento embrionário. A complexidade do processo de crescimento do embrião impõe a atribuição de denominações específicas a numerosas células e grupamentos celulares que intervêm em suas sucessivas etapas de desenvolvimento.

Segmentação. O começo do processo embrionário consiste na divisão mitótica do zigoto, que dá origem a duas células que voltam a dividir-se. O processo se repete à medida que aumenta o número de células (2, 4, 8, 16...) até formar uma densa esfera de células, a mórula. O resultado final desse processo, chamado segmentação, é o estado da blástula (nos mamíferos, blastocisto), formada por um conjunto de células denominadas blastômeros e que normalmente contêm uma cavidade, o blastocele (lecitocele nos mamíferos).

Gastrulação. O estado da blástula dá lugar a outro mais desenvolvido, o da gástrula, mediante o processo chamado gastrulação, em que se formam as três camadas celulares fundamentais dos embriões dos animais superiores: o ectoderma na parte externa, o endoderma na interna e o mesoderma entre ambas. Durante a gastrulação, desaparece o blastocele (se existia) e forma-se uma nova cavidade, o arquêntero, que dará lugar ao intestino do animal. O arquêntero comunica-se com o exterior por um orifício dito blastóporo, onde têm origem a boca do animal (nos protostomados) e o ânus (nos deuterostomados).

O ectoderma e o endoderma podem formar-se mediante diferentes mecanismos, os mais comuns dos quais são a embolia, em que uma parte da blástula se invagina e cresce até entrar em contato com a parte não invaginada, e a epibolia, em que uma parte da blástula cresce e recobre o resto. Uma vez formados o ectoderma e o endoderma, o mesoderma origina-se a partir das células de um deles ou de ambos.

Organogênese. Depois de formar-se a gástrula, ocorre proliferação celular e amplo movimento e migração de células, abre-se um poro secundário (que origina a boca ou o ânus) e formam-se pregas e bolsas, fenômenos que, em conjunto, se conhecem como organogenesia, e que dão lugar à constituição dos diferentes órgãos do animal. De modo geral, o ectoderma constitui o sistema nervoso e a pele, o endoderma os aparelhos respiratório e digestivo, como as glândulas a estes associadas, e o mesoderma os ossos, os músculos, os aparelhos excretor, circulatório e reprodutor.

Animais amniotas. Os embriões de répteis, aves e mamíferos encontram-se protegidos por uma série de membranas. O cório acha-se imediatamente debaixo da casca do ovo nos répteis, aves e mamíferos monotremados e une-se à parede do útero da mãe nos mamíferos superiores, para formar a placenta. A segunda membrana é o âmnio, que contém o líquido amniótico.

As duas camadas restantes são invaginações do tubo digestivo: o saco vitelino, cheio de vitelo (exceto nos mamíferos superiores), que serve de alimento ao embrião, e o alantóide, que nos animais que põem ovos se liga à casca pormeio de vasos e serve tanto para a respiração como para o acúmulo de substâncias rejeitadas. Nos mamíferos superiores, liga-se à placenta, serve às mesmas funções e ao transporte de alimentos fornecidos pelo sangue da mãe. Nesses animais, o alantóide e a vesícula vitelina (muito reduzida) são rodeados por tecido conectivo e pela pele, constituindo o cordão umbilical.

Regulação e mosaico. Nos primeiros passos da segmentação, varia o comportamento de certas espécies, nas quais está determinada a parte do corpo originada de cada célula ou blastômero. Diz-se, em tal caso, que o embrião apresenta um comportamento de mosaico, ou que está determinado. Por exemplo, nas ascídias, animais em geral marinhos, quando se separa um dos blastômeros formados depois da primeira divisão celular, o restante produz apenas a metade do embrião.

Em outros casos, como o do ouriço-do-mar, uma operação similar resulta na produção do embrião completo: o blastômero restante é capaz de assumir as funções do que foi eliminado. Diz-se, então, que o ovo apresenta regulação. É um mecanismo desse tipo que intervém no desenvolvimento do embrião humano. Em geral, depois de algumas divisões celulares a partir da inicial do zigoto, cada zona do embrião está determinada e se denomina campo morfogenético.

Indução. Ao se transplantar para um embrião de anfíbio certos tecidos de outro embrião, os tecidos adjacentes aos transplantados não se desenvolvem como habitualmente, para dar lugar à estrutura que originariam em condições normais, mas se transformam em outros, associados aos transplantados. Dá-se a esse fenômeno o nome de indução. Quando, por exemplo, se transplanta de um embrião uma estrutura em forma de círculo retirada da área do globo ocular para a área do ectoderma ventral de outro embrião, as áreas adjacentes ao transplante, que normalmente produzem pele, se diferenciam e formam o cristalino do olho.

Um exemplo mais espetacular é o transplante do lábio dorsal do blastóporo, que provoca a formação de um embrião secundário completo. Devido a isso, se conhece essa área como centro organizador. Acredita-se que a segregação de uma substância, chamada organizadora, seja responsável pela organização dos tecidos do embrião. Estima-se que, nas sucessivas etapas de diferenciação dos tecidos, produzem-se fenômenos de indução desse tipo que, devidamente controlados, possibilitam a reparação de defeitos e malformações congênitas de origem embrionária.

Embriologia humana

Apesar dos progressos na fecundação humana em proveta, certas particularidades do desenvolvimento embrionário ainda não estão bem esclarecidas. Conhecer a idade exata de um embrião ou feto é praticamente impossível, pois raramente se consegue determinar o momento exato em que se deu a fecundação. Sabe-se, porém, que ocorre nas 24 horas depois da ovulação e, em média, nas mulheres que apresentam ciclos menstruais bem definidos, dá-se freqüentemente no 14º dia após iniciado o último período menstrual.

Quando se levam em conta diferentes casos isolados ou ainda diferentes gestações de uma mesma mulher, verifica-se que o período de desenvolvimento intra-uterino é bastante variável. Por ocasião do parto, em cinqüenta por cento dos casos o feto tem 266 dias (com uma margem de sete dias para mais ou para menos) -- ou seja, 280 dias, o que corresponde ao tempo convencional de uma gestação, menos os 14 dias correspondentes à primeira metade do ciclo menstrual.

O período pré-natal pode ser dividido em três etapas, mais ou menos distintas: (1) implantação do blastocisto, o que corresponde às três primeiras semanas do desenvolvimento, quando ficam diferenciados os epitélios germinativos e esboçadas as membranas extra-embrionárias; (2) fase embrionária (da quarta à oitava semana), quando os processos de diferenciação e crescimento são muito rápidos e se constituem os principais sistemas de órgãos; (3) fase fetal (do terceiro ao nono mês de gestação), quando há uma complementação parcial do crescimento e alterações na forma externa.

Implantação do blastocisto. Numa ejaculação normal, são lançados cerca de três centímetros cúbicos de sêmen, que contêm de 200 a 300 milhões de espermatozóides. Depois de liberados dos túbulos seminíferos, os espermatozóides tornam-se ativos e, depositados na vagina, espalham-se por todo o útero e trompas, chegando ao infundíbulo. Se tiver ocorrido ovulação, o óvulo cai no infundíbulo, onde é fecundado. Graças aos movimentos conjugados dos cílios existentes na camada epitelial e às contrações rítmicas da trompa, o ovo é deslocado para o útero.

Não se sabe exatamente quanto tempo o óvulo gasta para atravessar a trompa (oviduto). Presume-se que esse tempo seja de três a quatro dias. No sexto dia depois da fecundação, o blastocisto "fixa-se" no endométrio do útero, iniciando a fase de implantação. Nessa fase, o embrião vive à custa do material difusível através do endométrio, uma vez que suas reservas nutritivas (vitelo) são mínimas. A implantação ocorre normalmente na parede posterior do corpo do útero, no espaço entre a abertura de glândulas do endométrio. Não é raro, porém, o blastocisto implantar-se em locais anormais, fora do corpo do útero. Em geral isso leva à morte do embrião, e a mãe sofre severa hemorragia durante o primeiro ou segundo mês de gestação.

Fase embrionária. Durante o segundo mês de gestação, ou seja, da terceira à oitava semana do desenvolvimento, o embrião atinge cerca de 25mm. As partes da cabeça e do tronco podem facilmente ser reconhecidas. Dobrado sobre si mesmo, o embrião mantém a parte superior da cabeça voltada para baixo, em direção à cauda. Aparecem os rudimentos dos membros (quarta a quinta semana).

Os órgãos genitais podem ser considerados como indiferenciados, pois não têm forma definida, de modo que, pelo simples exame deles, não se consegue indicar o sexo do embrião. Na região da face, o desenvolvimento caracteriza-se pela formação do nariz (a partir dos placóides nasais, que se situam na parte frontal, pouco acima da "boca") e pela diferenciação do olho, a partir dos placóides ópticos.

Fase fetal. A partir do terceiro mês, o embrião, que agora se chama feto, inicia alguns movimentos respiratórios, apesar de estar imerso no líquido amniótico. Seus movimentos ainda não são percebidos pela mãe. Os olhos deslocam-se para a posição definitiva e inicia-se a diferenciação na genitália externa. No quarto mês, o feto tem o peso aumentado em aproximadamente seis vezes (passa de vinte para 120 gramas).

Durante o quinto e o sexto mês de gestação, inicia-se o crescimento dos cabelo, cílios e supercílios, bem como um desenvolvimento acentuado das unhas. Os movimentos realizados pelo feto são perfeitamente percebidos pela mãe. Caso seja retirado do ventre materno, consegue manter a respiração por mais 24 horas e pode até sobreviver em um incubador, desde que tomados alguns cuidados especiais.

Inicia-se no oitavo mês da gestação a deposição de gordura subcutânea, de maneira que o feto perde a aparência enrugada do estágio anterior. Por ser a cabeça bastante pesada em relação ao corpo, o feto ocupa, no útero, uma posição normalmente invertida. Sua pele está recoberta de uma substância esbranquiçada e gordurosa, a vernix caseosa, composta de uma secreção produzida pelas glândulas sebáceas.

O feto ganha muito peso durante os dois últimos meses da gestação. Devido, porém, à perda de eficiência da placenta, pára de crescer por volta do 260o dia de gestação. Depois do nascimento, o recém-nascido é capaz de manter sua temperatura corporal, graças à aceleração de seu metabolismo.

Placenta. Originalmente formada pela associação das membranas extra-embrionárias (cório e alantóide) e do endométrio do útero, a placenta é um órgão temporário, mas o principal responsável pelo intercâmbio de alimento e oxigênio necessários ao desenvolvimento do feto. Deve desempenhar, para o feto, as funções que, no adulto, são normalmente desempenhadas pelos pulmões, fígado, intestino, rins e glândulas endócrinas. Atua ainda como barreira para muitos microrganismos patogênicos e várias substâncias tóxicas, prevenindo sua transfusão da mãe para o feto. Com a forma e o tamanho de um prato fundo, liga-se ao feto pelo cordão umbilical.

Também podem passar pela placenta aminoácidos, uréia, ácido úrico, creatina e creatinina. A transmissão dos carboidratos é mais complicada: a placenta é capaz de retirar a glicose do sangue da mãe e convertê-la em glicogênio, que parece ser a reserva alimentar do feto. Além disso, passam facilmente da mãe para o feto íons de sódio, potássio, magnésio, fósforo e cálcio, água, vitaminas, hormônios, antígenos, anticorpos, alguns medicamentos e quase todos os vírus.

A mãe pode então imunizar, passivamente, o filho, pela transfusão de anticorpos produzidos pela imunização ativa de qualquer infecção que ela tenha tido. Assim, se ela estiver defendida de certas doenças como a difteria, a escarlatina ou a varíola, o feto estará imunizado contra essas doenças infecciosas.

Gêmeos e partos múltiplos. Na espécie humana, a estrutura e função do útero da mulher estão adaptadas ao desenvolvimento de um só indivíduo, o que corresponde ao tipo mais comum de reprodução. Os gêmeos representam um desvio dessa condição normal, pois de um mesmo útero nascem dois ou mais indivíduos. Tudo indica que a disposição gemelar decorre de um caráter hereditário que envolve tanto a mãe como o pai, mas principalmente a mãe.

Alguns gêmeos são tão parecidos que dificilmente se consegue distingui-los (iguais, univitelinos), enquanto outros são pouco parecidos e podem ser inclusive de sexos opostos (desiguais, fraternos, dizigóticos). Os primeiros derivam de um único ovo e ocorrem numa freqüência de cerca de três para mil partos simples.

Gestação e parto; Obstetrícia