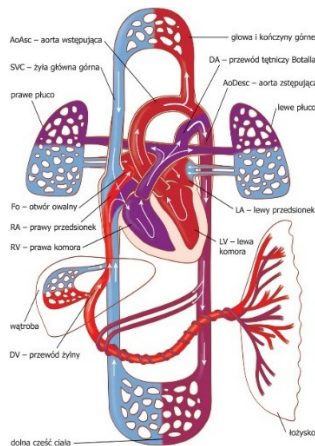


Układ krążenia dziecka

Podstawową funkcją układu krążenia w czasie życia płodowego, podobnie jak po urodzeniu, jest dostarczanie tlenu i składników odżywczych do wszystkich komórek organizmu oraz odprowadzanie szkodliwych produktów przemiany materii.



Tlen i substancje odżywcze dostają się do organizmu dziecka z krwi matki przez łożysko – duży narząd w kształcie dysku, zlokalizowany w macicy, pełniący rolę łącznika dziecka ze światem zewnętrznym. Przez łożysko mogą się przedostawać prawie wszystkie substancje występujące we krwi matki, np. tlen, substancje odżywcze, hormony, immunoglobuliny (zapewniające dziecku w pierwszych miesiącach życia po urodzeniu odporność), a także niektóre leki przyjmowane przez matkę. W łożysku następuje również przekazywanie do krwi matki dwutlenku węgla i produktów przemiany materii dziecka, które następnie są wydalane przez płuca i nerki matki.

Płuca dziecka w życiu płodowym nie funkcjonują i prawie cała krew omija krążenie płucne na poziomie przedsionków (przeptyw prawo-lewy przez otwór owalny) oraz na poziomie przewodu tętniczego Botalla. Tylko niewielka część krwi płynie tętnicami płucnymi do płuc, dostarczając substancje odżywcze i tlen tkance płucnej. Utlenowana krew z łożyska płynie pępowiną (żyłą pępkową) do wątroby dziecka. Większość krwi omija komórki wątrobowe, płynąc przez przewód żylny (*ductus venosus* – DV) – naczynie obecne tylko w krążeniu płodowym, które łączy się bezpośrednio z żyłą główną dolną. Utlenowana krew z żyły głównej dolnej miesza się w prawym przedsionku z krwią z żyły głównej górnej. Z prawego przedsionka krew może przepływać dwiema drogami – drogą normalną, tj. przez zastawkę trójdzielną do prawej komory, oraz drogą charakterystyczną dla krążenia płodowego – przez tzw. otwór owalny (*foramen ovale* – Fo) do lewego przedsionka. Krew wpływająca przez otwór owalny miesza się z niewielką ilością krwi żylną, spływającą z płuc przez żyły płucne. Następnie przepływa przez zastawkę mitralną do lewej komory i przez zastawkę aortalną jest wyrzucana do aorty wstępującej oraz łuku aorty. Krew z lewej komory

zaopatruje głównie górną część ciała. Pozostała część krwi z prawego przedsionka płynie przez zastawkę trójdzielną do prawej komory i dalej przez przewód tętniczy Botalla do aorty zstępującej i dolnej części ciała dziecka (w tym do łożyska).

Przewód tętniczy Botalla występuje prawidłowo tylko w krążeniu płodowym, łącząc pień płucny z aortą – w miejscu, w którym cieśń aorty przechodzi w aortę zstępującą. Mieszanie dwóch strumieni krwi w prawym przedsionku – utlenowanej krwi z żyły głównej dolnej i odtlenowanej z żyły głównej górnej – nie jest całkowite. Krew utlenowana (z żyły głównej dolnej) preferencyjnie kierowana jest przez otwór owalny do lewego przedsionka i lewej komory, a stąd do górnej części ciała (w tym mózgu). Krew o nieco mniejszym stopniu utlenowania (preferencyjny przepływ z żyły głównej górnej na zastawkę trójdzielną) przepływa do prawej komory i dalej przez przewód tętniczy do dolnej części ciała. Krążenie płodowe dostarcza więc do głowy dziecka lepiej utlenowaną krew niż do większości pozostałych tkanek organizmu, co ma bardzo duże znaczenie dla prawidłowego rozwoju mózgu. Przepływ w krążeniu systemowym płodu zależy od pracy lewej (górną część ciała) i prawej komory (dolna część ciała). Około 2/3 łożyska naczyniowego zaopatrywane jest przez komorę prawą, która w życiu płodowym nazywana jest komorą systemową.

Największy stopień utlenowania krwi w krążeniu płodowym wynosi około 85% i można go stwierdzić tylko w żyłę pępkowej. W naczyniach tętniczych krążenia systemowego płodu utlenowanie krwi wynosi około 65% w górnej części ciała i 60% w dolnej. Prawidłowy rozwój płodu odbywa się więc w warunkach względnego niedotlenienia. Stan ten jest częściowo kompensowany specjalnym rodzajem hemoglobiny (białkiem występującym w erytrocytach wiążącym i transportującym tlen) – hemoglobiną płodową (HbF). Cechuje ją zdolność do łatwiejszego i silniejszego wiązania tlenu niż w przypadku hemoglobiny dorosłych (HbA). Ta różnica powinowactwa do tlenu hemoglobiny płodowej i hemoglobiny dorosłych umożliwia wiązanie w łożysku tlenu przez HbF dziecka, oddawanego przez HbA matki. W 8.–12. tygodniu po urodzeniu następuje stopniowy rozpad hemoglobiny płodowej i rozpoczyna się produkcja hemoglobiny dorosłych. Jest to okres, w którym może dojść do tzw. fizjologicznej niedokrwistości, czyli stanu, w którym we krwi znajduje się zbyt mała ilość hemoglobiny (hemoglobina płodowa już się rozpadła, a dorosłych jeszcze nie została wyprodukowana).

Zmiany następujące po urodzeniu

W czasie narodzin dziecka, w momencie pierwszego oddechu następuje szybkie rozprężenie płuc. Wypełniające się powietrzem pęcherzyki płucne powodują rozszerzenie naczyń płucnych, co stanowi przyczynę znacznego spadku oporu w krążeniu płucnym. Krew z prawej komory zaczyna płynąć do tętnic płucnych, ponieważ panuje tam niższe ciśnienie niż w przewodzie tętniczym. Duża ilość krwi, jaka dostaje się wówczas do płuc, po utlenowaniu wraca do lewego przedsionka. Z powodu

zwiększonego napływu do lewego przedsionka, ciśnienie w nim panujące przekracza ciśnienie w przedsionku prawym, co jest przyczyną zamknięcia zastawki otworu owalnego. Po kilku tygodniach od urodzenia otwór owalny zazwyczaj zarasta, całkowicie uniemożliwiając przepływ krwi.

Do czasu zarośnięcia otworu owalnego – w warunkach wyższego ciśnienia w prawym niż w lewym przedsionku – krew żylna może przepływać do lewego przedsionka. W czasie płaczu lub krzyku dziecka objawia się to w postaci sinicy. U 25% dorosłych osób otwór owalny nigdy nie zarasta, umożliwiając przeciek prawo-lewy zawsze wtedy, gdy ciśnienie w prawym przedsionku przekroczy ciśnienie w lewym przedsionku. Drożny otwór owalny nie wymaga operacji i bardzo rzadko staje się przyczyną powikłań w postaci zatorów „skrzyżowanych” (materiał zatorowy z prawego przedsionka dostaje się przez otwór owalny do krążenia systemowego).

Duża ilość krwi, jaka powraca z krążenia płucnego, wypełnia lewy przedsionek i jest tłoczona przez lewą komorę do aorty. Ponieważ ciśnienie w aorcie staje się wyższe niż w pniu płucnym, dochodzi do odwrócenia przecieku – przez przewód tętniczy zaczyna płynąć krew z aorty do krążenia płucnego, o 100% utlenowaniu. Tlen jest głównym czynnikiem powodującym skurcz mięśniówki przewodu tętniczego, co w efekcie doprowadza do jego zamknięcia. Drugi, ważny czynnik biorący udział w zamykaniu się przewodu tętniczego Botalla, to spadek stężenia prostaglandyn. Są to substancje, które w organizmie płodu produkowane są głównie w łożysku, a rozkładane w krążeniu płucnym. Ograniczenie ich produkcji (przez odcięcie łożyska) i jednocześnie zwiększenie ich rozpadu (wzrost przepływu w krążeniu płucnym) wpływa na dalsze obkurczanie przewodu tętniczego Botalla. Zamknięcie przewodu przez obkurczenie powinno nastąpić w ciągu pierwszych 24 godzin, natomiast jego zarośnięcie (trwałe zamknięcie) w pierwszych tygodniach życia dziecka. Pozostałością po zarośniętym przewodzie tętniczym jest włókniste pasmo, tzw. więzadło tętnicze.

Gdy tkanki przewodu tętniczego Botalla są niedojrzałe (wczesniactwo), nie reagują prawidłowo na bodźce obkurczające i przewód pozostaje drożny nawet kilka tygodni po urodzeniu. W sinicznych wadach serca, w których utlenowanie krwi tętniczej w aorcie jest niższe niż prawidłowe, również obserwuje się tendencję do opóźnionego zamykania przewodu tętniczego (tlen jest czynnikiem powodującym skurcz przewodu). Utrzymanie drożności przewodu tętniczego ma istotne znaczenie w przypadku zwężenia drogi wypływu do krążenia płucnego lub krążenia systemowego. W takich warunkach przewód umożliwia ominięcie miejsca zwężenia i zapewnia przepływ w krążeniu płucnym (tzw. przewodozależny przepływ płucny) lub w systemowym (tzw. przewodozależny przepływ systemowy).