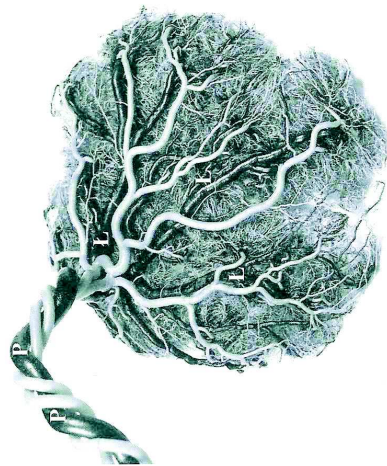


krwionośnych. W obrębie pępowiny pod koniec ciąży występują najczęściej trzy płodowe naczynia krwionośne: dwie tętnice pępkowe oraz jedna żyła pępkowa, owijające się wokół siebie na ogół według reguły śruby lewoskrętnej. Te naczynia krwionośne otacza niezwykle sprężysta tkanka łączna zwana galareta Whartona. Jej funkcja polega na utrzymaniu pełnej drożności naczyń krwionośnych przebiegających w pępowinie, nawet podczas ucisku pępowiny przez powiększający się płód. Tętnice pępkowe są to parzyste gałęzie tętnicy biodrowej wewnętrznej. Początkowo przebiegają one po wewnętrznej powierzchni przedniej ściany brzucha w kierunku pierścienia pępkowego, a po jego minięciu wnikają do pępowiny. W miejscu przyłączenia pępowiny do łożyska dwie tętnice pępkowe najpierw łączą się ze sobą, a następnie dzielą na liczne gałęzie, przebiegające na powierzchni płodowej łożyska, pod owodnią. Poszczególne rozgałęzienia tętnic pępkowych po dojsciu do konkretnego liścienia zmieniają kierunek przebiegu na niemal prostopadły w stosunku do powierzchni narządu i ulegają podziałowi na naczynia o coraz mniejszej średnicy, zaopatrując kosmki kolejnych rzędów podziatu. W obrębie kosmków obwodowych występują już tylko naczynia krwionośne włosowate, z których powstają żyły łożyska, towarzyszące w obrębie kosmków poszczególnym rozgałęzieniom tętnicznym. Na powierzchni płodowej łożyska żyły łączą się w naczynia o coraz większej średnicy, aż wreszcie w miejscu przyłączenia pępowiny do łożyska tworzą

Przeptyw krwi
przez łożysko



Ryc. 1.4. Płodowe naczynia krwionośne łożyska (t) i pępowiny (p) po wypełnieniu ich chemoutwardzalnym tworzywem (plastogen G) i wytrawieniu narządu w stężonym roztworze potasowym. Jasniejsze tętnice, ciemniejsze żyły.

pojedynczą żyłą pępkową, towarzyszącą w obrębie pępowiny dwóm tętnicom pępkowym. Jest to żyła pępkowa lewa. Żyła pępkowa prawą zanika bowiem we wczesnym okresie życia płodowego. Pod koniec ciąży przez łożysko przepływa w ciągu jednej minuty około 500 ml krwi matczynej i podobna ilość krwi płodu. Na rycinie 1.4 pokazano anatomiczny preparat naczyń krwionośnych łożyska i pępowiny, wykonany tzw. techniką korozyjną.

Po minięciu pierścienia pępkowego żyła pępkowa kieruje się ku wrotom wątroby, gdzie uchodzi do żyły wrotnej wątroby. Część krwi omija jednakże krążenie wątrobowe, gdyż przed zespoleniem się żyły pępkowej z żyłą wrotną wątroby ta pierwsza oddaje krótkie naczynia nie uchodzące bezpośrednio do żyły głównej dolnej. Tym naczyniem jest przewód żylny, zwany także przewodem Arancjusza. Niezależnie od tego, czy krew powracająca z łożyska pokona krążenie wątrobowe, czy je ominie, trafia do żyły głównej dolnej, a stamtąd do prawego przedsionka serca. Ponieważ u płodu płuca nie uczestniczą w wymianie gazowej, krążenie płucne praktycznie nie funkcjonuje. Duża część krwi, która napływa do prawego przedsionka serca, kierowana jest niewielkim uwypukleniem ściany przedsionka (tzw. guzkiem międzyżylnym) do otworu owalnego, łączącego światło prawego przedsionka serca ze światłem lewego przedsionka serca. Dalej krew kierowana jest do lewej komory serca, a następnie do naczyń krwionośnych dużego krwioobiegu. Część krwi, która napłynęła do prawego przedsionka, a nie przedostała się do lewego przedsionka, dostaje się do światła prawej komory serca przez ujście przedsionkowo-komorowe prawe, a stamtąd do pnia płucnego. Nie oznacza to jednak, że cała krew dostaje się do naczyń krwionośnych krwioobiegu płucnego: niejako przedłużeniem pnia płucnego u płodu jest tzw. przewód tętniczy, zwany także przewodem Botalla, łączący pień płucny z aortą, zatem duża część krwi z pnia płucnego przedostaje się wprost do aorty, czyli do dużego krwioobiegu. Po urodzeniu się dziecka tętnice pępkowe zarastają (powyżej odejścia tętnic pęcherzowych górnych), a z nich powstają więzadła pępkowe przyśrodkowe. Zarasta także żyła pępkowa, która utworzy więzadło obłe wątroby. Zarasta również przewód żylny i przewód tętniczy: z przewodu żylnego powstaje więzadło żylne, z przewodu tętniczego zaś więzadło tętnicze. Pozostałością po płodowym otworze owalnym jest dół owalny, dobrze widoczny od strony przedsionka prawego.

W łożysku nie występują naczynia chłonne ani nerwy. Skurcz i rozkurcz naczyń krwionośnych tego narządu odbywa się na drodze humoralnej. Spośród najczęściej spotykanych zaburzeń rozwojowych łożyska należy wymienić: łożysko welonowate (podział naczyń pępkowych jeszcze w obrębie błon płodowych, przed wnikiem pierścienia pępowiny do łożyska); dodatkowe płaty łożyska; łożysko pierścieniowate (ubytek tkanki łożyskowej w środkowej części narządu) oraz zba-

czanie naczyń łożyska (naczynia przebiegają w obrębie błon płodowych, poza utkaniem łożyskowym).

Łożysko w przy-
padku ciąży
bliźniaczej

U bliźniąt dwuzygowych, tj. powstałych z dwóch oddzielnie zapłodnionych komórek jajowych, powstają zawsze dwie kosmówki i dwie owodnie. U bliźniąt jednozygowych, w zależności od okresu, w którym następuje podział jaja płodowego, plopód może przybierać różne formy. Podział jaja płodowego będzie całkowity, jeśli nastąpi do 4. doby po zapłodnieniu. Wykształcą się wówczas dwie kosmówki i dwie owodnie, a płody będą się rozwijały tak jak w przypadku ciąży dwuzygowej. Jeśli zaś podział nastąpi pomiędzy 4. a 7. dobą (taki podział występuje najczęściej), powstaną dwie owodnie, ale już tylko jedna kosmówka. Jeśli podział nastąpi po 7. dobie od zapłodnienia, urodzą się bliźnięta jednokosmówkowe i jednoowodniowe, a jeśli po 14. dobie – na świat przyjdą bliźnięta niecałkowicie rozdzielone, potocznie zwane syjamskimi. Wykształcenie się łożysk jednokosmówkowych czasami wiąże się z występowaniem zespołu naczyńnych międzyplodowych w obrębie wspólnej kosmówki (tętniczych, żylnych lub tętniczo-żylnych). Te zespolenia są często przyczyną niepowodzeń w donoszeniu ciąży.

Czynność
hormonalna
łożyska

Czynność hormonalna łożyska jest bardzo złożona i jeszcze nie do końca poznana. Szczegółowe omówienie przemian hormonalnych w obrębie łożyska dałoby wykracza poza ramy niniejszego rozdziału, dlatego zostaną w nim przedstawione jedynie najważniejsze informacje o podstawowych hormonach.

Gonadotropina kosmówkowa (hCG – *human chorionic gonadotropin*), glikoproteina o dużej zawartości węglowodanów, jest jednym z najwcześniejszych hormonów występujących podczas ciąży. Jej obecność można wykryć we krwi już na początku 2. tygodnia po owulacji i zapłodnieniu, największe stężenie zaś tego hormonu występuje między 60. a 80. dniem ciąży. Później stężenie hCG znacznie spada, lecz w połowie III trymestru ponownie osiąga duże wartości. Gonadotropina kosmówkowa jest wytwarzana przez komórki trofoblastu, a jej zasadnicza rola polega na stymulacji ciała żółtego do syntezy steroidów (progesteronu) do czasu, w którym progesteron będzie produkowany w dostatecznej ilości przez odpowiadające mu wykształcone łożysko.

Spośród hormonów glikoproteidowych wytwarzanych w łożysku należy także wymienić laktogen łożyskowy (hPL – *human placental lactogen*), zwany także hormonem somatomamotropowym (hCS – *human chorionic somatomamotropin*). Rola tego hormonu jest jeszcze mało poznana.

W 1962 roku Diczfalusi przedstawił teorię dotyczącą biosyntezy hormonów steroidowych w przebiegu ciąży. Według tej teorii ani plopód, ani łożysko nie mogą same całkowicie syntetyzować niektórych steroidów. Wprowadzono zatem pojęcie jednostki płodowo-łożys-

kowej (*feto-placental unit*), której istnienie warunkuje prawidłowy przebieg biosyntezy hormonów steroidowych, odbywającej się zarówno przy udziale łożyska, jak i płodu.

Podstawowym prekursorem steroidów syntetyzowanych w jednostce płodowo-łożyskowej jest matczyzny cholesterol, ulegający w łożysku przemianom do pregnenolonu i progesteronu. Podstawowe znaczenie progesteronu podczas ciąży polega na zmniejszeniu pobudliwości skurczowej mięśnia macicy i tym samym na umożliwieniu donoszenia ciąży.

Estron i estradiol powstają w łożysku w wyniku konwersji dehydroepiandrosteronu do testosteronu i androstendionu, a następnie ich aromatyzacji do wymienionych wcześniej hormonów. Estrinol zaś powstaje przy udziale wątroby płodu w procesie hydroksylacji siarczanu lub z estronu wytwarzanego w łożysku.

Estrogeny (estron, estriol i estradiol) podczas ciąży stymulują wzrost macicy, zwiększają syntezę białek, elementów kurczliwych oraz substancji bogatych energetycznie.

1.2.3. Płyn owodniowy

Janusz Woytoń

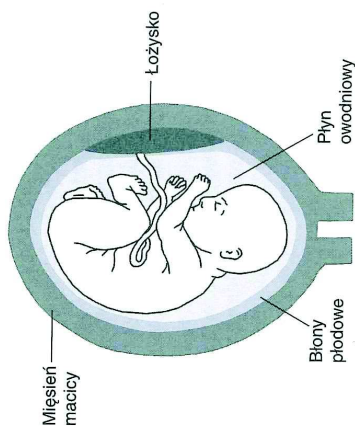
Określenia „płyn owodniowy” (ang. *amniotic fluid*) i „wody płodowe” (niem. *Fruchtwasser*) są w języku polskim synonimami.

Złożony mechanizm powstawania płynu owodniowego – zależny od wielu czynników – powoduje, że nie ma on odpowiednika w żadnym innym płynie ustrojowym. Hipokrates uważał, że jest on moczem płodu i że znajduje się w jaju płodowym jedynie po to, by płodowi zapewnić swobodę poruszania i spełniać rolę amortyzatora. Dzisiaj nie ulega wątpliwości, że płyn owodniowy jest częściowo moczem płodu, a w późniejszym okresie życia płodowego zapewnia płodowi swobodę poruszania oraz amortyzuje urazy matki. Wiadomo także, iż bierze on udział w płodowej przemianie materii, a stężenie w nim niektórych składników jest wykładnikiem stanu płodu.

Powstawanie
płynu
owodniowego

1.2.3.1. Miejsca produkujące i resorbujące płyn owodniowy

W świetle obecnej wiedzy do miejsc produkujących i resorbujących płyn owodniowy zalicza się: owodnię, pępowinę, skórę, nerki, płuca i przewód pokarmowy.



Ryc. 1.5. Schemat jajka płodowego.

Fakt istnienia płynu owodniowego już wtedy, kiedy tkanka płodowa jest jeszcze niewykształcona, jak też występowanie płynu w patologicznie zmienionych jajach płodowych, kiedy płód uległ resorpcji, wskazuje na to, że płyn owodniowy wytwarzany jest przez owodnię.

W pierwszym okresie ciąży przeważają procesy wytwarzania, a w miarę rozwoju ciąży – wchłaniania płynu owodniowego. I tak w 12. tygodniu ciąży nabłonek owodni wytwarza 97% i resorbuje 83% płynu owodniowego, a pod koniec ciąży wytwarza około 50% i resorbuje około 60% płynu. Zasadniczą rolę w tych procesach odgrywa walcowaty nabłonek owodni pokrywający łożysko.

Budowa nabłonka owodni (mikrokosmki w świetle worka owodniowego, śródkomórkowe kanalki, luźna budowa połączeń między komórkami) decyduje o aktywnym lub biernym transporcie poszczególnych składników płynu owodniowego. I tak woda ulega całkowitej wymianie najszybciej, bo w ciągu 3 godzin, a czas wymiany sodu wynosi już 14,5 godziny. A więc czas wymiany różnych elektrolitów, enzymów i aminokwasów jest różny.

W hodowli wycinków nabłonka owodni pobranych z różnych miejsc popłodu stwierdzono, że największej białek wytwarza owodnia otaczająca łożyskowy przyczep pępowiny, a w następnej kolejności: owodnia z obwodu płyty kosmkowej łożyska i owodnia ścienna.

Badania porównawcze różnych parametrów strony matczynej i płodowej w łożysku również nie wyjaśniają precyzyjnie zasad wymiany składników płynu owodniowego. Ciśnienie międzykosmkowe wynosi 1,3 Pa (10 mm Hg). Tak więc, pomimo braku konkretnych

danych tłumaczących mechanizm aktywnego transportu substancji przez łożysko, należy przyjąć, że nawet minimalne różnice w ciśnieniu osmotycznym lub hydrostatycznym czy napięciu bioelektrycznym powodują, że powierzchnia 13 m^2 tkanki łożyskowej, jaka bierze udział w produkcji i resorpcji płynu, wystarcza, aby zagwarantować utrzymanie omawianego procesu.

Przestrzenie międzykomórkowe naczyń pępowinowych są głównymi miejscami resorpcji płynu owodniowego, jakkolwiek udowodniono również, że niewielka ilość składników przenika w odwrotnym kierunku, co oznacza, iż przestrzenie te także wytwarzają płyn.

Miejscem produkcji i resorpcji płynu owodniowego jest niewątpliwie skóra. Od momentu pokrycia się mazią płodową, tj. od 4. miesiąca ciąży, wpływ skóry na dynamikę płynu jest jednak mniejszy. Po 26. tygodniu ciąży, kiedy następuje keratynizacja naskórka płodu, skóra nadal wytwarza płyn, choć w minimalnej ilości, np. w obrębie gruczołów potowych.

Chociaż czynność wydzielnicza nerek rozpoczyna się w 14. tygodniu życia płodowego, to udowodniono, iż nie jest ona konieczna do wytwarzania płynu owodniowego oraz rozwoju płodu. Świadczy o tym donoszone płody z agenezją nerek. W warunkach prawidłowych w miarę wzrostu płodu i rozwoju jego nerek zwiększa się ilość kreatyniny wydalananej do płynu owodniowego. Dowodem czynności wydzielniczej nerek jest również narastanie stężenia mocznika i kwasu moczowego w płynie owodniowym.

Płuca biorą udział w procesie produkcji i resorpcji płynu owodniowego. Od III trymestru ciąży, kiedy pojawiają się płytkie ruchy oddechowe klatki piersiowej płodu, do górnych odcinków płuc wpływa i wypływa płyn owodniowy, wypływając z drzewa oskrzelowego m.in. znajdujące się tam lipidy. Oznaczanie stężenia lecytyny i sfingomieliny w wodach płodowych znalazło praktyczne zastosowanie kliniczne w ocenie stopnia płodowego rozwoju płuc (wskaźnik L/S).

Udział przewodu pokarmowego w rozwoju płuc (wskaźnik L/S). Udział przewodu pokarmowego we wchłanianiu płynu owodniowego nie podlega dyskusji. Świadczy o tym zalegające w jeltach płodu komórki nabłonka, meszek płodowy i maź płodowa, m.in. składające się na smótkę, czyli stolec płodu. Udowodniono, że od ruch polykania pojawia się od 4. miesiąca życia płodowego i od tego czasu powstają warunki dla resorpcji płynu owodniowego. Donoszony płód wypija na dobę 500 ml płynu owodniowego, z których 40 ml wydalą przez nerki, a 25 ml zużywa do odnowy tkankowej; reszta przechodzi przez łożysko do krążenia matki.

Pępowina

Skóra

Nerki

Płuca

Przewód pokarmowy

1.2.3.2. Objętość płynu owodniowego

Objętość płynu owodniowego można z dużym przybliżeniem obliczyć za pomocą wzoru Wagnera i Fuchsa:

$$V = 25 (t - 10)$$

$$\text{dla ciąży 4-15-tygodniowej:}$$

$$V = 50 (t - 12,5)$$

$$\text{dla ciąży 16-20-tygodniowej:}$$

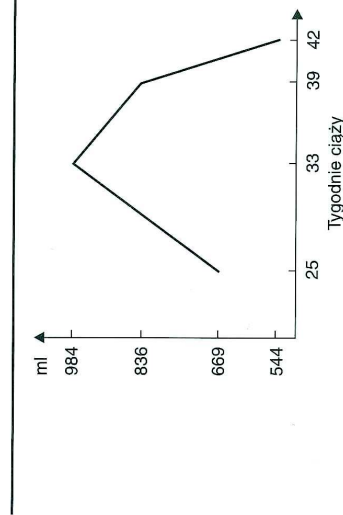
$$V = 50 (t - 10)$$

$$\text{dla ciąży powyżej 20 tygodni:}$$

gdzie: V = objętość płynu owodniowego w ml,

t = tygodnie ciąży obliczone na podstawie daty ostatniej miesiączki.

Objętość płynu owodniowego zwiększa się do 33. tygodnia ciąży, po czym zaczyna się zmniejszać o około 140 ml na tydzień (ryc. 1.6).



Ryc. 1.6. Objętość płynu owodniowego w przebiegu ciąży.

Najdokładniej aktualną objętość płynu owodniowego w przebiegu ciąży można określić, wprowadzając do jaja płodowego barwnik (igłę wkłada się do jamy owodni). Po wymieszaniu barwnika z wodami płodowymi pobiera się próbkę i określa stopień rozcieńczenia barwnika. Metoda ta jednak, jako inwazyjna, jest stosowana jedynie w wyjątkowych przypadkach. W codziennej praktyce klinicznej oznacza się tzw. wskaźnik płynu owodniowego (AFI – *amniotic fluid index*) na podstawie nieinwazyjnych badań ultrasonograficznych.

1.2.3.3. Właściwości fizyczne płynu owodniowego

Płyn owodniowy, który początkowo jest jasny i przejrzysty, w miarę trwania ciąży staje się opalizujący, a tuż przed porodem, w wyniku emulgowania się tłuszczów mazi płodowej i złuszczenia się naskórka

– mleczno-mętny. To zjawisko mętnienia płynu owodniowego w ostatnich tygodniach życia płodowego zostało wykorzystane przez autora rozdziału do opracowania „testu zmętnienia” umożliwiającego rozpoznanie stanu dojrzłości płodu.

Właściwości fizyczne wód płodowych, podobnie zresztą jak i właściwości chemiczne, zmieniają się w miarę trwania ciąży. Dane dotyczące niektórych właściwości fizycznych płynu owodniowego w końcowym okresie ciąży są następujące: ciężar właściwy 1,006 g/ml, pH 7,0, punkt zamarzania $-0,502^{\circ}\text{C}$, lepkość 1,0, stężenie osmotyczne 259 mosm/kg, ciśnienie hydrostatyczne 1,3 kPa (0,93–1,9 kPa), ciśnienie hydrostatyczne w czasie skurczu macicy 1,67–5,33 kPa.

1.2.3.4. Właściwości biochemiczne płynu owodniowego

Dokładne omówienie właściwości biochemicznych płynu przekraczałoby znacznie rozmiary tego rozdziału, dlatego też zostaną w nim podane tylko najbardziej istotne dane.

Skład elektrolitów jest zbliżony do składu płynu pozakomórkowego. W przebiegu ciąży następuje spadek ilości jonów Na, Ca, Mg i Cl, nieorganicznych fosforanów i wodorowęglanów przy wzroście ilości jonów K.

Parcjalne ciśnienie O_2 i CO_2 oraz równowaga kwasowo-zasadowa były przedmiotem długoletnich badań mających na celu ustalenie przydatności tych oznaczeń dla oceny stopnia utlenowania płodu. W związku z wprowadzeniem nowych metod badań (pH krwi płodu) omawiane badania są praktycznie nie stosowane.

Białka wchodzące w skład płynu owodniowego są produkowane przez tkanki płodu lub przenikają do płynu przez układ błon płodowych z organizmu matki. Płód wytwarza np. transferynę, alfa-fetoproteinę, beta-mikroglobulinę i fibrynogen, natomiast immunoglobuliny IgG, albuminy i białka wiążące hormony płciowe pochodzą od matki. Immunoglobuliny, lizozym, properdyna, składniki układu dopełniacza C3, C8 i C9 oraz kompleks białkowo-cynkowy są odpowiedzialne za zabezpieczenie płodu przed infekcjami (odporność swoista), a alfa-fetoproteina odgrywa istotną rolę w zabezpieczeniu płodu przed immunologicznym odrzuceniem go przez ustroj matki.

Już we wczesnym okresie ciąży pojawia się wiele białek, które są markerami prawidłowego rozwoju płodu. Z tego względu badanie składu płynu owodniowego ma ogromne znaczenie dla diagnostyki prenatalnej w przypadku podejrzenia o niektóre wady wrodzone (bloki metaboliczne) i schorzenia (konflikt serologiczny).

Lipidy płynu owodniowego są pochodzenia matczynego i płodowego, a ich ilość na ogół się nie zmienia. Od III trymestru ciąży

Elektrolity

Białka

Lipidy