

5. Wybrane badania diagnostyczne

Katarzyna Bieganowska, Tomasz Mroczek

Badanie krwi

Morfologia krwi

Morfologia jest jednym z najczęściej wykonywanych badań diagnostycznych, gdyż w przypadku dzieci z wadami serca zarówno w okresach przed leczeniem szpitalnym, jak i po nim konieczne są regularne kontrole składu krwi.

Skład krwi

W składzie krwi wyróżnia się krwinki czerwone (erytrocyty), białe (leukocyty), płytki krwi (trombocyty) oraz osocze. Krwinki czerwone zawierają hemoglobinę – substancję mającą zdolność odwracalnego wiązania i transportowania tlenu. Ponieważ jest ich najwięcej, nadają krwi barwę jasnoczerwoną, gdy hemoglobina jest połączona z tlenem, lub ciemnoczerwoną, gdy nie jest z nim połączona. Krwinki białe tworzą układ odpornościowy organizmu i stanowią ochronę przed bakteriami, wirusami, grzybami, pierwotniakami itp. Wśród krwinek białych można wyróżnić kilka podgrup. Są to granulocyty, limfocyty i monocyty. Trzecia ważna grupa to płytki krwi – wyspecjalizowane komórki niezbędne do krzepnięcia krwi. Ponieważ wymienione składniki krwi ogólnie nazywa się elementami morfologicznymi, ich analiza otrzymała nazwę morfologia krwi.

Przebieg badania

Pobranie krwi do morfologii nie trwa długo i nie jest bardzo bolesne (ryc. 1.). Dzieci jednak często reagują strachem, rodzic powinien więc pozostać przy dzie-

Ryc. 1. Nawet starsze dzieci nie lubią pobierania krwi



ku, by odwrócić jego uwagę od czynności wykonywanych przez personel medyczny. W przypadku dzieci starszych pomaga posmarowanie miejsca wkłucia kremem znieczulającym EMLA pół godziny przed badaniem.

Do badania dziecko należy ułożyć w pozycji leżącej lub posadzić na kolanach rodzica. Krew pobierana jest najczęściej z żyły w zgięciu łokciowym lub z innych żył, a także z opuszki palca (zwykle u małych dzieci), z płatka ucha, a tętnicza bezpośrednio z tętnic, np. promieniowej (nadgarstek) lub udowej (nakłucie w pachwinie). Aby oszczędzić dzieciom niepotrzebnego stresu, w warunkach szpitalnych krew do badania pobiera się z istniejących już wkłuc i cewników założonych do naczyń tętnicznych lub żylnych.

Wynik morfologii krwi

W przeszłości analizy i obliczenia dotyczące morfologii krwi wykonywano pod mikroskopem. Obecnie pracę tę wykonują automatycznie maszyny. Wynik badania morfologicznego krwi otrzymuje się najczęściej w postaci wydruku komputerowego w języku polskim lub angielskim.

W terminologii angielskiej najczęściej stosuje się następujące skróty:

WBC – krwinki białe (leukocyty)

RBC – krwinki czerwone (erytrocyty)

HGB lub Hb – hemoglobina

MCV – średnia objętość krwinki czerwonej

RDW – rozkład objętości krwinek czerwonych

PLT – płytki krwi (trombocyty).

Krwinki białe (WBC) – zwiększenie ich liczby ponad normę oznacza leukocytozę, a zmniejszenie – leukopenię. Leukocytoza może być wywołana wieloma przyczynami; najczęściej powoduje ją stan zapalny w organizmie.

Krwinki czerwone (RBC) – zwiększenie ich liczby to erytrocytoza, zmniejszenie – erytropenia. Erytrocytoza (czyli czerwienica) u dzieci z wrodzonymi

wadami serca najczęściej spowodowana jest zmniejszonym dostarczaniem tlenu do tkanek, które wpływa na zwiększoną produkcję hormonu pobudzającego wytwarzanie krwinek czerwonych, tzw. erytropoetyny. Przeciwnością tego stanu stanowi niedokrwistość, wywołana krwawieniem zewnętrznym lub wewnętrznym, niedostateczną produkcją krwinek czerwonych lub nadmiernym ich rozpadem.

Płytki krwi (PLT) – zwiększona liczba płytek – nadpłytkowość (trombocytoza) – występuje w przypadku różnych stanów zapalnych. Częściej stwierdza się małopłytkowość (trombocytopenię) spowodowaną np. uogólnionym zakażeniem i wewnątrznaczyniowym wykrzepianiem krwi.

U dzieci z wrodzonymi wadami serca niezwykle istotna jest ocena wskaźnika hematokrytu, czyli stosunku objętości krwinek czerwonych do całkowitej objętości krwi. W wadach sinicznych, w których ilość tlenu dostarczana do tkanek jest niewystarczająca, organizm uruchamia mechanizmy obronne. Wytwarzany jest hormon – erytropoetyna – który stymuluje produkcję krwinek czerwonych. Jednak nadmierne wytwarzanie krwinek czerwonych może spowodować zagęszczenie krwi. Wskaźnik hematokrytu, zwany popularnie hematokrytem, wynosi wtedy powyżej 60%. Paradoksalnie krew, choć zawiera zwiększoną liczbę krwinek czerwonych, transportuje mniejszą ilość tlenu, ponieważ staje się zbyt gęsta, wzrasta jej lepkość i opory przepływu w naczyniach. W takich sytuacjach mniejsza ilość krwi dopływa do tkanek. Dodatkowo stan taki sprzyja wykrzepianiu krwi w naczyniach, co daje ciężkie powikłania, do których należą: zatory naczyń ośrodkowego układu nerwowego, zatory tętnic płucnych lub innych naczyń.

Niedokrwistość (anemia), charakteryzująca się małą zawartością hemoglobiny we krwi, jest również stanem niekorzystnym, ponieważ krew nie może przetransportować wystarczającej ilości tlenu do tkanek. Ma to szczególne znaczenie u dzieci z wadami sinicznymi serca oraz u dzieci z niewydolnością krążenia.

Rodzice powinni jednak pamiętać, że każdy wynik morfologii krwi jest obciążony pewnym ryzykiem błędu. Może być to spowodowane nieprawidłowym odczytem aparatu lub pomyłką w laboratorium. Analizę wyników należy więc pozostawić lekarzom, którzy znając dziecko i jego wadę serca, mogą właściwie je zinterpretować.

Badanie gazometryczne i równowaga kwasowo-zasadowa

Badania gazometryczne oraz równowagi kwasowo-zasadowej (popularnie oba badania nazywa się „badaniem gazometrycznym”) należą do podstawowych badań wykonywanych w celu oceny wydolności układu oddechowego i układu krążenia.

Prawidłowy wynik daje jedynie badanie wykonane bezpośrednio po pobraniu krwi, ponieważ dłuższy kontakt próbki pobranej krwi z powietrzem w sposób istotny wpływa na uzyskane wyniki.

Obecnie w warunkach szpitalnych aparaty wykonujące badanie gazometryczne znajdują się bezpośrednio na oddziałach intensywnej opieki medycznej. Wykonanie takiego badania trwa około 1 minuty, co odgrywa istotną rolę zwłaszcza wówczas,

gdy stan zdrowia dziecka szybko się zmienia. Opisywane parametry mogą się bowiem zmieniać w ciągu kilku minut. W okresie okołoperacyjnym badanie gazometryczne w razie konieczności wykonywane jest nawet kilkanaście razy na dobę.

Badanie gazometryczne krwi obejmuje głównie ocenę:

- pH
- ciśnienia parcjalnego tlenu
- ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla.

Badanie dodatkowo pozwala na ocenę stężenia wodorowęglanów oraz wyliczoną na podstawie otrzymanych parametrów saturację krwi tętnicznej. Współczesne aparaty do wykonywania badania gazometrycznego analizują w trakcie jednego badania także inne parametry, takie jak: stężenie sodu, potasu, wapnia, wskaźnik hematokrytu, stężenie glukozy oraz mleczanów we krwi.

Ocena pH – informuje, czy organizm dziecka jest w stanie utrzymać równowagę kwasowo-zasadową, czy też może istnieją zaburzenia wpływające na ten parametr.

Prawidłowe pH utrzymuje się pomiędzy 7,38 a 7,45. U noworodków i wcześniaków wartości mogą być nieco niższe, przy czym uważa się, że w przypadku wartości pH poniżej 6,9 życie nie jest możliwe.

Zmiana pH wpływa na wiele procesów metabolicznych w komórkach, w tym komórkach mięśnia sercowego oraz układu przewodzącego serca. Zmniejszenie wartości pH poniżej normy oznacza kwasicę, a zwiększenie – zasadowicę (alkalozę). Kwasica lub alkalozia to objawy biochemiczne pewnych stanów patologicznych.

Najbardziej niepokojąca u dzieci z wrodzonymi wadami serca jest **kwasica**. Wyróżnia się dwa rodzaje kwasicy: metaboliczną i oddechową. **Kwasica metaboliczna** powstaje w następstwie nadmiernej produkcji kwasów przez organizm, gdy układ krążenia lub układ oddechowy nie mogą dostarczyć organizmowi niezbędnej ilości tlenu. Organizm uruchamia wtedy tzw. metabolizm beztlenowy, to znaczy reakcje chemiczne, które zużywają mniejszą ilość tlenu, ale charakteryzują się nadmierną produkcją kwasów. Jeżeli taki stan nie ulega zmianie, może doprowadzić do zgonu dziecka. Jako pomocniczy wskaźnik ocenia się również stężenie we krwi kwasu mlekowego, jednego z produktów metabolizmu beztlenowego.

Kwasica oddechowa spowodowana jest głównie niezdolnością płuc do wydalania dwutlenku węgla na skutek upośledzenia wymiany gazowej w pęcherzykach płucnych.

Ciśnienie parcjalne tlenu w osoczu krwi to główny parametr, od którego zależy utlenowanie hemoglobiny krwinek czerwonych, czyli saturacja krwi. Dodatkowa podaż tlenu do oddychania, np. poprzez maseczkę lub cewniki donosowe (tzw. wąsy), ma na celu zwiększenie ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi tętnicznej.

Ciśnienie parcjalne tlenu we krwi tętnicznej u dzieci z siniczymi wrodzonymi wadami serca jest obniżone i wynosi najczęściej 32–45 mm Hg. Uzyskanie wyższych wartości nie jest możliwe, ponieważ krew utlenowana miesza się z krwią

nieutlenowaną. Leczenie operacyjne ma m.in. na celu oddzielenie krwi utlenowanej i odtlenowanej oraz uzyskanie wyższego ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi tętniczej.

Ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla we krwi świadczy o wydolności płuc i wymianie gazowej w nich zachodzącej. Jeżeli stan płuc się pogarsza, upośledzona zostaje wymiana gazowa w płucach, a jedną z pierwszych oznak tego stanu stanowi wzrost ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla we krwi. Wzrost ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla we krwi doprowadza do kwasicy oddechowej.

Wyniki badania gazometrycznego różnią się w zależności od tego, czy pobrano do niego krew tętniczą, żylną czy włosniczkową. W warunkach szpitalnych krew do badania gazometrycznego pobiera się bezpośrednio z tętnicy lub z żyły. W warunkach ambulatoryjnych pobierana jest tzw. krew włosniczkowa, czyli np. z palca.

Badanie moczu

Badania moczu mają charakter ilościowy i jakościowy. Najczęściej wykonywane jest tzw. badanie ogólne moczu; znacznie rzadziej wykonywane są badania specjalistyczne. Badanie moczu odgrywa istotną rolę w rozpoznaniu choroby nerek i wątroby oraz dróg moczowych. U dzieci z wrodzonymi wadami serca niezwykle istotna jest ocena ilości produkowanego moczu oraz jego jakość.

Do badań wykonywanych w trybie ambulatoryjnym mocz dostarcza się w wygotowanych wcześniej szklanych pojemniczkach. W aptekach są też do kupienia gotowe do użycia plastikowe pojemniki, specjalnie przeznaczone na zebranie moczu. Buteleczkę czy pojemnik po napełnieniu należy podpisać imieniem i nazwiskiem. Przed badaniem nie jest wymagane żadne specjalne przygotowanie. Badanie ogólne jest proste do wykonania, tanie i całkowicie nieinwazyjne.

Badanie ogólne moczu obejmuje ocenę takich właściwości moczu, jak: zabarwienie, stopień zmętnienia, ciężar właściwy, odczyn (pH), zawartość białka, glukozy, związków ketonowych, urobilinogenu i bilirubiny oraz ocenę mikroskopową osadu moczu.

Zakres i rodzaj badania specjalistycznego moczu ustalany jest indywidualnie dla każdego pacjenta. Badanie specjalistyczne może się ograniczać jedynie do wykrycia danej substancji w moczu (badanie jakościowe) lub też polega na określeniu stężenia tej substancji w moczu (badanie ilościowe). W przypadku drugiego typu badań na ogół trzeba dostarczyć do laboratorium próbki moczu zebranego w ściśle określonym przedziale czasu (najczęściej w ciągu 24 godzin).

Do badania specjalistycznego moczu należy:

- określenie wydalania elektrolitów, np.: sodu, potasu, wapnia, magnezu, fosforu
- określenie wydalania końcowych produktów przemiany materii (tzw. związków azotu): mocznika, amoniaku, jonu amonowego, kreatyniny, kwasu moczowego

- określenie wielkości filtracji kłębkowej (powstawania moczu pierwotnego)
- pomiar stężenia albuminy w moczu (mikroalbuminuria)
- pomiar aktywności enzymów w moczu (np. amylazy)
- określenie wydalania hormonów lub ich metabolitów.

U dzieci z wrodzonymi wadami serca, zwłaszcza we wczesnym okresie pooperacyjnym, niezwykle istotna jest całkowita objętość wydalanego moczu. Bezppośrednio po operacji objętość moczu jest kontrolowana co godzinę. Objętość produkowanego moczu to bardzo dobry wskaźnik rzutu serca, informujący, czy serce pracuje dobrze, czy źle. Aby kontrolować objętość moczu co godzinę, dziecko musi mieć założony cewnik. Jeżeli stan dziecka w ciągu pierwszych kilku dni po operacji jest dobry, badanie może się ograniczyć do oceny ilości wytwarzanego moczu w ciągu 24 godzin (ryc. 2.). W tym celu nie jest konieczne utrzymywanie cewnika w pęcherzu moczowym. U małych dzieci można ważyć pieluchy i w ten sposób oceniać (z umiarkowaną dokładnością) ilość wytwarzanego moczu. Dzieci starsze mogą w warunkach szpitalnych oddawać mocz do pojemników, za pomocą których mierzona jest jego objętość.

Dzieci z wrodzonymi wadami serca często otrzymują leki zwiększające wytwarzanie moczu (tzw. diuretyki), np.: furosemid, spironolakton, mannitol. W takich przypadkach typowe jest zwiększone wydalanie moczu w ciągu kilku godzin po przyjęciu leków; w pozostałym okresie produkcja moczu jest zmniejszona.

Stosowanie diuretyków może wpływać na stężenia niektórych jonów we krwi (głównie sodu, potasu i wapnia). Należy wówczas okresowo kontrolować stężenia tych jonów we krwi. W przeszłości równocześnie z furosemidem rutynowo podawano potas. Obecnie odstępiono od tego postępowania.

Istotna dla dzieci z wrodzonymi wadami serca jest możliwość wystąpienia stanów patologicznych przebiegających z odwodnieniem: wymiotów, biegunki, gorączki. Stany te mogą prowadzić do ciężkiego odwodnienia dziecka, zwłaszcza małego. W takich sytuacjach nie należy stosować leków zwiększających produkcję

Ryc. 2. Worek na mocz umożliwiający precyzyjną ocenę jego objętości



moczu, ponieważ mogą one nasilić stopień odwodnienia dziecka. Taką terapię można wprowadzić dopiero po odpowiednim nawodnieniu dziecka.

Ocena ilości produkowanego moczu konieczna jest również do przygotowania tzw. bilansu dobowego płynów, czyli oceny ilości płynów podanych dziecku i wydalonych przez nie. Bilans płynów jest niezwykle istotny, zwłaszcza w ciężkich stanach niewydolności układu krążenia, gdy dzieci są obrzęknięte, a zmniejszona ilość produkowanego moczu wymaga zmniejszenia podaży płynów.

Pulsoksymetria – pomiar saturacji

Ważną metodą diagnostyczną do określania prawidłowego utlenowania tkanek jest pulsoksymetria, czyli nieinwazyjna metoda przezskórnego oznaczania wysycenia tlenem hemoglobiny we krwi tętniczej (tzw. pomiar saturacji – SaO_2). Pozwala ona o wiele dokładniej niż wzrokowo określić stopień sinego zabarwienia ciała dziecka – „sinicy” występującej w przypadku wielu wrodzonych wad serca.

Do pomiaru saturacji służą pulsoksymetry, umożliwiające pomiar procentu wysycenia hemoglobiny tlenem. Pulsoksymetry stanowią samodzielne urządzenia lub mogą być wbudowane w kardiomonitory. W czujniku pulsoksymetru (ryc. 3.), który u dzieci umieszcza się na dłoni, kciuku, palcu wskazującym lub dużym palcu stopy lub na stópce niemowląt, znajdują się dwie diody – w tym jedna czerwona – oraz fotodetektor.

Prawidłowy stopień wysycenia hemoglobiny tlenem we krwi tętniczej wynosi około 97–99%.

W przypadku wrodzonych wad serca o typie pojedynczej komory przed operacją i po operacjach wstępnych (zespolenie systemowo-płucne, *banding* tętnicy płucnej, operacja hemi-Fontana, operacja Norwooda) optymalne utlenowanie krwi tętniczej wynosi około 75–80%, a po operacji Fontana około 90% lub więcej.



Ryc. 3. Czujniki pulsoksymetru

Ryc. 4. Zapis czujnika pulsoksymetru na kardiomonitorze. Dolna linia i wartość pokazują stopień utlenowania krwi tętniczej (92%), a górna oznacza pomiar tętna



Przy odczycie z pulsoksymetru mogą wystąpić problemy, jeśli:

- dziecko się porusza
- dziecko leży w pobliżu silnego źródła światła
- przepływ krwi przez tkanki organizmu jest znacznie zmniejszony
- organizm jest ochłodzony.

W przypadku znacznej sinicy, wychłodzenia ciała i obkurczenia naczyń tętniczych odczyt wyników może być niemożliwy.

Zalety pulsoksymetrii:

- metoda jest nieinwazyjna
- może być stosowana przez długi okres
- nie wymaga kalibracji
- dane przekazywane są natychmiast
- czujnik przez wiele godzin może się znajdować w jednym miejscu, nie powodując nagrzania skóry
- błąd pomiaru jest niewielki.

Dodatkowy pomiar, jaki można uzyskać, stosując pulsoksymetr, to częstotliwość tętna, a uzyskane informacje prezentowane są za pomocą dźwięków i obrazów (ryc. 4.).

Badanie radiologiczne

Badanie rentgenowskie (RTG) klatki piersiowej należy do grupy podstawowych badań wykonywanych u dzieci z wrodzonymi wadami serca.

Badanie radiologiczne wykonuje się w przypadku podejrzenia wrodzonej wady serca oraz w celu śledzenia zarówno postępów choroby, jak i wyników leczenia.

Typowo zdjęcie radiologiczne (radiogram) wykonuje się w dwóch projekcjach – przednio-tylnej (częściej) i bocznej.

Ocena radiologiczna obejmuje zarówno ocenę płuc, jak i sylwetki serca, tzn. wielkości serca i jego kształtu.

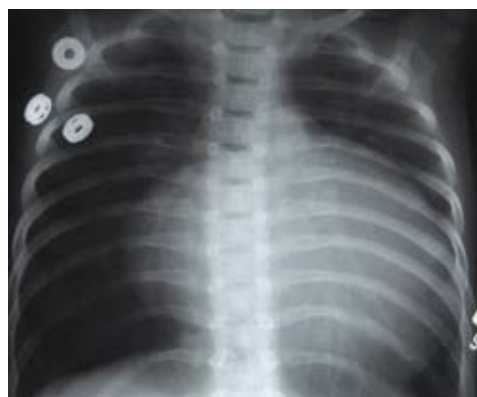
Wielkość serca ocenia się w odniesieniu do szerokości klatki piersiowej. Jest to tzw. wskaźnik sercowo-płucny. W przypadku przeciążonych objętościowo jam serca widoczna jest znacznie powiększona sylwetka serca (ryc. 5.), a w niektórych wadach serce przybiera na zdjęciu rentgenowskim charakterystyczne kształty, np. kształt buta w przypadku zespołu Fallota czy kształt jaja w przełożeniu wielkich naczyń.

Niezwykle istotna jest także ocena **płuc**. Na podstawie obrazu radiologicznego można wnioskować o wielkości przepływu krwi przez płuca czy też o stopniu zastoju krwi w płucach związanym z niewydolnością serca. Można ponadto uwioczyć w płucach zmiany zapalne, np. spowodowane zapaleniem płuc. Radiogram klatki piersiowej niezwykle ułatwia również ocenę stanów patologicznych, w których gromadzi się powietrze lub płyn w jamach opłucnych. Obecność powietrza w jamach opłucnych określa się mianem odmy. W ocenie objętości płynu w jamach opłucnowych częściej niż badanie radiologiczne stosowane jest obecnie badanie sonograficzne. Na podstawie zdjęcia radiologicznego klatki piersiowej można również wnioskować o współistniejących wadach płuc czy innych narządów, np. przepuklinie przeponowej.

Badanie radiologiczne wykorzystuje się również do określenia **lokalizacji ciał obcych** w klatce piersiowej, drenów, sond, rurki dotchawiczej, cewników umieszczonych w sercu, elektrod nasierdziowych czy endokawitarnych.

Coraz częściej klasyczne zdjęcie radiologiczne w postaci kliszy zastępują obrazy elektroniczne przechowywane na elektronicznych nośnikach pamięci.

Współczesne aparaty radiologiczne wykorzystują coraz mniejszą dawkę promieniowania do wykonania zdjęcia, dlatego wydaje się, że szkodliwość tych badań jest znikoma.



Ryc. 5. A. Dziecko podczas badania RTG **B.** Powiększona sylwetka serca widoczna na radiogramie

Badanie elektrokardiograficzne – EKG

Badanie elektrokardiograficzne to powszechnie dostępne, łatwe do wykonania, a zarazem niesłychanie ważne, nieinwazyjne kardiologiczne badanie diagnostyczne. Badanie – stosowane od ponad 100 lat – polega na zapisaniu elektrycznej czynności mięśnia sercowego (w praktyce rejestruje się różnicę potencjałów pomiędzy dwiema elektrodami). Wynik badania uzyskuje się w formie graficznego zapisu – **elektrokardiogramu**, zwykle nazywanego **zapisem EKG** lub **krzywą EKG**.

Do badania rozebrane dziecko układa się na leżance; jest ważne, aby leżało spokojnie (ryc. 6.). Elektrody łączące z rejestratorem, czyli elektrokardiografem, umieszcza się na kończynach dziecka i na klatce piersiowej. Badanie jest w pełni bezpieczne i niebolesne, trwa kilka minut. Typowo zapis elektrokardiograficzny wykonuje się, używając 12 elektrod (6 kończynowych i 6 przedsercowych, umieszczonych na powierzchni klatki piersiowej); umiejscowienie i kolory poszczególnych elektrod (nazywanych też odprowadzeniami) są standardowe.

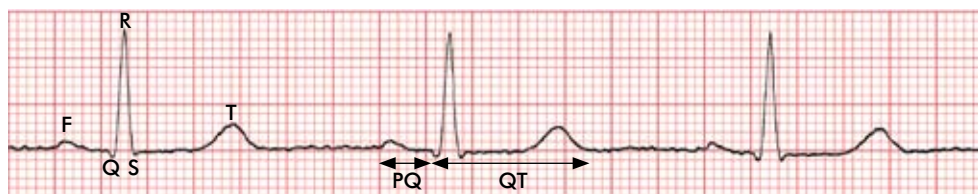
Do zapisu (ryc. 7.) stosuje się specjalny papier milimetryowy ułatwiający analizę krzywej EKG. W elektrokardiogramie rozróżnia się załamki, odcinki i odstępy, które odzwierciedlają skurcz i rozkurcz przedsionków i komór oraz czas przewodzenia impulsu pomiędzy poszczególnymi strukturami mięśnia sercowego.

Interpretacji zapisu dokonuje lekarz. Polega ona na ocenie czasu trwania, wielkości (amplitudy), kształtu i kolejności pojawiania się załamek; mierzy się czas trwania odstępow i odcinków. U dzieci elektrokardiogram zmienia się z wiekiem, do analizy zapisu konieczne jest podanie wieku badanego dziecka.

Na podstawie zapisu EKG ocenia się rytm serca, rozpoznaje niemiarową czynność serca oraz powiększenie przedsionków i przerosty komór, zmiany niedokrwienne czy wynikające z nieprawidłowego przewodzenia pobudzenia w sercu. W wielu przypadkach wynik badania EKG jest podstawą prawidłowego rozpoznania

Ryc. 6. Dziecko w trakcie badania EKG





Ryc. 7. Zapis EKG. II odprowadzenie, trzy cykle serca, załamek P – odzwierciedla pobudzenie mięśni przedsionków, załamki QR i S tworzą zespół QRS – odpowiada pobudzeniu mięśni komór, załamek T – rozładowanie (repolaryzacja) mięśni komór, linia podstawowa pomiędzy załamekami jest nazywana linią izoelektryczną, odstęp PQ – odzwierciedla czas przewodzenia pobudzenia z węzła zatokowego do mięśni komór, odstęp QT – czas trwania pobudzenia i rozładowania mięśni komór

choroby serca czy zaburzeń rytmu serca. Na wynik badania wpływa wiele czynników, np.: niepokój dziecka w czasie wykonywania zapisu, gorączka, podawane leki, zaburzenia elektrolitowe.

Badanie holterowskie EKG

Holterowskie badanie EKG pozwala rejestrować krzywą elektrokardiograficzną w ciągu wielu godzin; najczęściej trwa dobę, ale może trwać 7 dni. Wprowadzenie i rozpowszechnienie holterowskich zapisów EKG (używa się też nazw **elektrokardiografia holterowska, ambulatoryjna czy 24-godzinny zapis EKG**) przyczyniło się do lepszego poznania zmian rytmu serca w ciągu doby. Wpłynęło również na istotne zwiększenie liczby pacjentów z rozpoznawanymi zaburzeniami rytmu serca czy innymi zmianami elektrokardiograficznymi.

Systemy do rejestracji holterowskiej EKG (ryc. 8.) mają coraz więcej możliwości. W czasie badania w ustalonych miejscach nakleja się jednorazowe elektrody

Ryc. 8. Urządzenie do rejestracji holterowskiej EKG



na klatkę piersiową dziecka (przed naklejeniem elektrod skóra klatki piersiowej musi być odpowiednio przygotowana), elektrody połączone są kablami z rejestratorem, w którym gromadzone są dane EKG (ryc. 9.). Po 24 godzinach dziecko wraca do pracowni, rejestrator jest odłączany, a zapamiętany zapis elektrokardiograficzny jest odczytywany z rejestratora i poddawany analizie w komputerowym systemie odtwarzająco-analizującym. U najmłodszych pacjentów uzyskanie dobrych technicznie zapisów bywa trudne.

Końcowy etap badania stanowi opracowanie wyniku (u dzieci koniecznie należy uwzględnić normy dla wieku). Bardzo ważne jest uwzględnienie w wyniku danych dotyczących zachowania dziecka (sen, płacz, wysiłek) w czasie rejestracji objawów. W badaniu uzyskuje się informacje o częstotliwości i charakterze rytmu serca w czasie czuwania i w czasie snu. Zapisywane są zaburzenia rytmu serca i przewodzenia oraz dłuższe przerwy w czynności serca. Można oceniać zmiany wskazujące na niedokrwienie mięśnia sercowego.

U dzieci z zaburzeniami rytmu serca elektrokardiografia holterowska od lat należy do podstawowych nieinwazyjnych badań diagnostycznych. Badanie wykonuje się również u dzieci z omdleniami, zawrotami głowy, uczuciem szybkiego bicia serca czy bólu w klatce piersiowej w celu sprawdzenia, jaki jest rytm serca w chwili wystąpienia objawów. U pacjentów z chorobami serca, w których mogą wystąpić zaburzenia rytmu serca czy inne zmiany elektrokardiograficzne,

Ryc. 9. Dziecko podczas badania



również należy okresowo powtarzać badanie holterowskie EKG. Do tej grupy należy zaliczyć dzieci z niektórymi wadami serca (np. ze zwężeniem zastawek aorty), po operacjach wrodzonych wad serca (zwłaszcza po korekcji zespołu Fallota, przełożenia dużych naczyń metodą Senninga lub Mustarda, po operacjach typu Fontana) czy z chorym mięśniem sercowym. Zwykle 24-godzinny zapis EKG powtarza się w czasie podawania leków przeciwwarytmicznych w celu oceny pracy wszczepionego stymulatora serca lub kardiowertera-defibrylatora czy po leczeniu częstoskurczu metodą ablacji prądem o częstotliwości radiowej.

U pacjentów z niepokojącymi objawami o nieznanym przyczynie przydatna może się okazać rejestracja zapisu EKG na żądanie (*event Holter*) lub telefoniczna. Oba systemy, nadal mało rozpowszechnione, umożliwiają dokonanie zapisu EKG w chwili wystąpienia u dziecka rzadko obserwowanych objawów, np.: bólu w klatce piersiowej, napadów „kołatania” serca czy omdleń. Pacjent lub jego rodzice mogą rozpocząć monitorowanie zapisu EKG w ciągu pierwszych sekund zdarzenia; zwiększa to prawdopodobieństwo uchwycenia zależności między występującymi objawami a zaburzeniami rytmu serca.

Badanie echokardiograficzne

Badanie echokardiograficzne (potocznie zwane przez rodziców echem serca) jest nieinwazyjną, obrazową metodą badania serca i naczyń krwionośnych za pomocą ultradźwięków. Badanie to zrewolucjonizowało proces diagnostyczny wrodzonych wad serca, stając się w większości przypadków wystarczającą metodą do ustalenia rozpoznania, bez konieczności przeprowadzania inwazyjnych badań diagnostycznych (cewnikowania).

W trakcie badania echokardiograficznego ocenia się:

- anatomię serca, czyli obecność oraz wielkość komór i przedsionków, przecieki na poziomie przedsionków i komór, budowę i funkcjonowanie zastawek serca (mitralnej, trójdzielnej, płucnej i aortalnej) oraz położenie i budowę głównych naczyń tętniczych i żylnych oraz naczyń wieńcowych
- funkcję hemodynamiczną serca, czyli przepływ krwi w dużych naczyniach krwionośnych (aorcie, tętnicy płucnej, żyłach płucnych i żyłach głównych) oraz w jamach serca (przedsionkach i komorach).

Na podstawie uzyskanych informacji można dokonać precyzyjnej oceny anatomii wady i jej fizjologii.

Obraz echokardiograficzny może mieć charakter jedno-, dwu-, trój- lub czterowymiarowy.

- **Obraz jednowymiarowy** (prezentacja *M-mode*) pozwala na uzyskanie na monitorze jednej warstwy badanych tkanek, czyli przekroju serca tylko w jednej wybranej płaszczyźnie.

- **Obraz dwuwymiarowy (2D)** pozwala na uzyskanie obrazu serca w dwóch płaszczyznach oraz ocenę serca w ruchu. Jest to obecnie najczęściej wykorzystywany sposób obrazowania.
- **Obraz trójwymiarowy (3D)** to najnowszy sposób obrazowania, który pozwala na przestrzenną prezentację poszczególnych elementów serca, np. zastawek, w trybie „*off-line*”, czyli uzyskany obraz jest rekonstrukcją komputerową, a nie obrazem w czasie rzeczywistym.
- **Obraz czterowymiarowy (4D)** – obraz trójwymiarowy w ruchu – to rekonstrukcja komputerowa w trzech wymiarach bijącego serca w czasie rzeczywistym.

Efekt dopplerowski umożliwia ocenę przepływów krwi w jamach serca i naczyniach krwionośnych. Wyniki uzyskiwane są dzięki rejestracji wysyłanych przez głowice fal, które w kontakcie z ruchomymi tkankami, np. płynącą krwią, zmieniają swoją częstotliwość. Na podstawie zmiany częstotliwości można wnioskować o prędkości i kierunku przepływu krwi w naczyniach. Wynik badań może być przedstawiony w formie wykresów prędkości lub pod postacią kolorów (tzw. kolorowy dopler). Kolory na monitorze (ryc. 10.) nie odzwierciedlają koloru krwi czy stopnia jej utlenowania, ale konkretne prędkości jej przepływu. Umożliwia to we wrodzonych wadach serca ocenę m.in. przecieków wewnątrzsercowych, zwężeń naczyń, niedomykalności i zwężeń zastawek, szacunkowego ciśnienia krwi w poszczególnych jamach serca oraz rzutu serca.

Technika wykonania badania

Badanie echokardiograficzne wykonuje się z użyciem specjalnego aparatu, tzw. echokardiografu (ryc. 11.), zbudowanego z głowicy, przetworników, komputera

Ryc. 10. Przykładowy obraz na monitorze echokardiografu



Ryc. 11. Echokardiograf



oraz monitora. Używane obecnie echokardiografy mają najczęściej możliwość uzyskiwania obrazów jedno- i dwuwymiarowych, uzupełnionych o efekt dopplerowski, a także coraz częściej obrazów trójwymiarowych.

Formy badania echokardiograficznego

- Badanie przezklatkowe – jest to powszechnie wykorzystywany rodzaj badania echokardiograficznego, w którym głowicę przykładają się do skóry klatki piersiowej.
- Badanie przezprzelykowe – dokładniej obrazujące serce – stosuje się jako badanie uzupełniające echokardiografię przezklatkową oraz w trakcie operacji do oceny jej efektów. Do tego badania głowicę umieszcza się w przelyku na wysokości serca.
- Badanie nasierdziowe – głowicę umieszcza się bezpośrednio na sercu w trakcie operacji.

Do badania przezklatkowego dziecko układa się w pozycji leżącej (na wznak) z lekko uniesioną klatką piersiową (np. na poduszce) lub na lewym boku (ryc. 12.).

Ryc. 12. Dziecko w trakcie badania echokardiograficznego



W trakcie badania głowicę przykładą się do skóry klatki piersiowej dziecka pokrytej specjalnym żelem eliminującym zakłócenia powodowane przez warstwę powietrza między skórą a głowicą. Głowica wysyła i rejestruje odbite od tkanek ultradźwięki, przekazując je w formie impulsów elektronicznych do przetworników i komputera. Dzięki temu na monitorze uzyskiwany jest obraz (w formie cieni) w czasie rzeczywistym.

Uzyskiwany obraz echokardiograficzny najczęściej jest bezpośrednio rejestrowany na taśmach magnetycznych lub elektronicznych nośnikach pamięci, co umożliwia wielokrotne odtwarzanie w celu ponownej oceny lub porównania uprzednio wykonanych badań. Najkorzystniejsza jest więc dla dziecka z wadą serca sytuacja, gdy pozostaje ono pod opieką jednego kardiologa wykonującego badania echokardiograficzne, ponieważ umożliwia to zachowanie ciągłości badań i porównań między nimi.

Badanie echokardiograficzne wykonuje się zazwyczaj w zaciemnionym pomieszczeniu, co umożliwia wykonującemu precyzyjną ocenę obrazu. Pomieszczenie to powinno być wystarczająco nagrzane z uwagi na konieczność rozebrania dziecka.

W trakcie całego badania, trwającego najczęściej około 20–30 minut, dziecko musi leżeć spokojnie. W przeciwnym przypadku badanie jest nieprecyzyjne lub nawet niemożliwe do wykonania. Dlatego, zwłaszcza w przypadku małych dzieci, często konieczne jest podanie leków uspokajających w celu wyeliminowania naturalnych ruchów dziecka oraz niepożądanych reakcji związanych z lękiem dziecka przed badaniem.

Częstotliwość wykonywania badania echokardiograficznego

Po raz pierwszy „echo serca” należy wykonać w przypadku podejrzenia wady serca u dziecka, gdy lekarz zaobserwuje jakiegokolwiek niepokojące objawy; dziecko musi otrzymać skierowanie do specjalisty – kardiologa dziecięcego.

W przypadku dzieci wymagających natychmiastowej operacji serca kolejne badania są najczęściej wykonywane w szpitalu w okresie przedoperacyjnym oraz pooperacyjnym, a także z reguły przed wypisaniem do domu. W późniejszym okresie badanie echokardiograficzne wykonuje się w trakcie rutynowych wizyt kontrolnych w poradni kardiologicznej. Częstotliwość tych badań ustala się indywidualnie dla każdego dziecka i zależy od rodzaju wady serca. U dzieci po korekcie całkowitej wady badania wykonuje się coraz rzadziej w miarę upływu czasu od operacji (bądź operacji kończącej leczenie wieloetapowe).

Natomiast u dzieci z wadami niewymagającymi natychmiastowej interwencji kolejne badania echokardiograficzne wykonuje się podczas wizyt kontrolnych u kardiologa, zgodnie z indywidualnymi zaleceniami dostosowanymi do ich wady.

Ważne!

Aparaty echokardiograficzne są coraz bardziej popularne i precyzyjne, dzięki czemu możliwa jest bardzo szczegółowa diagnostyka serca. Jednak to od doświadczenia kardiologa wykonującego badanie zależy prawidłowe rozpoznanie wady, a interpretacja poszczególnych obrazów może się różnić między specjalistami. Czasami do uzyskania pełnej diagnozy wady serca dziecka może się okazać konieczne przeprowadzenie diagnostyki inwazyjnej.

Magnetyczny rezonans jądrowy

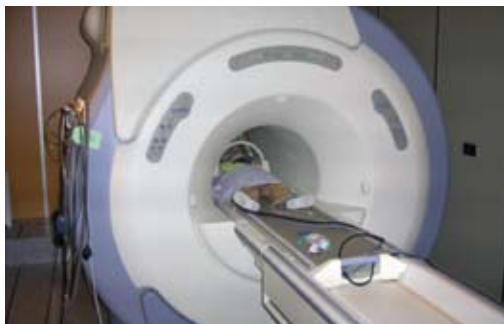
Magnetyczny rezonans jądrowy (*nuclear magnetic resonance* – NMR, MR) to jeden z najnowszych sposobów diagnostycznych wykorzystywany do obrazowania wnętrza ludzkiego ciała. Forma tego badania zbliżona jest do tomografii komputerowej (ryc. 13.), jednak promienie rentgenowskie zastępuje w jego przypadku niezwykle silne pole magnetyczne wzbudzające atomy tkanek budujących organizm. Wzbudzone atomy emitują energię, która za pomocą niezwykle skomplikowanych analiz matematycznych wykonywanych przez komputer przetwarzana jest na obraz.

W czasie badania dziecko umieszcza się w pozycji leżącej wewnątrz urządzenia przypominającego beczkę (ryc. 14). Ponieważ konieczne jest pozostawanie kilkadziesiąt minut bez ruchu, małym dzieciom podaje się leki uspokajające. Starsze dzieci również mogą je otrzymywać, jeśli stwierdzono u nich klaustrofobię (lęk

Ryc. 13. Pomieszczenia do wykonywania badania



Ryc. 14. Dziecko w trakcie badania MR



przed przebywaniem w ciasnych lub zamkniętych pomieszczeniach). Jak dotąd nie wykazano szkodliwości tego badania.

Badanie to może obejmować wszystkie narządy, jednak u dzieci z wrodzonymi wadami serca znaczenie ma ocena serca, dużych naczyń, jak aorta i tętnice płucne, oraz przylegających tkanek. Uzyskiwane obrazy mogą mieć charakter trójwymiarowy i pozwalają na wykonywanie rekonstrukcji tkanek we wszystkich płaszczyznach.

Dotychczas magnetyczny rezonans jądrowy wykorzystywany był np. w diagnostyce koarktacji aorty, niedorozwoju aorty, tętniaków aorty lub naczyń wieńcowych w chorobie Kawasaki, w guzach serca lub śródpiersia oraz do oceny skutków urazów klatki piersiowej. Badanie to może być szczególnie przydatne do diagnostyki złożonych form pierścieni naczyńniowych.

Ponieważ jest to stosunkowo nowa metoda, zakres jej zastosowania nadal się powiększa, w miarę zwiększania się możliwości technicznych aparatów. Szczególnie interesujące są próby oceny wad wrodzonych u płodów.

Badanie MR ma jednak bardzo istotne ograniczenia. W organizmie dziecka podawanego badaniu nie mogą się znajdować żadne elementy metalowe, ponieważ w silnym polu magnetycznym mogłyby dojść do ich przemieszczenia i uszkodzenia tkanek. Bezwzględne przeciwwskazanie do wykonania tego badania stanowi

wszczepiony rozrusznik, metalowe elektrody, implanty ślimakowe u dzieci niedoświadczonych, metalowe endoprotezy, niektóre stare typy zastawek serca, klipsy metalowe na przewodzie tętniczym czy druty metalowe wykorzystane do zszycia mostka. Wiele ośrodków kardiochirurgicznych zrezygnowało z tego powodu ze stosowania szwów metalowych, zastępując je szwami tradycyjnymi. Przed wykonaniem badania trzeba się upewnić, czy klipsy na przewodzie tętniczym są metalowe czy tytanowe. Jeżeli w trakcie operacji kardiochirurgicznych mostek zszyto szwami metalowymi, należy je bezwzględnie usunąć przed planowanym badaniem. Stosowane obecnie „stenty” do poszerzania tętnic płucnych, aorty czy naczyń wieńcowych nie stanowią przeciwwskazania do badania MR.

