

Aureliusz Kolonko, *Andrzej Więcek

Zastosowanie badania USG-Doppler u chorych po przeszczepieniu nerki

The utility of Doppler sonography in kidney transplant recipients

Katedra i Klinika Nefrologii, Endokrynologii i Chorób Przemiany Materii
Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach
Kierownik Katedry i Kliniki: prof. dr hab. med. Andrzej Więcek

Streszczenie

Badanie ultrasonograficzne jest podstawowym badaniem obrazowym u chorych po przeszczepieniu nerki. Ocena hemodynamicznych parametrów przepływu krwi w tętnicy nerkowej oraz w naczyniach segmentowych przeszczepionej nerki za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej (USG-Doppler) jest niezwykle przydatną metodą diagnostyczną, która pozwala na nieinwazyjne różnicowanie potencjalnych przyczyn dysfunkcji graftu nerkowego zarówno we wczesnym okresie potransplantacyjnym, jak i w czasie odległej obserwacji. Wraz z ciągłym rozwojem tej metody obrazowania pojawiają się wciąż nowe zastosowania badania USG-Doppler w okresie okołoperacyjnym oraz w diagnostyce późnych powikłań po transplantacji. W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia związane z zastosowaniem badania USG-Doppler u chorych po transplantacji nerki, a w szczególności wskazania do wykonania tego badania, interpretację wyników, jak i ograniczenia tej metody diagnostycznej.

Słowa kluczowe: transplantacja nerki, Doppler, powikłania, parametry oporowe

Summary

Ultrasound examination is a widely used first-line imaging technique in kidney transplant recipients. The analysis of blood flow parameters in the main artery and segmental arteries of the kidney graft based on Doppler method is a non-invasive diagnostic measure, which helps to define the reason of graft dysfunction, both in the early postoperative period and during the long-term follow-up. In this report we present the wide range of Doppler sonography application in kidney transplant recipients, taking into account the indications for this diagnostic measure, the interpretation of its results, as well as the specific limitations of the method.

Key words: kidney transplantation, Doppler ultrasound, complications, resistance indices

WSTĘP

Przeszczepienie nerki jest uważane obecnie za optymalną metodę leczenia chorych z terminalną postacią przewlekłej choroby nerek (1). Wieloletnie przeżycie takiego pacjenta zależy w dużej mierze od zadowalającej czynności przeszczepionej nerki. Dotychczas poznano wiele czynników, które wpływają zarówno na wczesne, jak i odległe przeżycie graftu nerkowego, wśród nich należy wymienić: wiek dawcy i biorcy, liczbę niezgodnych antygenów w układzie HLA, wydłużony czas zimnego niedokrwienia (CIT), obecność cukrzycy, zakażenia wirusem cytomegalii (CMV), a także wystąpienie epizodów ostrego odrzucania lub opóźnionej czynności graftu (*delayed graft function* – DGF) (2, 3). Zarówno

w pierwszych tygodniach i miesiącach po transplantacji, jak i w okresie odległej obserwacji, pogorszenie czynności wydalniczej przeszczepu może być spowodowane wieloma przyczynami, m.in. procesem ostrego lub przewlekłego odrzucania, powikłaniami naczyniowymi oraz ostrą lub przewlekłą nefrotoksycznością stosowanych leków immunosupresyjnych, zwłaszcza inhibitorów kalcyneuryny (*calcineurin inhibitors* – CNI) (4).

Regularnie wykonywane badanie ultrasonograficzne, połączone z dopplerowską oceną przepływu przez naczynia nerki przeszczepionej wraz z zespoleniem naczyniowym (USG-Doppler) należy do standardu diagnostyki u chorych po przeszczepieniu nerki i często umożli-

liwia szybkie postawienie prawidłowego rozpoznania, a co za tym idzie, również rozpoczęcia leczenia przyczynowego. Zaletą badania USG-Doppler jest jego nieinwazyjność i szeroka dostępność, co sprawia, że badanie to można traktować jako tzw. badanie przesiewowe, a w oparciu o wynik tego badania klinicysta może określić konieczność dalszej diagnostyki, np. wykonania angio-TK lub też biopsji przeszczepionej nerki. Istotnym ograniczeniem metody USG-Doppler jest zależność tego badania od doświadczenia osoby wykonującej, jak również długość czasu badania (w celu uzyskania rzetelnych wyników około 20-30 minut).

W ostatnich latach opublikowano wiele prac dokumentujących nie tylko przydatność badania dopplerowskiego w diagnostyce powikłań po transplantacji nerki, ale również jego wartość prognostyczną w ocenie wieloletniego przeżycia przeszczepionego narządu. W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia związane z zastosowaniem badania USG-Doppler u chorych po transplantacji nerki, a w szczególności wskazania do wykonania tego badania, interpretację wyników, jak i ograniczenia tej metody diagnostycznej.

ZASTOSOWANIE BADANIA USG-DOPPLER WE WCZESNYM OKRESIE PO TRANSPLANTACJI NERKI

Ocenę przepływu krwi w naczyniach nerki przeszczepionej zaczęto wykonywać przed ponad trzydziestu laty, a od kilkunastu lat stanowi ono nieodłączny element diagnostyki potransplantacyjnej. **Obecnie zaleca się wykonanie pierwszego badania przepływu u wszystkich chorych już w pierwszych dobach po zabiegu.** Badanie to pozwala zazwyczaj na potwierdzenie prawidłowego, równomiernego ukrwienia nerki przeszczepionej, lub też umożliwia szybkie rozpoznanie zamknięcia tętnicy bądź zakrzepicy żyły nerkowej, powodujących potrzebę pilnej interwencji chirurgicznej z próbą przywrócenia drożności naczynia lub eksplantacji narządu. Zatkanie światła tętnicy nerki przeszczepionej spowodowane jest najczęściej z przyczyn technicznych przy wykonaniu zespolenia naczyniowego, bądź też skręceniem tętnicy na skutek nadmiernej ruchomości greftu. Zakrzepica żyła nerkowa greftu może być następstwem procesu zakrzepowego w naczyniach biodrowych biorcy, uciskiem sąsiadujących tkanek na żyłę nerkową np. u chorych otyłych, na co nakładają się często współwystępujące w mocznicę zaburzenia układu krzepnięcia.

W przypadku wykonania w trakcie zabiegu przeszczepienia niezbędnych rekonstrukcji naczyniowych (najczęściej z uwagi na mnogie naczynia prowadzące do nerki i obecność tętniczek biegunowych) badanie USG-Doppler wspomagane opcją Dopplera mocy (*power doppler*) pozwala na rozpoznanie ewentualnej zakrzepicy jednego lub więcej z zespalanych naczyń, co prowadzi do niedokrwienia i w konsekwencji do zawału części miąższu nerkowego.

Istotnych informacji o czynności przeszczepionego narządu we wcze-

snym okresie po transplantacji dostarcza ocena wartości wskaźników oporu wewnątrznaczyniowego, obliczanych na podstawie spektrum przepływu krwi w tętnicach segmentowych greftu. **Wartość wskaźnika pulsacji** (*pulsatility index* – PI) oraz **wskaźnika oporowego** (*resistance index* – RI) jest obliczana na podstawie prędkości maksymalnej na szczycie skurczu (V_{max}) oraz prędkości minimalnej końcoworozkurczowej (V_{min}), posługując się następującymi wzorami: $PI = 2x(V_{max} - V_{min}) / (V_{max} + V_{min})$; $RI = (V_{max} - V_{min}) / V_{max}$. Z uwagi na mięszkowy, niskooporowy charakter przepływu w naczyniach segmentowych, w warunkach prawidłowych spektrum dopplerowskie jest w nich ciągłe, tzn. przepływ krwi jest obecny zarówno w fazie skurczu serca, jak i na całej długości fazy rozkurczu, a wartości wskaźników oporu utrzymują się w zakresie, odpowiednio, dla PI 0.9-1.5, dla RI 0.6-0.75, przy czym podawane przez różnych autorów normy ustalane są dość arbitralnie (5, 6, 7). Wielkości PI i RI są pochodną stopnia nasilenia obrzęku śródmiąższowego w tkance nerkowej, związanego m.in. z uszkodzeniem niedokrwienno-reperfuzyjnym. Pamiętać jednak należy, że wartości PI i RI mogą być zafałszowane w przypadku bradykardii lub tachykardii obecnej w trakcie wykonywania badania dopplerowskiego (które odpowiednio zwyżają lub zaniżają wartości wskaźników oporu) lub też na skutek nadmiernego ucisku głowicy ultrasonografu (wzrost PI i RI) na położony płytko pod skórą narząd, wszczepiany heterotopowo, tj. do dołu biodrowego. Udowodniony jest również związek pomiędzy wartościami parametrów oporu wewnątrznaczyniowego w nerce przeszczepionej, wiekiem oraz stanem naczyń i zaawansowaniem zmian miażdżycowych dawcy i biorcy. Przy czym, o ile w pierwszym tygodniu po transplantacji korelacja ta dotyczy najczęściej wieku dawcy (8), to już w badaniu wykonywanym bezpośrednio przed wypisaniem chorego ze szpitala, stwierdzono korelację RI z wiekiem biorcy (9, 10, 11) oraz prędkością fali tętna, grubością kompleksu warstwa wewnętrzna i warstwa środkowa ściany naczyniowej i ciśnieniem tętna biorcy (12). Zależność tę w późniejszym okresie po transplantacji potwierdzili również inni autorzy (13, 14).

Na kształt fali Dopplera, i co za tym idzie, na wartość PI i RI w początkowym okresie po transplantacji, ma również wpływ wiele czynników, przede wszystkim współistniejące ostre odrzucanie (*acute rejection* – AR) lub ostra martwica cewek nerkowych (*acute tubular necrosis* – ATN), a także znaczny ucisk tkanki nerkowej w przypadku dużego stopnia zastoju moczu w układzie kielichowo-miedniczkowym greftu lub obecności zbiornika okołonerkowego – krwiak, limfocela, zacieł moczowy. Wszystkie te przyczyny wywołują znaczny wzrost PI oraz RI w naczyniach segmentowych i płatowych, co powoduje, że podejmowane wcześniej próby różnicowania tych patologii, a zwłaszcza odróżnienia AR od

ATN, jedynie na podstawie badania dopplerowskiego, pomimo niektórych obiecujących doniesień nie przyniosły oczekiwanych rezultatów (15, 16) i nadal badaniem referencyjnym w tych przypadkach pozostaje biopsja nerki (6, 17, 18).

Postulowany przez niektórych autorów wzrost wartości RI bezpośrednio po podaniu inhibitora kalcyneury (19, 20) nie został potwierdzony w innych pracach (21, 22). Opisano natomiast manifestację ostrej nefrotoksyczności CNI w badaniu dopplerowskim. Takim przykładem może być wystąpienie wstępnego przepływu krwi w fazie rozkurczowej, korelującego z cechami nefrotoksyczności opisywanymi w biopsji i jego ustąpienie po obniżeniu dawki leku (23). Z kolei pacjenci przewlekłe leczenia CNI charakteryzują się wyższymi wartościami RI w porównaniu do chorych nie otrzymujących CNI (24). Efekt ten jest bardziej widoczny u chorych leczonych cyklosporyną niż po zastosowaniu takrolimusu (25).

W tym miejscu wspomnieć należy o pewnych sytuacjach klinicznych, w których użyteczność wskaźnika oporu jest znacznie ograniczona, przede wszystkim w przypadku obecności w tętnicach segmentowych graftu **nieciągnięgo spektrum przepływu krwi w części lub w całości fazy rozkurczowej**. Taki obraz fali Dopplera po transplantacji obserwujemy niemal wyłącznie u 25-30% chorych z opóźnioną czynnością wydalniczą graftu, spowodowaną najczęściej przez ATN. Chorzy ci wymagają kontynuacji dializoterapii przez okres kilku lub kilkunastu dni, do czasu regeneracji uszkodzonego nabłonka cewkowego i zwiększenia diurezy. W zależności od wielkości ubytku przepływu w fazie rozkurczowej rokowanie u poszczególnych chorych z nieciągnącym przepływem krwi bywa odmienne, ale prędkość końcoworozkurczowa V_{min} wynosi u wszystkich chorych zero, a obliczona wartość RI = 1.0. Aby skwantyfikować proporcje czasu, w którym krew tętnicza płynie przez naczynie segmentowe, do czasu całego cyklu sercowego, **zaproponowano wprowadzenie wskaźnika czasu przepływu (flow time index – FTI)**, obliczanego według wzoru: $FTI [\%] = \text{czas przepływu krwi} / \text{czas cyklu serca} \times 100$ (26). Wykazano istnienie znamiennej ujemnej korelacji FTI z czasem trwania ATN (26). Z kolei w niedawno opublikowanej pracy (27) Ba i wsp. wykazano, że stężenie kreatyniny w surowicy po 3 i 24 miesiącach od transplantacji było znamienne wyższe u chorych, u których w ciągu pierwszych trzech dni po zabiegu obserwowano nieciągnące spektrum przepływu krwi w naczyniach przeszczepionej nerki.

Osobnego omówienia wymaga przydatność ultrasonografii dopplerowskiej w wykrywaniu obecności przetok tętniczo-żylnych w obrębie przeszczepionej nerki. Przetoki takie są najczęściej powikłaniem biopsji cienkoigłowej wykonywanej bądź rutynowo przed wszczepieniem narządu, bądź w przypadku diagnostyki powikłań po zabiegu transplantacji, choć mogą też być wynikiem anomalii naczyniowych obecnych w narządzie już przed pobraniem.

Przetoka tętniczo-żylna daje charakterystyczny obraz turbulentnego przepływu wykraczającego poza normalny obrys naczynia (na skutek drgań otaczających je tkanek) z niespotykaną zwykle w obrębie nerki wysoką prędkością niskooporowego przepływu w zaopatrującej tętnicy i arterializacją spektrum w zyle odprowadzającej (7). Większość przetok będących następstwem biopsji ulega samoistnemu zamknięciu (28, 29) i nie wymaga leczenia operacyjnego, lecz jedynie okresowego monitorowania za pomocą sonografii dopplerowskiej. W przypadku gdy istnieją przesłanki, że przetoka ma związek z pogorszeniem czynności wydalniczej graftu, krwiomoczem lub trudnym do opanowania nadciśnieniem tętniczym, wskazana jest jej embolizacja (7, 29, 30) lub leczenie operacyjne (31).

Jak wynika z powyższego omówienia, badanie USG-Doppler jest bardzo użytecznym narzędziem diagnostycznym, umożliwiającym nieinwazyjne i precyzyjne różnicowanie przyczyn nieoptymalnej czynności nerki przeszczepionej we wczesnym okresie po zabiegu transplantacji. Z tego też powodu zaleca się rutynowe jego powtarzanie w odstępach 5-7 dni u chorych z zadowalającą czynnością przeszczepu (obecność dużej diurezy, stopniowe obniżanie się stężenia kreatyniny w surowicy), a u pozostałych chorych (zwłaszcza z oligurią i koniecznością kontynuacji dializoterapii po przeszczepieniu) wydaje się celowe powtórzenie badania już po 2-3 dniach w celu oceny ewolucji spektrum dopplerowskiego, a także przed podjęciem decyzji o potrzebie wykonania biopsji narządu. Badanie to należy również wykonać w pierwszej kolejności w każdym przypadku niewyjaśnionego pogorszenia czynności wydalniczej graftu.

ZASTOSOWANIE BADANIA USG-DOPPLER W PÓŹNYM OKRESIE POTRANSPLANTACYJNYM

Badanie dopplerowskie jest również niezwykle przydatne w diagnostyce i różnicowaniu przyczyn pogorszenia czynności wydalniczej graftu w odległym okresie obserwacji. W każdym przypadku rażącego wzrostu stężenia kreatyniny w surowicy bez mogących go tłumaczyć objawów zakażenia dróg moczowych **należy podejrzewać ostre odrzucanie przeszczepionej nerki**. Znaczny wzrost wartości parametrów oporu wewnątrznerkowego w tętnicach segmentowych stanowi istotną przesłankę potwierdzającą to rozpoznanie (5, 32). Po zastosowaniu leczenia dużymi dawkami metyloprednizolonu w kolejnych dniach obserwuje się stopniowe obniżanie PI i RI, u większości pacjentów do wartości wyjściowych (16, 32). Wynika z tego również potrzeba wykonywania co kilka lat badania dopplerowskiego także u chorych ze stabilną czynnością graftu po to, aby w razie pogorszenia funkcji narządu znać wartości odniesienia parametrów oporu (tzn. wartości mierzone w okresie bez objawów). Na uwagę zasługuje fakt, że wraz z wiekiem pacjenta oraz na skutek m.in. nefrotoksyczności stosowanych leków immunosupresyjnych można spodziewać się stopniowego zwiększania wartości PI i RI u chorych ze stabilną czynnością graftu.

Istotnym problemem klinicznym, którego występowanie waha się według różnych raportów od 1 do 26% pacjentów po przeszczepieniu nerki, jest **zwężenie tętnicy nerkowej** (*transplant renal artery stenosis* – TRAS) (33) lub znacznie rzadziej występujące (1,5-2,4% pacjentów) zwężenie tętnicy biodrowej proksymalnie do zespolenia naczyń tętniczych (*proximal TRAS* – pTRAS) (34). Klinicznie manifestuje się ono wzrostem ciśnienia tętniczego i potrzebą stosowania większej liczby, bądź wyższych dawek leków przeciwnadciśnieniowych, (nierazko bez zadowalającego efektu) oraz stopniowym wzrostem stężenia kreatyniny w surowicy. W części przypadków w badaniu fizykalnym słyszalny jest wyraźny skurczowy szmer ponad dołem biodrowym, w rzucie zespolenia naczyniowego. W badaniu dopplerowskim konieczne jest prześledzenie całego przebiegu tętnicy nerkowej oraz pomiar parametrów oporu w tętnicach segmentowych graftu. Istotna hemodynamicznie stenoza (z reguły powyżej 50-60%) charakteryzuje się znacznie zwiększoną predkością maksymalną ponad miejscem zwężenia tętnicy (większość autorów podaje punkt odcięcia na poziomie 1,8-2,2 m/s, ale nierazko są to wartości rzędu 4-7 m/s) oraz obniżonymi wartościami PI i RI w naczyniach wewnątrznerkowych (odpowiednio, poniżej 0,9-1,0 dla PI oraz poniżej 0,5-0,55 dla RI). Należy pamiętać o możliwości zwężenia tętnicy płątowej, wówczas stwierdza się istotne różnice wartości PI i RI mierzonych w obu biegunach nerki przeszczepionej (35). Ponadto, w przypadku obrazu klinicznego oraz wyniku badania dopplerowskiego w tętnicach segmentowych sugerujących istotne zwężenie, ale bez oczekiwanego wzrostu V_{max} nad tętnicą graftu, należy uzupełnić diagnostykę o badanie obrazowe tętnic biodrowych (np. angio-TK) w celu wykluczenia zwężenia tętnicy biodrowej unaczyniającej tętnicę nerki przeszczepionej (34).

Obecność istotnego (powyżej 70%) TRAS lub pTRAS pogarsza rokowanie dotyczące przeżycia graftu nerkowego i zazwyczaj wymaga leczenia (33). W zależności od warunków anatomicznych tętnic oraz morfologii samego zespolenia, ustalonych za pomocą angiografii lub badania angio-TK, u chorych podejmuje się próbę poszerzenia zwężonego miejsca za pomocą cewnika wewnątrznacyniowego wraz z założeniem stentu, a w przypadku niepowodzenia lub nawrotu pozostaje leczenie operacyjne. Udana korekcja zwężenia potwierdzona klinicznie i biochemicznie (obniżenie kreatyninemia i poprawa kontroli ciśnienia tętniczego) oraz za pomocą badania dopplerowskiego (obniżenie PI i RI do wartości wyjściowych) pozwala na poprawę czynności graftu i odległego rokowania (33). Jedynie pacjenci ze zwężeniem niewielkiego stopnia, ze stabilną czynnością graftu oraz reagującym na leczenie nadciśnieniem mogą być leczeni zachowawczo, a trzyletnia obserwacja przyniosła dobre wyniki (36).

WARTOŚĆ PROGNOZYSTYCZNA BADANIA USG-DOPPLER WE WCZESNYM I ODLEGŁYM OKRESIE POTRANSPLANTACYJNYM

Od wielu lat poszukuje się parametrów klinicznych i biochemicznych o największym znaczeniu prognostycznym, jeżeli chodzi o odległe przeżycie przeszczepionej nerki. Wiadomo, że dobrym wskaźnikiem odległej czynności graftu jest wielkość przesączania kłębuszkowego mierzona po upływie roku od transplantacji (37). Z kolei wystąpienie opóźnionej czynności przeszczepu (DGF) lub ostrego odrzucania może niekorzystnie wpływać na odległe rokowanie u tych chorych (38, 39). W pracach pochodzących z naszego ośrodka wykazano m.in., że wartości PI i RI wyznaczone na podstawie badania USG-Doppler, wykonanego w pierwszych dniach po zabiegu, różnią się znamienne u chorych z natychmiastową czynnością przeszczepu (*immediate graft function* – IGF), których rokowanie jest najlepsze, u chorych z powolną czynnością przeszczepu (*slow graft function* – SGF) oraz u chorych z DGF (9). Na podstawie analizy krzywej ROC ustalono, że wartości PI > 1,59 i RI > 0,78 pozwalały przewidzieć wystąpienie DGF z czułością odpowiednio 69,6 i 67,7% i swoistością odpowiednio 63,7 i 66,0%. (8). Ponadto wykazano, iż na podstawie obecności nieciągłego spektrum przepływu krwi w pierwszym badaniu Dopplera oraz wartości współczynnika FTI można przewidywać czas trwania DGF (26). Znaczenie obecności nieciągłego spektrum dla znamienne gorszego rokowania w 24-miesięcznej obserwacji zostało potwierdzone przez innych autorów (27).

W ostatnich latach opublikowano kilka prac dotyczących znaczenia prognostycznego wskaźnika RI oznaczanego w pierwszych dniach lub tygodniach po transplantacji nerki dla oceny odległego przeżycia graftu nerkowego. Wykazano, że chorzy z RI powyżej 0,7 (40, 41) lub powyżej mediany wynoszącej 0,635 (10) charakteryzowali się znamienne gorszym przeżyciem przeszczepionej nerki w rocznej (40) i wieloletniej (10, 41) obserwacji. W klasycznej pracy Radermacher i wsp. oceniali wartość ponad czterdziestu klinicznych, biochemicznych oraz immunologicznych parametrów u 601 pacjentów w odległym okresie po transplantacji nerki, udowadniając, że RI > 0,8 wykazywał najlepszą korelację z odległymi losami nerki przeszczepionej (42).

NOWE ZASTOSOWANIA BADANIA USG-DOPPLER U CHORYCH PO TRANSPLANTACJI NERKI

W ostatnich kilku latach pojawiły się doniesienia o nowej nieinwazyjnej metodzie oceny przepływu tkankowego w obrębie przeszczepionej nerki opartej o badanie dopplerowskie. Za pomocą specjalnego programu szacuje ona wielkość perfuzji tkank na danym obszarze graftu nerkowego na podstawie średniej szybkości przepływu krwi kodowanej przez sygnał Dopplera podczas jednego skurczu serca. Wstępne wyniki wskazują na odmienną charakterystykę tak uzyskiwanej analizy perfuzji tkankowej u

chorych z zadowalającą i pogorszoną czynnością greftu (43), a także w różnych regionach badanego narządu (44).

Inna nieinwazyjna metoda oceny mikrokrokrążenia i perfuzji tkanek nerki przeszczepionej polega na zastosowaniu środków kontrastowych. Ultrasonografia wspomagana kontrastem opiera się na użyciu wypełnionych gazem mikropęcherzyków (*microbubbles*), których dożylnie podanie wzmacnia sygnał i umożliwia precyzyjną analizę *offline* perfuzji tkankowej w wybranym fragmencie narządu (45). W pilotażowym badaniu możliwe było wyodrębnienie grupy chorych, u których potwierdzono obecność przewlekłej nefropatii greftu (*chronic allograft nephropathy* – CAN) na podstawie badania histopatologicznego (46).

Rozpoznanie CAN u chorych we wczesnym etapie pozwala na szersze zastosowanie zindywidualizowanej immunosupresji i może poprawić odległe wyniki leczenia. Wreszcie, ultrasonografia wspomagana kontrastem pozwala także na bardziej precyzyjną diagnostykę i różnicowanie powikłań potransplantacyjnych, takich jak krwiak okołonerkowy, ostra martwica cewek nerkowych czy odrzucanie naczyń (47).

Wspomnieć także należy o możliwości śródoperacyjnego badania przepływów w naczyniach nerkowych oraz w tkance nerki przeszczepionej za pomocą Dopplera. Przy zastosowaniu specjalnych głowic możliwa jest bieżąca weryfikacja drożności wytworzonych zespołów naczyniowych, a w przypadku niezadowalającej perfuzji narządu – natychmiastowa reanastomoza oraz

wdrożenie odpowiedniego protokołu przeciwwzakrzepowego wraz z ewentualną modyfikacją immunosupresji. Postępowanie oparte na śródoperacyjnym badaniu przepływów zmniejsza odsetek nieodwracalnych powikłań naczyniowych i poprawia wyniki transplantacji, zarówno nerek, jak i wątroby (48). Ponadto wyniki badania śródoperacyjnego pozwalają z dużą precyzją przewidzieć wystąpienie DGF we wczesnym okresie potransplantacyjnym, co również daje sposobność zastosowania adekwatnej immunosupresji (49).

PODSUMOWANIE

Ocena hemodynamicznych parametrów przepływu krwi w tętnicy nerkowej oraz w naczyniach segmentowych przeszczepionej nerki za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej jest niezwykle przydatną metodą diagnostyczną, która pozwala na nieinwazyjne różnicowanie potencjalnych przyczyn dysfunkcji greftu nerkowego zarówno we wczesnym okresie potransplantacyjnym, jak i w czasie odległej obserwacji. Ponadto, wartość parametrów oporu wewnątrznerkowego może być przydatna do oszacowania odległego przeżycia greftu. W ciągu ostatnich lat pojawiają się wciąż nowe zastosowania badania USG-Doppler w okresie okołoperacyjnym oraz w diagnostyce późnych powikłań po transplantacji. Należy jednak podkreślić, że prawidłowa interpretacja wyniku badania dopplerowskiego nie jest łatwa, a jego kliniczna użyteczność jest wprost proporcjonalna do doświadczenia wykonującego je sonografisty.

PIŚMIENNICTWO

1. Wolfe RA, Ashby VB, Milford EL et al.: Comparison of mortality in all patients on dialysis, patients on dialysis awaiting transplantation, and recipients of a first cadaveric transplant. *N Engl J Med* 1999; 341: 1725-1730.
2. McLaren AJ, Jassem W, Gray DW et al.: Delayed graft function: risk factors and the relative effects of early function and acute rejection on long-term survival in cadaveric renal transplantation. *Clin Transplant* 1999; 13: 266-272.
3. Siddiqi N, McBride MA, Hariharan S: Similar risk profiles for post-transplant renal dysfunction and long-term graft failure: UNOS/OPTN database analysis. *Kidney Int* 2004; 65: 1906-1913.
4. Magee CC, Ansari MJ, Milford EL: Clinical management. In: Brenner BM, Levine SA (editors). *Brenner and Rector's The kidney*. Philadelphia, PA; Saunders Elsevier, 8th Ed. 2008; 2142-2145.
5. van Leeuwen MS, Hene RJ, Muller AF et al.: Clinical value of Doppler ultrasound in the first two months after kidney transplant. *Eur J Radiol* 1992; 14: 26-30.
6. Friedewald SM, Molmenti EP, Friedewald JJ et al.: Vascular and nonvascular complications of renal transplants: sonographic evaluation and correlation with other imaging modalities, surgery, and pathology. *J Clin Ultrasound* 2005; 33: 127-139.
7. Jimenez C, Lopez MO, Gonzalez E, Selgas R: Ultrasonography in kidney transplantation: values and new developments. *Transplant Rev* 2009; 23: 209-213.
8. Chudek J, Kolonko A, Król R et al.: Charakterystyka wewnątrznerkowych parametrów przepływu ocenianych metodą dopplerowską u chorych po przeszczepie nerki we wczesnym okresie potransplantacyjnym. *Ultrasonografia* 2005; 22: 86-91.
9. Chudek J, Kolonko A, Król R et al.: The intrarenal vascular resistance parameters measured by duplex Doppler ultrasound shortly after kidney transplantation in patients with immediate, slow, and delayed graft function. *Transplant Proc* 2006; 38: 42-45.
10. Saracino A, Santarsia G, Latorraca A and Gaudio V: Early assessment of renal resistance index after kidney transplant can help predict long-term renal function. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21: 2916-2920.
11. Nezami N, Tarzamani MK, Argani H, Nourifar M: Doppler ultrasonographic indices after renal transplantation as renal function predictors. *Transplant Proc* 2008; 40: 94-99.
12. Schwenger V, Keller T, Hofmann N: Color Doppler indices of renal allografts depend on vascular stiffness of the transplant recipients. *Am J Transplant* 2006; 6: 2721-2724.
13. Vallejos A, Alperovich G, Moreso F et al.: Resistive index and chronic allograft nephropathy evaluated in protocol biopsies as predictors of graft outcome. *Nephrol Dial Transplant* 2005; 20: 2511-2516.
14. Heine GH, Gerhart MK, Ulrich C et al.: Renal Doppler resistance indices are associated with systemic atherosclerosis in kidney transplant recipients. *Kidney Int* 2005; 68: 878-885.
15. Allen KS, Jorkasky DK, Arger PH et al.: Renal allografts: prospective analysis of Doppler sonography. *Radiology* 1988; 169: 371-376.
16. Alvarez G, Gonzalez-Molina M, Cabello M, Gomez A: Pulsed and continuous Doppler examination of renal dysfunction after kidney transplantation. *Eur J Radiol* 1991; 12: 108-112.
17. Sharma AK, Rustom R, Evans A et al.: Utility of the serial Doppler ultrasound scans for the diagnosis of acute rejection in renal allografts. *Transpl Int* 2004; 17: 138-144.
18. Bohmig GA, Regele H, Horl WH: Protocol biopsies after kidney transplantation. *Transpl Int* 2005; 18: 131-139.
19. Di Palo FQ, Rivolta R, Elli A et al.: Effect of cyclosporin A on renal cortical resistances measured by color Doppler flowmetry on renal grafts. *Nephron* 1993; 65: 240-244.
20. Weingart C, Leingartner T, Bergler T et al.: Increase in renal vascular resistance after intake of cyclosporin A and tacrolimus and

- reversal by nitroglycerin spray: a study in patients with stable renal allograft function. *Int J Clin Pharmacol Ther* 2006; 44: 422-427.
21. Heine GH, Girndt M, Sester U, Kohler H: No rise in renal Doppler resistance indices at peak serum levels of cyclosporin A in stable kidney transplant patients. *Nephrol Dial Transplant* 2003; 18: 1639-1643.
 22. Covic A, Mardare N, Gusbeth-Tatomir P et al.: Acute effect of CyA A (Neoral) on large artery hemodynamics in renal transplant patients. *Kidney Int* 2005; 67: 732-737.
 23. Boger CA, Rummeler P, Mihatsch MJ et al.: Reverse diastolic intrarenal flow due to calcineurin inhibitor (CNI) toxicity. *Am J Transplant* 2006; 6: 1963-1967.
 24. Lee P-C, Lee C-Y, Hu R-H et al.: Intrarenal vascular resistance parameters in kidney transplant patients receiving inhibitor-based or sirolimus-based regimens. *Nephrol Dial Transplant* 2009; Dec 29. Epub ahead of print.
 25. Radermacher J, Meiners M, Bramlage C et al.: Pronounced renal vasoconstriction and systemic hypertension in renal transplant patients treated with cyclosporin A versus FK 506. *Transpl Int* 1998; 11: 3-10.
 26. Kolonko A, Chudek J, Więcek A: Prediction of the severity and outcome of acute tubular necrosis based on continuity of Doppler spectrum in the early period after kidney transplantation. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 1631-1635.
 27. Ba S, Halimi J-M, Al-Najjar A et al.: Prognostic value of absent end-diastolic flow within the first week following renal transplantation. *Transplant Proc* 2009; 41: 645-647.
 28. Schwarz A, Hiss M, Gwinner W et al.: Course and relevance of arteriovenous fistulas after renal transplant biopsies. *Am J Transplant* 2008; 8: 826-831.
 29. Libicher M, Radeleff B, Grenacher L et al.: Interventional therapy of vascular complications following renal transplantation. *Clin Transplant* 2006; 20: 55-59.
 30. Loffroy R, Guiu B, Lambert A et al.: Management of post-biopsy renal allograft arteriovenous fistulas with selective arterial embolisation: immediate and long-term outcomes. *Clin Radiol* 2008; 63: 657-665.
 31. Harrison KL, Nghiem HV, Coldwell DM, Davis CL: Renal dysfunction due to an arteriovenous fistula in a transplant recipient. *J Am Soc Nephrol* 1994; 5: 1300-1306.
 32. Krumme B: Renal Doppler sonography – update in clinical nephrology. *Nephron Clin Pract* 2006; 103: c24-c28.
 33. Bruno S, Remuzzi G, Ruggenenti P: Transplant renal artery stenosis. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 134-141.
 34. Król R, Ziaja J, Chudek J et al.: Iliac artery stenosis as a cause of posttransplant renovascular hypertension: report of two cases. *Ann Transplant* 2005; 10: 66-69.
 35. Grenier N, Douws C, Morel D et al.: Detection of vascular complications in renal allografts with color Doppler flow imaging. *Radiology* 1991; 178: 217-223.
 36. Zupunski A, Buturovic-Ponikvar J: Duplex-Doppler long-term follow-up of renal transplant artery stenosis: case controlled study. *Ther Apher Dial* 2005; 9: 265-269.
 37. Hariharan S, McBride MA, Cherikh WS et al.: Post-transplant renal function in the first year predicts long-term kidney transplant survival. *Kidney Int* 2002; 62: 311-318.
 38. Humar A, Johnson EM, Payne WD et al.: Effect of initial slow graft function on renal allograft rejection and survival. *Clin Transplant* 1997; 11: 623-627.
 39. Johnston O, O'Kelly P, Spencer S et al.: Reduced graft function (with or without dialysis) vs. immediate graft function – a comparison of long-term renal allograft survival. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21: 2270-2274.
 40. Kahraman S, Genctoy G, Cil B et al.: Prediction of renal allograft function with early Doppler ultrasonography. *Transplant Proc* 2004; 36: 1348-1351.
 41. Akgul A, Ibis A, Sezer S et al.: Early assessment of renal resistance index and long-term renal function in renal transplant recipients. *Renal Failure* 2009; 31: 18-24.
 42. Radermacher J, Mengel M, Ellis S et al.: The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med* 2003; 349: 115-124.
 43. Scholbach T, Girelli E, Scholbach J: Dynamic tissue perfusion measurement: a novel tool in follow-up of renal transplants. *Transplantation* 2005; 79: 1711-1716.
 44. Scholbach T, Girelli E, Scholbach J: Tissue pulsatility index: a new parameter to evaluate renal transplant perfusion. *Transplantation* 2006; 81: 751-755.
 45. Schwenger V, Hinkel U-P, Nahm A-M et al.: Real-time contrast-enhanced sonography in renal transplant recipients. *Clin Transplant* 2006; 20: 51-54.
 46. Schwenger V, Korosoglou G, Hinkel P et al.: Real-time contrast-enhanced sonography of renal transplant recipients predicts chronic allograft nephropathy. *Am J Transplant* 2006; 6: 609-615.
 47. Fischer T, Filimonow S, Dieckhofer J et al.: Improved diagnosis of early kidney allograft dysfunction by ultrasound with echo enhancer – a new method for the diagnosis of renal perfusion. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21: 2921-2929.
 48. Lisik W, Gontarczyk G, Kosieradzki M et al.: Intraoperative blood flow measurements in organ allografts can predict postoperative function. *Transplant Proc* 2007; 39: 371-372.
 49. Kolonko A, Król R, Chudek J et al.: Intraoperative and postoperative resistant indices measured by Doppler method as predictors of early kidney allograft function. Abstrakt nr MP496 na XLV kongresie ERA-EDTA, 10-13 maja 2008, Stockholm.

otrzymano/received 21.01.2010
zaakceptowano/accepted 19.02.2010

Adres/address:
*Andrzej Więcek
Klinika Nefrologii, Endokrynologii i Chorób Przemiany Materii
ul. Francuska 20/24, 40-027 Katowice
tel.: (32) 255-26-95, fax: (32) 255-37-26
e-mail: awiecek@spskm.katowice.pl