

Wojciech Załuska<sup>1, 2</sup>, Małgorzata Syroka-Główka<sup>2</sup>, Iwona Smarz-Widelska<sup>2</sup><sup>1</sup>Katedra i Klinika Nefrologii Uniwersytetu Medycznego w Lublinie<sup>2</sup>Oddział Nefrologii i Nadciśnienia Tętniczego Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. Stefana Kardynała Wyszyńskiego w Lublinie

# Technika bioimpedancji w ocenie stanu nawodnienia pacjentów dializowanych otrzewnowo i hemodializowanych

## Bioimpedance technique for fluid status assessment in patients in hemodialysis and peritoneal dialysis patients

### ABSTRACT

Chronic kidney disease (CKD) substantially increases the risks of death and cardiovascular disease (CVD). Fluid overload is a common phenomenon in patients with late-stage CKD and correlate with cardiovascular disease in non-dialysis-dependent patients with CKD stages 4–5, and also in patients with end stage renal disease treated on hemodialysis or peritoneal dialysis. Several observational studies have reported the

association between hydration status and poor clinical outcome in dialysis population treated on hemodialysis or peritoneal dialysis. The multifrequency bioimpedance device has been postulate, as an accurate and relative available method to measure the level of overhydration in CKD patients, focusing on the association between overhydration and CVD risk factors.

Forum Nefrologiczne 2014, vol. 7, no 1, 7–11

**Key words:** peritoneal dialysis, hemodialysis, fluid overload, bioimpedance

### ROLA PRZEWODNIENIA (WIELKOŚCI EKSPANSJI PRZESTRZENI ZEWNĄTRZKOMÓRKOWEJ) W INDUKOWANIU POWIKŁAŃ SERCOWO-NACZYNIOWYCH U PACJENTÓW Z ROZPOZNANIEM PRZEWLEKŁEJ CHOROBY NEREK

W organizmie ludzkim wielkość wody zawartej w tkankach określa się mianem całkowitej wody ustroju (TBW, *total body water*), z której 2/3 stanowi kompartment wewnątrzkomórkowy (ICW, *intracellular compartment*), natomiast około 1/3 całkowitej wody ustroju jest zawarta w kompartmentcie zewnątrzkomórkowym (ECW, *extracellular compartment*). Kompartament zewnątrzkomórkowy obejmuje płyn pozakomórkowy pozanacyniowy (środmiażdżowy) oraz płyn pozakomórkowy śród-

nacyniowy. Przewodnienie z jego hemodynamicznymi następstwami jest dominującym objawem zastoinowej niewydolności krążenia w następstwie nerkowej akumulacji sodu i wody prowadzącej do zwiększenia objętości płynu w przestrzeni zewnątrzkomórkowej.

W progresywnym rozwoju przewlekłej choroby nerek (CKD, *chronic kidney disease*) dochodzi do istotnego wzrostu ryzyka zgonu i wystąpienia choroby układu sercowo-nacyniowego (CVD, *cardiovascular disease*). Wielkość przewodnienia koreluje z rozwojem CVD i jest czynnikiem predykcijnym w grupie pacjentów hemodializowanych, dializowanych otrzewnowo, a także u chorych z rozpoznaniem CKD w 3.–5. stadium [1, 2].

W badaniu Hung i wsp. [3] dokonano oceny stanu nawodnienia za pomocą bioimpe-

#### Adres do korespondencji:

prof. dr hab. n. med. Wojciech T. Załuska  
Katedra i Klinika Nefrologii  
Uniwersytetu Medycznego  
ul. Jaczewskiego 8, 20–954 Lublin  
tel.: 81 724 45 37, faks: 81 724 45 37  
e-mail: wzaluska2@poczta.onet.pl

►► W progresywnym rozwoju przewlekłej choroby nerek dochodzi do istotnego wzrostu ryzyka zgonu i wystąpienia choroby układu sercowo-naczyniowego. Wielkość przewodnienia koreluje z rozwojem CVD i jest czynnikiem predykcyjnym w grupie pacjentów hemodializowanych, dializowanych otrzewnowo, a także u chorych z rozpoznaniem CKD w 3.–5. stadium ◀◀

dancji elektrycznej u 338 pacjentów z rozpoznaniem CKD w 3.–5. stadium. W tej grupie chorych stwierdzono euwolemię tylko u 44% osób, określając stan przewodnienia w zakresie powyżej 90. percentyla populacji ogólnej [3]. W kolejnym badaniu obserwacyjnym grupy tajwańskiej, obejmującym 472 pacjentów w 4.–5. stadium CKD dotychczas niedializowanych, określono zależność między wielkością przewodnienia ocenioną za pomocą spektroskopii bioimpedancyjnej a stopniem progresji CKD mierzonym wielkością szacowanego przesączania kłębuszkowego (eGFR, *estimated glomerular filtration rate*) szybszego od 3 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> lub zmiany w eGFR.

W okresie 17,3 miesiąca obserwacji wielkość przewodnienia była związana z ryzykiem szybkiego spadku eGFR [4].

U pacjentów przewlekle hemodializowanych wielkość przewodnienia zdefiniowano w czasie bezpośrednio przed zabiegiem dializy jako sumę międzydializacyjnego zwiększenia masy ciała oraz diurezy resztkowej. W wielu obserwacjach klinicznych stwierdzono, że bardzo istotna część populacji pacjentów przewlekle dializowanych wykazuje przewodnienie (określane jako > 15% prawidłowej wielkości ECW, równoważnej do > 2,5 litra wody) i fakt ten istotnie zwiększa ryzyko śmiertelności [5].

Wyniki wielu badań wskazują na wpływ przewodnienia określanego przez regularne zwiększenie masy ciała powyżej zakładanych norm (zwiększenie masy ciała o 2,5 kg lub 3,5% należnej masy ciała w okresie międzydializami). Badanie *The Swedish Dialysis DataBase and The Swedish Renal Registry of Active Treatment of Uremia* objęło 4498 pacjentów hemodializowanych w czasie 9693 sesji dializacyjnych w latach 2002–2006, u których obserwowano wielkość przybytku masy ciała wyrażonego w procentach. U 30% pacjentów autorzy stwierdzili zwiększenie masy ciała ponad 3%, a u 5% — ponad 5,7%. Interwencja w postaci ograniczenia nadmiernego przybytku masy ciała istotnie wpłynęła na wskaźniki śmiertelności w badanej populacji pacjentów [6].

W badaniu wieloośrodkowym Wizemann i wsp. [7] u 269 pacjentów hemodializowanych w ciągu 3,5-letniej obserwacji stwierdzono znacznie wyższą śmiertelność w grupie osób, u których wskaźnik przewodnienia  $\Delta OH$  oceniany w modelu bioimpedancyjnym BCM (*body composition monitoring*) wynosił powyżej 2,5 litra. Z kolei w 2-letniej obserwacji grupy Kalantar-Zadeh i wsp. [8] 34 107 pacjentów hemodializowanych, u których zwiększenie

masy wynosiło powyżej 0,5 kg poddializacyjnej suchej masy ciała, stwierdzono zależności między wielkością przybytku masy ciała a ryzykiem zgonu niezależnie od przyczyny. W badaniu dotyczącym oceny stanu nawodnienia u pacjentów leczonych dializą otrzewnową (DO) — *the European Body Composition Monitoring* (EuroBCM) — prawidłowy stan nawodnienia stwierdzono tylko u 40% spośród 639 chorych leczonych za pomocą DO. Dodatkowa analiza wieloczynnikowa wykazała związek stanu nawodnienia z takimi parametrami, jak: rodzaj użytego płynu dializacyjnego, wiek i płeć pacjentów, niskie stężenie albuminy w osoczu, obniżony wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*), rozpoznanie cukrzycy, wysokie ciśnienie tętnicze [9].

### **METODA (WIELOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ) BIOIMPEDANCJI ELEKTRYCZNEJ W OCENIE STANU NAWODNIENIA PACJENTÓW Z ROZPOZNIANIEM CKD**

Metodą, która zyskuje coraz większe znaczenie z powodu braku inwazyjności, relatywnej prostoty wykonania oraz coraz lepszej walidacji w stosunku do metod standardowych, stała się bioimpedancja elektryczna. Zgodnie z teorią opisującą tę metodę prąd zmienny o niskich częstotliwościach nie jest w stanie przeniknąć przez błonę komórkową, natomiast osiąga przestrzeń zewnątrzkomórkową. W przypadku zastosowania wysokich częstotliwości (do 500 kHz) błona komórkowa jest dla prądu zmiennego przepuszczalna. Na podstawie pomiaru oporu elektrycznego (wektora impedancji) oraz estymacji matematycznych opartych na modelach matematycznych (model Cole, wzór Hanai) można tą metodą oszacować wielkości podstawowych parametrów stanu nawodnienia, takich jak wielkość TBW, wielkość ECW oraz wielkość ICW.

Faktycznym przełomem w praktycznym zastosowaniu bioimpedancji elektrycznej w codziennej praktyce w celu oszacowania masy ciała stał się model zaproponowany przez Wabela i wsp. [10] oparty na ocenie różnicy stanu nawodnienia ECW w stosunku do wartości referencyjnych ( $\Delta OH$ ) wobec wartości ciśnienia tętniczego. Wartości referencyjne  $\Delta OH$  uzyskano na podstawie pomiaru bioimpedancji elektrycznej w populacji 1247 osób rasy kaukaskiej. Wartości referencyjne w grupie kontrolnej (region N) określają wielkość  $\Delta OH$  od -1,1 L do +1,1 L (zakres między 10. a 90. percentylem). Osoby z tej grupy do-

brano na podstawie reprezentatywnego zakresu wieku, natomiast nie wykonano w tej grupie dodatkowych badań laboratoryjnych potwierdzających brak patologii w zakresie zaburzenia funkcji nerek. Populacja osób z tego badania, z uwzględnieniem zależnej od wieku mediany, stała się grupą referencyjną jako grupa kontrolna w wielu badaniach dotyczących analizy składu (*body composition*) ciała ludzkiego za pomocą bioimpedancji [10].

### **ESTYMACJA PORÓWNAWCZA TECHNIKI BIOIMPEDANCYJNEJ W OCENIE PRZESTRZENI WODNYCH W STOSUNKU DO METOD DYLUCYJNYCH ORAZ IZOTOPOWYCH**

Metody izotopowe z użyciem znakowanego tlenu ( $^{18}\text{O}$ ) lub tlenu *deuterium* ( $2\text{H}_2\text{O}$ ) do oceny TBW oraz z izotopu  $^{35}\text{SO}_4$  do oceny wielkości przestrzeni zewnątrzkomórkowej uważa się za „złoty standard” w ocenie stanu nawodnienia u osób zdrowych, natomiast z powodu inwazyjności i wysokich kosztów nie mogą być stosowane w codziennej praktyce klinicznej.

Wiele metod służy do mierzenia objętości płynowej w krążeniu systemowym i jej wpływ na obciążenie wstępne (badanie RTG klatki piersiowej, ocena średnicy żyły głównej dolnej oraz jej zmian w różnych fazach oddechowych, ultrasonograficzna ocena płucnej tkanki śródmiąższowej) lub opiera się na oznaczeniu parametrów osoczowych związanych z przedścionkową dylatacją, takich jak: przedścionkowy peptyd natriuretyczny (ANP, *atrial natriuretic peptide*), (BNP, *B type natriuretic peptide*), pro-peptyd natriuretyczny typu B (pro-BNP, *pro-B type natriuretic peptide*) oraz N-końcowy pro-peptyd natriuretyczny typu B (NT-proBNP, *N-terminal pro-B-type natriuretic peptide*), bardzo trudnych do interpretacji u pacjentów anurycznych. Podstawą metod klinicznej oceny normowolemii u pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek (leczonych dializami) jest uzyskanie tak zwanej suchej czy oczekiwanej masy ciała.

Metodę bioimpedancji elektrycznej poddano bardzo precyzyjnej walidacji w stosunku do „złotych standardów” (takich jak: tlenek *deuterium*, jodek bromu, DEXA, całkowita zawartość potasu, pletyzmografia) oznaczania przestrzeni wodnych w modelu wieloprzędziałowym w badaniach wykonanych u ponad 500 osób zdrowych i pacjentach dializowanych, a współczynnik  $R^2$  w tych badaniach wahał się od 0,76 do 0,90 [11].

W badaniu Raimanna i wsp. [12] porównano bioimpedancjne (w opcjach jed-

no- i wieloczęstotliwościowej) kompartmenty TBW, wielkości ECW oraz wielkości ICW z bezpośrednimi metodami pomiarowymi (tlenek *deuterium*, jodek bromu, całkowita zawartość potasu) u 49 hemodializowanych pacjentów. Analiza regresji liniowej poszczególnych kompartmentów wodnych oszacowanych za pomocą bioimpedancji — zarówno jedno-, jak i wieloczęstotliwościowej — wykazała istotną statystycznie korelację z wartościami uzyskanymi bezpośrednimi metodami pomiarowymi, a dodatkowa analiza z użyciem analizy Bland-Altman dowiodła szczególnej zgodności oznaczenia wielkości przestrzeni zewnątrzkomórkowej w analizie bioimpedancyjnej w opcji jednoczęstotliwościowej [12].

### **METODA BIOIMPEDANCJI ELEKTRYCZNEJ W OCENIE STANU NAWODNIENIA U PACJENTÓW HEMODIALIZOWANYCH**

Wielkość wolemii (całkowitej objętości wody) w ECW jest zdeterminowana wielkością podaży sodu oraz bilansu wodnego i wpływa na objętość krwi krążącej, determinującej wielkości ciśnienia systemowego i w konsekwencji, poprzez wielkości powrotu żylnego ciśnienia tętniczego określających objętości wyrzutowej serca, pierwszy komponent układu regulacji ciśnienia tętniczego.

Na podstawie badań przeprowadzonych w populacji ponad 500 pacjentów leczonych hemodializami (HD) określono przedziały zawarte w tym modelu (BCM, *body composition monitoring*) reprezentujące zależność między wielkością  $\Delta\text{OH}$  a skurczowym ciśnieniem tętniczym. W 10% badanej populacji stwierdzono hiperwolemie przy obecności prawidłowego ciśnienia tętniczego krwi [10].

W badaniu Antlangera i wsp. [13] obejmującym 126 hemodializowanych pacjentów stwierdzono zależność stanu nawodnienia (oszacowanego za pomocą bioimpedancji: BCM) z wielkością BMI (mniejszy stopień przewodnienia u pacjentów z wysokim BMI), wskazując na fakt trudności ze zdefiniowaniem i osiągnięciem suchej masy ciała u pacjentów z nadwagą. Autorzy, wskazując na zależność wielkości przewodnienia i parametrów sercowo-naczyniowych (troponina, D-dimery, NT-proBNP), kwalifikują ten parametr (wielkość przewodnienia) jako klasyczny biomarker ryzyka sercowo-naczyniowego [13].

W kolejnym badaniu obejmującym 156 hemodializowanych pacjentów wyodrębniono grupę interwencyjną obejmująca 78 cho-

►►Metodę bioimpedancji elektrycznej poddano bardzo precyzyjnej walidacji w stosunku do „złotych standardów” (takich jak: tlenek *deuterium*, jodek bromu, DEXA, całkowita zawartość potasu, pletyzmografia) oznaczania przestrzeni wodnych w modelu wieloprzędziałowym w badaniach wykonanych u ponad 500 osób zdrowych i pacjentach dializowanych, a współczynnik  $R^2$  w tych badaniach wahał się od 0,76 do 0,90◀◀

rych ze ściśle kontrolowaną suchą masą ciała (2 pomiary bioimpedancyjne w ciągu miesiąca, edukacja zespołu medycznego). Pozostałe 78 pacjentów stanowiło grupę kontrolną z bioimpedancyjną oceną stanu nawodnienia raz na 3 miesiące. W ciągu rocznej obserwacji w grupie interwencyjnej stwierdzono istotne zmniejszenie wskaźnika masy lewej komory (pierwszorzędowy efekt końcowy) z wartości  $131 \pm 36$  do  $116 \pm 29$  g/m<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ). W grupie kontrolnej efekt ten nie był widoczny. Wielkość przewodnienia w czasie w grupie interwencyjnej zmniejszyła się o  $0,5 \pm 0,8$  litra w stosunku do braku istotnej zmiany w grupie kontrolnej (uśredniona zmiana  $0,1 \pm 1,2$  l). Ponadto stwierdzono obniżenie wartości takich parametrów, jak sztywność tętnic [14].

### **METODA BIOIMPEDANCJI ELEKTRYCZNEJ W OCENIE STANU NAWODNIENIA U PACJENTÓW LECZONYCH ZA POMOCĄ DO**

Obecność przewlekłego przewodnienia jest częstym zjawiskiem u pacjentów z rozpoznaniem schyłkowej niewydolności nerek leczonych DO i wiąże się z obecnością nadciśnienia tętniczego oraz przerostem i dysfunkcją lewej komory mięśnia sercowego. Zaburzenia ultrafiltracji otrzewnej z konsekwencjami w postaci przewodnienia są najczęstszym po zapaleniach otrzewnej powikłaniem występującym u pacjentów leczonych za pomocą DO.

W badaniu Demirci i wsp. [15] dotyczącym 95 pacjentów leczonych DO stwierdzono istotną zależność między bioimpedancyjnym parametrem stanu nawodnienia w postaci wielkości wskaźnika ECW w stosunku do masy ciała a parametrami echokardiograficznymi — wymiarem lewego przedsionka (LAD, *left atrium diameter*) oraz wymiarem końcoworozkurczowym lewej komory (LVEDD, *left ventricular end-diastolic diameter*).

Davenport [16] w badaniu dotyczącym 50 dorosłych pacjentów leczonych metodą ciągłej ambulatoryjnej dializy otrzewnowej (CAPD, *continuous ambulatory peritoneal dialysis*) z zastosowaniem 2-litrowych wymian płynu dekstranowego (22,7 g/l) dokonuje porównawczego pomiaru przestrzeni wodnych za pomocą wieloczęstotliwościowej bioimpedancji elektrycznej w okresie obecności płynu dializacyjnego w jamie otrzewnej i po opróżnieniu jamy otrzewnej. Wielkość ECW była istotnie wyższa, gdy jama otrzewnej była zdrenowana

w stosunku do statusu z obecnością płynu dializacyjnego w jamie otrzewnej, podobnie jak wskaźnik ECW/TBW ( $13,9 \pm 3,0$  l w stosunku do  $13,4 \pm 3,0$  l i  $0,393 \pm 0,01$  w stosunku do  $0,391 \pm 0,01$ ;  $p < 0,001$ ). W badaniu bioimpedancyjnym segmentu klatki piersiowej stwierdzono wyższy wskaźnik ECW/TBW w czasie obecności płynu dializacyjnego w jamie otrzewnej, a także istotne statystyczne zmniejszenie masy mięśniowej oraz zawartości masy tłuszczowej po opróżnieniu jamy otrzewnej. Autor przekazuje istotny postulat, wskazując, że wobec faktu przeszacowania wielkości masy mięśniowej w czasie pomiaru bioimpedancyjnego u pacjentów leczonych DO z obecnością płynu w jamie otrzewnej pomiary *body composition* z zastosowaniem bioimpedancji powinny być dokonane po całkowitym drenażu jamy otrzewnej [16].

W niezwykle ciekawej analizie porównawczej dokonanej przez van Biesen i wsp. [17] przeprowadzono wnikliwą analizę porównawczą pacjentów z rozpoznaniem schyłkowej niewydolności nerek leczonych za pomocą DO oraz HD. Analizą objęto pacjentów z dwóch dużych badań dotyczących chorych leczonych za pomocą DO (*EuroBCM*) oraz HD (*Euclid data-base*) i dobranych pod względem wieku, płci, miejsca zamieszkania oraz okresu dializoterapii. Analizy *body composition* dokonano, stosując analizę spektroskopii impedancyjnej (BCM, Fresenius Medical Care). Do analizy wybrano po 491 pacjentów z grup HD i DO, a głównymi parametrami zastosowanymi w analizie były uśredniona w czasie wielkość przewodnienia (TAVO, *time-averaged volume overload*) oraz procentowy stosunek wskaźnika przewodnienia do wielkości przestrzeni zewnątrzkomórkowej (TAVO/ECW). Średni wiek zakwalifikowanych do analizy pacjentów wyniósł 60 lat; mężczyźni stanowili 55%. Wskaźnik masy ciała w grupie leczonej za pomocą DO wyniósł  $26,5 \pm 4,7$  kg/m<sup>2</sup>, a w grupie leczonej za pomocą HD —  $25,9 \pm 4,6$  kg/m<sup>2</sup>. Uśredniona wielkość wskaźnika masy tkanki tłuszczowej (FTI, *fat tissue index*) nie zmieniała się statystycznie, natomiast wielkość wskaźnika beztłuszczowej masy tkankowej (LTI, *lean tissue index*) była istotnie wyższa w grupie leczonych DO. Relatywna wielkość wskaźnika TAVO była istotnie wyższa w grupie pacjentów dializowanych otrzewnowo, co wskazuje na istotnie wyższe przewodnienie w tej grupie chorych [17].

▶▶Zaburzenia ultrafiltracji otrzewnej z konsekwencjami w postaci przewodnienia są najczęstszym po zapaleniach otrzewnej powikłaniem występującym u pacjentów leczonych za pomocą DO◀◀

## PODSUMOWANIE

W ostatniej dekadzie doszło do istotnego przełomu w zastosowaniu techniki bioimpedancji elektrycznej w ocenie składu ciała ludzkiego (*body composition*), ze szczególnym uwzględnieniem oceny stanu nawodnienia. Liczne badania wskazują na istotną rolę mo-

onitorowania stanu nawodnienia u pacjentów z rozpoznaniem schyłkowej niewydolności nerek leczonych za pomocą HD oraz DO w hamowaniu progresji szeroko pojętej choroby układu sercowo-naczyniowego. Pojawia się coraz więcej doniesień na temat roli kontroli stanu nawodnienia u pacjentów z rozpoznaniem CKD w 3.–5. stadium.

## STRESZCZENIE

W rozwoju przewlekłej choroby nerek (CKD) dochodzi do istotnego wzrostu ryzyka zgonu i wystąpienia choroby układu sercowo-naczyniowego (CVD). Wielkość przewodnienia jest częstym powikłaniem CKD i koreluje z rozwojem CVD w grupie pacjentów z rozpoznaniem CKD w 4.–5. stadium, dotychczas niedializowanych, hemodializowanych, a także dializowanych

otrzewnowo. Technika wieloczęstotliwościowej bioimpedancji elektrycznej jest postulowana jako precyzyjna i coraz bardziej dostępną metodą do pomiaru wielkości przewodnienia u pacjentów z CKD w celu określenia zależności między wielkością przewodnienia a czynnikami ryzyka wystąpienia CVD.

Forum Nefrologiczne 2014, tom 7, nr 1, 7–11

**Słowa kluczowe:** dializa otrzewnowa, hemodializa, przewodnienie, bioimpedancja

1. Go A.S., Chertow G.M., Fan D. i wsp. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N. Engl. J. Med.* 2004; 351: 1296–1305.
2. Longenecker J.C., Coresh J., Powe N.R. i wsp. Traditional cardiovascular disease risk factors in dialysis patients compared with the general population: the CHOICE Study. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2002; 13: 1918–1927.
3. Hung S.C., Kuo K.L., Peng C.H. i wsp. Volume overload correlates with cardiovascular risk factors in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int.* 2013 Sep 11, doi: 10.1038/ki.2013.336.
4. Tsai Y.C., Tsai J.C., Chen S.C. i wsp. Association of fluid overload with kidney disease progression in advanced CKD: a prospective cohort study. *Am. J. Kidney Dis.* 2013; 63: 68–75.
5. Hecking M., Karaboyasb A., Antlanger M. i wsp. Significance of interdialytic weight gain versus chronic volume overload: consensus opinion. *Am. J. Nephrol.* 2013; 38: 78–90.
6. Lindberg M., Prütz K.G., Lindberg P., Wikström B. Interdialytic weight gain and ultrafiltration rate in hemodialysis: lessons about fluid adherence from a national registry of clinical practice. *Hemodial. Int.* 2009; 13: 181–188.
7. Wizemann V., Wabel P., Chamney P. i wsp. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2009; 24: 1574–1579.
8. Kalantar-Zadeh K., Regidor D.L., Kovesdy C.P. i wsp. Fluid retention is associated with cardiovascular mortality in patients undergoing long-term hemodialysis. *Circulation* 2009; 119: 671–679.
9. Van Biesen W., Williams J.D., Covic A.C. i wsp. Fluid status in peritoneal dialysis patients: the European Body Composition Monitoring (EuroBCM) study cohort. *PLoS One* 2011; 6: e17148.
10. Wabel P., Moissl U., Chamney P. i wsp. Towards improved cardiovascular management: the necessity of combining blood pressure and fluid overload. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2008; 9: 2965–2971.
11. Moissl U.M., Wabel P., Chamney P.W. i wsp. Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease. *Physiol. Meas.* 2006; 27: 921–933.
12. Raimann J.G., Zhu F, Wang J. i wsp. Comparison of fluid volume estimates in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods. *Kidney Int.* 2013 Sep 25; doi: 10.1038/ki.2013.358.
13. Antlanger M., Hecking M., Haidinger M. i wsp. Fluid overload in hemodialysis patients: a cross-sectional study to determine its association with cardiac biomarkers and nutritional status. *BMC Nephrol.* 2013; 14: 266.
14. Hur E., Usta M., Toz H. i wsp. Effect of fluid management guided by bioimpedance spectroscopy on cardiovascular parameters in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Am. J. Kidney Dis.* 2013; 61: 957–965.
15. Demirci M.S., Demirci C., Ozdogan O. i wsp. Relations between malnutrition- inflammation-atherosclerosis and volume status. The usefulness of bioimpedance analysis in peritoneal dialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2011; 26: 1708–1716.
16. Davenport A. Does peritoneal dialysate affect body composition assessments using multi-frequency bioimpedance in peritoneal dialysis patients? *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013; 67: 223–225.
17. Van Biesen W., Covic A.C., Klaes K. i wsp. A multicentric, international matched pair analysis of body composition in peritoneal dialysis versus haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2013; 28: 2620–2628.

## Piśmiennictwo