

Amplituda załamków R w wybranych odprowadzeniach EKG a stan nawodnienia pacjentów hemodializowanych

Paweł KICIŃSKI

Andrzej JAROSZYŃSKI

Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej
Uniwersytetu Medycznego w Lublinie
Kierownik: Dr hab. n. med. Andrzej Jaroszyński

Słowa kluczowe:

- hemodializa
- przewodnienie
- elektrokardiografia
- załamek R
- impedancja bioelektryczna.

Key words:

- hemodialysis
- overhydration
- electrocardiography
- R wave
- bioelectrical impedance analysis.

Nadmierna retencja płynów stanowi jeden z głównych problemów klinicznych u chorych leczonych przewlekłymi hemodializami (HD). Tradycyjnie w ocenie stanu nawodnienia wykorzystuje się między innymi takie parametry jak stan kliniczny pacjenta, międzydializacyjny przyrost masy ciała, obecność opornego nadciśnienia tętniczego czy brak hipotensji w trakcie HD. W ostatnim czasie w piśmiennictwie ukazały się doniesienia o związku pomiędzy amplitudą załamka R w odprowadzeniu V5 a zawartością wody ustrojowej i tkanki tłuszczowej u osób zdrowych oraz o zależności amplitudy załamka R w odprowadzeniu II z hipowolemią. Do obecnej chwili nie przeprowadzono jednakże badań oceniających przydatność tych parametrów w ocenie stanu nawodnienia u chorych dializowanych. Celem poniższej pracy jest określenie ewentualnych zależności pomiędzy zmianami amplitudy załamka R(V5) i R(II) a stanem nawodnienia pacjentów HD oraz ocena potencjalnej przydatności amplitudy tych załamków jako markerów przewodnienia w tej grupie chorych. Badanie przeprowadzono w grupie 61 pacjentów przewlekłe leczonych HD w wieku od 32 do 87 lat (średnia $59,6 \pm 12,4$), u których wykonano spoczynkowe 12-odprowadzeniowe cyfrowe EKG dwukrotnie przed i po HD. Do oceny stopnia nawodnienia użyto bioimpedancji elektrycznej klatki piersiowej. Na podstawie oporności elektrycznej klatki piersiowej przed i po zabiegu HD określono zawartość płynu w klatce piersiowej (TFC, ang. thoracic fluid content), która to wielkość posłużyła jako wskaźnik stanu nawodnienia. Amplituda załamka R(V5) przed HD wynosiła średnio $1396,6 \pm 643,4 \mu\text{V}$, wzrastając znamienne po HD do wartości $1551,9 \pm 706,7 \mu\text{V}$ ($p < 0,005$). Wzrost zanotowano u 68% przebadanych osób, zaś u pozostałych 32% amplituda R(V5) zmniejszyła się. Amplituda załamka R(II) wynosiła średnio $731,8 \pm 434,8 \mu\text{V}$ i po HD wzrosła do $852 \pm 497,2 \mu\text{V}$ ($p < 0,001$) (wzrost stwierdzono u 85% pacjentów). HD spowodowała istotny statystycznie spadek wartości TFC z $35,08 \pm 7,48 \text{ l} \cdot \Omega^{-1}$ do $30,57 \pm 6,49 \text{ l} \cdot \Omega^{-1}$ ($p < 0,05$). Obserwowano także, zgodnie z oczekiwaniami, znamienne spadek masy ciała (BM, ang. body mass) w badanej grupie po HD ($p < 0,05$). Nie stwierdzono natomiast istotnych korelacji pomiędzy amplitudą R(V5) i R(II) przed i po HD a odpowiadającymi wartościami TFC i BM. Również przyrost amplitudy $\Delta R(V5)$ ani $\Delta R(II)$ nie korelował znamienne z wielkością spadku TFC (ΔTFC) ani z ubytkiem masy (ΔBM) ciała. Należy zaznaczyć, że stwierdzony brak istotnej zależności pomiędzy amplitudą załamków R(V5) i R(II) a stanem nawodnienia pacjentów hemodializowanych powoduje, iż parametry te nie wydają się być przydatnymi wskaźnikami oceny stanu nawodnienia chorych dializowanych. (NEFROL. DIAL. POL. 2011, 15, 89-92)

R-wave amplitude in chosen ECG leads and hydration status in hemodialysis patients

Excessive fluid retention is a major clinical problem in patients on chronic hemodialysis (HD). Traditionally, parameters such as clinical evaluation of the patient, interdialytic weight gain, presence of resistant hypertension or absence of hypotension during HD session are used to assess hydration status. Recently, reports appeared in the literature about the relationship between R-wave amplitude in leads V5 and body water content and adipose tissue in healthy subjects and about correlation between R-wave in lead II and hypovolemia. For the moment, no studies investigate the usefulness of these parameters in the assessment of hydration status in dialysis patients. The aim of this paper is to determine the possible correlation between changes in R(V5) and R(II) waves amplitude and the state of hydration of HD patients and to assess the potential usefulness of these waves amplitude as markers of hypervolemia in this group of patients. The study group comprised 61 patients chronically treated with HD at age 32 to 87 years (mean 59.6 ± 12.4) who underwent resting 12-lead digital ECG twice, before and after HD. Thoracic electric bioimpedance analysis was used to assess the hydration status. Thoracic fluid content (TFC) was determined on the basis of the electrical resistance of the chest before and after HD.

Adres do korespondencji:
lek. Paweł Kiciński
Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej UM w Lublinie
20-081 Lublin, ul. Staszica 13
Tel. 781-281-649
e-mail: pawelkici@wp.pl

This parameter was used as a marker of hydration status in the examined group. R(V5) amplitude before HD was on average $1396.6 \pm 643.4 \mu\text{V}$ and has increased significantly after HD to the value of $1551.9 \pm 706.7 \mu\text{V}$ ($p < 0.005$). The increase was noted in 68% of those surveyed, while in the remaining 32%, the R(V5) amplitude has decreased. R(II) amplitude before HD was on average $731,8 \pm 434,8 \mu\text{V}$ and has increased after HD to the value of $852 \pm 497,2 \mu\text{V}$ ($p < 0,001$) (the increase was noticed in 85% of patients). HD caused a statistically significant decrease in the value of the TFC $35.08 \pm 7.48 1 \cdot \Omega^{-1}$ to $30.57 \pm 6.49 1 \cdot \Omega^{-1}$ ($p < 0.05$). A significant decrease in body mass (BM) in the group after HD ($p < 0.05$) was observed, as expected. There were no significant correlations between the neither R(V5) nor R(II) amplitude before and after HD and the corresponding values of TFC and BM. Also increase of the amplitude $\Delta R(V5)$ and $\Delta R(II)$ did not correlate significantly with the size of TFC decline (ΔTFC), or with body mass loss (ΔBM). It should be noted that no significant relationship between R-waves amplitude in lead II and V5 and hydration status in hemodialysis patients was found what makes these parameters useless indicator of hydration status of dialysis patients. (NEPHROL. DIAL. POL. 2011, 15, 89-92)

Wprowadzenie

Nadmierna retencja płynów stanowi jeden z głównych problemów klinicznych u chorych leczonych przewlekłymi hemodializami (HD). Przewodnienie wiąże się z wieloma niekorzystnymi następstwami klinicznymi, takimi jak nadciśnienie tętnicze, przerost lewej komory, niewydolność serca, zaburzenia rytmu serca [14]. Ponadto, jak wykazano, przewodnienie jest niezależnym i najsilniejszym po cukrzycy czynnikiem ryzyka zgonu w tej populacji pacjentów [6]. Tradycyjnie w ocenie stanu nawodnienia wykorzystuje się między innymi takie parametry jak ocena kliniczna pacjenta (obrętki, zastój nad płucami), wskaźnik żyły głównej dolnej, międzydializacyjnej przyrost masy ciała, obecność opornego nadciśnienia tętniczego czy brak hipotensji w trakcie HD [9, 14]. Ocena dokonana w oparciu o powyższe parametry jest jednakże obciążona znacznym błędem. Metodą zdobywającą uznanie w ocenie stanu nawodnienia stała się ostatnio bioimpedancja elektryczna [14]. Jednak jej dostępność jest ograniczona do ośrodków specjalistycznych, co powoduje potrzebę poszukiwania prostszych i dostępnych w codziennej praktyce lekarskiej parametrów stanu nawodnienia u pacjentów leczonych HD.

W ostatnim czasie w piśmiennictwie ukazały się doniesienia o związku pomiędzy amplitudą załamka R a stanem nawodnienia, oparte zarówno na badaniach doświadczalnych jak i klinicznych. W populacji osób zdrowych wykazano zależność pomiędzy napięciem załamka R w odprowadzeniu V5 a zawartością wody ustrojowej i tkanki tłuszczowej [13] jak również opisano korelację amplitudy załamka R w odprowadzeniu II z wolemią ośrodkową [8]. Do obecnej chwili nie przeprowadzono jednakże badań oceniających przydatność tych parametrów w ocenie stanu nawodnienia u chorych hemodializowanych.

Celem poniższej pracy jest określenie ewentualnych zależności pomiędzy zmianami amplitudy załamka R(V5) i R(II) a stanem nawodnienia pacjentów HD oraz ocena potencjalnej przydatności amplitudy tych załamków jako markerów przewodnienia w tej grupie chorych.

Materiał i metody

Pacjenci

Badanie przeprowadzono w grupie 61 pacjentów przewlekłe leczonych HD (26 kobiet i 35 mężczyzn). Przyczyny schyłkowej niewydolności nerek w badanej grupie były następujące: kłębuszkowe zapalenie nerek ($n=24$), nefropatia cukrzycowa ($n=18$), nefropatia nadciśnieniowa ($n=4$), nefropatia obstrukcyjna ($n=3$), przewlekłe cewkowo-śródmiąższowe zapalenie nerek ($n=1$), nieznaną/niepewną ($n=11$). Do badania nie byli kwalifikowani pacjenci z infekcyjnymi oraz nieinfekcyjnymi chorobami zapalnymi, amyloidozą, chorobami nowotworowymi, przebyłym w okresie ostatnich 12 miesięcy zawałem mięśnia sercowego, z istotnymi hemodynamicznie wadami zastawkowymi serca. Hemodializy były wykonywane 3 razy w tygodniu u wszystkich pacjentów. Badanie zostało zaakceptowane przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Lublinie.

Elektrokardiografia (EKG)

Spoczynkowe 12-odprowadzeniowe cyfrowe EKG wykonano u wszystkich pacjentów dwukrotnie: na godzinę przed HD oraz nie później niż 30 minut po HD. Do rejestracji i analizy zapisu EKG użyto aparatu CardioControl v. 1.1 (CardioControl NV, Rijswijk, Holandia). Pomiar amplitudy załamków w poszczególnych odprowadzeniach wykonano automatycznie.

Echokardiografia

Badanie echokardiograficzne zostało przeprowadzone u wszystkich pacjentów w czasie do 2 godzin po zakończeniu HD. Masę lewej komory (LVM) wyliczono na podstawie wzoru opracowanego przez *Devereux* i *Reichecka* [2].

Bioimpedancja klatki piersiowej

Do oceny stopnia nawodnienia użyto bioimpedancji elektrycznej klatki piersiowej. Do pomiarów posłużył kardiograf impedancyjny (BioZ Cardiodynamics, USA). Przy użyciu elektrod odbiorczych i wysyłających prąd umieszczonych u podstawy szyi oraz po bokach klatki piersiowej, na poziomie końca wyrostka mieczykowatego mostka, przy zastosowaniu prądu o niskim natężeniu 2,5 mA oraz wysokiej częstotliwości 70 kHz dokonano dwukrotnie pomiarów hemodynamicznych: 30-60 minut przed HD oraz nie dłużej niż 20 minut po HD. Na podstawie oporności elektrycznej klatki piersiowej przed i po zabiegu HD określono za-

wartość płynu w klatce piersiowej (TFC, ang. *thoracic fluid content*), która to wielkość posłużyła jako wskaźnik stanu nawodnienia chorych [7, 15].

Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono przy pomocy programu SPSS 9.0 for Windows (SPSS Inc.). Wyniki zostały przedstawione jako średnia \pm odchylenie standardowe (SD). Do zbadania normalności rozkładu wykorzystano test *W Shapiro-Wilka*. Do zbadania różnic pomiędzy grupami statystycznymi użyto testu *t-Studenta* lub testu *Wilcoxon* w zależności od rodzaju rozkładu. W badaniu siły i kierunku zależności pomiędzy zmiennymi posłużono się testem *Pearsona* lub testem korelacji rang *Spearmana*. We wszystkich obliczeniach poziom istotności statystycznej przyjęto dla $p < 0,05$ [12].

Wyniki

Wiek pacjentów w badanej grupie wyniósł od 32 do 87 lat (średnia $59,6 \pm 12,4$). Podstawowe dane kliniczne i biochemiczne badanych zostały przedstawione w tabeli I. Spośród chorych 42 osoby (68%) spełniały echokardiograficzne kryteria rozpoznania przerostu lewej komory serca (LVH) [4].

Amplituda załamka R(V5) przed HD wynosiła średnio $1396,6 \pm 643,4 \mu\text{V}$, wzrastając znamiennie po HD do wartości $1551,9 \pm 706,7 \mu\text{V}$ ($p < 0,005$). Wzrost zanotowano u 68% przebadanych osób, zaś u pozostałych 32% amplituda R(V5) zmniejszyła się (tabela II). Podobnie zachowywała się średnia amplituda R(II), która po HD wzrosła znamiennie u 85% badanych pacjentów, z wyjściowej wartości $731,8 \pm 434,8 \mu\text{V}$ do $852 \pm 497,2 \mu\text{V}$ ($p < 0,001$). Zabieg hemodializy spowodował istotny statystycznie spadek wartości TFC z $35,08 \pm 7,48 1 \cdot \Omega^{-1}$ do $30,57 \pm 6,49 1 \cdot \Omega^{-1}$ ($p < 0,05$). Obserwowano także, zgodnie z oczekiwaniami, znamienny spadek masy ciała (BM, body mass) w badanej grupie po HD ($p < 0,05$). Nie stwierdzono natomiast istotnych korelacji pomiędzy amplitudą R(V5) i R(II) przed i po HD a odpowiadającymi wartościami TFC i BM. Również przyrost amplitudy $\Delta R(V5)$ i R(II) nie korelował znamiennie z wielkością spadku TFC (ΔTFC) ani z ubytkiem masy (ΔBM) ciała (tabela III i IV).

Omówienie

Tabela I

Podstawowa charakterystyka badanej grupy pacjentów.
Basic characteristics of examined group of patients.

Parametr	Przed HD	Po HD	p
Hemoglobina (g/dl)	11,98 ± 1,46	12,77 ± 1,74	<0,01
Kreatynina (mg/dl)	8,79 ± 2,53	3,43 ± 1,39	<0,01
Albumina (g/l)	3,93 ± 0,35		
Sód (mmol/l)	136,37 ± 2,48	138 ± 2,93	0,34
Potas (mmol/l)	5,69 ± 0,9	4,18 ± 0,38	0,01
Wapń (mg/dl)	9,05 ± 0,88	9,44 ± 0,48	<0,01
Fosforan nieorg. (mmol/l)	5,98 ± 1,74	2,74 ± 0,80	<0,01
Średnie ciśnienie tętnicze (mm Hg)	95 ± 14	96 ± 18	0,66
Częstość akcji serca (s ⁻¹)	74 ± 10	78 ± 10	0,002
LVM (g)		263,9 ± 92,5	
LVMl (g/m ²)		146,5 ± 45,2	

LVM - masa lewej komory, LVMl - wskaźnik masy lewej komory

Tabela II

Wpływ hemodializy na amplitudę R (II) i R(V5) oraz parametry stanu nawodnienia.
Impact of hemodialysis on R(II) and R(V5) amplitude and hydration status.

Parametr	Przed HD	Po HD	p
R(II) (μV)	731,8 ± 434,8	852 ± 497,2	<0,001
R(V5) (μV)	1396,6 ± 643,4	1551,9 ± 706,7	<0,005
TFC (1·Ω ⁻¹)	35,08 ± 7,48	30,57 ± 6,49	<0,001
Masa ciała (kg)	72,6 ± 14,72	70,05 ± 14,27	<0,001

Tabela III

Zależność pomiędzy stanem nawodnienia i amplitudą R (V5).
Correlation between hydration status and R (V5) amplitude.

	R(V5) przed HD	R(V5) po HD	ΔR(V5)
TFC przed HD	r=-0,01; p=0,96		
TFC po HD		r=-0,11; p=0,43	
ΔTFC			r=-0,31; p=0,83
BM przed HD	r=-0,16; p>0,05		
BM po HD		r=-0,08; p>0,05	
ΔBM			r=-0,09; p>0,05

Objaśnienie użytych skrótów: ΔTFC - różnica pomiędzy TFC przed i po HD; ΔBM - różnica pomiędzy BM przed i po HD; ΔR(V5) - różnica pomiędzy R(V5) przed i po HD.

Tabela IV

Zależność pomiędzy stanem nawodnienia i amplitudą R (II).
Correlation between hydration status and R (II) amplitude.

	R(II) przed HD	R(II) po HD	ΔR(II)
TFC przed HD	r=-0,83; p=0,56		
TFC po HD		r=-0,91; p=0,57	
ΔTFC			r=-0,02; p=0,99
BM przed HD	r=-0,35; p=0,81		
BM po HD		r=-0,01; p=0,94	
ΔBM			r=-0,16; p=0,25

Objaśnienie użytych skrótów: ΔR(II) - różnica pomiędzy R(II) przed i po HD. Pozostałe skróty jak w tabeli III.

W części z przeprowadzonych dotąd wśród pacjentów hemodializowanych badań opisuje się zależność pomiędzy stanem nawodnienia a amplitudą zespołów QRS [3, 5, 10]. Również w modelach doświadczal-

nych zwierzęcych jak i przy udziale ochotników stwierdzano odwrotną zależność pomiędzy wolemą a amplitudą załamek R [12]. Biorąc pod uwagę postulowany związek patogenetyczny pomiędzy wzrostem

amplitudy zespołów QRS a spadkiem wolemii w trakcie HD można zaryzykować postawienie hipotezy co do potencjalnej klinicznej przydatności pomiarów napięcia załamek zespołów komorowych w ocenie przewodzenia u chorych dializowanych. Jak wynika z piśmiennictwa, HD wywołuje wzrost sumarycznej amplitudy zespołów QRS a w szczególności wzrost amplitudy załamek R w odprowadzeniach przedsercowych [3,5,10].

Sugita i wsp. opisali z kolei w grupie zdrowych osób odwrotny związek pomiędzy amplitudą R(V5) a zawartością całkowitej wody ustrojowej (ang. total body water) określonej przy pomocy bioimpedancji elektrycznej całego ciała oraz jej proporcją do tkanki tłuszczowej organizmu [13]. Natomiast McMason i wsp. w badaniu doświadczalnym w grupie zdrowych dorosłych ochotników stwierdzili ujemną korelację pomiędzy napięciem załamek R(II) a ośrodkową hipowolemiam. Co więcej, wzrost załamek R(II) był czułym i wczesnym wskaźnikiem hipowolemii [8]. Dlatego też zależność amplitudy załamek R(V5) i R(II) stanu nawodnienia stała się przedmiotem niniejszego badania.

W badanej grupie zaobserwowano, iż amplituda zarówno załamek R(II) jak i R(V5) rośnie w sposób znamienny w trakcie HD u większości chorych hemodializowanych (odpowiednio 85% i 68%), co zgodne jest z dotychczasowymi doniesieniami dotyczącymi indukowanego przez HD wzrostu amplitudy załamek w zespołach komorowych [3,5,10]. Stwierdzono jednakże brak korelacji pomiędzy amplitudą załamek R(V5) i R(II) a stopniem nawodnienia pacjentów zarówno przed zabiegiem HD jak i po nim. Również wzrost napięcia R(V5) i R(II) nie wykazywał istotnego statystycznie związku z ubytkiem masy ciała i zmniejszeniem się objętości płynowej klatki piersiowej (TFC) w czasie HD.

W prezentowanym badaniu do oceny stopnia nawodnienia posłużono się metodą bioimpedancji elektrycznej klatki piersiowej. Określana przy jej pomocy zawartość płynów w klatce piersiowej (TFC) odpowiada stanowi nawodnienia i z powodzeniem bywa wykorzystywana do monitorowania hemodynamicznego różnych grup pacjentów, w tym także chorych hemodializowanych, w szczególności zaś pomocna jest do oceny ilości usuniętego poprzez ultrafiltrację płynu [7,15]. Z fizycznego punktu widzenia zawartość płynowa klatki piersiowej (TFC) stanowi odwrotność impedancji (oporności) klatki piersiowej i odzwierciedla ilość płynu wewnątrz- i zewnątrzkomórkowego, odznaczając się przy tym stosunkowo wysoką czułością w rozpoznawaniu retencji płynów i przewodzenia [7].

Amplituda zespołów komorowych, w tym załamek R, zależy od masy lewej komory serca ale również od wielu czynników pozasercowych, takich jak wiek, płeć, grubość tkanki tłuszczowej czy wynikająca z budowy i masy ciała odległość elektrod rejestrujących od serca [1]. Wśród pacjentów HD znane jest ponadto zjawisko wzrostu sumarycznej amplitudy zespołów komorowych w czasie HD, stwierdzone u około 50-100% chorych [5,10]. Patogeneza tego zjawiska jest złożona i nie do końca wyjaśniona. Do tej pory zidentyfikowano co najmniej kilka

czynników mających związek z tym procesem. Jednym z nich, jak wynika z wielu dotychczasowych badań, jest spadek wolemii a szczególnie spadek objętości zewnątrzkomórkowej w trakcie HD, który prowadzi do wzrostu oporności tkanek okołosercowych i tym samym może pociągać za sobą wzrost amplitudy zespołów QRS [5,8,10]. W innych pracach poświęconych temu zagadnieniu identyfikowano jednak również inne czynniki korelujące ze wzrostem napięcia załamków zespołów QRS. Zaliczyć można do nich zmiany stężenia elektrolitów, niedokrwienie miokardium oraz stężenie hemoglobiny [3,5,11]. Nie ustalono jak dotąd w sposób jednoznaczny udziału poszczególnych zmiennych dotyczących ich wpływu na wzrost amplitudy załamków zespołów komorowych. Wydaje się, że stwierdzony brak zależności pomiędzy amplitudą załamków R(V5) i R(II) a parametrami stanu nawodnienia (zawartością płynową klatki piersiowej (TFC) i ubytkiem płynu w trakcie HD) można tłumaczyć wspomnianą powyżej wieloczynnikową etiologią zjawiska wzrostu amplitudy QRS w czasie HD [3].

Podsumowując, należy zaznaczyć, że w niniejszym badaniu brak było istotnej zależności pomiędzy amplitudami załamka R(V5) i R(II) a stanem nawodnienia pacjentów he-

modializowanych. Tym samym nie potwierdziła się w tej grupie zależność obserwowana przez innych badaczy wśród zdrowych osób. Z tego powodu parametry te nie wydają się być przydatnymi wskaźnikami oceny stanu nawodnienia chorych dializowanych.

Piśmiennictwo

1. **Dąbrowska B., Dąbrowski A.:** Podręcznik elektrokardiografii. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1996.
2. **Devereux R., Reichek N.:** Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation* 1977, 55, 613.
3. **Drighil A., Madias J., Mosalami H. et al.:** Determinants of augmentation of ECG QRS complexes and R waves in patients after hemodialysis. *Ann. Noninvasive. Electrocardiol.* 2007, 12, 111.
4. **Głuszek J., Grodzicki T., Januszewicz A. i wsp.:** Zasady postępowania w nadciśnieniu tętniczym. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego. *Nadciśnienie Tętnicze* 2003, 7 (Supl. A), 5.
5. **Jaroszyński A., Załuska W., Bober E., Książek A.:** Czynniki wpływające na wzrost amplitudy zespołów QRS podczas hemodializ. *Przegl. Lek.* 2005, 62, 270.
6. **Kalantar-Zadeh K., Regidor D., Kovesdy C. et al.:** Fluid retention is associated with cardiovascular mortality in patients undergoing long-term hemodialysis. *Circulation* 2009, 119, 671.
7. **Krzesiński P., Gielerak G., Kowal J.:** Kardiografia impedancyjna - nowoczesne narzędzie terapii monitorowanej chorób układu krążenia. *Kardiol. Pol.* 2009, 67, 65.
8. **McManus J., Convertino V., Cooke W. et al.:** R-wave amplitude in lead II of an electrocardiograph correlates with central hypovolemia in human beings. *Acad. Emerg. Med.* 2006, 13, 1003.
9. **Oe B., de Fijter C., Oe P. et al.:** Diameter of inferior caval vein (VCD) and bioelectrical impedance analysis (BIA) for the analysis of hydration status in patients on hemodialysis. *Clin Nephrol.* 1998, 50, 38.
10. **Ojanen S., Koobi T., Korhonen P. et al.:** QRS amplitude and volume changes during hemodialysis. *Am. J. Nephrol.* 1999, 19, 423.
11. **Sinno M., Kowalski M., Kenigsberg D. et al.:** R-wave amplitude changes measured by electrocardiography during early transmural ischemia. *J. Electrocardiol.* 2008, 41, 425.
12. **Stanisz A.:** Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z biologii i medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. Statsoft, Kraków, 2006.
13. **Sugita S., Takada K., Takada H. et al.:** The relationship between R amplitude in lead V5 (RV5) and left ventricular mass in the groups of adolescent subjects classified by body composition. *Jpn. Circ. J.* 1998, 62, 893.
14. **Wizemann V., Wabel P., Chamney P. et al.:** The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2009, 24, 1574.
15. **Wynne J., Ovadje L., Akridge C. et al.:** Impedance cardiography: a potential monitor for hemodialysis. *J. Surg. Res.* 2006, 133, 1, 55.