

Hiperkalemia po hemodializie (HD) i hemodiafiltracji (HDF) – czy jest różnica w efekcie odbicia?

Efekt odbicia stężenia potasu po hemodializie (rebound effect) polegający na wzroście stężeń potasu w kilka godzin po zabiegu ma istotne znaczenie kliniczne. Cele pracy to ocena: 1. Czy jest różnica w efekcie odbicia stężenia potasu pomiędzy hemodializą i hemodiafiltracją w 6 godzin od zakończenia zabiegów? 2. Jakie czynniki wpływają na wzrost stężenia potasu w 6 godzin od zakończenia HD i/lub HDF. Pacjenci i metodyka: Do badania zakwalifikowano 41 pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek leczonych w programie HD (26 osób – 15 kobiet i 11 mężczyzn) i HDF (15 chorych – 12 kobiet i 3 mężczyzn). Czas zabiegu HD wyniósł 3,5-5,0 godzin (śr. 4,22 ± 0,39), a HDF 3,25-4,5 (śr. 4,02 ± 0,37) (p=0,103). Używano koncentratu z zawartością sodu ok. 139 mmol/l w obu grupach, a potasu 2,04 ± 0,49 mmol/l dla HD i 2,5 ± 0,5 mmol/l dla HDF (p=0,006). W czasie HDF stosowano metodę postdylucji w ilości 35-70 ml/min (śr. 56,33 ± 9,53 ml/min). Pozostałe parametry w obu badanych grupach były podobne. Przed zabiegiem HD i HDF, bezpośrednio po zabiegu i w 6 godzin od zakończenia zabiegu pobierano od pacjentów próbki krwi celem oznaczenia: gazometrii, stężenia sodu, potasu, wapnia oraz mocznika i kreatyniny w surowicy. Wyniki: Stężenie potasu przed zabiegiem wyniosło 5,23 ± 0,64 mmol/l dla HD oraz 4,93 ± 0,61 mmol/l dla HDF (p=0,157), bezpośrednio po zabiegu – odpowiednio 3,62 ± 0,38 mmol/l i 3,45 ± 0,35 mmol/l (p=0,169), a w 6 godzin po zabiegu – odpowiednio 4,85 ± 0,64 mmol/l i 4,65 ± 0,63 mmol/l (p=0,346). Zaobserwowano efekt odbicia zależny przede wszystkim od wielkości spadku stężenia potasu w surowicy w czasie dializy. Zmienność efektu odbicia jest tylko w 34% wyjaśniana zmiennością spadku stężenia potasu w surowicy w trakcie dializy. Współczynnik korelacji liniowej między wielkością odbicia a spadkiem stężenia potasu w czasie dializy wyniósł 0,512 dla HD (p=0,008) i 0,647 dla HDF (p=0,009). Nie stwierdzono związku między efektem odbicia a rodzajem dializy w wielozmiennym modelu analizy regresji liniowej. Wnioski: Wzrost stężenia potasu w surowicy krwi 6 godzin po zakończeniu zabiegu (efekt odbicia) jest podobny w obu metodach (HD i HDF) i zależy głównie od różnicy stężeń potasu przed i bezpośrednio po dializie oraz od stężenia potasu przed dializą. Wydaje się, że szybkość usuwania potasu może mieć wpływ na występowanie efektu odbicia po dializie.

(NEFROL. DIAL. POL. 2009, 13, 58-62)

Hyperpotassemia after hemodialysis (HD) and hemodiafiltration (HDF) – is there any difference in rebound effect?

Potassium rebound effect a few hours after hemodialysis has a significant clinical importance. Aims: 1. Is there a difference between hemodialysis and hemodiafiltration in a potassium rebound effect with the procedures ending 6 hours ago? 2. What factors influence a potassium rebound effect 6 hours after the procedures? Patients and methods: For this study we qualified 41 ESRD patients. 26 patients were treated with HD (15 women and 11 men), 15 – HDF (12 women and 3 men). The HD procedures time was 3,5-5,0 hours (av. 4.22 ± 0.39), and the HDF procedures time was 3.25-4.5 (av. 4.02 ± 0.37) (p=0.103). Sodium level in dialysis fluid was approx. 139 mmol/l in both groups and potassium level was 2.04 ± 0.49 mmol/l for HD and 2.5 ± 0.5 mmol/l for HDF (p=0.006). During HDF 35-70 ml/min (av. 56.33 ± 9.53ml/min) postdillution has been applied. Other parameters were similar in both groups. Before, directly after and 6 hours after HD and HDF procedures blood samples were taken for testing: blood gases, sodium, potassium, calcium, urine and creatine levels. Results: Before dialysis the potassium level was 5.23 ± 0.64 mmol/l in HD group and 4.93 ± 0.61 mmol/l in HDF group (p=0.157). Immediately following the procedures the level of potassium was 3.62 ± 0.38 mmol/l in HD and 3.45 ± 0.35 mmol/l in HDF (p=0.169).

Longin NIEMCZYK¹

Katarzyna SZAMOTULSKA²

Stanisław NIEMCZYK¹

Ewa PAKLERSKA¹

Wiesław KLATKO³

Antoni SOKALSKI⁴

Ewa BENEDYK-LORENS⁵

Urszula SYTA¹

Joanna MATUSZKIEWICZ-ROWIŃSKA¹

¹Katedra i Klinika Nefrologii, Dializoterapii i Chorób Wewnętrznych WUM
Kierownik: Prof. dr. hab. med.
Joanna Matuszkiewicz-Rowińska

²Zakład Epidemiologii IMiD w Warszawie
Kierownik: Dr med. Katarzyna Szamotulska

³Oddział Nefrologii Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Ciechanowie
Ordynator: Dr Wiesław Klatko

⁴Oddział Nefrologii Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Radomiu
Ordynator: Dr med. Antoni Sokalski

⁵NZOZ Centrum Dializ Fresenius Nephrocare II
Stacja Dializ nr 1 w Krakowie
Dyrektor: Dr med. Andrzej Miłkowski

Słowa kluczowe:

- hemodializa
- hemodiafiltracja
- schyłkowa niewydolność nerek
- hiperkalemia
- efekt odbicia

Key words:

- hemodialysis
- hemodiafiltration
- end stage renal disease (ESRD)
- hyperkalemia
- hyperpotassemia
- rebound effect

Adres do korespondencji:

Lek. Longin Niemczyk
Katedra i Klinika Nefrologii, Dializoterapii i Chorób Wewnętrznych Warszawski Uniwersytet Medyczny
02-097 Warszawa, ul. Banacha 1a
e-mail: lnziemczyk@wum.edu.pl
Tel.: + 48 606 434 232

6 hours after HD and HDF the potassium level was 4.85 ± 0.64 mmol/l in HD and 4.65 ± 0.63 mmol/l in HDF ($p=0.346$). The rebound effect was dependent on the size of the drop in serum concentration of potassium during the dialysis. Variability of the potassium rebound effect is only explained in 34% with variability of the drop in the serum concentration of potassium during the dialysis. The ratio of the linear correlation between rebound effect in the concentration of potassium during the dialysis was 0.512 for HD ($p=0.008$) and 0.647 for HDF ($p=0.009$). We didn't find association between the potassium rebound effect and the type of the dialysis in multivariable model of the analysis of the linear regression. Conclusions: Increase in the concentration of potassium in the serum of blood (rebound effect) 6 hours after ending the procedure is similar in both methods (HD and HDF) and mainly depends on the difference of serum potassium concentrations before and directly after the dialysis and on the concentration of potassium before the dialysis. It is appearing, that speed of removing potassium can influence the rebound effect after the dialysis.

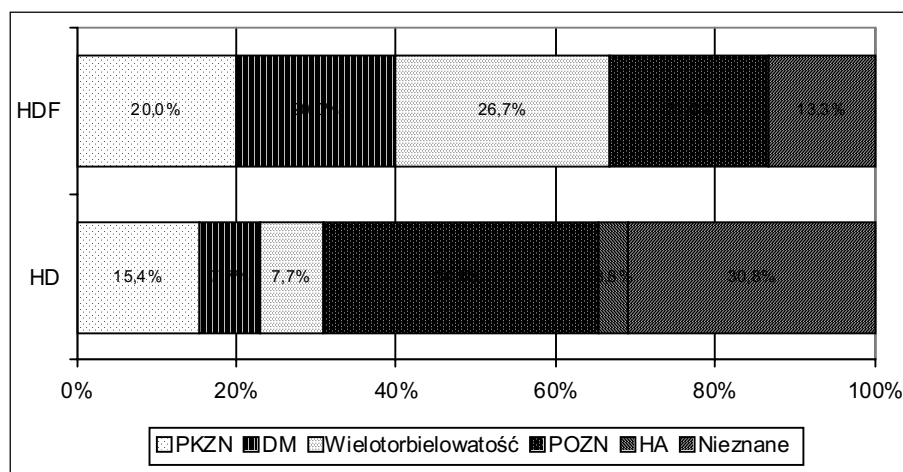
(NEPHROL. DIAL. POL. 2009, 13, 58-62)

Wstęp

Potas jest bardzo istotnym jonem dla funkcjonowania organizmów żywych. Odpowiada m.in.: za powstawanie potencjału przez błonowego, a więc pozwala komórce reagować na bodźce z zewnątrz (w zależności od typu komórki może to być skurcz, wydzielanie hormonów i substancji podobnych, czy przekazywanie przyjętego impulsu kolejnym komórkom). W organizmie człowieka jest około 50 mmol potasu w każdym kilogramie żywej tkanki, jednak większość tego jonu zawarte jest w płynie wewnątrzkomórkowym, a tylko około 2% znajduje się w przestrzeni pozakomórkowej, w tym w naczyniach [1,15].

Kontrola stężenia potasu w surowicy krwi u osób z przewlekłą niewydolnością nerek, a szczególnie w zaawansowanych stadiach tej choroby jest bardzo istotna dla bezpieczeństwa tych chorych. Wysokie stężenie potasu może być wywołane m.in.: nieprzestrzeganiem zalecanej diety przez pacjentów, co wydaje się być najważniejszym, jak też głodzeniem pacjenta (np.: przed operacją) lub stosowaniem leków z grupy inhibitorów konwertazy angiotensyny (ACE-i), antagonistów receptora AT1 (ARB), blokerów receptora aldosteronowego i nie-selektywnych beta blokerów [1,22]. Stężenie potasu powyżej 5,6 mmol/l jest związane z większą śmiertelnością pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek leczonych w programie hemodializ, a zaburzenia stężenia potasu mogą być przyczyną istotnych klinicznie zaburzeń rytmu serca lub znacznego osłabienia [17, 22]. O ile u osób zdrowych regulacja gospodarki wodno-elektrolitowej odbywa się w sposób ciągły, to u osób dializowanych proces ten jest wykonywany średnio 3 razy w tygodniu przez około 3-5 godzin [1,2,15,22]. Taki przerywany proces prowadzi do zaburzeń wodno-elektrolitowych okołodializacyjnych.

Morgan i wsp. stwierdzili tzw.: efekt odbicia stężenia potasu po hemodializie (*rebound effect*) polegający na wzroście stężenia potasu w kilka godzin po zabiegu. Ma to istotne znaczenie kliniczne chociażby w ocenie możliwości wykonania zabiegu operacyjnego w tym przeszczepienia nerki u chorych dializowanych [19]. Podobne zjawisko opisali De Nicola i wsp. dla hemodiafiltracji, stwierdzając dodatkowo, że przy zastosowaniu płynów o wyższym stężeniu



Rycina 1

Przyczyny schyłkowej niewydolności nerek w badanych grupach.
Reasons of ESRD in inspected groups.

sodu już po 1 godzinie od zakończenia zabiegu efekt *rebound* jest istotnie większy i utrzymuje się przez kolejnych kilkadziesiąt godzin [5]. Brakuje jednak prac porównujących skuteczność obu metod.

Cele pracy to ocena:

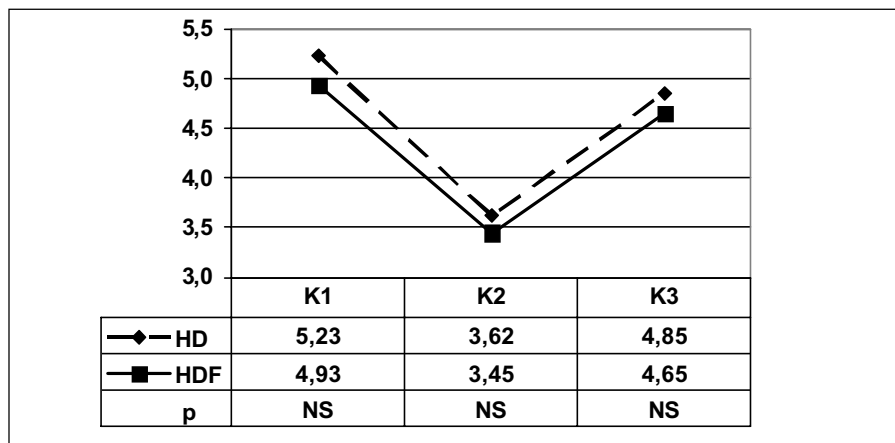
1. Czy jest różnica w efekcie odbicia stężenia potasu pomiędzy hemodializą i hemodiafiltracją w 6 godzin od zakończenia zabiegów
2. Jakie czynniki wpływają na wzrost stężenia potasu w 6 godzin od zakończenia HD i/lub HDF.

Pacjenci i metodyka

Do badania zakwalifikowano 41 pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek leczonych w programie HD (26 osób – 15 kobiet i 11 mężczyzn) i HDF (15 chorych – 12 kobiet i 3 mężczyzn, u których HDF wykonywano 1 x w tygodniu), (dla płci $p=0,147$ w teście chi-kwadrat). Charakterystykę chorych przedstawia tabela I i rycina 1. Czas zabiegu HD wyniósł 3,5-5,0 godzin (śr. $4,22 \pm 0,39$), a HDF 3,25-4,5 (śr. $4,02 \pm 0,37$) ($p=0,103$). Używano dializatorów z błoną polisulfonową dla HD low flux o powierzchni od 1,3 do 1,8 m², a dla HDF błon polisulfonowych typu *high flux* o powierzchni od 1,4 do 1,9 m². Używano koncentratu z zawartością sodu $139,23 \pm 1,55$ mmol/l dla HD i $139,00 \pm$

$1,81$ mmol/l dla HDF ($p=0,669$), potasu $2,04 \pm 0,49$ mmol/l dla HD i $2,5 \pm 0,5$ mmol/l dla HDF ($p=0,006$) oraz wapnia $1,49 \pm 0,13$ mmol/l dla HD i $1,37 \pm 1,13$ mmol/l dla HDF ($p=0,006$), o standardowym stężeniu HCO₃. W czasie HDF stosowano metodę postdylucji w ilości 35-70 ml/min ($56,33 \pm 9,53$ mmol/l). Ultrafiltracja netto ($2796,2 \pm 1260,6$ ml dla HD i $2186,7 \pm 901,5$ ml dla HDF, $p=0,109$) i diureza ($330,77 \pm 540,20$ ml/24h dla HD i $483,33 \pm 601,98$ ml/24h dla HDF, $p=0,173$ w teście nieparametrycznym *Manna-Whitneya*) były podobne w obu badanych grupach. Przepływ krwi wyniósł $244,23 \pm 26,41$ ml/min dla HD i $263,33 \pm 33,09$ ml/min dla HDF ($p=0,049$), a Kt/V liczone metodą *Dougirdasa* – $1,35 \pm 0,26$ dla HD i $1,43 \pm 0,25$ dla HDF ($p=0,389$).

Trzykrotnie: 1) przed zabiegiem HD i HDF, 2) bezpośrednio po zabiegu i 3) w 6 godzin od zakończenia zabiegu pobierano od pacjentów próbki krwi celem oznaczenia: gazometrii, stężenia sodu, potasu, wapnia oraz mocznika i kreatyniny w surowicy krwi. Do oznaczeń używano standardowych metod stosowanych w szpitalu (gasometria – *blood gases* – ABL Radiometer, elektrolity – metoda bezpośrednia przy użyciu elektrod jono-selektywnych, mocznik – metoda enzymatyczna Integra Roche, kreatynina – metoda enzymatyczna Vitros Ortho Clinical). U chorych przyjmujących na stałe leki beta-adrenolityczne na tydzień przed



Rycina 2
Stężenia potasu w surowicy przed, bezpośrednio po i w 6 godzin po zabiegach HD i HDF.
Concentration of potassium in the serum before, directly after and to 6 hours after HD and HDF.

Tabela I
Charakterystyka pacjentów.
Patients' characteristics.

	HD (n=26)		HDF (n=15)		P
	Średnia	Odchylenie standardowe	Średnia	Odchylenie standardowe	
Wiek (lata)	56,77	15,77	62,73	14,76	0,241
BMI (kg/m ²)	24,03	3,51	25,64	4,97	0,234
Sód przed zabiegiem (mmol/l)	137,95	3,41	137,87	3,72	0,946
Potas przed zabiegiem (mmol/l)	5,23	0,64	4,93	0,61	0,157
Wapń przed zabiegiem (mmol/l)	2,17	0,23	2,14	0,10	0,658
Mocznik przed zabiegiem (mg/dl)	142,22	34,93	123,82	28,94	0,093
Kreatynina przed zabiegiem (mg/dl)	9,93	2,88	8,77	2,33	0,198
pH przed zabiegiem	7,32	0,13	7,38	0,10	0,100
HCO ₃ przed zabiegiem (mmol/l)	19,81	3,87	21,70	2,37	0,098

Tabela II
Parametry wielozmiennego modelu regresji liniowej dla efektu odbicia stężenia potasu 6 godzin po wykonaniu zabiegu w zależności od spadku jego stężenia w trakcie dializy i od rodzaju dializy.
Parameters of multivariable model of the analysis of the linear regression for the potassium concentration rebound effect 6 hours after dialysis depending on the drop its concentration during the dialysis and on the type of the dialysis.

	Niestandaryzowany współczynnik beta ± błąd standardowy	95% przedział ufności dla współczynnika beta	P
Spadek stężenia potasu w czasie dializy (mmol/l)	-0,478 ± 0,108	(-0,696;-0,259)	<0,001
Rodzaj dializy (HD vs HDF)	-0,032 ± 0,131	(-0,296;0,233)	0,811

Tabela III
Parametry wielozmiennego modelu regresji liniowej dla efektu odbicia stężenia potasu 6 godzin po wykonaniu zabiegu w zależności od spadku jego stężenia w trakcie dializy i Kt/V (metodą Daugirdasa).
Parameters of multivariable model of the analysis of the linear regression for the potassium concentration rebound effect 6 hours after dialysis depending on the drop its concentration during the dialysis and Kt/V (by Daugirdas).

	Niestandaryzowany współczynnik beta ± błąd standardowy	95% przedział ufności dla współczynnika beta	P
Spadek stężenia potasu w czasie dializy (mmol/l)	-0,438 ± 0,107	(-0,655;-0,222)	<0,001
Kt/V	0,383 ± 0,245	(-0,112;0,878)	0,126

badaniem wstrzymano stosowanie tych leków, pozostałych leków nie modyfikowano.

Wyniki opracowywano statystycznie używając statystyk opisowych (średnia i odchylenie standardowe). Dla zmiennych ciągłych o rozkładzie nor-

malnym zastosowano test t-Studenta, dla zmiennych ciągłych o rozkładzie odbiegającym od rozkładu normalnego – test nieparametryczny *Manna-Whitneya*, a dla zmiennych skategoryzowanych – test chi-kwadrat. W celu oszacowania związku

między wzrostem stężenia potasu 6 godzin po dializie wykorzystano model wielozmiennego analizy regresji. Przyjęto poziom istotności $p < 0,05$. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu SPSS v.12.0.1

Wyniki

Stężenie potasu przed zabiegiem wyniosło $5,23 \pm 0,64$ mmol/l dla HD oraz $4,93 \pm 0,61$ mmol/l dla HDF ($p=0,157$), bezpośrednio po zabiegu – odpowiednio $3,62 \pm 0,38$ mmol/l i $3,45 \pm 0,35$ mmol/l ($p=0,169$), a w 6 godzin po zabiegu – odpowiednio $4,85 \pm 0,64$ mmol/l i $4,65 \pm 0,63$ mmol/l ($p=0,346$). Zaobserwowano efekt odbicia zależny przede wszystkim od wielkości spadku stężenia potasu w czasie dializy (rycina 2). Współczynnik korelacji liniowej między wzrostem stężenia potasu w 6 godzin po zabiegu a spadkiem jego stężenia w czasie dializy wyniósł 0,512 dla HD ($p=0,008$) i 0,647 dla HDF ($p=0,009$).

Szacując parametry modelu analizy regresji liniowej z jedną zmienną stwierdzono, że zmienność efektu odbicia jest w 34% wyjaśniana zmiennością spadku stężenia potasu w trakcie dializy. Nie zaobserwowano jednak dodatkowo związku między wzrostem stężenia potasu w 6 godzin po zabiegu a rodzajem dializy w modelu wielozmiennym. Oznacza to, że wraz ze spadkiem stężenia potasu w trakcie zabiegu dializy o 1 mmol/l następuje wzrost jego stężenia w 6 godzin po dializie o około 0,478 mmol/l bez względu na rodzaj zabiegu (tabela II).

Badając zależność efektu odbicia dodatkowo od innych czynników, niż tylko spadek stężenia potasu w trakcie dializy nie stwierdzono istotnych statystycznie związków z Kt/V (metodą *Daugirdasa*) ($p=0,126$, tabela III) lub URR ($p=0,345$, tabela IV).

Omówienie

Hiperkalemia u chorych ze schyłkową niewydolnością nerek leczonych dializami pozostaje ważnym problemem klinicznym i występuje u około 10% z nich. Zapobieganie hiperpotasemii i jej leczenie jest bardzo istotne ze względu na możliwe zagrożenie życia chorego z wysokimi stężeniami potasu [1,22]. Występujący efekt odbicia potasu, często niezauważany, polegający na występowaniu hiperkalemii w kilka godzin po dializie, staje się problemem np. przy kwalifikacjach chorego do zabiegów terapeutyczno-leczniczych planowanych po dializie [3,19].

Stężenie potasu w surowicy jest zależne od zgromadzonego potasu w ustroju [26]. Potas zgromadzony jest głównie w dwóch przestrzeniach, a przede wszystkim wewnątrzkomórkowo. Chorzy dializowani mają upośledzoną dostępność do ładunku potasu szybko wymiennego. Wymiana tego jonu pomiędzy przestrzeniami wewnątrzkomórkową i zewnątrzkomórkową jest powolna i zależy od wielu czynników, a tylko potas z przestrzeni zewnątrzkomórkowej ma szansę na szybsze usuwanie w trakcie dializy [1,26]. Ta nierównowaga pomiędzy usuwaniem potasu przez błonę dializacyjną, a jego penetracją przez błony komórkowe wydaje się być podstawowym powodem występowania efektu odbicia potasu w 6 godzin po zabiegu [1,8,28]. W przedstawia-

Tabela IV

Parametry wielozmiennego modelu regresji liniowej dla efektu odbicia stężenia potasu 6 godzin po wykonaniu zabiegu w zależności od spadku jego stężenia w trakcie dializy i URR.

Parameters of multivariable model of the analysis of the linear regression for the potassium concentration rebound effect 6 hours after dialysis depending on the drop its concentration during the dialysis and URR.

	Niestandaryzowany współczynnik beta ± błąd standardowy	95% przedział ufności dla współczynnika beta	P
Spadek stężenia potasu W czasie dializy (mmol/l)	-0,454 ± 0,109	(-0,674;-0,234)	<0,001
URR	0,770 ± 0,805	(-0,859;2,399)	0,345

Tabela V

Parametry wielozmiennego modelu regresji liniowej dla efektu odbicia stężenia potasu 6 godzin po wykonaniu zabiegu w zależności od spadku jego stężenia w trakcie dializy i UF netto.

Parameters of multivariable model of the analysis of the linear regression for the potassium concentration rebound effect 6 hours after dialysis depending on the drop its concentration during the dialysis and UF netto.

	Niestandaryzowany współczynnik beta ± błąd standardowy	95% przedział ufności dla współczynnika beta	P
Spadek stężenia potasu W czasie dializy (mmol/l)	-0,440 ± 0,102	(-0,646;-0,234)	<0,001
UF netto (litr)	0,118 ± 0,051	(0,014;0,222)	0,027

Tabela VI

Parametry wielozmiennego modelu regresji liniowej dla efektu odbicia stężenia potasu 6 godzin po wykonaniu zabiegu w zależności od spadku jego stężenia w trakcie dializy i UF brutto.

Parameters of multivariable model of the analysis of the linear regression for the potassium concentration rebound effect 6 hours after dialysis depending on the drop its concentration during the dialysis and UF brutto.

	Niestandaryzowany współczynnik beta ± błąd standardowy	95% przedział ufności dla współczynnika beta	P
Spadek stężenia potasu W czasie dializy (mmol/l)	-0,479 ± 0,108	(-0,697;-0,261)	<0,001
UF brutto (litr)	0,005 ± 0,010	(-0,015;0,024)	0,623

nej pracy nie wykazaliśmy istotnych różnic w przebiegu efektu odbicia u chorych HD i HDF (rycina 2, tabela II-IV).

Wymiana potasu w czasie standardowego zabiegu hemodializy to ponad 100 mEq a mimo to występuje efekt odbicia. U chorych z HDF może być większa usuwalność potasu, gdyż prócz procesu dyfuzji zachodzi nasilone zjawiska konwekcji, więc wymiana potasu jest ograniczana wyższym niż w czasie HD jego stężeniem w płynie dializacyjnym. U nas przy zachowanej niewielkiej, ale istotnej różnicy w stężeniach potasu w płynie dializacyjnym pomiędzy HD i HDF nie wykazaliśmy wpływu ultrafiltracji brutto (proces konwekcji) na wystąpienie efektu odbicia. Wykazany dla HDF wpływ ultrafiltracji netto nie pozwala na postawienie jednoznacznego wniosku (tabela V i VI). Proces nie jest dokładnie zbadany, choć faktem jest, że ultrafiltracja ma udowodnioną rolę w usuwaniu potasu z ustroju [7,23].

Jak wykazali inni badacze wielkość efektu odbicia dotyczącego potasu zależy od wyjściowego stężenia potasu przed dializą [3,28]. W naszej pracy potwierdziliśmy tę zależność zarówno u pacjentów leczonych HD jak i HDF. Różnica stężeń potasu przed i bezpośrednio po dializie zależy od stężenia potasu przed zabiegiem, dlatego przedstawiliśmy wyniki, które wykazały, że różnica stężeń potasu w surowicy przed i po dializie wpływa na efekt odbicia stężenia potasu w 6 godzin zarówno po HD i HDF. Im ta różnica jest większa, tym większy jest efekt odbicia (tabela II, III i IV). Pośrednio można

wnioskować, że im szybsze usuwanie potasu tym większy efekt odbicia jego stężenia po 6 godzinach od zakończenia dializy. To z kolei sugeruje, że usuwanie potasu powinno być rozłożone w czasie. Tego typu spostrzeżenia znalazły się też w innej pracy sugerując, że przy dużej hiperkalemii przed dializą zabieg ten powinien być powtarzany tego samego dnia [1]. Jednak logicznym wydaje się, aby w takich przypadkach stosować długotrwałe dializy niezależnie od ich rodzaju. Wymaga to potwierdzenia przy zastosowaniu technik powolnych zabiegów o małej efektywności. Badanie nad skutecznością usuwania potasu w zależności od metody dializy oraz stężenia potasu w płynie dializacyjnym wykonali między innymi *Redaelli B.* i wsp. wykazując największą skuteczność w pierwszej fazie zabiegu i różną tolerancję dializy oraz odwodnienia w zależności od ilości usuwanego potasu [7,12,23,26]. Chorzy gorzej znoszą szybkie usuwanie potasu. Wydajność zabiegu hemodializy w tym zakresie zależy nie tylko od długości zabiegu, ale także od jakości zastosowanego dializatora i/lub koncentratu [5,28]. Przy stosowaniu koncentratów ubogopotasowych wydajność dializy zmniejsza się, a chorzy źle znoszą zabieg [6]. Tę sytuację tłumaczy się reakcją naczyń obwodowych (skurcz) na szybkość zmniejszenia stężenia potasu w surowicy krwi, a co za tym idzie zmniejszeniem perfuzji tkanek. Ten stan powoduje pogorszenie oczyszczania krwi z substancji toksycznych, a dodatkowo może odpowiadać, za wzrost stężenia potasu po

zakończeniu dializy [6]. Podobne wyniki uzyskał *Hou* i wsp. badając bezpieczeństwo i skuteczność niskich stężeń potasu w płynie dializacyjnym w czasie dializy [12]. Nadmierne usuwanie potasu nasila zaburzenia rytmu serca [4,16]. Najlepiej tolerowana jest mała wymiana potasu [24]. Autorzy nie badali efektu rebound oraz nie stosowali HDF [23]. HDF była badana w różnych, zróżnicowanych pod względem stężenia potasu, protokołach wykazując wpływ jego stężenia na dyspersję odcinka QT [4]. Takie badania a także występowanie poważnych zaburzeń rytmu badano w trakcie zabiegów HD [9,13,20,25,27]. Najmniej skuteczna dla usuwania potasu była dializa otrzewnowa oraz standardowa HD, najskuteczniejsza dializa na koncentracie bezpotasowym i niskopotasowym [23,28]. Niskie stężenie potasu w płynie dializacyjnym zmniejsza skuteczność dializy i nasila efekt rebound dla mocznika [6]. Usuwanie potasu zwiększa także wysokość zawartość dwuwęglanów w płynie dializacyjnym [11]. Gospodarka kwasowo-zasadowa ma szczególnie duże znaczenia dla homeostazy potasowej w wielu mechanizmach [18]. W naszej pracy stężenia dwuwęglanów były identyczne. Wykazano, że stężenie kreatyniny może mieć wpływ na efekt odbicia przy HDF. Brak wpływu współczynnika KT/V i URR osłabia to spostrzeżenie.

Płyn bezglukozowy jest efektywniejszy, interdializacyjne pH ma wpływ na wymianę potasu, dializa w tym zakresie jest wówczas skuteczniejsza. Glukoza w płynie dializacyjnym ma wpływać na wymianę potasu u chorych z cukrzycą, zdania nie są jednoznaczne [7,28]. Nie badaliśmy tej zależności. Nie jest pewne działanie ACE-i i ARB na rozwój hiperkalemii u chorych hemodializowanych, chociaż ryzyko wydaje się być większe, leki te nie wpływają na ilość usuwanego potasu w czasie zabiegów [10,14,21]. Wysokie stężenie sodu w płynie dializacyjnym (wysoka osmolarność), powoduje przesunięcia z przestrzeni wewnątrz do zewnątrzkomórkowej sprzyjając usuwaniu potasu w czasie dializy [5]. Może mieć to wpływ na efekt rebound opisywany przez *Morgana* i wsp. [19]. Takiej obserwacji nie prowadziliśmy w naszej pracy.

Wnioski

1. Wzrost stężenia potasu w surowicy krwi 6 godzin po zakończeniu zabiegu (efekt odbicia) jest podobny w obu metodach (HD i HDF) i zależy głównie od różnicy stężeń potasu przed i bezpośrednio po dializie oraz od stężenia potasu przed dializą.

2. Wydaje się, że szybkość usuwania potasu może mieć wpływ na występowanie efektu odbicia po dializie.

Piśmiennictwo

1. **Ahmed J., Weisberg L.S.:** Hyperkalemia in dialysis patients. *Semin. Dial.* 2001, 14, 348.
2. **Allon M.:** Hyperkalemia in end-stage renal disease: mechanisms and management. *J. Am. Soc. Nephrol.* 1995, 6, 1134.
3. **Blumberg A., Roser H.W., Zehnder C., Müller-Brand J.:** Plasma potassium in patients with terminal renal failure during and after haemodialysis; relationship with dialytic potassium removal and total body potassium. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1997, 12, 1629.

4. **Buemi M., Aloisi E., Coppolino G. et al.**: The effect of two different protocols of potassium haemodiafiltration on QT dispersion. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2005, 20, 1148.
5. **De Nicola L., Bellizzi V., Minutolo R. et al.**: Effect of dialysate sodium concentration on interdialytic increase of potassium. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2000, 11, 2337.
6. **Dolson G.M., Adrogué H.J.**: Low dialysate [K⁺] decreases efficiency of hemodialysis and increases urea rebound. *J. Am. Soc. Nephrol.* 1998, 9, 2124.
7. **Feig P.U., Shook A., Sterns R.H.**: Effect of potassium removal during hemodialysis on the plasma potassium concentration. *Nephron* 1981, 27, 25.
8. **Fernandez J., Oster J.R., Perez G.O.**: Impaired extrarenal disposal of an acute oral potassium load in patients with endstage renal disease on chronic hemodialysis. *Miner. Electrolyte Metab.* 1986, 12, 125.
9. **Genovesi S., Rivera R., Fabbrini P. et al.**: Dynamic QT interval analysis in uraemic patients receiving chronic haemodialysis. *J. Hypertens.* 2003, 21, 1921.
10. **Han S.W., Won Y.W., Yi J.H., Kim H.J.**: No impact of hyperkalaemia with renin-angiotensin system blockades in maintenance haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2007, 22, 1150.
11. **Heguilén R.M., Sciarano C., Bellusci A.D. et al.**: The faster potassium-lowering effect of high dialysate bicarbonate concentrations in chronic haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2005, 20, 591.
12. **Hou S., McElroy P.A., Nootens J., Beach M.**: Safety and efficacy of low-potassium dialysate. *Am. J. Kidney Dis.* 1989, 13, 137.
13. **Karnik J.A., Young B.S., Lew N.L. et al.**: Cardiac arrest and sudden death in dialysis units. *Kidney Int.* 2001, 60, 350.
14. **Knoll G.A., Sahgal A., Nair R.C. et al.**: Renin-angiotensin system blockade and the risk of hyperkalemia in chronic hemodialysis patients. *Am. J. Med.* 2002, 112, 110.
15. **Kokot F., Hyla-Klekot L.**: Zaburzenia gospodarki potasowej związane z terapią. *Pol. Arch. Med. Wewn.* 2008, 118, 431.
16. **Korzets A., Ori Y., Herman M.**: Serum potassium levels and atrial fibrillation in haemodialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16, 1090.
17. **Kovesdy C.P., Regidor D.L., Mehrotra R. et al.**: Serum and dialysate potassium concentrations and survival in hemodialysis patients. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2007, 2, 999.
18. **Krapf R.**: Acid-base and potassium homeostasis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1995, 10, 1537.
19. **Morgan A.G., Burkinshaw L., Robinson P.J., Rosen S.M.**: Potassium balance and acid-base changes in patients undergoing regular haemodialysis therapy. *BMJ.* 1970, 1, 779.
20. **Munoz R.I., Montenegro J., Salcedo A. et al.**: Effect of acetate-free biofiltration with a potassium-profiled dialysate on the control of cardiac arrhythmias in patients at risk: a pilot study. *Hemodial. Int.* 2008, 12, 108.
21. **Phakdeekitcharoen B., Leelasa-nguan P.**: Effects of an ACE inhibitor or angiotensin receptor blocker on potassium in CAPD patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2004, 44, 738.
22. **Putcha N., Allon M.**: Management of hyperkalemia in dialysis patients. *Semin. Dial.* 2007, 20, 431.
23. **Redaelli B., Bonoldi G., Di Filippo G. et al.**: Behaviour of potassium removal in different dialytic schedules. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1998, 13, (Suppl. 6), 35.
24. **Redaelli B.**: Electrolyte modelling in haemodialysis-potassium. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1996, 11, (Suppl. 2), 39.
25. **Santoro A., Mancini E., London G. et al.**: Patients with complex arrhythmias during and after haemodialysis suffer from different regimens of potassium removal. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2008, 23, 1415.
26. **Sherman R.A., Hwang E.R., Bernholz A.S., Eisinger R.P.**: Variability in potassium removal by hemodialysis. *Am. J. Nephrol.* 1986, 6, 284.
27. **Tarif N., Yamani H., Bakhsh A.J. et al.**: Electrocardiography and serum potassium before and after hemodialysis sessions. *Saudi. J. Kidney Dis. Transplant.* 2008, 19, 47.
28. **Zehnder C., Gutzwiller J.P., Huber A. et al.**: Low-potassium and glucose-free dialysis maintains urea but enhances potassium removal. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16, 78.