

Zmienność saturacji w trakcie zabiegu hemodializy u pacjentów przewlekle dializowanych

Natalia CEGIELSKA¹
Aleksandra KUBAS¹
Joanna FORYCKA¹
Karolina HARENDARZ¹
Dawid KOMADA¹
Joanna KORZYCKA²
Michał NOWICKI²

¹Studenckie Koło Naukowe przy Klinice Nefrologii, Hipertensjologii i Transplantologii Nerek Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Student Scientific Society affiliated with the Department of Nephrology, Hypertension and Kidney Transplantation Medical University of Lodz

²Klinika Nefrologii, Hipertensjologii i Transplantologii Nerek Centralnego Szpitala Klinicznego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Department of Nephrology, Hypertension and Kidney Transplantation Central Clinical Hospital of the Medical University of Lodz

Słowa kluczowe:

- schyłkowa niewydolność nerek
- hemodializa
- zmienność saturacji krwi tętniczej tlenem
- hipoksemia śródodializacyjna

Key words:

- end stage kidney disease
- hemodialysis
- oxygen saturation variability
- intradialytic hypoxemia

Wstęp: Podczas zabiegu hemodializy (HD) w organizmie zachodzą gwałtowne zmiany hemodynamiczne, termiczne i wysycenia hemoglobiny tlenem. Ich nasilenie może być podobne jak w skrajnych warunkach środowiskowych. Spadek objętości krwi krążącej może prowadzić do hipotensji śródodializacyjnej. Ponadto może wystąpić spadek saturacji krwi tętniczej tlenem. Celem badania była ocena zmienności saturacji krwi tętniczej tlenem (nazywanej dalej saturacją) podczas HD oraz identyfikacja wpływających na nią czynników u pacjentów przewlekle dializowanych.

Metody: Grupę badaną stanowiło 54 dorosłych przewlekle hemodializowanych pacjentów – 27 kobiet i 27 mężczyzn. Podczas jednej HD wykonano u każdego pacjenta ciągły pomiar saturacji oraz pomiary ciśnienia tętniczego i tętna co 30 minut. Jako miarę zmienności skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego, częstości pracy serca oraz saturacji przyjęto współczynniki wariancji wyżej wymienionych parametrów.

Wyniki: U 45,3% badanych pacjentów zarejestrowano hipoksemię śródodializacyjną, ale u żadnego z pacjentów nie wystąpiła przedłużająca się hipoksemia śródodializacyjna definiowana jako utrzymywanie się saturacji poniżej 90% przez minimum 1/3 zabiegu dializy. Średni czas trwania hipoksemii śródodializacyjnej stanowił 1,10% długości dializy. Zmienność saturacji nie różniła się istotnie pomiędzy grupą badanych kobiet i mężczyzn. Nie zaobserwowano istotnej statystycznie zależności pomiędzy zmiennością saturacji i wiekiem pacjenta, czasem trwania zabiegu ani czasem trwania dializoterapii. Nie wykazano także zależności pomiędzy zmiennością saturacji a zmiennością częstości pracy serca i ciśnienia tętniczego.

Podsumowanie: Zmienność saturacji podobnie jak występowanie hipoksemii śródodializacyjnej nie są związane z wiekiem, czasem trwania zabiegu i okresem, w którym pacjent był regularnie dializowany.

(NEFROL DIAL POL 2023; 27: 1-4)

Variability of oxygen saturation during hemodialysis treatment in chronic dialysis patients

Introduction: During hemodialysis (HD) rapid hemodynamic and thermal phenomena and oxygen saturation changes occur. They might be so exacerbated such in extreme environmental conditions. Decrease in circulating blood volume can lead to intradialytic hypotension. Moreover, decline in oxygen saturation may also appear. The aim of this study was to evaluate variability of oxygen saturation during HD treatment and to identify factors influencing it in maintenance HD patients.

Autorzy nie deklarują konfliktu interesów.

Adres do korespondencji:

Prof. n. med. Michał Nowicki
Klinika Nefrologii, Hipertensjologii i Transplantologii Nerek Centralnego Szpitala Klinicznego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
92-213 Łódź, ul. Pomorska 251
michal.nowicki@umed.lodz.pl

Methods: Study group consisted of 54 chronic dialysis adult patients, 27 males and 27 females. During one HD procedure continuous saturation measurement as well as every 30 minutes blood pressure and heart rate measurements were conducted in all patients. Coefficient of variation was accepted as a measure of volatility of systolic and diastolic blood pressure, heart rate and oxygen saturation.

Results: Intradialytic hypoxemia occurred in 45.3% of patients, but none of them developed prolonged intradialytic hypoxemia, defined as oxygen saturation below 90% for at least one-third of the treatment time. Mean time of intradialytic hypoxemia was 1.10% of HD duration. Variability of oxygen saturation did not differ significantly between female and male patients. Statistically significant relations between variability of oxygen saturation and patient's age, duration of single hemodialysis treatment and time of hemodialysis treatment were not observed. Relationship between variability of saturation and variability of heart rate and blood pressure was also not found.

Conclusion: Variability of oxygen saturation and intradialytic hypoxemia are not related to the patient's age, dialysis vintage and duration of single HD procedure.

(POL NEPHROL DIAL 2023; 27: 1-4)

Wstęp

Pod koniec 2021 roku w Polsce było dializowanych łącznie 19416 pacjentów, zaś 5516 pacjentów rozpoczęło *de novo* leczenie nerkozastępcze hemodializą (HD) lub dializą otrzewnową [1]. Hemodializoterapia, choć jest metodą ratującą życie pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek, nie jest w stanie całkowicie zastąpić czynności nerek własnych i powoduje wiele niekorzystnych zjawisk w zakresie kluczowych funkcji życiowych. Zjawiska hemodynamiczne, termiczne i warunki tlenowe, które zachodzą w organizmie podczas HD, osiągają takie nasilenie jak w skrajnych warunkach środowiskowych. Podczas zabiegu HD dochodzi do obniżenia względnej i bezwzględnej objętości krwi krążącej, co może prowadzić do hipotensji śróddializacyjnej. Wiadomo także, że w trakcie HD może wystąpić spadek saturacji krwi tętniczej tlenem [2].

Monitorowanie parametrów krytycznych podczas zabiegu HD jest istotne dla bezpieczeństwa pacjentów, umożliwia wykrycie niepożądanych zdarzeń i ich leczenie. W dłuższej perspektywie stwarza możliwość ich przewidywania i zapobiegania im. W niniejszym badaniu oceniano zmienność saturacji krwi tętniczej tlenem (nazywanej dalej saturacją) podczas zabiegu HD u pacjentów przewlekle dializowanych. Celem badania było także określenie czynników, które mogą wpływać na zmienność saturacji.

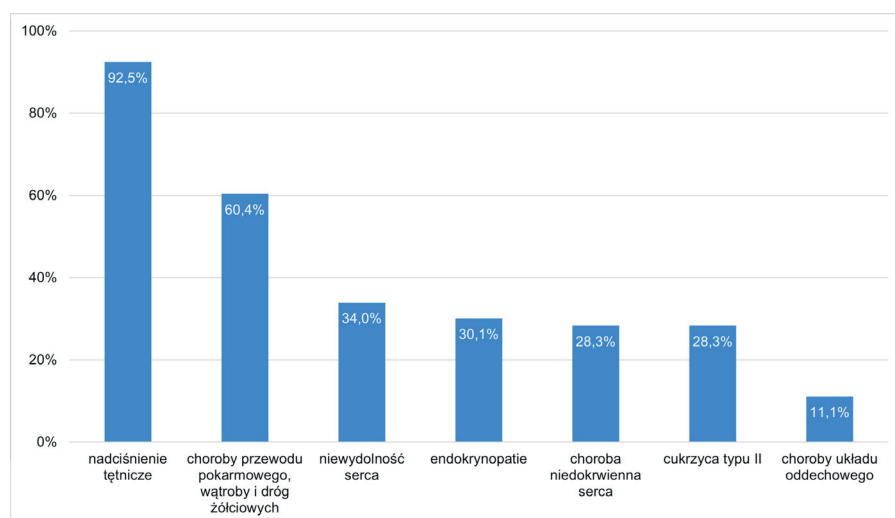
Metody

Badanie przeprowadzono w Stacji Dializ Centralnego Szpitala Klinicznego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Grupę badaną stanowili dorośli pacjenci przewlekle hemodializowani przez co najmniej 3 miesiące, trzy razy w tygodniu, przez co najmniej 9 godzin tygodniowo. Okres, w którym pacjenci byli regularnie dializowani wynosił średnio 27 ± 22 miesięcy. Kryteriami dyskwalifikacji były: aktywna choroba nowotworowa, stężenie CRP w surowicy powyżej 10 mg/l oraz wiek powyżej 80 lat. Do badania zakwalifikowano łącznie 54 pacjentów, w tym 27 kobiet i 27 mężczyzn. Średni wiek pacjentów wynosił 59 ± 15 lat. Najmłodszy pacjent miał 25, a najstarszy 79 lat. Wszystkich badanych pacjentów cechowała wielochorobowość. Naj-

częstsze choroby współistniejące ze schyłkową niewydolnością nerek przedstawiono na Rycinie 1.

Podczas jednego zabiegu HD u każdego pacjenta wykonano ciągły pomiar saturacji za pomocą pulsoksymetru napalcowego OEM UN-S1 Handheld Pulse Oximeter firmy Wuhan UN-Medical Technology, China, Wuhan oraz automatyczne pomiary ciśnienia tętniczego i tętna na tętnicy ramiennej co 30 minut.

Jako miarę zmienności saturacji, skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego oraz częstości pracy serca przyjęto współczynniki wariacji wyżej wymienionych parametrów. Współczynnik wariacji wyliczono ze wzoru - odchylenie standardowe/średnia arytmetyczna i wyrażono w procentach. Analizę statystyczną przeprowadzono za



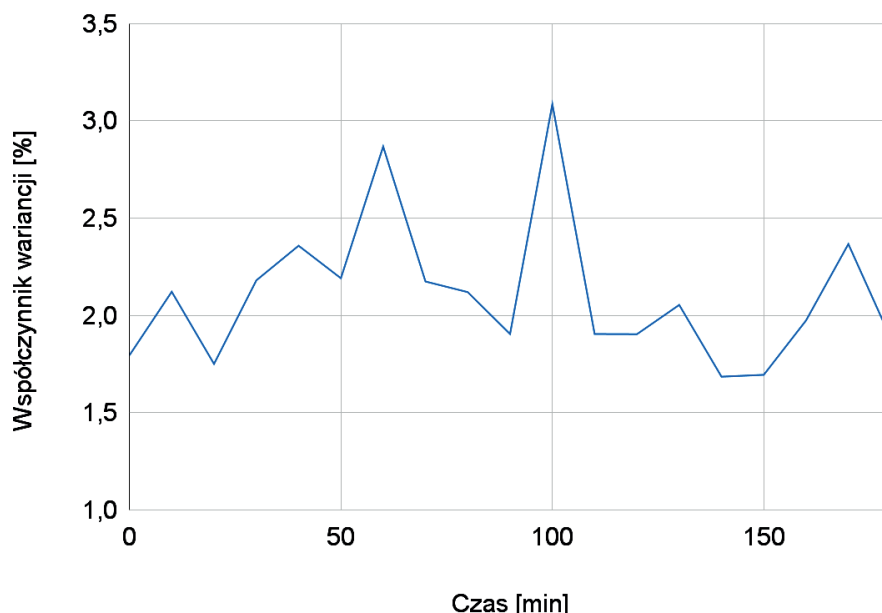
Rycina 1
Najczęstsze choroby współistniejące wśród uczestników badania wyrażone w odsetku pacjentów dotkniętych chorobą.

pomocą programu Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone). Normalność rozkładu oceniano za pomocą testu Shapiro-Wilka, używając rozkład odbiegający od normalnego dla wszystkich zmiennych. Zależność pomiędzy zmiennością saturacji a zmiennością ciśnienia tętniczego i częstości pracy serca oraz wiekiem, czasem trwania zabiegu i czasem trwania dializoterapii analizowano za pomocą korelacji rang Spearmana. Różnice pomiędzy grupą badanych kobiet i mężczyzn oceniano za pomocą testu U Manna-Whitneya. W każdym przypadku za wynik istotny statystycznie uznawano wartość $p < 0,05$.

Protokół badania został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.

Wyniki

U 24 (45,3%) pacjentów zarejestrowano hipoksemię śróddializacyjną, definiowaną jako spadek saturacji krwi tętniczej tlenem poniżej 90%, wśród nich było 14 kobiet i 10 mężczyzn. Czas trwania hipoksemii śróddializacyjnej stanowił średnio 1,10% długości dializy. U żadnego z pacjentów nie było spełnione kryterium czasu dla przedłużającej się hipoksemii śróddializacyjnej, zakładające utrzymywanie się hipoksemii przez $\frac{1}{3}$ czasu trwania zabiegu. Występowanie zjawiska hipoksemii śróddializacyjnej nie było związane z wiekiem pacjenta, czasem trwania dializoterapii ani długością sesji dializacyjnej.



Rycina 2

Uśrednione wartości współczynnika wariacji saturacji krwi tętniczej tlenem w trakcie zabiegu hemodializy.

Współczynnik zmienności saturacji wynosił średnio $1,53 \pm 0,97$ wśród kobiet i $1,15 \pm 0,37$ wśród mężczyzn. Zmienność saturacji nie różniła się istotnie pomiędzy grupą badanych kobiet i mężczyzn ($p=0,21$). Zmiany uśrednionego współczynnika zmienności saturacji dla całej grupy badanej przedstawiono na Rycinie 2.

Nie zaobserwowano istotnej statystycznie zależności pomiędzy zmiennością saturacji i wiekiem pacjenta ($R=0,06$; $p=0,69$), czasem trwania zabiegu ($R=0,003$; $p=0,98$) ani czasem trwania dializoterapii ($R=-0,001$; $p=0,99$). Nie wykazano także zależności pomiędzy zmien-

nością saturacji a zmiennością częstości pracy serca ($R=0,13$; $p=0,35$) ani zmiennością skurczowego ($R=0,226$; $p=0,10$) i rozkurczowego ($R=0,233$; $p=0,09$) ciśnienia tętniczego.

Wyżej wymienione zależności zostały także wyliczone osobno dla grupy kobiet oraz grupy mężczyzn. Nie wykazano istotnej statystycznie korelacji w żadnej z tych grup (Tab. 1.).

Dyskusja

Zmienność saturacji w postaci hipoksemii śróddializacyjnej była przedmiotem pracy Meyring-Wösten i współpracowników. Autorzy zdefiniowali zjawisko przedłużającej się

| | Korelowany parametr | Kobiety | Mężczyźni |
|---------------------|--|----------------------|-----------------------|
| Zmienność saturacji | Wiek [lata] | $R=0,10$ $p=0,62$ | $R=-0,04$ $p=0,85$ |
| | Długość sesji dializacyjnej [godziny] | $R=0,12$ $p=0,57$ | $R=0,11$ $p=0,60$ |
| | Czas trwania dializoterapii [miesiące] | $R=0,01$ $p=0,96$ | $R=0,07$ $p=0,73$ |
| | Zmienność HR [%] | $R=0,04$ $p=0,86$ | $R=0,18$ $p=0,37$ |
| | Zmienność SBP [%] | $R=0,09$ $p=0,66$ | $R=0,29$ $p=0,15$ |
| | Zmienność DBP [%] | $R=0,12$ $p=0,57$ | $R=0,28$ $p=0,15$ |

Tabela 1

Współczynniki korelacji między zmiennością saturacji a pozostałymi badanymi parametrami w podgrupie mężczyzn i kobiet.

HR (heart rate) - częstość pracy serca; SBP (systolic blood pressure) – ciśnienie skurczowe; DBP (diastolic blood pressure) – ciśnienie rozkurczowe

śróddializacyjnej hipoksemii jako utrzymywanie się saturacji poniżej 90% przez minimum 1/3 zabiegu dializy. Wykazano jego silny związek ze zwiększoną częstością hospitalizacji oraz śmiertelnością, stąd jest ono istotne klinicznie [3]. Można postulować, że u pacjentów, u których odnotowano wystąpienie przedłużającej się hipoksemii śróddializacyjnej, korzystne jest ciągle monitorowanie saturacji w trakcie hemodializy. Przedmiotem dyskusji może być metoda analizy zmienności saturacji oraz sposób jej pomiaru.

Bhogal i Mani proponują dynamiczne, nieliniowe metody analizy zmienności saturacji jako alternatywę dla odchylenia standardowego lub współczynnika wariancji, który zastosowano w niniejszym badaniu. Autorzy posługują się metodami takimi jak: beztrendowa analiza fluktuacyjna oraz metoda entropii próby i entropii wieloskalowej. Owe analizy dostarczyły informacji na temat fraktalnej natury zmienności saturacji [4]. Metody te stosowano wcześniej do analizy wyników badań takich jak elektrokardiografia, elektromiografia czy elektroencefalografia [5-7]. Mogą one przypuszczalnie stanowić przydatne narzędzie do analizy wyników ciągłego pomiaru saturacji, jednak dotychczas powstało na ten temat niewiele prac.

Pomiar za pomocą pulsoksymetru napalcowego jest nieinwazyjną, najtańszą i najłatwiejszą metodą pomiaru saturacji. Nie wymaga dodatkowego sprzętu ani specjalnie wyszkolonego personelu. Dokładność tej metody u pacjentów w stanie krytycznym nie jest jednak wystarczająca [8, 9]. Istnieje też wiele czynników wpływających na dokładność pomiaru takich jak: niska perfuzja obwodowa, skurczowe ciśnienie tętnicze <80 mm Hg, obrzęki kończyn czy dyshemoglobinemia [10]. Dokładność jest również mniejsza w przypadku saturacji poniżej 80% [11]. Łatwo też o przypadkowe odłączenie urządzenia lub zakłócenie pomiaru podczas ruchów kończyn.

Urządzenia mierzące całkowity hematokryt, procentowe zmiany objętości krwi oraz saturację za pomocą sensorów fotooptycznych stanowią alternatywę dla pulsoksymetru napalcowego [12]. Wykorzystano je w kilku badaniach dotyczących śróddializacyjnej hipoksemii [3, 13, 14]. Pomiar saturacji tą metodą odbywa się pozaustrojowo. Jest odporny na zakłócenia związane z ruchem pacjenta. Metoda ta jest droższa i trudniejsza w użytkowaniu. Wymaga dodatkowego sprzętu w postaci sterylnych komór jednorazowego użytku podłączanych pomiędzy linią tętniczną a dializatorem.

Hipoksemia śróddializacyjna jest zjawiskiem coraz lepiej poznanym. Jednak zmienność saturacji, która manifestuje się między innymi jako okresowa hipoksemia, była przedmiotem niewielu prac. W niniejszym badaniu poszukiwano czynników, które mają na nią wpływ. Badanie to było przeprowadzone tylko w jednym ośrodku. Celowe byłoby zwiększenie grupy badanej. Narzędzie pomiarowe stanowił pulsoksymetr napalcowy, którego wady i zalety przedstawiono powyżej. Porównanie uzyskanych wyników z wynikami analizy danych zarejestrowanych za pomocą urządzenia z sensorem fotooptycznym mogłoby pomóc w określeniu, która z tych metod jest lepsza w monitorowaniu saturacji w grupie chorych hemodializowanych.

Na podstawie uzyskanych przez nas wyników można wnioskować, że trudno jednoznacznie wskazać, którzy pacjenci będą charakteryzować się większą zmiennością saturacji w trakcie hemodializy i większą skłonnością do występowania okresowej hipoksemii.

Piśmiennictwo

1. **Dębska-Ślizień A, Rutkowski B, Jagodziński P i wsp.** Aktualny stan leczenia nerkozastępczego w Polsce 2021. *Nefrol Dial Pol.* 2021; 25: 87-104.
2. **Kooman JP, Katzarski K, van der Sande FM, Leunissen KM, Kotanko P.** Hemodialysis: A model for extreme physiology

in a vulnerable patient population. *Semin Dial.* 2018; 31: 500-506.

3. **Meyring-Wösten A, Zhang H, Ye X, Fuertinger DH, Chan L, Kappel F i wsp.** Intradialytic Hypoxemia and Clinical Outcomes in Patients on Hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016; 11: 616-625.
4. **Bhogal AS, Mani AR.** Pattern Analysis of Oxygen Saturation Variability in Healthy Individuals: Entropy of Pulse Oximetry Signals Carries Information about Mean Oxygen Saturation. *Front Physiol.* 2017; 8: 555.
5. **Radliński J, Baran Z, Tomalak W.** Analiza wpływu wybranych czynników na entropię wieloskalową rytmu pracy serca w populacji badanych pochodzącej z laboratorium snu. *PAK.* 2012; 56: 365-368.
6. **Babault N i wsp.** Exploring Acute Changes in Hamstring EMG after Warm-up and Stretching Using a Multifractal Analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2023; 55: 1023-1033.
7. **Bruce E i wsp.** Sample Entropy Tracks Changes in EEG Power Spectrum With Sleep. State and Aging. *J Clin Neurophysiol.* 2009; 26: 257-266.
8. **Louw A, Cracco C, Cerf C, Harf A, Duvaldestin P, Lemaire F i wsp.** Accuracy of pulse oximetry in the intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2001; 27: 1606-1613.
9. **Perkins G, McAuley D, Giles S i wsp.** Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? *Crit Care.* 2003, 7: R67-R71.
10. **DeMeulenaere S.** Pulse Oximetry: Uses and Limitations. *J Nurse Pract.* 2007; 3: P312-317.
11. **Silverston P, Ferrari M, Quresima V.** Pulse oximetry in primary care: factors affecting accuracy and interpretation. *Br J Gen Pract.* 2022; 72: 132-133.
12. **Balter P, Artemyev M, Zabetakis P.** Methods and Challenges for the Practical Application of Crit-Line™ Monitor Utilization in Patients on Hemodialysis. *Blood Purif.* 2015; 39: 21-24.
13. **Mancini E, Perazzini C, Gesualdo L, Aucella F, Limido A i wsp.** Intra-dialytic blood oxygen saturation (SO₂): association with dialysis hypotension (the SOGLIA Study). *J Nephrol.* 2017; 30: 811-819.
14. **Meyring-Wösten A, Luo Y, Zhang H, Preciado P, Thijssen S, Wang Y i wsp.** Intradialytic hypertension is associated with low intradialytic arterial oxygen saturation. *Nephrol Dial Transplant.* 2018; 33: 1040-1045.