

## Metody potencjometryczne w rutynowych oznaczeniach stężeń jonów sodu i potasu

### Potentiometric methods in routine sodium and potassium measurements

Ewelina Kmin, Dagna Bobilewicz

Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej Wydziału Nauki o Zdrowiu, Warszawski Uniwersytet Medyczny

#### Streszczenie.

Interpretacja wyników stężenia jonów sodu i potasu, ze względu na rolę jaką elektrolity te odgrywają w zachowaniu homeostazy wewnątrzustrojowej, wymaga szczególnej uwagi. Obecnie w rutynowej praktyce laboratoryjnej wykorzystywane są wyłącznie elektrochemiczne metody potencjometryczne przy użyciu elektrod jonoselektywnych: bezpośrednia (pomiar bezpośrednio w fazie wodnej nierozcieńczonej próbki) i pośrednia (obejmuje automatyczne, wstępne rozcieńczenie, pomiar w wodzie rozcieńczonej próbki). Wyniki uzyskiwane metodą pośrednią odzwierciedlają stan rzeczywisty, przy zachowaniu fizjologicznych proporcji pomiędzy wodą osocza a fazą stałą. W momencie zachwiania tej równowagi (lipemia, hiperproteinemia, obecność alkoholu) wyniki są fałszywie zaniżone, prowadząc w przypadku oznaczeń sodu do występowania pseudohiponatremii i pseudonormonatremii. Fakt ten powinien być uwzględniony przy interpretacji wyników.

#### Summary

Because of important role of sodium and potassium in maintenance of homeostasis the interpretation of their concentration should require special attention. In routine two potentiometric methods are used; direct (undiluted samples) and indirect (diluted samples). Results obtained by indirect method reflect the real status in case of physiological proportion of plasma water and stable particles, otherwise (lipemia, hiperproteinemia, alcoholemia) the results are falsely decreased leading particularly to pseudohiponatremia and pseudonormonatremia, what should be considered in clinical interpretation of results.

**Słowa kluczowe:** sód, potas, metody pomiarowe, potencjometria pośrednia i bezpośrednia, elektrody jonoselektywne.

**Key words:** sodium, potassium, methods of measurements, direct and indirect potentiometry, ion selective electrodes,

#### Wstęp

Homeostaza jest podstawą zachowania prawidłowych czynności organizmu. Szczególną rolę w utrzymaniu stałości środowiska odgrywa zachowanie równowagi pomiędzy przestrzeniami wodnymi. Z klinicznego punktu widzenia istotnym wykładnikiem stanu gospodarki wodno-elektrolitowej są stężenia elektrolitów we krwi. Główną rolę odgrywają jony sodu i potasu, których oznaczenia należą do najczęściej wykonywanych badań laboratoryjnych, szczególnie w populacji pacjentów hospitalizowanych. Zaliczane są do badań dostępnych w trybie pilnym przez całą dobę, wykonywanych nie tylko w laboratoriach, ale coraz częściej w miejscu pobytu pacjenta (POCT; *point of care testing*), co wynika z potrzeb klinicznych. Pomimo tego, że stężenia nie odzwierciedlają całkowitej puli ustrojowej, to ocena kierunku i nasilenia ich zmian w wielu przypadkach, szczególnie u pacjentów w stanie ciężkim, jest podstawą postępowania diagnostycznego i terapeutycznego. W ponad 97% przypadków zlecenia lekarskie dotyczą obu jonów równocześnie.

Jon sodowy jest głównym kationem płynu pozakomórkowego, związanym z gospodarką wodną i determinującym molalność oraz toniczność osocza [1, 2, 3]. Natremia w warunkach fizjologicznych jest utrzymywana w wąskim przedziale stężeń 137 – 145 mmol/l. Za tzw. wartości krytyczne, stanowiące bezpośrednie zagrożenie życia, przyjmuje się stężenia  $\leq 120$  mmol/l i  $\geq 155$  mmol/l [4, 5]. Zakłócenia bilansu wodnego manifestują się zazwyczaj hipo/hiper-natremią, a przyczyną są z reguły zaburzenia w regulacji objętości wody pozakomórkowej. Zmiany natremii u osób z prawidłową funkcją nerek i normoglikemią są bezpośrednim odzwierciedleniem zmian osmolalności płynu pozakomórkowego, pod warunkiem nieobecności innych (głównie egzogennych) substancji osmotycznie czynnych. Rola natremii w ocenie osmolalności jest szczególnie istotna ze względu na to, że bezpośrednie oznaczenia osmolalności nie są stosowane rutynowo [1, 2, 5, 6]. Stężenie sodu jest parametrem bardzo stabilnym, biologiczna zmienność wewnątrzosobnicza wynosi tylko 0,7% (ok. 1,0 mmol/l)

[1, 7, 8], a zakres dopuszczalnego błędu w badaniach biegułości nie przekracza 2%. W związku z tym nawet niewielkie zmiany stężenia, w krótkim okresie czasu mogą być wskaźnikiem kierunku przemieszczania się wody w ustroju i zaburzeń gospodarki wodnej w postaci hipo- lub hipertonii. Dysnatremie są powszechnym zaburzeniem elektrolitowym u pacjentów hospitalizowanych. Hiponatremia o różnym nasileniu występuje u 10-30% chorych, częstość hipernatremii waha się pomiędzy 1 – 3% [1, 3, 5, 6]. Oba te stany mogą stanowić bezpośrednie zagrożenie życia i dlatego prawidłowa interpretacja wyniku laboratoryjnego niezbędna jest do zapobiegania zaburzeniom, wczesnego ich rozpoznania i interwencji terapeutycznej. Możliwa jest ona tylko po wykluczeniu obecności czynników interferujących, które obejmują nie tylko typowe błędy przedlaboratoryjne (pobranie krwi, przygotowanie pacjenta, kontaminacja przez płyny infuzyjne), ale również wpływ właściwości samej próbki (matrix). Szczególnie w przypadku oznaczeń sodu mogą one rzutować na wynik, w zależności od stosowanej metody, prowadząc do tzw. pseudonormohiponatremii lub pseudohiponatremii [6, 7, 8].

Jon potasowy, obecny głównie w przestrzeni wewnątrzkomórkowej, odgrywa zasadniczą rolę w utrzymaniu potencjału transbłonowego, co umożliwia prawidłową czynność komórek mięśniowych i nerwowych. Normokaliemia waha się w przedziale 3,7 – 5,0 mmol/l a wartości krytyczne wskazujące na potrzebę szybkiej interwencji wynoszą <3,0 mmol/l i >6,0 mmol/l.

Podobnie jak w przypadku dysnatremii, zarówno patologicznie niskie jak i wysokie stężenia potasu odzwierciedlają zaburzenia ogólnoustrojowe. Zafałszowane wyniki (pseudohiperkaliemia) poza typowymi błędami przedanalizycznymi (pobranie – ucisk stazy, płyny infuzyjne, przechowywanie materiału, hemoliza) w mniejszym stopniu powodowane są rodzajem materiału i właściwościami próbki, a głównie dotyczą wysokiej liczby krwinek białych i płytek krwi [8, 9].

#### Metody oznaczania stężenia jonów sodu i potasu.

Znanych jest kilka metod oznaczania stężenia sodu i potasu w materiale biologicznym. Metodą referencyjną jest spektrometria absorpcji atomowej a jako zastępczą metodę odniesienia, acz-

kolwiek z pewnymi zastrzeżeniami, przyjęto fotometrię płomieniową. Obie, z przyczyn technicznych, nie mogą być zastosowane w zautomatyzowanych wieloparametrowych analizatorach biochemicznych, stanowiących podstawowe wyposażenie nowoczesnych laboratoriów medycznych [10, 11, 12, 13].

Obecnie metodą z wyboru jest wykorzystywanie elektrochemicznych metod potencjometrycznych, pracujących w oparciu o elektrody jonoselektywne (ISE; *ion-selective electrode*). Zasadą potencjometrii jest pomiar wartości siły elektromotorycznej (SEM), która określa różnicę potencjałów pomiędzy elektrodą referencyjną i daną elektrodą pomiarową. Elektroda referencyjna utrzymuje stabilny, trwały potencjał niezależny od składu próbki badanej, wobec którego mogą być oceniane potencjały różnych elektrod jonoselektywnych. Różnica potencjałów jest proporcjonalna do aktywności danego jonu, obecnego w próbce i stanowi podstawę przeliczeń na stężenie jonów. Aktywność elektrochemiczna jonów pozostaje w związku z ich stężeniem, ale nie jest z nim identyczna [8, 11, 14].

W zależności od analizatora systemy pomiarowe ISE mogą być różnie skonstruowane. Występują jako tzw. moduły/przystawki ISE wbudowane do automatycznych analizatorów biochemicznych lub/i gazometrycznych, złożone z bloku bezpośrednio ze sobą połączonych elektrod pomiarowych ISE ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ), a także – jak w analizatorach typu „suchej chemii” – jako pojedyncze slajdy. Opisy różnych rozwiązań przedstawiono w tabeli I.

Elektrody pomiarowe są elementem aktywnym, sygnał pochodzący z elektrody zmienia się pod wpływem osadzania się białek, lipidów a także starzenia elektrod. Z tego powodu muszą być one kalibrowane i kontrolowane w regularnych odstępach czasowych, aby dokładność pomiarów była utrzymana na stałym poziomie, mimo nieuniknionych zmian właściwości elektrod.

Techniki potencjometryczne z wykorzystaniem ISE, klasyfikowane są jako „pośrednie” i „bezpośrednie” (*indirect/direct ISE*). Zasadnicza różnica między nimi dotyczy wstępnego przygotowania materiału przed pomiarem i zależy od tego, czy próbka jest wstępnie rozcieńczana automatycznie przed dokonaniem pomiaru (ISE pośrednia), czy oznaczenia wykonywane są w nierozcieńczonym materiale (ISE bezpośrednia) [8, 15, 16, 17].

Tabela I. Charakterystyka wybranych systemów pomiarowych (wg. instrukcji firmowych)

Analizator	System pomiarowy ISE	Materiał badany/ objętość próbki badanej
ABL800 Flex Radiometer	Przystawka ISE: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$	nierozcieńczona krew pełna, surowica, osocze: 195 $\mu\text{l}$
Vitros Fusion 5600 Ortho-Clinical Diagnostics	Slajdy jednorazowego użytku ( $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ Vitros): suche elementy analityczne, stanowiące elektrody jonoselektywne oraz elektrodę referencyjną.	nierozcieńczona surowica, osocze, moc: 10 $\mu\text{l}$
Dimension EXL Siemens	Multisensor QuikLYTE ( $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ ): tzw. zintegrowana technika multisensoryczna (IMT)	surowica, osocze, moc: 10 $\mu\text{l}$ rozcieńczenie w proporcji 1:10
Cobas Integra800 Roche Diagnostics	Moduł ISE: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$	surowica, osocze, moc: 20 $\mu\text{l}$ rozcieńczenie w proporcji 1:6
Cobas 6000/c501 Roche Diagnostics	Moduł ISE: $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$	surowica, osocze, moc: 9,7 $\mu\text{l}$ rozcieńczenie w proporcji: 1:31

W metodzie pośredniej próbki (najczęściej surowica lub osocze) zostaje rozcieńczona w dużej objętości odpowiedniego rozcieńczalnika (moduły ISE nowej generacji) lub wody dejonizowanej (analizatory starszej generacji). Pomiaru odnoszą się do wody rozcieńczonej próbki i są standaryzowane dla warunków fizjologicznych, w których 7% składowych osocza krwi stanowią substancje niewodne/stałe (białka, lipidy) a 93% woda [8, 11]. Wyniki pomiarów nie zawsze odzwierciedlają zatem rzeczywiste stężenie elektrolitów w wodzie osocza/surowicy. W stanach patologicznych, w których te proporcje ulegają zaburzeniom (zmniejszenie lub zwiększenie wody osocza lub składników stałych – białka czy lipidów), rzeczywiste stężenie elektrolitów w próbce jest inne niż wynika to z przeliczenia uwzględniającego rozcieńczenia próbki i sprawia, że ostateczne wyniki mogą być zafałszowane – niedoszacowane w przypadku zmniejszenia lub przeszacowane przy zwiększeniu odsetka wody. Pośrednia metoda ISE, analogicznie do fotometrii płomieniowej, poprzez zastosowanie wstępnego rozcieńczenia pozwala na wykorzystanie bardzo małej objętości materiału badanego. Rozcieńczanie próbki przed pomiarem z jednej strony wywiera korzystne działanie na wielokrotnego użytku membrany elektrod ISE, ponieważ minimalizuje osadzanie białek i lipidów, stanowiących składnik matrycy biologicznej próbki, a przez to zmniejsza ich zużycie i wydłuża czas eksploatacji. Z drugiej strony, sam fakt rozcieńczenia powoduje zmianę środowiska i warunków reakcji, co może nie być bez wpływu na ostateczny wynik. Cechy próbki (niejednorodnej matrycy biologicznej) są wymieniane na pierwszym miejscu wśród czynników interferujących, mogących wpływać na wynik pomiaru. Zależą one od obecności różnych substancji, zarówno pochodzenia endogennego (stałe obecnych we krwi) jak i egzogennych oddziałujących na potencjał elektrody [11, 14, 17].

Metoda potencjometrii pośredniej znalazła powszechne zastosowanie w automatycznych, wieloparametrowych analizatorach biochemicznych, w których elektrody pomiarowe umieszczone są w odpowiednio skonstruowanych modułach ISE przeznaczonych do wielokrotnego użytku, zawierających blok jonoselektywnych elektrod pomiarowych ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) oraz elektrodę referencyjną (odniesienia) połączonych ze sobą mostkiem elektrolitowym. Materiałem do badań z wyboru jest głównie surowica, aczkolwiek oznaczenia mogą być wykonywane również w osoczu i w moczu. Bezsporną zaletą tej metody jest mała objętość próbki

potrzebna do analizy, relatywnie długi czas aktywności elektrod, jak również możliwość uzyskania wysokiej wydajności oznaczeń w jednostce czasu, nawet do 900/godzinę. Z założenia metodycznego wynika, że czynnikiem w sposób istotny wpływającym na wiarygodność wyników, szczególnie w odniesieniu do jonów sodowych jest m.in. lipemia (spadek zawartości wody osocza), w obecności której można oczekiwać wyników fałszywie zaniżonych (pseudohiponatremia) maskujących rzeczywistą normonatremię [17, 18,].

Drugą techniką pomiaru potencjometrycznego jest metoda bezpośrednia, która pomija wstępny etap rozcieńczenia próbki, a pomiary są dokonywane bezpośrednio w wodzie osocza/surowicy krwi. Znalazła ona zastosowanie przede wszystkim w tzw. analizatorach gazometrycznych, dysponujących dodatkowo modułem/przystawką ISE do oznaczania elektrolitów. Pomiar może być wykonywany bezpośrednio w próbce krwi pełnej (pobranej do osobnej strzykawką z odpowiednim antykoagulantem, którym jest heparyna litowa) jak i w surowicy czy osoczu. Analizatory te wymagają indywidualnego, manualnego podania każdej próbki, ewentualnie istnieje możliwość wbudowania dodatkowego podajnika dla kilku próbek, niemożliwa jest jednak pełna automatyzacja. Czas uzyskania wyniku jest bardzo krótki, ok. 2 minut, natomiast wymagana objętość materiału jest wielokrotnie większa niż w przypadku oznaczeń metodą pośrednią. Analizatory te mogą być zlokalizowane w zależności od zapotrzebowania również poza laboratorium, w miejscu pobytu pacjenta (w salach operacyjnych, w oddziałach intensywnej terapii, izbie przyjęć itp.) Z założenia, wynik uzyskany metodą bezpośrednią w każdej sytuacji klinicznej odzwierciedla rzeczywiste stężenie jonów w wodzie osocza. Jedynym dostępnym na rynku w pełni zautomatyzowanym systemem biochemicznym stosującym metodę potencjometrii bezpośredniej jest system „suchej chemii” Vitros firmy Ortho Clinical [7, 8, 18, 19, 20]. Zbiorcza charakterystyka obu metod przedstawiona jest w tabeli II.

W praktyce szpitalnej, szczególnie w dużych wieloprofilowych szpitalach, oddziały intensywnej opieki medycznej wyposażone są we własne analizatory gazometryczne (w ramach POCT) nieuniknione jest więc zamienne wykorzystywanie obu metod potencjometrycznych nie tylko w celach diagnostycznych, ale również dla monitorowania ukierunkowanej terapii i oceny jej efektywności. Wynika to z faktu wykonywania badań bezpo-

Tabela II. Właściwości pomiaru pośredniego i bezpośredniego przy użyciu ISE.

Metoda pośrednia	Metoda bezpośrednia
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pomiar w wodzie rozcieńczonej próbki badanej (surowicy, osoczu, moczu).</li> <li>– Pomiar standaryzowany dla warunków fizjologicznych, przyjmujących procentowy skład osocza: 93% woda i 7% składniki stałe (białka, lipidy). Zakłada fizjologiczną objętość wody osocza jako podstawę w algorytmach przeliczeniowych.</li> <li>– Ograniczenia – niedoszacowanie lub przeszacowanie wyników pomiarów w zależności od zaburzeń w/w proporcji.</li> <li>– Rutynowo stosowana w laboratoriach w zautomatyzowanych analizatorach biochemicznych o dużej wydajności.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pomiar w fazie wodnej nierozcieńczonej próbki badanej (surowicy, osoczu, krwi pełnej, próbki moczu – możliwe dla systemu Vitros Ortho Clinical).</li> <li>– Eliminuje wpływ rozcieńczenia na wynik pomiaru. Wynik pomiaru w odniesieniu do rzeczywistej zawartości wody w osoczu krwi pacjenta.</li> <li>– Eliminuje wpływ zmian stężenia substancji stałych obecnych w próbce jak np. podwyższonego stężenia białka oraz lipidów.</li> <li>– Nie jest wykorzystywana rutynowo w analizatorach biochemicznych (wyjątek – technika „suchej chemii” Vitros Ortho Clinical). Powszechnie stosowana w analizatorach gazometrycznych.</li> </ul>

średnio w miejscu pobytu chorego, bądź w laboratorium, gdzie w zależności od profilu badań i trybu zlecenia (rutynowy, cito) jak również rodzaju dostarczanego materiału (krew pełna pobrana do strzykawki z antykoagulantem, surowica krwi pobranej „na skrzep”) oznaczane jest stężenie elektrolitów metodą bezpośrednią wraz z badaniem gazometrycznym lub pośrednią w surowicy w analizatorach biochemicznych jednocześnie z innymi zleconymi parametrami. Zmienność analityczna, zarówno wewnątrz metody jak i między metodami jest oczywista i nieunikniona i z tego względu, bardzo istotna jest wzajemna porównywalność wyników z uwzględnieniem dopuszczalnych odchyłań. Uzyskanie wiarygodnych wyników w krótkim czasie ma kluczowe znaczenie w nagłych przypadkach u chorych w stanie ciężkim, wymagających szybkiego zdiagnozowania (np. pacjenci z izby przyjęć) jak i dla wielokrotnego monitorowania w ciągu doby. W praktyce zlecenia lekarskie a tym samym oznaczenia wykonywane zgodnie ze zleceniem mogą być dublowane i w efekcie lekarz otrzymuje dwa wyniki stężeń elektrolitów uzyskane różnymi metodami, w dwóch różnych próbkach krwi (krew pełna, surowica) pobranych jednocześnie. Ta zasadnicza różnica w metodologii powinna być brana pod uwagę zawsze w sytuacjach, kiedy należy wyjaśnić rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi z analizatorów biochemicznych i gazometrycznych [8].

Parametry analityczne dla obu metod w pełni odpowiadają przyjętym wymogom. Szereg danych z piśmiennictwa, jak również doświadczenia własne potwierdzają w większości przypadków całkowitą zgodność wyników jednak z zastrzeżeniem, że nie dotyczy to sytuacji, w której z różnych przyczyn stwierdza się w materiale badanym obecność czynników interferujących [2, 7, 15].

### Interferencje w oznaczeniach metodą pośrednią ISE

Ingerencja endo- i egzogennej substancji jest powszechnym problemem w metodach laboratoryjnych. Czynniki interferujące tj.: hemoliza, lipemia, czy hiperbilirubinemia są ogólnie znane, ponadto mogą być zidentyfikowane i ocenione wizualnie lub sygnalizowane przez same analizatory. Poza lipidami również zwiększona zawartość białka zmienia proporcje pomiędzy wodą, a substancjami stałymi osocza, co może wpływać na dokładność pomiaru i wiarygodność wyników stężeń elektrolitów, uzyskanych metodą pośrednią [9, 14]. Problem staje się coraz bardziej istotny i zyskuje na znaczeniu, właśnie w świetle równoległego stosowania obu metod. Dodatkowe utrudnienie stanowi fakt, że hiperproteinemia jest wyjątkowo trudna do identyfikacji – niemożliwa do wykrycia w oparciu o ocenę wizualną próbki jak również do wyeliminowania. Laboratorium na ogół nie ma zlecenia lekarskiego na wykonanie oznaczenia stężenia białka równoległe z oznaczeniem sodu. Również producenci nie uwzględniają w swoich materiałach firmowych hiperproteinemii jako czynnika interferującego, a analizatory biochemiczne nie posiadają opcji jej detekcji, jak ma to miejsce w przypadku lipemii, hemolizy czy hiperbilirubinemii.

Szczególne trudności nastręcza weryfikacja i interpretacja kliniczna niespójnych i nieporównywalnych wyników oznaczeń stężenia sodu, wykonywanych równoległe dwoma metodami u pacjentów z nie zdiagnozowaną gammopatią. Często zgłasza-

ją się oni w trybie pilnym z nasilonymi, nietypowymi objawami ogólnoustrojowymi (uszkodzenie nerek, hiperkalcemia), tylko pośrednio sugerującymi możliwość rozrostu monoklonalnego i hiperproteinemii. Należy również liczyć się z gammopatią poliklonalną, będącą następstwem uogólnionych stanów klinicznych. W praktyce codziennej niepokojące różnice w stężeniach sodu pomiędzy metodami obserwowano również u pacjentów z wysoką zawartością alkoholu etylowego we krwi. Niezgodne wyniki natremii w ostrej intoksykacji etanolem zmieniają znaczenie kliniczne wyniku (pseudonormonatremia najczęściej maskuje rzeczywistą hipernatremię) [21, 22].

Wyniki oznaczeń potasu metodą pośrednią podlegają takim samym wpływom jak pomiary sodu. Nie różnią się na tyle, aby powodować problemy w interpretacji klinicznej.

Znacznie częściej w praktyce szpitalnej spotyka się przypadki z hipoproteinemią, generowaną w głównej mierze hipoalbuminemią. Skrajna hipoproteinemia (<4 g/dl), poprzez wpływ na oznaczenia jonów sodu metodą pośrednią ISE może manifestować się fałszywie zawyżonymi wynikami natremii w postaci pseudohipernatremii lub pseudonormonatremii (na skutek zwiększonego odsetka wody osocza). Problem dotyczy najczęściej ciężko chorych, u których oznaczenia jonów z reguły wykonywane są metodą bezpośrednią wraz z badaniem gazometrycznym, przez co interpretacja wyników jest bardziej jednoznaczna.

### Podsumowanie

Z analizy miesięcznej zleceń wynika wprawdzie, że w Laboratorium Centralnym wieloprofilowego Szpitala Klinicznego ponad 80% wszystkich oznaczeń jest wykonywanych metodą pośrednią, a tylko około 17%, bezpośrednią, typową dla analizatorów gazometrycznych, tym niemniej nie można wykluczyć możliwości niespójnych wyników i ich niekorzystnych skutków. Dlatego też w przypadkach rozbieżności, mając wynik z analizatora wieloparametrowego, godne polecenia wydaje się wykonanie powtórnego oznaczenia w tej samej próbce surowicy, metodą bezpośrednią w analizatorze gazometrycznym, uzyskaną wartość traktując jako rzeczywistą. Sposób postępowania jest prosty, aczkolwiek praktycznie niewykorzystywany.

Tak z przyczyn organizacyjnych (wysoka wydajność oraz wykorzystanie tej samej próbki do równoczesnych oznaczeń innych parametrów biochemicznych) jak i ekonomicznych, metoda pośrednia nadal pozostanie metodą wiodącą, natomiast interpretacja uzyskiwanych wyników musi być właściwie prowadzona zarówno przez diagnostę laboratoryjnego, jak i klinicystów, którzy muszą być świadomi potencjalnych przyczyn występowania różnic pomiędzy wynikami i związanych z tym konsekwencjami.

### Piśmiennictwo.

1. Ciechanowski K. Hipo- i hipernatremia—przyczyny i zasady terapii. Forum Nefrologiczne 2011; 4: 362-366.
2. Liamis G, Liberopoulos E, Barkas F, et al. Spurious electrolyte disorders: A diagnostic challenge for clinicians. Am J Nephrol 2013; 38: 50-57.
3. Pfenning CL, Slovis CM. Sodium disorders in the emergency department: A review of hyponatremia and hypernatremia. Emerg Med Pract 2012; 14: 1-26.
4. Rafat C, Flamant M, Gaudry S, et al. Hyponatremia in the intensive care unit: How to avoid a Zugzwang situation? Ann Int Care 2015; 5: 1-27.

5. Springer BL. Hyponatremia in the Emergency Department. *Emerg Med* 2016; 37: 13-23
6. Agrawal V, et al. Hyponatremia and hypernatremia: disorders of water balance *JAP* 2008; 56: 956-964.
7. Loughrey C, Hanna EV, McDonnell M, et al. Sodium measurement: effects of differing sampling and analytical methods. *Ann Clin Bioch* 2006; 43: 488-493
8. Naskalski JW. Współczesne problemy oznaczania sodu i potasu. Błędy oznaczeń stężenia jonów sodowych związane z pomiarami elektrochemicznymi. *Badanie i Diagnostyka* 2011; 17: 9-15.
9. Stove V. How to solve the underestimated problem of overestimated sodium results in the hypoproteinemic patient. *Crit Care Med* 2016; 44: 83-88.
10. Alanazi A, Al Obaidi NY, Enezi FA, et al. Correlation between the measurements of serum and arterial blood gas (ABG) electrolytes in patients admitted to the Intensive Care Unit at King Abdul-Aziz Medical City. *Am J Clin Med Res* 2015; 3: 55-59.
11. Dimeski G, Badrick T, St John A. Ion selective electrodes (ISEs) and interferences – a review. *Clin Chim Acta* 2010; 411: 309-317.
12. Budak YU, Huysal K, Polat M. Use of a blood gas analyzer and a laboratory autoanalyzer in routine practice to measure electrolytes in intensive care unit patients. *BMC Anesthesiology* 2012: 12-17.
13. Goldwasser P, Ayoub I, Barth RH. Pseudohypernatremia and pseudo hyponatremia: a linear correction. *Nephrol Dial Transplant* 2015 ;30: 252–257.
14. Albert V, Subramanian A, Rangarajan K et al. Agreement of two different laboratory methods used to measure electrolytes. *J Lab Phys* 2011; 3: 104-109.
15. Parveen S, Chandran PA. Concordance of serum electrolytes on two different lab equipments – dry chemistry vs. abg and its importance in patient care. *Int J Pharm Bio Sci* 2015; 6: 670-675.
16. Van den Ancker W, Haagen IA, Van der Voort PH. Direct sodium measurement prevents underestimation of hyponatremia in critically ill patients. *Int Care Med* 2015; 41: 53-554.
17. Dhatt G, Talor Z, Kazory A. Direct ion-selective electrode method is useful in diagnosis of pseudo hyponatremia. *J Emerg Med*. 2012; 43: 348-3499
18. Higgins C. Spurious sodium results (1) – Pseudo hyponatremia [www.acutecaretesting.org](http://www.acutecaretesting.org). April 2015.
19. Gupta S, Gupta AK, Singh K, et al. Are sodium and potassium results on arterial blood gas analyzer equivalent to those on electrolyte analyzer? *Indian J Crit Care Med* 2016 20: 233-237.
20. Khader M, Issa AA, et al. Are the electrolyte values of blood gas analyzer and a laboratory autoanalyzer comparable? *J Med Sci & Tech* 2014; 3: 57-60.
21. Adewale A, Ifudu O. Kidney injury, fluid, electrolyte and acid-base abnormalities in alcoholics. *J Nig Med Assoc* 2014; 55: 93.
22. Rauchenzauner M, Kountchev J, Ulmer H, et al. Disturbances of electrolytes and blood chemistry in acute alcohol intoxication. *Wien Klin Wochenschr* 2005; 117: 83-91.

**Autor do korespondencji:**

dr Ewelina Kmin  
Centralne Laboratorium SP CSK  
02-097 Warszawa, ul. Banacha 1a  
tel. +48 22 5992405  
e-mail: ewelina.kmin@wp.pl

Otrzymano: 14.08.2017

Akceptacja do druku: 30.09.2017

Konflikt interesów: nie zgłoszono



