

Porównanie aktualnych metod oznaczania estymacyjnego przesączania kłębuszkowego u dzieci

Comparison of the estimating glomerular filtration rate in children by different methods

Klinika Pediatrii, Nefrologii i Alergologii Dziecięcej, Wojskowy Instytut Medyczny, Warszawa.

Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Anna Jung

Adres do korespondencji: Klinika Pediatrii, Nefrologii i Alergologii Dziecięcej CSK MON WIM,

ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, tel.: 22 681 72 36, faks: 22 681 67 63, e-mail: mlichosik@wim.mil.pl

Praca finansowana ze środków własnych

Streszczenie

Ocena filtracji kłębuszkowej (*glomerular filtration rate*, GFR) jest przydatnym sposobem oceny funkcji nerek niezależnie od wieku. Złotym standardem okazuje się pomiar GFR metodą izotopową, który z uwagi na znaczną uciążliwość dla pacjenta oraz wysokie koszty wykorzystywany jest jedynie w wybranych sytuacjach klinicznych. W praktyce klinicznej stosuje się tzw. szacunkowy współczynnik filtracji kłębuszkowej (*estimated glomerular filtration rate*, eGFR), obliczany na podstawie stężenia kreatyniny w surowicy za pomocą jednego z wielu dostępnych wzorów. U osób dorosłych najczęściej wykorzystuje się wzór MDRD (*modification of diet in renal disease*) i wzór Cockcrofta-Gaulta. U dzieci powszechnie stosowanym wzorem do szacowania eGFR jest wzór Schwartza, którego obliczenie wymaga jedynie znajomości stężenia kreatyniny w surowicy i wzrostu dziecka. Ograniczeniem stosowanych metod jest ich brak dokładności, zwłaszcza u pacjentów z GFR prawidłowym lub nieznacznie obniżonym. W ostatnim czasie w piśmiennictwie pojawiły się publikacje dotyczące alternatywnych sposobów wyliczania szacunkowego GFR. W niniejszej pracy porównano różne sposoby wyliczania eGFR u dzieci z prawidłową lub nieznacznie upośledzoną funkcją nerek. Do wyliczania eGFR użyto trzech wzorów: zmodyfikowanego wzoru Schwartza, nowego uogólnionego wzoru kwadratowego według Gao i wsp. oraz wzoru niezależnego od wzrostu zaproponowanego przez Pottela i wsp. Uzyskane wartości porównywano z wartościami przesączania kłębuszkowego uzyskanymi metodą izotopową. Najbardziej zbliżone do stosowanego standardu wyniki uzyskano w próbie, w której eGFR wyliczono według wzoru Gao i wsp.

Słowa kluczowe: szacunkowy współczynnik filtracji kłębuszkowej, klirens kreatyniny, dzieci, przewlekła choroba nerek, zmodyfikowany wzór Schwartza

Summary

Assessment of glomerular filtration rate (GFR) is a useful way to assess renal function regardless of age. The gold standard is to measure GFR by isotope method, which in view of the considerable inconvenience for the patient and the high cost, is used only in special clinical situations. In clinical practice, the so-called estimated glomerular filtration rate (eGFR) is used, calculated from serum creatinine level based on one of the many available formulas. In adults, MDRD and Cockcroft-Gault formulas are the most common. In children the commonly used formula to estimate GFR is the Schwartz formula, calculation of which only requires the serum creatinine level and height of the child. The limitations of the methods are their lack of precision, especially in patients with normal or slightly reduced GFR. Recently, in the literature there appeared reports of alternative methods for calculating the estimated GFR. In this paper we compare different ways of calculating eGFR in children with normal or mildly impaired renal function. To calculate eGFR three models were used: the modified Schwartz formula, a new generalized quadratic model by Gao *et al.* and the height-independent model proposed by Pottel *et al.* The obtained values were compared with obtained values by glomerular filtration isotope method. The most similar results to the standard were in the group, in which eGFR was calculated by method of Gao *et al.*

Key words: estimating glomerular filtration rate, creatinine clearance, children, chronic kidney disease, revised Schwartz formula

Obiektywna ocena funkcji nerek stanowi jeden z głównych elementów oceny stanu klinicznego pacjentów, zarówno leczonych ambulatoryjnie, jak i hospitalizowanych. Niezależnie od wieku pacjenta ważne jest jak najwcześniejsze wykrycie zaburzeń funkcji nerek. Wynika to z roli, jaką odgrywają nerki w utrzymaniu równowagi wodno-elektrolitowej, kwasowo-zasadowej, w wydalaniu produktów przemiany materii czy w procesach regulacji ciśnienia tętniczego. Istotna jest również endokrynną i metaboliczną funkcją nerek. Wykrycie pogarszającej się czynności nerek w fazie przedklinicznej oraz monitorowanie ich funkcji w stanach ostrych i przewlekłych umożliwia wdrożenie odpowiednich protokołów postępowania hamujących proces pogłębiania się zmian i wydłużających okres poprzedzający potencjalne leczenie nerkozastępcze. Metoda, jakiej używamy do badań, powinna być prosta, tania i powtarzalna.

Wskaźnikiem wydzielniczej funkcji nerek jest kreatynina, produkt metabolizmu białek w mięśniach, oznaczana w surowicy i w moczu. Przydatność stężenia kreatyniny jako obiektywnego parametru jest jednak ograniczona, ponieważ zależy ono od wielu czynników, w tym od cewkowego wydzielania i reabsorpcji, całkowitej masy mięśniowej, stanu odżywienia, wieku, płci czy stosowanych leków. Odzwierciedlające funkcję nerek stężenie kreatyniny może ulegać zafałszowaniu w różnych stanach klinicznych. Na przykład cewkowa reabsorpcja zmniejsza się w stanach odwodnienia, a zwiększa się wraz ze spadkiem funkcji nerek. W zespole nerczycowym zmniejszenie stężenia albumin nasila sekrecję cewkową kreatyniny, z kolei stosowanie niektórych leków, np. trimetoprimu i cimetydyny, może podwyższać stężenie kreatyniny w surowicy o 0,4–0,5 mg/dl.

Stężenia kreatyniny uznawane za prawidłowe dla osób dorosłych i dzieci nie są jednakowe. U dzieci stężenie kreatyniny wzrasta wraz z wiekiem, a górna granica normy dla dzieci jest niższa w porównaniu z osobami dorosłymi. Ponadto wyniki badań różnią się nieznacznie w zależności od metody oznaczania. W przypadku dzieci używanie stężenia kreatyniny jako pojedynczego markera oceniającego funkcję wydaje się niewystarczające. W ostrym uszkodzeniu nerek stężenie kreatyniny wzrasta stosunkowo późno, a prawidłowe stężenie tego parametru nie oznacza, że funkcja nerek jest prawidłowa. Na przykład wzrost stężenia kreatyniny z 0,4 do 0,8 mg/dl u 10-letniego chłopca może mieć znaczenie kliniczne i sugerować uszkodzenie nerek, pomimo że oba parametry mieszczą się w granicach wartości prawidłowych dla wieku.

Bardziej przydatnym parametrem oceniającym funkcję nerek jest wskaźnik GFR (*glomerular filtration rate*), definiowany jako ilość osocza przefiltrowana w jednostce czasu przez kłębuszki nerkowe do tzw. moczu pierwotnego. Za złoty standard uznaje się pomiar GFR metodą izotopową, który z uwagi na znaczną uciążliwość dla pacjenta oraz wysokie koszty wykorzystywany jest jedynie w wybranych sytuacjach klinicznych, najczęściej w celu weryfikacji innych metod. Pojęcie GFR określa zdolność oczyszczania osocza z określonej substancji, czyli tzw. klirens nerkowy. Do określenia klirensu nerkowego wykorzystane są substancje endogenne lub egzogenne o stałym poziomie w osoczu, niewiążące się z białkami osocza, niemetalizowane w nerce, podlegające swobodnemu przesączaniu w kłębuszkach i nieulegające reabsorpcji ani sekrecji w cewkach. Warunki te spełnia inulina, egzogeny polimer fruktozy. Jednak inwazyjny charakter metody nie pozwala na jej zastosowanie w praktyce. W przybliżeniu GFR odzwierciedla klirens endogennej kreatyniny, oznaczany za pomocą stężenia kreatyniny: w dobowej zbiórce moczu oraz surowicy pobranej na początku lub końcu okresu zbierania moczu. Najczęstszą przyczyną błędów w oznaczaniu jest niekompletna zbiórka moczu lub inne nieprawidłowości wykonania zbiórki. Ponadto kreatynina jest wydzielana do moczu przez cewki, szczególnie wówczas, gdy jej stężenie w surowicy znacznie przekracza wartości prawidłowe, co powoduje zawyżenie klirensu kreatyniny w zaawansowanych stadiach przewlekłej choroby nerek.

W praktyce klinicznej wykorzystuje się eGFR (*estimated glomerular filtration rate*), parametr obliczany na podstawie stężenia kreatyniny w surowicy za pomocą jednego z wielu dostępnych wzorów. Współczynnik eGFR jest również parametrem bardzo przydatnym w badaniach populacyjnych i przesiewowych, służy zwłaszcza do wykrywania przewlekłej choroby nerek u pacjentów w początkowych stadiach choroby, przebiegających najczęściej bezobjawowo.

U osób dorosłych najczęściej wykorzystuje się wzór MDRD (*modification of diet in renal disease*) zaproponowany przez Modification of Diet in Renal Disease Study Group, wymagający znajomości stężenia kreatyniny, azotu mocznika (*blood urea nitrogen*, BUN) i albumin w surowicy, uwzględniający wiek, płeć pacjenta. Wynik powinno się odnieść do należnej masy ciała (tabela 1).

W populacji dorosłych wykorzystywany jest również wzór Cockcrofta-Gaulta, który pozwala w miarę wiarygodnie oszacować GFR w początkowych stadiach przewlekłej choroby nerek. Wówczas do wyliczenia

$$eGFR = 170 \times \text{stęż. kreatyniny}^{-0,999} \times \text{wiek}^{-0,176} \times \text{BUN}^{-0,17} \times \text{albumina}^{0,318} \times (0,762 \text{ u kobiet}) \times (1,18 \text{ u osób rasy czarnej}) \text{ [ml/min/1,73 m}^2 \text{ powierzchni ciała]}$$

Tabela 1. Wzór MDRD

$$\text{Klirens kreatyniny (ml/min)} = [(140 - \text{wiek}) \times \text{masa ciała}] / \text{stężenie kreatyniny w surowicy} \times 72^*$$

* U kobiet uzyskany wynik należy pomnożyć przez 0,85.

Tabela 2. Wzór Cockcrofta-Gaulta

eGFR konieczna jest znajomość jedynie stężenia kreatyniny w surowicy, ale wzór uwzględnia również wiek oraz płeć pacjenta (tabela 2).

U dzieci do niedawna powszechnie stosowanym wzorem do szacowania eGFR był wzór Schwartza, którego obliczenie wymaga jedynie znajomości stężenia kreatyniny w surowicy i wzrostu dziecka. Wynik powinno się odnieść do należnej masy ciała – wówczas jest on podany w ml/min/1,73 m² powierzchni ciała (tabela 3).

Wzór opracowany został w latach siedemdziesiątych XX wieku na podstawie oznaczeń kreatyniny w surowicy i moczu, według kolorymetrycznej reakcji Jaffego z kwasem pikrynowym⁽¹⁾. Metoda ta mierzy zarówno stężenie kreatyniny, jak i innych chromogenów, co zawyża wartość faktycznego stężenia kreatyniny. Obecnie do oznaczania kreatyniny powszechnie stosowane są metody enzymatyczne, pozwalające określać stężenie kreatyniny z większą dokładnością. Dlatego w 2009 roku Schwartz i wsp. przedstawili zmodyfikowany wzór, w którym współczynnik *k* wynosi 0,413 dla wszystkich grup wiekowych. Wartość GFR obliczona za pomocą zmodyfikowanego wzoru Schwartza dobrze koreluje z przesączaniem kłębuszkowym wyliczonym na podstawie indeksu joheksolu u dzieci z przewlekłą chorobą nerek od postaci łagodnej do ciężkiej⁽²⁾.

W ostatnim czasie w piśmiennictwie pojawiły się publikacje dotyczące alternatywnych sposobów wyliczania szacunkowego GFR.

W 2012 roku Gao i wsp., poszukując bardziej precyzyjnego sposobu obliczania przesączania kłębuszkowego, który byłby dokładniejszy zarówno u dzieci z wyższymi stadiami przewlekłej choroby nerek, jak i u tych z prawidłową czynnością nerek lub hiperfiltracją, opracowali nowy wzór (*new quadratic formula*). Wyliczana z niego wartość GFR zależy od stężenia kreatyniny w surowicy, wzrostu, wieku oraz płci dziecka:

Dla chłopców:

$$\text{GFR (ml/min/1,73 m}^2\text{)} = 0,68 \times [\text{wzrost (cm)}/\text{stężenie kreatyniny (mg/dl)}] - 0,0008 \times [\text{wzrost (cm)}/\text{stężenie kreatyniny (mg/dl)}]^2 + 0,48 \times \text{wiek (w latach)} - 21,53$$

Wzór Schwartza
eGFR (ml/min/1,73 m²) = *k* × wzrost (cm)/stężenie kreatyniny (mg/dl)

Gdzie współczynnik *k* wynosi:

0,33 – niemowlęta z małą masą urodzeniową

0,45 – niemowlęta z prawidłową masą urodzeniową

0,55 – dzieci 2–12 lat

0,55 – dziewczynki od 13. roku życia

0,70 – chłopcy od 13. roku życia

0,413 – wg modyfikacji z 2009 roku obowiązuje dla wszystkich grup wiekowych

Tabela 3. Wzór Schwartza

Dla dziewczynek:

$$\text{GFR (ml/min/1,73 m}^2\text{)} = 0,68 \times [\text{wzrost (cm)}/\text{stężenie kreatyniny (mg/dl)}] - 0,0008 \times [\text{wzrost (cm)}/\text{stężenie kreatyniny (mg/dl)}]^2 + 0,48 \times \text{wiek (w latach)} - 25,68$$

W badaniu wartości GFR wyliczone zmodyfikowanym wzorem Schwartza oraz nowym wzorem kwadratowym porównywano z klirensiem inuliny. Gao i wsp. wykazali, że opracowany przez nich wzór jako pierwszy może być stosowany do obliczania wartości eGFR u dzieci z prawidłowym lub zwiększonym przesączaniem kłębuszkowym. Na stronie internetowej www.chuv.ch/quadraticformula dostępna jest aplikacja, dzięki której łatwo można wyliczyć wartości GFR według nowego wzoru⁽³⁾.

W 2012 roku Pottel i wsp. opublikowali pracę, w której przedstawili wzór do obliczania przesączania kłębuszkowego wykorzystujący jedynie stężenie kreatyniny w surowicy. Według autorów wzór niezależny od wzrostu pozwoliłby na lepszą wykrywalność dzieci z zaburzoną czynnością nerek. Koncepcja tego wzoru opiera się na znormalizowanym dla całej populacji stężeniu kreatyniny w surowicy, gdzie normalizującą stałą (*Q*) jest mediana stężenia kreatyniny w surowicy w populacji osób zdrowych. Tak więc *Q* może być uważane za stężenie kreatyniny u przeciętnej, zdrowej osoby w danej populacji i to właśnie *Q* odgrywa kluczową rolę w tej metodzie obliczania wartości przesączania kłębuszkowego:

$$\text{GFR (ml/min/1,73 m}^2\text{)} = 107,3 / [\text{stężenie kreatyniny (mg/dl)}/Q]$$

Dla dzieci wartość *Q* nie jest stała, lecz stanowi liniową funkcję wieku (tabela 4).

Nowy wzór przedstawiony przez Pottela i wsp. jest bardzo prosty i wyliczone z niego wartości GFR dobrze korelują z wartościami wyliczonymi ze zmodyfikowanego wzoru Schwartza⁽⁴⁾.

CEL PRACY

Celem pracy była ocena ewentualnej przydatności oraz porównanie różnych sposobów wyliczania eGFR u dzieci z nieznacznie upośledzoną czynnością nerek (GFR > 60 ml/min/1,73 m²) lub prawidłową ich funkcją (GFR > 90 ml/min/1,73 m²).

MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiło 59 pacjentów (38 dziewczynek, 21 chłopców) w wieku od 4 do 14 lat (średnia wieku 8,2),

Wiek w latach	Q (mg/dl)
0,1	0,24
0,5	0,25
1	0,26
2	0,29
3	0,31
4	0,34
5	0,37
6	0,39
7	0,42
8	0,45
9	0,48
10	0,50
11	0,53
12	0,56
13	0,58
14	0,61

Tabela 4. Wartości Q do wyliczenia $eGFR$ wg wzoru Pottela i wsp.

hospitalizowanych w Klinice Pediatrii, Nefrologii i Alergologii Dziecięcej WIM w Warszawie z różnymi schorzeniami nerek (tabela 5), ze stabilną ich funkcją, u których wykonywano badanie izotopowe nerek w latach 2005–2013.

Retrospektywnie oceniono dokumentację medyczną, wybierając pacjentów, u których w trakcie pobytu w Klinice oznaczono stężenie kreatyniny w surowicy oraz wykonano pomiary antropometryczne (wzrost, masa ciała), niezbędne do wykonywania obliczeń estymacyjnego przesączania kłębuszkowego przy pomocy poniższych wzorów. Z pracy wykluczono dzieci z przewlekłą chorobą nerek w wyższych stadiach (pacjenci z GFR uzyskanym metodą izotopową poniżej $60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$). Do wyliczania $eGFR$ użyto trzech wzorów: zmodyfikowanego wzoru Schwartza⁽¹⁾, nowego uogólnionego wzoru kwadratowego wg Gao i wsp.⁽³⁾ oraz wzoru niezależnego od wzrostu wg Pottela i wsp.⁽⁴⁾ Jako punkt odniesienia, czyli „złoty standard”, wykorzystano GFR oznaczany metodą

izotopową uzyskiwany podczas diagnostycznych badań izotopowych nerek wykonywanych w Klinice Pediatrii WIM.

U wszystkich pacjentów do oceny GFR metodą izotopową zastosowano scyntyografię dynamiczną nerek z użyciem $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Ponieważ ten radiofarmaceutyk ulega filtracji w obrębie kłębków nerkowych, jest on wskaźnikiem czynności filtracyjnej, co pozwala na ocenę GFR . Po podaniu dożylnym $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ zostaje szybko usunięty z krwi przez kłębuszki nerkowe, nie jest wydalany ani resorbowany przez cewki nerkowe. Kompleksu $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ nie wychwytyują inne organy i ulega on całkowitej eliminacji z organizmu w ciągu 24 godzin. Wydalanie odbywa się przede wszystkim przez nerki: 90% znacznika jest przesączane w kłębuszkach nerkowych, 10% jest wydalane przez cewki nerkowe. Nie ulega on resorpcji zwrotnej. Badanie polega na pomiarze zależności aktywności znacznika w nerkach w zależności od czasu. Wynik badania stanowią krzywe renograficzne, na podstawie których można ocenić prędkość, z jaką radiofarmaceutyk był przez nerki wychwytywany, a następnie z nich wydalany, oraz procentowy udział obu nerek w tym procesie. Jest to metoda niezwykle dokładna, pozwalająca na ocenę GFR każdej nerki z osobna^(5,6).

METODA STATYSTYCZNA

Analizy wykonano w programie: StatSoft, Inc. (2011) STATISTICA (data analysis software system, version 10, www.statsoft.com). Wykorzystano test t -Studenta dla prób niezależnych. Znamienność statystyczna dla $p < 0,05$.

WYNIKI

W pierwszej kolejności porównano wartości $eGFR$ wyliczone przy pomocy wzorów: Schwartza, Gao i Pottela z wartościami GFR uzyskanymi w scyntygrafii. Średnie wartości $eGFR$ (tabela 3) wyliczane na podstawie wzorów: Schwartza, Gao i Pottela były wyższe w porównaniu ze średnią wartością $eGFR$ obliczoną na podstawie scyntygrafii.

Liczba pacjentów (n)	59
Dziewczynki (n)	38
Chłopcy (n)	21
Wiek w latach	4–14
Wiek – średnia	8,2
Liczba dzieci z $eGFR$ (scyntygrafia) $> 90 \text{ ml/min/1,73 m}^2$	49
Liczba dzieci z $eGFR$ (scyntygrafia) $> 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ i $< 90 \text{ ml/min/1,73 m}^2$	10
Pacjenci z wadami układu moczowego (nieprawidłowe położenie nerki, zdwojenie nerki, agenezja nerki, wodonercze) (n)	23
Pacjenci z nawracającymi zakażeniami układu moczowego (n)	16
Pacjenci z odpływami pęcherzowo-moczowodowymi (n)	16
Pacjenci z zespołem nerczycowym (n)	3
Pacjenci z torbielowatością nerek (n)	1

Tabela 5. Charakterystyka badanej grupy pacjentów

	<i>N</i> ważnych	Średnia zmienna 1	Średnia zmienna 2	<i>t</i>	<i>p</i>
eGFR scyntygrafia vs eGFR wzór Schwartz	59	107,20	130,85	-5,53	0,0000002
eGFR scyntygrafia vs eGFR wg Gao i wsp.	59	107,20	111,85	-1,54	0,126863
eGFR scyntygrafia vs eGFR wg Pottela i wsp.	59	107,20	115,61	-2,15	0,033333

Tabela 6. Wartości średnie eGFR oraz porównanie eGFR uzyskanego w scyntygrafii z wynikami eGFR wyliczonymi wg wzorów Schwartz, Gao i Pottela

Wartości eGFR obliczone według wzoru Gao i wsp. nie różniły się istotnie statystycznie od GFR uzyskanego metodą izotopową ($p = 0,12$). Z kolei wartości eGFR uzyskane za pomocą zmodyfikowanego wzoru Schwartz oraz wzoru Pottela różniły się istotnie statystycznie od wartości GFR uzyskanego metodą izotopową (w obu próbach $p < 0,05$). Otrzymane wyniki przedstawiają tabele 6 i 7.

Dodatkowo wszystkie metody wyliczania estymacyjnego GFR za pomocą wzorów Schwartz, Gao i Pottela porównano ze sobą. W ten sposób uzyskano trzy kolejne próby (tabela 8).

Istotne różnice statystyczne wykazano w próbach porównujących eGFR wg zmodyfikowanego wzoru Schwartz i eGFR wg Gao, a także w próbie porównującej eGFR wg zmodyfikowanego wzoru Schwartz i eGFR wg Pottela. Natomiast w próbie porównującej eGFR wg Gao i eGFR wg Pottela nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między wyliczonymi z wzorów wartościami ($p = 0,225$).

OMÓWIENIE

Oszacowanie GFR jest prostym, tanim i nieinwazyjnym sposobem oceny funkcji nerek niezależnie od wieku. Wartość tej metody przewyższa izolowane oznaczenie stężenia kreatyniny w surowicy, której wartość w chorobach nerek zmienia się stosunkowo późno. Oszacowanie wartości GFR służy między innymi zakwalifikowaniu pacjenta z przewlekłą chorobą nerek (PChN) do odpowiedniego stadium choroby. Wczesne rozpoznanie PChN i – co za tym idzie – wdrożenie odpowiedniego leczenia wiąże się z poprawą rokowania oraz odświeżeniem w czasie konieczności rozpoczęcia leczenia nerkozastępczego. Aktualnie stosowane wzory służące do wyliczenia eGFR są najdokładniejsze w zaawansowanych stadiach PChN, począwszy od trzeciego stopnia PChN ($eGFR < 60$ ml/min/1,73 m²). Z tego powodu w ciągu ostatnich lat pojawiły się publikacje,

	eGFR wg Schwartz	eGFR wg Gao i wsp.	eGFR wg Pottela i wsp.
eGFR scyntygrafia	$p < 0,05$	$p = 0,1268$	$p < 0,05$

Tabela 7. Porównanie wartości eGFR uzyskanych w scyntygrafii z wartościami eGFR wyliczonymi wg wzorów Schwartz, Gao i Pottela. Znamienność statystyczna dla $p < 0,05$

w których autorzy proponują nowe wzory, oceniające eGFR w populacji osób zdrowych lub z nieznacznie upośledzoną funkcją nerek.

W niniejszej pracy porównano różne sposoby wyliczania eGFR u dzieci z prawidłową ($eGFR > 90$ ml/min/1,73 m²) lub nieznacznie upośledzoną funkcją nerek ($eGFR$ 60–89 ml/min/1,73 m²), określaną również jako uszkodzenie nerek z łagodnym obniżeniem GFR lub stopień II PChN. Uzyskane wartości porównywano z wartościami przesączania kłębuszkowego uzyskanymi metodą izotopową. Najbardziej zbliżone do stosowanego standardu wyniki uzyskano w próbie, w której eGFR wyliczono wg wzoru Gao i wsp. Wynik badania wskazuje, że może to być przydatny wzór, służący do oznaczania estymacyjnego GFR w grupie dzieci z prawidłową funkcją nerek oraz u dzieci z przewlekłą chorobą nerek w początkowych stadiach choroby (stopień I lub II PChN). Dodatkowe ułatwienie stanowi możliwość szybkiego wyliczenia eGFR za pomocą gotowej aplikacji dostępnej na stronie internetowej.

Uzyskane wyniki badań wykazały również, że średnia wartości eGFR wyliczona przy pomocy zmodyfikowanego wzoru Schwartz była wyraźnie zawyżona w grupie badanych dzieci. Wyniki pomiarów eGFR różniły się istotnie statystycznie w porównaniu z GFR uzyskanymi w scyntygrafii nerek. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że wzór Schwartz był opracowany dla grupy dzieci z przewlekłą chorobą nerek od postaci łagodnej do ciężkiej. Ograniczeniem tej metody wyliczania wartości GFR jest brak dokładności u dzieci z $GFR > 75$ lub < 15 ml/min/1,73 m². Można zatem przypuszczać, że stosowanie zmodyfikowanego wzoru Schwartz do wyliczania wartości przesączania kłębuszkowego u dzieci z nieznacznie upośledzoną czynnością nerek lub tych z prawidłową funkcją nerek nie pozwala na właściwą ocenę GFR⁽³⁾, co także zostało wykazane w niniejszej pracy.

Rozpatrywano również ocenę przydatności wzoru opracowanego przez Pottela i wsp. Dużym ułatwieniem wprowadzonym przez Pottela było uniezależnienie wyliczenia eGFR od wzrostu dziecka. Jednak w grupie badanych dzieci wyliczone wartości eGFR różniły się istotnie statystycznie od wartości GFR uzyskanych metodą izotopową, co sugerowałoby jego mniejszą przydatność w grupie dzieci z $eGFR > 60$ ml/min/1,73 m².

Jednocześnie badanie wykazało, że wartości eGFR obliczane z wzoru Gao i wsp. oraz te wyliczone z wzoru Pottela i wsp. nie różniły się istotnie statystycznie.

	<i>N</i> ważnych	Średnia zmienna 1	Średnia zmienna 2	<i>t</i>	<i>p</i>
eGFR wzór Schwartz vs eGFR wg Gao i wsp.	59	130,85	111,85	5,37	0,0000004
eGFR wzór Schwartz vs eGFR wg Pottela i wsp.	59	130,85	115,61	3,53	0,000589
eGFR wg Gao i wsp. vs eGFR wg Pottela i wsp.	59	111,85	115,61	-1,22	0,225444

Tabela 8. Porównanie wyników eGFR uzyskanych za pomocą wzorów Schwartz, Gao i Pottela

Można zatem uznać, że wzór opracowany przez Pottela może być przydatny w grupie dzieci z prawidłową lub nieznacznie upośledzoną funkcją nerek, zwłaszcza gdy z różnych przyczyn nie dysponujemy pomiarem wysokości ciała dziecka. Należy jednak pamiętać, że wzór ten wykazuje tendencję do zawyżania wartości eGFR w grupie dzieci z prawidłową lub nieznacznie upośledzoną funkcją nerek.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań potwierdzono przydatność oceny eGFR u dzieci z prawidłową lub nieznacznie upośledzoną funkcją nerek przy zastosowaniu wzoru wg Gao i wsp. oraz wzoru Pottela i wsp. Jakkolwiek zmodyfikowany wzór Schwartz jest powszechnie stosowany w celu oceny eGFR w populacji dzieci z zaawansowaną przewlekłą chorobą nerek, w obecnej pracy okazał się mniej przydatny w ocenie szacunkowej filtracji kłębuszkowej u dzieci z chorobami nerek, ale z prawidłową lub nieznacznie upośledzoną ich funkcją.

PIŚMIENNICTWO:

BIBLIOGRAPHY:

1. Schwartz G.J., Haycock G.B., Edelmann C.M. Jr, Spitzer A.: A simple estimate of glomerular filtration rate in children derived from body length and plasma creatinine. *Pediatrics* 1976; 58: 259–263.
2. Schwartz G.J., Muñoz A., Schneider M.F. i wsp.: New equations to estimate GFR in children with CKD. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2009; 20: 629–637.
3. Gao A., Cachat F., Faouzi M. i wsp.: Comparison of the glomerular filtration rate in children by the new revised Schwartz formula and a new generalized formula. *Kidney Int.* 2013; 83: 524–530.
4. Pottel H., Hoste L., Martens F.: A simple height-independent equation for estimating glomerular filtration rate in children. *Pediatr. Nephrol.* 2012; 27: 973–979.
5. Piepsz A., Colarinha P., Gordon I. i wsp.: Guidelines for glomerular filtration rate determination in children. *Eur. J. Nucl. Med.* 2001; 28: BP31–BP36.
6. Peters A.M.: Scintigraphic imaging of renal function. *Exp. Nephrol.* 1998; 6: 391–397.