THE POSSIBILITIES OF USING COCROFT AND GAULT'S FORMULA IN ASSESSMENT OF URINARY ELECTROLYTE EXCRETION

SCHUCK O, MARUSOVA L, LANSKA V

MOŽNOSTI VYUŽITÍ VZORCE COCROFTA A GAULTA PRO POSOUZENÍ 24HODINOVÉHO MOČOVÉHO VYLUČOVÁNÍ ELEKTROLYTŮ

Abstract

Schuck O, Marusova L, Lanska V:
The possibilities of using Cocroft and Gault's formula in assessment of urinary electrolyte excretion
Bratisl Lek Listy 1999; 100 (8): 422–425

Measurement of 24-hour electrolyte elimination requires exact urine collection over the period or study and cooperation of the individual being examined. These conditions are often not fulfilled. In an effort to be able to assess 24-hour elimination of Na^+ and K^+ in situations where urine collection is not absolutely complete, we developed a formula allowing to calculate the urinary elimination of the monitored electrolyte on the basis of its urinary concentration, urinary creatinine concentration, and urinary creatinine excretion using Cocroft and Gault's formula. The proposed formula is as follows:

$$\text{urinary electrolyte elimination (mmol/24 h)} = \frac{\text{urinary electrolyte concentration}}{\text{urinary creatinine concentration}} \times 0.0018\,(140 - \text{age}) \times \text{body weight}$$

This formula applies to men, when using it in women, a factor of 0.0015 has to be used instead of 0.0018.
The method was used to measure urinary Na^+ and K^+ elimination in 60 hospitalized individuals after renal transplantation. Significant linear correlations were found between the values obtained by careful urine collection and the calculated (predicted) values using the above formula: $r = 0.939$, $p<0.001$ with Na^+ and $r = 0.924$, $p<0.001$ with K^+.
The results provide support to the assumption that calculation of urinary Na^+ and K^+ elimination using the above formula may be useful in cases where urine collection over a period of 24 hours is not absolutely complete. ***(Tab. 1, Fig. 4, Ref. 2.)***
Key words: urinary elimination of sodium and potassium, complete urine collection over 24 hours, formula by Cocroft and Gault.

Institute of Clinical and Experimental Medicine, Prague, and Institute of Postgraduate Education in Health Care, Prague
Address for correspondence: O. Schuck, MD, DSc, Dpt of Nephrology, Institute of Clinical and Experimental Medicine, Videnska 1958, CZ-140 21 Praha 4, Czech Republic.
Phone: +420.2.61364110, Fax: +420.2.61363168

Abstrakt

Schück O., Marušová L., Lánská V.: Možnosti využití vzorce Cocrofta a Gaulta pro posouzení 24hodinového močového vylučování elektrolytů
Bratisl. lek. Listy, 100, 1999, č. 8, s. 422–425

Měření 24hodinového močového vylučování elektrolytů vyžaduje přesný sběr moči ve sledovaném údobí a spolupráci vyšetřované osoby. Tyto podmínky často nejsou splněny. Ve snaze získat možnost posouzení 24hodinového vylučování Na^+ a K^+ při ne zcela přesném sběru moči odvodili jsme vzorec, který tuto podmínku nevyžaduje. Vzorec vychází z výpočtu močového vylučování kreatininu podle Cocrofta a Gaulta a zjištěných močových koncentrací sledovaných elektrolytů a kreatininu. Tento vzorec pro muže je následující:

$$\text{močové vylučování elektrolytu (mmol/24 h)} = \frac{\text{močová koncentrace elektrolytu}}{\text{močová koncentrace kreatininu}} \times 0{,}0018\,(140 - \text{věk}) \times \text{tělesná hmotnost}$$

U žen místo faktoru 0,0018 třeba užít faktor 0,0015. Této metody jsme využili při sledování močového vylučování Na^+ a K^+ za 24 hodin u 60 jedinců po transplantaci ledviny. Mezi hodnotami močového vylučování elektrolytů zjištěnými na podkladě pečlivého sběru moči a hodnotami vypočítanými byly prokázány významné lineární závislosti. Pro Na^+: $r = 0{,}939$, $p<0{,}001$, pro K^+: $r = 0{,}924$, $p<0{,}001$.
Dosažené výsledky podporují představu, že výpočet močového vylučování Na^+ a K^+ na podkladě uvedeného vzorce pomáhá posoudit močové vylučování těchto elektrolytů i v případech, kdy sběr moči za 24 hodin není zcela přesný. *(Tab. 1, obr. 4, lit. 2.)*
Klíčová slova: močové vylučování sodíku a draslíku, přesnost sběru moči, vzorec Cocrofta a Gaulta.

Institut klinické a experimentální medicíny v Prahe a Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví v Prahe
Adresa: Prof. MUDr. O. Schück, DrSc., Klinika nefrologie, Institut klinické a experimentální medicíny, Vídeňská 1958, 140 21 Praha 4, Česká republika.

Sledování ledvinných funkcí vyžadující přesný sběr moči za delší časový úsek (většinou 24 hodin) je spojeno velmi často s obtížemi vyplývajícími z nedostatečné spolupráce vyšetřované osoby. Z těchto důvodů je v klinické praxi snaha posuzovat sledovanou renální funkci na podkladě metod, které nevyžadují přesný sběr moči nebo vůbec ke stanovení sledované hodnoty močový sběr není třeba. Z tohoto hlediska se v klinické praxi velmi osvědčila metoda výpočtu clearance kreatininu (C_{Kr}) na podkladě vzorce, který v roce 1976 navrhli Cocroft a Gault.

Bohužel zůstává stále řada nefrologických vyšetření, která vyžadují přesný sběr moči. K těmto vyšetřením patří též vyšetřování denního vylučování Na^+ a K^+.

V této práci jsme se pokusili studovat otázku zda osvědčený postup predikace C_{Kr} na podkladě vzore Cocrofta a Gaulta by bylo možno v určité formě též využít pro posouzení denního vylučování Na^+ a K^+. Pochopitelně, že takový postup by vyžadoval stanovení koncentrace těchto elektrolytů v moči, avšak nevyžadoval by znalost přesného objemu moči vytvořené během 24 hodin.

Při řešení tohoto problému jsme vyšli z klinicky dobře známé zkušenosti, že při posuzování denního močového vylučování nějaké látky ve vztahu k dennímu močovému vylučování kreatininu není třeba znalost přesného objemu moči vytvořené za 24 hodin. Tak např. označíme-li denní vylučování sodíku jako U_{Na}^+V (v mmolech za 24 hodin) a kreatininu jako U_{Kr}^+V (rovněž vyjádřeno v mmolech za 24 hodin), dostáváme:

$$\frac{U_{Na}^+V}{U_{Kr}V} = \frac{U_{Na}^+}{U_{Kr}} = a \qquad (1)$$

Chyba ve sběru moči se neuplatňuje, protože obě hodnoty (vylučování sodíku a kreatininu) by výpočet zatížila stejnou chybou, která se v poměrném vyjádření ruší.

Z rovnice (1) lze snadno odvodit:

$$U_{Na}^+V = a \times U_{Kr}V \qquad (2)$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že hodnotu U_{Na}^+V bychom mohli posoudit, kdybychom znali hodnotu denního močového vylučování kreatininu a poměru močové koncentrace elektrolytu a kreatininu. Domníváme se, že právě k tomuto účelu by byl vhodný vzorec Cocrofta a Gaulta (1976), který je již uveden v monografii Dzúrika a spol. (1991), ale který ještě jednou připomínáme:

$$C_{Kr} = \frac{(140 - \text{věk}) \times TH}{49 \times S_{Kr}} \qquad (3)$$

V tomto vzorci C_{Kr} značí clearance kreatininu vyjádřenou v ml/s, věk je vyjádřen v rocích, TH značí tělesnou hmotnost v kg a S_{Kr} vyjadřuje sérovou koncentraci kreatininu vyjádřenou v µmol/l. U žen je tato hodnota násobena faktorem 0,85.

Jestliže S_{Kr} vyjádříme v µmol/ml (hodnota 1000 x menší, než je použita při výpočtu C_{Kr} podle vzorce 3) a jestliže vezmeme v úvahu klasický vzorec pro výpočet C_{Kr}, dostáváme:

$$C_{Kr} \times \frac{S_{Kr}}{1000} = U_{Kr}V = \frac{(140 - \text{věk}) \times TH}{49} \times \frac{1}{1000} \qquad (4)$$

$U_{Kr}V$ značí močové vylučování kreatininu ve sledovaném časovém úseku (v daném případě za jednu sekundu). Ze vztahu (4) lze odvodit pravděpodobné močové vylučování kreatininu za 24 hodin (86 400 sekund). Tato hodnota je pro muže dána vztahem:

$$U_{Kr}V \text{ (mmol/24 h)} = 0{,}0018 \times (140 - \text{věk}) \times TH \qquad (5)$$

a pro ženy:

$$U_{Kr}V \text{ (mmol/24 h)} = 0{,}0015 \times (140 - \text{věk}) \times TH \qquad (6)$$

S ohledem na výchozí rovnici (1) lze pro výpočet denního vylučování Na^+ odvodit vztah:

$$U_{Na}^+V \text{ (mol / 24 h)} = \frac{U_{Na}^+}{U_{Kr}} \times 0{,}0018 \times (140 - \text{věk}) \times TH \qquad (7)$$

Tento vztah platí pro muže. U žen je výpočet U_{Na}^+V dán rovnicí:

$$U_{Na}^+V \text{ (mol / 24 h)} = \frac{U_{Na}^+}{U_{Kr}} \times 0{,}0015 \times (140 - \text{věk}) \times TH \qquad (8)$$

Močové koncentrace sodíku (U_{Na}^+) a kreatininu (U_{Kr}) jsou vyjádřeny v mmol/l. Jak patrno, výpočet U_{Na}^+V podle rovnice (7), resp. (8) nevyžaduje znalost přesného objemu moči vytvořeného za 24 hodin. K výpočtu postačuje pouze znalost močových koncentrací sledovaných látek.

Analogicky lze vypočítat U_K^+V (mmol/24 h), místo U_{Na}^+ dosadíme U_K^+. Abychom mohli zjistit, jak dalece výpočet močového vylučování sledovaných elektrolytů odpovídá hodnotám změřeným při pečlivém sběru moči, sledovali jsme vztah těchto veličin u 60 jedinců a v této práci předkládáme naše výsledky.

Materiál a metodika

Močové vylučování sodíku a draslíku v průběhu 24 hodin a C_{Kr} bylo sledováno u 60 jedinců s transplantovanou ledvinou, kteří byli hospitalizování na klinice nefrologie Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze. Ve vyšetřovaném souboru bylo 31 mužů (průměrný věk 51,3 roků s rozpětím 32—70) a 29 žen (průměrný věk 50,9 roků s rozpětím 32—70). Vyšetřovaní jedinci byli léčeni následující kombinací imunosupresiv: prednison 10—15 mg/den, azathioprin 1—1,5 mg (kg/den), cyklosporin A v dávkách, které umožňovaly krevní koncentrace v rozmezí 300—500 ng/ml (krevní hladiny byly měřeny na podkladě nespecifické monoklonální protilátky metodou RIA). Příjem bílkovin a soli byl regulován podle aktuálních potřeb vyplývajících z klinického stavu a laboratorních nálezů. Všichni vyšetřovaní jedinci byli poučeni o zásadách přesného sběru moči, který byl ošetřujícím personálem sledován.

Ve vzorcích moči a v séru byly stanoveny koncentrace kreatininu, Na^+ a K^+ pomocí autoanalyzátoru Hitachi 704 a 717 na oddělení klinické biochemie IKEM.

Ze sledovaných veličin byla vypočítávána clearance kreatininu na podkladě jeho močového vylučování (C_{Kr}) a hodnota vypočítaná (predikovaná) (predC_{Kr})na podkladě vzorce Cocrofta a Gaulta. Dále byly stanoveny hodnoty močového vylučování Na^+

Tab. 1. Average, SD and range of urinary Na^+ and K^+ excretion, predicted urinary excretion of these electrocytes (pred U_{Na}^+V, pred U_K^+V) according to the formula (8), ratios of urinary concentration of followed electrolyte and urinary creatinine concentration, creatinine clearance (C_{Cr}) and ratios of C_{Cr} and predicted C_{Cr}.
Tab. 1. Průměrné hodnoty SD a rozsah močového vylučování Na^+ a K^+ (zjištěné na podkladě přesného sběru moči), poměr močových koncentrací sledovaných elektrolytů a kreatininu, renální clearance kreatininu (C_{Cr}) a poměr mezi hodnotou C_{Cr} a hodnotou vypočítanou (predikovanou) na podkladě vzorce Cocrofta a Gaulta.

	$U_{Na}+V$ mmol/24 h	pred $U_{Na}+V$ mmol/24 h	$U_{Na}+/U_{Cr}$	U_K+V mmol/24 h	pred U_K+V mmol/24 h	U_K+/K_{Cr}	C_{Cr}	C_{Cr}/pred C_{Cr} ml/s
Average	153.2	163.5	14.5	38.5	41.6	3.5	0.65	0.94
Standard deviation	84.3	84.9	7.8	17.2	17.9	1.5	0.31	0.05
Range	11.6-390.4	12.4-428.0	2.2-38.0	10.1-73.6	10.8-81.1	1.1-8.9	0.16-1.63	0.70-1.30

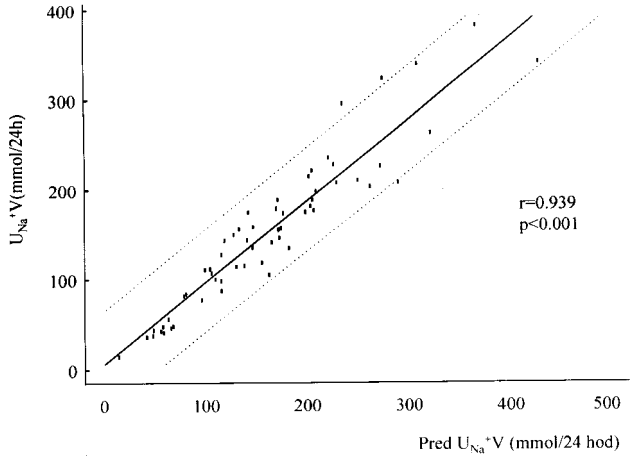

Fig. 1. Relationship between predicted U_{Na}^+V and measured U_{Na}^+V.
Obr. 1. Vztah mezi močovým vylučováním Na^+ (na podkladě sběru moči U_{Na}^+V a hodnotou vypočítanou (predikovanou) (pred U_{Na}^+V) na podkladě navrženého vzorce (8).

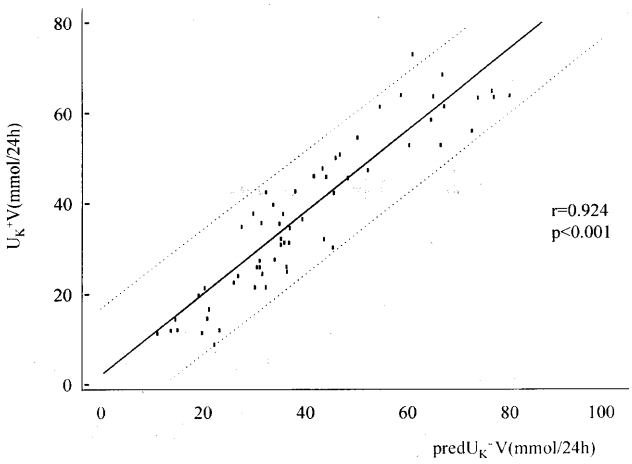

Fig. 2. Relationship betwenn predicted U_K^+V and measured U_K^+V.
Obr. 2. Vztah mezi močovým vylučováním kalia K^+ (na podkladě sběru moči U_K^+V a hodnotou vypočítanou (pred U_K^+V) na podkladě navrženého vzorce (8).

a K^+ na podkladě měření denní diurézy a vypočítány podle vzorců uvedených v úvodní části.

Při statistickém hodnocení byla užita lineární regresní analýza. K testování rovností dvou korelačních koeficientů byla užita z-statistika. K srovnání kvality predikace byla užita analýza reziduí a srovnání reziduálních součtů čtverců.

Výsledky

Průměrné hodnoty, SD a rozsah sledovaných veličin jsou uvedeny v tabulce 1. Z těchto hodnot je zřejmé, že průměrné hodnoty močového vylučování Na^+ a K^+ stanovené na podkladě měření objemu moči vytvořené za 24 hodin (U_{Na}^+V, U_K^+V) jsou velmi blízké hodnotám vypočítaným (predikovaným) na podkladě vzorce (8). Mezi těmito průměrnými hodnotami není statisticky významný rozdíl. V tabulce jsou též uvedeny hodnoty poměrů U_{Na}^+/U_{Kr} a U_K^+/U_{Kr}. Konečně je z této tabulky patrno, že poměr mezi C_{Kr} zjištěnou na podkladě sběru moči a hodnotou predikovanou (pred C_{Kr}) na podkladě výpočtu byl průměrně 0,94 a pohyboval se v rozsahu 0,70—1,30.

Obrázek 1 zachycuje vztah mezi U_{Na}^+V a pred U_{Na}^+V. Z tohoto obrazu a statistického zhodnocení vyplývá, že mezi sledovanými veličinami bylo možno prokázat významnou leneární závislost. Stejně vysoce významnou lineární závislost bylo možno prokázat též mezi U_K^+V a pred U_K^+V, jak je zachyceno na obrázku 2.

Významné lineární závislosti bylo možno prokázat též mezi U_{Na}^+/U_{Kr} a U_{Na}^+V (obr. 3) a mezi U_K^+/U_{Kr} a U_K^+V (obr. 4). Korelační koeficienty těchto závislostí jsou však menší než pro závislostí mezi U_{Na}^+V a pred U_{Na}^+V a závislostí mezi U_K^+V a pred U_K^+V. Z obrázků 3 a 4 je rovněž patrno, že pásy spolehlivosti pro tyto závislosti jsou větší než pásy spolehlivosti zjištěné pro závislosti uvedené na obrázcích 1 a 2.

Rozprava

Z dosažených výsledků je zřejmé, že mezi hodnotami močového vylučování Na^+ a K^+ zjištěnými na podkladě 24hodinového sběru moči a hodnotami predikovanými na podkladě vzorce (8) uvedeného v úvodní části je vysoce významná lineární závislost. Významné závislosti byly též zjištěny mezi hodnotami poměru U_{Na}^+/U_{Kr} a U_{Na}^+V a mezi poměrem U_K^+/U_{Kr} a U_K^+V. Hodnoty korelačních koeficientů jsou pro tyto závislosti nižší než pro závislosti mezi hodnotami změřenými a predikovanými, avšak tyto rozdíly nebyly významné. Analýza reziduí, zejména pak srovnání re-

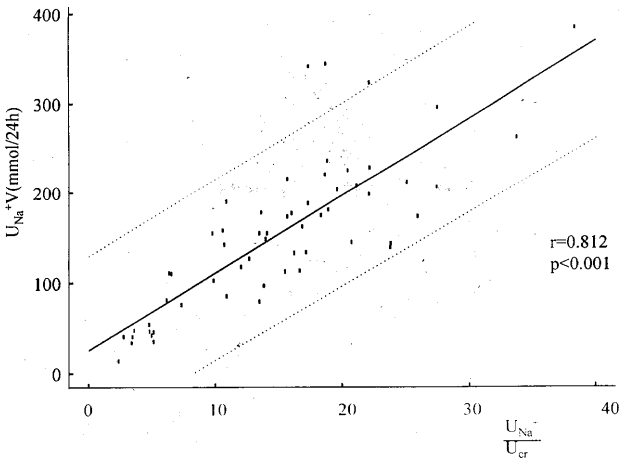

Fig. 3. Relationship between U_{Na}^+/U_{Cr} ratio and urinary Na excretion.
Obr. 3. Vztah mezi hodnotou močového vylučování Na^+ a poměrem močové koncentrace sodíku a kreatininu (U_{Na}^+/U_{Kr}).

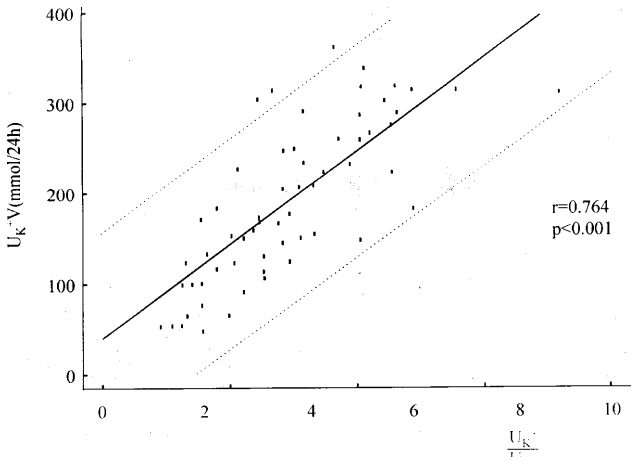

Fig. 4. Relationship between U_K^+/U_{Cr} ratio and urinary K^+ excretion.
Obr. 4. Vztah mezi hodnotou močového vylučování K^+ a poměrem močových koncentrací draslíku a kreatininu (U_K^+/U_{Kr}).

ziduálních součtu čtverců ukazuje, že predikce močového vylučování Na^+ a K^+ je větší při užití vzorce (8) než při posuzování močového vylučování těchto elektrolytů pouze na podkladě poměrů močových koncentrací (U_{Na}^+/U_{Kr} a U_K^+/U_{Kr}).

Při hodnocení vysoké predikce močového vylučování Na^+ a K^+ na podkladě vzorce (8) je však třeba vzít v úvahu, že v těchto měřeních byla snaha získat pokud možno co nejpřesněji veškerý objem moči vytvořený za 24 hodin. Hodnoty U_{Na}^+/U_{Kr} a U_K^+/U_{Kr}, se kterými se ve vzorci (8) počítá, tedy odrážejí průměrnou 24hodinou hodnotu. Jelikož hodnota těchto poměrů v průběhu 24 hodin nemusí být stálá, neopravňují dosažené nálezy soudit nato, že k predikci močového vylučování Na^+ a K^+ na podkladě vzorce (8) postačuje náhodný (např. ranní) vzorek moči. Dosažené nálezy však podporují představu, že výpočet močového vylučování Na^+ a K^+ za 24 hodin na podkladě vzorce (8) může pomoci při posuzování těchto hodnot v případech, kdy sběr moči nebyl zcela přesný.

Literatura

Cocroft D.N., Gault M.H.: Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. Nephron, 16, 1976, s. 31—41.

Dzúrik R. a spol.: Štandardná klinicko-biochemická diagnostika, Martin, Osveta 1991.

Received April 8, 1999.
Accepted July 9, 1999.