

# Diagnostika hyponatremií v neurointenzivní péči: úloha renálních funkčních parametrů

## Diagnosis of Hyponatraemia in Neurointensive Care: the Role of Renal Function Parameters

### Souhrn

**Úvod:** Hyponatremie s hypoosmolalitou je u akutního onemocnění mozku spojována se 2 syndromy: syndromem cerebrálně podmíněné ztráty soli (CSW) a syndromem nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu (SIADH). Jejich rozlišení je vzhledem k různé terapii podstatné a je možné pomocí renálních funkčních parametrů. **Cílem práce** bylo zhodnocení hyponatremií po zavedení těchto parametrů do klinické praxe na naší neurologicko-neurochirurgické jednotce intenzivní péče. **Metoda:** V retrospektivní studii jsme za období 5 let zhodnotili všechny hyponatremie ( $S_{Na^+} < 135$  mmol/l) u pacientů s akutním onemocněním mozku. Nejprve jsme je rozdělili podle měřené sérové osmolality a v další fázi jsme analyzovali hypoosmolální hyponatremie pomocí měřených a vypočtených funkčních renálních parametrů (p-hodnota vztažena k normě). **Výsledky:** Za sledované období jsme hyponatremii zjistili u 251 pacienta v celkovém trvání 736 dní. Hyponatremie ve spojení s normoosmolalitou se vyskytla u 155 pacientů (297 dní), s hyperosmolalitou u 38 pacientů (41 den) a pouze u 50 pacientů (169 dní) s hypoosmolalitou. Zbýlé hyponatremie neměly změněnou sérovou osmolalitu. Renální funkční parametry byly vyšetřeny u 31 (62 %) pacienta s hypoosmolální hyponatremií. CSW byl diagnostikován u 25 pacientů ( $dU_{Na^+}$   $547 \pm 384$  mmol/den;  $p < 0,001$ ;  $C_{Ei}$   $0,065 \pm 0,036$  ml/s;  $p < 0,001$ ;  $C_{Na^+}$   $0,061 \pm 0,036$  ml/s;  $p < 0,001$ ; EWC  $-0,015 \pm 0,032$  ml/s;  $p = 0,030$ ;  $FE_{Na^+}$   $0,029 \pm 0,016$ ;  $p < 0,001$ ), 6 pacientů mělo jinou příčinu hyponatremie. SIADH jsme nezjistili u žádného pacienta. **Závěr:** Renální funkční parametry představují snadnou a dostupnou metodu v diferenciální diagnostice hyponatremií u pacientů v neurointenzivní péči.

### Abstract

**Introduction:** Hyponatraemia with hypoosmolality in acute brain diseases can be associated with two syndromes: the cerebral salt wasting syndrome (CSW) and the syndrome of inappropriate secretion of the antidiuretic hormone (SIADH). Differentiation between them can be made using renal function parameters, and it is essential because each syndrome requires different therapy. The aim of this study was to evaluate hyponatraemia after establishing these parameters in clinical practice in our neurologic-neurosurgical care unit (NNICU). **Methods:** We retrospectively analysed all hyponatraemia ( $S_{Na^+} < 135$  mmol/l) in patients (pts) with acute brain diseases admitted to our NNICU over a period of five years. First we divided them according to measured serum osmolality and then we diagnosed the group with hypoosmolality ( $S_{Osm} < 275$  mmol/kg) by using renal function parameters (p-value related to normal levels). **Results:** There were 251 pts with 736 days of hyponatraemia. The majority of pts had normal serum osmolality (155 pts, 297 days), some had hyperosmolality (38 pts, 41 days) and only 50 pts (169 days) had low plasma osmolality. Osmolality was not measured for the rest. In the hypoosmolal group renal function parameters were examined in 31 patients (62 %), of whom 25 patients were diagnosed CSW syndrome ( $dU_{Na^+}$   $546.6 \pm 383.7$  mmol/day,  $p < 0.001$ ;  $C_{Ei}$   $0.065 \pm 0.036$  ml/s,  $p < 0.001$ ;  $C_{Na^+}$   $0.061 \pm 0.036$  ml/s,  $p < 0.001$ ; EWC  $-0.015 \pm 0.032$  ml/s,  $p=0.030$ ;  $FE_{Na^+}$   $0.029 \pm 0.016$ ,  $p < 0.001$ ), 6 patients had other causes of hyponatraemia and no one had SIADH. **Conclusion:** Renal function parameters are very useful to diagnose the type of hyponatraemia and easy to use in clinical practice.

V. Špatenková<sup>1</sup>, A. Kazda<sup>2</sup>,  
P. Barsa<sup>1</sup>, V. Beneš<sup>1</sup>,  
P. Škrabálek<sup>3</sup>, D. Králová<sup>4</sup>,  
P. Suchomel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Neurocentrum, Krajská nemocnice Liberec, a.s.

<sup>2</sup> Katedra klinické biochemie IPVZ, Praha

<sup>3</sup> Oddělení klinické biochemie, Krajská nemocnice Liberec, a.s.

<sup>4</sup> Institut biostatistiky a analýz, LF a PřF MU, Brno



MUDr. Věra Špatenková  
Neurocentrum  
Krajská nemocnice  
Husova 10  
460 63 Liberec  
vera.spatenkova@nemlib.cz

Přijato k recenzi: 26. 6. 2007

Přijato do tisku: 13. 11. 2007

### Klíčová slova

hyponatremie – hypoosmolalita – CSW – SIADH – renální funkční parametry

### Key words

hyponatraemia – hypoosmolality – CSW – SIADH – renal function parameters

## Úvod

Hyponatremie patří mezi časté poruchy efektivní osmolality u akutního onemocnění mozku [1,2]. U subarachnoidálního krvácení (SAK) se vyskytuje až u 30–40 % pacientů [3–6]. Nachází se i u dalších mozkových lézí: u pacientů s tumorem, abscesem mozku, bakteriální meningitidou, hydrocefalem a po kraniocerebrálním traumatu (KCT) [5].

Hyponatremie znamená vážnou komplikaci v neurointenzivní péči, je spojena s vyšší morbiditou a mortalitou [3]. Její závažnost spočívá ve vzniku edému mozku. Akutní hyponatremie vede k významnému zvětšení objemu kontuze u traumatu na zvířecím modelu [7]. Unterberg et al [8] udávají hyponatremii jako příčinu refrakterní nitrolební hypertenze u pacientů s KCT. Wijdicks [9] sledoval vztah hyponatremie a vzniku ischemie u SAK. Signifikantně větší výskyt ischemií nalezl u pacientů s hyponatremií.

Edém mozku je výsledkem základní regulace osmolality v organismu. Jedná se o udržování stejné osmolality v extracelulární (ECT) a intracelulární tekutině (ICT). Pokud nastává změna osmolality v určitém prostoru, vzniklý osmotický gradient je následně vyrovnáván přesunem vody. Na efektivní osmolalitě ECT se nejvíce podílí natrium. Při jeho poklesu dochází k hypotonicitě ECT a osmotický gradient mezi ECT a ICT vede k přesunu vody z ECT do buněk [10].

U akutního onemocnění mozku byla hyponatremie poprvé popsána Petersem v roce 1950 [11]. Nyní je nejčastěji spojována se 2 syndromy vznikajícími na základě zcela odlišných příčin (tab. 1). Jedná se o depleční hyponatremii způsobenou ztrátami natria močí (natriurézou) u syndromu cerebrálně podmíněné ztráty soli (cerebral salt wasting, CSW syndrome) a diluční hyponatremii, která vzniká při retenci čisté vody u syndromu nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu (syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone, SIADH). Prvním popsaným syndromem v literatuře byl CSW syndrom, publikovaný Petersem (1950) a Cortem (1954) [11,12]. Později v roce 1957 Schwartz uvedl syndrom SIADH [13]. Diferenciální diagnostika obou syndromů

Tab. 1. Charakteristika syndromu CSW a SIADH.

Syndrom cerebrálně podmíněné ztráty soli	Syndrom nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu
CSW cerebral salt wasting syndrome	SIADH syndrome of inappropriate secretion of antidiuretic hormone
příčina – natriuretické peptidy depleční hyponatremie natriuréza (solná diuréza)	příčina – antidiuretický hormon diluční hyponatremie retence čisté vody
hyponatremie hyposmolalita $U_{osm}/S_{osm} > 1$	hyponatremie hyposmolalita $U_{osm}/S_{osm} > 1$
zvýšené $dU_{Na+}$ , $C_{Osm}$ , $C_{El}$ , $C_{Na+}$ $FE_{Na+}$ , $FE_{H2O}$	snížená EWC

podle základních laboratorních parametrů (měřená sérová osmolalita, natremie, poměr močové osmolality k sérové) není možná, protože je pro oba syndromy shodná (hyposmolalita, osmolalita moči vyšší než sérová) [14]. Jejich rozlišení však umožňují renální funkční parametry, které byly poprvé v této souvislosti vyhodnoceny v 90. letech [15,16]. Jedná se o dopočítané parametry renálních funkcí. V 1992 Lolin a Jackowski [15] použili první vypočítané ukazatele – osmolální clearance ( $C_{Osm}$ ), clearance bezsolutové vody ( $C_{H2O}$ ), frakční exkrece natria ( $FE_{Na+}$ ) a frakční exkrece vody ( $FE_{H2O}$ ). Mezi největší parametry patří clearance elektrolytová (electrolyte clearance,  $C_{El}$ ), clearance bezelektrolytové vody (electrolyte-free water clearance, EWC) a clearance natria ( $C_{Na+}$ ). Tyto parametry tzv. „druhé řady“ jsou vhodnější pro sledování poruch natriového metabolismu, zejména EWC, protože lépe charakterizují poruchy efektivní osmolality a poruchy osy antidiuretický hormon (ADH) – ledviny [17]. Diferenciální diagnostika obou výše uvedených syndromů je pomocí těchto parametrů poměrně jednoduchá, ale za hlavní přednost považujeme dostupnost v klinické praxi. Uplatnění spatřujeme také při sledování efektu léčby. U CSW, kdy je přítomna natriuréza, jsou zvýšené odpady natria v moči ( $dU_{Na+}$ ), zvýšená  $C_{Osm}$ ,  $C_{El}$ ,  $C_{Na+}$ ,  $FE_{Na+}$  a  $FE_{H2O}$ . Pro SIADH vzhledem k retenci čisté vody je charakteristická

negativní EWC. Stanovení hormonů, které se podílejí na vzniku jednotlivých syndromů, ADH u SIADH a natriuretických peptidů (NP) u CWS, je v každodenní klinické praxi nedostupné. Význam jejich stanovení klesá s obligátním rozvojem kompenzačních mechanismů [14]. Renální funkční parametry zaujímají primární místo v diagnostice hyponatremií. Diferenciální diagnóza hyponatremií je přitom esenciální, protože různý mechanismus vzniku předpokládá zcela odlišnou terapii [4,18].

V následující práci jsme si stanovili cíl zhodnotit možnost diagnostiky hyponatremií prostřednictvím vyšetření renálních funkčních parametrů u pacientů s akutním onemocněním mozku na naší neurologicko-neurochirurgické jednotce intenzivní péče (NNJIP).

## Soubor a metodika

Retrospektivní studie zahrnovala všechny pacienty s akutním onemocněním mozku hospitalizované na NNJIP za období 5 let, jejichž hodnoty sérového natria se pohybovaly pod 135 mmol/l.

V 1. fázi jsme hyponatremie rozdělili podle měřené sérové osmolality ( $S_{Osm}$ , referenční meze 275–295 mmol/kg) do 3 skupin: 1. hyponatremie s hodnotou  $S_{Osm}$  v referenčních mezích, 2. hyponatremie s hyperosmolalitou ( $S_{Osm} > 295$  mmol/kg) a 3. hyponatremie s hyposmolalitou ( $S_{Osm} < 275$  mmol/kg). Byla provedena

Tab 2. Základní charakteristika pacientů s normoosmolární, hyperosmolární a hypoosmolární hyponatremií.

Parametr		Normoosmolární hyponatremie	Hyperosmolární hyponatremie	Hypoosmolární hyponatremie	p-hodnota
<b>soubor pacientů</b>	pacient	154 (100,0 %)	38 (100,0 %)	50 (100,0 %)	
věk (průměr)	roky	55,2 (N = 154)	53,9 (N = 38)	48,5 (N = 50)	p = 0,089
doba hospitalizace	den	13,7 (11,2)	9,8 (10,4)	18,7 (12,7)	<b>p &lt; 0,001</b>
<b>diagnóza</b>					
cévní mozková příhoda	pacient	65 (42,2 %)	13 (34,2 %)	17 (34,0 %)	p = 0,458
kranio cerebrální trauma	pacient	19 (12,3 %)	4 (10,5 %)	13 (26,0 %)	p = 0,061
tumor	pacient	52 (33,8 %)	18 (47,4 %)	9 (18,0 %)	<b>p = 0,010</b>
epilepsie	pacient	4 (2,6 %)	1 (2,6 %)	1 (2,0 %)	p = 0,969
zánět	pacient	6 (3,9 %)	2 (5,3 %)	4 (8,0 %)	p = 0,538
hydrocefalus	pacient	5 (3,2 %)	0	5 (10,0 %)	<b>p = 0,035</b>
ostatní	pacient	3 (1,9 %)	0	1 (2,0%)	p = 0,502
<b>operace</b>					
pacient	pacient	127 (82,5 %)	30 (78,9 %)	43 (86,0 %)	p = 0,683
po operaci	pacient	115 (74,8 %)	25 (65,8 %)	39 (78,0 %)	p = 0,423
kraniotomie	pacient	81 (52,6 %)	19 (63,3 %)	26 (60,5 %)	p = 0,960
kraniektomie	pacient	24 (15,6 %)	7 (23,3 %)	7 (16,3 %)	p = 0,853
<b>GCS</b>		13,5 (2,3)	13,5 (2,5)	13,1 (2,3)	p = 0,402
<b>mortalita na NNJIP</b>	pacient	5 (3,2 %)	2 (5,3 %)	3 (6,0 %)	p = 0,660
<b>antiedematózní terapie</b>					
pacient	pacient	60 (39,0 %)	22 (57,9 %)	11 (22,0 %)	<b>p = 0,002</b>
manitol	pacient	58 (96,7 %)	22 (100,0 %)	11 (100,0 %)	p = 0,406
<b>diuretikum</b>					
pacient	pacient	13 (8,4 %)	2 (5,3 %)	2 (4,0 %)	p = 0,481
furosemid	pacient	11	2	1	
thiazidová diuretika	pacient	2	0	1	

*p-hodnota určuje hladinu významnosti, na které se jednotlivé typy hyponatremií mezi sebou navzájem liší (každá p-hodnota je výsledkem ANOVA testu pro více skupin a platí pro parametr na korespondujícím řádku tabulky), průměr (směrodatná odchylka), GCS při vzniku hyponatremie*

podrobná analýza jednotlivých skupin: diagnóza onemocnění mozku, typ operace a časový vztah k operaci, doba hospitalizace, doba trvání hyponatremie, Glasgow coma scale (GCS) při vzniku hyponatremie, mortalita na NNJIP (porovnána s mortalitou u normonatremických pacientů), vliv terapie (diuretika, manitol) a infuzních roztoků. Dále byl sledován příjem tekutin (ml/den), diuréza (ml/den), bilance tekutin (ml/den), z biochemických sérových parametrů: kalium, chloridy, glykemie, proteiny, albumin, urea, kreatinin.

V další fázi byla provedena diferenciální diagnostika hyponatremií s hypoosmolární pomocí měřených a vypočtených funkčních renálních parametrů: denní odpady natria v moči ( $dU_{Na^+}$ , referenční meze 100–260 mmol/den), osmolární clearance ( $C_{Osm}$ , referenční meze 0,03 až

0,05 ml/s), elektrolytová clearance ( $C_{El}$ , meze 0,011–0,023 ml/s), clearance natria ( $C_{Na^+}$ , referenční meze 0,008–0,016 ml/s), clearance bezsolutové vody ( $C_{H_2O}$ , referenční meze –0,027 až 0,007 ml/s), bez-elektrolytové vody (EWC, referenční meze –0,000 ± 0,006), frakční exkrece osmolární ( $FE_{Osm}$ , referenční meze 0,01–0,035), frakční exkrece natria ( $FE_{Na^+}$ , referenční meze 0,004–0,012 ml/s) a frakční exkrece vody ( $FE_{H_2O}$ , referenční meze 0,01–0,02). Dopočítané renální parametry byly přiřazeny k měřeným funkčním parametrům do biochemického přehledu na oddělení klinické biochemie.

Jako samostatný podsoubor byly vybrány hyponatremie s hodnotou sérového natria ( $S_{Na^+}$ ) pod 130 mmol/l. Sledovali jsme vztah těchto závažných hyponatremií k ostatním, tj. s hodnotou  $S_{Na^+}$  130–134 mmol/l.

Biochemická stanovení byla prováděna na automatickém analyzátoru COBAS Integra 800 firmy Roche s výjimkou osmolality, která byla měřena na kryoskopickém osmometru Fiske 210 firmy Advanced. Pro výpočet hodnot clearance a frakčních exkrecí byly použity funkce z LIS Stapro s.r.o. Rovnice pro výpočet bezelektrolytové vody a rovněž očekávaná rozmezí k těmto renálním parametrům byly převzaty z práce Shoker AS [16].

Výsledky byly zpracovány programem Statistika 7.1, StatSoft, Inc. (2005) STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com. U žádného parametru nebyla prokázána normalita, proto byl pro hodnocení rozdílu ve spojitém parametru použit neparametrický Kruskal-Wallis ANOVA test. Pro testování kategoriálních proměnných byl použit M-L Chi-square test. Pro porovnání

Tab. 3. Charakteristika hyponatremií rozdělených podle měřené sérové osmolality do 3 skupin: 1. normoosmolární, 2. hyperosmolární a 3. hypoosmolární.

Parametr		Normoosmolární hyponatremie	Hyperosmolární hyponatremie	Hypoosmolární hyponatremie	p-hodnota
$S_{Na^+}$	mmol/l	132,5 (1,7)	132,3 (2,6)	129,6 (4,0)	$p < 0,001$
	den	297 (100,0 %)	41 (100,0 %)	169 (100,0 %)	
$S_{Na^+}$ 130–134	mmol/l	132,8 (1,2)	133,1 (1,2)	131,9 (1,4)	$p = 0,001$
	den	278 (93,6 %)	36 (87,8 %)	104 (61,5 %)	
$S_{Na^+} < 130$	mmol/l	127,9 (1,2)	126,4 (2,1)	126,0 (4,2)	$p = 0,132$
	den	19 (0,3 %)	5 (12,2 %)	65 (38,5 %)	
zvýšení natria za 24 h	mmol/l	3,3 (3,2)	3,5 (3,8)	4,3 (3,9)	$p = 0,249$
hyponatremie při přijetí	pacient	30 (19,4 %)	15 (39,5 %)	11 (22,0 %)	$p = 0,043$
doba hyponatremie	den	1,9 (1,7)	1,1 (0,2)	3,4 (4,0)	$p < 0,001$
sérová osmolalita	mmol/l	283,0 (5,4)	303,9 (7,9)	267,3 (6,4)	$p < 0,001$
sérová osmolalita vypočtená	mmol/l	277,8 (4,9)	284,4 (9,0)	269,2 (8,6)	$p < 0,001$
pH plazmy		7,436 (0,042)	7,428 (0,039)	7,467 (0,014)	$p = 0,237$
glykemie	mmol/l	7,0 (2,4)	9,8 (5,2)	6,1 (1,3)	$p < 0,001$
sérové kalium	mmol/l	4,2 (0,6)	4,5 (0,7)	4,1 (0,5)	$p = 0,006$
sérové chloridy	mmol/l	98,6 (4,0)	98,1 (3,7)	96,8 (5,3)	$p < 0,001$
albumin v séru	g/l	37,4 (4,7)	37,4 (6,0)	36,7 (4,8)	$p = 0,733$
urea v séru	mmol/l	5,8 (2,7)	9,9 (6,9)	3,9 (1,6)	$p < 0,001$
kreatinin v séru	umol/l	78,0 (53,1)	118,9 (129,8)	67,8 (15,0)	$p < 0,001$
příjem tekutin	ml/den	3957,5 (1695,2)	3339,2 (856,5)	4153,9 (1221,9)	$p = 0,001$
infuze	ml/den	2007,6 (1506,0)	1983,2 (772,7)	2038,5 (1108,2)	$p = 0,994$
normotonický roztok	den	268 (90,2 %)	36 (87,8 %)	155 (91,7 %)	$p = 0,724$
roztok bez natria (glukóza)	den	24 (15,6 %)	6 (15,8 %)	11 (22,0 %)	$p = 0,580$
výdej tekutin	ml/den	3619,5 (1997,1)	2600,0 (1012,6)	3930,4 (1675,9)	$p = 0,001$
diuréza	ml/den	3479,7 (1983,8)	2418,8 (1018,4)	3799,5 (1670,3)	$p = 0,001$
bilance tekutin					
pozitivní	den	140 (47,1 %)	17 (41,5 %)	87 (51,5 %)	$p = 0,447$
	ml/den	912,2 (672,1)	763,8 (489,7)	1023,0 (1034,0)	$p = 0,637$
negativní	den	65 (21,9 %)	1 (2,4 %)	50 (29,6 %)	$p = 0,001$
	ml/den	690,3 (706,1)	400,0 (0,0)	910,6 (691,5)	$p = 0,078$

*p-hodnota určuje hladinu významnosti, na které se jednotlivé typy hyponatremií mezi sebou navzájem liší (každá p-hodnota je výsledkem ANOVA testu pro více skupin a platí pro parametr na korespondujícím řádku tabulky), průměr (směrodatná odchylka),  $S_{Na^+}$ : natremie, den: celkový počet dní*

hodnot měřených parametrů s normou byl použit jednovýběrový t-test.

## Výsledky

Za sledované 5leté období jsme zjistili hyponatremii u 251 pacienta. Soubor zahrnoval 160 mužů a 91 ženu s průměrným věkem  $53,9 \pm 16,0$  let (rozmezí 9–86 let). Průměrná doba hospitalizace činila  $11,8 \pm 10,1$  dne (rozmezí 1–73 dny). Nejčastější diagnózou v našem souboru představovala cévní mozková příhoda (101 pacient; 40,2 %: subarachnoidální krvácení 40,6 %, intracerebrální hematom 35,6 %, ischemická cévní mozková příhoda 23,8 %). Dále byli zastoupeni pacienti s tu-

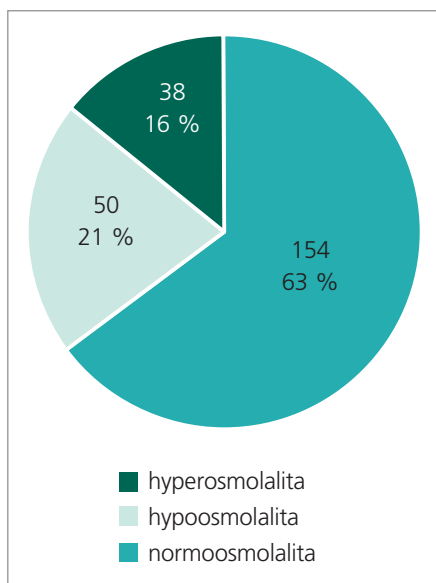
morem (80; 31,9 %), kraniocerebrálním traumatem (33; 13,1 %), infekcí (13; 5,2 %), epilepsií (12; 4,8 %), hydrocefalem (7; 2,8 %) a ostatní diagnózy (5; 2,0 %). Převážná část pacientů (188; 74,9 %) byla operována a hyponatremie nejčastěji vznikla až po operaci (161 pacient).

Celkem bylo zaznamenáno 736 dní hyponatremie s průměrnou dobou trvání  $2,9 \pm 3,8$  dne (rozmezí 1–39 dnů). Průměrné GCS při vzniku hyponatremie činilo  $13,6 \pm 2,2$  (rozmezí 3–15). U žádného pacienta nedošlo v souvislosti se změnami hladin natria k pontinní myelinolýze.

Hyponatremie byla nejčastěji spojena se sérovou normoosmolalitou (154 pa-

cienti, 297 dní), část s hyperosmolalitou (38 pacientů, 41 den) a pouze 50 pacientů (169 dní) mělo hypoosmolalitu séra (graf 1). Ostatní hyponatremie byly bez měřené sérové osmolality. Podrobnou charakteristiku jednotlivých skupin uvádí tab. 2 a 3.

Průměrná hodnota sérového natria byla významně nižší u hypoosmolální hyponatremie ( $p = 0,001$ ). V této skupině se nejvíce hodnot  $S_{Na^+}$  nacházelo pod hranicí 130 a také doba hyponatremie byla významně delší ( $p = 0,001$ ). Průměrná doba trvání hypoosmolální hyponatremie činila  $3,4 \pm 4$  dny (rozmezí 1–22 dny). Nejkratší dobu trvaly hyperosmolální hyponatremie (průměrná doba  $1,1 \pm 0,2$ ;



**Graf 1.** Počet pacientů s hyponatremií ve vztahu k měřené sérové osmolalitě.

rozmezí 1–2 dny). Normoosmolální hyponatremie se pohybovaly uprostřed, průměrná doba činila  $1,9 \pm 1,7$  dne (rozmezí 1–13 dní).

Antiedematózní terapie manitolem byla nejčastěji podávána u pacientů s hyperosmolální hyponatremií (57,9 %). V této skupině hyponatremií jsme také zaznamenali statisticky významně vyšší hodnoty glykemie ( $p = 0,001$ ) a urey v séru ( $p = 0,001$ ). Hyperglykémii mělo 7 pacientů, zvýšenou ureu 6 a oba zvýšené biochemické parametry současně 6 pacientů. Všechny tyto vlivy se podílely i na příčině normoosmolální hyponatremie. Manitol mělo 58 (39 %) pacientů, hyperglykemie 2, zvýšenou ureu 4 a oba zvýšené parametry 4 pacienti. Další příčiny podílející se na vzniku normoosmolální hyponatremie ukazuje tab. 3.

Diferenciální diagnostiku hypoosmolálních hyponatremií bylo možné provést jen u 31 (62 %) pacienta, protože ostatní pacienti neměli renální funkční parametry. CSW byl diagnostikován u 25 pacientů (tab. 4), 6 pacientů mělo jinou příčinu hyponatremie. U 4 z nich byla hyponatremie následkem nesprávně podaného desmopresinu. SIADH nebylo diagnostikováno u žádného pacienta.

Jednotlivé typy hyponatremií se významně nelišily v mortalitě na NNJIP ( $p =$

**Tab. 4.** Renální funkční parametry u CSW.

Parametr	Referenční meze	Průměr (SD)	p-hodnota	
$S_{Na^+}$	mmol/l	135–146	129,5 (3,4)	$p < 0,001$
$S_{Osm}$	mmol/kg	275–295	267,5 (5,8)	$p < 0,001$
diuréza	ml/den		4175 (1869,6)	
$C_{Krea}$	ml/s	1,15–2	2,1 (0,6)	$p < 0,001$
$dU_{Na^+}$	mmol/den	100–260	546,6 (383,7)	$p < 0,001$
$C_{Osm}$	ml/s	0,03–0,05	0,092 (0,042)	$p < 0,001$
$C_{El}$	ml/s	0,011–0,023	0,065 (0,036)	$p < 0,001$
$C_{Na^+}$	ml/s	0,008–0,016	0,061 (0,036)	$p < 0,001$
EWC	ml/s	$\pm 0,006$	-0,015 (0,032)	$p = 0,030$
$FE_{Osm}$		0,01–0,035	0,045 (0,021)	$p < 0,001$
$FE_{Na^+}$		0,004–0,012	0,029 (0,016)	$p < 0,001$
$FE_{H_2O}$		0,01–0,02	0,024 (0,013)	$p < 0,001$

$S_{Na^+}$ : natremie,  $S_{Osm}$ : měřená sérová osmolalita,  $C_{Krea}$ : clearance kreatininu,  $dU_{Na^+}$ : denní odpady natria v moči,  $C_{Osm}$ : osmolální clearance,  $C_{El}$ : elektrolytová clearance,  $C_{Na^+}$ : clearance natria,  $C_{H_2O}$ : clearance bezsolutové vody, EWC: clearance bezelektrolytové vody,  $FE_{Osm}$ : frakční exkrece osmolální,  $FE_{Na^+}$ : frakční exkrece natria,  $FE_{H_2O}$ : frakční exkrece vody, p-hodnota: statistická významnost vztahena k normě

$= 0,660$ ), ale mezi nejzávažnější patřila s 6% mortalitou hypoosmolální hyponatremie (3 pacienti: 1 KCT, 1 tumor, 1 hydrocefalus). Narozdíl od pacientů s normonatremií, kde mortalita na NNJIP činila 1,6 % (CMP 63,0 %, tumor 29,6 %, KCT 3,7 %, hydrocefalus 3,7 %).

Z 251 pacienta s hyponatremií se závažně hyponatremie s hodnotou sérového natria pod 130 mmol/l vyskytly u 51 pacienta (21 %). Celkem se jednalo o 106 dní, nejčastěji jsme zaznamenali hypoosmolální hyponatremie (65 dní, 61 %), méně normoosmolální (19 dní, 18 %) a nejméně hyperosmolální hyponatremie (5 dní, 5 %). Zbylé hyponatremie neměly změřenou sérovou osmolalitu. U pacientů s touto závažnou hyponatremií byla sice významně delší doba hospitalizace ( $p < 0,001$ ), doba trvání hyponatremie ( $p < 0,001$ ), více cerebrálních komplikací ( $p < 0,001$ ) a nižší GCS při vzniku hyponatremie ( $p = 0,018$ ), nebyla však spojena s větší úmrtností na NNJIP ( $p = 0,103$ ), tab. 5. Při srovnání natriurézy u hypoosmolální hyponatremie mezi skupinou s  $S_{Na^+}$  pod 130 mmol/l a 130–134 mmol/l nebyl zjištěn významný rozdíl ( $p = 0,46$ ).

## Diskuse

Hyponatremie patří mezi závažné komplikace v neurointenzivní péči, pokud je

spojená s poklesem efektivní osmolality, to znamená vyskytuje-li se společně s hypoosmolalitou séra [3]. Mluvíme ale o měřené sérové osmolalitě, ne o vypočtené, která je pouze orientační a je dána součtem koncentrace natria, urey a glykemie. Význam vypočtené osmolality klesá zejména při osmoterapii manitolem, protože se s ním ve výpočtu nepočítá. Proto 1. krokem při nálezu hyponatremie je zjištění hodnoty měřené sérové osmolality.

Z našich výsledků vyplývá, že hypoosmolální hyponatremie nepatří mezi nejčastěji se vyskytující hyponatremie. Většina hyponatremií měla měřenou sérovou osmolalitu v referenčním rozmezí hodnot. Vysvětlení vidíme především v hyperglykémii, zvýšené hladině urey, osmoterapii manitolem nebo v negativní tekutinové bilanci. Vzácně můžeme při hyponatremii diagnostikovat dokonce hyperosmolalitu.

Hyponatremie je spojena s vyšší morbiditou a mortalitou u pacientů v neurointenzivní péči [3]. Vzhledem k závažnosti hyponatremie je důležitá včasná a správná diagnóza, kterou lze poměrně snadno zjistit pomocí měřených a vypočítaných renálních funkčních parametrů. Jejich velkou výhodou je dostupnost v běžné klinické praxi. Jabor [20] uvádí, že EWC by se měla stanovovat jako základní dopočetný renální funkční ukazatel. V neuroin-

Tab 5. Srovnání skupiny hyponatremií s hodnotami sérového natria pod 130 mmol/l s ostatními hyponatremiemi.

Parametr		$S_{Na^+}$ < 130 mmol/l	$S_{Na^+}$ 130–134 mmol/l	p-hodnota
počet pacientů	pacient	51 (100,0 %)	198 (100,0 %)	
doba hospitalizace	den	16,7 (12,8)	10,5 (9,5)	< 0,001
GCS		13,0 (2,3)	13,8 (2,1)	0,018
mortalita na NNJIP	pacient	3 (5,9 %)	3 (1,5 %)	0,103
dny dysnatremie	den	6,3 (6,6)	2,1 (1,4)	< 0,001
počet dnů dysnatremie	den	106 (100,0 %)	630 (100,0 %)	
antiedematózní terapie	pacient	21 (41,2 %)	80 (40,4 %)	0,920
manitol	pacient	21 (100,0 %)	78 (97,5 %)	0,332
příjem tekutin	ml/den	4122,6 (1261,8)	3975,2 (1550,9)	0,457
infuze	ml/den	1972,1 (985,8)	2030,5 (1397,5)	0,740
výdej tekutin	ml/den	3887,8 (1574,9)	3651,1 (1911,4)	0,348
diuréza	ml/den	3717,4 (1593,1)	3514,8 (1900,6)	0,413

průměr (směrodatná odchylka), p-hodnota: statistické srovnání souboru hyponatremií s hodnotami sérového natria ( $S_{Na^+}$ ) pod 130 mmol/l s 130–134 mmol/l, GCS: při vzniku hyponatremie

tenzivní péči je hyponatremie spojována s 2 různými syndromy – častěji se vyskytují CSW a méně SIADH [19], což se ukázalo i v naší studii. V našem souboru jsme dokonce nenalezli žádný případ SIADH. Diagnostika však nebyla provedena u všech pacientů s hypoosmolální hyponatremií (62 %), protože u části pacientů renální funkční parametry chyběly. Při diagnostice je vždy důležité odlišit její příčinu od kompenzační reakce organismu. V případě normonatremie s polyurií o nízké specifické váze moči, pozitivní EWC znamená kompenzační mechanismus organismu [20], a podáme-li desmopresin, může vzniknout hyponatremie následkem retence čisté vody. K takové situaci došlo u 4 pacientů v našem souboru.

Pokud nenacházíme typické syndromy doprovázející onemocnění mozku, CSW a SIADH, musíme se zaměřit na další příčiny hyponatremie [21]. Patří mezi ně hypokortikalismus, hypoaldosteronismus, polydypsie čistou vodou nebo hyponatremie u chronického etylizmu. V našem souboru jsme měli 1 pacienta s posledně jmenovanou příčinou.

Diferenciální diagnóza hyponatremií je esenciální vzhledem k různému mechanismu vzniku a následné terapii [4,18]. U CSW [22] se jedná o substituci natria a tekutin, u SIADH [2] o restrikci tekutin a aplikaci diuretik a u hypokortikalizmu podání hydrokortizonu. Při terapii hypo-

natremie musíme vždy myslet na pravidla korekce natremie. Při rychlém vzestupu natremie hrozí riziko pontinní a extrapontinní myelinolýzy – poškození myelinu [23–25]. V 1. kroku při úpravě natremie je důležité si uvědomit, zda se jedná o akutní nebo chronickou hyponatremii [26]. V neurointenzivní péči se častěji setkáváme s hyponatremií akutně vzniklou. V našem souboru jsme zaznamenali jen 1 pacienta s chronickou hyponatremií. Jednalo se o chronického etylika. V dalším kroku je potřeba si stanovit cílovou hodnotu natremie za 24 h. V tom případě nám častější kontroly natremie (minimálně po 6 h) usnadní předejít této závažné komplikaci. V našem 5letém sledování jsme myelinolýzu nediagnostikovali, i když jsme jednou překročili bezpečné pásmo posunu natremie. Došlo k vzestupu o 20 mmol/24 h.

Renální funkční parametry znamenají velký přínos v diagnostice hyponatremií [12,13], protože podle základních laboratorních parametrů (měřená sérová osmolalita, natremie, poměr močové osmolality k sérové) jí není možné provést. Pro oba syndromy – CSW i SIADH – vycházejí obdobné hodnoty. Po zavedení renálních funkčních parametrů došlo dokonce k přehodnocení původně diagnostikovaných SIADH na CSW [12,15].

Stanovení hormonů, které se podílejí na příčině těchto syndromů, není jednak přínosné, vzhledem ke kompenzačním změnám

volumu tekutin, ale také v praxi nedostupné. U SIADH retence čisté vody vede k volumové expanzi a k následné stimulaci NP. U CSW je situace opačná, primární zvýšení NP vede k objemové depleci a k sekundárnímu zvýšení hladin ADH. Renální funkční parametry tak zaujímají primární místo v diferenciální diagnostice hyponatremií.

## Závěr

Vzhledem k závažnosti hyponatremie u akutního onemocnění mozku je včasné a správné určení příčiny nutné. Zavedení renálních funkčních parametrů do klinické praxe znamená vyřešení tohoto závažného klinického problému a je vhodné pro kterékoliv pracoviště, jež se s hypoosmolálními hyponatremiemi setkává.

## Literatura

1. Sivakumar V, Rajshekhar V, Chandy MJ. Management of neurosurgical patients with hyponatremia and natriuresis. *Neurosurgery* 1994; 34: 269–274.
2. Betjes MG. Hyponatremia in acute brain disease: the cerebral salt wasting syndrome. *Eur J Intern Med* 2002; 13: 9–14.
3. Fraser JF, Stieg PE. Hyponatremia in the neurosurgical patient: epidemiology, pathophysiology, diagnosis, and management. *Neurosurgery* 2006; 59: 222–229.
4. Naval NS, Stevens RD, Mirski MA, Bhardwaj A. Controversies in the management

- of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Crit Care Med* 2006; 34: 511–524.
5. Harrigan MR. Cerebral salt wasting syndrome: a review. *Neurosurgery* 1996; 38: 152–160.
  6. Qureshi AI, Suri MF, Sung GY, Straw RN, Yahia AM, Saad M et al. Prognostic significance of hypernatremia and hyponatremia among patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 2002; 50: 749–755.
  7. Ke C, Poon WS, Ng HK, Tang NL, Chan Y, Wang JY et al. The impact of acute hyponatraemia on severe traumatic brain injury in rats. *Acta Neurochir Suppl* 2000; 76: 405–408.
  8. Unterberg A, Kiening K, Schmiedek P, Lanksch W. Long-term observations of intracranial pressure after severe head injury. The phenomenon of secondary rise of intracranial pressure. *Neurosurgery* 1993; 32: 17–23.
  9. Wijdicks EF, Ropper AH, Hunnicutt EJ, Richardson GS, Nathanson JA. Atrial natriuretic factor and salt wasting after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1991; 22: 1519–1524.
  10. Kazda A, Balík M. Osmolální dysbalance v intenzivní péči a jejich monitorování. *Klin Biochem Metab* 1996; 4: 223–227.
  11. Peters JP, Welt LG, Sims EA, Orloff J, Needham J. A salt-wasting syndrome associated with cerebral disease. *Trans Assoc Am Physicians* 1950; 63: 57–64.
  12. Cort JH. Cerebral salt wasting. *Lancet* 1954; 266: 752–754.
  13. Schwartz WB, Bennett W, Curelop S, Bartter FC. A syndrome of renal sodium loss and hyponatremia probably resulting from inappropriate secretion of antidiuretic hormone. *Am J Med* 1957; 23: 529–542.
  14. Kazda A, Špatenková V, Škrabálek P. Akutní onemocnění mozku – poruchy vodního a natriového hospodářství, natriuretické peptidy. *Klin Biochem Metab* 2003; 11: 74–82.
  15. Lolin Y, Jackowski A. Hyponatraemia in neurosurgical patients: diagnosis using derived parameters of sodium and water homeostasis. *Br J Neurosurg* 1992; 6: 457–466.
  16. Shoker AS. Application of the clearance concept to hyponatremic and hypernatremic disorders: a phenomenological analysis. *Clin Chem* 1994; 40: 1220–1227.
  17. Jabor A. Clearance bezelektrolytové vody u selhávajících ledvin, při hypernatremii a hyponatremii. *Klin Biochem Metab* 1997; 5: 248–250.
  18. Kröll M, Juhler M, Lindholm J. Hyponatraemia in acute brain disease. *J Intern Med* 1992; 232: 291–297.
  19. Berendes E, Walter M, Cullen P, Prien T, Van Aken H, Horsthemke J et al. Secretion of brain natriuretic peptide in patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Lancet* 1997; 349: 245–249.
  20. Jabor A. Hodnocení poruch osmolality s využitím efektivní osmolální clearance, clearance sodíku, clearance bezelektrolytové vody a modelu extracelulárního a intracelulárního prostoru. *Klin Biochem Metab* 1997; 5: 241–247.
  21. Fall PJ. Hyponatremia and hypernatremia. A systematic approach to causes and their correction. *Postgrad Med* 2000; 107: 75–82.
  22. Singh S, Bohn D, Carlotti AP, Cusimano M, Rutka JT, Halperin ML. Cerebral salt wasting: truths, fallacies, theories, and challenges. *Crit Care Med* 2002; 30: 2575–2579.
  23. Adams RD, Victor M, Mancall EL. Central pontine myelinolysis: a hitherto undescribed disease occurring in alcoholic and malnourished patients. *AMA Arch Neurol Psychiatry* 1959; 81: 154–172.
  24. Tomlinson S, Hendy GN, O’Riordan JL. A in vivo experimental model for the study of resistance to the renal action of parathyroid hormone in man. *Calcif Tissue Res* 1976; 21(Suppl): 267–271.
  25. Norenberg MD, Leslie KO, Robertson AS. Association between rise in serum sodium and central pontine myelinolysis. *Ann Neurol* 1982; 11: 128–135.
  26. Sterns RH, Cappuccio JD, Silver SM, Cohen EP. Neurologic sequelae after treatment of severe hyponatremia: a multicenter perspective. *J Am Soc Nephrol* 1994; 4: 1522–1530.

[www.urologickelisty.cz](http://www.urologickelisty.cz)