

# Peroperační měření průtoku likvoru pomocí ultrazvuku při dekompresi cervikokraniálního přechodu u Chiariho malformace typu I

## Post-surgery Ultrasound Liquor Flow Measurement under Cranio-cervical Junction Decompression in Chiari Type I Malformation

### Souhrn

V práci autoři prezentují první zkušenosti s využitím peroperačního ultrazukového vyšetření při dekompresi velkého týlního otvoru u Chiariho malformací typu I. Zaměřují se na peroperační diagnostiku blokády s kontrolou průchodnosti likvorových cest v průběhu dekomprese v malformované cerebrospinální junkci. Na malém souboru sedmi pacientů operovaných v letech 2004–2009 na dvou pracovištích byla provedena peroperačně diagnostika blokády zároveň s kontrolou obnovení průtoku likvoru pomocí kombinace ultrazukového vyšetření v B obraze a dopplerovského vyšetření. Pooperační výsledky potvrdily, že pomocí ultrazukového vyšetření byla správně detekována blokáda a následně obnoven průtok likvoru během operace. Využití ultrazukového vyšetření napomohlo rovněž k adekvátnímu chirurgickému ošetření postižené oblasti, a to prostou dekompresí či dekompresí s plastikou pleny u šesti pacientů. Zdá se, že duplexní ultrazukové vyšetření kombinující zobrazení tkání v B obraze a detekci toku v dopplerovském modu by mohlo být vhodnou alternativou diagnostického vyšetření u tohoto typu onemocnění.

### Abstract

First experiences with the use of intra-operative ultrasound examination in the course of foramen magnum decompression to treat type 1 Chiari malformation are presented. The authors focus on the intra-operative diagnostics of the obstruction together with control of the patency of cerebrospinal fluid (CSF) pathways at the malformed cerebrospinal junction. A small group of 7 patients operated upon in the years 2004–2009 at two neurosurgical departments underwent intra-operative ultrasound diagnostics by examination in B-mode and dopplerometric measurement. Postoperative results demonstrated that ultrasound examination properly detected an obstruction and subsequently monitored restoration of CSF flow in the course of operation. The use of ultrasound examination contributed to satisfactory surgical treatment in the sense of simple bone decompression or bone decompression with duraplasty in 6 patients. Duplex ultrasound imaging in combination with B mode imaging and dopplerometric measurement of CSF flow may be considered a suitable approach to diagnostic examination in this disease.

**M. Filip<sup>1</sup>, P. Linzer<sup>1</sup>, F. Šámal<sup>1</sup>, R. Lipina<sup>2</sup>, D. Školoudík<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup> Neurochirurgické oddělení, Krajská nemocnice T. Bati, a.s., Zlín

<sup>2</sup> Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Ostrava

<sup>3</sup> Neurologická klinika

LF OU a Fakultní nemocnice Ostrava

<sup>4</sup> Neurologická klinika

LF UP a FN Olomouc



**MUDr. Michal Filip, Ph.D.**  
Neurochirurgické oddělení  
Krajská nemocnice T. Bati, a.s.  
Havlíčково nábřeží 600  
762 75 Zlín  
e-mail: filip@bnzlin.cz

Přijato k recenzi: 18. 11. 2010

Přijato do tisku: 22. 12. 2010

### Klíčová slova

Chiariho malformace typu I – peroperační ultrazukové vyšetření – duplexní sonografie – dekomprese

### Key words

Chiari malformation type I – intraoperative ultrasound examination – Duplex ultrasound imaging – decompression

## Úvod

Chiariho malformace typu I řadíme mezi nerozštěpové změny cervikokraniálního (CC) přechodu, které doprovází částečná nebo úplná blokáda likvorových cest díky kompresi subarachnoidálních prostorů mozečkovými tonzilami pod velkým týlním otvorem [1–3]. Dle vyšetření magnetickou rezonancí (MR) dělíme tuto patologii na typ A a B, přičemž u typu A je syringomyelie přítomna a u typu B syringomyelie přítomna není [4].

Operační léčba spočívá v uvolnění subarachnoidálních prostorů pomocí dekomprese velkého týlního otvoru. U Chiariho malformace typu IA je díky přítomné syringomyelie operace schopna často pouze zastavit či zpomalit klinický průběh postižení. Naopak u Chiariho malformace typu IB může operace významně zlepšit stav pacienta [5–9].

Vznik syringomyelie je rovněž spojován s blokádou likvorových cest, což potvrzují různé experimentální i klinické práce [10,11]. Diagnostika a poté adekvátní operační odstranění této blokády je klíčový problém léčby. Blokádu likvorových cest se snažíme v současné době diagnostikovat předoperačně pomocí neinvazivních zobrazovacích vyšetření, jako je např. MR v cine-mode [12], nebo pomocí semiinvazivních technik – měření tlaků v likvorových prostorech [13]. Minimální zkušenosti jsou zatím dle literárních publikací s peroperační diagnostikou dynamiky průtoku likvoru. Ta by měla přesněji diagnostikovat blokádu, upřesnit typ dekomprese a ověřit restauraci subarachnoidálních prostorů už v průběhu operace.

V recentních publikacích [14–16] a také v naší praxi bylo k peroperační diagnostice blokády a průběhu vlastní dekomprese likvorových cest u Chiariho malformace typu I využito duplexní ultrazvukové vyšetření kombinující dvě modalities zobrazení – B obraz k zobrazení mozkových struktur a dopplerovský mod k detekci rychlosti toku likvoru v oblasti komprese míšních mozečkovými tonzilami pod velkým týlním otvorem. Rychlost průtoku likvoru pod 2 cm/s v této lokalizaci byla hodnocena jako významná blokáda se všemi dalšími klinickými riziky, mezi které patří například tvorba či progresy syringy v míše. Dekomprese byla ukončena při obnovení průtoku likvoru do fyziologických hodnot 3–5 cm/s [14].

Tab. 1. Klinické příznaky Chiariho malformace typu I.

	Chiariho malformace I typ A	Chiariho malformace I typ B
ventilové bolesti hlavy	3	4
kmenové příznaky	2	1
míšní příznaky	3	0
mozečkové příznaky	3	3

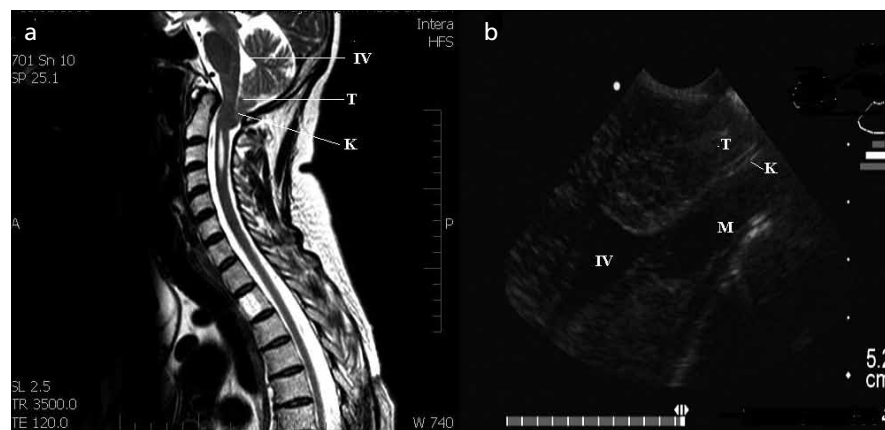
Cílem sdělení je upozornit na možnosti ultrazvukového vyšetření při peroperační diagnostice blokády likvorových cest a obnovení jejich průchodnosti jako alternativy k jiným vyšetřovacím metodám.

## Materiál a metodika

V letech 2004–2009 jsme na Neurochirurgické klinice Fakultní nemocnice Ostrava a Neurochirurgickém oddělení KNTB Zlín operovali s využitím perope-

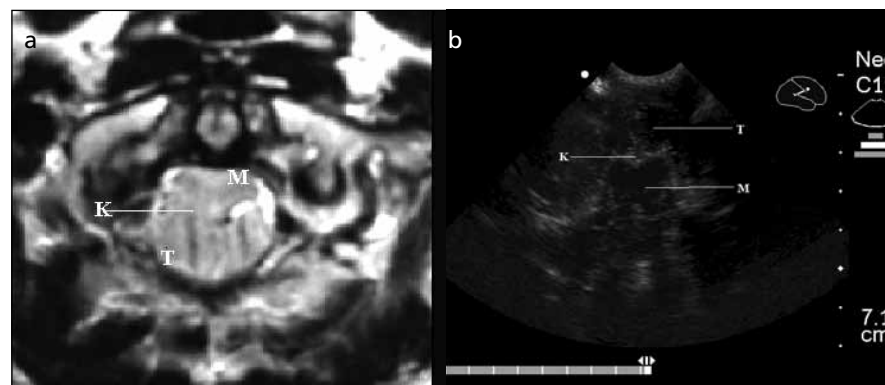
račního ultrazvuku sedm pacientů s diagnózou Chiariho malformace typu I. U tří pacientů šlo o typ A (MŽ – 2/1; věkový průměr 58 let) a u čtyř pacientů o typ B (MŽ – 2/2; věkový průměr 41 let). Pacienti byli k operaci indikováni dle klinických kritérií a statického vyšetření MR v T1 a T2 zobrazeních, které ukazuje tab. 1.

Všichni pacienti byli klinicky sledováni tři a šest měsíců po operaci. Kontrolní MR vyšetření bylo provedeno šest měsíců od operace.



Obr. 1. Chiariho malformace I typ A – předoperační MR T2, sagitální řez (1a) a peroperační ultrazvukové vyšetření v B obraze (1b).

T: mozečkové tonzily; M: mícha; IV: 4. komora; K: místo komprese



Obr. 2. Chiariho malformace I typ A – předoperační MR T2, horizontální řez (2a) a peroperační ultrazvukové vyšetření v B obraze (2b).

T: mozečkové tonzily; M: mícha; K: místo komprese

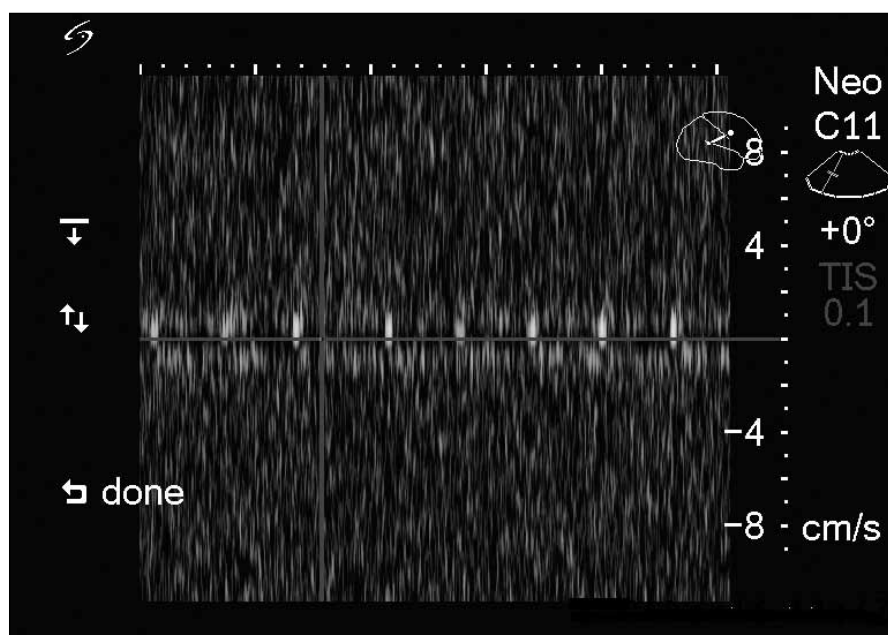
### Technika peroperačního ultrazukového vyšetření u Chiariho malformace typu I

Pro vyšetření byl použit přístroj SonoSite M-turbo (SonoSite Inc., Bothel, WA, USA), a to u tří pacientů, a GE LOGIQ e (GE Healthcare, Piscataway, NJ, USA) u čtyř pacientů s konvexní neonatální sondou o frekvenci 4–7 MHz. Přístroje umožnily vyšetření jak v B obraze, tak v dopplerovském modu.

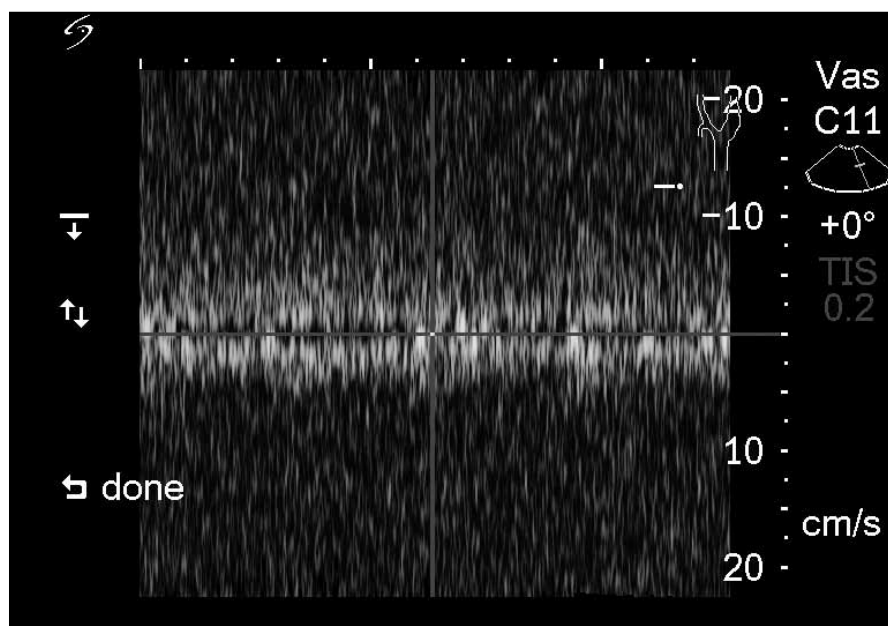
Operace probíhala v celkové anestezii, a to buď v poloze v polosedě, nebo v poloze na břiše. Poloha na břiše byla výhodnější pro lepší kontakt sondy s operačním polem. Po skeletizaci CC přechodu byla přiložena ultrazuková sonda ve sterilním obalu s gelem do operačního pole. Ve dvojrozměrném B obraze byly zobrazeny struktury velkého týlního otvoru. V sagitálním a horizontálním řezu byly lokalizovány mozečkové tonzily pronikající přes

týlní otvor a místo komprese subarachnoidálních prostorů v oblasti cerebrospinální junkce. Pro lepší orientaci jsme srovnávali ultrazukový obraz s předoperačním MR vyšetřením (obr. 1, 2).

Do místa zúžení, do subarachnoidálního prostoru mezi vyhrězlými tonzilami a míchou pod velkým týlním otvorem, byl vložen vzorkovací objem a dopplerometricky měřena rychlost průtoku likvoru (obr. 3). Po odstranění části skeletu (dolní část šupiny týlní kosti a oblouk prvního krčního obratle C1 u všech operovaných) se vyšetření zopakovalo stejným způsobem. Rychlost průtoku byla měřena vždy ve stejné lokalizaci. Pokud nedošlo ke zlepšení rychlosti nad 3 cm/s, byla otevřena tvrdá plena a provedena její plastika s eventuálním rozrušením srůstů či resekcí tonzil mozečku. Po provedení plastiky pleny byla naposledy ověřena rychlost průtoku likvoru. Při zlepšení průtoku do fyziologických rychlostí (minimálně 3 cm/s a více) byla dekomprese ukončena (obr. 4).



Obr. 3. Ultrazukové vyšetření v dopplerovském modu – blokáda průtoku v cerebrospinální junkci (rychlost toku likvoru 1 cm/s).



Obr. 4. Ultrazukové vyšetření v dopplerovském modu – obnovení průtoku v cerebrospinální junkci (rychlost toku likvoru 5 cm/s).

### Výsledky

U všech pacientů jsme pomocí duplexního ultrazukového vyšetření na počátku operace prokázali významnou blokádu likvorových cest s maximálním průtokem likvoru do 2 cm/s. U šesti pacientů jsme provedli dekompresi foramen magnum bez nutnosti rozrušení srůstů či resekcí mozečkových tonzil s plastikou tvrdé pleny pomocí xenograftu. V jednom případě stačila pouze dekomprese foramen magnum. Ihned po ukončení dekomprese se rychlost průtoku vrátila do fyziologických hodnot (u našeho souboru vždy rychlost 5 cm/s).

Porovnání klinického nálezu šest měsíců od operace s ultrazukovým nálezem na konci operace je uvedeno v tab. 2. U pěti operovaných pacientů došlo během šesti měsíců ke zlepšení neurologických příznaků. U jednoho pacienta se stav nezlepšil a u posledního pacienta došlo postupně k progresi klinických potíží.

Z pěti pacientů, u kterých nastalo zlepšení klinického nálezu, byla ve čtyřech případech předoperačně diagnostikována Chiariho malformace typu IB a v jednom případě typu IA. U obou pacientů, u nichž ke zlepšení klinického nálezu nedošlo, byla diagnostikována Chiariho malformace typu IA.

V pooperačním období došlo pouze u jednoho pacienta ke komplikaci –

Tab. 2. Typ Chiariho malformace typu I dle MR.

	Počet operovaných	Blokáda průtoku likvoru <sup>§</sup>	Obnovení průtoku likvoru <sup>#</sup>	Klinické zlepšení po 6 měsících	Bez klinického zlepšení po 6 měsících
Chiari IA (syrinx na MR prokázána)	3	3	3	1	2
Chiari IB (syrinx na MR neprokázána)	4	4	4	4	0

§: rychlost toku likvoru dle ultrazvukového vyšetření < 2 cm/s; #: rychlost toku likvoru dle ultrazvukového vyšetření > 3 cm/s



Obr. 5. MR vyšetření, T2 sagitální řez – obnovení průchodnosti likvorových cest v cervikokraniálním přechodu šest měsíců po operaci.

vzniku likvorové píštěle v operační ráně. Tato píštěl byla řešena resuturou sedmý pooperační den.

Dle MR vyšetření po šesti měsících od operace došlo u všech operovaných ke zlepšení anatomických poměrů v operované oblasti s prokázáním obnovením likvorových prostorů na MR vyšetřeních (obr. 5). U dvou pacientů, u kterých ke zlepšení klinického nálezu nedošlo, jsme doplnili kontrolní duplexní ultrazvukové vyšetření. To prokázalo zachovalý dostatečný průtok likvoru operovanou oblastí (5 cm/s u obou pacientů).

## Diskuze

Dle peroperačních nálezů jsou u Chiariho malformace typu I likvorové cesty obturovány v oblasti cerebrospinální junkce. Ty bývají často pro průtok likvoru zcela nepropustné díky herniovaným mozečkovým tonzilám a subarachnoidálním srůstům v okolí. Zpomalení toku až blokáda likvoru v této oblasti je příčinou klinických potíží. Při déletrvajících blokádách likvorových cest může dojít k tvorbě syringomyelie,

kteřá zhoršuje klinický stav, a může tak být příčinou neúspěšné operační léčby [4,5,7].

Existuje několik teorií o vztahu Chiariho malformace a syringomyelie. V současné době je akceptována modernizovaná Williamsova disociační teorie o blokádě cirkulace mozkomíšního moku na úrovni postiženého cervikokraniálního přechodu. Z poznatků v experimentu potvrzených v klinické praxi vyplývá, že přítomnost blokády likvorových cest v této oblasti znamená nebezpečí vzniku Chiariho malformace typu A [3,10,11].

Diagnostika a indikace k operaci se opírá hlavně o hodnocení klinického stavu a zobrazovacích metod s průkazem komprese cerebrospinální junkce pomocí statického MR obrazu v T1 a T2 vážených obrazech [1,6,8]. Ta lokalizují místo komprese pod velkým týlním otvorem bez znázornění dynamiky průtoku likvoru. Dle publikovaných prací ale znalost dynamiky likvoru v této oblasti může ovlivnit jak typ operačního výkonu, tak predikovat pooperační výsledek [10,13]. Dynamiku průtoku likvoru lze předoperačně vyšetřit pomocí neinvazivních zobrazovacích vyšetření nebo miniinvazivním měřením tlaku v likvorových cestách. Nejpoužívanější neinvazivní zobrazovací dynamické vyšetření toku likvoru je MR vyšetření v cine-mode, které je schopno zobrazit dynamiku toku likvoru až u 80 % pacientů [8,12]. S tímto vyšetřením však nemáme vlastní zkušenosti.

Přesnější metodou je invazivní sledování dynamiky průtoku likvoru malformovaného CC přechodu předoperačním porovnáváním intrakraniálního a lumbálního tlaku, které umožňuje relativně přesně diagnostikovat blokádu likvoru. Principem metody je invazivní monitoring intrakraniálního a lumbálního tlaku a jejich porovnávání. Jedná se o nepřímou, ale v současné době asi nejpresnější pře-

doperační metodu měření průtoku likvoru v malformovaném CC přechodu. Úspěšně ji využívá například neurochirurgie ÚVN Praha [13]. Nevýhodou metody je však invazivita vyšetření a riziko komplikací, např. infekce nebo krvácení. Navíc toto vyšetření nedokáže diagnostikovat změny průtoku likvoru v průběhu vlastní dekomprese, což může vést k mylné vyhodnocení obnovení jeho průtoku. Hrozí riziko nesprávně zvoleného typu dekomprese během výkonu s nutností eventuální reoperace [1,5,6].

V posledních letech se některá pracoviště snaží zhodnotit obnovení průtoku likvoru během vlastní dekomprese, a tím tato rizika minimalizovat. Počátkem tohoto tisíciletí se objevují práce využívající k peroperačnímu měření průtoku likvoru u Chiariho malformace ultrazvukové vyšetření v různých modalitách [14–16]. Práce Milhorata et al [15] z roku 2003 hodnotila soubor pacientů, u kterých dynamika průtoku likvoru v oblasti foramen magnum byla během výkonu kontrolována ultrazvukovým vyšetřením v B obraze a dopplerovském modu. Byl měřen objem malformované oblasti, porovnávány průtoky v a. vertebralis a v a. cerebelli inferior posterior a byla měřena rychlost průtoku likvoru v oblasti komprese cerebrospinální junkce.

Na podkladě vlastních možností jsme se rozhodli využít k hodnocení rychlosti průtoku likvoru v inkriminované oblasti také kombinaci ultrazvukového vyšetření v B obraze a dopplerovském modu. Na hodnocení ultrazvukového vyšetření na operačním sále se podílel u prvních čtyř pacientů kromě neurochirurga zkušený sonografista neurolog. Při prvním vyšetření bylo obtížné lokalizovat přesně hledanou oblast pro měření průtoku likvoru, zvláště na počátku operace před odstraněním kostních struktur. Druhé perope-

rační vyšetření, které bylo prováděno již pouze nad tvrdou plenou, bylo lépe čitelné, protože obraz nerušily artefakty z kostní tkáně. Při lokalizaci přesného místa komprese pomohlo rovněž porovnání peroperačního B obrazu s předoperačním MR nálezem. U všech pacientů se podařilo lokalizovat místo zpomaleného toku likvoru pod 2 cm/s.

Po prosté dekompresi týlního otvoru nedošlo u pěti pacientů ke zlepšení průtoku, a proto byla doplněna plastikou tvrdé pleny. Po ní se rychlost průtoku zvýšila do fyziologických hodnot na 5 cm/s. Pokud byly srovnány naše výsledky s jinými autory [15], tak peroperační vyšetření pomocí duplexní sonografie splnila očekávání. Podařilo se dobře zobrazit cerebrospinální junkci a měřit zde rychlost průtoku likvoru během prováděné dekompresie. Ke klinické úpravě ve shodě s literaturou došlo hlavně u skupiny operovaných s Chiariho malformací typu IB.

Výhodu peroperačního ultrazvukového vyšetření v porovnání s předoperačními likvordynamickými testy vidíme hlavně v hodnocení průtoku likvoru v reálném čase během celé operace. Kombinace ultrazvukového zobrazení v B obrazu a dopplerovském modu pomohla během výkonu upřesnit typ dekompresie a na jejím konci ověřit obnovení průtoku likvoru v operované oblasti. Poměr prosté dekompresie a dekompresie s plastikou byl u našeho souboru 1 : 6. Klinické výsledky s peroperačními zobrazovacími metodami (MR, sonografie) potvrdily dostatečný rozsah dekompresie u všech operovaných.

Další výhodou peroperačního ultrazvukového vyšetření je jeho neinvazivita. Pacient není před výkonem traumatizován miniinvazivními výkony, které mohou přinést někdy i závažné komplikace.

Zajímavou ve shodě s literaturou se ukazuje zkušenost, že ultrazvukové vyšetření by mohlo ovlivnit rozhodování o typu dekompresie během výkonu, což žádné předoperační vyšetření přímo neumož-

ňuje. U jednoho operovaného pro Chiariho malformaci typu IA prokázalo ultrazvukové vyšetření po odstranění kostních struktur obnovení průtoku likvoru. Zde plastika tvrdé pleny nebyla provedena. Při kontrole po šesti měsících byl klinický stav stacionární, zobrazovací metody prokázaly obnovení anatomických poměrů a průtoku likvoru v operované oblasti. Nález potvrdil správnost peroperační rozvahy podpořené ultrazvukovým vyšetřením o provedení pouze prosté dekompresie.

Nevýhodou ultrazvukového vyšetření byla především operátérova malá zkušenost se čtením ultrazvukového obrazu u prvních pacientů s rizikem špatné lokalizace místa komprese a následným nepřesným zhodnocením dynamiky průtoku likvoru. Toto riziko bylo eliminováno porovnáváním peroperačního ultrazvukového obrazu struktur ve velkém týlním otvoru s předoperačním MR ve spolupráci se zkušeným sonografistou. Díky tomu nebyla taková chyba v našem souboru zaznamenána.

### Závěr

Peroperační ultrazvukové měření dynamiky průtoku likvorových cest při dekompresi velkého týlního otvoru se jeví jako možná alternativa k předoperačním neinvazivním či miniinvazivním vyšetřovacím metodám. Hlavní výhodou duplexního ultrazvukového vyšetření je zobrazení průtoku likvoru v reálném čase v průběhu celé operace, čímž dává operátorovi okamžitou informaci o rozsahu dekompresie likvorových cest. Díky tomu může operátor lépe určit typ dekompresie k jejich uvolnění. Relativní nevýhodou je nutnost erudice v ultrazvukovém vyšetření malformovaného cervikokraniálního přechodu. Tuto nevýhodu lze eliminovat srovnáním předoperačního MR s peroperačním ultrazvukovým obrazem a spoluprací se zkušeným sonografistou.

### Literatura

1. Cooke RS. Chiari malformations. In: Palmer JD (ed). *Neurosurgery* 96. Manual of Neurosurgery. New York: Churchill Livingstone 1996: 680–684.
2. Chiari H. Ueber Veränderungen des Kleinhirns infolge von Hydrocephalie des Grosshirns. *Dtsch Med Wochenschr* 1891; 17: 1172–1175.
3. Häckel M, Beneš V. Malformace zadního mozku 1. Přehled systematiky a etiologických teorií. *Cesk Slov Neurol N* 1996; 59/96(1): 21–32.
4. Alzate JC, Kothbauer KF, Jallo GI, Epstein FJ. Treatment of Chiari I malformation in patients with and without syringomyelia: a consecutive series of 66 cases. *Neurosurg Focus* 2001; 11(1): E3.
5. Häckel M, Beneš V. Chiariho malformace bez myelodysplázie. Zkušenosti s léčbou 50 nemocných. *Cesk Slov Neurol N* 2004; 67/100(5): 370–376.
6. Greenberg MS. *Handbook of Neurosurgery*. New York: Thieme 2001.
7. Šteňo J, Biksadský P, Matejčík V, Krist J. Chirurgické liečenie syringomyelie pri Chiariho malformácii u dospelých. *Cesk Slov Neurol N* 2000; 63/96(3): 162–166.
8. Sova M, Smrčka M, Smrčka V, Hanoun G. Chiariho malformace: Vlastní zkušenosti. *Cesk Slov Neurol N* 2007; 70/103(3): 304–307.
9. Attenello FJ, McGirt MJ, Gathinji M, Datto G, Atiba A, Weingart J et al. Outcome of Chiari-associated syringomyelia after hindbrain decompression in children: analysis of 49 consecutive cases. *Neurosurgery* 2008; 62(6): 1307–1313.
10. Gardner WJ. Hydrodynamic mechanism of syringomyelia: its relationship to myelocoele. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1965; 28: 247–259.
11. Williams B. On the pathogenesis of syringomyelia: a review. *J Roy Soc Med* 1980; 73(11): 798–806.
12. McGirt MJ, Nimjee SM, Fuchs HE, George TM. Relationship of cine phase-contrast magnetic resonance imaging with outcome after decompression for Chiari I malformations. *Neurosurgery* 2006; 59(1): 140–146.
13. Häckel M, Beneš V, Mohapl M. Metodiky měření a monitorování tlaku likvoru při indikaci chirurgického řešení malformací zadního mozku. Soubor 25 nemocných. *Cesk Slov Neurol N* 2002; 65/98(3): 150–159.
14. Školoudík D, Majvald Č, Chudoba V. Možnosti diagnostiky tkáňových lézí mozku pomocí ultrazvuku. *Cesk Slov Neurol N* 1999; 62/95(3): 135–140.
15. Milhorat TH, Bolognese PA. Tailored operative technique for Chiari type I malformation using intraoperative color Doppler ultrasonography. *Neurosurgery* 2003; 53(4): 899–906.
16. Scott RM. Tailored operative technique for Chiari type I malformation using intraoperative color Doppler ultrasonography. *Neurosurgery* 2004; 55(4): 1008.