

HODNOCENÍ PŘÍTOMNOSTI NITROLEBNÍ HYPERTENZE POMOCÍ KOMPRESNÍ DOPPLEROVSKÉ ULTRASONOGRAFIE U POSTHEMORAGICKÉHO NOVOROZENECKÉHO HYDROCEFALU

THE ASSESSMENT OF THE PRESENCE OF THE INTRACRANIAL HYPERTENSION
BY MEANS OF THE COMPRESSION DOPPLER-ULTRASOUND IN
POSTHAEMORHAGIC NEWBORNS' HYDROCEPHALU

původní práce

Pavel Rejtar¹
Pavel Eliáš¹
Oldřich Pozler³
Josef Jakubec²
Jana Dědková¹
Jan Kopřiva¹
Zdeněk Kokštein³
Jan Malý³
Eva Tichá³
Eva Čermáková⁴

¹Radiologická klinika LF a FN,
Hradec Králové

²Neurochirurgická klinika LF a FN,
Hradec Králové

³JIRP pro novorozence Dětské
kliniky LF a FN, Hradec Králové

⁴Oddělení výpočetní techniky
LF a FN, Hradec Králové

Přijato: 15. 6. 2009.

Korespondenční adresa:

MUDr. Pavel Rejtar
Radiologická klinika LF a FN
Sokolská 581,
500 05 Hradec Králové
e-mail: rejtapav@fnhk.cz

SOUHRN

Rejtar P, Eliáš P, Pozler O, Jakubec J, Dědková J, Kopřiva J, Kokštein Z, Malý J, Tichá E, Čermáková E. Hodnocení přítomnosti nitrolební hypertenze pomocí kompresní dopplerovské ultrasonografie u posthemoragického novorozeneckého hydrocefalu

Cíl. Ověřit přesnost metody „tlakového provokačního testu“ v ultrazvukové diagnostice intrakraniální hypertenze u novorozenců s diagnózou posthemoragického hydrocefalu (PHH). Hlavním cílem bylo ověřit, zda křivkový nebo kompresní index rezistence koreluje s přítomností intrakraniální hypertenze. Vedlejším cílem bylo zjištění závislosti mezi stupněm nitrolební hypertenze a velikostí komor, posouzení rychlosti rozvoje PHH a zjištění, ve kterém období se vyskytuje nejčastěji.

Metoda. Vyšetřovaný soubor zahrnuje 52 dětí s diagnózou posthemoragického hydrocefalu (PHH), které byly vyšetřeny na našem pracovišti v letech 1999–2008. Průměrná porodní hmotnost dětí s PHH byla 1436 g v rozmezí 550–4090 g, medián 1150 g. Gestační stáří bylo 29,6 týdne (24.–41. týden), medián 28. týden. Celkem bylo v souboru 73 % dětí s velmi nízkou porodní hmotností (VLBW). Z celkového počtu 445 měření bylo ke statistickému zpracování vybráno 162 hodnot. Kritériem výběru bylo současné změření ve-

SUMMARY

Rejtar P, Eliáš P, Pozler O, Jakubec J, Dědková J, Kopřiva J, Kokštein Z, Malý J, Tichá E, Čermáková E. The assessment of the presence of the intracranial hypertension by means of the compression Doppler-ultrasound in posthaemorrhagic newborns' hydrocephalus

Aim. We wanted to try and verify the method of „pressure provocation test“. The primary objective was to verify, if the basic and compressive resistive index correlates with the presence and eventually with the severity of intracranial hypertension. The secondary objective was to find relationship between the degree of intracranial hypertension and the diameter of cerebral ventricles, to assess the rapidity of PHH development and to find out, in which period is PHH the most common.

Method. In years 1999–2008, 52 children with diagnosis of posthemorrhagic hydrocephalus were examined in our department. The average birth weight in children with PHH was 1436 g (550–4090 g, median 1150 g). The average age was 29,6 weeks (24–41 weeks, median 28 weeks). Totally, 73% of children had very low birth weight (VLBW). From the total count of 445 examinations, 162 values were chosen for the next statistic processing. The criterium for choice was simultaneous measurement of ventricle diameters, basic

likosti komor, klidového indexu rezistence (IR), indexu rezistence po stlačení velké fontanely (IRc) a zjištění intrakraniálního tlaku přímou metodou (ICPm).

Výsledky. Posthemoragický hydrocefalus se vyvinul průměrně za 16 dnů po porodu, do 19. dne po porodu jsme prokázali intrakraniální hypertenzi u 95 % dětí. Z celkového počtu měření IRc ($n = 162$) jsme měli sedm falešně negativních a čtyři falešně pozitivní výsledky, při ICPm > 11 cm jsme měli jeden falešně negativní výsledek. Hodnoty IR u dětí s prokázanou intrakraniální hypertenzí byly v 71,3 % (107 měření) falešně negativní a nekorelovaly s hodnotou ICP ($p > 0,5$). Velikost komor neměla vztah k zjištěné hodnotě ICPm. Celková přesnost metody dosáhla 93,2 % při senzitivitě (95,5 %) a nízké specifitě (36,4 %).

Závěr. Kompresní dopplerovská ultrasonografie dokáže s vysokou přesností stanovit přítomnost nitrolební hypertenze ještě před rozvojem klinických příznaků.

Klíčová slova: hydrocefalus, intrakraniální hypertenze, tlakový provokační test, index rezistence.

resistive index (IR), compressive resistive index (IRc) and direct intracranial pressure measurement (ICPm).

Results. Posthemorrhagic hydrocephalus developed on average in 16 days after the childbirth, till day 19 after the birth intracranial hypertension was proved in 95% of children. From the total count of measurements ($n = 162$), IRc were false negative (7) and false positive (5), in ICPm > 11 cm there was one false negative outcome. The IR values in children with proved intracranial hypertension were in 71.3% (107 measurements) false negative and didn't correlate to the value of ICP ($p < 0.5$). There was no correlation found between the ventricle diameter and the measured value of ICPm. The total accuracy of the method achieved 93.2% with high sensitivity (95.5%) and low specificity (36.4%).

Conclusion. Compressive doppler ultrasonography is able with high accuracy to determine the presence of intracranial hypertension even before development of clinical signs.

Key words: hydrocephalus, intracranial hypertension, compression ultrasonography, resistive index.

ÚVOD

Posthemoragický hydrocefalus PHH se vyskytuje nejčastěji u dětí narozených mezi 24.–33. gestačním týdnem s porodní hmotností mezi 500–1500 g. Nezralost všech orgánových systémů spolu s nezralostí mnoha autoregulačních mechanismů je příčinou častého výskytu nitrolebního krvácení (1). Nejčastěji k němu dochází v matrix germinativa – specializované zárodečné tkáni nacházející se v subependymálních oblastech mozku mezi frontálním rohem postranních komor a hlavou nucleus caudatus. Krvácení zde vzniká nejčastěji v období do 34. týdne. Krvácení může zůstat omezené jen na oblast germinativní matrix v tzv. kaudotalamickém zářezu, nebo se může provalit do komor. Ve studii Ghazi-Birriové bylo prokázáno, že více než 93 % všech subependymálních krvácení je žilního původu (2). Při krvácení do komor jsou krevní rozpádkové produkty příčinou fibrotické reakce v komorách a mohou vést k tvorbě granulací na ependymu. Důsledkem je aseptická ventrikulitida (ependymitida) často provázená adhezivní arachnoiditidou v cisternách. Trombus může obliterovat Sylviovův akvedukt nebo výstupy ze IV. komory. Oba mechanismy vedou k rozvoji vnitřního obstrukčního nebo komunikujícího posthemoragického hydrocefalu (PHH). Progresivní dilatace komor se vyvíjí u 25 % dětí s krvácením I. stupně a u 50–80 % dětí s krvácením III.–IV. stupně (3). Spolu s makroskopický-

mi změnami na mozku dochází k poškození na mikroskopické úrovni a k poruše normálních fyziologických a biochemických pochodů. Hydrocefalus u dětí ohrožuje normální zrání a vývoj mozku, proto je třeba jeho rozvoj včas zachytit a účinně léčit.

Transfontanelární ultrasonografie novorozeneckého mozku, samozřejmě zahrnující dopplerovské vyšetření, je dnes základní vyšetřovací metodou pro záchyt a sledování vývoje nitrolebního krvácení. Měření velikosti komorového systému a šířky subarachnoidálních prostor nedokáže vždy spolehlivě odlišit aktivní hydrocefalus od rozvíjející se mozkové atrofie, tedy pasivní ventrikulomegalie (4). Teprve posouzení velikosti a rychlosti růstu likvorových prostor a posuzování dopplerovských křivek zvýšilo v osmdesátých letech 20. století přesnost diagnostiky hydrocefalu s nitrolební hypertenzí (5, 6). U pomalu progredujícího hydrocefalu může však být interpretace dopplerovského vyšetření obtížná, protože cirkulační adaptační mechanismy zajistí normální cévní rezistenci s normálními naměřenými hodnotami periferního odporu, vyjádřenými měřením indexu rezistence (IR). Normální nebo lehce zvýšený IR, měřený na kolénku přední mozkové tepny u dětí s hydrocefalem, může být důsledkem existence řady kompenzačních mechanismů zajišťujících rezervu pro

stoupající nitrolební objem. Patří k nim vlastnosti novorozecké lebky (poddajnost kostí i dury), široké švy, přítomnost fontanel a široké subarachnoidální prostory. Naproti tomu se normální dopplerovské nálezy mohou vyskytovat i u rychle progredujících hydrocefalů.

Pro vyšší citlivost dopplerovské metody navrhl Taylor komprimovat fontanelu během měření ultrazvukovou sondou. Tlak na fontanelu během vyšetřování zjistí rezervní kapacitu likvorových prostor a odezvu v průtoku mozkovými tepnami. U zdravých dětí dochází při stlačení velké fontanely k malému zmenšení intrakraniálního objemu, perfuze se sníží a mírně stoupne IR. Naopak, při zvýšeném intrakraniálním tlaku je poddajnost mozku omezená a po kompresi periferní arteriální odpor, vyjádřený kompresním indexem rezistence (IRc), výrazně stoupne. Taylorův „tlakový provokační test“ má zpřesnit dopplerovská měření, a tím pomoci při rozhodování o potřebě zavedení komorové drenáže (7–9).

Murphy studoval soubor 248 nezralých novorozenců (kolem 27 g. t.) s velmi nízkou porodní hmotností (VLBW). V tomto souboru se vyvinula progresivní ventrikulární dilatace (přechodná posthemoragická ventrikulomegalie) po IVH u 25 % dětí. U 38 % z nich se spontánně růst komor zastavil. Ze zbývajících 62 % dospělo 48 % k úpravě po farmakoterapii nebo po sérii punkcí (komorových nebo lumbálních) a dočasných drenáží. Zbývajících 34 % vyžadovalo zavedení trvalé ventrikulární drenáže, nejčastěji ventrikuloperitoneální (VP) shunt, 18 % zemřelo (10). Bass uvádí, že se progresivní posthemoragická dilatace vyvinula u poloviny dětí s VLBW a IVH v jeho souboru a z tohoto počtu vyžadovalo neurochirurgickou intervenci 60–85 % případů (11).

Výsledky Murphyho práce, publikované sice až po zahájení našeho výzkumu, dobře korelují s našimi předchozími zkušenostmi. Zásadním úkolem pro lékaře ošetřujícího dítě s intrakraniálním krvácením je včas zachytit rozvoj nitrolební hypertenze u nálezů postupně se vyvíjející ventrikulomegalie a vhodným terapeutickým postupem zabránit rozvoji nežádoucích účinků na nervovou tkáň. Taylorův tlakový provokační test používáme již od konce devadesátých let. Některé otázky týkající se interpretace výsledků testu nebyly dosud dostatečně objasněny. Existuje přímá úměra mezi velikostí nitrolebního tlaku a hodnot IR a IRc? Jaký je vztah hodnoty nitrolebního tlaku a velikosti komor? Tyto hlavní otázky jsme se rozhodli v naší práci řešit. Získaná data navíc dovolila poukázat na některá další klinicky důležitá fakta.

MATERIÁL A METODA

Soubor vyšetřovaných dětí, metodika zpracování výsledků

Od zavedení metody kompresní dopplerovské ultrasonografie v roce 1999 do roku 2008 jsme na našem pracovišti vyšetřili 412 dětí s podezřením na některou formu hydrocefalu. Průměrná porodní hmotnost dětí s PHH byla 1436 g v rozmezí 550–4090 g, medián 1150 g. Gestační stáří bylo 29,6 týdne (24.–41. týden), medián 28. týden, modus 26. týden. Celkem bylo v souboru 73 % dětí s velmi nízkou porodní hmotností (VLBW).

Do zkoumaného souboru bylo zahrnuto 52 dětí s diagnózou posthemoragického hydrocefalu (PHH), u kterých jsme provedli celkem 445 ultrazvukových měření; 162 měření se časově shodovalo s přímým vyšetřením nitrolebního tlaku. Tato měření byla zahrnuta do zkoumaného souboru. Statistiky jsme porovnali následující parametry: 1. hodnoty přímého měření nitrolebního tlaku (ICP) vůči hodnotám klidového indexu rezistence (IR), 2. hodnoty ICP vůči hodnotám Taylorova kompresního indexu rezistence (IRc), 3. hodnoty ICP vůči velikosti komor. Dále jsme rovněž popisně zhodnotili časový vývoj nálezů PHH. Data byla zpracována na OVT LF programem NCSS 2007 a byly určeny popisné charakteristiky souboru. Pro vyhodnocení jsme použili Fisherův přesný test v kontingenční tabulce, neparametrický Mannův-Whitneyův test a Spearmanovy korelační koeficienty. Dále jsme vypočetali hodnoty senzitivity, specificity, negativní a pozitivní prediktivní hodnoty pro Taylorův kompresní test.

Technika ultrazvukového vyšetření mozku

Všechny používané přístroje byly vybaveny triplexním dopplerovským záznamem. Výpočty základních parametrů při dopplerovském měření byly prováděny jednotným způsobem. Nálezy jsme archivovali pomocí termoprinteru nebo uložením na magnetooptický disk.

Novorozencům s nízkou porodní hmotností jsme standardně vyšetřili mozek po stabilizaci stavu, nejdéle do 72 hodin po narození, v 1. a 2. týdnu života a dále podle klinického stavu nebo předchozího ultrazvukového nálezu. Mозek a komorový systém jsme zobrazovali standardní technikou přes akustické okno velké fontanely v koronárních a sagitálních, resp. parasagitálních řezech. Podle potřeby jsme doplnili alternativní přístupy přes malou fontanelu, šupinu temporální kosti nebo mastoidální okno. Celková doba vyšetření obvykle trvala 5–10 minut. Farmakologické zklidnění dítěte jsme nevyžadovali, při neklidu postačilo podání malého množství glukózy do úst nebo využití šidítka během vyšetřování. Všechna vyšetření na JIP byla provedena v inkubátorech s minimální manipulací dítěte. Hygienická opatření jsme dodržovali v soulase s místními standardy.

Měření velikosti komor

Šířku frontálních rohů postranních komor jsme v koronárním řezu měřili v místě spojení postranních komor se III. komorou (úroveň foramen Monroi) podle Londona et al. (šířka frontálního rohu levé a pravé komory) a Skolnicka et al. (laterální rozteč komor, v textu označeno jako VM lat (12)). Za normální velikost jsme považovali hodnoty do 4 mm. Šířku komor nad 5 mm jsme považovali za patologickou a komory podle studie Ventriculomegaly Trial Group z roku 1994 za dilatované. Laterální rozteč komor VM lat jsme hodnotili při výrazné ventrikulomegalii jako doplňkovou hodnotu k přesnějšímu posuzování velikosti komorového systému (obr. 1A, B).

Měření šířky subarachnoidálních (SA) prostorů jsme hodnotili přes velkou fontanelu jako vzdálenost mezi durou a nejbližším gyrem v okolí falxu. Normální šířka je do 4 mm, od 5 mm jsme považovali šířku subarachnoidálních prostorů za zvětšenou (13).



▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B

Obr. 1A. Ultrazvukové vyšetření dítěte s výraznou ventrikulomegalií po SEH III ukazuje v koronární rovině odlitkový hematoma, který vyplňuje většinu objemu postranních komor a celý objem III. komory

Fig. 1A. Infant, ventriculomegaly after SEH II, ventricular system filled with the haematoma

Obr. 1B. Stejný pacient v časovém odstupu v koronární rovině ve standardním místě (úroveň foramen Monroi), na kterém jsou vidět dilatované frontální a okcipitální rohy postranních komor, výrazně dilatovaná III. komora, v dolní části obrázku okrajově zachycena dilatovaná IV. komora. Residuum hematoma na stěnách komor, malatické pseudocysty periventrikulárně frontálně. Kalipery ukazují způsoby měření šířky komor.

Fig. 1B. The same patient, follow-up examination in the coronal view in the level of the foramen Monroi, dilated frontal and occipital horns of the lateral ventricles, dilated IIIrd and IVth ventricles

Residual haematoma adherent to the walls of ventricles, there are pseudo-cystic changes in the region of periventricular cerebral tissue. Calipers showed the way of measurement.

Dopplerovské vyšetření

Základní dopplerovské vzorkování jsme standardně získávali v kolénku arteria cerebri anterior (ACA). Zjišťovali jsme nejvyšší systolickou rychlost a nejnižší diastolickou rychlost. Z těchto hodnot přístroj vypočítal index rezistence (IR).

Vzájemný vztah systolických a diastolických rychlostí nám ve výsledném poměru sloužil jako přesný a citlivý ukazatel změn průtoku krve mozkem. V prvních měsících života se absolutní rychlosti toku zvyšují (diastolické o něco více než systolické) a IR postupně klesá. Průběh je odlišný u zralých novorozenců, nezralých novorozenců a výrazně nezralých novorozenců s velmi nízkou porodní hmotností (VLBW). Podle průsvitu cév nebo místa měření jsou hlavní změny arteriálních rychlostí v jejich systolické části, enddiastolická část se mění jen málo. Pourcelotův index rezistence (IR) je bezrozměrné číslo, které získáme z rozdílu maximální systolické a diastolické rychlosti dělené maximální systolickou rychlostí: $IR = \frac{V_{syst} - V_{diast}}{V_{syst}}$. Index rezistence odpovídá nozkovému perfuznímu tlaku (5, 14). Vzájemný vztah systolických a diastolických rychlostí nám ve výsledném poměru (IR) slouží jako přesný a citlivý ukazatel změn průtoku krve mozkem. „Klidový“ IR je značně různorodý a nekoreluje s přítomnou intrakraniální hypertenzí. Normální hodnoty klidového indexu rezistence (IR) bez komprese fontanely se pohybují v rozmezí 0,55–0,85 (5, 12, 15). Výpovědní hodnota vlastního „klidového“ IR je však minimální (11, 16, 17). Kompresní index rezistence (IRc) jsme hodnotili při kontinuálním tlaku na velkou fontanelu za současného měření systolických a diastolických rychlostí (obr. 2A,B). Dobu kom-

prese jsme omezovali na nezbytně nutnou k získání hodnotitelné křivky, nikdy nepřesahovala 5 sekund. Kompresi jsme opakovali jen při získání nehodnotitelné dopplerovské křivky. IRc s vymizením nebo inverzí diastoly jsme považovali za silný prediktor nitrolební hypertenze (7, 8).

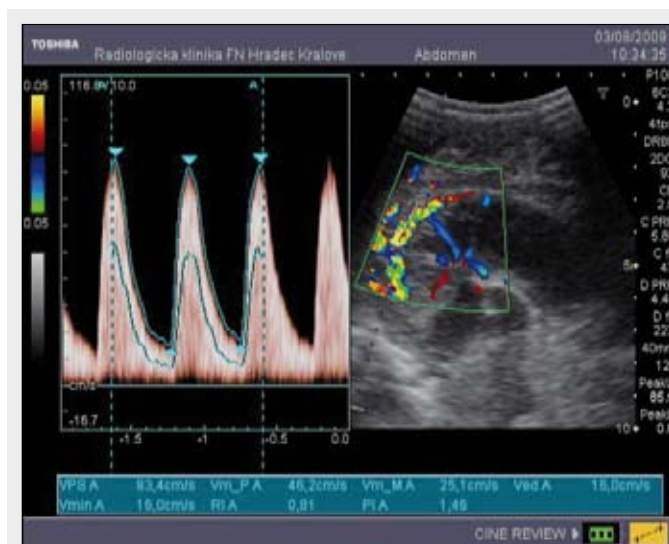
Časování vyšetření

Při změně klinického stavu bylo ultrazvukové vyšetření mozku provedeno co nejdříve po této změně. Pokud jsme našli krvácení do komor, předpokládali jsme možný rozvoj nitrolební hypertenze a zkracovali jsme intervaly kontrol tak, abychom včas zachytili stoupající hodnotu IRc. Při zachytu progresu ventrikulomegalie nebo vzestupného trendu IRc jsme kontrolovali dítě denně a při zjištění patologických hodnot IRc jsme indikovali komorovou punkci s přímým změřením ICP (ICPm).

VÝSLEDKY

Soubor

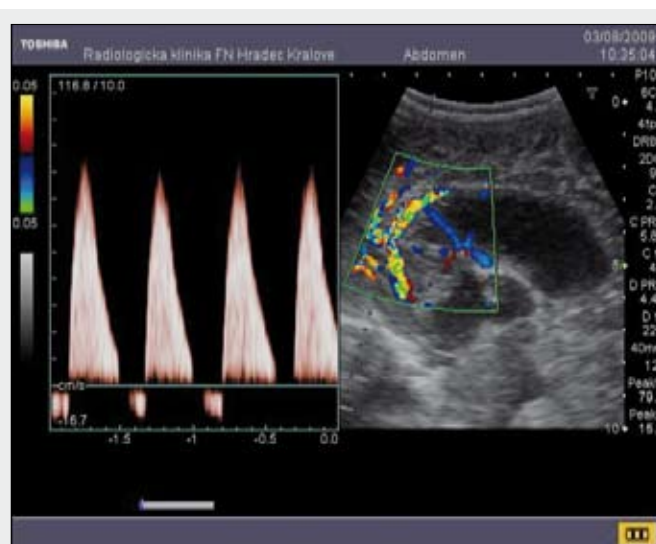
V souboru 52 dětí jsme hodnotili 162 ultrazvukových vyšetření, po kterých byl bezprostředně změřen intrakraniální tlak (ICPm) při punkci komory (125 měření – 77,2 %) nebo subgaleálního shuntu (37 měření – 22,8 %). Ze 162 měření byl 12× (7,4 %) naměřen ICPm menší nebo roven 7 cm H₂O (skupina A) a 150× (92,6 %) ICPm větší než 7 cm H₂O (skupina B).



▲ Obr. 2A

Obr. 2A. Měření indexu rezistence v kolénku přední mozkové tepny ACA u dítěte s ventrikulomegalií; IR = 0,81

Fig. 2A. Measurement of the resistency index in the knee of the anterior cerebral artery in an infant with ventriculomegaly; IR = 0.81



▲ Obr. 2B

Obr. 2B. Měření indexu rezistence po stlačení velké fontanely s vymizením a inverzí diastolických toků; IR > 1

Fig. 2B. Measurement of the resistency index after compression of the larger fontanelle, the systolic flow is disappearing and inverted; IR > 1

Tab. 1. Výsledné zhodnocení účinnosti metody kompresní dopplerovské ultrasonografie

Table 1. Results of the effectivity evaluation of the compression method of Doppler-ultrasound

Všechna měření	n = 162	100 %
SP	143	88,3 %
SN	4	2,5 %
FN	7	4,3 %
FP	8	4,9 %
přesnost	90,7 %	
senzitivita	95,3 %	
specifita	33,3 %	
PPH	94,7 %	
NPH	36,4 %	

Index rezistence bez komprese (IR) a index rezistence s kompresí (IRc) ve vztahu k hodnotě ICPm

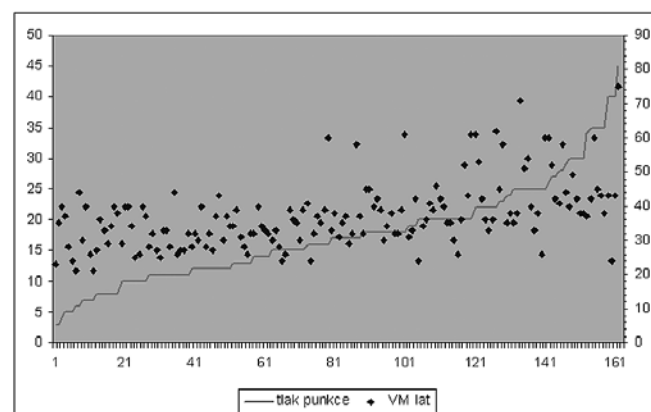
Průměrná hodnota ICPm celého souboru byla 17,3 cm H₂O (rozptyl 3–45 cm H₂O), medián 17, modus 20. Porovnali jsme rozdíl v přímo naměřených tlacích ICPm, IR a IRc ve skupině s ověřeným normálním intrakraniálním tlakem (skupina A) a ve skupině s prokázanou intrakraniální hypertenzí (skupina B). U skupiny A byl IR 0,71 a IRc 0,93, u skupiny B byl IR 0,81 a IRc 1,04. Rozdíl IR bez komprese a s kompresí byl statisticky významný ($p < 0,005$). Bylo provedeno kvalitativní hodnocení závislosti ICPm a IRc testem hypotézy nezávislosti v kontingenční tabulce vůči alternativě závislosti. Obě veličiny spolu souvisí $p = 0,00038$. Prokázali jsme tedy, že pouhé měření klidového IR nestačí k odlišení ventrikulomegalie s vysokým ICPm vůči pasivnímu rozšíření komor; naopak, Taylorův test výrazně zvyšuje přesnost dopplerovské metody. V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky diagnostické přesnosti metody.

Velikost komor vůči hodnotě ICPm

Porovnávali jsme závislost velikosti komorového systému na výšce ICPm. Neprokázali jsme žádnou závislost mezi šířkou komorového systému a výškou ICPm (graf 1).

Rozvoj hydrocefalu

Posthemoragický hydrocefalus se vyvinul průměrně za 16 dní od porodu (1.–31. den), medián 16. den (1. týden 17 dětí, 2. týden 26 dětí, 3. týden 7 dětí, 4. a více týdnů 3 děti). Do 19. dne jsme prokázali intrakraniální hypertenzi při PHH u 49 z 52 dětí (95 %).



Graf 1. Porovnání laterální rozteče šířky komor VM lat s hodnotou ICPm (růžová – intrakraniální tlak změřený při punkci ICPm, modrá – součet velikosti komor) osa x – pořadí měření, osa y vlevo – hodnota intrakraniálního tlaku ICPm (cm H₂O), osa y vpravo – velikost komor (cm)

Graph 1. Comparison of the lateral diameter of the ventricles VM lat with the value of the ICPm

(pink – intracranial pressure measured during puncture ICPm, blue – addition of the ventricular diameters). Axis x – measurement numbers, axis y left – intracranial pressure ICPm (cm H₂O), axis y right – ventricular diameter (cm)

DISKUSE

V naší práci jsme se věnovali ultrazvukové diagnostice PHH u nezralých novorozenců s cílem ověřit hypotézu, že patologické hodnoty IRC jsou projevem intrakraniální hypertenze. Potvrzení tohoto předpokladu umožňuje stanovit rozvoj hypertenze před manifestací klinických příznaků. Při vyšetřování nezralých novorozenců s podezřením na rozvoj PHH jsme použili Taylorův kompresní provokační test.

Snahou kompresní diagnostické metody je stanovit výšku ICP podle hemodynamické odpovědi na stlačení fontanely. Komprese velké fontanely při dopplerovském měření na přední mozkové tepně (ACA) využívá krátkého zmenšení intrakraniálního objemu, a tím pomáhá stanovit sníženou mozkovou poddajnost. IRC se při tomto testu významně zvyšuje u dětí s hydrocefalem i mozkovým edémem, ale mění se jen minimálně u dětí zdravých (7).

Kritéria pro velikost postranních komor a výšku ICP jsme převzali ze studie Rennieovy a Blomquistovy (12, 14). Šířku komor do 4 mm jsme považovali za normální, do 5 mm za hraniční a šířku přesahující 5 mm při měření ve standardním rozměru za patologickou. Šířku komor jsme hodnotili buď jako součet jednotlivých komor, nebo jejich laterální rozteč v úrovni frontálních rohů v koronární orientaci. Tyto veličiny se chovají závisle a ke sledování vývoje ventrikulomegalie lze využít kterékoliv z nich. Osvědčilo se nám využívat oba způsoby měření.

Normální hodnoty intrakraniálního tlaku stoupají podle stáří dítěte. Pro novorozence je za normální tlak považována hodnota 3,5 mm Hg odpovídající asi 4,5 cm H₂O, pro kojence 5,8 mm Hg, tj. do 8 cm H₂O (15, 17–19). Z rozptylu hodnot nalezených v literatuře jsme zvolili za horní hranici normy průměrného ICP měřeného komorovou punkcí hodnotu 7 cm H₂O. Stejnou hraniční hodnotu hypertenze uvádí i Bass (11).

Průměrný index rezistence zdravých donošených novorozenců je 0,75 s normálním rozptylem 0,55–0,85. Jeho hodnota se stoupajícím věkem klesá. Rozdíl mezi hodnotou IR u zralých a nezralých novorozenců je zanedbatelný (15).

Vlastní kompresní test spočívá ve stlačení velké fontanely, během něhož se měří dopplerovské toky v témže místě na ACA a porovnává se změna poměru toku v systole a diastole a rovněž index rezistence. Taylor uvádí, že komprese fontanely by neměla trvat déle než 5 sekund a měření by se neměla vícekrát opakovat. Domnívá se, že dochází k adaptaci hemodynamiky na kompresi (7). Dle našich zkušeností nevedou opakovaná měření při intrakraniální hypertenzi ke změně výsledků. I nutnost opakování komprese fontanely vedla ke správně pozitivnímu výsledku vyšetření v případě přítomné intrakraniální hypertenze. U normotenzních dětí jsme tento efekt nezkoumali. Technika komprese fontanely je pro námi použitý kompresní test zcela zásadní. Efekt komprese na fontanelu jsme ověřili při punkci komory nebo subgaleálního rezervoáru. Prokázali jsme, že došlo ke zvýšení sloupce likvoru o 7–10 cm. Při opakovaných měřeních u různých pacientů jsme zjistili prakticky stejné hodnoty. Je zřejmé, že je tato metoda zatížena velkou subjektivní chybou vyšetřujícího lékaře, a tím spíše chybami mezi jednotlivými vyšetřujícími lékaři. K získání správných výsledků je v optimálním případě nutné zajistit vyšetřování pacientů jedním lékařem s relativně konstantní chybou měření. Samozřejmostí je výborná znalost přístroje a rychlost jeho ovládání, nezanedbatelným faktorem je zkušenost vyšetřujícího. Pochopitelné je postupné zlepšení

diagnostické přesnosti (tzv. learning curve), kterou jsme vnímali i v našem případě.

Ke stanovení diagnózy hydrocefalu a sledování dynamiky jeho vývoje je třeba provést několik vyšetření v intervalech 1–2 dnů. Zvýšená cévní rezistence upozorňuje na akutní rozvoj hydrocefalu. Tento alarmující příznak však chybí při jediném vyšetření u málo progredující nebo stacionární ventrikulomegalii, proto je vhodné vyšetření opakovat. Příčinou je pravděpodobně mechanismus přizpůsobení mírné nebo hraniční cévní komprese, pod níž jsou výsledky dopplerovského vyšetření normální.

Zjišťováním **incidence subependymálního nebo intraventrikulárního krvácení** (tedy možných příčin vzniku hydrocefalu) jsme se v naší práci přímo nezabývali. Naše pozorování, týkající se časového vývoje při vzniku PHH, jsou zhruba ve shodě s literárními údaji. Krvácení postihuje přibližně 20 až 60 % předčasně narozených novorozenců (20, 21). Nebyl nalezen rozdíl mezi dětmi narozenými do 30. gestačního týdne a v rozmezí 30.–34. týdne, ale byl prokázán výrazně nižší výskyt ve skupině dětí narozených po 34. gestačním týdnu. Toto časové období odpovídá období zániku germinativní matrix, která je nevýznamnějším zdrojem intraventrikulárního krvácení nezralých novorozenců do 34. týdne. Bezprostředně po porodu se objevuje minimum krvácivých příhod. Rozmanitost literárně prezentovaných výsledků je velká a neexistují jednotná kritéria pro načasování ultrazvukových vyšetření hlavy. Lze však shrnout, že téměř všechna subependymální a intraventrikulární krvácení vznikají v období prvních 3–4 dnů po porodu (> 90 % případů), což kromě literárních údajů (20, 22) potvrzují i naše zkušenosti. Proto ve zmíněném období 3–4 dnů po porodu provádíme u všech nezralých novorozenců první ultrazvukové vyšetření mozku. Za týden nebo kdykoliv při náhlé změně klinického stavu vyšetření zopakujeme a při prokázání IVH zkrátíme intervaly kontrol tak, abychom včas diagnostikovali rozvoj intrakraniální hypertenze. Při růstu komor nebo při vzestupu IRC kontrolujeme dítě denně a při zjištění patologických hodnot IRC indikujeme provedení komorové punkce s přímým změřením ICP.

Jsmo si vědomi toho, že statistické zpracování námi získaných hodnot bylo zatíženo **malým množstvím negativních výsledků**. Je tedy třeba rezervovaně hodnotit výsledky specificity, správné a falešné negativity. Důvod je zřejmý: Z etického hlediska nebylo možné provádět punkce u dětí, u kterých jsme nepředpokládali přítomnost intrakraniální hypertenze jen proto, abychom ověřili náš předpoklad, že ICP není zvýšený. Několik správně nebo falešně negativních výsledků bylo ověřeno ve 12 případech.

Domníváme se, že **falešná negativita** při komorové punkci nebo při punkci subgaleálního portu by mohla být způsobena použitím velmi tenké jehly, která nebyla schopna přenést hodnotu tlaku do prodlužovacího setu, nebo ucpáním jehly při punkci. Rovněž likvor s detritem a tromby často ucpával jehlu, a mohl se tak stát zdrojem diagnostických omylů. Kompresní test nebylo možné využít také u dětí s extrémní ventrikulomegalii a výraznou redukcí mozkové tkáně. V těchto případech pravděpodobně námi prováděná komprese nestačila v příliš velkém objemu komor přenést tlak na cévy a způsobit hodnotitelnou hemodynamickou odezvu.

Naopak vysoký IRC často s inverzí diastoly může být příčinou **falešně pozitivního** nálezu, přestože je ICP normální. Příčinou tohoto jevu je přítomnost hemodynamicky význam-

né perzistující arteriální dučeje, která „steal“ fenoménem IR zvyšuje. Dučeje často přetrvává několik dní po porodu, může se rovněž otevřít po svém uzavření, například při zánětlivých komplikacích i v pozdějším poporodním období.

Naše výsledky potvrdily, a to ve shodě s literárními údaji (8, 17, 23), že i v případě výrazné intrakraniální hypertenze může být klidový index rezistence (IR) zcela normální. Zjistili jsme, že existují případy mírné ventrikulomegalie s významnými změnami IR a naopak případy s výraznou ventrikulomegalí při normálních IR. Cévní změny odráží akutní, rychle progredující onemocnění jakékoliv etiologie. Přestože pravděpodobnost přítomnosti vysokého intrakraniálního tlaku roste se stoupající velikostí komor, podle našich výsledků není možné hodnotu velikosti komor použít k předpovědi přítomné intrakraniální hypertenze. Na rozdíl od těchto „nespolehlivých“ veličin (IR a šířka komor) má hodnota IRc vysokou senzitivitu pro stanovení intrakraniální hypertenze a je tedy v diagnostice tohoto patologického stavu zcela zásadní.

ZÁVĚRY A SHRNUÍ PRO PRAXI

Kompresní dopplerovská ultrasonografie je neinvazivní vyšetření s vysokou prediktivní hodnotou pro stanovení nit-

rolební hypertenze. Při klinickém podezření na hydrocefalus je metodou první volby. Jde o bezpečnou metodu a lze ji provádět i u velmi nezralých a nestabilních novorozenců přímo v inkubátoru. Nemá vedlejší nežádoucí účinky, nepoškozuje pacienta radiací a nevyžaduje sedaci. Ve většině případů je schopná stanovit etiologii hydrocefalu, sledovat efekt léčby jednorázových punkcí a monitorovat funkce shuntů. Zjistíme-li progresivní růst velikosti postranních mozkových komor u dítěte, nález patologického IRc s vysokou pravděpodobností signalizuje přítomnou intrakraniální hypertenzi. Naopak samotnou velikost komor nelze pro předpověď použít, stejně jako klidový IR, který může být normální i při přítomné výrazné intrakraniální hypertenzi. Limitace kompresní metody:

1. podhodnocení výšky ICP při nedostatečné kompresi fontanely,
2. nedostatečná komprese fontanely při její malé velikosti,
3. falešně pozitivní nález u zkratových vad, nejčastěji hemodynamicky významné otevřené tepenné dučeje.

Domníváme se, že pomocí kompresní dopplerovské sonografie stanovíme nejčasnější fáze rozvoje hydrocefalu a při včasné založení subgaleálního portu pro dočasnou derivaci likvoru uchráníme mozek dlouhodobému působení vyššího ICP se všemi jeho důsledky.

LITERATURA

1. Hassan K, Mawla AA, Kazah J. The incidence, timing, and predisposing factors of germinal matrix and intraventricular hemorrhage (GMH/IVH) in preterm neonates. *Child's Nerv Syst* 2006; 22: 1086–1090.
2. Ghazi-Birri HS, Brown WR, Moody DM, et al. Human Germinal matrix: venous origin of hemorrhage and vascular characteristics. *Am J Neuroradiol* 1997; 18: 219–229.
3. Boop FA. Posthemorrhagic hydrocephalus of prematurity. In: Cinalli G, Maixner WJ, Sainte-Rose C. *Pediatric hydrocephalus*. Springer-Verlag, Italia, Milano 2004: 121–131.
4. Shackelford GD. Neurosonography of hydrocephalus in infants. *Neuroradiol* 1986; 28: 452–462.
5. Seibert JJ, McCowan TC, Chaddock WM, et al. Duplex pulsed Doppler US versus intracranial pressure in the neonate: clinical and experimental studies. *Radiology* 1989; 171: 155–159.
6. Babcock DS. Sonography of the brain in infants. Role evaluating neurologic abnormalities. *AJR* 1995; 165: 417–423.
7. Taylor GA, Madsen J. Neonatal hydrocephalus: hemodynamic response to fontanelle compression correlation with intracranial pressure and need for shunt placement. *Radiology* 1996; 201: 685–689.
8. Oliveira RS, Machado HR. Transcranial color-coded Doppler ultrasonography for evaluation of children with hydrocephalus. *Neurosurg Focus* 2003; 15: 1–7.
9. Meyer GP, Ducrocq S, Rackelboom T, et al. Surgical evacuation of acute subdural hematoma improves cerebral hemodynamics in children: a transcranial Doppler evaluation. *Child's Nerv Syst* 2005; 21: 133–137.
10. Murphy BP, Inder TE, Rooks V, et al. Posthaemorrhagic ventricular dilatation in the premature infant: natural history and predictors of outcome. *Arch Dis Child* 2002; 87: 37–41.
11. Bass JK, Bass WT, Green GA, Gurtner GA, White LE. Intracranial pressure changes during intermittent CSF drainage. *Pediatr Neurol* 2003; 28: 173–177.
12. Rennie JM. *Neonatal cerebral ultrasound*. Cambridge University Press, 1997.
13. Veyrac C. Pericerebral fluid collection and ultrasound. In: Couture A, Veyrac C. *Transfontanelar doppler imaging in neonates*. Berlin: Springer-Verlag 2001.
14. Blomquist KH, Sundin S, Ekstedt J. Cerebrospinal fluid hydrodynamic studies in children. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1986; 49: 536–548.
15. Couture AP. Hemodynamics and hydrocephalus. In: Couture AP, Veyrac C. *Transfontanelar doppler imaging in neonates*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2001; 107–153.
16. Taylor GA. Sonographic assessment of posthemorrhagic ventricular dilatation. *Radiol Clin North Am* 2003; 39: 541–551.
17. Hoza D, Hořínek D, Novák Z, et al. Využití transkraniálního doppleru k průkazu intrakraniální hypertenze u dětí se skafocefalíí. *Česk Slov Neurol. N* 2007; 70: 43–48.
18. Welch K. The intracranial pressure in infants. *J Neurosurg* 1980; 52: 693–698.
19. Eide PK, Egge BJ, Due-Tønnessen E, Helseth J. Is intracranial pressure waveform analysis useful in the management of pediatric neurosurgical patients? *Pediatr Neurosurg* 2007; 43: 472–481.
20. Kadri H, Mawla AA, Kazah J. The incidence, timing and predisposing factors of germinal matrix and intraventricular hemorrhage (GMH/IVH) in preterm neonates. *Child's Nerv Syst* 2006; 22: 1086–1090.
21. Taylor GA, Peter CJ. Advantages of delayed VP shunting in post-haemorrhagic hydrocephalus seen in low-birth-weight infants. *Child's Nerv Syst* 2001; 17: 328–333.
22. Bassan H, Benson CB, Limperopoulos C, et al. Ultrasonographic features and severity scoring of periventricular hemorrhagic infarction in relation to risk factors and outcome. *Pediatrics* 2006; 117: 2111–2112.
23. Eliáš P, Rejtar P, Žižka J, Černoch Z., Pařízek J. Získaná onemocnění novorozeneckého a kojeneckého mozku. In: Černoch Z, et al. *Neuroradiologie*. Hradec Králové: Nucleus 2000; 76–117.