

PROGRAMOVATELNÉ A NEPROGRAMOVATELNÉ VENTILY PRI LIEČBE HYDROCEFALU: ŠESTROČNÉ SKÚSENOSTI

MUDr. Ján Šulaj, doc. MUDr. Miroslav Galanda, CSc., MUDr. František Patrás, MUDr. Alexander Béreš
Neurochirurgická klinika SPAM, Rooseveltova NsP, Banská Bystrica

Hodnotíme vlastné šesťročné skúsenosti s používaním ventilov Codman Hakim a to bez možnosti nastavenia otváracieho tlaku, s pevne definovanou rezistenciou ku ventilom s programovateľným, teda variabilným otváracím tlakom. Obidva pracujú na tom istom princípe. Od r. 1994 sme implantovali 85 ventilov Codman Hakim u 79 pacientov novorodeneckého, detského i dospelého veku. Pri výbere vhodného ventilu sme brali do úvahy etiológiu hydrocefalu, celkový stav pacienta, jeho prognózu ako i predchádzajúce vstupy do likvorového priestoru. Pomer programovateľných ventilov k neprogramovateľným bol 38:47. Vyhodnocovali sme efektívnosť drenáže, klinický stav predoperačne a pooperačne, skoré i neskoré komplikácie. Pri detskom hydrocefale, normotenznom hydrocefale ako i hydrocefale po kraniocerebrálnej traume, subarachnoidálnom krvácaní a pri arachnoidálnych cystách sa nám osvedčili ventily s variabilným otváracím tlakom, u ktorých možno neinvazívne podľa potreby prestaviť otvárací tlak a tým nastaviť optimálne drénovanie. U pacientov s obštrukčným hydrocefalom pri nádorovom ochorení CNS sú vhodné ventily s pevne nastaveným otváracím tlakom.

Kľúčové slová: hydrocefalus, programovateľný ventil, neprogramovateľný ventil, mozgomiešny mok.

Úvod

V liečbe hydrocefalu a v obnovení prietoku likvoru je dnes možné použiť intrakraniálne skraty, alebo extrakraniálne drénovanie likvoru. K prvým patrí v poslednej dobe čoraz častejšie používaná endoskopická ventrikulostómia tretej komory alebo jej realizácia stereotakticky, prípadne dnes už menej používané intrakraniálne skraty silikónovou hadičkou, medzi ktoré zaraďujeme aj Torkildsenovu drenáž. Stále najrozšírenejšou operáciou pri liečbe hydrocefalu ale zostáva extrakraniálne drénovanie likvoru za použitia ventilu do brušnej dutiny, alebo do venózneho systému. Výrobcovia ponúkajú dnes cez 400 druhov ventilov rôznej konštrukcie ako i hydromechanických vlastností (1). V našej práci popisujeme skúsenosti s používaním ventilov Codman Hakim a to s pevne nastaveným otváracím tlakom ventilu, ako i s tlakom variabilne nastaviteľným.

Metodika

Pacienti

Od 1. januára 1994 do 31. decembra 2000 sme na našej klinike implantovali u 79 pacientov 85 ventilov Codman Hakim. Z nich 38 programovateľných u 36 pacientov (45,6%). Dvomi pacientom bol reimplantovaný nový ventil po extrakcii predchádzajúceho pre ventrikulitídu. Ventilov s pevne nastaveným otváracím tlakom sme implantovali spolu 47 u 43 pacientov (54,4%). Veková hranica pacientov predstavovala širokú škálu od novorodeneckého veku po 69 rokov. Deti do 15 rokov tvorili skupinu 38 pacientov (48,1%). Z tohoto počtu bolo 22 detí do jedného roka, so široko otvorenou fontanelou. Dospelých pacientov bolo 41 (51,9%). Vekové rozdelenie pacientov ukazuje graf 1. U siedmich (8,9%) pacientov sme ventil implantovali dva razy. Z tohoto počtu reimplantáciu programovateľného ventilu sme realizovali dva razy, výmenu neprogramovateľného ventilu štyri razy a jedenkrát výmenu iného typu ventilu za Codman neprogramovateľný. Tridsaťštyri pacientov tvorili ženy (43%) a 45 pacientov muži (57%). Ochorenia ktoré viedli k hydrocefalu a potrebe implantácie ventilu sú uvedené v tabuľke 1. Všetci pacienti mali

predoperačne realizované vyšetrenie mozgu počítačovou tomografiou (CT). Vyšetrenie magnetickou rezonanciou (MR) sme indikovali u pacientov s tumormi centrálného nervového systému (CNS) a u pacientov s normotenzným hydrocefalom. Kojenci s otvorenou fontanelou boli vyšetrení tiež sonograficky.

Hlavnými indikačnými kritériami k shuntovej operácii bol klinický nálež, teda syndróm intrakraniálnej hypertenzie spolu s výsledkom CT, sonografie, alebo MR vyšetrenia, prípadne výsledok likvorového testovania. Pri normotenznom hydrocefale bolo indikačným kritériom k operácii klinické trias charakterizované poruchami chôdze, demenciou a pomočovaním spolu s CT a MR nálezom ventrikulomegalie a pozitívny výsledok likvorového testovania. Testovanie začíname tap testom, teda lumbálnou punkciou a evakuáciou 40–50 ml likvoru a následným sledovaním klinických zmien (9, 14). Pri zlepšovaní klinického stavu indikujeme operáciu. Pri neistom, alebo negatívnom výsledku pokračujeme likvor rezorpčným infúznym

Tabuľka 1. Základné príčiny hydrocefalu, ktoré viedli k implantácii ventilu u 79 pacientov

Príčina hydrocefalu	Programovateľné ventily	Neprogramovateľné ventily	Spolu
Myelomeningokéla	4	2	6
Intraventrikulárna hemorágia	9	4	13
Subarachnoidálne krvácanie	3	5	8
Kraniocerebrálna trauma	1	4	5
Tumor CNS	2	16	18
Normotenzný hydrocefalus	7	2	9
Stenóza aqueductu	4	8	12
Dandy Walker syndrom	1	1	2
Arachnoidálna cysta	4	0	4
Meningitída	1	1	2
Spolu	36	43	79

testom, pri ktorom za patologickú hodnotu považujeme výstup intratékálneho tlaku o 18 mm Hg/ml/min (11).

Implantácia ventilu

Použitie programovateľné i neprogramovateľné ventily pracujú na rovnakom princípe, ktorým je konštrukcia guľičky v konuse. Pri tomto type ventilu je jednosmernosť prietoku likvoru garantovaná guľičkou s hladkým povrchom vnorenou do lievikovite sa zužujúcej odtokovej časti, pričom otvárací tlak je zaistovaný tlakom pierka na uvedenú guľičku. Rozdiel medzi programovateľným a neprogramovateľným ventilom je v tom, že programovateľný ventil umožňuje meniť tlak pružinky na guľičku a tým meniť otvárací tlak ventilu. Nastaviteľný ventil po jeho implantácii dovoľuje potom prekutánnu a neinvazívne prestaviť jeho otvárací tlak. Tento je možné meniť podľa potreby na základe klinických a rentgenologických nálezov v tlakovom rozsahu od 30 mm do 200 mm H₂O (1). Codman Hakim programovateľné i neprogramovateľné ventily sme na našej klinike začali používať v roku 1994. Implantáciu programovateľného ventilu sme väčšinou indikovali u pacientov s normotenzným hydrocefalom, u detí do jedného roka, u pacientov s hydrocefalom po subarachnoidálnom krvácaní, kraniocefalnom poranení a u pacientov s rozsiahlou arachnoidálnou cystou. Pri arachnoidálnej cyste je podstatou operácie implantácia ventrikulárnej časti ventilu do dutiny cysty. Preto sme i tieto zaradili do nášho súboru, ako to uvádzajú aj iní autori (15, 16), aj keď sa nejedná o hydrocefalus. Na druhej strane neprogramovateľný ventil sme použili väčšinou u tých pacientov, u ktorých sme nepredpokladali, že bude vhodné prestaviť hladiny otváracieho tlaku. Jedná sa najmä o pacientov s hydrocefalom spojeným nádorovým ochorením CNS, ale aj o tých pacientov, kde je vyššie riziko infekcie a následnej extrakcie ventilu, ako je to u chorých po mnohých opakovaných vstupoch do likvorového priestoru, alebo po prekonanej infekcii CNS.

Uvedené kritériá nie je možné zovšeobecniť, sú viac menej orientačné. Jednou z okolností pri rozhodovaní aký implantát použiť bola opakovane i dostupnosť ventilu, čo záviselo od ekonomických možností zdravotníctva a nemocnice. Všetky ventily sme implantovali z frontálneho prístupu a podľa možností cez nedominantnú hemisféru. Z 85 implantácií ventilu sme distálny katéter implantovali peritoneálne 82 razy (96,5 %) a len tri razy sme distálny katéter pre infekciu v peritoneálnej dutine implantovali do venózneho riečiska (3,5 %).

Nastavenie otváracieho tlaku

Pri ventiloch Codman s pevne nastaveným otváracím tlakom, sme sa rozhodovali medzi tromi druhmi ventilov. S nastaveným tlakom 70 ± 10 mm H₂O, s tlakom 100 ± 10 mm H₂O a tlakom 130 ± 10 mm H₂O. Prvý typ sme použili len u detských pacientov s nízkou váhou a nízkym likvorovým tlakom. Takto sme implantovali štyri ventily. Dvadsaťosem ventilov malo otvárací tlak 100 mm H₂O. Skladba pacientov v tejto skupine bola najpodobnejšia sku-

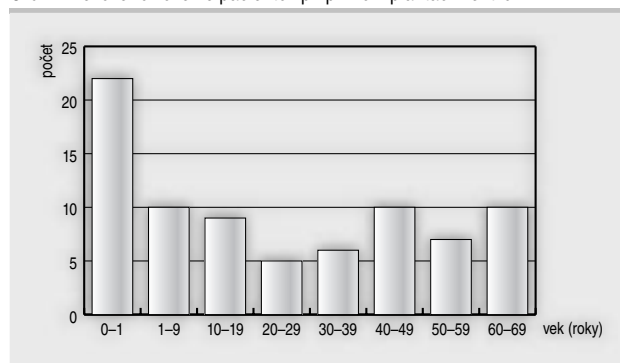
pine pacientov s implantovaným programovateľným ventilom. V tretej skupine kde otvárací tlak ventilu bol pevne nastavený na 130 mm H₂O bolo 15 pacientov. V tejto skupine dominovali chorí s nádorovým ochorením CNS.

Pri ventiloch s nastaviteľným otváracím tlakom sme hodnotu otváracieho tlaku pri primoimplantácii nastavovali priamo na operačnom sále, podľa meraní intrakraniálneho tlaku peroperačne, s ohľadom na vek pacienta a diagnózu základného ochorenia. Hodnoty nastaveného tlaku pri primoimplantácii ukazuje graf 2.

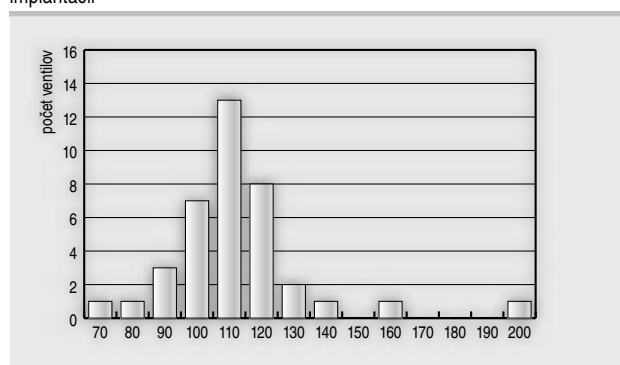
Pooperačné sledovanie

Do siedmeho pooperačného dňa boli všetci pacienti sledovaní počas hospitalizácie. Sledovali sme neurologický stav pacienta, zápalové parametre, príznaky malfunkcie drenáže, príznaky poddrenovania, prípadne naddrenáže. Po prepustení boli pacienti sledovaní prvý, šiesty mesiac a rok

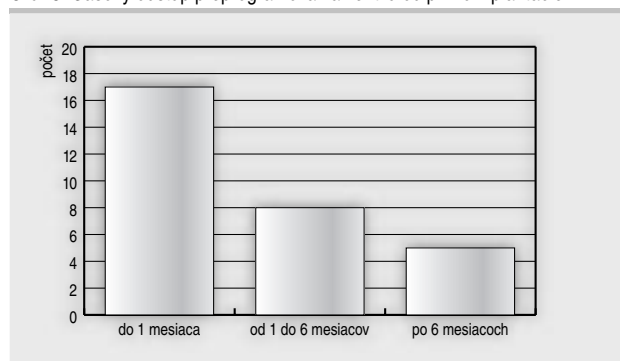
Graf 1. Vekové rozloženie pacientov pri primoimplantácii ventilu



Graf 2. Nastavenie otváracieho tlaku programovateľného ventilu pri jeho implantácii



Graf 3. Časový odstup preprogramovania ventilu od primoimplantácie



od operácie. Sledovanie detských pacientov bolo precíznejšie. Kontroly u detí s neuzavretou fontanelou sme indikovali raz mesačne, a to bezprostredne po sonografickom vyšetrení hlavičky, kde sme porovnávali dynamiku veľkosti komôr, ich tvar, veľkosť subarachnoidálneho priestoru ako i index rezistencie. Kritériom primeranej drenáže likvoru bol klinický neurologický nálež a veľkosť postranných komôr a tretej komory. Pri stabilizácii veľkosti komôr, alebo pri normalizovaní ich veľkosti a pri klinickom prospievaní dieťaťa sme drenáž považovali za primeranú. Tieto údaje spolu s neurologickým nálezhom potom slúžili ako východisko k eventuálnemu preprogramovaniu ventilu. Deti do dvoch rokov s uzavretou fontanelou vyšetrujeme ambulantne raz za dva mesiace, a po dvoch rokoch života raz polročne podľa klinického stavu a rastu dieťaťa.

Výsledky hodnotíme spolu u detí i dospelých ako dobré vtedy, keď je primeraný, alebo len ľahko oslabený psychomotorický vývoj, alebo taký psychomotorický stav pacienta, ktorý zaručuje plnú samostatnosť. Priemerný výsledok liečby hydrocefalu charakterizujeme zjavným zlepšením, ale pritom príznaky sú badateľné a pacienta obmedzujú. Za zlé výsledky u pacientov po drenážnej operácii považujeme stav, kedy pacient nie je zlepšený, alebo dochádza k postupnému zhoršovaniu jeho stavu (4).

Výsledky

Peroperačne pri štandardnom postupe sme nezaznamenali vážnejšie komplikácie. Využívali sme pritom i skúsenosti nadobudnuté s implantáciou iných drenážnych systémov, ktoré sme na našej klinike implantovali. Okrem urgentných výkonov sme operácie hydrocefalu radili ako prvé v operačnom programe. Celé operačné pole sme prekryvali sterilnou fóliou, peroperačne sme podávali cefalosporíny (Ceftriaxon) a ventily sme namáčali do fyziologického roztoku s Gentamycinom. Pooperačne sme zaznamenali 1× infekciu v rane u kojencu, u ktorého bola pooperačne prítomná pyodermia. V tomto prípade sme ventil extrahovali, dieťa bolo dočasne na externej ventrikulárnej drenáži a po preliečení bol opäť implantovaný programovateľný ventil. U dvoch novorodencov sme pozorovali presakovanie likvoru v oblasti rany vo frontálnej oblasti, ktoré sa podarilo vyriešiť resuturou (tabuľka 2).

V dlhodobom pooperačnom období sme zaznamenali tieto komplikácie: ventrikulitída, ktorá mala za následok extrakciu ventilu, inštaláciu externej ventrikulárnej drenáže a opätovnú implantáciu ventilu u troch chorých. Vo všetkých troch prípadoch bol z likvoru vykultivovaný *Staphylococcus epidermidis*. Obliteráciu ventrikulárneho katétra sme zistili v piatich prípadoch, obliteráciu distálneho katétra tri razy, peritonitídu dva razy. Tu sme vykultivovali raz *Staphylococcus epidermidis* a raz *Pseudomonas aeruginosa*. Malfunkciu vlastného ventilového zariadenia sme zaznamenali v jednom prípade (tabuľka 2).

Minimálna doba sledovania bola päť mesiacov, priemerne sme pacientov sledovali 39,3 mesiacov, najdlhšie 76 mesiacov. Sledovali sme neurologický nálež ako i psychické a mentálne funkcie. CT prípadne MR vyšetrenie moz-

gu sme indikovali len v prípade klinického zhoršenia, alebo u pacientov s tumorom CNS na overenie dynamiky rastu tumoru.

Preprogramovanie ventilu

Indikáciou k preprogramovaniu ventilu bol klinický stav pacienta, ako i CT alebo MR nálež. Pri klinických známkach predrenovania ako sú nauzea, vomitus, závraty často zhoršené vertikalizáciou a k tomu pri obraze zúženia komôr na CT sme indikovali preprogramovanie ventilu smerom nahor. Naopak, pri poddrenovaní, kedy príznaky hydrocefalu ustupovali len pozvoľna, pretrvávala cefalea, malátnosť, spomalenie psychomotorického tempa s korelujúcim CT obrazom rozšíreného komorového systému a po vylúčení mechanickej vady sme otvárací tlak postupne znižovali. Spolu sme preprogramovali programovateľné ventily 30 ×. Smerom nahor 17 ×, smerom dole 13 ×. Najväčší rozdiel medzi prvým a posledným nastavením bol 50 mm H₂O u pacienta s arachnoidálnou cystou.

Jednorázove sme pri preprogramovaní neprekročili hranicu 20 mm H₂O. Klinický efekt už pri zmene otváracieho tlaku o 10 mm H₂O sme zaznamenali najmä u malých detí. Po MR vyšetrení sme ventil vzhľadom na jeho rozladenie magnetickým poľom opätovne nastavovali 10 ×. Správne nastavenie tlaku po každom prestavení ventilu overujeme rentgenovou snímku. Tri razy sme museli preprogramovanie opakovať, vo všetkých troch prípadoch po opätovnom nastavení tesne po vyšetrení magnetickou rezonanciou. Subjektívne zlepšenie stavu po preprogramovaní najmä zmiernenie cefalei, zlepšenie zrakovej ostrosti, sme pozorovali 24krát, čo je 80 %. Časový odstup preprogramovania od primoiplantácie uvádzame v grafe 5.

Diskusia

Obdobie rozvoja a implantácií shuntov pri liečbe hydrocefalu sa zintenzívnilo v 60tych rokoch minulého storočia, ale i dnes existujú úskalia ich používania. Okrem znižovania počtu komplikácií, ako je infekcia a malfunkcia shuntu, sa v poslednej dobe kladie dôraz i na zlepšovanie hydrodynamických vlastností ventilu. Je veľmi ťažko presne zistiť množstvo drénovaného likvoru za jednotku času, po jeho implantovaní. Pritom sa prietok výraznejšie mení už pri zmene fyziologickej záťaže. Vo vertikálnej polohe, pri otvorení ventilu tekutina klesá nadol, pričom sa uplatňuje hydrostatický tlak a prietok likvoru závisí len na priemere hadičky (1).

Tabuľka 2. Komplikácie u pacientov s hydrocefalom, po implantácii ventilu, ktoré viedli k reoperácii u 79 pacientov

Likvoreu v rane	2	skoré (do 21 dní)
Infekcia v rane	1	
Ventrikulitída	3	neskoré (po 21. dni od operácie)
Obliterácia ventrikulárneho katétra	5	
Obliterácia distálneho katétra	3	
Peritonitída	2	
Malfunkcia ventilu	1	
Spolu	17	

Můžeme vytipovat skupinu pacientů, kde se budou změny v přítoku a tvorbě likvoru pravděpodobně časom výraznější měnit. Sů to jednak novorozenci, kde postupně rastie s vekom tvorba likvoru i jeho tlak a chorí, u ktorých je ventilový systém paralelne napojený na prirodzenú reziduálnu rezorpciu. Aj podiel vlastnej rezorpcie v priebehu ochorenia sa môže meniť. Můžeme potom predpokladať, že títo pacienti budú vyžadovať buď výmenu ventilu, alebo preprogramovanie otváracieho tlaku ventilu, ktorý už majú implantovaný. Do tejto skupiny chorých okrem novorodencov patria pacienti s normotenzným hydrocefalom, s hydrocefalom po subarachnoidálnom krvácaní a pacienti s arachnoidálnou cystou. Preprogramovanie ventilu znižuje pravdepodobnosť jeho výmeny, pretože takto můžeme korigovať zmeny, ku ktorým postupne dochádza a čo najviac sa približujeme fyziologickému drénovaniu (3, 15). Od svojho skonštruovania v roku 1985 sa preto zdá byť programovateľný ventil zatiaľ najperspektívnejší. Naše skúsenosti s použitím programovateľných ventilov u týchto chorých korelujú s publikovanými údajmi, kde počet ventilov presiahol niekoľko stoviek (15, 16). Ľahšie formy naddrenáže, ktoré sme zistili pri kontrolnom vyšetrení pacienta viac ako mesiac po implantácii ventilu, sa zvyčajne prejavili ortostatickou cefaleou a pomalou reexpanziou predkomôrky pri vyšetrení ventilu. Riešili sme ich preprogramovaním ventilu na vyššiu hodnotu. U pacientky vyššieho veku sme boli nútení implantovať protisifónovú jednotku. Dôvodom bol vznik obojstrannej subdurálnej kolekcie z extrémnej naddrenáže i pri nastavení ventilu na 200 mm H₂O. Preprogramovaním můžeme teda znížiť počet revízií ventilov len pri ľahkých formách nad alebo poddrenáže (5).

Dva razy sme pozorovali po implantácii ventilu pre hydrocefalus po subarachnoidálnom krvácaní vznik tenkého subdurálneho hydrómu a jeho postupné vymiznutie po preprogramovaní ventilu na vyššie hodnoty o 20 mm H₂O. Účinok vlastného preprogramovania je však neistý, k jeho rezorpcii mohlo dôjsť i spontánne, bez ohľadu na preprogramovanie.

Literatúra

1. Aschoff A, Kramer P, Benesch C, Klank A. Shunt-technology and overdrainage – a critical review of hydrostatic, programmable and variable-resistance valves and flow-reducing devices. *Eur. J. Pediatr. Surg.* 1991; Suppl 1: 49–50.
2. Corkill RG, Cadoux-Hudson TAD. Normal pressure hydrocephalus: developments in determining surgical prognosis. *Current Opinion in Neurology* 1999; 12: 671–677.
3. Czosnyka Z, Czosnyka M, Richard H, et al. Hydrodynamic properties of hydrocephalus shunts. *Acta Neurochir.* 1998; (Suppl 71): 334–339.
4. Faulhauer K, Schmitz P. Overdrainage phenomena in shunt treated hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1978; 45: 89–101.
5. Kay AD, Fisher AJ, O’Kane C, Richards HK, Pickard JD. A clinical audit of the Hakim programmable valve in patients with complex hydrocephalus. *Br J Neurosurg* 2000; 14: 535–542.
6. Larsson A, Jensen C, Bilting M. Does the shunt opening pressure influence the effect of shunt surgery in normal pressure hydrocephalus? *Acta Neurochir* 1992; 117: 15–22.
7. Reinprecht A, Dietrich W, Bertalanffy A, et al. The Medos Hakim programmable valve in the treatment of pediatric hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 1997; 13: 588–594.
8. Rohde V, Mayfrank L, Ramakers VT. Four-year experience with the routine use of the programmable Hakim valve in the management of children with hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1998; 140: 1127–1134.

K rozhodovaniu, aký ventil implantovať u chorých s hydrocefalom po subarachnoidálnom krvácaní, prispievajú merania tlaku likvoru pri opakovaných lumbálnych punkciách. Pri permanentne vysokom tlaku sme sa rozhodli pre neprogramovateľný ventil. U tých, ktorí mali tlak variabilný sme volili programovateľný typ ventilu.

U pacientov s normotenzným hydrocefalom volíme programovateľný ventil, ktorý však v dvoch prípadoch nebol k dispozícii, a preto sme použili ventil s pevne nastaveným tlakom s hodnotou otváracieho tlaku 100 mm H₂O. V indikačnej schéme vyšetrení normotenzného hydrocefalu používame ako prvý krok likvorového testovania tap test. Tento, z nášho hľadiska užitočný test, pri zlepšení klinického nálezu po jeho aplikácii indikoval pacienta k operácii. Mnohé práce demonštrujú jeho dobrú prognostickú hodnotu (9, 14), iné zasa relatívne vysoký počet falošne negatívnych výsledkov (13). Pri neistom výsledku tap testu pokračujeme likvor rezorpcným infúznym testom, ktorého výťažnosť sa udáva až na 92 % (2).

Počet a druh komplikácií, ktoré sme pozorovali pri používaní ventilov Codman a ktoré nesúvisia priamo s činnosťou ventilového mechanizmu, je rovnaký ako pri použití iných typov ventilov. Jedná sa o komplikácie zo strany ventrikulárneho a distálneho katétra.

Naše skúsenosti potvrdzujú, že programovateľné ventily je najvýhodnejšie použiť u detských pacientov, u pacientov s normotenzným hydrocefalom a u pacientov s hydrocefalom, ktorý má netypický priebeh, kde i merania intrakraniálneho tlaku ukazujú menlivé hodnoty.

Naopak používanie neprogramovateľných ventilov považujeme za dostačujúce pri liečbe pacientov s hydrocefalom na podklade tumorózneho ochorenia CNS a pri rôznych obštrukciách lokalizovaných v oblastiach prietokových úžin likvoru, najmä v oblasti aqueductu.

Prehlásenie

Pri tvorbe tohoto článku autori nie sú finančne zainteresovaní firmou Codman Hakim.

9. Sand T, Bovim G, Grimse R, Myhr G, Helde G, Cappelen J. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: the CSF tap-test may predict the clinical response to shunting. *Acta Neurol Scand* 1994; 89: 311–316.
10. Sutcliffe JC, Battersby RD. Do we need variable pressure shunts? *Br J Neurosurg* 1992; 6: 67–70.
11. Tans JT. Differentiation of normal pressure hydrocephalus and cerebral atrophy by computed tomography and spinal infusion test *J Neurol* 1979; 222: 109–118.
12. Trost HA. Is there a reasonable differential indication for different hydrocephalus shunt systems? *Childs Nerv Syst* 1995; 11: 189–192.
13. Vanneste JA. Three decades of normal pressure hydrocephalus: are we wiser now? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994; 57: 1021–1025.
14. Wikkelso C, Andersson H, Blomstrand C, Lindqvist G, Svendsen P. The clinical effect of lumbar puncture in normal pressure hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1982; 45: 64–69.
15. Yamashita N, Kamiya K, Yamada K. Experience with a programmable valve shunt system. *J Neurosurg* 1999; 91: 26–31.
16. Zemack G, Romner B. Seven years of clinical experience with the programmable codman Hakim valve: a retrospective study of 583 patients. *J Neurosurg* 2000; 92: 941–948.