

SYMPOZJUM – WODOGŁOWIE

Emilia Nowosławska, Wanda Mikołajczyk-Wieczorek,
Krzysztof Zakrzewski

Received: 23.02.2009

Accepted: 23.02.2009

Published: 27.03.2009

Leczenie wodogłowia przy wykorzystaniu technik neuroendoskopowych

Surgical treatment of hydrocephalus with the use of neuroendoscopic techniques

Klinika Neurochirurgii Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki

Adres do korespondencji: Emilia Nowosławska, Klinika Neurochirurgii Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki, ul. Rzgowska 281/289, 93-338 Łódź, tel.: 042 271 20 46, faks: 042 271 13 96, e-mail: enowos@poczta.onet.pl

Praca finansowana ze środków własnych

Streszczenie

W artykule autorzy prezentują przegląd aktualnego piśmiennictwa dotyczącego wykorzystania technik neuroendoskopowych w leczeniu wodogłowia u dzieci. W pracy można znaleźć krótki opis historii ich rozwoju z uwzględnieniem trzech kluczowych dla uzyskiwanych wyników terapeutycznych okresów: 1) pionierskiego, związanego z wprowadzaniem technik neuroendoskopowych do neurochirurgii, który charakteryzowały niezwykle wysoka śmiertelność i chorobowość wśród leczonych chorych; 2) nowożytnego, po opublikowaniu odkryć Hopkinsa, podczas którego opracowano podstawowe techniki zabiegów neuroendoskopowych; 3) współczesnego, który charakteryzują ciągle udoskonalanie sprzętu neuroendoskopowego, rozwój technik wirtualnych, obniżenie śmiertelności i chorobowości związanych z zabiegami neuroendoskopowymi. Artykuł zawiera ponadto opis podstawowego sprzętu neuroendoskopowego używanego obecnie podczas zabiegów operacyjnych. Czytelnik może zapoznać się z aktualnie obowiązującymi zasadami kwalifikacji do zabiegów neuroendoskopowych, a dodatkowo znaleźć opisy podstawowych zabiegów neuroendoskopowych wykorzystywanych w leczeniu wodogłowia. Nadal nierozwiązanym problemem w przeprowadzaniu zabiegów neuroendoskopowych są ograniczone ze względu na aktualnie wykorzystywane instrumentarium możliwości hemostazy. Niedoskonałość dostępnego obecnie na rynku sprzętu neuroendoskopowego w sposób istotny decyduje o jedynie paliatywnym charakterze leczenia wodogłowia z wykorzystaniem technik neuroendoskopowych w przebiegu guzów mózgu. Wyniki leczenia operacyjnego oraz objawy uboczne są prezentowane w oparciu o dostępne piśmiennictwo i doświadczenia własne. Autorzy ukazują także kierunki dalszego rozwoju technik neuroendoskopowych i ich zastosowania w praktyce medycznej.

SŁOWA KLUCZOWE: wodogłowie, neuroendoskopowa wentrykulostomia komory III, akweduktoplastyka, techniki neuroendoskopowe, wodogłowie wielotorbielowe

Summary

The authors present a review of literature connected with treatment of hydrocephalus in children with a use of neuroendoscopic techniques. The history of neuroendoscopic procedures is divided into three, crucial for therapeutic reasons, periods: 1) pioneering stage, connected with the introduction of neuroendoscopic procedures in neurosurgery, which was characterized by a very high level of mortality and morbidity; 2) modern stage, when the whole technique of neuroendoscopic operative procedures were designed, after Hopkins

discoveries; 3) contemporary stage, characterized by a refinement of neuroendoscopic equipment, virtual techniques, and decrease of morbidity and mortality level connected with neuroendoscopic procedures. Additionally, it could be found the description of basic neuroendoscopic equipment. The current qualification criteria for neuroendoscopic procedures are explained. Main neuroendoscopic procedures, which are used in operative treatment of hydrocephalus, are described in the paper. Regarding currently available neuroendoscopic equipment, neurosurgeons still have dissatisfying possibilities of haemostasis. That problem seriously limits a possibility of treatment hydrocephalus in a course of brain tumour with a use of neuroendoscopic treatment. Basing on literature and own experiences, the authors present clinical results and side effects of the operative treatment. The article is finished by future prospects for further development of neuroendoscopic procedures.

KEY WORDS: hydrocephalus, neuroendoscopic third ventriculostomy, aqueductoplasty, neuroendoscopic techniques, multicompartmental hydrocephalus

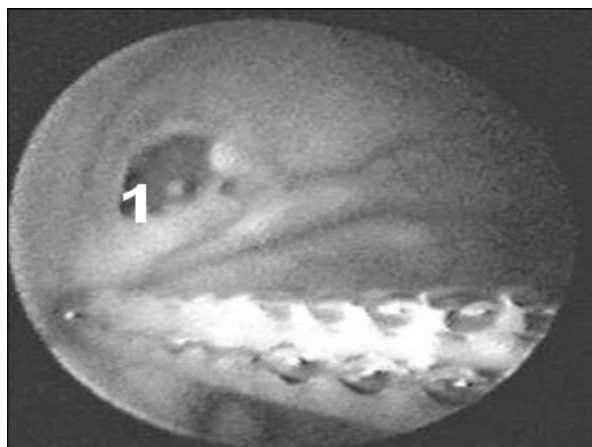
WSTĘP

Techniki neuroendoskopowe, które od lat 80. przeżywają swój renesans ze względu na zainteresowanie zabiegami minimalnie inwazyjnymi, po raz pierwszy zastosowano w leczeniu operacyjnym już na przełomie wieków XIX i XX. W 1910 roku Lespinasse wykorzystał uroskop w leczeniu wodogłowia poprzez koagulację spłotów naczyniówkowych. W 1923 roku Mixter wykonał po raz pierwszy zabieg wentrykulostomii komory III, który do chwili obecnej jest najczęściej wykonywanym zabiegiem w leczeniu wodogłowia niekomunikującego. Na pierwszą połowę XX wieku przypada okres rozwoju technik neuroendoskopowych, który możemy nazwać pionierskim. W tym czasie opracowywano główne założenia technik neuroendoskopowych, ale ze względu na niedoskonałość sprzętu śmiertelność operowanych była niezwykle wysoka. Wprowadzenie do praktyki klinicznej implantacji układu zastawkowego zahamowało przejściowo dalszy rozwój technik neuroendoskopowych. Do powrotu zainteresowania nimi przyczyniła się rosnąca liczba doniesień o odległych powikłaniach leczenia wodogłowia drogą implantacji zastawek⁽¹⁾. Przełom przyniosły prace z dziedziny optyki brytyjskiego fizyka Hopkinsa. Opisał on w 1959 roku zasadę budowy i działania soczewek prętowych. Soczewki te znalazły zastosowanie w budowie endoskopów sztywnych, co pozwoliło na osiągnięcie około 80-krotnej poprawy oświetlenia pola operacyjnego. Prawdziwy rozkwit technik neuroendoskopowych datuje się jednak od lat 80. Wprowadzenie do powszechnego użytku włókien fibrooptycznych (światłowodów) i miniaturyzacja kamer cyfrowych (kamery mikrochipowe) pozwoliły na przeprowadzenie zabiegu operacyjnego z możliwością obserwacji pola operacyjnego na ekranie monitora o wysokiej rozdzielczości, a także dobrej jakościowo rejestracji obrazu⁽²⁻⁵⁾.

SPRZĘT WYKORZYSTYWANY W TECHNIKACH NEUROENDOSKOPOWYCH

W zabiegach neuroendoskopowych wykorzystywane są dwa podstawowe typy neuroendoskopów:

1. Neuroendoskop sztywny, w którym obraz z pola operacyjnego do kamery wideo bądź cyfrowej i oświetlenie z zimnego źródła światła do pola operacyjnego są przenoszone przez sztywne soczewki prętowe. Zaletą tego rozwiązania technicznego jest wysoka jakość obrazu, którą charakteryzują dobra jasność oraz równowaga kolorów⁽⁶⁾. Obraz pola operacyjnego można obserwować w zależności od typu układu optycznego w granicach kąta od 0 do 120 stopni⁽⁷⁾. Istnieją także na rynku sztywne neuroendoskopy ze stałym zagięciem kątowym układu optycznego, pozwalające na uwidocznienie pola operacyjnego w trudno dostępnych dla mikroskopu operacyjnego miejscach⁽⁸⁾. Dodatkową zaletą tego typu endoskopów jest możliwość precyzyjnego ustalenia położenia końcówki neuroendoskopu, co umożliwia wykorzystanie podczas zabiegu neuronawigacji. Jednak brak możliwości jej zaginania kąowego w sposób istotny ogranicza wgląd w pole operacyjne⁽⁶⁾.
2. Endoskop giętki, który przewodzi zarówno oświetlenie pola operacyjnego, jak i uzyskiwany z niego obraz za pomocą światłowodów. Możemy wprowadzić manewrować końcówką neuroendoskopu, zaginając ją kątowno, ale dzieje się to kosztem jakości obrazu (pogorszenie ostrości, zła równowaga kolorów)⁽⁹⁾. Zarówno endoskopy giętkie, jak i sztywne wykorzystywane w regulacji wodogłowia mają budowę czterokanałową (kanał płuczący, ssący, narzędziowy, optyczny). Obraz przekazywany przez układ optyczny neuroendoskopu różni się od obrazu przekazywanego przez mikroskop operacyjny. Charakteryzują go: deformacja obrazu o typie „rybiego oka”, brak poczucia głębi, obrazy bliższe wydają się większe, obraz poza kątem widzenia obejmowanym przez układ optyczny stanowi tzw. „ślepe pole”⁽⁹⁾ (rys. 1). W skład narzędzi wykorzystywanych w technikach neuroendoskopowych wchodzi zazwyczaj: kleszczyki, nożyczki, igła do punkcji, cewniki wykorzystywane do wewnątrznaczyniowej embolektomii, elektroda do koagulacji bipolarnej^(5,7) (rys. 2). Do hemostazy wykorzystuje się głównie koagulację bipolarną ze względu na możliwość względnie precyzyjnego określenia głębokości koagulacji^(5,7,10). Kolejnym

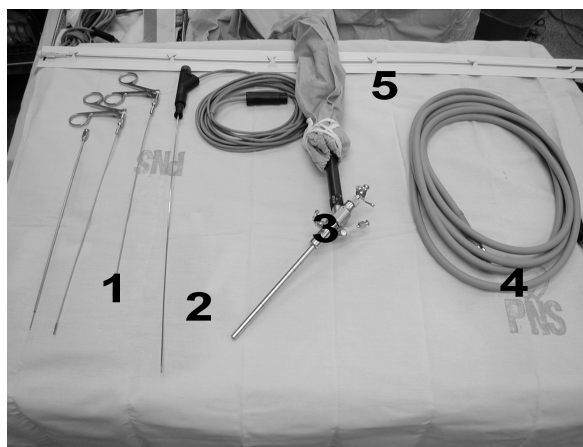


Rys. 1. Śródoperacyjny obraz komory bocznej prawej wykonany podczas zabiegu neuroendoskopowej septostomii przegrody przezroczystej. 1 (cyfra koloru białego) – otwór wykonany w ścianie przegrody przezroczystej. Obraz przenoszony przez układ optyczny czterokanałowego sztywnego neuroendoskopu jest w sposób widoczny zniekształcony. Obiekt położony bliżej układu optycznego (końcówka drenu dokomornego) wydaje się większy w porównaniu z położonym w tle (otwór w przegrodzie przezroczystej)

sposobem opanowania krwawienia może być kompresja uszkodzonego naczynia od zewnątrz przez balon embolektomu. Jeżeli krwawienie ma jednak zbyt duże natężenie, które utrudnia znalezienie jego źródła, jak również orientację w polu operacyjnym, jedynym sposobem na jego zatrzymanie jest energiczne płukanie pola operacyjnego roztworem płynu wieloelektrolitowego, swoim składem zbliżonego do fizjologicznego płynu mózgowo-rdzeniowego. W większości ośrodków stosuje się mleczanowy roztwór płynu Ringera o temperaturze od 36-37 stopni. W skrajnych przypadkach konieczne jest poszerzenie otwarcia kości pokrywy czaszki i zatamowanie krwawienia z wykorzystaniem technik mikrochirurgicznych^(5,7).



Rys. 3. Punkt Kochera (1) zaznaczony przez skaryfikację na skórze chorego w okolicy czołowej lewej

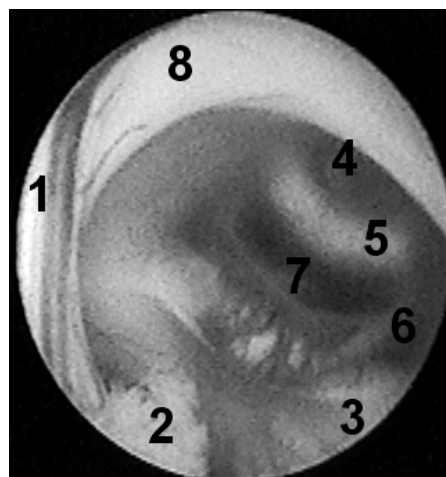


Rys. 2. Sprzęt neuroendoskopowy: 1 – narzędzia neuroendoskopowe (nożyczki, kleszczyki biopsyjne, igła punkcyjna), 2 – elektroda do koagulacji bipolarnej, 3 – czterokanałowy sztywny neuroendoskop (GAAB, Codman) połączony z wideokamerą, 4 – światłowód, 5 – embolektom (Fogarty, nr 3)

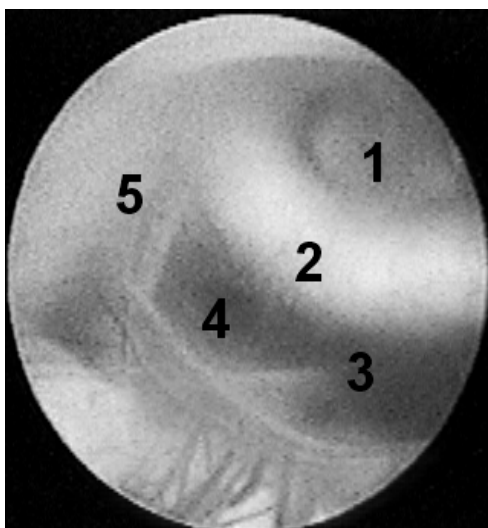
Do oświetlenia pola operacyjnego wykorzystuje się zimne źródło światła – ksenonowe, ponieważ najbardziej przypomina ono swoim widmem światło słoneczne⁽⁷⁾. Kamera mikrochipowa przenosi obraz na monitor⁽¹¹⁾.

KWALIFIKACJA CHORYCH Z WODOGŁOWIEM DO LECZENIA OPERACYJNEGO Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK NEUROENDOSKOPOWYCH

Techniki neuroendoskopowe w leczeniu wodogłowia wykorzystywane są głównie w przypadkach braku komu-

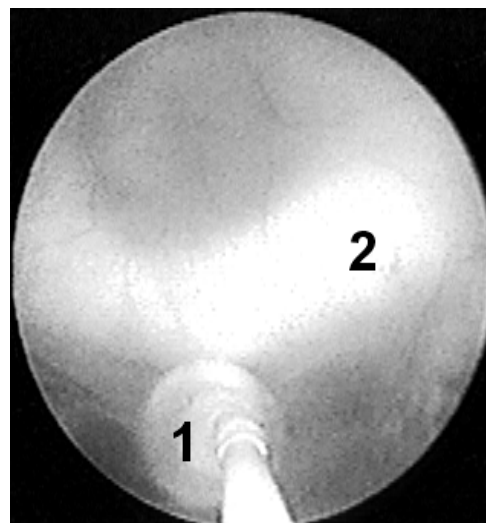


Rys. 4. Obraz neuroendoskopowy otworu Monro i komory III: 1 – żyła przegrodowa, 2 – splot naczyniówkowy, 3 – ciało suteczkowate, 4 – zachyłek lejka przysadki, 5 – brzeg grzbietu siodła, 6 – nerw okoruchowy, 7 – tętnica podstawna, 8 – kolumna sklepienia



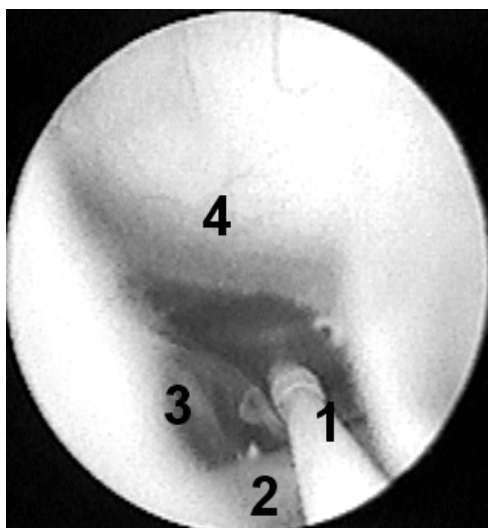
Rys. 5. Dno komory III: 1 – zachylek lejka, 2 – grzbiet siodła tureckiego, 3 – tętnica podstawna pokryta przezroczym guzem popielatym i błoną Liliequista, 4 – tętnica tylna mózgu, 5 – nerw okoruchowy

nikacji pomiędzy poszczególnymi odcinkami fizjologicznych dróg krążenia płynu mózgowo-rdzeniowego. Warunkiem koniecznym uniknięcia implantacji układu zastawkowego jest dobra zdolność absorpcyjna w obrębie ziarnistości pajęczynówki. Dlatego kwalifikowanie chorych z wodogłowiem leczonym uprzednio implantacją układu zastawkowego uznawane jest za kontrowersyjne. Implantacja shuntu może stać się sama w sobie przyczyną zastawkozależności. Skuteczność zabiegów neuroendoskopowych u chorych, u których uprzednio implantowano shunt dokomorowy, może wynosić około 52%^(5,12). Niemniej jednak także u pacjentów z wodogł-

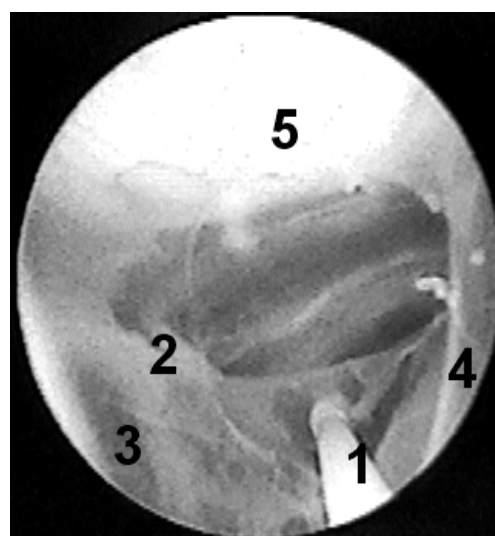


Rys. 6. Wentrykulostomia komory III: 1 – cewnik embolektomu, 2 – grzbiet siodła

wiem uprzednio leczonym implantacją układu zastawkowego zabieg wentrykulostomii może stać się postępowaniem z wyboru. W przypadku przebiegającego z nadciśnieniem śródczaszkowym zespołu szczelinowatych komór możemy znormalizować ciśnienie dzięki skutecznie przeprowadzonej wentrykulostomii komory III. Wąskie wymiary układu komorowego predestynują jednak chorych do szczególnego narażenia na ryzyko powikłań związanych z mechanicznym uszkodzeniem struktur nerwowych. Ponadto podczas płukania pola operacyjnego wymagana jest niezwykła ostrożność ze względu na możliwy krytyczny wzrost ciśnienia śródczaszkowego⁽¹³⁾. Przyjmuje się, że wentrykulostomia komory III



Rys. 7. Inspekcja zbiornika dołu międzykonarowego i przedmostowego: 1 – cewnik embolektomu, 2 – tętnica podstawna, 3 – nerw odwodzący, 4 – stok

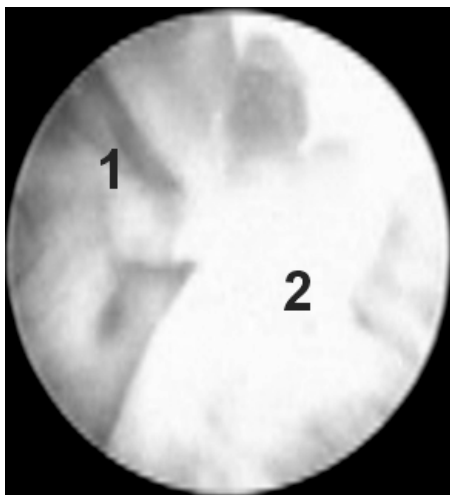


Rys. 8. Poszerzanie otworu wentrykulostomii: 1 – cewnik embolektomu, 2 – nerw odwodzący pokryty błoną Liliequista, 3 – nerw okoruchowy, 4 – brzeg otworu w guzie sinym, 5 – stok

może być szczególnie skuteczna w przypadku późno ujawnionego wodogłowia niekomunikującego (np. w przypadku guzów mózgu)^(5,14).

Kolejnym warunkiem efektywności wentrykulostomii komory III w leczeniu wodogłowia jest zachowana drożność przestrzeni podpajęczej⁽⁵⁾.

Zastosowanie wentrykulostomii komory III w leczeniu wodogłowia powstałego w przebiegu zespołu chorobowego prowadzącego do ciasnoty śródczaszkowej w obrębie tylnego dołu czaszki wiąże się z podwyższonym ryzykiem uszkodzenia pnia mózgu. Ciasnota w tylnym dole czaszki przyczynia się do przyparcia pnia mózgu do stoku kości klinowej z jednoczesnym zwężeniem dołu międzykonarowego⁽¹³⁾. Zatem kontrowersję budzi kwalifikowanie do zabiegów operacyjnych chorych z wodogłowiem towarzyszącym zespołom Chiariego I, Chiariego II, Dandy'ego-Walkera, guzom mózgu tylnego dołu czaszki⁽¹⁵⁾. Co nie oznacza jednak, że obecność ciasnoty w obrębie tylnego dołu uniemożliwia wykonanie zabiegu neuroendoskopowego, gdyż część klinicystów przeprowadza takie zabiegi (u pacjentów z mielomeningocelem skuteczność wentrykulostomii ocenia się na 50%)⁽⁴⁾. Brak komunikacji pomiędzy poszczególnymi częściami układu komorowego prowadzi do powstania w izolowanej jego części miejscowej ciasnoty śródczaszkowej. Stopień drożności otworu Monro można określać w czterostopniowej skali jako: pełną drożność, zwężenie dające czynnościową niedrożność, okresową niedrożność i pełne zamknięcie. Pomijając guzy mózgu, niedrożność otworu Monro może mieć charakter: pozapalny, przerostu spłotu naczyńiówkowego, pokrwotoczny, pooperacyjny (np. przedrenowanie jednostronnej komory bocznej). Z obustronną niedrożnością otworów Monro spotykamy się najczęściej w wyniku procesu ekspansyjnego toczącego się w obrębie światła komory

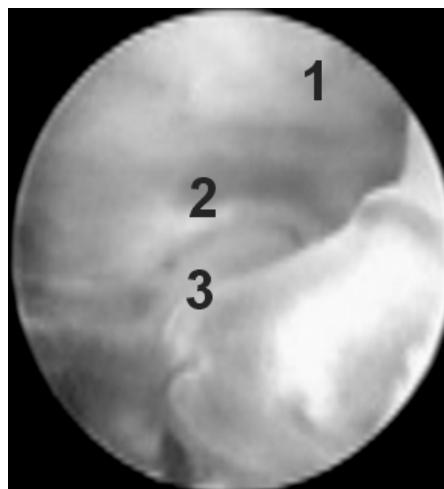


Rys. 9. Neuroendoskopowa cystocysternostomia torbieli nadsiodłowej pajęczynówki: 1 – elektroda od koagulacji bipolarnej, 2 – ściana kopuły torbieli

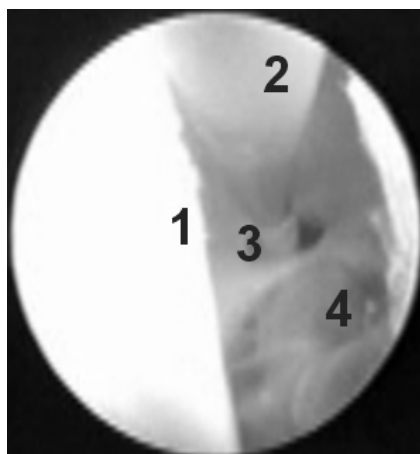
III^(6,16). W przypadku wtórnej niedrożności wodociągu, powstałej w wodogłowiu komunikującym leczonym implantacją układu zastawkowego, kwalifikuje się chorych do operacji jego udroźnienia, czyli akweduktoplastyki⁽¹⁷⁾.

BADANIA OBRAZOWE

Podstawowymi badaniami niezbędnymi do oceny charakteru wodogłowia, a tym samym przydatności zabiegów neuroendoskopowych, są badania tomografii komputerowej (TK) i rezonansu magnetycznego (MR)⁽¹⁸⁾. W oparciu o powyższe badania można stwierdzić, czy charakter poszerzenia układu komorowego wskazuje na wodogłowcie niekomunikujące. W ocenie bierze się pod uwagę następujące cechy: trójkomorowy charakter poszerzenia układu komorowego, potencjalnie drożną przestrzeń podpajęczca, dno komory III znajdującej się do tyłu i poniżej siodła tureckiego⁽¹⁹⁾. Badanie MR poza obrazem morfologii układu komorowego może również dostarczać pośrednio danych co do przepływu płynu mózgowo-rdzeniowego (PMR). W ekspozycji T2 i FLAIR mogą być widoczne zmiany sygnału PMR w miejscach jego intensywnego przepływu. Bezpośredniej rejestracji przepływu można jednak dokonać jedynie przy wykorzystaniu Cine MR^(5,7,20,21). W przypadku powstania izolowanych przestrzeni PMR niezmiernie przydatna jest kolejna odmiana badania MR, mianowicie *constructive interference in steady state* (CISS), będąca w stanie ukazać istnienie nawet drobnych przegród niewidocznych w konwencjonalnym badaniu^(7,21-23). W planowaniu zabiegu neuroendoskopowej septostomii w wodogłowiu złożonym może pomóc program kreujący wirtualny obraz endoskopowy pola operacyjnego w oparciu o dane uzyskane drogą badań obrazowych^(18,21-23).



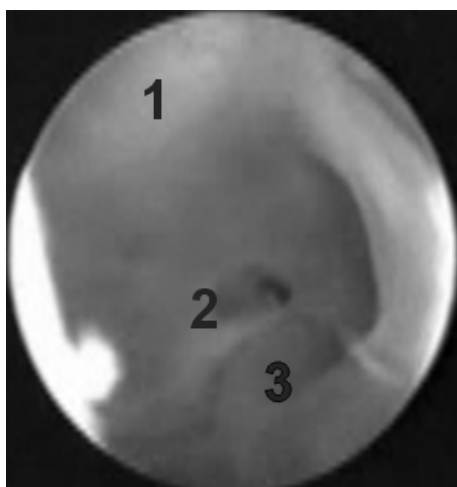
Rys. 10. Dno torbieli nadsiodłowej pajęczynówki: 1 – stok kości klinowej, 2 – tzw. „jednokierunkowa zastawka” w dolnej blaszce błony Liliequista, 3 – tętnica podstawna



Rys. 11. Destrakcja jednokierunkowego mechanizmu zastawkowego w dolnej blaszce błony Lilliequista: 1 – brzeg otworu w kopule nadsiodłowej torbieli pajęczynówki, 2 – cewnik embolektomu, 3 – perforacja dna torbieli, 4 – tętnica podstawna

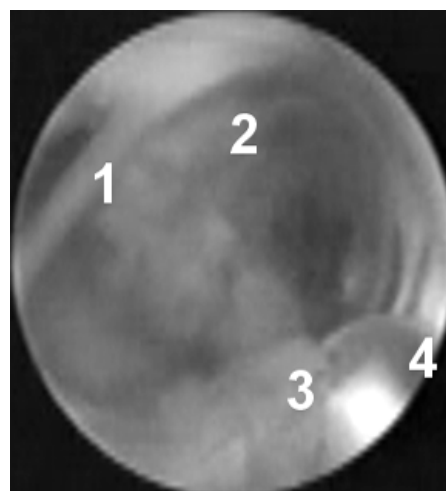
TECHNIKI NEUROENDOSKOPOWE WYKORZYSTYWANE W LECZENIU WODOGŁOWIA

Oprócz konwencjonalnych technik endoskopowych Perneczki wprowadził także techniki pozwalające na przeprowadzenie zabiegu operacyjnego pod kontrolą endoskopu, jak również z jego asystą. Umożliwiły one podgląd pola operacyjnego pod kątem niedostępnym dla mikroskopu operacyjnego, co jednak częściej jest wykorzystywane w neurochirurgii naczyniowej niż w regulacji wodogłowia⁽²⁴⁾.



Rys. 12. Połączenie torbieli nadsiodłowej z fizjologicznymi drogami krążenia płynu mózgowo-rdzeniowego (PMR): 1 – stok kości klinowej, 2 – otwór w dnie torbieli, 3 – tętnica podstawna

Aktualnie stosowana technika zabiegu neuroendoskopowej wentrykulostomii komory III została opracowana przez Scarffa w 1951 roku⁽⁵⁾. Układ optyczny neuroendoskopu wprowadza się do układu komorowego przez otwór w kości pokrywy czaszki wykonany w punkcie Kochera (przecięcie hipotetycznych linii, jednej równoległej do zatoki strzałkowej, przechodzącej przez środek źrenicy oka ustawionego na wprost i drugiej równoległej do szwu wieńcowego, przeprowadzonej do przodu w odległości około 1 cm) (rys. 3). Neuroendoskop wprowadzany jest do światła komory III przez róg czółowy komory bocznej i przez światło otworu Monro (rys. 4). Perforację dna komory III wykonuje się w obrębie tzw. trójkąta suteczkowo-przysadkowego (rys. 5). Używane są w tym celu różnorodne narzędzia, np. kleszczyki Decque, embolektom (np. Fogarty'ego), niskoenergetyczna elektroda bipolarna (10 W) (rys. 6). Otwór w trójkącie suteczkowo-przysadkowym nie powinien być węższy niż 5 mm, aby zapobiec jego wczesnej okluzji (rys. 7). Ponadto należy zadbać o to, aby perforować również obie blaszki błony Lilliequista^(4,5,11,14) (rys. 8). W wybranych przypadkach można wykonać zamiast perforacji guza sinawego perforację blaszki granicznej⁽⁷⁾. W przypadku trudności związanych z niezwykle wąskim światłem układu komorowego można posłużyć się również neuronawigacją celem doboru odpowiedniego dla bezpieczeństwa zabiegu miejsca wprowadzenia neuroendoskopu⁽²⁵⁾. Przy jego doborze należy uwzględnić rozmiary komory bocznej i otworu Monro oraz, o ile to możliwe, unikać półkuli dominującej⁽⁷⁾. Zabiegiem nieco zbliżonym do wentrykulostomii komory III, jednak o zdecydowanie węższym zastosowaniu, jest zabieg cystocysternostomii torbieli nadsiodłowej komory III, powodującej wodogłowie poprzez okluzję



Rys. 13. Otwór Monro po przeprowadzeniu cystocysternostomii torbieli nadsiodłowej: 1 – zrost międzywzgórzowy, 2 – zapadnięta kopuła torbieli, 3 – spleć naczyniówkowy, 4 – żyła wzgórzowo-prążkowa

obydwu otworów Monro i wejścia do wodociągu (rys. 9). W przypadku torbieli nadsiodłowych dowiedziono, że głównym mechanizmem przyczyniającym się do ich progresji jest wytworzenie się w dolnej blaszce błony Liliequista wokół tętnicy podstawnej połączenia zbliżonego w swoim działaniu do zastawki jednokierunkowej (rys. 10). Celem zabiegu neuroendoskopowego jest szerokie otwarcie grubej ściany torbieli widocznej w świetle otworu Monro i po wprowadzeniu neuroendoskopu do jej światła wytworzenie połączenia zbiornika międzykomorowego ze zbiornikiem przedmostowym z równoczesną likwidacją wyżej wspomnianego mechanizmu zastawkowego^(11,26) (rys. 11-13).

Kolejnym zabiegiem wykorzystywanym w leczeniu wodogłowa jest zabieg neuroendoskopowej akweduktoplastyki. Zabieg ten, rzadziej obecnie wykorzystywany w porównaniu z wentrykulostomią komory III, nadal znajduje zastosowanie kliniczne w przypadku zespołu Dandy'ego-Walkera, gdzie zachodzi konieczność wykonania zarówno wentrykulostomii komory III, jak i równoczesnej akweduktoplastyki⁽⁵⁾. Akweduktoplastyka znajduje również swoje zastosowanie w leczeniu operacyjnym izolowanej komory IV^(20,22,27). Ze względów bezpieczeństwa poprzeczny wymiar komory III powinien być szerszy niż 1 cm⁽⁵⁾. Neuroendoskop wprowadza się do światła komory III podobnie jak w przypadku wentrykulostomii komory III przez otwór Monro. Okolica wejścia do wodociągu mózgu jest dostępna dla neuroendoskopu sztywnego przy założeniu, że otwór w kości pokrywy czaszki zostanie wykonany nieco ku przodowi w stosunku do punktu Kochera, ażeby nie uszkodzić kolumn sklepienia. Część autorów zaleca jednak zastosowanie neuroendoskopu giętkiego, który ze względu na możliwość zagięcia osi końcówki pozwala na penetrację światła wodociągu bez dodatkowej traumatyzacji kory nerwowej. Średnica neuroendoskopu giętkiego powinna być możliwie mała, sugeruje się średnicę 2,5 mm. W przypadku widocznych przegród zamykających lub zwężających światło wodociągu dokonuje się ich perforacji i poszerzenia przy pomocy embolektomów wewnątrznaczyniowych. Preferowany jest cewnik Fogarty'ego nr 3^(7,21). Poza konwencjonalnym dojściem od rogu czołowego można wykonać także wsteczne dojście od komory IV^(7,21). Autorzy prac poświęconych zastosowaniu akweduktoplastyki w regulacji krążenia PMR sugerują implantację stentów celem zapobieżenia restenozy^(6,20,22,27). Aby zapobiec dyslokacji, jego długość powinna wynosić około 6 cm⁽⁷⁾. Opisywano fiksację drenów wprowadzonych do wodociągu poprzez zbiornik Rickhama⁽²²⁾. Wadą wspomnianych zabiegów, ze względu na obecność implantów, jest ekspozycja chorego na powikłania zbliżone do implantacji układów zastawkowych⁽⁶⁾.

Zabiegi neuroendoskopowej foraminoplastyki polegają na przywróceniu drożności i poszerzeniu do rozmiarów fizjologicznych otworów łączących poszczególne

części naturalnych dróg krążenia płynu mózgowo-rdzeniowego. Przedmiotem foraminoplastyki mogą być otwory Monro, Luschki i Magendiego^(7,20,28). Foraminoplastykę wykonuje się najczęściej podczas uwalniania zakotwiczonego w otworze Monro drenu dokomorowego zakotwiczonego w splocie naczyniówkowym, co stanowi częste powikłanie implantacji układu zastawkowego⁽⁶⁾. W przypadku okluzji spowodowanej ziarniną zapalną lub procesem rozrostowym użycie neuronawigacji istotnie obniża ryzyko uszkodzenia struktur anatomicznych stanowiących obramowanie otworu Monro^(7,21). W przypadku rzadko wykonywanej foraminoplastyki otworów Luschki i Magendiego ze względu na dużą odległość od kości pokrywy czaszki wykorzystywany jest jedynie neuroendoskop giętki, który wprowadza się do komory IV przez światło wodociągu^(7,20,28). Septostomia przegrody przezroczystej może być zabiegiem alternatywnym w stosunku do foraminoplastyki otworu Monro. Zabieg ten polega na wykonaniu połączenia pomiędzy światłem rogów czołowych komór bocznych poprzez ścianę przegrody przezroczystej. Najczęściej wybieranym przez klinicystów miejscem perforacji przegrody przezroczystej jest obszar znajdujący się powyżej i lekko ku tyłowi od przedniego ograniczenia otworu Monro⁽²⁹⁾. W przypadku dostatecznie szerokiego światła komór bocznych można posługiwać się podczas zabiegu neuroendoskopem sztywnym, w przeciwnym wypadku konieczne jest zastosowanie neuroendoskopu giętkiego. Ażeby zapobiec ponownemu zarastaniu, otwór nie powinien być mniejszy niż 10 mm. Brzegi otworu powinny być zdewaskularyzowane przy pomocy koagulacji bipolarnej celem uniemożliwienia bujania blizny glejowej i ponownej okluzji wytworzonego otworu⁽⁷⁾ (rys. 1).

Podobne zasady obowiązują przy wykonywaniu septostomii w przypadku łączenia izolowanych części układu komorowego powstałych na skutek procesów pozapalnych i pokrwotocznych. Dodatkową trudność podczas wspomnianych zabiegów stanowi zmieniona anatomia układu komorowego. W rozwiązaniu wyżej wspomnianych problemów może być pomocna neuronawigacja, zwłaszcza przy zakontrastowaniu izolowanych przestrzeni płynowych^(7,8,30). Nawigację w czasie rzeczywistym może zapewnić sonda ultrasonograficzna (USG) zarówno przyłożona zewnątrzczaszkowo, jak i wprowadzona przez kanał roboczy neuroendoskopu^(8,30). Alternatywą do neuroendoskopowych septostomii może być jedynie implantacja złożonych układów zastawkowych drenujących przez odrębne dreny dokomorowe poszczególne izolowane przestrzenie płynowe, co może zwiększyć ryzyko dysfunkcji układów⁽⁶⁾. Dlatego zabieg neuroendoskopowej septostomii jest niezmiernie ważny we wspomaganianiu leczenia drogą implantacji układu zastawkowego wodogłowa wielotorbielowatego^(21,23).

Techniki neuroendoskopowe mogą również znaleźć zastosowanie w zapobieganiu powstania wodogłowa, w przy-

padku krwawienia do układu komorowego. Usunięcie masy skrzepu może się odbywać poprzez aspirację drogą kanału ssącego bądź poprzez płukanie światła układu komorowego, co przeciętnie zajmuje około 60 minut⁽³¹⁾.

WYNIKI LECZENIA DROGĄ ZABIEGÓW NEUROENDOSKOPOWYCH

Ze względu na różnorodność zabiegów neuroendoskopowych trudno podać uniwersalną definicję oceny ich skuteczności. Rozpatrując klasyczne leczenie wodogłowa niekomunikującego drogą wentrykulostomii komory III, za wskaźnik efektywności można uznać brak konieczności implantacji układu zastawkowego. Istnieją prace wskazujące na uzależnienie tak rozumianej skuteczności zabiegów neuroendoskopowych od wieku leczonych chorych, choć nie zostało to do chwili obecnej w sposób bezsprzeczny dowiedzione w oparciu o randomizowane prospektywne badania kliniczne^(14,32,33). Przepiętna skuteczność zabiegów neuroendoskopowej wentrykulostomii komory III dla ogółu chorych wynosi 68-84%^(14,32). Wartość tego samego wskaźnika dla ogółu dzieci kształtuje się na poziomie około 57%^(32,33). Jedyne od 17 do 30% dzieci poniżej pierwszego miesiąca życia nie wymagało implantacji układu zastawkowego^(14,32,33). Nie budzi natomiast wątpliwości fakt, że jedynie późna okluzja dróg płynowych krążenia PMR gwarantuje wysoką, niemal 100% skuteczność⁽⁴⁾, podczas gdy jedynie połowa chorych z wrodzonym wodogłowiem niekomunikującym może liczyć na uniknięcie implantacji układu zastawkowego^(4,15). W przypadku wczesnego usunięcia skrzepu ze światła układu komorowego częstość występowania wodogłowa wymagającego implantacji zastawki sięga 12%⁽³¹⁾. Zastosowanie akweduktoplastyki u 60% chorych pozwala na uniknięcie ponownej okluzji⁽²²⁾. W przypadku technik neuroendoskopowych wspomagających leczenie drogą implantacji układów zastawkowych wskaźnikiem skuteczności leczenia operacyjnego może być zmniejszenie liczby koniecznych rewizji operacyjnych. Dzięki zabiegowi septostomii liczba operacji u chorych z wodogłowiem wielotorbielowym jest w skali roku trzykrotnie mniejsza⁽³⁴⁾. Pomimo przywróconej równowagi hydrodynamicznej u chorych z wodogłowiem niekomunikującym u około 60% leczonych nie dochodzi do redukcji poszerzonych przestrzeni płynowych^(33,35). Dla porównania w przypadku zastosowania układu zastawkowego szerokość układu komorowego wynosi przeciętnie od 10 do 30% ich pierwotnych rozmiarów⁽²²⁾.

POWIKŁANIA LECZENIA

W początkowym okresie rozwoju technik neuroendoskopowych poważnym ograniczeniem ich zastosowania była wysoka, w porównaniu z leczeniem poprzez implantację układów zastawkowych, okołoperacyjna śmiertelność, sięgająca nawet 20%. Obecnie coraz czę-

ściej przytaczane dane kliniczne dotyczące śmiertelności towarzyszącej technikom neuroendoskopowym nie odbiegają od przypisywanej implantacjom układów zastawkowych i oscylują wokół 0%^(4,5,21). W prasie fachowej pojawiają się sporadycznie doniesienia o odległych nagłych zgonach związanych z krytycznym wzrostem ciasnoty śródczaszkowej u chorych leczonych drogą wentrykulostomii komory III na skutek zamknięcia się połączenia⁽¹⁴⁾. Częstość powikłań dotyczących zabiegów neuroendoskopowych jest stosunkowo wysoka i kształtuje się na poziomie około 14%^(32,33). Można je podzielić na cztery grupy: uszkodzenia struktur mózgowia (pnia mózgu, kolumn sklepienia, torebki wewnętrznej), naczyniowe (uszkodzenie tętnicy podstawnej skutkujące masywnym krwotokiem lub tworzeniem się pseudotętniaków, masywne krwawienie z żył przegrodowych), endokrynologiczne będące wynikiem uszkodzenia osi przysadkowo-podwzgórzowej, uszkodzenia nerwów czaszkowych (najczęściej III, rzadziej IV i VI)^(4,5,14,21). Przejściowe objawy uboczne mogą się pojawiać u 6-20% chorych^(5,14,22). Objawy przewlekłe występują u 1-2%^(5,14). Ostatnio zwracano uwagę (głównie anestezjolodzy), że przyczyną groźnych powikłań towarzyszących zabiegom neuroendoskopowym może być zbyt agresywne płukanie pola operacyjnego prowadzące do krytycznego wzrostu ciśnienia śródczaszkowego, a w jego następstwie do nagłego zatrzymania krążenia⁽⁵⁾.

KIERUNKI DALSZEGO ROZWOJU TECHNIK NEUROENDOSKOPOWYCH

Kierunki rozwoju technik neuroendoskopowych wyznaczają jej obecne niedomogi, takie jak np. brak widzenia stereoskopowego^(36,37). Należy również spodziewać się powstawania nowych programów pozwalających na symulację zbliżoną do warunków rzeczywistych wirtualnej neuroendoskopii 3D⁽³⁸⁾. Wiele wskazuje na dalszy rozwój zabiegów pod kontrolą endoskopu lub z jego asystą oraz na dalszą poprawę rozdzielczości obrazu uzyskanego z pola operacyjnego dzięki technologii High Definition D^(36,37). W fazie prac eksperymentalnych znajduje się zastosowanie zabiegów neuroendoskopowych w robotyce⁽²⁻⁵⁾.

PIŚMIENNICTWO: BIBLIOGRAPHY:

1. Foltz E.L.: Treatment of hydrocephalus by ventricular shunts. *Childs Nerv. Syst.* 1996; 12: 289-290.
2. Levy M.L., Nguyen A., Aryan H. i wsp.: Robotic virtual endoscopy: development of a multidirectional rigid endoscope. *Neurosurgery* 2008; 62 supl. 2: 599-606.
3. Misra M., Dujovny M., Alp M.S.: Endoscopic instruments. *Surg. Neurol.* 1997; 48: 140-142.
4. Grant J.A., McLone D.G.: Third ventriculostomy: a review. *Surg. Neurol.* 1997; 47: 210-212.

5. Farin A., Aryan H.E., Ozgur B.M. i wsp.: Endoscopic third ventriculostomy. *Journal of Clinical Neuroscience* 2006; 13: 763-770.
6. Mori H., Koike T., Fujimoto T. i wsp.: Endoscopic stent placement for treatment of secondary bilateral occlusion of the Monro foramina following endoscopic third ventriculostomy in a patient with aqueductal stenosis. *Case report. J. Neurosurg.* 2007; 107: 416-420.
7. Schroeder H.W.S., Oertel J., Gaab M.R.: Endoscopic treatment of cerebrospinal fluid pathway obstructions. *Neurosurgery* 2008; 62 supl. 3: 1084-1092.
8. Tamaki N., Hara Y., Takaishi Y., Shimada S.: Angled rigid neuroendoscope for continuous intraoperative visual monitoring: technical note. *J. Clin. Neurosci.* 2001; 8: 148-150.
9. Resch K.D., Pernecky A., Tschabitscher M., Kindel S.: Endoscopic anatomy of the ventricles. *Acta Neurochir. Suppl.* 1994; 61: 57-61.
10. Hellwig D., Haag R., Bartel V. i wsp.: Application of new electrosurgical devices and probes in endoscopic neurosurgery. *Neurol. Res.* 1999; 21: 67-72.
11. Gangemi M., Maiuri F., Donati P. i wsp.: Neuroendoscopy. Personal experience, indications and limits. *J. Neurosurg. Sci.* 1998; 42: 1-10.
12. Buxton N., Macarthur D., Robertson I., Punt J.: Neuroendoscopic third ventriculostomy for failed shunts. *Surg. Neurol.* 2003; 60: 201-204.
13. Boschert J.M., Krauss J.K.: Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of shunt-related over-drainage: preliminary experience with a new approach how to render ventricles navigable. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2006; 108: 143-149.
14. Kadrian D., van Gelder J., Florida D. i wsp.: Long-term reliability of endoscopic third ventriculostomy. *Neurosurgery* 2005; 56: 1271-1278.
15. Mohanty A., Suman R., Shankar S.R. i wsp.: Endoscopic third ventriculostomy in the management of Chiari I malformation and syringomyelia associated with hydrocephalus. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2005; 108: 87-92.
16. Gangemi M., Maiuri F., Donati P.A. i wsp.: Endoscopic surgery for monoventricular hydrocephalus. *Surg. Neurol.* 1999; 52: 246-251.
17. Oi S., Hidaka M., Honda Y. i wsp.: Neuroendoscopic surgery for specific forms of hydrocephalus. *Childs Nerv. Syst.* 1999; 15: 56-68.
18. Jimenez-Vazquez O.H., Nagore N.: The impact of neuroendoscopy in the emergency setting – a retrospective study of imaging, intraoperative findings, and surgical outcome in 55 patients. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2008; 110: 539-543.
19. Oka K., Yamamoto M., Ikeda K., Tomonaga M.: Flexible endoneurosurgical therapy for aqueductal stenosis. *Neurosurgery* 1993; 33: 236-243.
20. Mohanty A.: Endoscopic third ventriculostomy with cystoventricular stent placement in the management of Dandy-Walker malformation: technical case report of three patients. *Neurosurgery* 2003; 53: 1223-1229.
21. Drake J.M.: The surgical management of pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery* 2008; 62 supl. 2: 633-642.
22. Fritsch M.J., Kienke S., Manwaring K.H., Mehdorn H.M.: Endoscopic aqueductoplasty and interventriculostomy for the treatment of isolated fourth ventricle in children. *Neurosurgery* 2004; 55: 372-379.
23. Cipri S., Gambardella G.: Neuroendoscopic approach to complex hydrocephalus. Personal experience and preliminary report. *J. Neurosurg. Sci.* 2001; 45: 92-96.
24. Morita A., Shin M., Sekhar L.N., Kirino T.: Endoscopic microneurosurgery: usefulness and cost-effectiveness in the consecutive experience of 210 patients. *Neurosurgery* 2006; 58: 315-321.
25. Novak Z., Chrastina J., Riha I., Pohanka M.: Stereotactic neuroendoscopy using frame-based, frameless Brain-Lab navigation and PACS. *International Congress Series* 2005; 1281: 1340.
26. Roszkowski M., Barszcz S., Jurkiewicz E.: Operacje endoskopowe w chorobach mózgu u dzieci. W: Roszkowski M. (red.): *Minimalnie inwazyjne techniki w neurochirurgii dziecięcej*. EMU, Warszawa 2002: 67-117.
27. Longatti P., Fiorindi A., Perin A., Martinuzzi A.: Endoscopic anatomy of the cerebral aqueduct. *Neurosurgery* 2007; 61 supl.: 1-6.
28. Longatti P., Fiorindi A., Feletti A. i wsp.: Endoscopic anatomy of the fourth ventricle. Laboratory investigation. *J. Neurosurg.* 2008; 109: 530-535.
29. Meng H., Feng H., Le F., Lu J.Y.: Neuroendoscopic management of symptomatic septum pellucidum cysts. *Neurosurgery* 2006; 59: 278-283.
30. Balmer B., Bernays R.L., Kollias S.S., Yonekawa Y.: Interventional MR-guided neuroendoscopy: a new therapeutic option for children. *J. Pediatr. Surg.* 2002; 37: 668-672.
31. Longatti P., Fiorindi A., Martinuzzi A.: Neuroendoscopic aspiration of hematocephalus totalis: technical note. *Neurosurgery* 2005; 57 supl.: E409.
32. Drake J.M.: Canadian Pediatric Neurosurgery Study Group: Endoscopic third ventriculostomy in pediatric patients: the Canadian experience. *Neurosurgery* 2007; 60: 881-886.
33. Nowosławska E.: Ocena technik neuroendoskopowych w leczeniu hydrodynamicznych zaburzeń krążenia płynu mózgowo-rdzeniowego u dzieci. *Folia Med. Lodz.* 2004; 31: 3-32.
34. Lewis A.I., Keiper G.L. Jr, Crone K.R.: Endoscopic treatment of loculated hydrocephalus. *J. Neurosurg.* 1995; 82: 780-785.
35. Hellwig D., Heinemann A., Riegel T.: Endoscopic third ventriculostomy in treatment of obstructive hydrocephalus caused by primary aqueductal stenosis. W: Hellwig D., Bauer B.L. (red.): *Minimally Invasive Techniques for Neurosurgery. Current Status and Future Perspectives*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1998: 65-72.
36. Cappabianca P., Decq P., Schroeder H.W.S.: Future of endoscopy in neurosurgery. *Surg. Neurol.* 2007; 67: 496-498.
37. Atkinson J.L.D.: What's new in neurological surgery. *J. Am. Coll. Surg.* 2002; 194: 782-787.
38. Jödicke A., Accomazzi V., Reiss I., Böker D.K.: Virtual endoscopy of the cerebral ventricles based on 3-D ultrasonography. *Ultrasound Med. Biol.* 2003; 29: 339-345.