

# Zum optimalen Öffnungsdruck hydrostatischer Ventile beim idiopathischen Normaldruckhydrozephalus: Eine prospektive Studie mit 122 Patienten

U. Meier<sup>1</sup>  
M. Kiefer<sup>2</sup>

*The Optimal Opening Pressure of Hydrostatic Valves in Cases of Idiopathic Normal-Pressure Hydrocephalus: A Prospective Study with 122 Patients*

## Zusammenfassung

**Zielstellung:** Hat der Ventilöffnungsdruck hydrostatischer Ventile Einfluss auf den Krankheitsverlauf von Patienten mit idiopathischem Normaldruckhydrozephalus? **Patienten und Methode:** Von September 1997 bis Januar 2003 wurden in den Neurochirurgischen Kliniken des Unfallkrankenhauses Berlin-Marzahn und der Universität Homburg/Saar 122 Patienten mit einem idiopathischen Normaldruckhydrozephalus (iNPH) durch Implantation eines hydrostatischen Ventils operativ behandelt. Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung, des intrathekalen Infusionstestes und des Zerebrospinal-Tap-Tests dienten als Entscheidungshilfe zur Shuntoperation. Bei allen Patienten erfolgte in einer prospektiven Studie die klinische Untersuchung präoperativ, postoperativ und ein Jahr nach der Operation. **Ergebnisse:** 43% der Patienten weisen einen sehr guten, 25% einen guten und 20% einen befriedigenden sowie 12% einen schlechten Krankheitsverlauf ein Jahr nach der Shuntoperation auf. Patienten mit einer Öffnungsdruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O im Niederdruckbereich des Schwerkraftventils zeigten einen statistisch signifikant besseren Krankheitsverlauf als diejenigen mit einer Öffnungsdruckstufe von 100 bzw. 130 mm H<sub>2</sub>O. Als ventilunabhängige Komplikationen (11%) wurden 8 Dislokationen (7%) von Ventrikel- oder Abdominalkathetern, drei Katheterabrisse (2%) und drei Ventilinfektionen (2%) eruiert. Als ventilabhängige Komplikationen (10%) fand man bei 4 Patienten (3%) Unterdrainagen und bei 8 Patienten (7%) radiologische Zeichen der Überdrainage, wobei 4 Patienten (3%) eine symptomatische Überdrainage aufwiesen. **Schlussfolgerung:** Hydrostatische Ventile mit einer

## Abstract

**Objective:** For the choice of the optimal opening pressure of the valve in patients with idiopathic normal-pressure hydrocephalus (iNPH), it has to be figured out if a lower pressure level is associated with a higher risk of overdrainage, and a medium pressure valve with underdrainage as well. **Methods:** In a prospective study the Miethke dual-switch valve (DSV) Aesculap<sup>®</sup> was implanted in 96 patients with iNPH, and a Miethke gravity assisted valve (GAV) Aesculap<sup>®</sup> in 26 patients. The patients were assessed prior to and after operation, and re-evaluated 1 year after surgery. The technical principles of the gravitation devices are presented. **Results:** The clinical follow-up showed excellent or good results in 68% of the patients, satisfactory results in 20%, and a poor outcome in 12% of the cases. The outcome correlated with the opening pressure of the valve. We found a significantly better outcome in patients with low pressure valve (50 mm H<sub>2</sub>O) in contrast to patients with medium pressure valves (100 and 130 mm H<sub>2</sub>O). The valve-related rate of overdrainage was 7%, the rate of underdrainage 3%, and the infection rate 2%. **Conclusion:** A significant better outcome in patients with low pressure valves is accompanied with an increased rate of symptomatic overdrainage (6% versus 1%) in cases with DSV Aesculap<sup>®</sup>, but not in cases with GAV Aesculap<sup>®</sup>. The rise of underdrainage was higher in patients with medium pressure valves (6%) opposing patients with low pressure valves (0%). The adjustable gravitation valve „Pro-GAV“ Aesculap<sup>®</sup> is supposed to solve this problem.

### Institutsangaben

<sup>1</sup> Klinik für Neurochirurgie, Unfallkrankenhauses Berlin  
<sup>2</sup> Klinik für Neurochirurgie, Universität Homburg/Saar

### Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. med. Ullrich Meier · Direktor der Klinik für Neurochirurgie · Unfallkrankenhauses Berlin · Warener Straße 7 · 12683 Berlin · E-mail: ullrich.meier@ukb.de

### Bibliografie

Akt Neurol 2004; 31: 216–222 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
DOI 10.1055/s-2003-814878  
ISSN 0302-4350

Öffnungsdruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O im Niederdruckbereich stellen nach derzeitigen Erkenntnissen die optimale Therapieoption bei Patienten mit einem iNPH dar. Aufgrund der frühzeitigen Schaltfunktion bei Veränderung der Körperhaltung des Patienten (Liegen, Stehen, Sitzen und „schiefe Ebene“ etc.) ist hierfür das Miethke-Gravity Assisted Valve (GAV) Aesculap® besser geeignet als das Miethke-Dual-Switch-Ventil (DSV) Aesculap®. Können programmierbare Schwerkraftventile bei Patienten mit einem iNPH zur weiteren Optimierung des Krankheitsverlaufes bei Minimierung der ventilabhängigen Komplikationen beitragen?

## Einleitung

Die akkurate Diagnostik und Therapie eines Normaldruckhydrozephalus (NPH) stellt trotz der modernen neuroradiologischen Diagnostikmethoden eine Herausforderung für den Kliniker dar [1]. Zum einen sind die klinischen Symptome, wie eine beginnende Gangstörung, Kurzzeitgedächtnisstörungen oft begleitet von vegetativen Symptomen, wie Kopfschmerzen und Schwindel unter körperlicher Belastung, eher als unspezifisch zu bewerten. Zum anderen ist eine differenzialdiagnostische Abgrenzung genannter Symptome von demenziellen Erkrankungen vaskulärer und degenerativer Genese (Morbus Binswanger, Morbus Alzheimer) oft schwierig [2].

Auch nach einer exakt gestellten Diagnose, gestaltet sich die operative Therapie als komplikationsträchtig, was den klinischen Verlauf und die Besserungsrate bei NPH-Patienten erheblich beeinflusst. Das „hydraulische Missmanagement“ [1] von Hydrozephalusshunts beinhaltet eine unphysiologische Funktion entweder durch Überdrainage im Stehen oder durch relative Unterdrainage im Liegen. Dieser Sachverhalt ist bei konventionellen Ventilen technisch unvermeidlich, da letztere nur einen Kompromiss zwischen den Anforderungen der verschiedenen Körperpositionen zulassen [3]. Während jüngere Patienten mehrheitlich klinisch eine erhebliche Toleranz für unphysiologische ICP zeigen, ist dies für die betagten und häufig vaskulär vorgeschädigten NPH-Patienten ein großes Problem [4–7].

## Material und Methode

Von September 1997 bis Januar 2003 wurden in den Neurochirurgischen Kliniken des Unfallkrankenhauses Berlin-Marzahn und der Universität Homburg/Saar 122 Patienten mit einem idiopathischen Normaldruckhydrozephalus (iNPH) durch Implantation von hydrostatischen Ventilen (96 × Miethke-Dual-Switch-Ventil Aesculap® und 26 × Miethke-Gravity Assisted Valve Aesculap®, Ch. Miethke GmbH & Co. KG, Kleinmachnow bei Berlin, Deutschland) operativ behandelt. Im Zeitraum 1997–1999 wurden im Unfallkrankenhaus Berlin-Marzahn vorwiegend Miethke-Dual-Switch-Ventile (DSV) mit einer Niederdruckstufe von 130 mm H<sub>2</sub>O implantiert, im Zeitraum 2000–2001 selbige mit einer Niederdruckstufe von 100 mm H<sub>2</sub>O. Im Zeitraum 2002–2003 erfolgten im Unfallkrankenhaus Berlin-Marzahn die Implantation von DSV mit einer Niederdruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O und im Universitätsklinikum Homburg/Saar die Im-

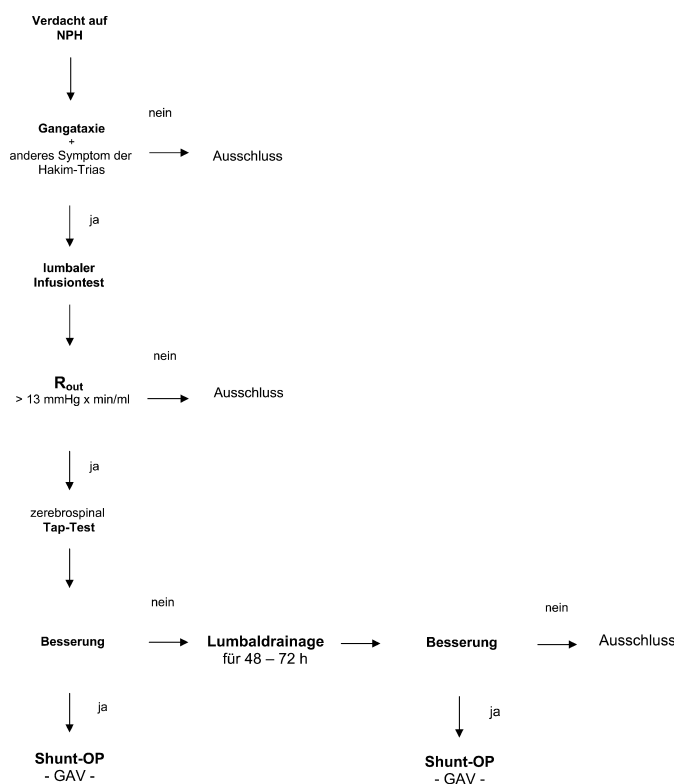


Abb. 1 Diagnostikpfad beim Normaldruckhydrozephalus.

plantation von Miethke-Gravity Assisted Valve (GAV) mit einer Niederdruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O. Somit führten wir keine Selektion der drei Ventilgruppen nach klinischen und/oder radiologischen Kriterien durch. Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung, des intrathekalen Infusionstestes und des Zerebrospinal-Tap-Tests dienten als Entscheidungshilfe zur Shuntoperation [8]. Die 67 Männer (55%) und 55 Frauen (45%) hatten ein durchschnittliches Lebensalter von 67 Jahren (29–83 Jahre).

**Diagnostik:** Nach der klinischen Untersuchung mit Feststellung einer Gangataxie sowie zusätzlicher Symptome [9] und dem Nachweis einer Ventrikelerweiterung in den bildgebenden Verfahren der Neuroradiologie erfolgte die Durchführung des intrathekalen Infusionstestes (Abb. 1). Der dynamische Infusionstest, welcher computerassiiert in Konstantflusstechnik mit einer Infusionsrate von 2 ml/min via Lumbalpunktion am liegenden Patienten durchgeführt wurde, diente der Berechnung des ICP-abhängigen Abflusswiderstandes (Resistance) als Parameter der Liquordynamik [10,11]. Eine Resistance ( $R_{out}$ ) größer 13 mm Hg × min/ml wurde als pathologisch definiert [12]. Direkt im Anschluss an den Infusionstest erfolgte die diagnostische Liquordrainage von mindestens 60 ml Liquor. Bei Besserung der klinischen Symptomatik in den folgenden 2–3 Tagen wurde die Indikation zur Shuntoperation gestellt. Besserte sich die Symptomatik, insbesondere die Gangataxie nicht, erfolgte eine externe Lumbaldrainage für 2–3 Tage (Abb. 1). Bei Besserung der Symptomatik hiernach wurde ein Schwerkraftventil als ventrikuloperitonealer Shunt implantiert [13].

**Funktionsweise des Miethke-Dual-Switch-Ventils (DSV):** Das DSV besteht aus zwei unabhängig voneinander arbeitenden Ventilkammern – eine für die liegende Körperhaltung des Patienten

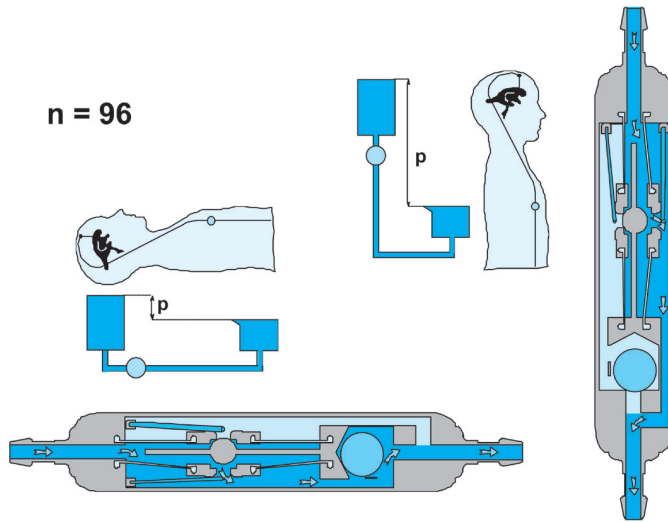


Abb. 2 Arbeitsprinzip des Miethke-Dual-Switch-Ventils (DSV).

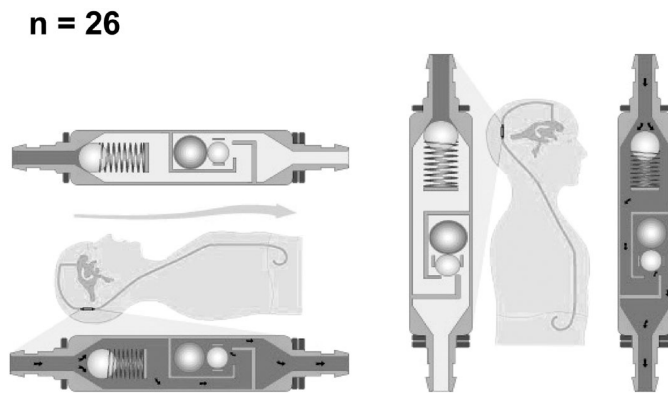


Abb. 3 Arbeitsprinzip des Miethke-Gravity Assisted Valve (GAV).

und eine für die stehende oder sitzende Körperposition. Die Aktivierung der erforderlichen Ventilkammer erfolgt über eine Tantal-Kugel, die beim Aufrichten des Patienten ab einer Körperposition von ca. 60–70 Grad die Liquordrainage über die Niederdruckkammer des Ventils unterbindet. Erst wenn auch in der stehenden Körperhaltung ein kritischer intraventrikulärer Druck (IVP) erreicht ist, öffnet die Hochdruckkammer des Ventils und verhindert auf diese Weise einen weiteren Anstieg des Druckes (Abb. 2).

**Funktionsweise des Miethke-Gravity Assisted Valve (GAV):** Das GAV ist ein Kugel-Konus-Ventil kombiniert mit einem Gravitationsventil. Das niedrig eingestellte Kugel-Konus-Ventil hält den IVP des Patienten in physiologischen Grenzen. Dabei ist das Gravitationsventil im Liegen ständig geöffnet. Beim Aufstehen des Patienten wird das Gravitationsventil durch das Herunterfallen der beiden Kugeln ab einer Körperposition von ca. 30–40 Grad automatisch aktiviert. Es stellt sich ein höherer Ventilöffnungsdruck ein, da nun die Öffnungsdrücke beider Ventilmechanismen (Kugel-Konus- und Gravitationsventil) überwunden werden müssen, somit arbeitet das GAV analog (Abb. 3).

Die Auswahl der Niederdruckstufe beider hydrostatischer Ventile richtet sich nach der Eignung eines Nieder-, Mittel- oder Hochdruckventils [4]. Für die Stehendposition ist dagegen die Körper-

Tab. 1 Ventilkonfiguration für alle 122 Patienten mit iNPH

Ventildruckstufen (mm H <sub>2</sub> O)	300 (300)	400 (350)	500 (400)	Summe
GAV 50	(7)	(11)	(8)	26
DSV 50	3	17	5	25
DSV 100	2	17	20	39
DSV 130	1	9	23	33

Tab. 2 Black Grading Scale for Shunt Assessment [18]

Grading	Beschreibung	NPH-Recovery-Rate
Excellent	Aktivitätsgrad wie vor der Erkrankung	≥ 7 Punkte
Good	leichte Einschränkungen	≥ 5 Punkte
Fair	graduelle Verbesserung	≥ 3 Punkte
Transient	zeitweilige Besserung	≥ 2 Punkte
Poor	keine Änderung oder schlechter	< 2 Punkte

größe der Patienten (< 160, 160–180, > 180 cm Körpergröße) entscheidend. Auf dem Ventilgehäuse sind die Druckstufen und durch einen Pfeil, die Flussrichtung angegeben. Diese Kodierung im Ventilgehäuse ermöglicht die postoperative Kontrolle der Druckstufen mittels Röntgentechnik. Des Weiteren kann durch Röntgenkontrolle im Stehen und Liegen die Funktionstüchtigkeit des Lageschalters (Tantal-Kugel) beim DSV überprüft werden [5, 14, 15].

Die Druckstufen der hydrostatischen Ventile (Ventilkonfiguration) sind für alle 122 Patienten mit iNPH in Tab. 1 dargestellt.

**Klinisches Grading:** Die klinischen Untersuchungsergebnisse wurden nach der Black Grading Scale for Shunt Assessment (Tab. 2) und nach der NPH-Recovery-Rate [16] basierend auf dem klinischen Grading für den Normaldruckhydrozephalus von Kiefer [17] bewertet.

Alle graduierten Untersuchungsergebnisse wurden in vier Gruppen zusammengefasst. Dabei kennzeichnet die Gruppe mit sehr guten Krankheitsverläufen eine NPH-Recovery-Rate ≥ 7 Punkte, die Gruppe mit den guten Krankheitsverläufen eine NPH-Recovery-Rate ≥ 5 Punkte, die Gruppe mit befriedigenden Krankheitsverläufen eine NPH-Recovery-Rate ≥ 2 Punkte und diejenige mit schlechten Krankheitsverläufen eine NPH-Recovery-Rate < 2 Punkte.

$$\text{NPH-Recovery-Rate} = \left( \frac{\text{NPH-Grading}_{\text{präoperativ}} - \text{NPH-Grading}_{\text{postoperativ}}}{\text{NPH-Grading nach Kiefer [17]}_{\text{präoperativ}}} \right) \times 10$$

**Statistik:** Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Exakten-Test nach Fisher bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p = 0,05$ .

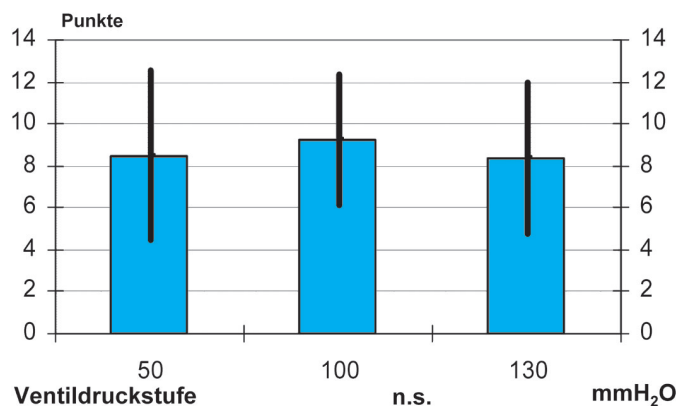


Abb. 4 Klinische Symptomatik präoperativ.

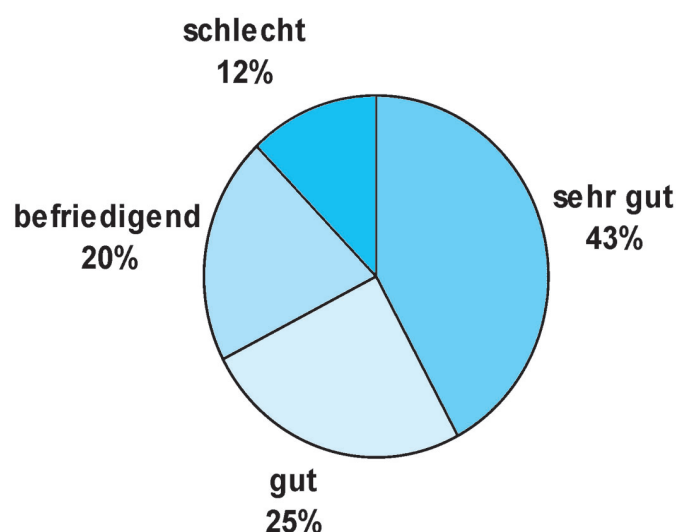


Abb. 5 Outcome entsprechend der NPH-Recovery-Rate.

## Ergebnisse

Der durchschnittliche Wert auf der Kiefer-Scale (Abb. 4) zeigte präoperativ zwischen den drei Ventilgruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied, sodass von einer vergleichbaren Schwere der durch den iNPH verursachten Symptomatik ausgegangen werden kann.

**Outcome:** Die Behandlungsergebnisse der 122 Patienten nach Shuntoperation werden in Abb. 5 dargestellt. Dabei zeigen 43% ein sehr gutes, 25% ein gutes, 20% ein befriedigendes und 12% ein schlechtes Behandlungsergebnis 1 Jahr nach der Shuntimplantation. Zusammengefasst konnten wir bei 83 Patienten gute bis sehr gute, bei 25 Patienten befriedigende und bei 15 Patienten schlechte Therapieerfolge resümieren (Abb. 5).

**Komplikationen:** Hinsichtlich der ventilunabhängigen Komplikationen nach Shuntimplantation fanden wir eine Infektionsrate von 2%. Bei allen Patienten mit Shuntinfektionen wurde das Implantat entfernt. Nach Sanierung des Infektionsherdes erfolgte bei allen drei Patienten eine erneute Ventilimplantation. Bei der Zweitimplantation wurde die Ventilstufe des Niederdruckbereiches in zwei Fällen entsprechend derjenigen der Erstimplantation gewählt. In einem Fall entschied man sich für die niedrigere Ventilstufe im Niederdruckbereich des DSV. 3-mal musste ein

Ventrikelskatheter wegen Fehlplatzierung und 5-mal der Peritonealkatheter wegen Dislokation in die Bauchdecke revidiert werden (Dislokation: 7%). Der Abdominalkatheter riss direkt unter oder aus dem DSV bei drei Patienten (2% ventilunabhängig, aber shuntabhängig) ab und führte zur Notwendigkeit einer operativen Ventilrevision. Die ventilunabhängigen Komplikationen betragen somit 11% (14 Patienten).

Vier Patienten (3%) mit einem DSV zeigten in den bildgebenden Verfahren der Neuroradiologie eine deutliche Abnahme der Ventrikelgröße und schmale subdurale Hygrome als direktes Zeichen der Überdrainage. Bei allen Patienten resorbierte sich das subdurale Hygrom ohne klinische Symptomatik innerhalb von 6–8 Wochen. Ebenfalls vier Patienten (3%) entwickelten im klinischen Verlauf chronische Subduralhämatome mit einer progredienten ICP-Symptomatik, wie Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerzen. Die chronischen Subduralhämatome wurden über Bohrlochtrepanationen operativ therapiert und neue Shuntsysteme implantiert. Bei einem Patienten erfolgte eine Shuntrevision mit Implantation einer höheren Niederdruckstufe des DSV, bei zwei Patienten mit Implantation des programmierbaren Medos-Hakim-Ventils und Shuntassistent als Gravitationseinheit und in einer auswärtigen Klinik die Implantation eines programmierbaren Medos-Hakim-Ventils ohne Gravitationseinheit. Hier nach besserte sich die vorgenannte Symptomatik rasch.

Vier Patienten (3%) zeigten trotz Shuntoperation eine Verschlechterung der Symptomatik. Die Ventrikelgröße nahm bei diesen Patienten im Computertomogramm gering zu. Im intrathekalen Infusionstest konnte liquordynamisch die Unterdrainage bestätigt werden. Bei diesen vier Patienten erfolgte eine Shuntrevision mit Implantation einer niedrigeren Niederdruckstufe des DSV. Zwei Patienten zeigten hiernach im klinischen Verlauf eine deutliche Besserung der Symptomatik. Bei zwei Patienten besserte sich auch nach der 2. Operation die klinische Symptomatik nicht. Die ventilabhängige Komplikationsrate muss mit 10% (12 Patienten) angegeben werden.

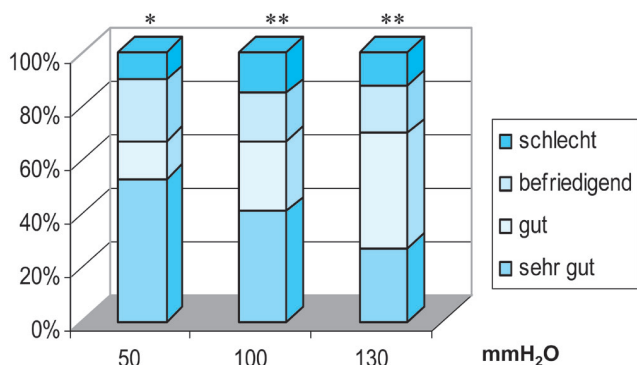
Die shuntabhängige Morbidität betrug somit 21%. Vier Patienten verstarben im Untersuchungszeitraum unabhängig von der Shuntimplantation an einem Herzinfarkt bzw. einem zum OP-Zeitpunkt unbekanntem Tumorleiden 5–7 Monate post operationem. Ein weiterer Patient verstarb sechs Tage nach der Shuntoperation an einer Lungenembolie trotz fachgerechter Thromboseprophylaxe. Somit beträgt die operationsabhängige Letalität 1% und die shuntassoziierte Letalität 0%.

Trotz der Häufung der symptomatischen Überdrainagen bei DSV mit einer Ventildruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O (6% DSV + GAV 50 mm H<sub>2</sub>O oder 12% DSV 50 mm H<sub>2</sub>O) und der Unterdrainagen bei DSV mit Ventildruckstufen von 100 und 130 mm H<sub>2</sub>O (5% DSV 100 mm H<sub>2</sub>O und 6% DSV 130 mm H<sub>2</sub>O) sind selbige nicht statistisch signifikant (Tab. 3). Festzuhalten ist jedoch, dass Überdrainagen nur beim DSV, aber nicht beim GAV auftraten. Auch die ventilunabhängigen Komplikationen korrelieren nicht mit der Ventildruckstufe.

**Ventildruckstufe:** Interessant gestaltet sich der Vergleich der Ventildruckstufen mit dem Krankheitsverlauf (Abb. 6). 27 Patienten (53%) mit einem Schwerkraftventil 50 mm H<sub>2</sub>O Nieder-

Tab. 3 Ventilabhängige Komplikationen versus Ventilkonfiguration

Ventildruckstufen (mm H <sub>2</sub> O)	50	100	130
Unterdrainage	0	2	2
Überdrainage asymptomatisch	2	2	0
Überdrainage symptomatisch	3	1	0

Abb. 6 Outcome versus Ventilkonfiguration. Exakter Test nach Fisher: \*\*/\*\*\*signifikant ( $p = 0,048$ )

druckstufe haben einen sehr guten und 7 Patienten (14%) einen guten Krankheitsverlauf. 12 Patienten (23%) bzw. fünf Patienten (10%) dieser Gruppe weisen einen befriedigenden bzw. schlechten Krankheitsverlauf auf. Innerhalb der Patientengruppe mit einem M-DSV und 100 und 130 mm H<sub>2</sub>O Niederdruckstufe hatten 25 Patienten (35%) einen sehr guten Krankheitsverlauf, 24 Patienten (33%) einen guten, 13 Patienten (18%) einen befriedigenden Krankheitsverlauf und 10 Patienten (14%) zeigten keine Besserung der Symptomatik 1 Jahr postoperativ. Der Krankheitsverlauf von Patienten mit iNPH und implantiertem Schwerkraftventil 50 mm H<sub>2</sub>O der Niederdruckstufe ist statistisch signifikant besser als bei implantierten Schwerkraftventilen mit einer Niederdruckstufe von 100 bzw. 130 mm H<sub>2</sub>O (Abb. 6).

druckstufe haben einen sehr guten und 7 Patienten (14%) einen guten Krankheitsverlauf. 12 Patienten (23%) bzw. fünf Patienten (10%) dieser Gruppe weisen einen befriedigenden bzw. schlechten Krankheitsverlauf auf. Innerhalb der Patientengruppe mit einem M-DSV und 100 und 130 mm H<sub>2</sub>O Niederdruckstufe hatten 25 Patienten (35%) einen sehr guten Krankheitsverlauf, 24 Patienten (33%) einen guten, 13 Patienten (18%) einen befriedigenden Krankheitsverlauf und 10 Patienten (14%) zeigten keine Besserung der Symptomatik 1 Jahr postoperativ. Der Krankheitsverlauf von Patienten mit iNPH und implantiertem Schwerkraftventil 50 mm H<sub>2</sub>O der Niederdruckstufe ist statistisch signifikant besser als bei implantierten Schwerkraftventilen mit einer Niederdruckstufe von 100 bzw. 130 mm H<sub>2</sub>O (Abb. 6).

## Diskussion

Schwerkraftventile stellen mittlerweile den Goldstandard bei der operativen Therapie des chronischen Hydrozephalus dar [19–21]. Welche Ventildruckstufe jedoch optimal für Patienten mit iNPH ist, wird derzeit aktiv diskutiert.

**Outcome:** Die allgemeinen Besserungsraten bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus (NPH) variieren nach einer Shuntoperation in der Literatur zwischen 31 und 96% mit einem Durchschnittswert von 53% [22–30]. Vanneste [31] gibt nach einer Metaanalyse Besserungsraten von 30–50% beim idiopathischen NPH und beim sekundären NPH 50–70% an. Hebb et al. [32] geben in einer Metaanalyse Besserungsraten von 59% nach einer Shuntoperation beim iNPH und langfristig von 29% an. Die Ergebnisse unserer Studie liegen mit 68% guten und sehr guten Behandlungsergebnissen sowie 20% befriedigendem Krankheitsverlauf (Abb. 5), also mit einer allgemeinen Besserungsrate von 88% deutlich über diesen internationalen Angaben. Die im

Vergleich zur internationalen Literatur besseren Behandlungsergebnisse werden sicherlich durch die Erfahrung unserer Arbeitsgruppen in der Diagnostik und Therapie von Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus [4, 7–14, 16, 33] mitbestimmt, müssen aber im Wesentlichen dem Konstruktionsprinzip beider Ventile, welche der variablen Körperstellung des Patienten Rechnung tragen, zugeschrieben werden. Dabei ist die Notwendigkeit der Diagnostik und Therapie des Normaldruckhydrozephalus im Frühstadium zu betonen, da im Spätstadium bereits zerebrale Autoregulationsstörungen bestehen und dadurch die Therapieergebnisse nach einer Ventilimplantation schlechter sind. Somit bewirkt eine Diagnoseverschleppung im ungünstigen Fall für den Patienten eine irreversible Herabsetzung seines kognitiven Potenzials [34]. Aus diesem Grunde ist eine sensitive Diagnostik (Abb. 1) und daraus resultierende Therapie (Abb. 2 u. 3) für den weiteren Verlauf des NPH essenziell [35].

**Komplikationen:** Nach Shuntoperationen bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus gaben Grumme et al. [36] eine Letalität von 0–6% und Überdrainagephänomene in einer Häufigkeit von 6–20% an. Hebb et al. [32] beziffern die Komplikationsrate auf 38%, die Revisionsrate auf 22% und die Kombination von bleibendem neurologischen Defizit und Letalität durch die Operation auf 6%. Vergleichsweise liegen in der eigenen Studie die Letalität mit 1% und die Überdrainagerate mit 7% unter den internationalen Zahlenangaben [28, 37]. Auch die eigenen Angaben zur peri- und postchirurgischen Komplikationsrate sind mit 21% im unteren Bereich derjenigen von Vanneste [31] mit 20–40% angesiedelt. Insbesondere die geringe Überdrainagerate (nach radiologischen Kriterien 7%; symptomatisch 3%) im Vergleich zu den Standardventilen muss an dieser Stelle hervorgehoben werden. Ähnlich gute Ergebnisse werden in einer europäischen Multizenterstudie von Patienten mit Hydrozephalus internus unterschiedlicher Genese und implantierten flussregulierten Orbis-Sigma-II-Ventilen berichtet [38].

Erst durch die Entwicklung hydrostatischer Ventile wurde berücksichtigt, dass der Patient einen größeren Teil seiner Lebenszeit im Sitzen und Stehen verbringt und dass in aufrechter Körperposition bei Shuntpatienten völlig andere physikalische Voraussetzungen vorliegen als im Liegen [39]. Durch die hydrostatischen Ventile konnte zwar die Gefahr der Überdrainage in Abhängigkeit vom Konstruktionsprinzip gemindert werden, jedoch traten Probleme der Unterdrainage in den Vordergrund. In unserem Krankengut mussten vier Patienten (3%) wegen einer klinisch und im intrathekalen Infusionstest nachweisbaren Unterdrainage nochmals operativ behandelt werden. Bei diesen 4 Patienten erfolgte die Implantation eines DSV mit einer niedrigeren Druckstufe für die Horizontalposition.

Bei der Durchsicht der internationalen Literatur zur Thematik der Unterdrainage nach Shuntoperation fällt eine gravierende Uneinheitlichkeit und Diskrepanzen bezüglich der Definition und Einteilung der postoperativen Komplikationen auf. Einige Autoren berechnen die Zahl der Gesamtkomplikationen, andere nur die mechanischen Komplikationen unter Ausklammerung der Infektionen. Drake et al. [40] fasst die Unterdrainage als Komplikation mit Okklusionen zusammen und definiert die Überdrainage als subdurale Hygrome und das Schlitzventrikelsyndrom. Boon et al. [41] und Zemack [42] definieren keine Un-

terdrainage bzw. beschreiben als Überdrainage ebenfalls subdurale Hygrome und eine klinische Symptomatik der Überdrainage. Nach unserer Meinung sollte man von einer funktionellen Unterdrainage nur dann sprechen, wenn die Druckstufe des Ventils zu hoch gewählt wurde, der Istwert der Ventildruckstufe gegenüber dem Sollwert aufgrund von Fertigungsfehlern oder Veränderungen der Ventilfunktion in vivo erhöht ist oder durch eine Erhöhung des intraperitonealen Druckes infolge von Adipositas oder Insuffizienz der Liquorresorption beispielsweise in einer Pseudozyste der Liquorabfluss vermindert ist. In dem Shuntregistry aus England [43] mit seiner großen Patientenzahl von über 9000 Fällen stehen die Unterdrainagen mit 52% im Vordergrund. Als postoperative Ursache für Komplikationen wird die Überdrainage in dieser Arbeit mit 3%, also sehr niedrig, angegeben. Demgegenüber stehen skandinavische Arbeitsgruppen [24], welche die Aussage treffen, dass 80% aller Shuntkomplikationen durch Überdrainage entstehen. Ein Vergleich zu anderen Ventilen bezüglich der Unterdrainage ist dadurch erschwert, dass eine eindeutige Aussage über diese Komplikation in nur wenigen Arbeiten getroffen wurde und in der Mehrzahl der vergleichbaren Untersuchungsserien mit NPH-Fällen diese Komplikation nicht eindeutig genug definiert oder registriert wurde. Der Abriss der Abdominalkatheter direkt unter oder aus dem DSV bei drei Patienten (2%) lässt sich aus klinischer Sicht nur als Material- und/oder technologisches Problem diskutieren. Erklärungen hierfür sollten dem Techniker bzw. Produzenten obliegen.

**Ventildruckstufe:** Alternativ wäre für die Patienten mit einer Zweitoperation wegen Überdrainage oder vermeintlicher Ventilunterdrainage die Implantation eines verstellbaren Codman-Hakim-Ventils mit nachgeschaltetem Shuntassistenten für die aufrechte Körperhaltung des Patienten, wie bei der Mehrzahl unserer Revisionsoperationen wegen symptomatischer Überdrainage erfolgt, zu diskutieren. Auch bei Patienten mit einem NPH haben Codman-Hakim-Ventile eine positive Bewertung erfahren [44–46].

Eine niederländische Multizenterstudie [41,47] erbrachte bei Patienten mit einem Normaldruckhydrozephalus einen signifikant besseren Krankheitsverlauf, wenn Standardventile im Niederdruckbereich implantiert worden waren, als nach Implantation von Standardventilen im Mitteldruckbereich, doch musste dieser Vorteil mit einer höheren Überdrainagerate von 73 versus 34% erkauft werden. Zur klinischen Relevanz dieser postoperativen Komplikation, welche als subdurale Hygrome beschrieben werden, wurde nicht Stellung genommen. Diese Komplikationsraten sind als außergewöhnlich hoch einzustufen. Analog zu den Ergebnissen dieser niederländischen Multizenterstudie [41,47] gestaltete sich der Krankheitsverlauf von Patienten mit iNPH und implantiertem Schwerkraftventil 50 mm H<sub>2</sub>O der Niederdruckstufe in der eigenen Patientengruppe statistisch signifikant besser als bei implantierten Schwerkraftventilen mit einer Niederdruckstufe von 100 bzw. 130 mm H<sub>2</sub>O (Abb. 6). Der Vorteil der implantierten Schwerkraftventile ist mit einer Überdrainagerate von 10 versus 4% gegenüber der niederländischen Studie deutlich sichtbar, aber zwischen den Ventildruckstufen noch vorhanden.

**Komplikationen versus Ventilart:** Im Verlauf der klinischen Nachuntersuchung überraschte die Tatsache, dass alle Überdrainage-

komplifikationen bei Patienten der Ventilgruppe 50 mm H<sub>2</sub>O ausschließlich das DSV betrafen, jedoch beim GAV nicht auftraten. Als Ursache hierfür sehen die Autoren die unterschiedlichen Funktionseigenschaften der Gravitationseinheit beider Ventile. Die Gravitationseinheit des GAV wird bereits bei einer Körperposition von ca. 30–40 Grad aktiviert, diejenige des DSV erst bei ca. 60–70 Grad. Das GAV kompensiert den hydrostatischen Druck immer analog und damit sehr exakt. Beim DSV ist die Liquordrainage als eine zeitliche Aneinanderreihung von Phasen der Über- und Unterdrainage bei schräger Körperhaltung zu beschreiben. Trotz entsprechender Patientenschulung wurden wahrscheinlich von den Patienten mit DSV zwei Kopfkissen benutzt oder der Mittagschlaf im Sessel in schräger Körperposition wahrgenommen, sodass die Körperschräglage nicht den Umschaltwinkel des Ventils erreichte und dadurch die Niederdruckkammer zu lange geöffnet blieb. Hierdurch kam es nicht zur Aktivierung der Gravitationseinheit des DSV mit der Folge einer höheren Anzahl von Überdrainagen bei dieser Ventilart.

### Schlussfolgerungen

Hydrostatische Ventile mit einer Öffnungsdruckstufe von 50 mm H<sub>2</sub>O im Niederdruckbereich stellen nach derzeitigen Erkenntnissen die optimale Therapieoption bei Patienten mit einem iNPH dar. Aufgrund der frühzeitigen und analogen Schaltfunktion bei Veränderung der Körperhaltung des Patienten (Liegen, Stehen, Sitzen und „schiefe Ebene“ etc.) ist hierfür das Miethke-Gravity Assisted Valve (GAV) Aesculap® besser geeignet als das Miethke-Dual-Switch-Ventil (DSV) Aesculap®. Können programmierbare Schwerkraftventile bei Patienten mit einem iNPH zur weiteren Optimierung des Krankheitsverlaufes bei Minimierung der ventilabhängigen Komplikationen beitragen?

### Literatur

- Hakim CA. The physics and psychopathology of the hydraulic complex of the central nervous system. The mechanics of hydrocephalus and normal pressure hydrocephalus. Dissertation. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1985
- Takeuchi T, Kasahara E, Iwasaki M et al. Indications for shunting in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus presenting with dementia and brain atrophy (atypical idiopathic normal pressure hydrocephalus). *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2000; 40: 38–47
- Aschoff A. In-vitro-Testung von Hydrocephalus-Ventilen. Heidelberg: Habilitationsschrift, 1994
- Meier U, Kiefer M, Sprung C. Normal-pressure hydrocephalus: Pathology, pathophysiology, diagnostics, therapeutics and clinical course. Ratingen: PVV Science Publications, 2003 (ISBN 3-927826-38-3)
- Sprung C, Miethke C, Trost HA, Lanksch WR. The dual-switch valve. *Child's Nerv Syst* 1996; 12: 573–581
- Tsunoda A, Ebato M, Maruki C. Clinical experience of a Dual switch valve in the management of hydrocephalus: post-operative changes in ventricular size and intra-ventricular pressure. *Jpn J Neurosurg (Tokyo)* 2002; 11: 592–597
- Meier U, Kiefer M, Sprung C. The Miethke Dual-Switch valve in patients with normal pressure hydrocephalus. *Neurosurgery Quarterly* 2002; 12: 114–121
- Meier U. Der intrathekale Infusionstest als Entscheidungshilfe zur Shunt-Operation beim Normaldruckhydrozephalus. Habilitation. Berlin: Medizinische Fakultät (Charité) der Humboldt-Universität zu Berlin, 1998
- Meier U, Zeilinger FS, Kintzel D. Signs, symptoms and course of disease in normal pressure hydrocephalus in relation to cerebral atrophy. *Acta Neurochir* 1999; 141: 1039–1048

- <sup>10</sup> Meier U, Zeilinger FS, Kintzel D. Diagnostic in normal pressure hydrocephalus: A mathematical model for determination of the ICP-dependent resistance and compliance. *Acta Neurochir* 1999; 141: 941 – 948
- <sup>11</sup> Meier U, Kiefer M, Bartels P. The ICP-dependency of resistance to cerebrospinal fluid outflow: A new mathematical method for CSF-parameter calculation in a model with H-Tx rats. *J Clin Neuroscience* 2002; 9: 58 – 63
- <sup>12</sup> Meier U, Bartels P. The importance of the intrathecal infusion test in the diagnostic of normal pressure hydrocephalus. *Europ Neurol* 2001; 46: 178 – 186
- <sup>13</sup> Meier U, Kiefer M, Sprung C. Evaluation of the Dual-Switch-Valve in patients with normal pressure hydrocephalus. *Surg Neurol* 2004; 61: 119 – 128
- <sup>14</sup> Meier U, Kintzel D. Clinical experiences with different valve systems in patients with normal-pressure hydrocephalus: evaluation of the Miethke dual-switch valve. *Child's Nerv Syst* 2002; 18: 288 – 294
- <sup>15</sup> Miethke C, Affeld K. A new valve for the treatment of hydrocephalus. *Biomed Technik* 1994; 39: 181 – 187
- <sup>16</sup> Meier U. The grading of normal pressure hydrocephalus. *Biomed Engineering* 2002; 47: 54 – 58
- <sup>17</sup> Kiefer M, Eymann R, Meier U. Five years experience with gravitational shunts in chronic hydrocephalus of adults. *Acta Neurochir* 2002; 144: 755 – 767
- <sup>18</sup> Benzel EC, Pelletier AL, Levy PG. Communicating hydrocephalus in adults: Prediction of outcome after ventricular shunting procedures. *Neurosurgery* 1990; 26: 655 – 660
- <sup>19</sup> Schwerdtfeger K, Mautes A, Kiefer M et al. Fortschritte in der Neurochirurgie durch kontrollierte klinische Studien (Kongressbericht). *Dtsch Ärzteblatt* 2003; 100: B 2823 – 2828
- <sup>20</sup> Aschoff A, Benesch C, Kremer P et al. Overdrainage and shunt-technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance-valve and flow-reducing devices. *Child's Nerv Syst* 1995; 11: 193 – 202
- <sup>21</sup> Czosnyka Z, Czosnyka M, Richards HK, Pickard JD. Laboratory testing of hydrocephalus shunts – conclusion of the U.K. shunt evaluation programme. *Acta Neurochir* 2002; 144: 525 – 538
- <sup>22</sup> Aguas-Valiente J, Martinez-Manas R, Ferrer-Rodriguez E. Diagnostic and therapeutic criteria of adults normal-pressure hydrocephalus. Descriptive multicenter national study. *Rev Neurol* 1997; 25: 27 – 36
- <sup>23</sup> Bech RA, Waldemar G, Gjerris F et al. Shunting effects in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus; Correlation with cerebral and leptomeningeal biopsy findings. *Acta Neurochir* 1999; 141: 633 – 639
- <sup>24</sup> Borgesen SE. Conductance to outflow of CSF in normal pressure Hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1984; 71: 1 – 15
- <sup>25</sup> Caruso R, Cervoni L, Vitale AM, Salvati M. Idiopathic normal-pressure hydrocephalus in adults: Result of shunting correlated with clinical findings in 18 patients and review of the literature. *Neurosurg Rev* 1997; 20: 104 – 107
- <sup>26</sup> Kosteljanetz M, Nehen AM, Kaalund J. Cerebrospinal fluid outflow resistance measurements in the selection of patients for shunt surgery in the normal pressure hydrocephalus syndrom: A controlled trial. *Acta Neurochir* 1990; 104: 48 – 53
- <sup>27</sup> Krauss JK, Droste DW, Vach W et al. Cerebrospinal fluid shunting in idiopathic normal-pressure hydrocephalus of the elderly: Effect of periventricular und deep white matter lesions. *Neurosurgery* 1996; 39: 292 – 299
- <sup>28</sup> Pollack IF, Albright AL, Adelson PD, the Hakim-Medos Investigator Group. A randomized, controlled study of a programmable shunt valve versus a conventional valve for patients with hydrocephalus. *Neurosurgery* 1999; 45: 1399 – 1411
- <sup>29</sup> Raftopoulos C, Massager N, Baleriaux D et al. Prospective analysis by computed tomography and long-term outcome of 23 adult patients with chronic idiopathic hydrocephalus. *Neurosurgery* 1996; 38: 51 – 59
- <sup>30</sup> Sotelo J, Rubalcava MA, Gomez-Liata S. A new shunt for hydrocephalus that relies on CSF production rather than on ventricular pressure: initial clinical experiences. *Surg Neurol* 1995; 43: 324 – 331
- <sup>31</sup> Vanneste JAL. Diagnosis and management of normal-pressure hydrocephalus. *J Neurol* 2000; 247: 5 – 14
- <sup>32</sup> Hebb AO, Cusimano MD. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: a systematic review of diagnosis and outcome. *Neurosurgery* 2001; 49: 1166 – 1186
- <sup>33</sup> Meier U, Miethke C. Predictors of outcome in patients with normal pressure hydrocephalus. *J Clin Neuroscience* 2004; 51: 59 – 67
- <sup>34</sup> Lee EJ, Hung YC, Chang CH et al. Cerebral blood flow velocity and vasomotor reactivity before and after shunting surgery in patients with normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1998; 140: 599 – 605
- <sup>35</sup> Fukuhara T, Luciano MG, Brant CL, Klauschie J. Effects of ventriculoperitoneal shunt removal on cerebral oxygenation and brain compliance in chronic obstructive hydrocephalus. *J Neurosurg* 2001; 94: 573 – 581
- <sup>36</sup> Grumme T, Kolodziejczyk D. *Komplikationen in der Neurochirurgie. Band 2 Kraniale, zerebrale und neuropädiatrische Chirurgie.* Berlin: Blackwell, 1995: 534 – 540
- <sup>37</sup> Decq P, Barat JL, Duplessis E et al. Shunt failure in adult hydrocephalus: flow controlled shunt versus differential pressure shunts – A comparative study in 289 patients. *Surg Neurol* 1995; 43: 333 – 339
- <sup>38</sup> Hanlo PW, Cinalli G, Vandertop P et al. Treatment of hydrocephalus by the European Orbis Sigma Valve II survey: a multicenter 5-year shunt survival study in children and adults in whom a flow-regulating shunt was used. *J Neurosurg* 2003; 99: 52 – 57
- <sup>39</sup> Frim DM, Goumnerova LC. In vivo intracranial pressure dynamics in patients with hydrocephalus treated by shunt placement. *J Neurosurg* 2000; 92: 927 – 932
- <sup>40</sup> Drake JM, Kestle JRW, Milner R et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery* 1998; 43: 294 – 305
- <sup>41</sup> Boon AJW, Thans JTJ, Delwel EJ et al. Dutch normal pressure hydrocephalus study. The role of cerebrovascular disease. *J Neurosurg* 1999; 90: 221 – 226
- <sup>42</sup> 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
- <sup>43</sup> Richards HK, Seeley HM, Pickard JD. Shunt revisions: Data from the UK shunt registry. *Eur J Pediatr Surg* 2000; 10, Suppl I: 59
- <sup>44</sup> Miyake H, Ohta T, Kajimoto Y, Nagao K. New concept for the pressure setting of a programmable pressure valve and measurement of in vivo shunt flow performed using a microflowmeter. Technical note. *J Neurosurg* 2000; 92: 181 – 187
- <sup>45</sup> Rohde V, Mayfrank L, Ramakers VT, Gilsbach JM. Four-year experience with the routine use of the programmable Hakim valve in management of children with hydrocephalus. *Acta Neurochir* 1998; 140: 1127 – 1134
- <sup>46</sup> Sindou M, Guyotat-Pelissou I, Chidiac A, Goutelle A. Transcutaneous pressure adjustable valve for the treatment of hydrocephalus and arachnoid cysts in adults. *Acta Neurochir* 1993; 121: 135 – 139
- <sup>47</sup> Jong DA de, Delwel EJ, Avezaat CJJ. Hydrostatic and hydrodynamic considerations in shunted normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir* 2000; 142: 24