

Aus der Chirurgischen Veterinärklinik -Kleintierchirurgie (Prof. Dr. E. Schimke)¹-,
der Neurochirurgischen Universitätsklinik (Prof. Dr. D.-K. Böker)²
und dem Zentrum für Radiologie des Universitätsklinikums – Abt. Radiologische Diagnostik-
(Prof. Dr. W. S. Rau)³ der Justus-Liebig-Universität Giessen
sowie der Magnostic GmbH, Gundersheim⁴

Hydrozephalus bei Hund und Katze- Therapeutische Möglichkeiten und erste eigene Ergebnisse

Oliver LAUTERSACK¹, Andreas JÖDICKE², Sabine TACKE¹,
Johannes BLUHM⁴, Burkard IRNICH³ und Ernst SCHIMKE¹

Zusammenfassung

Hydrozephalus bei Hund und Katze- Therapeutische Möglichkeiten und erste eigene Ergebnisse

In der Humanmedizin wurde die konservative Therapie des Hydrozephalus beim Kind fast vollständig durch verschiedene operative Maßnahmen verdrängt. Auch in der Veterinärmedizin wurden bereits in den 70er Jahren Operationen zur Therapie des Hydrozephalus beim Hund angewandt. Publikationen über Operationsverfahren und Heilungschancen fehlen jedoch bis heute fast vollständig.

Zwischen Januar 2001 und April 2003 wurden an der Kleintierchirurgie der Chirurgischen Veterinärklinik in Giessen 15 Patienten mit Hydrozephalus vorgestellt, von denen 2 konservativ und 10 operativ behandelt wurden. Bei 4 Hunden wurde ein Hakim-Ventilsystem in den Lateralventrikel eingesetzt, 5 Hunde und eine Katze wurden mit verschiedenen ventillosen Shuntsystemen behandelt. Dabei wurden nach unserem Wissen bei Hund und Katze erstmals ventillose Systeme angewandt. Durch die Implantation eines Shuntsystems konnten wir bei 4 Patienten mit primärem und sekundärem Hydrozephalus Symptomfreiheit und bei 2 Hunden bereits nach kurzer Zeit deutliche Besserung erreichen. Eine Obstruktion des Shuntsystems trat nur bei einem Hund auf, der palliativ wegen eines Chorioideplexuskarzinoms operiert worden war. Es wurde kein wesentlicher Unterschied im postoperativen Verlauf zwischen Patienten, denen ein Ventilshuntsystem implantiert wurde, und Patienten, die mit einem ventillosen System behandelt wurden, festgestellt.

Summary

Hydrocephalus in the dog and cat – options for therapy and first own results

In human medicine the conservative treatment of hydrocephalus in children has been totally replaced by different operative techniques. In veterinary medicine surgery of hydrocephalic dogs was practiced already in the seventies, but publications of used techniques and results are very rare.

From January 2001 to April 2003 15 patients with hydrocephalus were diagnosed at the department of small animal surgery in Giessen. 2 patients were treated medically and 10 by surgery. A Hakim-valvesystem was implantated in the lateral ventricle in 4 dogs, and different valveless systems where used in 5 dogs and one cat. So far as we know we were the first to use valveless shunt-systems in the dog and cat. By implantation of a shuntsystem we achieved an asymptomatic or improved neurological state in 6 of 10 patients with primary and secondary hydrocephalus. An obstruction of the shuntsystem developed only in one dog whith

a chorioideplexuscarcinoma that was treated palliative. There was no obvious difference in the postoperative outcome between patients with valve- or valveless systems.

Einleitung

In einer ersten Publikation wurde die bisher bekannte Ätiologie und Pathogenese sowie die klinischen Formen und Möglichkeiten der Diagnostik des Hydrozephalus bei Hund und Katze beschrieben (LAUTERSACK und SCHIMKE, 2003). Dabei wurden nicht nur humanmedizinische, sondern auch veterinärmedizinische Forschungsergebnisse vorgestellt. Weiterhin wurden die klinisch-neurologische Symptomatik und die Vielfalt der weiterführenden Diagnostikmethoden abgehandelt.

In dieser Studie werden die konservativen und operativen Möglichkeiten der Therapie sowie die Ergebnisse bei unseren Patienten zwischen Januar 2001 und April 2003 vorgestellt und kritisch bewertet.

Therapeutische Möglichkeiten

Konservative Therapie

Bei der konservativen Therapie des Hydrozephalus von Mensch und Hund werden vor allem der Carboanhydrasehemmer Acetazolamid (Diamox[®]) und Furosemid eingesetzt (KENNEDY et al., 2001).

Glucokortikoide werden in der Veterinärmedizin unter anderem zur intrakraniellen Drucksenkung angewandt. SATO et al. (1973) führten experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Dexamethason auf die Liquorproduktion durch. Sofort nach der intravenösen Injektion von 0,15 mg/kg KM Dexamethason beginnt die Liquorproduktion zu sinken und erreicht nach 50 Minuten das Minimum von nur noch 50% der ursprünglichen Sekretion. Insgesamt konnte eine herabgesetzte Produktion über 130 Minuten durch die einmalige Applikation erreicht werden. Nach längerer Applikation von Dexamethason stellten JOHNSTON et al. (1975) eine Abnahme der Resorptionskapazität fest, so dass betroffene Hunde nach dem Absetzen der Glucokortikoide einen deutlichen intrakraniellen Druckanstieg zeigten. HOERLEIN und GAGE (1978) setzten Acetazolamid zur Reduktion der Gesamtlíquormenge sowie Mannitol und intravenös applizierte Harnstofflösungen zur Verringerung eines zerebralen Ödems und des intrakraniellen Druckes ein. Der positive Effekt der beiden letzteren Lösungen hielt ebenfalls nur für etwa 1,5 Stunden an (LEONARD und REDDING, 1973).

In der Humanmedizin wurden vor allem Acetazolamid und Furosemid auf empirischer Grundlage eingesetzt (KENNEDY et al., 2001). Neuere multizentrische Studien zeigten jedoch eine schlechte Wirksamkeit von Acetazolamid in der Langzeitbehandlung. KENNEDY et al. (2001) untersuchten in einem Zeitraum von 5 Jahren 177 Kinder mit Ventrikeldilatation nach postpartaler intrakranieller Blutung, die sie über mindestens 1 Jahr verfolgten. Als Medikamente wurden Acetazolamid (100 mg/kg KM/d) und Furosemid (1mg/kg KM/d) verabreicht. Durch diese Studie konnten sie belegen, dass beide Medikamente ungeeignet und unzureichend wirksam sind, die Notwendigkeit für Shuntimplantationen zu reduzieren. Die Autoren empfehlen daher den langfristigen Einsatz dieser Medikamente nicht. Vergleichbar umfangreiche Untersuchungen fehlen in der Veterinärmedizin. LAUTERSACK und SCHIMKE (2003) wiesen auf die Ähnlichkeit der anatomischen, ätiologischen und pathophysiologischen Verhältnisse beim Hydrozephalus des Menschen und Hundes sowie der Katze hin. Auf Grund der Gemeinsamkeiten können die Erfahrungen über die langfristige Wirksamkeit dieser Medikamente beim Menschen wahrscheinlich auf die Kleintiermedizin

übertragen werden. Daher sollte unserer Meinung nach auch bei Hund und Katze die konservative Therapie als Behandlung der zweiten Wahl angesehen werden.

Operative Therapie

Die operative Therapie des Hydrozephalus beim Menschen durch den Ventrikelshunt wurde bereits vor etwa 50 Jahren beschrieben und wird bis heute in zahllosen Varianten durchgeführt (KOOS und PERNECZKY, 1992; DRAKE et al., 2000). In der Humanmedizin sind derzeit die Ventrikelpunktion, die anteriore Ventrikulostomie des dritten Ventrikels, die Ventrikulo-Zisternostomie, die Ventrikulo-Aurikulostomie mit Ventilen, die Lumbo-Peritonostomie und die Ventrikulo-Peritonostomie von Bedeutung. Insbesondere die Ventrikulostomie des dritten Ventrikels (intrakranieller Shunt), die Ventrikulo-Peritonostomie und in geringerem Umfang die Ventrikulo-Aurikulostomie (extrakranielle Shunts) haben sich durchgesetzt (KOOS und PERNECZKY, 1992). In der Veterinärmedizin wurden bislang die Ventrikulo-Peritonostomie und Ventrikulo-Aurikulostomie beschrieben (HOERLEIN und GAGE, 1978).

Im folgenden werden die gebräuchlichsten Methoden vorgestellt.

Ventrikulo-Peritonostomie

Die Ventrikulo-Peritonostomie ist das am häufigsten verwendete Verfahren in der pediatriischen Neurochirurgie bei Patienten mit Hydrozephalus. Beim Menschen und in bisherigen Publikationen über Operationen beim Hund wurde immer ein dreiteiliges System, bestehend aus dem mehrfach perforierten Ventrikelkatheter, der Ventileinheit mit Liquorreservoir und dem Peritonealkatheter benutzt. Über ein Bohrloch in der Schädelkalotte wird der Ventrikelkatheter in einen der beiden Seitenventrikel eingeführt, mit dem Ventil, dem Reservoir und dem subkutan verlaufenden Peritonealkatheter verbunden und letzterer über einen kleinen Zugang durch die Bauchdecke in die Bauchhöhle gelegt. Die Ventile öffnen ab einem definierten hydrostatischen Druck und lassen den Liquorfluss nur in eine Richtung zu. Durch die aufrechte Position des Menschen bestehen große Probleme mit der Überdrainage der Ventrikel, die zum Krankheitsbild der „Slit-Ventrikel“ führen. Dies hat bis heute zur Entwicklung zahlreicher, immer ausgefeilterer Ventilsysteme geführt (JAIN et al., 2000; KIEFER et al., 2000). Limitierend wirkt sich in der Veterinärmedizin der hohe Materialpreis aus.

Ventrikulo-Aurikulostomie

Während beim Ventrikulo-Peritonealen Shunt eine Verbindung zwischen dem Seitenventrikel und der Peritonealhöhle hergestellt wird, entsteht beim Ventrikulo-Atrialen Shunt ein Abfluss aus dem Liquorsystem in den rechten Herzvorhof. Der Ventrikelkatheter wird in gleicher Weise wie beim Ventrikulo-Peritonealen Shunt in das Gehirn implantiert und mit der Ventileinheit und dem Herzkatheter verbunden. Je nach verwendetem System liegt das Ventil am Ventrikelkatheter oder an der Spitze des Herzkatheters im rechten Vorhof. Die Vena jugularis wird partiell freigelegt und distal der Aufzweigung in den inneren und äußeren Ast der Vena maxillaris dauerhaft ligiert. Durch eine Öffnung in der Gefäßwand wird der Katheter bis an die endgültige Stelle im rechten Herzvorhof geschoben und fixiert (HOERLEIN und GAGE, 1978).

Ventrikulostomie des dritten Ventrikels

Nachdem DANDY (1922) die Ventrikulostomie des dritten Ventrikels durchgeführt hatte, wurde 1936 von STOOKEY und SKARFF eine Methode beschrieben, die allgemeine Anwendung gefunden hatte und erst durch den zunehmenden Einsatz der extrakraniellen Shuntsysteme in den sechziger Jahren abgelöst wurde (BROGGI et al., 2000).

Über einen Zugang zum Frontalhorn wird ein Neuroendoskop in den Seitenventrikel eingeführt und die Ventrikulostomiestelle zwischen den Mammilarkörpern und dem Recessus infundibularis aufgesucht. Da dem Menschen die Adhaesio interthalamica fehlt, ist der Zugang zur Ventrikulostomiestelle direkt erreichbar. Nach Perforation der dünnen Parenchymschicht durch bipolare Koagulation wird die Öffnung mit dem Endoskop oder einem Ballonkatheter erweitert (KOOS und PERNECZKY, 1992; KIM et al., 2000; TISELL et al., 2002).

Diese Methode wird in der humanmedizinischen Neurochirurgie zur Behandlung des nichtkommunizierenden Hydrozephalus zunehmend eingesetzt, da sie beim Menschen relativ einfach und ohne Implantation von Fremdmaterial durchführbar sowie mit einer niedrigen Komplikationsrate verbunden ist (KIM et al., 2000).

Eigene Untersuchungen

Zwischen Januar 2001 und April 2003 wurden an der Kleintierchirurgie der Chirurgischen Veterinärklinik der Justus-Liebig-Universität Giessen 15 Patienten mit Hydrozephalus vorgestellt, darunter 13 Hunde und 2 Katzen. Das durchschnittliche Alter der Tiere bei der Vorstellung betrug 2 Jahre (22,3 Monate, Tab. 1). Die klinisch-neurologische Symptomatik hatte im Durchschnitt 3,5 Monate zuvor begonnen.

	Patient	Erkrankung	Geschl.	Alter bei Erkrankung	Krankheitsdauer
1	Perserkater	primärer Hydrozephalus	Männl.	7 Monate	3 Wochen
2	Chihuahua	primärer Hydrozephalus	Männl.	6 Jahre	2 Jahre
3	West-Highland-Terrier	Primärer Hydrozephalus	Männl.	5 ½ Monate	1 Woche
4	Chi Hua-Hua	Primärer Hydrozephalus	Weibl.	6 Wochen	4 ½ Monate
5	Berner Sennenhund	Primärer Hydrozephalus	Männl.	4 Monate	4 Monate
6	Terrier-Mischling	primärer Hydrozephalus	Männl.	8 Wochen	8 Wochen
7	Pekinese	primärer Hydrozephalus	Männl.	2 Jahre	Unbekannt
8	DSH-Mischling	sekundärer Hydrozephalus (Choroidplexuskarzinom)	Weibl.	6 Jahre	6 Tage
9	West-Highland-Terrier	primärer Hydrozephalus	Weibl.	2 Jahre	Unbekannt
10	Chi Hua-Hua	primärer Hydrozephalus	Männl.	1 Jahr	8 Monate
11	Drahthaar Foxterrier	sekundärer Hydrozephalus (idiopath. Stenose des Foramen Monroi)	Weibl.	8 Jahre	3 Tage
12	Zwergschnauzer	primärer Hydrozephalus	Weibl.	5 Monate	4 Tage
13	Tibet Spaniel	primärer Hydrozephalus	Weibl.	7 Wochen	1 Woche
14	Karthäuserkater	sekundärer Hydrozephalus (FIP)	Männl.	6 Monate	2-3 Wochen
15	Engl. Bulldogge	primärer Hydrozephalus	Männl.	8 Wochen	3 Tage

Tab. 1:

Tierart, Rasse, Geschlecht, Alter bei Erkrankung und die Krankheitsdauer von 15 Patienten mit Hydrozephalus (Januar 2001 bis Januar 2002).

2 Tiere wurden nach der Diagnosestellung auf Wunsch der Besitzer euthanasiert, eine Katze verstarb in der Narkoseaufwachphase nach der magnet-resonanz-tomographischen (MRT) Untersuchung. 2 Hunde wurden konservativ mit Acetazolamid, Furosemid sowie Prednisolon und 9 Hunde sowie eine Katze operativ behandelt. Bei 4 operierten Tieren wurde ein Ventilshuntsystem, bei 6 ein ventilloses System implantiert (Tab. 2).

Es erfolgte keine Selektion der Patienten hinsichtlich des gewählten Shuntsystems.

	Patient	Therapie	Shuntsystem	Beobachtungszeitraum nach Operation/ konservativer Therapie	Verlauf
1	Perserkater	OP	Ventillos	11 Monate	symptomfrei
2	Chihuahua	OP	Ventillos	24 Monate	symptomfrei
3	West-Highland-Terrier	OP	Ventillos	9 Tage	Re-OP am 3. Tag, Euthanasie
4	Chi Hua-Hua	OP	Ventillos	7 Wochen	Verbesserung der Motorik
5	Berner Sennenhund	OP	Ventillos	4 Wochen	Verbesserung der Motorik und des Visus
6	Terrier-Mischling	OP	Ventil	22 Monate	Re-OP nach 7 Monaten, symptomfrei
7	Pekinese	OP	Ventil	1 ¾ Monate	symptomfrei, Tod wg. anderer Ursache
8	DSH-Mischling	OP	Ventil	10 Tage	Unverändert, Re-OP am 6. Tag, Tod wg. Gehirntumor
9	West-Highland-Terrier	OP	Ventillos	21 Tage (danach nicht weiter verfolgt)	Verschlechterung
10	Chi Hua-Hua	OP	Ventil	19 Tage	Verschlechterung, Tod
11	Drahthaar Foxterrier	Konservativ	-	49 Tage	Euthanasie
12	Zwergschnauzer	Konservativ	-	24 Monate	symptomfrei
13	Tibet Spaniel	Euthanasie	-	0 Tage	-
14	Karhäuserkater	In Narkose verstorben (FIP)	-	0 Tage	-
15	Engl. Bulldogge	Euthanasie	-	0 Tage	-

Tab. 2:

Therapieformen, Krankheitsdauer und Beobachtungszeit der 15 Patienten mit Hydrozephalus.

Ein Hund musste nach konservativer Therapie wegen fehlender Besserung euthanasiert werden, während der zweite konservativ behandelte Patient bereits nach 2 Tagen symptomfrei war und es bis zum Abschluss dieser Untersuchung blieb.

4 Patienten (3 Hunde und 1 Perserkatze) waren nach der Operation bis zum Abschluss dieser Untersuchung symptomfrei (durchschnittlicher postoperativer Beobachtungszeitraum 14,7 Monate), wobei der Pekinese (Fall 7) nach 46 Tagen an einer anderen Ursache verstarb. 2 Hunde wurden etwa 4 Wochen vor Abschluss der Untersuchung operiert und zeigten bereits deutliche Besserung der klinischen Symptome (Fall 4 und 5).

Ein Hund (Fall 9) wurde wegen sekundärer, medikamentell nicht ausreichend behandelbarer Epilepsie operiert und zeigte postoperativ eine Zunahme der epileptischen Anfälle. Ein Chihuahua (Fall 10) mit präoperativer Epilepsie zeigte nach der Operation eine anfängliche Besserung, verstarb aber während eines unkontrollierten epileptischen Anfalls am 19. Tag

nach dem Eingriff. Bei einem West-Highland-Terrier (Fall 3) wurde beim Einsetzen des Ventrikelkatheters unbemerkt ein Epenymgefäß verletzt, so dass es nach intraventrikulärer Koagelbildung zur Katheterobstruktion kam. Wegen klinischer Verschlechterung des Patienten wurde der Katheter nach 3 Tagen ersetzt, der Hund musste jedoch wegen bestehender Abflussstörung und begleitender Verschlechterung des neurologischen Zustandes auf Wunsch des Besitzers euthanasiert werden. Der Deutsche Schäferhund-Mischling (DSH-Mischling, Fall 8) verbesserte sich in seinem klinischen Zustand nach der Implantation des Shuntsystems nur kurzfristig, um danach wieder eine progressive Verschlechterung des allgemeinen und klinisch-neurologischen Zustandes zu zeigen; er musste euthanasiert werden.

Klinische Symptomatik

Das häufigste klinische Anzeichen war bei 10 Patienten eine unterschiedlich ausgeprägte und verschieden rasch progressive Ataxie, die sich bei 4 Tieren bis zur Tetraparese steigerte (Patient 8, 10, 11 und 15). Bei einem Patienten (Fall 6) äußerten sich die klinisch-neurologischen Ausfälle in Kreislaufen, das bereits durch geringgradige Aufregung induziert werden konnte.

5 Hunde und 1 Katze wurden mit Apathie vorgestellt. Ein weiterer Hund (Fall 8) mit Chorioidplexuskarzinom fiel durch progressive, intrakranielle Drucksteigerung innerhalb von 3 Tagen in einen komatösen Zustand. Unmittelbar nach der Implantation des Shunts war sein klinisch-neurologischer Zustand annähernd physiologisch, verschlechterte sich jedoch nach 5 Tagen durch Obstruktion des Ventrikelkatheters mit Zelldetritus erneut. Der Katheter wurde operativ erneuert, verlegte sich jedoch nach 4 Tagen erneut, worauf der Patient am 10. Tag nach der Erstoperation euthanasiert wurde.

7 Patienten waren den Besitzern durch akut einsetzende Blindheit aufgefallen. Ein Hund hatte bereits vor 8 Monaten (Fall 10), ein anderer vor 8 Wochen (Fall 5) das Sehvermögen verloren, 4 Hunde waren seit 2 (Fall 6), 3 (Fall 15) und 7 Tagen (Fall 3) sowie eine an zentralnervöser Form der FIP erkrankte Katze seit 2-3 Wochen blind (Fall 14). Bei einem Hund (Fall 4) konnten vom Besitzer keine Angaben über den Zeitpunkt der Erblindung gemacht werden.

4 Hunde (Fall 5, 10, 12, 14 und 15) und eine Katze (Fall 1) wurden mit sekundärer Epilepsie vorgestellt, die auf medikamentelle Therapie nur ungenügend ansprach. Der Berner Sennenhund (Fall 5) fiel den Besitzern seit etwa 3 Wochen durch unkontrollierte Zungenbewegungen in Verbindung mit ophisthotoner Kopfhaltung auf, die durch Aufregung ausgelöst wurde. Wir interpretieren diese Symptome als fokale epileptische Anfälle.

Obwohl in der Literatur immer wieder erwähnt, konnten wir nur bei einem Patienten ein beiderseitiges Papillenödem nachweisen (Fall 13) (Abb. 1).

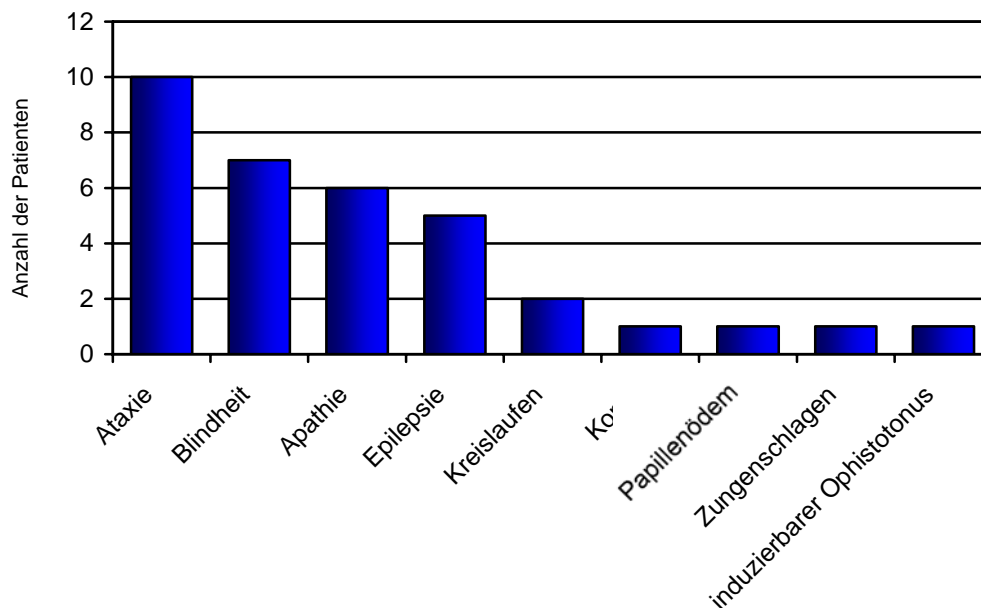


Abb. 1:
Klinisch-neurologische Symptome bei Patienten mit Hydrozephalus (n=15)

Bildgebende Diagnostik

Die klinisch-neurologische Diagnose wurde bei 14 Patienten durch Magnetresonanztomographie (MRT) und in einem (Fall 12) durch Computertomographie (CT) bestätigt.

Anästhesie

Die Prämedikation erfolgte beim Hund intravenös mit 0,5 mg/kg KM l-Methadon¹ und 0,5-1,0 mg/kg KM Diazepam². Während der Vorbereitung zur Operation wurde die Anästhesie intravenös nach Bedarf mit 2,0 mg/kg KM Propofol³ aufrechterhalten.

Zur Prämedikation der Katze wurden Tiletamin und Zolazepam (2-5 mg/kg KM)⁴ eingesetzt. Nach Einsetzen der Wirkung wurde der venöse Zugang gelegt. Während der Vorbereitung zur Operation wurde die Anästhesie intravenös nach Bedarf mit 0,6 mg/kg KM Alphaxolon/Alphadolon⁵ aufrecht erhalten.

Während der Operation wurde die Anästhesie als Inhalationsanästhesie mit Isofluran in 50 Vol% Sauerstoff in Luft (1,5-3,0 Vol%) vorgenommen. Die Tiere wurden kontrolliert, volumenkonstant unter Kontrolle der endexpiratorischen Kohlendioxid-Konzentration, mit einer Atemfrequenz von 10-15 Atemzügen pro Minute beatmet.

Die intraoperative Überwachung der Patienten erfolgte durch Kapnometrie, Elektrokardiographie, nichtinvasive oder invasive Blutdruckmessung, Pulsoximetrie, Plethysmographie und Bestimmung der Körperinnentemperatur. Die inspiratorische Anästhesiegaskonzentration wurde kontinuierlich aufgezeichnet. Blutgasanalysen wurden zur Kontrolle des pCO₂ in regelmäßigen Abständen von etwa 30 Minuten durchgeführt.

¹ l-Polamivet®, Intervet International GmbH, Wiesbaden

² Diazepam-ratiopharm® 10, ratiopharm GmbH & Co., Ulm

³ Rapinovel®, Essex Tierarzneimittel Pharma GmbH, München

⁴ Tilet® 500, Pharmacia & Upjohn GmbH, Erlangen

⁵ Saffan™, Schering-Plough Animal Health, Welwyn Garden City

Alle Tiere wurden mit 10 ml/kg KM/h Vollelektrolytlösung⁶ infundiert. Bei keinem der operierten Patienten musste Mannitol appliziert werden.

Operationsvorbereitung und Operation

Die Patienten wurden von den Augen beginnend und zwischen den Ohren sowie einseitig am Körper vom Hals bis zur Schenkelfalte und dem Rücken geschoren. Im Brustbereich wurden sie in Sternallage, im Bauchbereich halb seitlich gelagert. Die Fixation des Kopfes erfolgte senkrecht und leicht erhöht. Der Operationsbereich wurde für eine aseptische Operation vorbereitet und mit Operationsfolien steril abgedeckt. Über einen kleinen Hautschnitt wurde die Schädelkalotte freigelegt. Alle Patienten der kleinen Hunderassen sowie die Perserkatze wiesen eine sehr schwach ausgebildete Temporalismuskulatur auf. Nach der Präparation der Schädeldecke wurde der Peritonealkatheter von der Hautinzision subkutan bis an die Stelle vorgeschoben, an der die Implantation in das Abdomen erfolgte. Durch schichtgerechte Trennung der Muskulatur wurde die Peritonealhöhle eröffnet, der Katheter ausreichend weit vorgeschoben und die Inzision wieder verschlossen. In die Schädelkalotte wurde mit einem Diamantbohrer ein Loch von etwas größerem Durchmesser als der des Ventrikelkatheters gefräst. Bei Systemen mit Bohrlochumlenker oder Implantation des Reservoirs in die Kalotte musste das Fräsloch von gleichem Durchmesser wie das entsprechende Implantat sein, um eine gute Fixation zu gewährleisten. Unter dem Operationsmikroskop wurde die Dura mater vorsichtig eröffnet und vorhandene Blutungen durch bipolare Diathermie kontrolliert. Anhand der MRT-Schnittbilder erfolgte die Orientierung bezüglich Richtung und Tiefe des Ventrikelkatheters. Der korrekte Sitz wurde durch den freien Abfluss von Liquor überprüft. Bei allen Patienten, außer bei Fall 8, war der Liquor klar und ohne Blutbeimengungen. Post mortem konnte bei diesem Hund gezeigt werden, dass der Katheter zu tief lag und um die Durchtrittsstelle in das Gehirn eine umschriebene Entzündung mit Reparationsvorgängen bestand.

Nach dem Einsetzen des Ventrikelkatheters wurde dieser mit der Ventileinheit und dem Peritonealkatheter, oder direkt mit dem Peritonealkatheter verbunden. Anschließend wurden die Faszie, Subkutis und Haut in Einzelheften verschlossen.

Der Operationsverlauf war bei den Ventil- und ventillosen Systemen identisch.

Wir haben bei 4 Patienten Ventilsysteme⁷ und bei 6 Tieren ventillose⁹ Systeme angewandt. In die Ventrikel wurde bei 9 Tieren ein mehrfach perforierter, gerader Ventrikelkatheter eingesetzt. Bei Patient 8 wurde ein mehrfach perforierter Bürstenkatheter implantiert, der jedoch das Gehirnparenchym stärker traumatisiert hatte als die geraden Katheter. 4 Hunden wurden pädiatrische Ventilsysteme mit „very low pressure“ Hakim[®]-Ventilen⁸ implantiert, die ab einem Druck von 16 mm Wassersäule den Liquordurchfluss ermöglichen und einen Rückfluss zum Ventrikelsystem verhindern (Abb. 2 und 3).

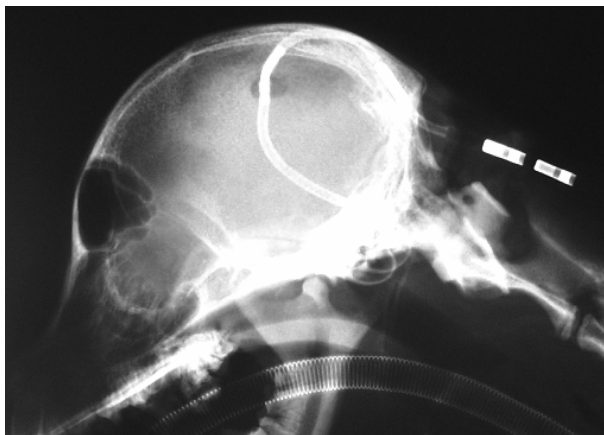
⁶ Thoemaejonin[®] delta Infusionslösung, Delta-Pharma GmbH, Pfullingen

⁸ Fa. NMT, MesseTurm, Box 23, 60308 Frankfurt a. M.

⁹ Fa. Aesculap, Postfach 40, 78501 Tuttlingen

¹⁰ Diamox[®] Tabletten, Lederle Arzneimittel GmbH & Co., 48159 Münster

¹¹ Decortin H Tabletten und Solu-Decortin Injektionslösung, Merck Generika GmbH, 64271 Darmstadt

**Abb. 2:**

Terrier-Mischling, 8 Wochen, mit Hydrocephalus internus. Röntgenbild Kopf, latero-lateraler Strahlengang. Hakim-System[®]: Ventrikelkatheter mit Bohrlochumlenker und Ventileinheit (auf Höhe C1/2).

**Abb. 3:**

Hund wie in Abb. 4. Röntgenbild Thorax/Abdomen, latero-lateraler Strahlengang. Peritonealkatheter, Eintritt in die Peritonealhöhle etwas kaudal des Rippenbogens.

Wir halten den Einsatz der niedrigsten Druckstufe für sinnvoll, da bei Hund und Katze das hydrostatische Gefälle, das beim stehenden Menschen besteht, nicht vorhanden ist. 5 weiteren Hunden und einer Katze wurden ventillose Systeme⁹ eingesetzt, die ebenfalls für die pädiatrische Anwendung entwickelt wurden (Abb. 4, 5 und 6). Da bei diesen Systemen der Bohrlochumlenker deutlich größer als bei Ventilsystemen ist, mussten in Abhängigkeit von der Größe des Patienten mehrere Shuntvarianten verwendet werden. Bei Patient 2 (Chihuahua) wurde das Winkelstück aus dem Ventilsystem der Firma NMT ohne zusätzliches Liquorreservoir zur Fixation im Schädelknochen implantiert, beim Patienten 9 (West-Highland-Terrier) wurde das Liquorreservoir direkt in der Kalotte fixiert und mit dem Ventrikelkatheter verbunden, wobei dieses System eine Mindestgröße des Patienten voraussetzt. Durch das Liquorreservoir kann zu einem späteren Zeitpunkt zu diagnostischem Zweck intrakranieller Liquor entnommen oder die Systemdurchgängigkeit überprüft werden. Bei Patient 1 (Perserkater), 3 (West-Highland-Terrier), 4 (Chi Hua-Hua) und 5 (Berner Sennenhund) wurde das Paedi-Gav-System[®] angewandt⁹, das ebenfalls mit einem Liquorreservoir ausgestattet ist und sich speziell zur Implantation bei sehr kleinen Patienten eignet.

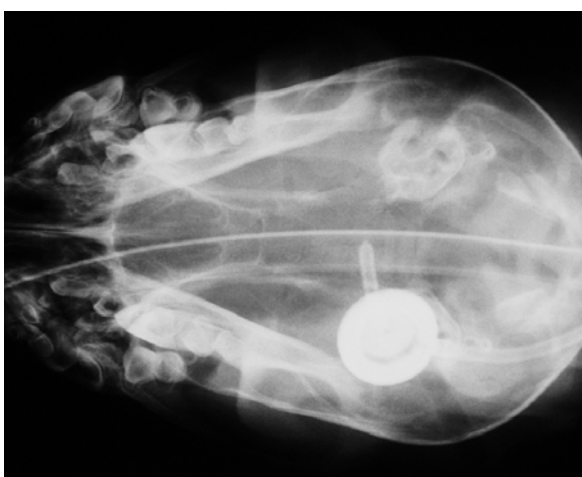
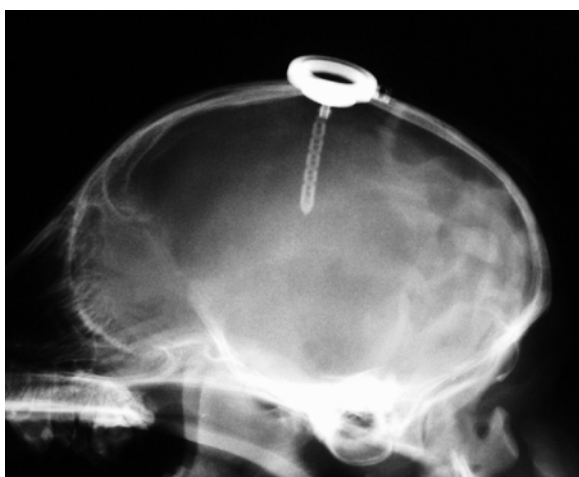
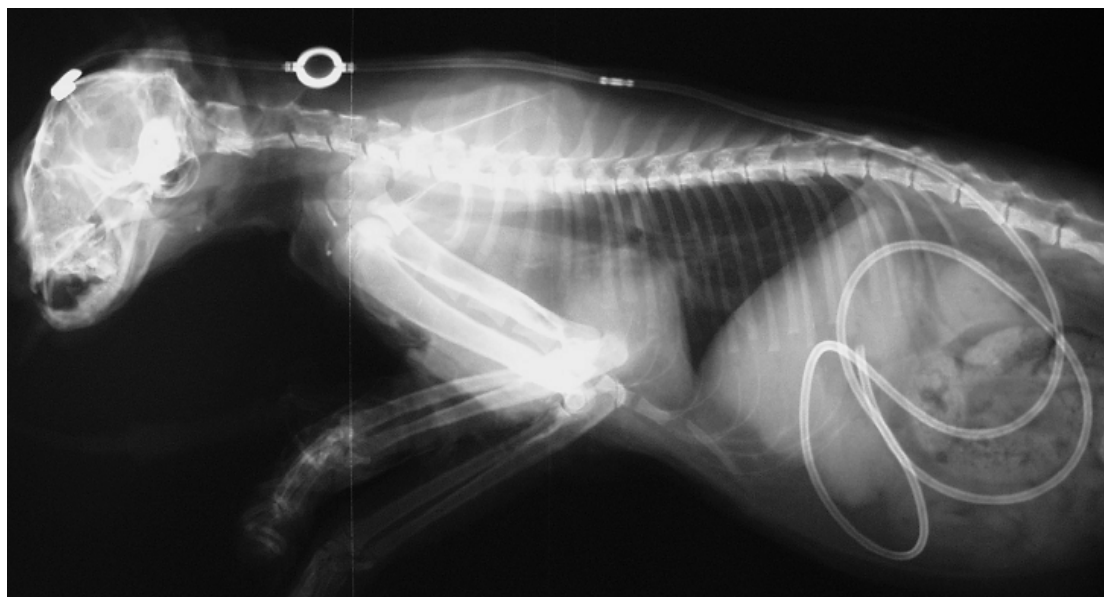


Abb. 4:

West-Highland-Terrier, 2 Jahre, mit Hydrozephalus internus. Röntgenbild Kopf, latero-lateraler Strahlengang. Ventilloses System, Liquorreservoir in die Kalotte eingepasst, mit aufgestecktem Ventrikelkatheter.

Abb. 5:

Hund wie in Abb. 6. Röntgenbild, ventro-dorsaler Strahlengang

**Abb. 6:**

Perserkater, 7 Monate. Übersichtsröntgenbild, latero-lateraler Strahlengang: Paedi-Gav-System[®]: Ventrikelkatheter (gekürzt), Bohrlochumlenker, in die Kalotte eingepasst, Liquorreservoir (über der Mitte der HWS) und Peritonealkatheter.

Postoperativer Verlauf und Ergebnisse der Therapie

Konservative Behandlung

2 Hunde wurden konservativ therapiert. Beide wurden mit Apathie und Tetraparese vorgestellt, wobei der Zwergschnauzer (Fall 12) nach 3 Tagen wieder gehfähig und von ungestörtem Allgemeinbefinden war, während der Drahthaar-Foxterrier (Fall 11) trotz konservativer Therapie über 7 Wochen keine Besserung zeigte und euthanasiert werden musste.

Der Zwergschnauzer wurde über 4 Tage mit Acetazolamid¹⁰ (10 mg/kg KM, 2 mal täglich) und über 6 Tage mit Prednisolon¹¹ (initial 2 mg/kg KM, 2 x täglich, danach ausschleichend dosiert) behandelt. Bereits am zweiten Tag war der Hund wieder stehfähig, am vierten Tag zeigte er keine klinisch-neurologischen Ausfälle mehr und ist bis zum Abschluss der Studie klinisch unauffällig geblieben.

Der zweite, konservativ therapierte Hund (Fall 11) wurde über 27 Tage behandelt. Initial wurden 10 mg/kg KM Prednisolon¹¹ intravenös verabreicht, das ausschleichend über 14 Tage

reduziert wurde. Zusätzlich erhielt der Hund über 12 Tage Acetazolamid¹⁰ (10 mg/kg KM, 2 x täglich). Da der Patient während der Therapie keine Besserung zeigte, wurde er auf Wunsch des Besitzers euthanasiert.

Operative Behandlung

Von 10 operativ behandelten Tieren verlief die Aufwachphase bei 9 ohne Komplikationen. Lediglich Patient 8 zeigte eine deutlich verlängerte Aufwachphase.

Der klinisch-neurologische Zustand des DSH-Mischlings (Fall 8) verschlechterte sich durch die Obstruktion des Ventrikelkatheters nach 5 Tagen zunehmend. Der Ventrikelkatheter wurde erneuert, es kam jedoch nach 4 Tagen wieder zur klinischen Verschlechterung, worauf der Patient auf Wunsch des Besitzers euthanasiert wurde.

Bei Patient 6 (Terrier-Mischling) kam es nach 7 Monaten durch das schnelle Wachstum zu einem Abgleiten des Bohrlochumlenkers vom Ventrikelkatheter. Nach dem erneuten intrakraniellen Druckanstieg begann der Hund, vermehrt im Kreis zu laufen und in Ruhe Pendelbewegungen mit dem Kopf durchzuführen. Durch Freilegen des proximalen Katheterendes und des Bohrlochumlenkers sowie erneute Verbindung der Teile wurde nach wenigen Tagen wieder Symptombefreiheit erreicht.

Bei 3 Tieren mit primärem Hydrozephalus verschlechterte sich der postoperative Zustand. Bei einem Hund wurde beim Einführen des Ventrikelkatheters ein Ependymgefäß verletzt und es entstand ein intraventrikuläres Koagel. 2 Hunde hatten eine sekundäre Epilepsie, von denen bei einem (Fall 9) die Intensität der Anfälle zunahm und beim anderen (Fall 10) nach 9 Tagen ein starker epileptischer Anfall auftrat, der von den Besitzern nicht behandelt wurde, worauf der Hund verstarb.

Die Tiere mit guten Therapieergebnissen nach der Operation konnten bis zum Ende dieser Studie über einen durchschnittlichen Zeitraum von 10 ¼ Monaten beobachtet werden. Dabei lag die postoperative Dauer bei Patienten mit ventillosen Systemen bei durchschnittlich 9 ½ Monaten (Fall 1, 2, 4 und 5), bei Hunden mit Ventilsystemen (Fall 6 und 7) bei durchschnittlich 12 Monaten.

Im Gegensatz dazu trat bei fehlendem Ansprechen auf die Therapie bereits nach wenigen Tagen deutliche Verschlechterung ein. Der DSH-Mischling (Fall 8) musste nach 10 Tagen euthanasiert werden, der Chihuahua (Fall 10) verstarb nach 19 Tagen. Beim West-Highland-Terrier (Fall 9) traten nach 21 Tagen erstmals wieder verstärkte epileptische Anfälle auf. Es konnte in der Beurteilung des postoperativen Verlaufs weder bei den Tieren mit gutem Ansprechen auf die Operation, noch bei Patienten ohne Besserung Unterschiede zwischen ventillosen und Ventilsystemen festgestellt werden.

Diskussion

Die operative Therapie des Hydrozephalus in der Veterinärmedizin wird seit den frühen 70er Jahren durchgeführt, wobei Ergebnisse kaum publiziert wurden. Wie in der Humanmedizin sind auch in der Veterinärmedizin zwei unterschiedliche Therapieformen möglich. HARRISON (in HOERLEIN und GAGE, 1978) beschreibt gute Ergebnisse mit der konservativen Therapie bei 118 Patienten. 60% dieser Tiere zeigten einen guten Behandlungserfolg. Er konnte jedoch feststellen, dass insbesondere Hunde unter 8 Wochen schlecht auf die konservative Therapie ansprechen. SATO et al. (1973) sowie LEONARD und REDDING (1973) führten erste experimentelle Untersuchungen zur konservativen Therapie am Hund durch und konnten sowohl bei Applikation von Dexamethason als auch von Acetazolamid nur eine Verringerung der Liquorproduktion über 1,5 Stunden feststellen. Eine multizentrische, randomisierte humanmedizinische Studie zur Wirkung von Acetazolamid

und Furosemid bei der Behandlung des kindlichen Überdruckhydrozephalus ergab, dass diese Medikamente die Notwendigkeit einer Shuntimplantation nicht herabsetzen konnten (KENNEDY et al., 2001). Die Autoren empfahlen deshalb diese Medikamente nicht. Die langfristige Gabe von Kortikosteroiden ist beim Menschen wegen der Nebenwirkungen nicht indiziert und bedeutet daher keine Alternative zur Operation. Beim Tier besteht insbesondere bei alten oder an weiteren, schweren Erkrankungen leidenden Patienten die Indikation der dauerhaften Kortisongabe. HOERLEIN und GAGE (1978) beurteilten den langfristigen Erfolg der medikamentellen Therapie als fragwürdig und sahen in der operativen Behandlung die Methode der Wahl. Auch wir halten die operative Therapie bei organisch gesunden oder jungen Hunden und Katzen für die Methode der Wahl.

Die Anästhesie neurochirurgischer Patienten unterscheidet sich von der Anästhesie anderer Patienten, da das zentrale Nervensystem gleichzeitig Zielorgan der Anästhetika und chirurgischen Therapie ist. Hypoxie, Hyperkapnie und Instabilität des Herz-Kreislauf-Systems sind möglichst zu vermeiden, um die zerebrovaskuläre Autoregulation, den intrakraniellen Druck (ICP) und die CO₂-Reaktivität möglichst gering zu beeinträchtigen.

Vor Beginn der Anästhesie ist eine ausführliche präanästhetische Untersuchung vorzunehmen und ein präoperativ bestehender Volumenmangel auszugleichen, da sich dies günstig auf die hämodynamische Stabilität auswirkt. In der Humanmedizin existieren keine Untersuchungen über spezifische Anästhesieverfahren, für die eine geringere perioperative Morbidität und Mortalität bei neurochirurgischen Eingriffen belegt ist.

Die Prämedikation erfolgte beim Hund intravenös mit l-Methadon⁸ und Diazepam⁹. Opioide können zum Anstieg des intrakraniellen Hirndrucks (ICP) führen, während Benzodiazepine den ICP nur sehr wenig beeinflussen und gleichzeitig die Krampfschwelle des Patienten anheben, so dass sie sich gut zur Prämedikation bei neurochirurgischen Eingriffen eignen (DOENICKE et al., 1999; HEMPELMANN et al., 2001).

Zur Prämedikation der Katze wurden Tiletamin und Zolazepam¹⁰ eingesetzt. Das Phencyclidin-Derivat, so zeigen neuere Untersuchungen in der Humanmedizin, führt bei intakter Herz-Kreislauf-Funktion und Normotension nicht zum Anstieg des ICP (DOENICKE et al., 1999; HEMPELMANN et al., 2001).

Isofluran wurde zur Erhaltung der Anästhesie eingesetzt und führt zur Zunahme der Hirndurchblutung bei gleichzeitiger Reduktion des Hirnstoffwechsels. Die zerebrovaskuläre Autoregulation und die CO₂-Reaktivität bleiben bei Konzentrationen unter 1,5 MAC (Minimale alveoläre Konzentration) relativ unbeeinflusst. Der endexpiratorische Kohlendioxidpartialdruck sollte nicht über 4,5 Vol% ansteigen, um den Anstieg des ICP zu verhindern (DOENICKE et al., 1999; HEMPELMANN et al., 2001).

Die perioperative Flüssigkeitstherapie soll das intravasale Volumen, den zerebralen Perfusionsdruck (CPP) und die Mikrozirkulation optimieren. Das Auftreten eines Hirnödems durch Erhöhung des ICP muss vermieden werden. Der Patient soll normofrequent und normoton bleiben. Der zentrale Venendruck (ZVD) sollte 8-12 mmHg nicht übersteigen und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung über 70% liegen. An der Entstehung des Hirnödems ist auch die Plasmaosmolarität (280–300mOsmol/l) entscheidend mitbeteiligt. Es sind daher zur Infusion alle isomolaren Infusionslösungen wie isotone Kochsalzlösung, Ringer-Lösung und kolloidale Substanzen geeignet. Der früher geltende Grundsatz, dass neurochirurgische Patienten zur Vermeidung des Anstiegs des ICP nicht infundiert werden sollten, ist inzwischen überholt. Positiv kann sich die „small volume resuscitation“ mit hyperosmolaren und hyperonkotischen Lösungen auswirken. Größere Mengen Ringer-Laktat-Lösung und Glukose-Lösungen hinterlassen große Mengen an freiem Wasser und fördern die Entstehung

⁸ l-Polamivet®, Intervet International GmbH, Wiesbaden

⁹ Diazepam-ratiopharm® 10, ratiopharm GmbH & Co., Ulm

¹⁰ Tilest® 500, Pharmacia & Upjohn GmbH, Erlangen

eines Ödems, sie sollten daher nur bei absoluter Indikation eingesetzt werden. Muss der ICP reduziert werden, so kommt Mannitol (0,5-1,0 g/kg KM i.v. über 20 Minuten) zum Einsatz, das als Plasmaersatzstoff wirkt, den Hämatokrit und die Plasmaviskosität senkt und dadurch das Sauerstoff-Angebot durch Verbesserung der Durchblutung in ischämischen Bezirken verbessert. Kontraindikationen für den Einsatz von Mannitol sind anhaltende Anurie nach Mannitol-Infusion, Hypovolämie, Lungenödem und intrakranielle Blutungen (DOENICKE et al., 1999; HEMPELMANN et al., 2001).

Sollte es zu postoperativen Krampfanfällen kommen, wird in leichten und einmaligen Fällen Diazepam eingesetzt. Bei wiederholter Krampfneigung kann beim Hund Pentobarbital¹¹ (3 mg/kg KM intravenös) verabreicht werden. Zusätzlich ist die Diurese zu kontrollieren. Bei Verdacht der Zunahme des Hirndrucks kommt Mannitol zum Einsatz. Ist eine längere Ruhigstellung notwendig, sollten die Inhalationsanästhesie fortgeführt und die Tiere kontrolliert beatmet werden, da so einer Hyperkapnie besser entgegen gewirkt werden kann (DOENICKE et al., 1999; HEMPELMANN et al., 2001).

In der Humanmedizin wurden große Anstrengungen unternommen, um ein geeignetes und mit geringen Komplikationen verbundenes Ventilsystem für den ventrikulären Shunt zu entwickeln (JAIN et al., 2000; KIEFER et al., 2000). Bei etwa 40% aller implantierten Shuntsysteme traten innerhalb des ersten Jahres Komplikationen auf, die eine Shuntrevision notwendig machten. Bei über 50% dieser Patienten lag die Ursache in der Obstruktion des Shunts, insbesondere des Ventrikelkatheters, gefolgt von Infektionen und Überdrainage („Slit-Ventricle-Syndrom“) (KANG und LEE, 1999; JAIN et al., 2000). Dabei folgt ein Shuntversagen häufig dem nächsten, wobei sich die durchschnittliche Dauer zwischen den Shuntkomplikationen mit jedem Eingriff verkürzt. In einer Studie zeigten 55,7% der untersuchten Patienten keine Komplikationen, bei 21,3% musste der Shunt einmal erneuert werden, bei 13,9% waren 2 bis 3 Revisionen und bei 9% 4 oder mehr Eingriffe in immer kürzeren Abständen notwendig (LAZAREFF et al., 1998).

Um Komplikationen zu umgehen, wurde in den letzten 10 Jahren eine erstmals von DANDY (1922) beschriebene implantatfreie Methode, die endoskopische Ventrikulostomie in modifizierter Form zunehmend angewandt. Bei der endoskopischen Ventrikulostomie des dritten Ventrikels zwischen dem Corpus mamillaris und dem Recessus infundibularis wird kein Fremdmaterial eingebracht, so dass die Infektions- und Verschlussgefahr minimiert sowie das Problem der Überdrainage bei korrekter Patientenselektion fast vollständig umgangen wird (KIM et al., 2000). Auf den Hund und die Katze ist diese Methode wegen der prominenten Adhaesio interthalamica nicht direkt übertragbar.

Die Überdrainage der Ventrikel ist eine beim Menschen gefürchtete Komplikation, die vor allem durch die unterschiedlichen Körperpositionen entsteht. Im Liegen sind die Ventrikel und die Peritonealhöhle auf gleicher Höhe, während im Stehen beim Erwachsenen eine Höhendifferenz von 35 bis 50 cm besteht. Um die Druckdifferenzen zu kompensieren ist ein Ventilsystem beim Menschen zwingend erforderlich. Bei Hund und Katze unterscheiden sich jedoch die anatomisch-physiologischen Voraussetzungen vom Menschen. Die Ventrikel und die Peritonealhöhle befinden sich im Stehen, Liegen sowie in der Bewegung fast konstant auf einer Höhe, so dass der hydrostatische Druck vernachlässigbar ist. Eine Überdrainage wie beim Menschen ist unserer Ansicht nach deshalb kaum zu befürchten. Wir haben bei 6 Patienten verschiedene ventillose Systeme implantiert und sehen in diesen Systemen den Vorteil, dass das Ventil als mögliche Stelle einer Obstruktion umgangen und zusätzlich etwa 70% der Materialkosten eingespart werden, die der Entscheidung zur Operation oft im Wege stehen.

¹¹ Narcoren®

⁸ Fa. NMT, MesseTurm, Box 23, 60308 Frankfurt a. M.

⁹ Fa. Aesculap, Postfach 40, 78501 Tuttlingen

Von 10 Patienten mit primärem Hydrozephalus wurden 4 Hunde mit einem Hakim-Ventilsystem und 5 Hunde sowie eine Katze mit einem System ohne Ventil operiert. 2 Patienten aus der ventilloser Gruppe und 2 der Ventilgruppe waren nach einer unterschiedlich langen Rekonvaleszenzzeit ohne klinische Symptomatik, bei 2 Tieren ohne Shuntventil hatte sich das klinisch-neurologische Bild bereits nach 4 Wochen deutlich gebessert. Diesen Patienten stehen 3 Hunde mit klinischer Verschlechterung nach operativer Therapie gegenüber, 2 davon mit ventillosem System und ein Hund mit Ventilsystem. Der DSH-Mischling (Fall 8) mit Chorioidplexuskarzinom wurde palliativ behandelt und eignet sich daher nicht zum Vergleich der beiden Shuntsysteme.

Auf die konservative Therapie wurde ein Hund über den gesamten Beobachtungszeitraum (24 Monate) symptomfrei, während der zweite Hund keine Besserung zeigte und euthanasiert werden musste.

Von 15 Patienten mit Hydrozephalus zeigten 8 Tiere Epilepsie, die nach unseren Erfahrungen schlechter auf die Therapie anspricht als motorische oder sensible Ausfälle. 5 dieser Patienten wurden operativ behandelt. Einem Patienten wurde ein Ventilsystem (Fall 10) und 4 Tieren ein ventilloser System implantiert (Fall 1, 2, 5 und 9). Von diesen Patienten verschlechterte sich nach der Operation je ein Hund mit und ohne Ventilshuntsystem (Fall 9 und 10), während ein Hund und eine Katze aus der ventilloser Gruppe (Fall 1 und 2) klinisch symptomlos sind und ein Hund sich nach 4 Wochen klinisch bereits deutlich gebessert hat (Fall 5).

Die Epilepsie des konservativ behandelten Zwergschnauzers (Fall 12) verschwand unter der konservativen Therapie, während zwei Patienten ohne Therapie verstarben (Fall 14) oder euthanasiert wurden (Fall 15).

Wir konnten keinen wesentlichen Unterschied im postoperativen Verlauf zwischen Patienten mit und ohne Ventilsystem feststellen. Demnach scheint die Implantation ventilloser Ventrikelshuntsysteme, über deren Einsatz in der Veterinärmedizin nach unserem Wissen keine Untersuchungen vorliegen, nicht nachteilig zu sein. Allerdings ist unsere Patientenzahl für gesicherte Aussagen noch zu klein.

Insgesamt konnten wir von Januar 2001 bis April 2003 bei 6 von 10 operierten Patienten mit primärem und sekundärem Hydrozephalus und bei 6 von 9 operierten Tiere mit primärem Hydrozephalus Symptomfreiheit oder Besserung der klinischen Ausfälle erreichen. Vergleichbar mit anderen Erkrankungen sollte der Hydrozephalus somit auch in der Veterinärmedizin als therapierbare Erkrankung angesehen werden, die primär nur in Ausnahmefällen zur Euthanasie des Tieres führen muss. Durch größere Patientenzahlen, weitere Erfahrungen und längere postoperative Beobachtungszeiträume müssen die Operationsmethoden und bisherigen Ergebnisse überprüft und weiter verbessert werden.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Oliver Lautersack, Chirurgische Veterinärklinik -Kleintierchirurgie- der Justus-Liebig-Universität Giessen, Frankfurter Str. 108, 35392 Giessen

Literatur

1. **BROGGI, G., I. DONES, P. FERROLI, A. FRANZINI, D. SERVELLO, S. DUCA** (2000): Image guided neuroendoscopy for third ventriculostomie. *Acta Neurochir.*, **142**; 893-899.

2. **DANDY W.E.** (1922): Operative procedure for hydrocephalus. *John Hopk. Hosp. Bull.*, **33**; 189.
3. **DOENICKE A., D. KETTLER, W.F. LIST, J. RADKE, J. TAMOW** (1999): *Anästhesiologie*. Springer Verlag, Berlin.
4. **DRAKE J.M., J.R. KESTLE, S. TULI** (2000): CSF shunts 50 years on- past, present and future. *Child's Nerv. Syst.*, **16**; 800-804.
5. **HARRISON E.O.** Unpublished data. In: HOERLEIN B.F., GAGE E.D. Hydrocephalus, Kap. 21 in "Canine Neurology.", 3rd edition, HOERLEIN B.F. (ed.) (1978). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
6. **HEMPELMANN G., C. KRIER, J. SCHULTE AM ESCH** (2001): *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*. Thieme Verlag, Stuttgart.
7. **HOERLEIN B.F., E.D.GAGE** (1978): Hydrocephalus, Kap. 21 in "Canine Neurology.", 3rd edition, HOERLEIN B.F. (ed.). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
8. **JAIN H., S. SGOUROS, A.R. WALSH, A.D. HOCKLEY** (2000): The treatment of infantile hydrocephalus: "differential-pressure" or "flow-control" valves. A pilot study. *Child's Nerv. Syst.*, **16**; 242-246.
9. **JOHNSTON I., D.L. GILDAY, E.B. HENDRICK** (1975): Experimental effects of steroids and steroid withdrawal on the cerebrospinal fluid absorption. *J. Neurosurg.*, **42**; 690.
10. **KANG J.K., I.W. LEE** (1999): Long-term follow-up of shunting therapy. *Child's Nerv. Syst.*, **15**; 711-717.
11. **KENNEDY C.R., S. AYERS, M.J. CAMPBELL, D. ELBOURNE, P. HOPE, A. JOHNSON** (2001): Randomized, controlled trial of Acetazolamide and Furosemide in posthemorrhagic ventricular dilation in infancy: Follow-up at 1 year. *Pediatrics*, **108**; 597-607.
12. **KIEFER M., R. EYMANN, V. MASCAROS, M. WALTER, W.I. STEUDEL** (2000): Der Stellenwert hydrostatischer Ventile in der Therapie des chronischen Hydrozephalus. *Nervenarzt*, **71**; 975-986.
13. **KIM S.K., K.C. WANG, B.K. CHO** (2000): Surgical outcome of pediatric hydrocephalus treated by endoscopic III ventriculostomy: prognostic factors and interpretation of postoperative neuroimaging. *Child's Nerv. Syst.*, **16**; 161-169.
14. **KOOS W.T., A. PERNECZKY** (1992): Kindlicher Hydrozephalus, Kap. 1.34 in *Neurologie in Praxis und Klinik*, Band 2, 2. Auflage, HOPF H.C., K. POECK, H. SCHLIAK (1992). Thieme Verlag, Stuttgart.
15. **LAUTERSACK O., E. SCHIMKE** (2003): Hydrozephalus bei Hund und Katze- Ätiologie, Pathogenese, klinische Formen und Diagnostik. Teil I. *Tierärztl. Prax.*, **31**; 100-106.
16. **LAZAREFF J.A., W. PEACOCK, L. HOLLY, J.V. HALEN, A. WONG, C. OLMSTEADT** (1998): Multiple shunt failures: an analysis of relevant factors. *Child's Nerv. Syst.*, **14**; 271-275.
17. **LEONARD J.L., R.W. REDDING** (1973): Effects of hypertonic solutions on cerebrospinal fluid pressure in the lateral ventricle of the dog. *Am. J. Vet. Res.*, **34**; 212.
18. **SATO O., M. HARA, T. ASAI, R. TSUGANE, N. KAGEYAMA** (1973): The effect of dexamethasone phosphate on the production rate of cerebrospinal fluid in the spinal subarachnoid space of dogs. *J. Neurosurg.*, **39**; 480.
19. **TISELL M., M. EDSBAGGE, H. STEPHENSEN, M. CZOSNYKA, C. WIKKELSO** (2002): Elastance correlates with outcome after endoscopic third ventriculostomy in adults with hydrocephalus caused by primary aqueductal stenosis. *Neurosurgery*, **50**; 70-77.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Oliver Lautersack, Chirurgische Veterinärklinik, Kleintierchirurgie, der Justus-Liebig-Universität Gießen, Frankfurter Str. 108, 35392 Gießen.

Anhang:

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis