

+

Aus der
Klinik für Neurochirurgie
Der Universität zu Lübeck
Direktor Prof. Dr.med. V. Tronnier
In Zusammenarbeit
Mit: Prof. Dr.med. Uwe Kehler
Chefarzt der Neurochirurgie des akademischen Lehrkrankenhauses
Asklepios Klinik Altona

An der
Universität zu Lübeck
Prof. Dr.med. K. -F. Klotz
Vorsitzender der Promotionskommission der Sektion Medizin

**Intraabdomineller Druck in Abhängigkeit von der Körperposition:
ein notwendiger Parameter zur Optimierung
der Hydrozephalus-Shunttherapie**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Universität zu Lübeck
- Aus der Sektion Medizin-

vorgelegt von
Yehia Chehade
aus Zahrie/Libanon

Hamburg 2019

1. Berichterstatter: Prof. Dr.med. Uwe Kehler
2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Roland Thietje

Tag der mündlichen Prüfung: 19.08.2020

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 19.08.2020

-Promotionskommission der Sektion Medizin

Meiner Familie

1.	EINLEITUNG	1
1.1.	Liquorzirkulation	1
1.2.	Hydrozephalus	2
1.2.1	Definition	2
1.2.2	Klassifikation	2
1.2.2.1	Hydrozephalus malresorptivus	3
1.2.2.2	Hydrozephalus occlusus	3
1.2.2.3	Hydrocephalus e vacuo	3
1.2.2.4	Pseudotumor cerebri	4
1.2.2.5	Normaldruckhydrozephalus	4
1.2.3	Therapie	5
1.2.3.1	historischer Rückblick mit Meilensteinen der Therapie	5
1.2.3.2	Derzeitige Therapie	7
1.3.	Ventrikuloperitonealer Shunt	7
1.3.1	Operationstechnik	8
1.3.2	Hydrodynamische Grundlagen der Hydrozephalusventile	9
1.3.3	Technische Grundlagen der Hydrozephalusventile	10
1.3.3.1	Differenzdruckventile	10
1.3.3.2	hydrostatische Ventile	12
1.3.3.3	Verstellbare Differenzdruckventile	15
1.3.3.4	Flussgesteuerte Ventile	16
1.3.3.5	Programmierbare Gravitationsventile	17
1.4.	Shuntkomplikation	18
1.4.1	Intraoperative Komplikation	19
1.4.2	Postoperative Komplikation	19
1.4.2.1	Unterdrainage	19

1.4.2.2	Überdrainage	20
1.4.3	Shuntinfektion	20
2.	FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG DER ARBEIT	21
3.	PATIENTEN & METHODEN	23
3.1.	Patientenkollektiv	23
3.2.	Messung des intraabdominellen Drucks	23
3.3.	Durchführung der IAP- Messungen	24
3.4.	Statistische Methodik	29
3.5.	Ethikvotum	29
4.	ERGEBNISSE	30
4.1.	Demographische Daten	30
4.2.	Der intraabdominelle Druck	30
4.2.1	IAP in Abhängigkeit von der Körperposition	31
4.2.2	IAP in Abhängigkeit vom Geschlecht	31
4.2.3	IAP in Abhängigkeit von BMI	32
4.2.4	Verteilung nach Alter	36
5.	DISKUSSION	38
5.1.	IAP Druckmessmethode	38
5.2.	Validität der gemessenen IAP Werte	39
5.3.	Lageabhängigkeit des IAP	40

5.4. BMI und IAP	42
5.5. Geschlecht und IAP	42
5.6. Individuelle Unterschiede	43
6. ZUSAMMENFASSUNG	44
7. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	45
8. LITERATURVERZEICHNIS	47
9. ANLAGEN	53
9.1. Patienten Rohdaten	53
9.2. Aufklärungsbogen	55
9.3. Einverständniserklärungsbogen	59
10. ERKLÄRUNG ÜBER DIE EIGENSTÄNDIGE ABFASSUNG DER ARBEIT	61
11. DANKSAGUNG	62
12. LEBENS LAUF	63
13. ETHIKVOTUM	64

1. Einleitung

McLaurin (1982) beschreibt die Entwicklung der Therapie des Hydrozephalus (HC) mit einem Shunt weitestgehend als Versuche der Verhinderung von Komplikationen diesbezüglich (54).

Dieses indirekte Zitat fasst die wissenschaftlichen Bemühungen von über 100 Jahren zusammen. Die entsprechende Problematik besteht in der bis dato nicht ausreichenden Erforschung der Ätiologie und Pathophysiologie der Komplikationen sowie der Funktionsweise der Ventile. Der ventrikuloperitoneale Shunt (VP-Shunt) ist der Standardshunt zur Behandlung des kommunizierenden Hydrozephalus. Der resultierende intrakranielle Druck (ICP) hängt dabei von dem Ventilöffnungsdruck (VÖD), der hydrostatischen Druckdifferenz (HD) zwischen Kopf und Abdomen sowie dem intraabdominellen Druck (IAP) ab. Letzterer ist jedoch nicht näher bekannt und stellt keine mathematische Konstante dar. Das heißt, das perfekte Ventil zu wählen, erfordert von uns die Erforschung der Variablen, des IAP und der darauf einwirkenden Einflüsse wie Gewicht, Größe, Geschlecht und Position.

1.1. Liquorzirkulation

Der wasserklare Liquor cerebrospinalis befindet sich im Ventrikelsystem und dem Subarachnoidalraum und umspült das gesamte Zentralnervensystem. Man unterscheidet dabei zwischen inneren und äußeren Liquorräumen. Der Liquor dient als Flüssigkeitspolster zwischen dem Gehirn und den dieses umgebenden knöchernen Strukturen und funktioniert als Transportmedium zwischen den Ventrikeln sowie dem venösen System. Somit spielt er bei dem neuronalen Metabolismus des ZNS sowie der Regulierung der intrakraniellen Volumina eine wichtige Rolle; z. B. nimmt die Liquormenge bei der Zunahme des Hirn- und Blutvolumens ab (sog. Monro-Kellie-Doktrin). Der Liquor wird im Plexus choroideus der Seitenventrikel, des III. und IV. Ventrikels, gebildet und mittels aktiver Sekretion ausgeschieden. Minimale Mengen stammen aus Ependymzellen der Ventrikel und aus Hirnparenchym. Dann fließt er von den Seitenventrikeln über die Foramina Monroi in den dritten Ventrikel und von dort weiter über den Aquaeductus Sylvii in den vierten Ventrikel, um über die Foramina Luschka et Magendie in die basalen Zisternen sowie den spinalen und zerebralen Subarachnoidalraum zu gelangen (60, 70).

Dort soll der größte Teil des Liquors über die in den Sinus sagittalis superior reichenden Pacchioni-Granulationen in den Blutkreislauf reabsorbiert werden. Ein Teil des Liquors bewegt sich in kaudaler Richtung, umspült Rückenmark und Cauda equina und wird an den Austrittsstellen wiederum von einem Venen- oder Lymphplexus resorbiert. Cushing gebraucht hierfür den Begriff der „dritten Zirkulation“ (60, 20). Insgesamt liegt die Liquorproduktion bei ca. 450 bis 600 ml/Tag bzw. bei 0,3 bis 0,35 ml/min (60).

1.2. Hydrozephalus

1.2.1 Definition

Von einem Hydrozephalus spricht man bei einer klinisch symptomatischen Zunahme des Liquorvolumens auf Kosten von Hirngewebe und Blutvolumen (60). Bei dieser Definition ist der sogenannte Hydrozephalus e vacuo eingeschlossen, welcher seine Ursache jedoch in einer Hirnatrophie hat und dem somit ein anderer Mechanismus – und andere Therapiekonzepte – zugrunde liegt als Hydrozephalus-Formen, denen keine Hirnatrophie vorausgeht. Rekte hat folgende moderne Definition für den Hydrozephalus vorgeschlagen: “Hydrocephalus is an active distension of the ventricular system of the brain resulting from inadequate passage of CSF [cerebrospinal fluid] from its point of production within the cerebral ventricles to its point of absorption into the systemic circulation.” (70). Diese Definition ist einfach und dadurch sind die Ursachen eines Hydrozephalus überschaubar. Daraus resultiert folgendes Fazit: Der Hydrozephalus ist ein aktiver Zustand, entstanden durch ein Ungleichgewicht zwischen der Liquorproduktion und -resorption sowie einer Zirkulationsstörung. Der Normaldruckhydrozephalus (NPH) wird hierdurch jedoch nicht ausreichend erklärt (s. Kap. 1.2.2.4).

1.2.2 Klassifikation

Eine internationale einheitliche Hydrozephalus-Klassifikation gibt es nicht. Nach Dandy und Blackfan (1914) wird zwischen Verschluss- und kommunizierendem Hydrozephalus unterschieden (11,60). Raimondi (1987) unterscheidet zwischen einem intraparenchymalen und einem extraparenchymalen Hydrozephalus (11, 60, 70). Bei Mori und Johnston basiert die Einteilung auf der hydrodynamischen Therapie (58, 59, 64). Greitz (1993) und Gideon (1994) diskutieren die venöse Ursache in Bezug auf den Resorptionswiderstand bei erhöhtem venösem Druck (22, 61). Oi (1991) teilt

Einleitung

den Hydrozephalus in Abhängigkeit von dessen Entwicklungsgeschichte und Lebensalter ein (65).

Zusammengefasst kann man den HC in einen akuten oder chronischen, kindlichen oder Erwachsenen-, angeborenen oder erworbenen sowie hypo-, normo- oder hypertensiven Hydrozephalus einteilen. Entsprechend diesen Aspekten entstehen folgende klinisch relevante Hydrozephalusformen: malresorptivus, occlusus, normotensiv, e vacuo, Pseudotumor cerebri und NPH.

1.2.2.1 Hydrozephalus malresorptivus

Wie der Name verrät, handelt es sich hierbei um eine Resorptionsstörung. Hierzu werden die posthämorrhagischen, postinfektiösen, posttraumatischen und postoperativen Formen des Hydrozephalus gezählt. Hierbei ist der Abfluss des Liquors im venösen System durch eine Verklebung oder Verlegung der Pacchioni-Granulationen gestört. Zum Beispiel entsteht diese Hydrozephalusform bei 15 bis 20 % der Patienten nach einer Subarachnoidalblutung. Dies ist ein kommunizierender HC.

1.2.2.2 Hydrozephalus occlusus

Ein Verschlusshydrozephalus, auch nicht kommunizierender HC genannt, wird durch eine Behinderung des Liquorabflusses verursacht. Diese kann entweder intraventrikulär liegen, z. B. Kolloidzysten, Tumore oder Blut, oder von außen die Ventrikel komprimieren, z. B. durch intra- oder extraaxiale Tumore, und den Liquorabfluss behindern (47, 60). Typische Beispiele des Verschlusshydrozephalus sind die Aquäduktstenose oder die Atresie der Foramina Monroi. Dabei handelt es sich um eine angeborene oder erworbene umschriebene Einengung des Aquädukts bzw. des Foramens Monroi (47). Die Arnold-Chiari- und Dandy-Walker-Malformation zählen durch die Zirkulationsbehinderung in der hinteren Schädelgrube ebenfalls hierzu.

1.2.2.3 Hydrozephalus e vacuo

Dabei besteht eine sekundäre Erweiterung des Ventrikelsystems, die durch den Untergang des umliegenden Gewebes bedingt ist, z. B. nach einem Schlaganfall, einem Schädelhirntrauma oder einer Tumorentfernung mit fokaler Ausziehung eines Ventrikels zum Defekt hin. Beim Vorliegen einer Marklageratrophie, z. B. bei

ausgeprägter Mikroangiopathie oder im Rahmen einer chronischen Multiplen Sklerose, kann auch ein generalisierter Hydrozephalus e vacuo vorliegen.

1.2.2.4 Pseudotumor cerebri

Im angloamerikanischen Schrifttum wird dieser als „benign intracranial hypertension“ bezeichnet (60). Er betrifft vor allem übergewichtige Frauen im gebärfähigen Alter mit einer Inzidenz von 19: 100.000/Jahr bei folgender Geschlechterverteilung: F: M = 8: 1. Klinisch klagen die Patienten über eine Visusstörung, Cephalgien und gelegentlichen Tinnitus. Bildmorphologisch fehlt die Liquorraumerweiterung. Eine Empty Sella kann hierbei häufig beobachtet werden (47). Bei dem Pseudotumor cerebri ist regelhaft ein ICP von über 18 cm H₂O nachzuweisen (60, 61).

1.2.2.5 Normaldruckhydrozephalus

Die typische klinische Trias des Normaldruckhydrozephalus (NPH) besteht aus folgenden Symptomen: erstens einer Gangstörung mit breitbasigem, kleinschrittigem Gangbild, zweitens einer Blasenstörung und drittens einer progressiven subkortikalen Demenz (25). Diese Symptome können sich über die Jahre schleichend entwickeln. Kopfschmerzen, Augenbewegungsstörungen, Schwindel und Übelkeit werden dabei gelegentlich als Begleitsymptomatik angegeben.

1965 wurde der NPH erstmals von Hakim und Adam beschrieben. Dabei wurde der ICP mittels multipler Lumbalpunktionen und nicht mittels einer kontinuierlichen ICP-Messung ermittelt. Die Werte fielen immer in den Normbereich. Daher gaben Ersterer dem Krankheitsbild den Namen Normaldruckhydrozephalus (24).

Die herkömmlichen pathophysiologischen Vorstellungen vom Hydrozephalus mit Liquorzirkulations- und -resorptionsstörungen scheinen für den Normaldruckhydrozephalus nur sehr bedingt zu gelten. Vielmehr spielen dabei arteriosklerotische Gefäßdegenerationen eine wichtige pathogenetische Rolle: Die arteriosklerotischen, unelastischen und starren Gefäße können den pulsatilen Fluss vom Herzen und von den Hirnbasisarterien auf dem Weg zu den Kapillaren nicht (mehr) in einen laminären Fluss umformen. Folglich „hämmer“ der Kapillarpuls auf das Hirngewebe. Der Liquor selbst ist nicht komprimierbar und bildet somit eine „harte Unterlage“ des Gehirns: Der Puls „hämmer“ in der Folge auf das auf einer harten

Einleitung

Unterlage liegende Gehirn. Liquorableitende Operationen wie der VP-Shunt können diese „harte Unterlage“ in einen Schwamm aufweichen und dadurch den Hammereffekt mildern (22, 44). Man klassifiziert den NPH aufgrund der fehlenden Liquopassagestörung als kommunizierenden HC.

Es gibt jedoch einen weiteren pathogenetischen Erklärungsansatz, der von einem verminderten Liquorumsatz in Verbindung mit einer Anhäufung toxischer Substanzen ausgeht (36).

Aufgrund der hohen Zahl der Differenzialdiagnosen, wie Parkinson, Alzheimer-, Frontotemporale- und Altersdemenz sowie vieler anderer neurodegenerativer Erkrankungen wird diese Erkrankung häufig verkannt bzw. spät erkannt. Der NPH ist nach aktuellen Zahlen für bis zu 5 % aller Demenzerkrankungen verantwortlich (47); Männer sind hiervon doppelt so häufig wie Frauen betroffen (30, 47). Die Häufigkeit nimmt zudem mit steigendem Lebensalter zu. Häufig leiden NPH-Patienten an arteriellem Hypertonus, zerebrovaskulären Erkrankungen und Diabetes mellitus.

Man unterscheidet den idiopathischen vom sekundären NPH. Letzterer kommt nach vorangegangenen Hirnerkrankungen (intrazerebrale Blutung [ICB], subarachnoidale Blutung [SAB], Tumorerkrankung und Meningitiden) vor, die eine Resorptionsstörung des Liquors verursachen sollen.

1.2.3 Therapie

1.2.3.1 Historischer Rückblick mit Meilensteinen der Therapie

- 1744 entwickelte Le Cat die erste externe Ventrikeldrainage im Sinne sogentwikelnder Dochte. Dies war jedoch mit einer letalen Infektion behaftet (73, 79).
- 1881 führte Wernicke erste Ventrikelpunktionen mit einer Trockarnadel unter aseptischen Kautelen durch und entwickelte später ein kontinuierliches externes Drainagesystem (73, 79).
- 1891 führte Quincke eine serielle Lumbalpunktion und Liquordruckmessung durch (73, 79).

Einleitung

- 1893 entwickelte Mikulicz die permanente Liquordrainage mittels eines Glaswollendochts, der die Seitenventrikel mit dem Subarachnoidalraum und dem subgalealen Raum verband (73, 79).
- 1908 führte Kausch den von Gärtner 1893 vorgeschlagenen ventrikuloperitonealen Shunt durch. Die Überdrainage war jedoch eine letale Komplikation (73).
- 1908 setzte Payr das erste unidirektionale System mit autologen Venenklappen ein (73).
- 1908 schufen Anton und Braman zum ersten Mal eine Verbindung zwischen dem dritten Ventrikel und dem Interhemisphärenspalt durch den Corpus Callosum mit dem sogenannten „Balkentisch“ (5, 73).
- 1914 testete Heiles eine ventrikulopleurale Ableitung (73).
- 1922 entwickelte Dandy das erste Ventrikulostomieverfahren mit der posterioren Ventrikulostomie (5). Er führte daneben seit 1918 die Resektion des Plexus Choroideus durch (68). 1920 gelang ihm zudem die Aquäduktoplastie mit einer Verbindung vom dritten zum vierten Ventrikel bei einer Aquäduktstenose (45).
- 1923 führte Mixer die erste endoskopische Ventrikulozisternostomie unter Verwendung eines schmalen Urethroskops durch (71). Leider erhielt diese operative Methode zur damaligen Zeit wenig Beachtung.
- 1938 verband Torkildsen zur Behandlung einer Aquäduktstenose mittels eines Schlauchs die Seitenventrikel mit der Cisterna magna. Dieses Verfahren wurde daraufhin Torkildsen-Drainage genannt (5, 76).
- 1947 entwickelte McNickle das noch heute gültige Verfahren der Ventrikulozisternostomie (5, 45, 73).
- 1949 implantierte Spitz ein von Nulsen hergestelltes Kugel-Konus-Ventil mit einer Liquorableitung in die Vena cava superior (63).
- 1955 konstruierten Pudenz und Heyer ein teflonbeschichtetes Ventil mit transversalen Schlitzfenstern, das sog. Distal-Slit-Ventil (67).

Einleitung

- 1956 produzierte Holter ein Mehrfach-Schlitz-Ventil aus Silikon und im gleichen Jahr wurde es von Spitz implantiert. Daraufhin begann die industrielle Produktion des „Spitz-Holter-Ventils“ (41).
- 1958 entwickelte Schulte das Distal-Slit-Ventil mit multiplen längsgerichteten Schlitzen weiter und erfand 1960 das erste Membran-Ventil (5, 41).
- 1958 stellte Ames den ersten ventrikuloperitonealen Shunt mit Schlitzen am Katheterende her (3).
- 1970 optimierte Raimondi dieses Ventil und nannte es Raimondi-Uni-Shunt (3, 5).
- In den letzten 2 Jahrzehnten wurden die Ventile weiterentwickelt, um die Komplikationen zu verringern. Dadurch entstanden flussgesteuerte sowie gravitationsgestützte und programmierbare Ventile (s. Kap. 1.3.3).

1.2.3.2 Derzeitige Therapie

Die Standardtherapie bezüglich des kommunizierenden HC ist die Anlage eines VP-Shunts. Beim Verschlusshydrozephalus ist die Ventrikulozisternostomie die Therapie der Wahl. Bei intraperitonealen Verklebungen im Anschluss u. a. an eine Infektion oder einen chirurgischen Eingriff kommt ebenfalls ein ventrikuloatrialer Shunt zum Einsatz.

Eine medikamentöse Therapie, z. B. mit Osmodiuretika (Mannitol, Harnsäure, Sorbitol), Schleifendiuretika (Furosemid) oder einem Carboanhydrasehemmer (Acetazolamid), ist wenig effektiv (78).

1.3. Ventrikuloperitonealer Shunt

Bei den heutigen Standardverfahren wird der Liquor mittels eines subkutanen Katheter-/Ventilsystems vom Ventrikelsystem in die Peritonealhöhle abgeleitet, wo er resorbiert wird.

1.3.1 Operationstechnik

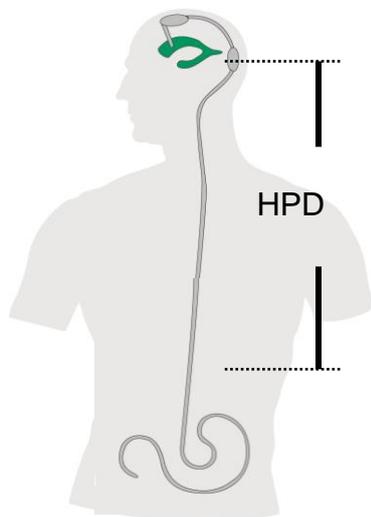
Das neurochirurgische Team führt den Eingriff unter sterilen Bedingungen und in Vollnarkose im OP durch. Die Operation dauert im Allgemeinen weniger als eine Stunde und umfasst folgende Schritte (37, 75):

- Der Patient wird in Rückenlage mit nach links gedrehtem Kopf gelagert.
- An der Kopfhaut wird frontal ein halbmondförmiger Schnitt gesetzt. Dann wird 2 bis 3 cm von der Mittellinie etwa auf der Höhe der Koronarnaht ein ca. 1 cm durchmessendes Loch in den Schädel gebohrt.
- In die Dura wird eine kleine Öffnung geschnitten. Durch diese Öffnung wird ein Katheter in den Seitenventrikel vorgeschoben. In das Bohrloch kann ein Reservoir eingelegt werden.
- Je nach Ventilart wird dieses retroaurikulär platziert.
- Der Katheter wird mithilfe von Ahlen unter der Haut zum Peritoneum gezogen.
- Die Katheterspitze wird in der Peritonealhöhle versenkt.
- Nach der Operation werden die Inzisionen genäht und steril verbunden.
- Der Patient ist in der Regel eine knappe Woche hospitalisiert.

1.3.2 Hydrodynamische Grundlagen der Hydrozephalusventile

Ein Ventil hat die Aufgabe, den Liquordruck unabhängig von der Körperlage im normalen Bereich (s. Kap. 1.3.3) zu halten, den Liquorfluss vom Ventrikel in die Peritonealhöhle zu regulieren und den Rückfluss zu verhindern. Ein Liquorshunt beruht auf einem rein physikalisch-mechanischen Prinzip, dabei spielen vor allem die Faktoren Druck, Fluss, Widerstand, Compliance und Viskosität eine Rolle. Der physiologische ICP liegt beim gesunden Menschen je nach Körperlage zwischen -5 und 10 cm H₂O. Bei geshunteten Patienten ergibt sich in der liegenden und aufrechten Position ein Unterschied bei der Flüssigkeitssäule zwischen Ventrikel und Peritonealhöhle nach dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße. Das bedeutet, dass im Stehen durch die hängende Säule ein negativer Druck entsteht: der hydrostatische Druck (HPD). Der IAP wirkt am Ende des peritonealen Katheters und ist eine der Liquorentleerung entgegengesetzte Kraft. Mit dem Ventilöffnungsdruck (VOP) und einer evtl. Gravitationseinheit (SA) lässt sich der resultierende intrakranielle Druck bei einem Patienten mit einem VP-Shunt wie folgt berechnen:

$$\text{ICP} = \text{VOP} - \text{HPD} + \text{IAP} + \text{SA}$$



Die Einflussfaktoren des intrakraniellen Drucks (ICP) sind folglich der intraabdominelle Druck (IAP), der hydrostatische Druck (HPD) zwischen dem Ventrikelsystem und dem Bauchraum, der Ventilöffnungsdruck (VOP) und der Wert der Gravitationseinheit (SA).

1.3.3 Technische Grundlagen der Hydrozephalusventile

Heutzutage hat ein Neurochirurg zwischen über 100 unterschiedlichen Ventilen zu wählen. Grundsätzlich wird dabei zwischen Differenzdruck-, hydrostatischen, verstellbaren Druckdifferenz- und flussgesteuerten Ventilen unterschieden. Bislang konnte keine Überlegenheit einzelner Ventile mit Ausnahme der hydrostatischen Ventile beim NPH nachgewiesen werden (40). Selbst die Verstellbarkeit eines Ventils konnte bisher nicht als vorteilhaft belegt werden, auch wenn die tägliche Erfahrung dem zu widersprechen scheint.

1.3.3.1 Differenzdruckventile

Solche Ventile sollen einen definierten Druck aufrechterhalten, d. h., wenn der Differenzdruck den vorgegebenen Ventildruck überschreitet, öffnet sich der Mechanismus und der Liquor kann so lange abfließen, bis der Differenzdruck unterschritten wird und das Ventil wieder schließt (15). Diese Funktion wird durch die nachfolgend aufgeführten Ventile erreicht:

Kugel-Konus-Ventil

Nulsen entwickelte 1949 das erste Kugel-Konus-Ventil, das noch im selben Jahr von Spitz implantiert wurde. Die Kugel wird durch eine Feder in einen Metalkonus gedrückt. Bei einem erhöhten Druck des Hirnwassers auf die Kugel wird die Feder komprimiert, die Kugel wandert aus dem Konus und das Hirnwasser kann abfließen (s. Abb. 1.3.3.1.1). Die Federspannung bestimmt den Öffnungsdruck des Ventils. Diese Ventilkonstruktion arbeitet sehr präzise. Das klassische Modell heißt Medos-Hakim (42).

Einleitung

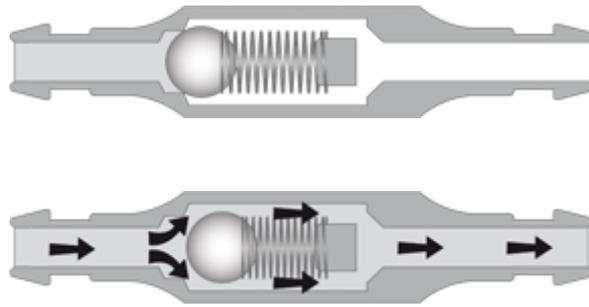


Abb. 1.3.3.1.1: Kugel-Konus-Ventil (Miethke, Abb. aus (43))

Schlitzventil

Bei diesem Ventil erfolgt die Unterscheidung nach der Bauart des Schlitzes (lineare Schlitze, Kreuzschlitze oder schnabelartiger Aufbau) oder der Lokalisation der Schlitze (proximal/distal). Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist ein Spitz-Holter-Ventil. Diese Ventile sind dafür anfällig, durch Eiweiß und Blutbestandteile zu verkleben (49).

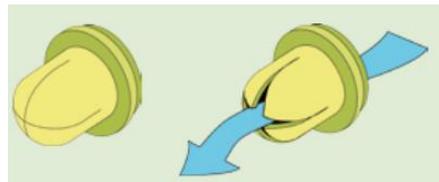


Abb. 1.3.3.1.2: Silikon-Schlitz-Ventil (Miethke, Abb. aus (43))

Membranventil

Bei diesem Ventil sind die Flexibilität und die Vorspannung der aus Silikon bestehenden Membran für den Öffnungsdruck verantwortlich. Der Nachteil dieses Ventiltyps ist der Silikon-Memory-Effekt. Das Silikon, aus dem die Membran hergestellt wurde, behält über die Zeit nicht die physikalischen Eigenschaften vom Anfang. Wird die Membran, entsprechend der normalen Funktion des Ventils, mehrmals verformt, so kommt sie nicht wieder in ihre ursprüngliche exakte Form zurück. Die physikalischen Kenngrößen des Ventils verändern sich folglich mit der Zeit. Dabei hängt es sehr von dem verwendeten Silikon-Grundstoff ab, wie ausgeprägt und schnell der Silikon-Memory-Effekt zum Tragen kommt. Bekannteste Vertreter der Membranventile sind Heyer-Schulte und Pudenz (31).

Einleitung

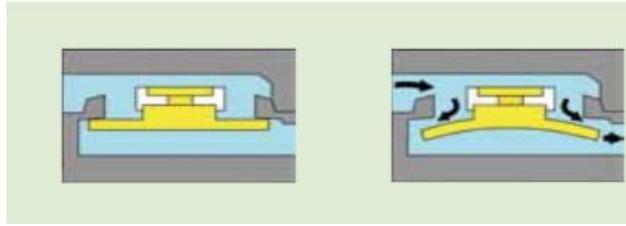


Abb. 1.3.3.1.3: Membranventil (Miethke, Abb. aus (43))

1.3.3.2 Hydrostatische Ventile

Als hydrostatisches Ventil bezeichnet man jedes Ventil, das seine physikalischen Kenngrößen (Öffnungsdruck etc.) in Abhängigkeit von der Lage des Körpers verändert und so vor allem dem Problem der Überdrainage in der stehenden Körperposition entgegenwirkt (32, 42). Man unterscheidet folgende zwei Untergruppen der hydrostatischen Ventile voneinander, die nachfolgend beschrieben werden: Anti-Siphon- und Schwerkraftventile.

Antisiphon-Ventil

Das Anti-Siphon Device (ASD) wurde von Portnoy et al präsentiert (43). Dessen Funktionsprinzip ist einfach und sehr effektiv: Beim aufrecht stehenden Menschen entsteht ein Sog im Schlauchsystem des Shunts. Eine elastische Membran wird durch den Sog nach innen gesogen und kommt dabei an einem Hartplastik-Bauteil zum Liegen (s. Abb. 1.3.3.2.1). Dadurch wird der Durchfluss durch das Shuntsystem unmöglich (Membran in der in Rot dargestellten Position). Durch einen hohen ICP oder wenn kein Sog mehr im Schlauchsystem vorliegt, bewegt sich die sehr elastische Membran in ihren Ausgangszustand (gelb dargestellt) zurück und gibt den Weg zum Liquorabfluss wieder frei (31, 32). Das Antisiphon-Ventil wird mit anderen Ventiltypen kombiniert. Bekannteste Vertreter sind PS Medical Delta- und Heyer-Schulte-Ventile.

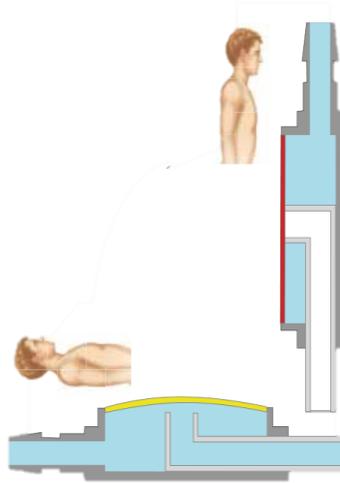


Abb. 1.3.3.2.1: Antisiphon-Device-Funktionsprinzip (Miethke, Abb. aus (43))

Gravitationsgesteuerte Ventile

Auch sogenannte „Schwerkraftventile“ stellen eine Subgruppe der hydrostatischen Ventile dar. Zwei Konstruktionen können die Funktionsweise dieser Ventile zusammenfassen: das Miethke Gravitationsventil (GAV) (s. Abb. 1.3.3.2.2) und das Miethke Dual Switch Ventil (s. Abb. 1.3.3.2.3). Beim Ersteren handelt es sich um ein Ventil, das in Serie zu einem Hauptventil (Kugel-Konus-Ventil) geschaltet wird. Liegt der Patient, so gibt die Kugel die Liquorpassage frei und der Liquorfluss wird nur vom Hauptventil gesteuert (s. Abb. 1.3.3.2.2). Steht der Patient auf, so fällt die Kugel in den Konus. Dadurch ist der Konus für die Liquorpassage verschlossen. Das Gewicht der Kugel soll das hydrostatische Druckgefälle ausgleichen und eine Überdrainage verhindern. Ist der Differenzdruck zwischen den Ventilenden jedoch größer als das Gewicht der Kugel und die Federkraft am Ventil, so wird die Kugel aus dem Konus gehoben und der Liquor kann auch im Stehen fließen (21, 32, 42).

Einleitung

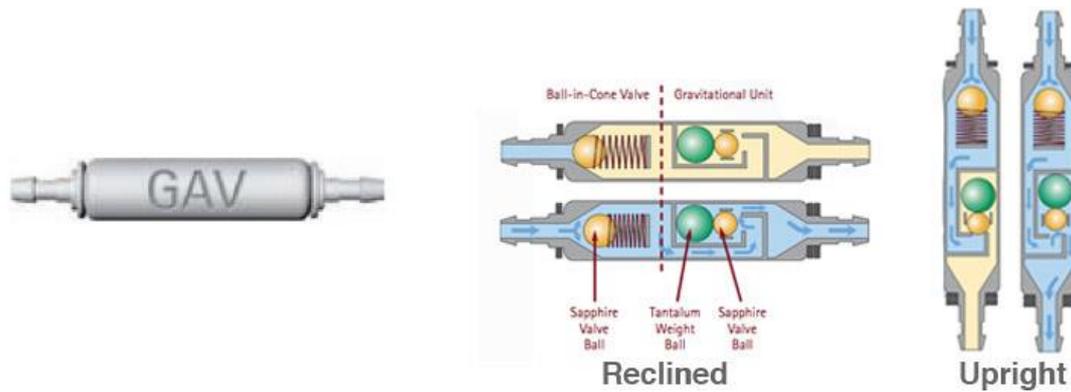


Abb. 1.3.3.2.2: Gravitationsventil GAV (Miethke, Abb. aus (43))

Ein Sondertyp der Gravitationsventile ist das sog. Dual-Switch Valve DSV (s. Abb. 1.3.3.2.3). Darin sind zwei Ventile, ein Hochdruckventil für die stehende Position und ein Niederdruckventil für die liegende Position, in einem Gehäuse untergebracht. Zwischen beiden Ventilen schaltet eine Tantalugel (grün dargestellt) um. Im Liegen ist, sobald der Differenzdruck die Federkraft der dünnen (roten) Feder überwindet, nur das Niederdruckventil mit der schwächeren dünnen Feder (rot) aktiviert, da das Hochdrucksystem durch die stärkere schwarze Feder verschlossen bleibt. Im Liegen verschließt die Tantalugel den Konus nicht und bietet dem fließenden Liquor somit keinen Widerstand. Im Stehen hingegen folgt die Tantalugel der Schwerkraft und verschließt den Abflusskanal des Liquors aus dem Niederdruckventil. Nur die Seite des Hochdruckventils verbleibt in dem Fall für den Liquor, um zu fließen. Dieses ist möglich, sobald durch die Summe aus intraventrikulärem und hydrostatischem Druck die Federkraft (schwarz dargestellt) des Hochdruckventils überwunden wird. Bewegt sich der Patient von der liegenden in die aufrechte Position, so kippt die Tantalugel bei ca. 70 ° und verschließt dadurch den Ausgang des Niederdrucksystems. Begibt sich der Patient von der aufrechten in die liegende Position, so kippt die Tantalugel wiederum bei 70 ° aus dem Konus heraus und gibt dadurch den Weg für das Niederdrucksystem frei (21, 31, 42).

Einleitung

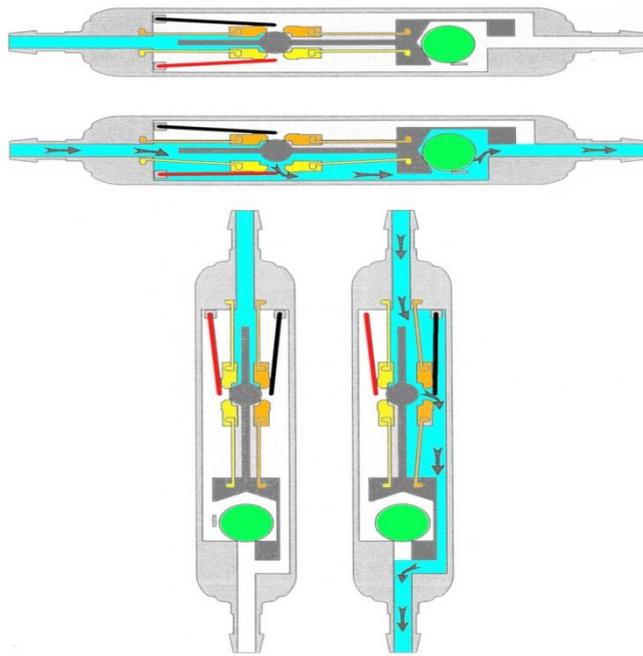


Abb. 1.3.3.2.3: Dual Switch Ventil (Miethke, Abb. aus (43))

Zu den Gravitationsventilen gehören auch das Miethke PaediGAV und der Miethke Shuntassistent (s. Abb. 1.3.3.2.4), das in Frankreich hergestellte Sophysa AS Ventil und das Cordis-Hakim-HV-lumbar Ventil (21, 31).

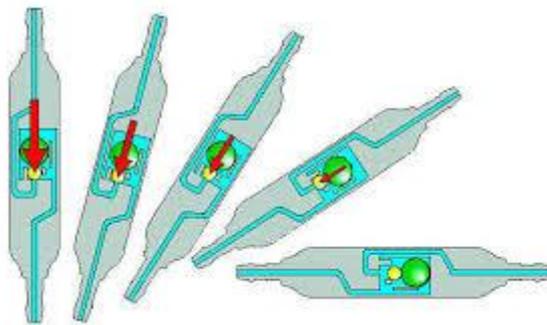


Abb. 1.3.3.2.4: Shuntassistent (Miethke, Abb. aus (43))

1.3.3.3 Verstellbare Differenzdruckventile

Bei diesen Ventilen kann der Öffnungsdruck, d. h. die Druckdifferenz, die überschritten werden muss, um einen Liquorfluss zuzulassen, durch ein extern auf die Haut aufgebrachtes magnetisches Steuergerät verändert werden. Hierdurch kann das Ventil sehr differenziert bezogen auf die individuellen Anforderungen des jeweiligen Patienten eingestellt werden. Bei den ersten Generationen dieser Ventile von Sophy und Codman-Hakim war zudem unmittelbar nach einer MRT-Untersuchung eine

Einleitung

Röntgenuntersuchung zur Einstellungskontrolle des Ventils erforderlich (s. Abb. 1.3.3.3), da sich dieses im Magnetfeld verstellt. Die neuen Ventile verstellen sich beim MRT nicht und man kann den Einstellungswert mithilfe eines Kompasses kontrollieren (31).

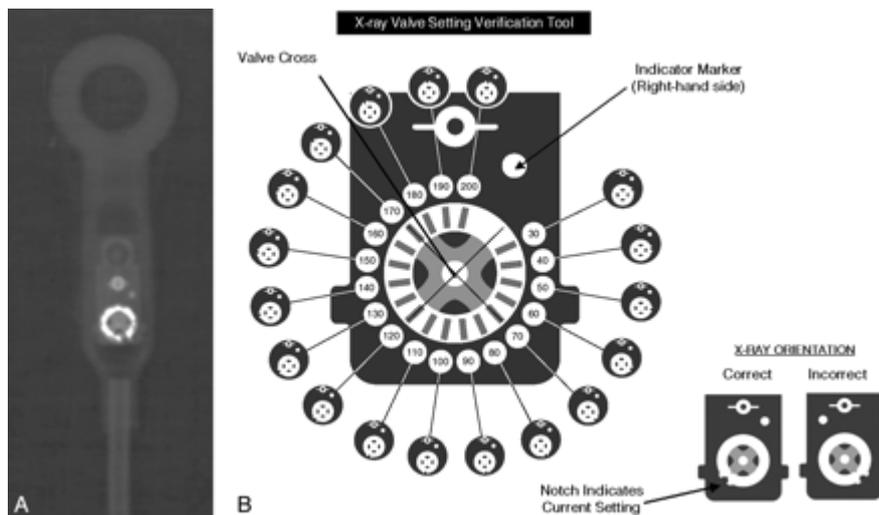


Abb. 1.3.3.3: Codman Hakim Ventil (Bild A zeigt eine Röntgenkontrolle der Ventileinstellung, Bild B zeigt eine Schablone zum Vergleichen und Ermitteln des eingestellten Wertes mit Seitenindikator (48))

1.3.3.4 Flussgesteuerte Ventile

Das theoretische Konzept dieses Ventiltyps basiert auf der Annahme, dass pro Stunde durchschnittlich 20 ml Liquor produziert werden. Bei den flussgesteuerten Ventilsystemen erfolgt die Regulierung des Liquorabflusses nicht mehr über den Differentialdruck, der an den Shuntenden anliegt, sondern pro Zeiteinheit wird, unabhängig von der Lage des Patienten, nur eine bestimmte Menge Liquor drainiert. Beim Differenzdruckventil (s. Kap. 1.3.3.3) kann dies zu einem plötzlichen Anstieg der pro Zeiteinheit drainierten Liquormenge und somit zu einer Überdrainage führen. Die „selbstregulierenden“ Ventile werden daher, unabhängig vom anliegenden Differentialdruck, auch als „flussgesteuerte“ Ventile bezeichnet, da sie praktisch immer die gleiche Menge Liquor pro Zeiteinheit durchfließen lassen. 1984 erfolgte die Einführung des ersten „selbsteinstellenden“ Ventils. Dieses flussgesteuerte Ventil, das sog. Cordis Orbis Sigma I Ventil, wurde von Sainte-Rose (1987) entwickelt (78). Die Drainage pro Zeiteinheit wird bei diesem Ventil dadurch erreicht, dass die Öffnung in

Einleitung

einer elastischen Membran durch einen Stößel (lila) mehr oder weniger eingeeengt wird. Bei einem geringen Differentialdruck (Stadium 1, s. Abb. 1.3.3.4) befindet sich die Membran (grün dargestellt) in einer Position, wo der Durchmesser des Stößels sehr schmal ist. Der Abflusswiderstand des Ventils ist somit gering. Richtet sich der Patient auf, so steigt der Differentialdruck über den Ventilenden um den Betrag des hydrostatischen Drucks. Hierdurch wird die Membran nach unten ausgelenkt. Sie steht dann in einer Höhe, wo der Stößel seinen maximalen Durchmesser hat. Das Lumen, das dem Liquor (blau dargestellt) zum Durchfluss dient, wird dadurch deutlich verringert. Dadurch steigt der Abflusswiderstand des Ventils deutlich (Stadium 2, s. Abb. 1.3.3.4). Hieraus resultiert, dass, trotz des Vorliegens/Anlegens eines höheren Differentialdrucks, die Liquormenge pro Zeiteinheit, die durch den Shunt fließen kann, praktisch unverändert ist. Bei einer weiteren Steigerung des Differenzdrucks, z. B. durch eine Hirndrucksteigerung, tritt das Stadium 3 (s. Abb. 1.3.3.4), als sogenanntes Notfall-Stadium in Kraft, in dem die Membran noch weiter nach unten ausgelenkt wird und dadurch in lebensbedrohlichen Hirndrucksituationen den Weg für die Liquorpassage wieder vollständig freigibt (21, 31).

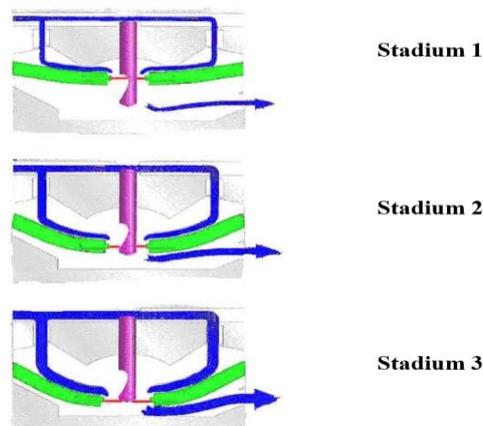


Abb. 1.3.3.4: Funktionsweise des Orbis-Sigma-Ventils (Abb. aus (31))

Eine Weiterentwicklung dieses Ventils ist das Orbis-Sigma II Ventil. Andere flussgesteuerte Ventile sind das PS-Medical Phoenix Diamond Ventil sowie das Codman SiphonGuard Ventil (31, 42, 78).

1.3.3.5 Programmierbare Gravitationsventile

Den derzeit modernsten Ventiltyp bildet eine Kombination von einstellbaren und Gravitationsventilen. Hierdurch wird einerseits die lageabhängig sich anpassende

Einleitung

Arbeitsweise des Ventils sichergestellt und ist andererseits eine Anpassung der Arbeitsweise an individuelle Patientenbedürfnisse möglich. Während verstellbare Ventile in Kombination mit einer Gravitationszusatzseinheit eine Verstellung gleichgerichtet nur für die liegende und die stehende Position gewährleisten, wird eine getrennte Anpassung der Ventilcharakteristik erstmals durch das Miethke-programmierbare Shuntassistent-Ventil (s. Abb. 1.3.3.5) möglich. Während der Öffnungsdruck im Liegen bei klinisch günstigen niedrigen Werten bleiben kann, ist dem proSA-Ventil erstmals eine Anpassung beispielsweise an wachstumsbedingte Änderungen des hydrostatischen Druckgefälles in der stehenden Körperhaltung möglich (32, 42, 78).

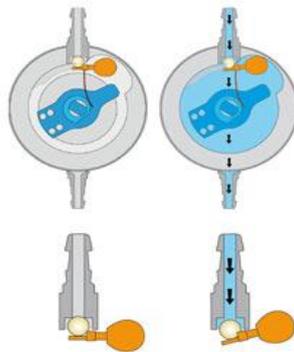


Abb. 1.3.3.5: Miethke proSa Ventil (Abb. aus (43))

Die unterschiedlichen Studien konnten bis dato keine Überlegenheit verschiedener Ventiltypen – auch nicht der verstellbaren Ventile bezüglich der Behandlungsergebnisse zeigen. Eine Ausnahme bildet lediglich die Gravitationseinheit, die zu einer signifikanten Reduktion der Überdrainage führt (40).

1.4. Shuntkomplikationen

„Die sicherste Methode, um Komplikationen im Zusammenhang mit einem Shunt zu vermeiden, ist die, keinen zu verwenden“ (72). Damit sagt Schirmer aus, dass die Implantation einer Liquorableitung sehr anfällig für Komplikationen ist. Man unterscheidet diesbezüglich zwischen intra- und postoperativen Komplikationen sowie Infektionen. In den verschiedenen Literaturquellen, u. a. Svasona werden bei 3 bis 20 % der Fälle Komplikationen erwähnt (40, 72).

1.4.1 Intraoperative Komplikationen

Die häufigste intraoperative Komplikation ist die inkorrekte Positionierung des Katheters (23, 46). In der Literatur wird bei bis zu 12 % der Fälle von einer Fehllage des Ventrikelkatheters berichtet (56). Meier et al. (42, 55, 57) berichten in einer Studie mit 128 Hydrozephalus-Patienten über falsche Lagen des Ventrikelkatheters bei 3,8 % der Fälle und des Peritonealkatheters bei 1,6 % der Fälle. Bei Sprung et al. (74) bestand bei ca. 7 % der Fälle eine falsche Lage des Ventrikelkatheters.

Zum Vermeiden dieser Komplikationen ist das Einsetzen von vielen neurochirurgischen intraoperativen Hilfsmitteln möglich, z. B. der folgenden: intraoperativer Ultraschall, CCT, Neuronavigation, Laparoskopie und sogar intraoperatives MRT (6, 26, 42). Auch die Übung mit dieser Operation spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Marmarou et al. (52, 42) berichten in ca. 3 % der Fälle von intrazerebralen Blutungen als Folge der transparenchymatösen Ventrikelpunktion.

1.4.2 Postoperative Komplikationen

1.4.2.1 Unterdrainage

Zu einer Unterdrainage des Shunts kommt es dann, wenn zu wenig Liquor über das Shuntsystem abfließt (42). Bei entsprechenden Patienten fehlt die klinische Besserung bzw. es kommt bei ihnen zu einer Verschlechterung des Beschwerdebildes (78). Ursachen hierfür können folgende sein: defektes Ventil, ungewollte Ventillumstellung im Magnetfeld, Okklusion aufgrund eines Blutclots oder Knickbildung am Katheter, Fehlplatzierung, wachstumsbedingte Dislokation, abgerissener Schlauch, zu hoch gewählte Druckstufe des Ventils (56) oder erhöhter intraabdominaler Druck (42). Pumpen des Ventilreservoirs oder eine Wiederholung des Spinal-Tap-Tests weisen meistens durch eine temporäre klinische Besserung auf eine Unterdrainage hin. Die Therapie ist entweder eine partielle bzw. komplette Revision des Shunts oder eine Verstellung des Ventils bei programmierbaren Typen (42).

1.4.2.2 Überdrainage

Seit dem Beginn der Ventiltechnologie stellt das Problem der Überdrainage die Triebfeder zur Entwicklung neuer Ventile dar. Bei Überdrainagen kommt es zu einem unphysiologischen vermehrten Liquorabfluss. Ursachen hierfür können folgende sein: eine zu niedrig gewählte Druckstufe des Ventils bzw. Ventilumstellung im Magnetfeld oder das Fehlen eines Antisogschutzes beim ausgewählten Ventil (28). Nach einer gewissen Toleranz der Überdrainage kommt es in einigen Fällen zu einer Dekompensation und der Patient wird klinisch symptomatisch. Die Beschwerden können von Cephalgien und Übelkeit beim Aufstehen oder Aufrichten bis hin zu subduralen Ergüssen oder Hämatomen reichen (4, 60). Das Schlitzventrikelsyndrom tritt eher bei Kindern als bei Erwachsenen auf. Durch die Überdrainage im Stehen wird das Gewebe der Ventrikelwand in die Löcher des Ventrikelkatheters eingezogen. Die Löcher werden somit verstopft und es wird kein Liquor mehr drainiert. Wieder in der horizontalen Lage blähen sich die Ventrikel wieder und die Löcher sind wieder frei. In einigen Fällen kommt es dabei zur dauerhaften Verklebung der Ventrikelwand an dem Schlauch und zu einer Überdrucksymptomatik trotz Schlitzventrikel, da die vernarbten Ventrikelwände dann steif sind (23, 60, 78). Zur Behandlung werden die gravitationsgesteuerten Ventile eingesetzt bzw. höher gestellt.

1.4.3 Shuntinfektion

Infektionen treten bei 3 bis 15 % der Shunt-Patienten auf (42). Schuld sind meist Hautkeime, besonders *Staphylococcus epidermidis*, die auf dem Kunststoffmaterial des Katheters eine hohe Haftfähigkeit haben (60). Die schlimmste Konsequenz einer Shuntinfektion kann das Miteinbeziehen der Hirnhäute mit Entwicklung einer Meningitis, Ventrikulitis oder Peritonitis sein. Der Shunt muss in allen Fällen explantiert werden. Ein neuer Shunt kann erst dann implantiert werden, wenn die Shuntinfektion vollständig ausgeheilt ist (42).

2. Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel einer Ventilimplantation ist, einen normalen ICP herzustellen.

Der ICP-Wert errechnet sich bei geschunteten Patienten mithilfe folgender Formel:
 $ICP_{vp} = VOP - HPD + SA + IAP$ (s. Kap. 1.3.2).

HPD, VOP und SA sind bekannt, der IAP ist hingegen nicht bekannt und stellt somit eine mathematische Variable dar.

Berechnet man den Ventilöffnungsdruck durch das Umformen der o. g. Formel – $VOP = ICP + HPD - SA - IAP$ –, so erkennt man, dass die Bestimmung des VOP und damit der Ventildruckstufenwahl im Falle eines fehlenden IAP-Werts unmöglich ist.

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, den IAP besser zu verstehen und zu bestimmen, um bei der Ventilwahl besser darauf reagieren zu können sowie bei VP-geshunteten Patienten einen physiologischen ICP zu erreichen.

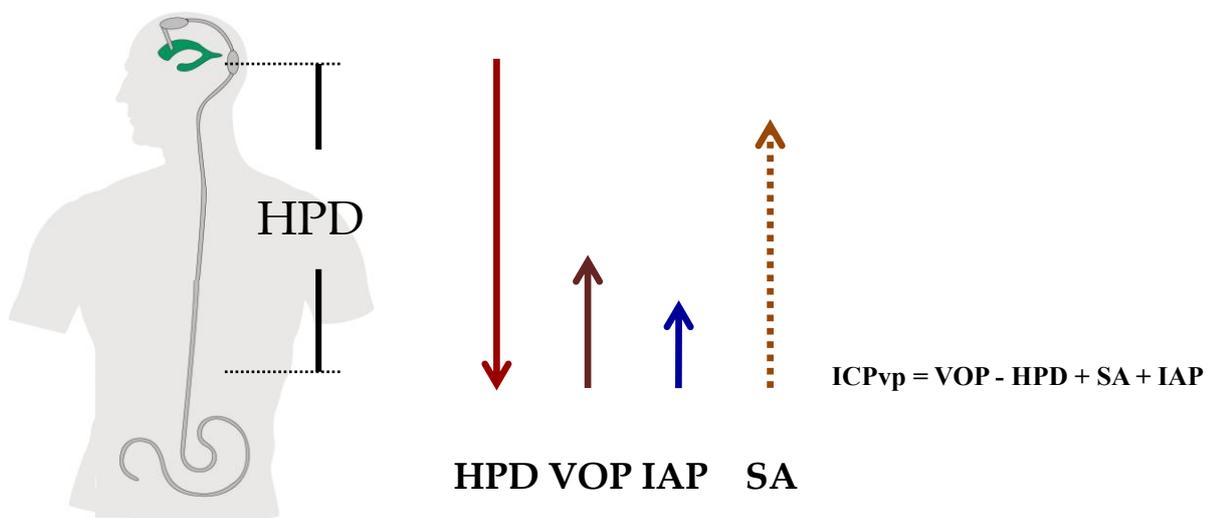


Abb. 2: Faktoren des intracraniellen Druckes:(ICP_{vp} : intracranial pressure with ventriculoperitoneal shunt, VOP: valve opening pressure, HPD: hydrostatic pressure difference, SA: shunt assistant (gravitational valve), IAP: intra-abdominal pressure)

Da der IAP von verschiedenen Körperlagen und laut Literatur vom BMI abhängen soll, werden in dieser Arbeit eben diese Parameter untersucht. Zusätzlich wird die Abhängigkeit des IAP von Geschlecht und Alter geprüft.

In der Literatur finden sich bis dato keine Angaben oder Daten über die Messung des IAP in unterschiedlichen Positionen sowie die Veränderung dieser Werte. Der IAP ist bislang nur bei meist beatmeten, bettlägerigen Patienten erforscht worden. Die exakte individuelle Kenntnis des IAP könnte bei einem geschulten Hydrozephalus eine optimierte Drainage erlauben. Eine Reduktion von Über- oder Unterdrainagen und damit auch von Ventilrevisionen wäre die Folge.

3. Patienten und Methoden

3.1. Patientenkollektiv

Untersucht wurden 20 Patienten (elf männlich, neun weiblich), die sich aus verschiedenen Gründen in der Neurochirurgie und Urologie der Asklepios Klinik Altona in Therapie befanden. Die Patienten waren weder am Bauch noch am Becken operiert worden. Sie litten auch nicht an einem Hydrozephalus. Als Einschlusskriterien nach dem Erhalt des Ethikvotums mussten die Patienten mindestens 18 Jahre alt, ausreichend mobil, aufgrund ihres Krankheitsbildes mit einem Dauerkatheter versorgt sein sowie nach ausführlicher mündlicher und schriftlicher Aufklärung (siehe Anlage) schriftlich eingewilligt haben. Ausschlusskriterien waren körperliche und kognitive Defizite, wie Immobilität und schwere Demenz bei Alzheimer oder Morbus Parkinson, und andere neurologische Erkrankungen. Patienten, die einen BMI unter 18 bzw. über 45 hatten (weil sie dann statistisch gesehen meistens eine Begleiterkrankung haben), waren ebenfalls von der Studie ausgeschlossen.

3.2. Messung des intraabdominellen Drucks

In der klinischen Anwendung werden direkte von indirekten und kontinuierliche von diskontinuierlichen Messverfahren unterschieden (38). Bei der direkten, kontinuierlichen Messung erfolgt die Ermittlung des IAP über einen Druckabnehmer, welcher durch Punktion direkt in die Bauchhöhle eingeführt wird (Verres-Nadel, Katheter). Diese Art der Messung ist als bettseitiges Verfahren aufgrund der Invasivität risikobehaftet und daher wenig verbreitet. Es dient eher zur Druckmessung unter OP-Bedingungen, beispielsweise im Rahmen einer Laparoskopie. Bei der indirekten, non-invasiven Messung wird der IAP über einen Hohlorganzugang (Harnblase, Magen, Rektum, Uterus) gemessen. Verschiedene kontinuierliche bzw. diskontinuierliche Monitoringsysteme sind kommerziell erhältlich oder im Fall der Blasendruckmessung aus einem einfachen Druckwandlersystem selbst herzustellen (34, 51). Die indirekte Messung des IAP über die Harnblase, die sogenannte intravesikale Druckmessung, gilt bezüglich der diskontinuierlichen Messverfahren als Goldstandard (14, 51). Die Technik der Blasendruckmessung beruht auf der Tatsache, dass die Blasenwand in starkem Maße dehnbar ist. Nach der Instillation einer nur geringen Flüssigkeitsmenge kann die Blase als passives Reservoir den Bauchdruck aufnehmen und übertragen

(50, 13). Der Blasendruck kann mit dem intraabdominellen Druck gleichgesetzt werden (13,19, 81).

3.3. Durchführung der IAP-Messungen

Die intravesikale Druckmessung gilt als Goldstandard zur Ermittlung des intraabdominellen Drucks (14, 34, 16, 51). Wir haben hierfür das System „Unometer Abdo-pressure“ der Firma Unomedical mit der Referenznummer 158100110190 eingesetzt.

Die Patienten waren aufgrund ihrer Erkrankung vor der Untersuchung allesamt mit einem Blasenkatheter versorgt worden. Damit ist das Blasenvolumen immer sicher zu bestimmen. Zum Messbeginn liegen die Probanden flach auf dem Rücken. Der Druckaufnehmer wird dann an den Katheter angeschlossen (s. Abb. 3.3.1/B). Danach wird die Harnblase mit 20 ml Kochsalzlösung, entsprechend der Empfehlung der Firma, bzw. 25 ml, entsprechend dem IAP Consensus 2004 (33), gefüllt (s. Abb. 3.3.1/C).

Dabei kam es bei einigen Patienten jedoch zu negativen Werten, insbesondere in Seitenlage und in gebeugter Haltung. Daher wurde die Blasenfüllung– nach Rücksprache mit den Herstellern – stattdessen mit 50 ml vorgenommen. Somit trat dieses Problem nicht mehr auf. Gemäß der Arbeit von Neumann (62), kommt es bei dem Füllungsvolumen von 50 ml zu keiner substanziellen Veränderung des gemessenen IAP, sodass wir dieses akzeptierten.

Im Anschluss erfolgten die Messungen bei allen Patienten mithilfe des nachfolgend geschilderten identischen Verfahrens:

- Der Patient liegt auf dem Rücken. Die 50 ml sterile Kochsalzlösung wird in der Blase, über die hierfür vorgesehene Stelle proximal des Messkatheters, instilliert (s. Abb. 3.3.1.C).

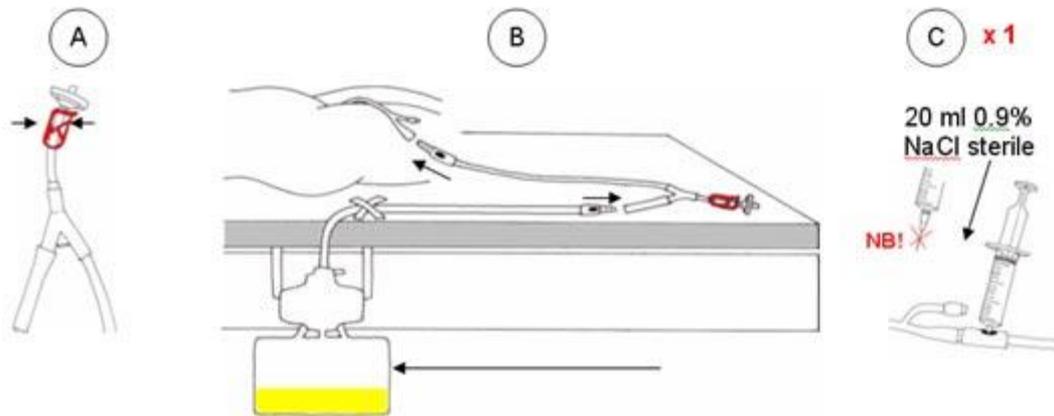


Abb. 3.3.1: Vorbereitung der Messung (Holtech Medical)

- Der Nullpunkt wird in Höhe der Symphyse in der Horizontalen und der mittleren Axillarlinie in der Vertikalen gewählt (s. Abb. 3.3.2, schwarz markiert).



Abb. 3.3.2: Rückenlage (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

- Dann wird der Messkatheter in die Vertikale gehalten und die distale Klemme des Katheters geöffnet. Dabei entsteht eine Flüssigkeitssäule, die dem IAP entspricht. Der intraabdominelle Druck wird während der Exstirpation in mmHg abgelesen (s. Abb. 3.3.3/2). Vor dem Wechsel zu einer neuen Messung muss die distale Klemme, um Urinfluss außerhalb des Katheters bzw. auf der Untersuchungsfläche zu verhindern, verschlossen werden (s. Abb. 3.3.3/3).

Patienten und Methoden

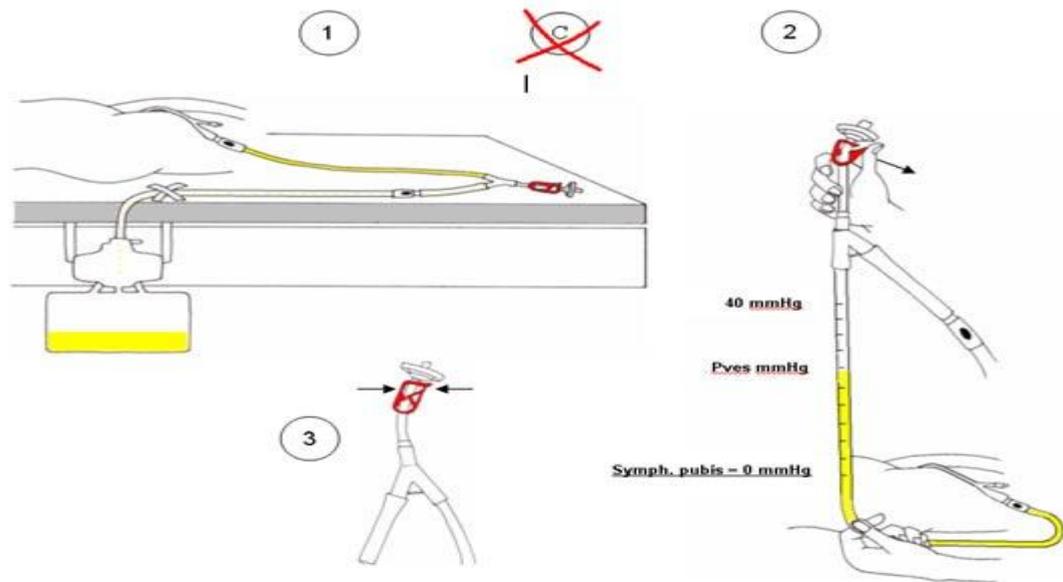


Abb. 3.3.3: Wirkungsweise (Holtech Medical)

- Nun dreht sich der Patient auf die Seite. Hier wird der Nullpunkt in Höhe der Symphyse gewählt (s. Abb. 3.3.4).



Abb. 3.3.4: Seitenlage (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

- Jetzt folgt die Bauchlage. Hier entspricht der Nullpunkt dem bei der Rückenlage (s. Abb. 3.3.5).



Abb. 3.3.5: Bauchlage (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

Patienten und Methoden

- Nun beginnen die Messungen in aufrechter Position. Nach der liegenden Position erfolgt die erste Messung im Sitzen. Hier wird der Nullpunkt in Höhe der Symphyse in der Horizontalen und der mittleren Axillarlinie in der Vertikalen gewählt, wie in der Abb. 3.3.6 zu sehen ist.



Abb. 3.3.6: Sitzende Position (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

- Der Patient steht nun auf und beugt sich nach vorn. Aufgrund der Unterschiede im Hinblick auf das Alter und die Beweglichkeit müssen sich die Patienten bis ca. 120 ° bücken – mit Unterstützung der Hände auf den Oberschenkeln. Hier wurde der Nullpunkt ebenfalls wie bei der sitzenden Position gewählt (s. Abb. 3.3.7).

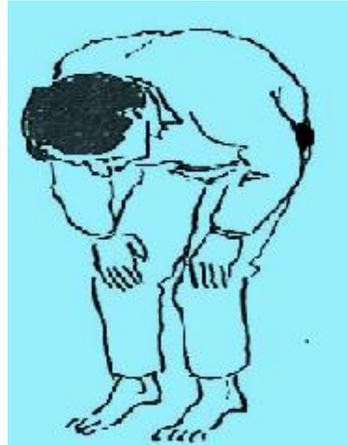


Abb. 3.3.7: Nach vorn gebeugte Position (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

- Die letzte Messung erfolgt in aufrechter Position. Der Nullpunkt wird auch hier in Höhe der Symphyse in der Horizontalen und der mittleren Axillarlinie in der Vertikalen gewählt (s. Abb. 3.3.8).



Abb. 3.3.8: Stehende Position (Der Nullpunkt ist schwarz markiert.)

- Nach 30 Minuten wird die Untersuchung bei allen Patienten unter den gleichen Bedingungen wiederholt.

3.4. Statistische Methodik

MEANS-Prozedur: Die Proc-Means ist eine im Modul Base SAS (statistical analysis system) enthaltene Prozedur. Damit können alle mit dem Mittelwert in Verbindung stehenden Kennwerte berechnet werden (29). SAS ist eine herstellergebundene Softwareumgebung zur Auswertung von Daten, hauptsächlich geschäftlichen Daten (Business-Intelligence), aber auch für Forschung und öffentliche Statistik. SAS ist heute eine der vollständigsten und bewährtesten Sammlungen von Statistikroutinen (27). Sie gibt als ersten Wert die Größe der Stichprobe (**N**) aus, oder, genauer, die Zahl der nicht fehlenden Werte. Diese Zahl gibt darüber Auskunft, wie viele Werte tatsächlich in die Berechnung der weiteren Kennwerte eingehen. Als nächster Wert folgt in der Ausgabeliste der (arithmetische) Mittelwert (Mean). Standardmäßig liefert die Prozedur MEANS auch den kleinsten Wert (**Minimum**) und den größten Wert (**Maximum**) der Stichprobe.

3.5. Ethikvotum

Die Studiendurchführung wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg mit dem Aktenzeichen **PV3705** und dem CRO-Code **#2181** genehmigt (siehe das vollständige Votum im Kap.13. Seite 64).

4. Ergebnisse

4.1. Demografische Daten

In diese Studie wurden 20 Patienten eingeschleust: elf Männer und neun Frauen im Alter von 30 bis 70 Jahren mit einem Gewicht zwischen 52 und 104 kg bzw. einem BMI zwischen 19,8 und 35,6 kg/m² (siehe Anhang Patienten- „Rohdaten“). Wir führten 240 Messungen durch, d. h. bei jedem Patienten sechs Messungen in den verschiedenen Positionen, und nach einer halben Stunde wiederholten wir die Messungen. 14 Patienten waren neurochirurgisch und hatten sich am Vortag einer einfachen Hirntumoroperation unterzogen. Aufgrund der Dauer dieses Eingriffs werden in der AK Altona standardmäßig alle diese Patienten mit einem Dauerkatheter versorgt. Sechs Patienten kamen aus der urologischen Abteilung mit prädiagnostischer Dauerkatheter-Versorgung.

4.2. Der intraabdominelle Druck

Der intraabdominelle Druck (IAP) ist ein atemabhängiger intrinsischer Druck innerhalb der abdominalen Höhle. Er wird am Ende der Expiration in Flachlagerung in mmHg gemessen. Bei einem gesunden Erwachsenen unter physiologischen Bedingungen und im Liegen liegt der Normalwert bei 0 bis 5 mmHg (38). Bei kritisch kranken Erwachsenen liegt er bei 5 bis 7 mmHg (38, 39,51). Ein erhöhter IAP beeinträchtigt die Funktionalität der Bauchorgane und hat dadurch negativen Einfluss auf das kardiale sowie respiratorische System und den intrazerebralen Druck. Im Falle einer anhaltenden Druckerhöhung im Abdomen auf über 20 mmHg kommt es zu einer erheblichen funktionellen und strukturellen Beeinträchtigung aller Organsysteme. Dabei kommt es zugleich zu einer Abnahme des venösen Blutflusses und der arteriellen Perfusion. Zusätzlich hat ein erhöhter IAP negative Auswirkungen auf alle extraabdominell gelegenen Organe (33, 39). Verschiedene Messmethoden und Messorte sind erprobt worden.

Bis dato sind jedoch keine Druckwerte in Bewegung oder in aufrechter Position bekannt. Sie sind zugleich jedoch wichtig, da die shuntversorgten Patienten im Alltag nicht nur flachliegen, sondern sich ebenfalls häufig in aufrechter Position befinden.

4.2.1 IAP in Abhängigkeit von der Körperposition

Der Median-Wert des IAP betrug 10 bis 15 mmHg in horizontaler Lage (Rücken-, Bauch- und Seitenlage) sowie 20 bis 25 mmHg in vertikaler Körperposition (im Sitzen, Bücken und Stehen). In der Bauchlage war der Mean-Wert des IAP um ca. 40 % (um 3,45 bis 4,82 mmHg) höher als in der Rückenlage (s. Tab. 4.2.1). Diese Werte unterlagen jedoch erheblichen individuellen Schwankungen (s. Abb. 4.2.3, 4.2.3.1, 4.2.3.2 und 4.2.4).

Analysis\ Variable	Geschlecht	N Obs	Minimum	Lower Quartile	Median	Upper Quartile	Maximum	Mean
Rückenlage	M	11	9	12	14	14	15	13
	W	9	5	6	7	9	11	7,44
Seitenlage	M	11	7	10	15	17	19	14
	W	9	4	7	8	9	10	7,67
Bauchlage	M	11	12	14	17	21	24	17,82
	W	9	8	9	9	13	17	10,89
Im Sitzen	M	11	17	18	23	28	32	23,27
	W	9	11	14	16	21	28	17,22
Im Stehen	M	11	21	24	32	34	35	29
	W	9	15	17	20	26	30	21,11
In gebeugter Haltung	M	11	19	21	28	31	38	26,91
	W	9	13	14	16	21	28	17,89

Tab. 4.2.1: Gemessene und errechnete IAP-Werte (N: Zahl der Patienten, Minimum: kleinster Wert, Lower Quartile: alle Werte unter oder gleich dem Medianwert, Median: Mittelwert des IAP, Upper Quartile: alle Werte gleich dem oder größer als der Medianwert, Maximum: höchster Wert, Mean: arithmetisches Mittel)

4.2.2 IAP in Abhängigkeit vom Geschlecht

Die Mittelwerte des IAP sind bei den Frauen im Durchschnitt um ca. 8,9 mmHg und der Mean-Wert ist um ca. 7 mmHg niedriger als bei den Männern, dieses zeigt sich insbesondere in der Darstellung in Abb. 4.2.2. Ein anderer wichtiger Aspekt, den diese

Ergebnisse

Kurve zeigt, ist die synchronisierte deutliche Zunahme des IAP bei beiden Geschlechtern bei einem Wechsel vom Liegen zum Stehen, trotz erheblicher individueller Schwankungen.

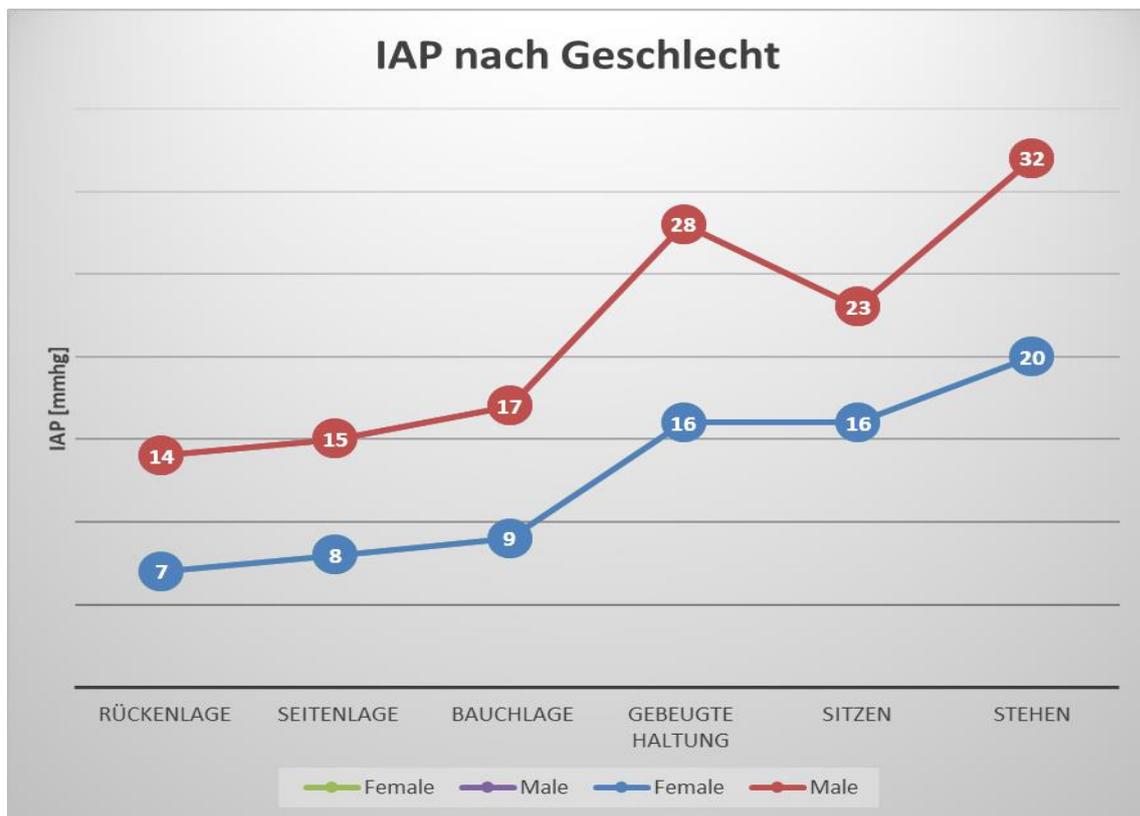


Abb. 4.2.2: Die Mittelwerte des IAP bei den Frauen sind in allen Positionen kleiner als bei den Männern.

4.2.3 IAP in Abhängigkeit vom BMI

Eine Korrelation zwischen IAP und BMI ist nicht eindeutig. Insgesamt ist kein direkter Einfluss des BMI auf die IAP-Werte in den verschiedenen Positionen (s. Abb. 4.2.3) zu erkennen.

Ergebnisse

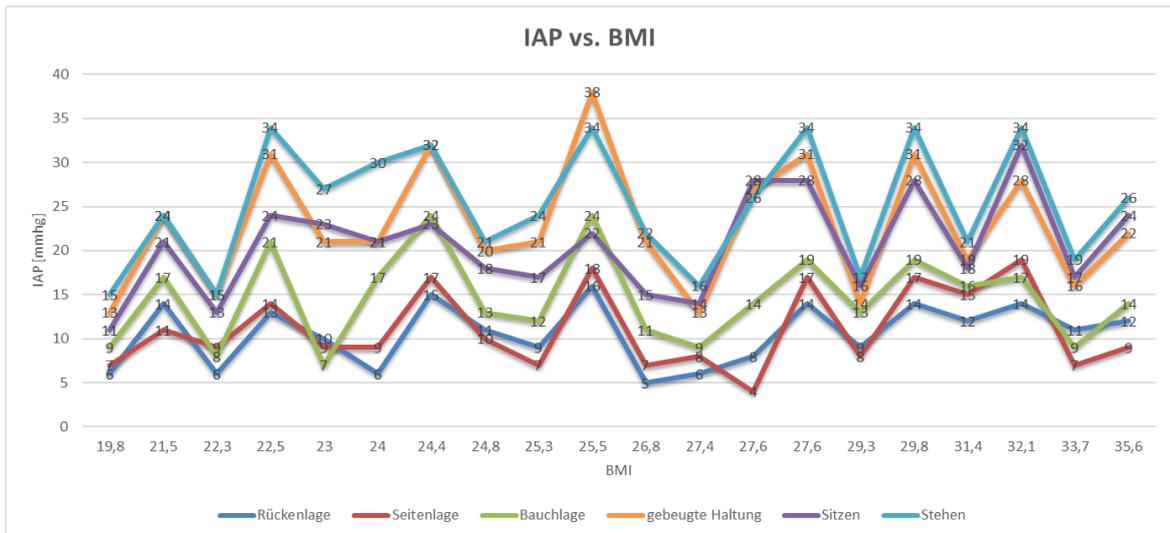


Abb. 4.2.3.: Eine Korrelation zwischen IAP und BMI ist nicht zu erkennen.

Vergleicht man jedoch die errechneten IAP-Mittelwerte aller Positionen eines Probanden mit dem BMI, so ergibt sich eine schwache Korrelation, wie in der Abb. 4.2.3.1 zu sehen ist.

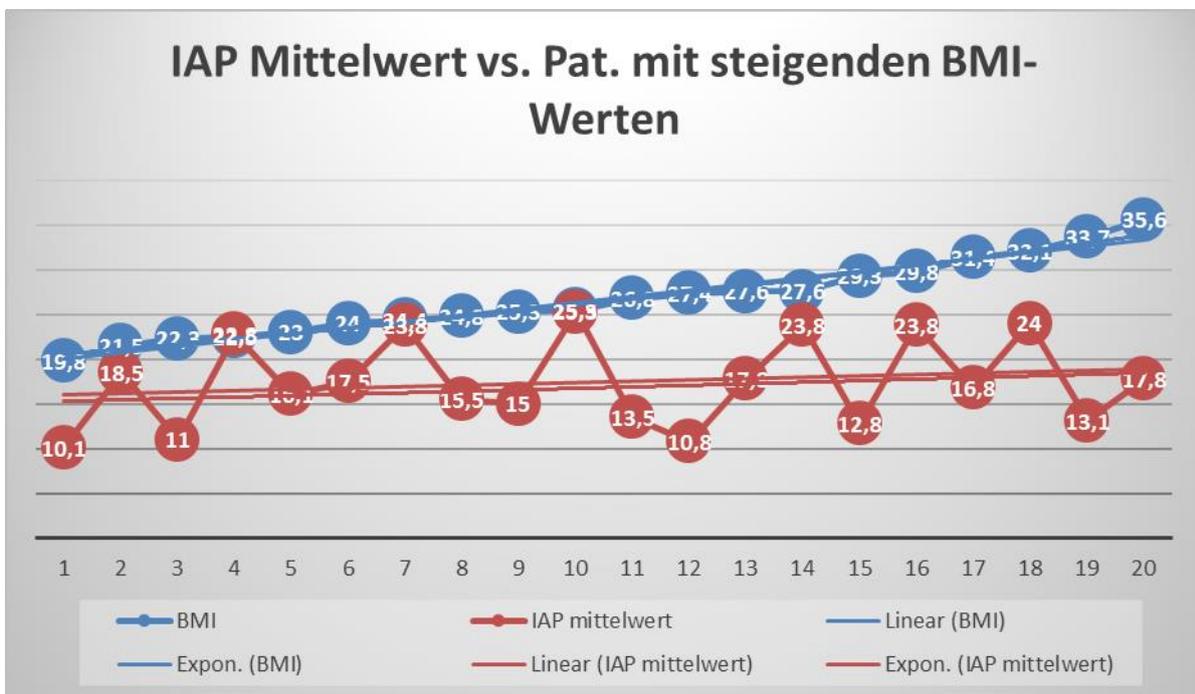


Abb. 4.2.3.1: Es besteht eine schwache Korrelation zwischen der Trendlinie des BMI und sowohl der exponentiellen als auch linearen Trendlinie der IAP-Mittelwerte.

Diese Korrelation unterliegt jedoch einer erheblichen individuellen Schwankung. Ein Beispiel hierfür lässt sich bei den männlichen Probanden 11 und 13 mit nahezu

Ergebnisse

gleichem BMI-Wert von 25,5 und 25,3 sowie zwei unterschiedlichen IAP-Mittelwerten von 25,3 und 15 mmHg zeigen (s. Tab. 4.2.2).

Proband/ Geschlecht	BMI	IAP-Mittelwert
1 W	27,4	10,8
2 M	32,1	24
3 M	31,4	16,8
4 M	29,8	23,8
5 M	24,8	15,5
6 W	22,3	11
7 M	24,4	23,8
8 M	27,6	23,8
9 W	23	16,1
10 W	24	17,5
11 M	25,5	25,3
12 W	27,6	17,8
13 M	25,3	15
14 M	21,5	18,5
15 W	33,7	13,1
16 M	35,6	17,8
17 W	26,8	13,5
18 W	19,8	10,1
19 W	29,3	12,8
20 M	22,5	22,8

Tabelle 4.2.2: Darstellung der aus den IAP aller Positionen eines Probanden mit dem entsprechenden BMI errechneten IAP-Mittelwerte

Untersucht man die Ergebnisse der IAP-Veränderung bei den Frauen und Männern getrennt in Abhängigkeit vom BMI, so erhält man keine Hinweise auf eine direkte oder exponentielle Abhängigkeit des IAP von dem BMI-Wert. Bei zunehmendem BMI-Wert variieren die IAP-Werte völlig unabhängig davon, so sieht man bei den Frauen (s. Abb. 4.2.3.2) bei einem BMI von 24 den höchsten IAP-Wert von 30 und bei dem höchsten BMI von 33,7 einen IAP-Wert von 19 im Stehen. Bei den Männern (s. Abb. 4.2.3.3) besteht bei einem BMI von 25,5 der höchste IAP-Wert von 38 und bei einem BMI von 35,6 ein IAP-Wert von ca. 22 mmHg in gebeugter Haltung.

Ergebnisse

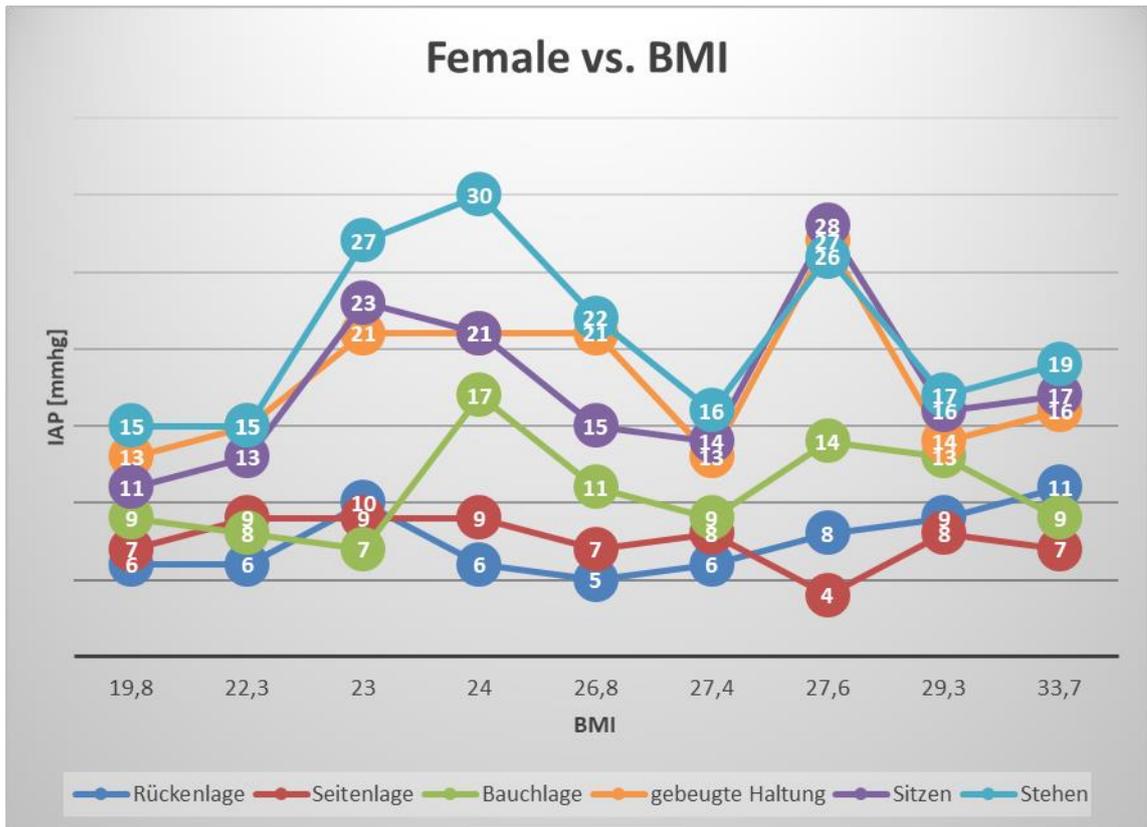


Abb. 4.2.3.2: Keine Korrelation zwischen dem BMI und den IAP-Mittelwerten bei den einzelnen Positionen der Frauen.

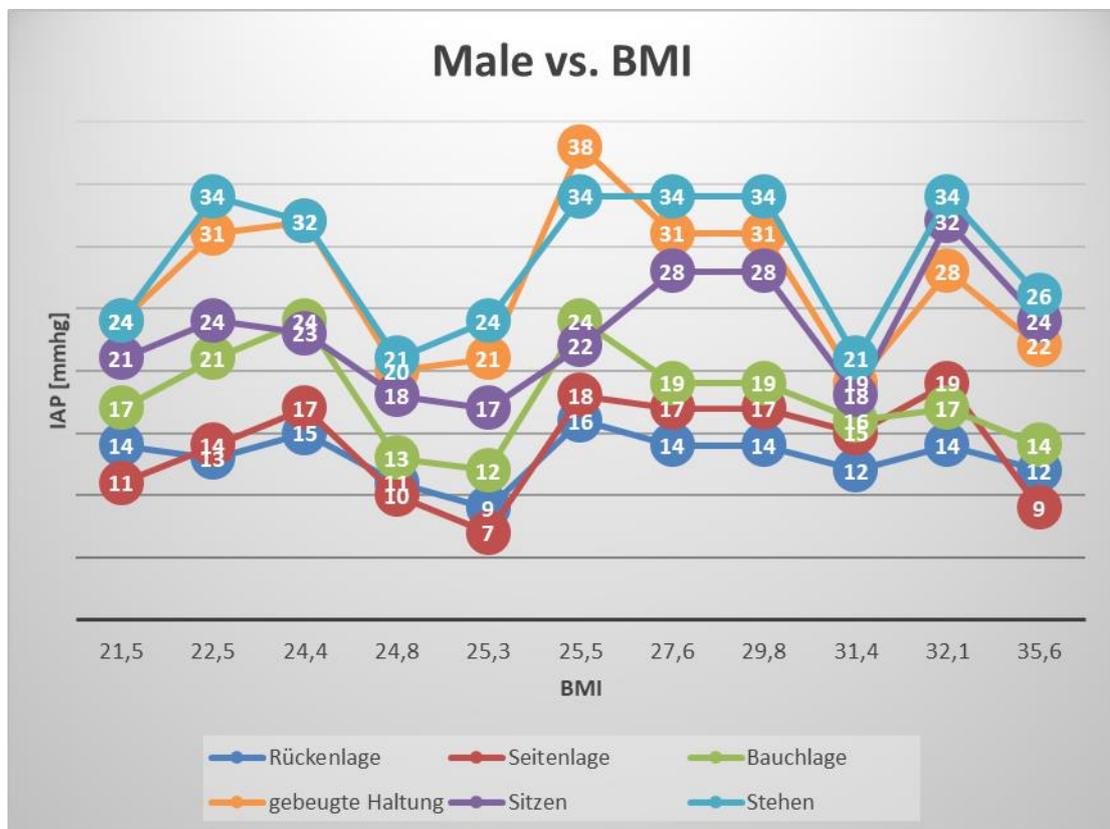


Abb. 4.2.3.3: Keine Korrelation zwischen dem BMI und den IAP-Mittelwerten der unterschiedlichen männlichen Patienten.

4.2.4 Verteilung nach dem Alter

Die medianen IAP-Werte aller Positionen in Abhängigkeit vom Alter zeigten keine erkennbare Korrelation (s. Abb. 4.2.4). Hier sind zugleich erhebliche individuelle Schwankungen zu erwähnen. Zwei Patienten im gleichen Alter von 61 Jahren zeigen beim IAP-Mittelwert einen Unterschied von ca. 4 mmHg.

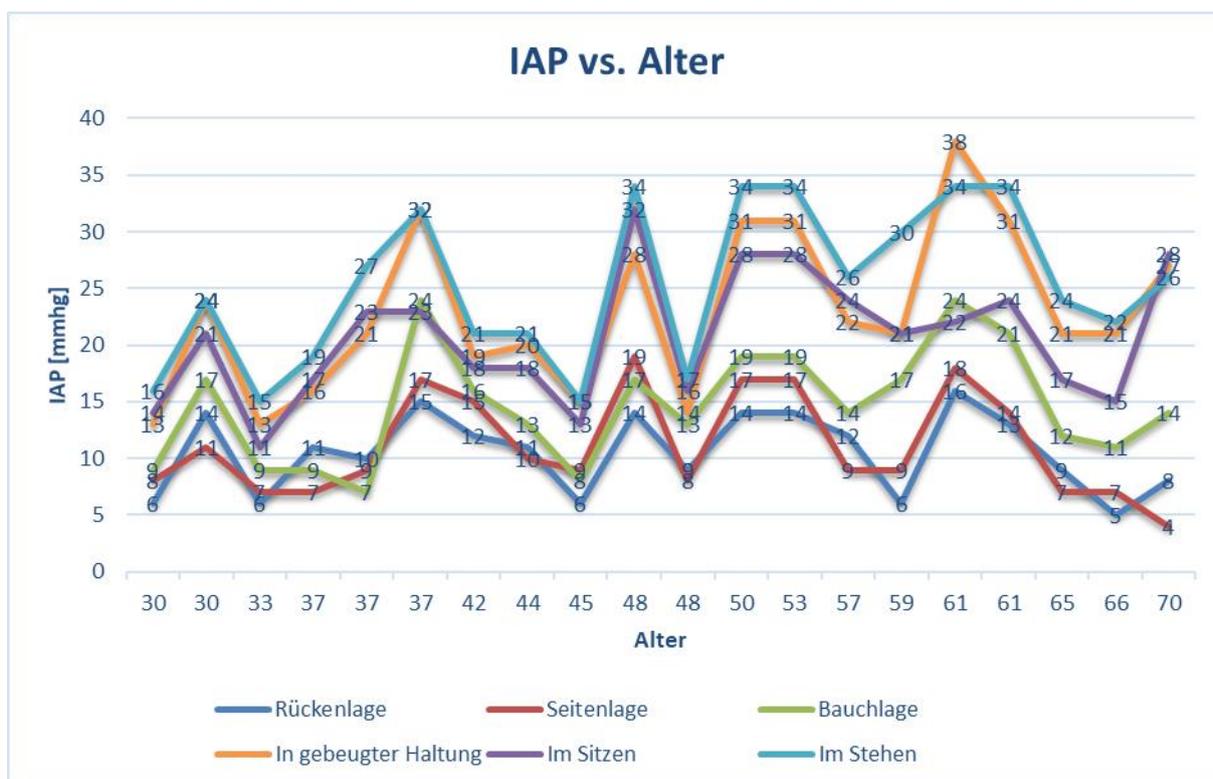


Abb. 4.2.4.1: Waagrecht sind die unterschiedlichen IAP-Werte in verschiedener Lage und senkrecht ist das Alter der Patienten zu erkennen.

Beobachtet man die IAP-Werte in aufrechter Position getrennt von den Werten in liegender Position, so zeigt sich mit zunehmendem Alter eine leichte Zunahme des Drucks in aufrechter Position (s. Abb. 4.2.4.2) im Gegensatz zum Druck in liegender Position (s. Abb. 4.2.4.3).

Ergebnisse

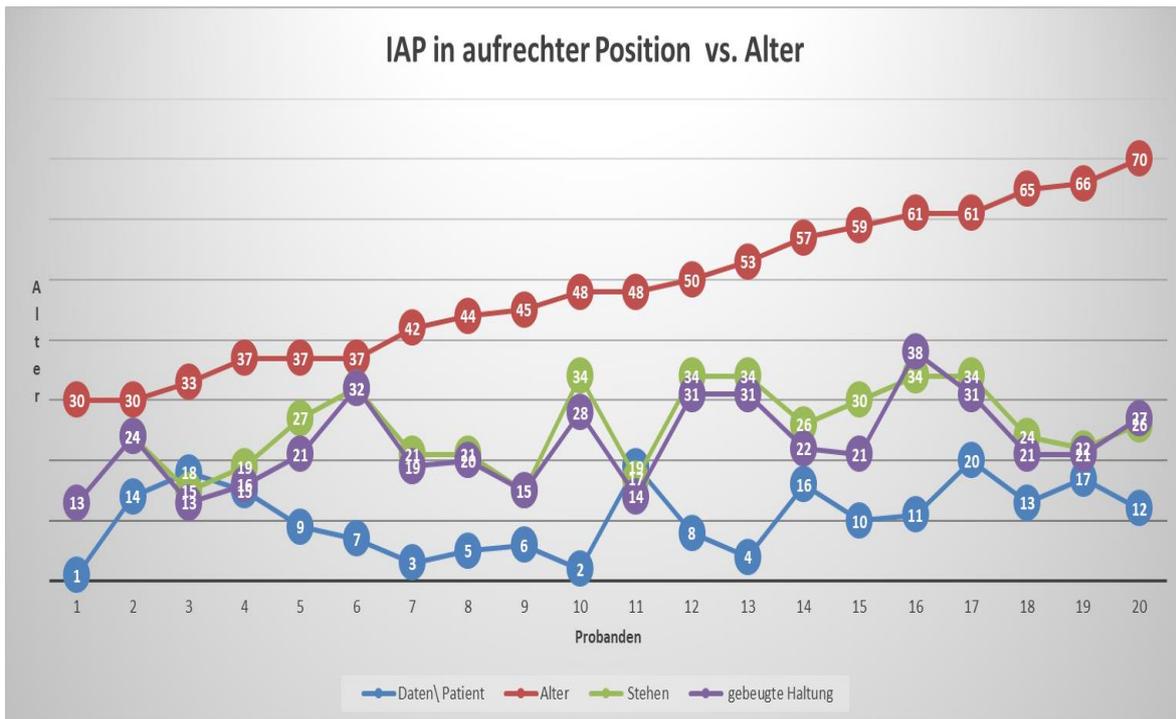


Abb. 4.2.4.2: leichte Steigerung des IAP-Drucks bei zunehmendem Alter

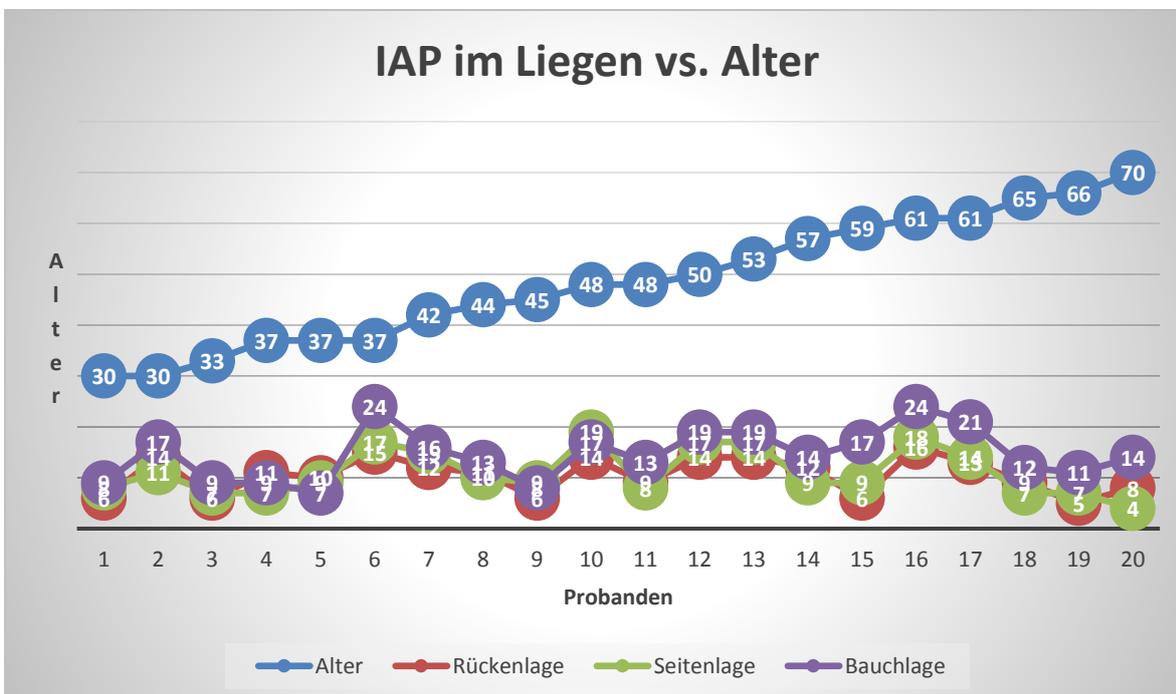


Abb. 4.2.4.3: Keine Zunahme des IAP-Drucks mit dem Alter

5. Diskussion

5.1. IAP-Druckmessmethode

Wie bei der Methode und dem Ablauf (s. Kap. 3.3) haben wir die intravesikale Messung gewählt, weil sie zur Ermittlung des intraabdominellen Drucks als Goldstandard gilt. Sie ist die am wenigsten invasive, am geringsten belastende und zugleich die komplikationsärmste Methode (14, 16,34, 51).

Andere Möglichkeiten wären die direkte Messung mittels einer Verres-Nadel oder eines Tip Transducer (51). Diese Art der Messung ist jedoch invasiv sowie risikobehaftet und darf nur unter OP-Bedingungen durchgeführt werden (14, 51). Weniger invasiv wäre die intravasale Messung. Über die Vena femoralis wird dabei ein Katheter eingeführt und in der Vena cava inferior platziert. Die Gefahr von Thrombosen, Blutungen oder Infektionen ist dabei jedoch sehr groß (1).

Die indirekten Messungen des IAP können intravesikal, -gastral, -rektal, -uterinal oder -peritoneal erfolgen (38, 51). Man nutzt die retro- oder intraperitoneal gelegenen Organe hierbei als Druckaufnehmer. Am häufigsten sind die intravesikale und die intragastrale Messmethode (1, 14, 34, 38, 51).

Bei den intragastralen Messungen wird der Druck über einen Ballonkatheter, eine Spiegelberg-IAP-Sonde oder eine perkutane endoskopische Gastrostomie-Sonde ermittelt. Der intraabdominelle Druck wird über die dünne Wand der Luftkammer an die Luft im Ballon weitergegeben und vom Druckaufnehmer durch elektrische Signale umgesetzt. Diese Katheter werden wie eine Magensonde platziert. Durch diese Systeme kann ein kontinuierlicher intraabdomineller Druck gemessen werden und Fehlerquellen bei der intravesikalen Messung, wie eine falsche Nullpunktbestimmung, sind ausgeschlossen. Harnwegsinfektionen werden reduziert (35,38,39, 51).

Unser Ziel war, unsere Probanden nicht durch einen zusätzlichen Eingriff zu belasten. Unsere Patienten waren aufgrund anderer Erkrankungen allesamt mit einem Dauerkatheter versorgt und dadurch mussten wir ihnen keinen zusätzlichen Eingriff zumuten. Die Komplikationen anderer Messmethoden (z. B. Nasenblutungen,

Speiseröhrenverletzungen, intrapulmonale Lage, Magenperforation und Herzrhythmusstörung) sollten und mussten den Patienten erspart bleiben (2, 66).

5.2. Validität der gemessenen IAP-Werte

In der zahlreich vorhandenen Literatur (1, 14, 33, 34, 38, 39, 51) liegt der Normwert des IAP bei gesunden Menschen in Rückenlage zwischen 0 und 5 mmHg. In dieser Arbeit betrug der Mittelwert aller Patienten in der Rückenlage die sonst „bauchgesund“ sind, ca. 12 mmHg. Dieser höhere Wert könnte darauf beruhen, dass wir vorliegend, im Gegensatz zu der Empfehlung im IAP Consensus 2004 zur Standardisierung der intravesikalen Messungen zur Ermittlung des IAP und der Injektion von 25 ml Kochsalzlösung (14, 33, 39), dazu gezwungen waren, eine höhere Menge von 50 ml Kochsalzlösung zu injizieren (s. Kap.3.3).

Wie in Kap. 3.3. erwähnt, kam es bei der Untersuchung mit 20 ml Kochsalzlösung zu keiner messbaren Veränderung des IAP zwischen den Positionen. Aufgrund des Fehlens von Messkathetern, die für Messungen in verschiedenen Körperlagen konzipiert sind, und aufgrund des gleichmäßigen Anstiegs des Blasendrucks bei der Erhöhung des Blasenfüllvolumens bei allen Probanden, wie von Neumann beschrieben (62) (s. Abb. 5.2), haben wir uns zugunsten besserer Messungen für 50 ml entschieden.

Möglicherweise sind die gemessenen Absolutwerte des IAP durch das höhere Blasenfüllvolumen mit einem gewissen Fehler behaftet (eher zu hoch). Eine Beeinträchtigung der Messung bezüglich der unterschiedlichen Variablen (Geschlecht, BMI, Lage etc.) liegt jedoch nicht vor, da alle Messungen mit dem gleichen Blasenfüllvolumen vorgenommen wurden, lediglich die Interpretation des Absolutwertes (nicht jedoch der Tendenz) sollte mit Vorsicht vollzogen werden.

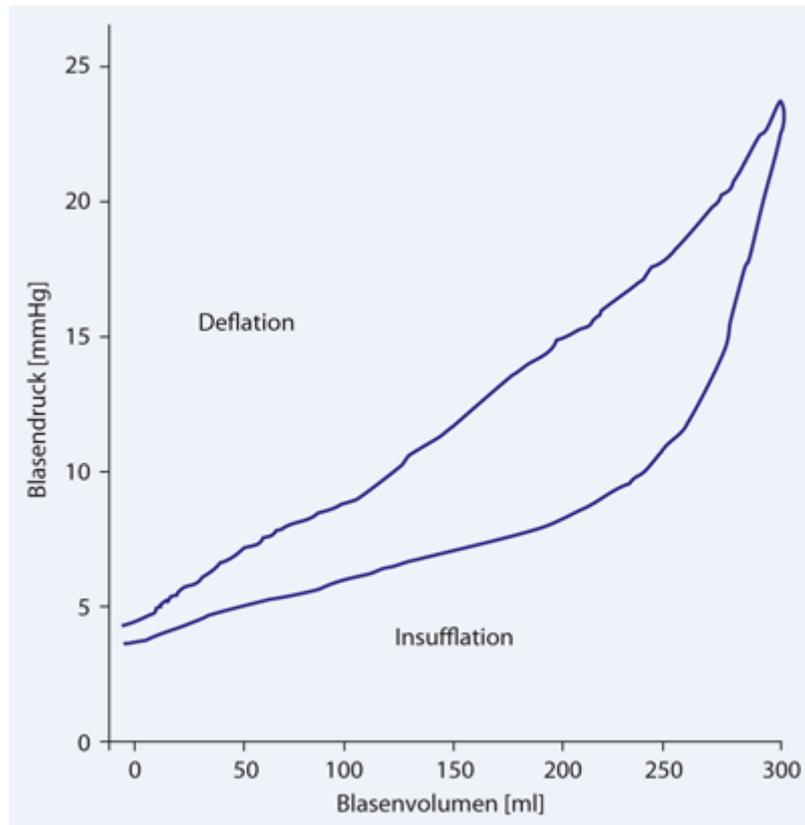


Abb. 5.2: Einfluss des Füllungsvolumens auf den intravesikalen Druck (Neumann (19)) (Der Blasendruckunterschied bei einem Blasenvolumen von 50 ml zu dem Blasenvolumen von 20 ml ist marginal.)

5.3. Lageabhängigkeit des IAP

Der vorliegend ermittelte mittlere IAP betrug 10 bis 15 mmHg in horizontaler Lage (Bauch-, Rücken- und Seitenlage) und 20 bis 25 mmHg in vertikaler Körperposition (im Sitzen, im Stehen und in gebeugter Haltung). Diese Unterschiede wurden in der folgenden Literatur häufig beobachtet. Cheatham et al haben in einer multizentrischen Studie mit 132 beatmeten Patienten nachgewiesen, dass zwei verschiedene Körperpositionen – Flachlagerung und Erhöhung des Oberkörpers um 30 ° – eine Erhöhung des IAP um 3,7 mmHg bewirken (8).

In einer anderen Studie untersuchten Mc Beth et al bei 37 beatmeten Patienten die IAP-Veränderung in drei verschiedenen Körperpositionen. Hierbei zeigte sich eine Erhöhung des IAP um 5 mmHg bei einer Oberkörperhochlagerung um 30 ° und um 7,4 mmHg bei 45 ° (53).

Diskussion

In dem von uns untersuchten Kollektiv haben wir ebenfalls nachweisen können, dass die Schwankung des intraabdominellen Drucks eindeutig lageabhängig ist. Die mit einem Shunt versorgten Hydrozephaluspatienten erfahren im Alltag darüber hinaus weitere Lageveränderungen als nur die Oberkörperhoch- oder -flachlagerung. Das bedeutet für diese Patienten unter Berücksichtigung der Gleichung zur Berechnung des ICP und VOP (s. Kap. 1.3.2), dass eine suboptimale Drainage unvermeidbar ist. Diese „schlechte Drainage“ wirkt einer Überdrainage im Stehen partiell entgegen. Der IAP ist nicht konstant, wie bis jetzt angenommen wurde, er ist mit der Position variabel, d. h., in sitzender oder stehender Position ist der IAP um bis zu 50 % höher als im Liegen, und somit ist die Gefahr einer Überdrainage möglicherweise geringer, als nach der ICP-Gleichung bei geshunteten Patienten zu erwarten wäre.

Als Erklärung für den im Stehen erhöhten IAP wurde postuliert, dass die aufrechte Haltung zu einer Erhöhung des über die Bauchorgane und den Habitus auf die Blase ausgeübten hydrostatischen Gewichts führt, ähnlich wie in einer Wassersäule (9). Dies betont die Auswahl des Referenzierungsnullpunkts, d. h., ob man z. B. auf Höhe der Symphyse oder des Sternums den Nullpunkt für den IAP definiert.

In dem IAP Consensus 2004 (14, 33) befindet sich der Referenz-Nullpunkt an dem treffenden Punkt zwischen Symphyse und axillarer Mittellinie; ob dieser Nullpunkt zur Berechnung der Shunt Drainage relevant ist, bleibt umstritten.

In einer Studie von Cresswell et al. wurde der IAP bei 20 beatmeten Patienten nach einer Lebertransplantation auf Höhe der Symphyse und des Sternums gemessen (9). Dabei zeigten sich eine signifikante Erhöhung um ca. 4 mmHg des messbaren IAP-Werts zwischen dem oberen und unteren Referenzpunkt und nahezu verdoppelte Werte des IAP bei einer 45°-Lagerung auch an beiden Referenzpunkten (9, 49).

In einer anderen multizentrischen Studie bei Kindern zeigte sich bei 290 Messungen des IAP in zwei Positionen (Flachlagerung und 30°-Hochlagerung des Oberkörpers) eine Erhöhung des IAP um ca. 2 mmHg bei der 30°-Lagerung (16).

Mit programmierbaren Gravitationsventilen (s. Kap.1.3.3.5) kann auf die Druckveränderung im Stehen reagiert werden, hier besteht ein theoretischer Vorteil dieser Ventile.

5.4. BMI und IAP

Unsere Arbeit hat entgegen der Behauptung vieler Ventilfirmen und anderer Arbeiten (12, 18) keinen eindeutigen Einfluss des BMI auf den IAP gezeigt.

Ähnliche Ergebnisse erzielte Ejicke in einer multizentrischen Studie (16), die bei Kindern durchgeführt worden ist: In dieser Studie wurden 77 beatmete Patienten unter 18 Jahren untersucht. Es erfolgten 290 Messungen des IAP in verschiedenen Positionen bei einer Oberkörperhochlagerung zwischen 0 ° und 30 °. Dabei konnte ebenfalls keine Korrelation zwischen BMI und IAP nachgewiesen werden.

In einer Arbeit von Fuchs et al. dagegen wurde der IAP bei 70 schwangeren Frauen vor und nach einer Kaiserschnitt-Entbindung gemessen (18). Der präoperative IAP bei den übergewichtigen Frauen war durchschnittlich 3 mmHg höher als bei den Normalgewichtigen. Dabei zeigte sich auch eine Abnahme des IAP um ca. 3 mmHg nach dem Kaiserschnitt.

Unsere Messungen haben gezeigt, dass zwischen dem BMI und dem IAP keine signifikante bzw. keine eindeutige Korrelation besteht. Dies widerspricht dem Mythos „BMI proportional zum IAP“. Viele Ventilhersteller empfehlen bei einem hohen BMI einen niedrigen Öffnungsdruck. Dieser Empfehlung fehlt nach unseren Ergebnissen jedoch die Grundlage. Die Erkenntnis, dass der BMI den IAP nicht proportional beeinflusst, ist für die Ventilwahl bei Hydrozephaluspatienten wichtig: Wir empfehlen keine generell niedrigen Druckstufen der Ventile bei einem hohen BMI. Die Unkenntnis bezüglich der individuellen Schwankungen des IAP erschwert zwar die Ventildruckstufenwahl erheblich, dies kann mit einem programmierbaren Ventil jedoch zumindest teilweise ausgeglichen werden.

5.5. Geschlecht und IAP

Ein überraschendes Ergebnis ist der deutlich niedrigere IAP in allen Positionen bei den Frauen mit einer Mean Diff. von ca. 7 mmHg im Vergleich zu den Männern. Das ist auch konsistent mit der Beobachtung aus der Svasona-Studie: In dieser multizentrischen Studie (40, 46) wurden 145 Patienten eingeschleust und die

Gravitationsventile mit Nicht-Gravitationsventilen verglichen. Dabei ergab sich, dass die Frauen mehr Überdrainagen hatten als die Männer (hazard ratio: 1.02, 95 % confidence interval: 1.01-1.04 und 1.84, 95 % confidence interval: 0.81-4.16). Dies kann gut durch einen niedrigen IAP bei Frauen erklärt werden. Wenn man dieses Ergebnis würdigen möchte, sollte man bei Frauen im Voraus einen höheren VÖD wählen als bei Männern. Möglicherweise wäre eine Erhöhung der Gravitationseinheit um 5 cm Wassersäule der Ventile bei Frauen eine Lösung, um die Häufigkeit von Überdrainagen zu verringern. Dieses sollte im Rahmen einer Studie prospektiv belegt werden.

5.6. Individuelle Unterschiede

Die Werte des IAP zeigen sehr große individuelle Unterschiede. Im Gegensatz zur Literatur (31, 35, 48) sind diese Werte nicht konstant. Betrachtet man die Gleichung $ICP_{vp} = VOP - HPD + SA + IAP$ zur Berechnung des ICP und des VOP bei shuntversorgten Patienten (s. Kap. 1.3.2), so ist eine Auflösung, welcher VOP zum Erreichen eines physiologischen ICP notwendig ist, nicht möglich. Möglicherweise spielen diese individuellen Unterschiede eine sehr große Rolle hinsichtlich der bisher im Einzelfall schwer verständlichen Über- und Unterdrainagen. Für die optimale Ventilauswahl sollte der IAP daher nicht vernachlässigt werden. Um eine Fehldrainage durch die Unkenntnis des individuellen IAP zu vermeiden, ist ein programmierbares Ventil zu bevorzugen. Durch die Umstellung des Ventilöffnungsdrucks kann bei einer Fehleinschätzung des IAP auch postoperativ nicht invasiv korrigiert werden.

6. Zusammenfassung

Einflussgrößen des intraabdominellen Drucks und mögliche Auswirkungen auf die Ventildruckstufenwahl bei ventrikuloperitonealen Hydrozephalusshunts

Einleitung: Der ventrikuloperitoneale Shunt (VP-Shunt) ist der Standardshunt zur Behandlung des kommunizierenden Hydrozephalus. Der resultierende ICP hängt dabei von dem Öffnungsdruck, der hydrostatischen Druckdifferenz zwischen Kopf und Abdomen sowie dem intraabdominellen Druck (IAP) ab. Letzterer ist jedoch nicht genau bekannt und sollte sich u. a. in Abhängigkeit vom Body Mass Index (BMI) und der Körperposition ändern. Diese Studie mit Messungen des IAP soll bezüglich des tatsächlichen IAP und der Einflussgrößen des IAP Klarheit aufzeigen – mit den möglichen Konsequenzen bezüglich der Ventildruckstufenwahl.

Methoden: Der IAP wurde bei 20 (nicht hydrozephalen) Patienten in verschiedenen Körperpositionen (Rückenlage, Bauchlage, Seitenlage, Sitzen, Stehen, gebeugte Haltung) über einen Blasenkatheter gemessen. BMI, Geschlecht und Alter der Patienten wurden registriert. Es wurden nur Patienten, die vorübergehend einen Blasenkatheter benötigten und keine intraabdominelle Pathologie hatten, in die Studie inkludiert.

Ergebnisse: Der mittlere IAP lag bei 10 bis 15 mmHg in horizontaler Lage und bei 20 bis 25 mmHg in vertikaler Körperposition. In Bauchlage war der IAP um 40 % höher als in Rückenlage. Der IAP differiert interindividuell in erheblichem Maße. Die Frauen hatten einen signifikant niedrigeren IAP (mittlere Abweichung: 7 mmHg). Der BMI hat keinen sicheren Einfluss auf den IAP. Ältere Patienten zeigten einen nicht signifikanten höheren IAP in aufrechter Position.

Diskussion: Entgegen den Aussagen in anderen Arbeiten hat der BMI keinen Einfluss auf den IAP. Der niedrigere IAP bei den Frauen war überraschend, das Ergebnis ist zugleich jedoch konsistent mit der Beobachtung in der SVASONA-Studie, bei der die Frauen signifikant mehr Überdrainagen aufwiesen. Der große interindividuelle Unterschied erschwert eine passende Ventilwahl. Zu diskutieren ist eine höhere Ventildruckstufenwahl bei Frauen. Eine Verstellbarkeit des Ventils könnte eine Fehleinschätzung bei der Ventildruckstufenwahl später korrigieren. Dabei bleibt jedoch unklar, ob die Unterschiede so hoch sind, dass zwingend programmierbare Ventile eingesetzt werden müssen.

7. Abkürzungsverzeichnis

- BMI: Body Mass Index
- HC: Hydrozephalus
- HD: Hydrostatischer Druck
- IAP: Intraabdominaler Druck
- ICB: Intrazerebraler Blutung
- ICP: Intracranialer Druck
- J.: Journal
- Med: medical
- Neurol.: Neurologie
- Neurosurg.: Neurochirurgie
- NDH: Normaldruck Hydrozephalus
- NPH: normal pressure hydrocephalus
- P: Seite
- ProGAV: programmierbarer Graviationsventil
- ProSA: programmierbarer Shuntassistent
- Psychiatr.: Psychiatrie
- SA: Shuntassistent
- SAB: subarachnoidaler Blutung
- SAS: Statistical analysis System
- VÖD: Ventilöffnungsdruck

- VA: Ventrikuloatrial
- VP: Ventrikuloperitoneal

8. Literaturverzeichnis

- 1 Aken van H., Reinhart K., Zimper M et al.: Intensivmedizin, 2. Aufl.,1286-1291, Georg Thieme Verlagsgruppe, Stuttgart, 2007.
- 2 Allen S, Lauter A, Schnelsteig P: Pflegerische Interventionen, Band 3, 3. Aufl.,479 Georg Thieme Verlagsgruppe, Stuttgart, 2012.
- 3 Ames RH: Ventriculo-peritoneal shunts in the management of hydrocephalus. J. Neurosurg. 27:525-529;1967
- 4 Aschoff A, Kremer P, Benesch C: Overdrainage and shunt technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance valves and flow-reducing devices. Child Nerv syst 11:193-202; 1995.
- 5 Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, et al.: The scientific history of hydrocephalus and its treatment. Neurosurg. Rev 22:67-93; discussion 94-65 ;1999.
- 6 Azeem Ss, Origitano T: Ventrikular cathter placement with a frameless neuronavigational system:a 1-year experience. Neurosurgery 60:243-248; 2007
- 7 Bateman GA: Hypertensive slit ventricle syndrome. Pseudotumor cerebri with a malfunctioning shunt? J. Neurosurg. 119(6):1503-1510; 2013.
- 8 Cheatham ML, De Waele JJ, De Laet I, De Keulenaer B, Widder S, Kirkpatrick AW, Cresswell AB, Malbrain M, Bodnar Z, Mejia-Mantilla JH, Reis R, Parr M, Schulze R, Puig S.: World Society of the Abdominal Compartment Syndrome (WSACS) Clinical Trials Working Group. The impact of body position on intra-abdominal pressure measurement: a multicenter analysis. Crit Care Med. 37:2187–2190; 2009.
- 9 Cresswel AB et al.: The effect of body position on compartmental intra-abdominal pressure following liver transplantation. An Intensive Care 2:12; 2012.
- 10 Cushing H, Weed LH, et al.: Studies on the cerebrospinal Fluid and its pathway. J Med Res 31:1-16; 1914
- 11 Dandy W: Internal hydrocephalus, an experimental, pathological and clinical study. Am J Dis Child 8:406-482;1914
- 12 De Keulanaer BL, De Waele JJ, Powell B: What is normal intra-abdominal pressure and how is it affected by positioning, body mass and positive end-expiratory pressure? Intensiv Care Med. 35(6):969-76; 2009

Literaturverzeichnis

- 13 Delius S, Huber W, Schmid RM: Messung des intraabdominellen Druckes. *Intensivmedizin* 47(5): 392-401;2009.
- 14 DIVI Jahrbuch 2011/2012: Interdisziplinäre intensivmedizin und Notfallmedizin, medizinische wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: 286-287;2012.
- 15 Drake JM: How Shunts work, in Drake J.M. S-RC edition. *The Shunt Book*, 13, Blackwell Science, Massachusetts, 1995.
- 16 Eijike JC et al.: Semi-Recumbent Position and Body Mass Percentiles. Effects on Intra-Abdominal Pressure Measurements in Critically Ill Children. *Intensive Care Medicine* 36(2):329–335;2010.
- 17 Freimann FB et al.: Differential pressure in shunt therapy. Investigation of position-dependent intraperitoneal pressure in a porcine model. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics* 12(6):575-581;2013.
- 18 Fuchs F, Bruyere M et al.: Are Standard Intra-Abdominal Pressure Values Different during Pregnancy? *PLoS ONE* 8(10): e77324;2013.
- 19 Fusco M, Martin R, Chang M: Estimation of intra-abdominal pressure by bladder pressure measurement. Validity and methodology. *J Trauma* 50(2):297–302;2001.
- 20 Gideon P, Sørensen P, Thomsen C et al.: Assessment of CSF dynamics and venous flow in the superior sagittal sinus by MRI in idiopathic intracranial hypertension: a preliminary study. *Neuroradiology* 36(5):350-354;1994.
- 21 Glocker H: Das neue hydrostatische, verstellbare Gravitationsventil proGAV. Erste klinische Erfahrungen. 73-112, Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften, Saarbrücken, 2012.
- 22 Greitz D: cerebrospinal fluid circulation and associated intracranial dynamics. A radiologic investigation using MR imaging and radionuclide cisternography. *Acta Radiol. Suppl* 386:1-23;1993
- 23 Grumme T, Kolodziejczyk D: *Komplikationen in der Neurochirurgie. Kraniale, zerebrale und neuropädiatrische Chirurgie. Band 2*, 33-48, Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien, 1995.
- 24 Hakim S, Adam RD: The special clinical Problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure. Observation on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J Neurol Sci* 2: 307-27;1965.
- 25 Hakim S: Algunas observaciones sobre la presión del LCR síndrome hidrocefálico en el adulto con presión normal del LCR. Presentación de un nuevo síndrome. (Tesis de grado). Facultad de Medicina, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia;1964.

Literaturverzeichnis

- 26 Hayhurst C, Beems T, Jenkinson MD et al.: Effect of electromagneticnavigated shunt placement on failure rates. A prospective multicenter study. J.Neurosurgery 113:1273-1278;2010.
- 27 http://de.saswiki.org/wiki/SAS-Software_(Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 28 <http://handbuch.arque.de/hirnwasserableitung-bestandteile-funktion/> Das Handbuch der ARQUE :Arbeitsgemeinschaft für Querschnittgelähmte mit Spina bifida 2018 (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 29 <http://public.urz.uni-heidelberg.de/statistik/prozeduren/procmeans.htm> (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 30 http://www.hydrocephalusseite.de/_pdf/NPHVortragDrHappe.pdf Seite 2. (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 31 [http://www.kiefer-saarland.com/Prof. Michael Kiefer Hydrozephalus](http://www.kiefer-saarland.com/Prof._Michael_Kiefer_Hydrozephalus) (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 32 http://www.leben-mit-hydrocephalus.de/Roland_Schulz_Shunttechnologie.pdf (Tag des Zugriffs:11.07.19)
- 33 <http://www.wsacs.org/foam-resources/education.html> (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 34 https://www.ai-online.info/abstracts/pdf/dacAbstracts/2009/16_Schreiter.pdf (Schreiter D, Bold. E, Metze M, Aske A, Der erhöhte intraabdominelle Druck. Abstract 16.2009). Tag des Zugriffs: 11.07.2019.
- 35 https://www.bibliomedpflege.de/fileadmin/user_upload/BibPflege/Dokumente/Oeffentlich/Downloads/Jahresinhaltsverzeichnisse_PI/Jahresinhalt_PI_2010.pdf Josten S. Pflegeintensiv 2010, Auflage 7: Seite 34-37 (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 36 <https://www.dgn.org/leitlinien/3548-II-030-063-2018-normaldruckhydrozephalus>. Leitlinie der DGN 2008 (Tag des Zugriffs: 11.03.2019)
- 37 <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/hydrocephalus-shunt.html> (Tag des Zugriffs: 11.07.2019)
- 38 https://www.ukm.de/fileadmin/ukmineternet/daten/zentralauftritt/ukmmitarbeiter/schulen_weiterbildung/anin/arbeiten/intensivpflege_anaesthesie/Der_intraabdominelle_Druck.pdf) Intensivkurs 3/10 für Weiterbildungsstätte an der UKM (Tag des Zugriffs: 11.03.2019)
- 39 https://www.ukm.de/fileadmin/ukmineternet/daten/zentralauftritt/ukmmitarbeiter/schulen_weiterbildung/anin/arbeiten/intensivpflege_anaesthesie/Der_intraabdominelle_Druck.pdf (24.01.2009) (Tag des Zugriffs: 11.03.2019)

Literaturverzeichnis

- 40 J. Lemcke, U. Meier, C. Müller, M. J Fritsch, U. Kehler, N. Langer, M. Kiefer, R. Eymann, M. U. Schuhmann, A. Speil, F. Weber, V. Remenez, V. Rohde, H.C. Ludwig, D. Stengel: : Safety and efficacy of gravitational shunt valves in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus: a pragmatic, randomised, open label, multicentre trial (Svasona) *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 84(8): 850–857;2013.
- 41 Kalousdian S, Karlan MS, Williams MA: Silicone elastomer cerebrospinal fluid shunt systems. Council on scientific affairs, American Medical Association. *Neurosurgery* 42: 887-892;1998.
- 42 Kehler U, Fritsch F, Meier U: Normal Pressure Hydrocephalus, 61-63, Thieme Verlag, Stuttgart, 2014.
- 43 Kehler U, Fritsch F, Meier U: Normal Pressure Hydrocephalus, 67-74, Thieme Verlag, Stuttgart, 2014.
- 44 Kehler U: Normaldruckhydrozephalus, *Hamburger Ärzteblatt* 07/08:12-16;2015.
- 45 Leksell L: A surgical procedure for atresia of the aqueduct of Sylvius. *Acta Psychiatr. Neurol.* 24:559-568;1949.
- 46 Lemcke J, et al.: *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 84:850–858; 2013.
- 47 Linn J, Wiesmann M, Brückmann H: *Atlas Klinische Neuroradiologie des Gehirns*, 458-470, Springer Verlag, München, 2001.
- 48 Lollis SS, Mamourian AC, Vaccaro TJ, Duhaime AC: Programmable CSF shunt valves. Radiographic identification and interpretation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 31(7):1343-1346;2010.
- 49 Lombardo TA, Tamargo B TO: Effects of zero reference position on bladder pressure measurements: an observational study. *Ann intensiv Care* 2(1):13;2012.
- 50 Malbrain ML, Deeren D, De Potter TJ: Intra-ab-dominal hypertension in the critically ill. It is time to pay attention. *Curr Opin Crit Care* 11(2):156–71;2005.
- 51 Malbrain M: Different technik to measure intraabdominell Pressure. *Intensiv Care Med.* 30:357-371;2004.
- 52 Marmarou A, Black P, Bergschneider M: Guidelines for Management of Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus: Progress to Date “. *Intracranial Pressure and Brain Monitoring XII, Acta Neurochirurgica Supplementum Springer* vol 95: 237–40;2005.
- 53 McBeth M, Paul B et al.: Effect of Patient Positioning on Intra-Abdominal Pressure Monitoring. *The American Journal of Surgery* 193(5):644–47;2007.
- 54 McLaurin RL: Shunt Complications in pediatric neurosurgery. *Surgery of the developing nervous system*, 243-253, Grune and Stratton, New York, 1982.

Literaturverzeichnis

- 55 Meier U, Kiefer M: Evaluation of the Miethke Dual- Switch Valve in Patients with Normal Pressure Hydrocephalus. *Surgical Neurology* 61(2):119–27;2004.
- 56 Meier U, Kiefer M: Correlation between decreased ventricular size and positive clinical outcome following shunt placement in patients with normal-pressure hydrocephalus. *Journal of Neurosurgery* 100(6):1036–40;2004.
- 57 Meier U, Kiefer M: Normalpressure Hydrocephalus. Pathology, Pathophysiology, Diagnostics, Therapeutics and Clinical Course. Aufl.1,42-43,162-167, PVV Science Publications Alfred Verlag, Erwitte, 2003.
- 58 Mori, K: Hydrocephalus- Revision of Its Definition and Classification with Special Reference to Intractable Infantile Hydrocephalus. *Childs Nervous System* 6(4):198–204, 1990.
- 59 Mori K, Shimada J, Kurisaka M, Sato K, Watanabe K: Classification of Hydrocephalus and Outcome of Treatment. *Brain and Development* 17(5):338–48;1995.
- 60 Moskopp D: Neurochirurgie: Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk. Herausgeber: Dag Moskopp, Hansdetlef Wassman. Nachdruck1,489-499, Schattauer, Stuttgart, New York, 2005.
- 61 Münte TF, Jöbges EM, Johannes S: Pseudotumor cerebri. Syptoms, associations, etiological considerations and therapy. In: A. Ernst, R. Marchbanks, M. Samii. Intracranial and intralabyrinthine fluids. Basic aspects and clinical applications, 257-262, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996.
- 62 Neumann P: Problematik der intraabdominellen Druckmessung. *Der Anaesthesist* 58(5):527–531;2009.
- 63 Nulsen FE, Spitz EB: Treatment of hydrocephalus by direct shunt from ventricle to jugular vein. *Surg. Forum*:399-403;1951.
- 64 Oi S, Di RC: Proposal of evolution theory in cerebrospinal fluid dynamics and minor pathway hydrocephalus in developing immature brain. *Childs Nerv Syst* 22:662-669;2006.
- 65 Oi S, Kudo H, Yamada H, Kim S, Hamano S, Urui S, Matsumoto S: Hydromyelic hydrocephalus. Correlation of hydromyelia with various stages of hydrocephalus in postshunt isolated compartments. *J Neurosurg* 74:371-379;1991.
- 66 Lawin P, Van Aken H, Praxis der Intensivbehandlung. Aufl.5, 10-19. Thieme, Stuttgart,1989.
- 67 Pudenz RH, Russel FE, et al.: Ventriculo-auriculostomy. A Technique for Shunting Cerebrospinal Fluid into the Right Auricle. *Journal of Neurosurgery* 14(2):171-179;1957.

Literaturverzeichnis

- 68 Putnam TJ: Surgical Treatment of Infantile Hydrocephalus and Meningeal. Postgraduate Medicine 14(1):74-78;1953.
- 69 Raimondi A J: A Unifying Theory for the Definition and Classification of Hydrocephalus. Child's Nervous System 10(1):2-12;1994.
- 70 Rekte HL: The Definition and Classification of Hydrocephalus. A Personal Recommendation to Stimulate Debate. Cerebrospinal Fluid Research 5(1):2;2008.
- 71 Scarff JE: Treatment of Hydrocephalus. An Historical and Critical Review of Methods and Results. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry 26(1):1-26;1963.
- 72 Shirmer M: Neurochirurgie, Aufl. 10,285-286, Urban und Fischer, München, Jena, Solingen,2004.
- 73 Scholl geb. Rütchlin S: Endoskopischer Zugang zur Schädelbasis. Eine anatomische Betrachtung, Med. Diss. Tübingen, 2015.
- 74 Sprung C et al.: The Adjustable ProGAV Shunt. Neurosurgery 66(3):465-74;2010.
- 75 Steiger HJ: Manual Neurochirurgie. Aufl 2,318 – 320, ecomed Medizin, Landsberg,2006.
- 76 Torkidsen A, El-Toraei I: A new operative technik for the treatment of hydrocephalus externus; preliminary report. J. Egypt Med Assoc 36: 836-846;1953.
- 77 Vanneste JA: Normal-Pressure Hydrocephalus. Is Cisternography Still Useful in Selecting Patients for a Shunt? Archives of Neurology 49(4):366;1992.
- 78 Walendzik UH, Ergebnisse der Hydrozephalus Therapie im Alltag, Diss.med. Uni Münster, 2006.
- 79 Wernicke C: Lehrbuch der Gehirnkrankheiten, Aufl. 3: 254-572, Fischer, Kassel, 1883.
- 80 Wilson A, Longhi J: Intra-abdominal pressure and the morbidly obese patients. The effect of body mass index. J. Trauma 69(1):78-83;2010.
- 81 Yol S, Kartal A,Tavli S,Tatkan Y: Is Urinary Bladder Pressure a Sensitive Indicator of Intra-Abdominal Pressure? Endoscopy 30(09):778–80;1998.

9. Anlagen

9.1. Patienten Rohdaten

Daten\ Patient	1	2	3	4	5
Alter	30	48	42	53	44
BMI	27,4	32,1	31,4	29,8	24,8
Geschlecht	W	M	M	M	M
1.Rückenlage	6	14	12	14	11
1.Seitenlage	8	19	15	17	10
1.Bauchlage	9	17	16	19	13
1.Sitzendelage	14	32	18	28	18
1.Stehendelage	16	34	21	34	21
1.Bückendelage	13	28	19	31	20
2.Rückenlage	6	14	12	14	11
2.Seitenlage	8	19	15	17	10
2.Bauchlage	9	17	16	19	13
2.sitzendelage	14	32	18	28	18
2.Stehendelage	16	34	21	34	21
2.Bückendelage	13	28	19	31	20

Daten\ Patient	6	7	8	9	10
Alter	45	37	50	37	59
BMI	22,3	24,4	27,6	23	24
Geschlecht	W	M	M	W	W
1.Rückenlage	6	15	14	10	6
1.Seitenlage	9	17	17	9	9
1.Bauchlage	8	24	19	7	17
1.Sitzendelage	13	23	28	23	21
1.Stehendelage	15	32	34	27	30
1.Bückendelage	15	32	31	21	21
2.Rückenlage	6	15	14	10	7
2.Seitenlage	9	17	17	10	9
2.Bauchlage	8	24	19	8	17
2.sitzendelage	13	23	28	21	21
2.Stehendelage	17	32	34	27	30
2.Bückendelage	15	32	31	21	21

Anlagen

Daten\ Patient	11	12	13	14	15
Alter	61	70	65	30	37
BMI	25,5	27,6	25,3	21,5	33,7
Geschlecht	M	W	M	M	W
1.Rückenlage	16	8	9	14	11
1.Seitenlage	18	4	7	11	7
1.Bauchlage	24	14	12	17	9
1.Sitzendelage	22	28	17	21	17
1.Stehenlage	34	26	24	24	19
1.Bückendelage	38	27	21	24	16
2.Rückenlage	15	9	9	14	11
2.Seitenlage	18	4	7	11	7
2.Bauchlage	24	14	12	17	9
2.sitzendelage	22	28	17	21	16
2.Stehendelage	35	26	24	24	20
2.Bückendelage	38	28	21	23	16

Daten\ Patient	16	17	18	19	20
Alter	57	66	33	48	61
BMI	35,6	26,8	19,8	29,3	22,5
Geschlecht	M	W	W	W	M
1.Rückenlage	12	5	6	9	13
1.Seitenlage	9	7	7	8	14
1.Bauchlage	14	11	9	13	21
1.Sitzendelage	24	15	11	16	24
1.Stehenlage	26	22	15	17	34
1.Bückendelage	22	21	13	14	31
2.Rückenlage	12	5	6	7	13
2.Seitenlage	9	7	7	8	14
2.Bauchlage	14	11	9	13	21
2.sitzendelage	25	15	11	16	24
2.Stehendelage	26	22	15	17	34
2.Bückendelage	22	20	13	14	31

9.2. Aufklärungsbogen

„Intraabdomineller Druck in Abhängigkeit von der Körperposition: ein notwendiger Parameter zur Optimierung der Hydrocephalus- Shunttherapie“

Aufklärung über die Studie

Patient

geboren am

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir möchten die Behandlung der Patienten mit einem kommunizierenden Hydrocephalus (Wasserkopf) optimieren.

Diese Patienten leiden an einem Überdruck im Hirnkammersystem.

Bislang werden diese Patienten über ein Abflusssystem (ventriculo-peritonealer Shunt) versorgt, wobei das Hirnwasser (Liquor) aus dem Hirnkammersystem in den Bauchraum abgeleitet wird. Um eine Über- oder Unterdrainage zu verhindern, werden verschiedene Ventilsysteme, zum Teil auch von außen programmierbar, eingebaut. Für die Berechnung des resultierenden Hirnkammerdruckes ist im Besonderen die hydrostatische Druckdifferenz zwischen Hirnkammersystem und Bauchraum als auch der Bauchraumdruck (intraabdominelle Druck) zu berücksichtigen. Letzterer wurde bisher weitgehend vernachlässigt und dürfte für viele Funktionsstörungen der eingesetzten Ventile (Shunt Dysfunktionen) verantwortlich sein. Änderungen des

Anlagen

intraabdominellen Druckes in Abhängigkeit von der Körperlage und -position sind bisher weitgehend unbekannt, allerdings für die Funktion des Abflusssystems (Shuntfunktion) mitentscheidend. Deshalb wollen wir mit dieser Studie mehr über den Druck im Bauchraum erfahren.

Dies könnte dann die Ventilwahl erleichtern und die Shunttherapie des Hydrocephalus optimieren sowie die Zahl von Ventilrevisionen senken.

Wie erfolgt die Untersuchung?

Der Bauchraumdruck (intraabdomineller Druck) kann mithilfe eines Blasenkatheters bestimmt werden. Dieser Blasenkatheter ist ein Spezialkatheter mit Drucksensor, über den sich der intraabdominelle Druck bei einem Blasenvolumen von 50ml problemlos ableiten lässt.

Bei dieser Studie wird der Patientin/ dem Patienten ein Blasenkatheter (Spezialkatheter mit Drucksensor) eingeführt, wobei diese Patienten aufgrund ihres Krankheitsbildes generell mit einem Blasenkatheter versorgt werden müssen.

Der Studienteilnehmer sollte sich dann in verschiedene Körperpositionen begeben, wie Rückenlage, Seitenlage, Bauchlage, Sitzen, Stehen und Bücken. In den genannten Körperlagen/ -positionen wird dann über den bereits eingeführten Blasenkatheter der intraabdominelle Druck gemessen. Vor der Behandlung wird die Harnblase vollständig entleert und nach distalem Abklemmen des Katheters wird die Blase mit 50ml steriler isotoner Kochsalzlösung gefüllt.

Die Blasenfüllung von 50ml hat gegenüber anderen Volumina das beste Verhältnis zwischen dem gemessenen Blasendruck und dem tatsächlichem intraabdominellen Druck ergeben. Die komplette Messung in den verschiedenen Körperpositionen sollte in circa 45min abgeschlossen sein.

Welche Risiken/ Komplikationen beinhaltet die Teilnahme der Studie?

Anlagen

Den Blasenkatheter erhält der Patient nicht aufgrund der Teilnahme an der Studie, sondern wegen seiner Grunderkrankung. Der so benötigte Katheter wird für die beschriebene Untersuchung herangezogen. Dadurch ergeben sich keine zusätzlichen Risiken und Komplikationen.

Durch distales Abklemmen des Blasenkatheters bis zu einer Stunde besteht kein erhöhtes Risiko für Harnwegsinfektionen.

Wichtige Angaben zur Studienteilnahme

1. Alter:
2. Geschlecht:
3. Körpergewicht:
4. Körpergröße:
5. Body-Mass-Index:

Wichtige Hinweise

Die im Rahmen der Studie nach Einverständniserklärung des Studienteilnehmers erhobenen persönlichen Daten, insbesondere Befunde, unterliegen der Schweigepflicht und den datenschutzgesetzlichen Bestimmungen. Sie werden in Papierform und auf Datenträgern bei Asklepios Proresearch aufgezeichnet und pseudonymisiert. Bei der Verschlüsselung werden die Initialen und der Geburtstag und –jahr durch eine mehrstellige Zahlenkombination ersetzt. Zugang zu dem Schlüssel, der eine persönliche Zuordnung der Daten des Studienteilnehmers ermöglicht, hat neben dem Studienleiter Professor Kehler nur noch sein Stellvertreter Herr Chehade. Die Auswertung und Nutzung der Daten erfolgt in pseudonymisierter Form. Eine Weitergabe der erhobenen Daten erfolgt nur in anonymisierter Form. Gleiches gilt für die Veröffentlichung der Studienergebnisse.

Im Falle des Widerrufs der Einverständniserklärung werden die bereits erhobenen Daten gelöscht oder anonymisiert und in dieser Form weitergenutzt. Ein Widerruf bereits anonymisierter Daten ist nicht möglich.

Einwilligung

Über die geplante Untersuchung bei Teilnahme an der oben aufgeführten Studie wurde ich in einem Aufklärungsgespräch von dem Doktorand Herrn Chehade Yehia ausführlich informiert.

Dabei konnte ich alle Fragen über Art und Bedeutung der Studie stellen.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig.

Ich habe keine weiteren Fragen und fühle mich genügend über das Vorgehen der Studie informiert, so dass ich nach angemessener Bedenkzeit in die geplante Teilnahme einwillige.

Ort/ Datum/ Uhrzeit

Unterschrift der Patientin/ des Patienten

Unterschrift des Doktoranden

9.3. Einverständniserklärungsbogen



Intraabdomineller Druck in Abhängigkeit von der Körperposition: ein notwendiger Parameter zur Optimierung der Hydrocephalus-Shunttherapie

Prüfärzte:

Prof. Dr. med. Uwe Kehler
Tel.: 040/1818-81 1670/1671

Herrn Chehade Yehia
Tel.:040/1818818505

Adresse:

Asklepios Klinik Altona
Abteilung für Neurochirurgie
Paul-Ehrlich-Str. 1
22763 Hamburg

Name: _____ Vorname _____

Hiermit erkläre ich, dass ich am _____ durch _____
Datum Name des Arztes

über Ziele, Wesen, Bedeutung und Tragweite der oben genannten Studie informiert wurde. Dabei hatte ich ausreichend Gelegenheit, Fragen zu stellen und ich habe alle Punkte verstanden. Den vorstehenden Informationstext habe ich sorgfältig gelesen.

Anlagen

Ich hatte ausreichend Zeit, meine Entscheidung über die Teilnahme an der Studie unbeeinflusst zu treffen.

Ich bin mit der Teilnahme an der Studie einverstanden und weiß, dass ich diese Einwilligung jeder Zeit, ohne Angaben von Gründen widerrufen kann, ohne dass mir daraus Nachteile für meine jetzige oder zukünftige Behandlung entstehen.

Die im Rahmen der Studie nach Einverständniserklärung des Studienteilnehmers erhobenen persönlichen Daten, insbesondere Befunde, unterliegen der Schweigepflicht und den datenschutzgesetzlichen Bestimmungen. Sie werden in Papierform und auf Datenträgern bei Asklepios Proresearch aufgezeichnet und pseudonymisiert. Bei der Verschlüsselung werden die Initialen und der Geburtstag und –jahr durch eine mehrstellige Zahlenkombination ersetzt. Zugang zu dem Schlüssel, der eine persönliche Zuordnung der Daten des Studienteilnehmers ermöglicht, hat neben dem Studienleiter Professor Kehler nur noch sein Stellvertreter Herr Chehade. Die Auswertung und Nutzung der Daten erfolgt in pseudonymisierter Form. Eine Weitergabe der erhobenen Daten erfolgt nur in anonymisierter Form. Gleiches gilt für die Veröffentlichung der Studienergebnisse.

Im Falle des Widerrufs der Einverständniserklärung werden die bereits erhobenen Daten gelöscht oder anonymisiert und in dieser Form weitergenutzt. Ein Widerruf bereits anonymisierter Daten ist nicht möglich.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig.

Von der Einwilligungserklärung und der Patienteninformation habe ich eine Kopie erhalten.

Datum:

Unterschrift des Patienten

10. Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit versichere ich an Eides statt

dass ich die eingereichte Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe verfasst, andere als die in ihr angegebene Literatur nicht benutzt und dass ich alle ganz oder annähernd übernommenen Textstellen sowie verwendete Grafiken, Tabellen und Auswertungsprogramme kenntlich gemacht habe. Außerdem versichere ich, dass die vorgelegte elektronische mit der schriftlichen Version der Dissertation übereinstimmt und die Abhandlung in dieser oder ähnlicher Form noch nicht anderweitig als Promotionsleistung vorgelegt und bewertet wurde.

[Unterschrift]

ORT, DATUM

11. Danksagung

Mein Höchster Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.med. Uwe Kehler, für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und die wissenschaftliche Betreuung meiner Dissertation. Ihm danke ich besonders für die großartige Motivation und uneingeschränkte Förderung meines Promotionsvorhabens.

Ich danke die Patienten für die Zeit und Teilnahme an der Untersuchung, ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre.

Schließlich und keineswegs zuletzt bin ich meiner kleinen Familie, meiner liebste Frau, Dr. med. Khatera Chehade, meinen wunderbaren Kinder, Hana und Wael, sowie meinen Eltern, denen alle ich diese Arbeit widme, für die unbegrenzte und liebevolle Unterstützung, zu tiefsten Dank verpflichtet.

12. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Yehia Chehade
Geburtsdatum- und -ort 01.01.1981 in Zahrie-Libanon
Familienstand verheiratet, 2 Kinder

Ausbildung und Beruf

Seit April 2019 Ernennung zum Oberarzt für Neurochirurgie in Asklepios Klinik Altona in Hamburg (AKA)
Feb.2015-Mär.2019 Facharzt und Funktionsoberarzt für Neurochirurgie in Asklepios Klinik Altona
25.02.2015 Facharztprüfung
Okt 2010-Feb2015 Assistenzarzt in Asklepios Klinik Altona Hamburg
Jul/08-Okt/10 Assistenzarzt in Dr. Horst Schmidt Klinikum Wiesbaden
Jan-Jul 2010 Neurointensiv in der HSK Wiesbaden
Mär-Jul2008 Assistenzarzt in Dietrich Boehnhöfer Klinikum in Neubrandenburg
Dez.2007 2. Staatsexamen, Universität Klinikum Eppendorf Hamburg
Aug/06-Jul/07 Praktisches Jahr
Aug.2003 1. Staatsexamen, Universität Klinikum Eppendorf Hamburg
2001-2007 Studium der Humanmedizin, Universität Klinikum Eppendorf Hamburg
2000-2001 Studienkolleg Hamburg
1999-2000 Studium Biologie in der „Universite Libanaise Tripoli“
1999 Baccalaureat libanais(Abitur)
1996-1999 Lycée Mina Tripoli Libanon
1988-1996 Colleges des Frères Catholiques Deddeh Libanon

13. Ethikvotum

Cc: Asklepios proresearch, Frau Wolf, Fax 040/ 1818-853159



ETHIK-KOMMISSION DER
**ÄRZTEKAMMER
HAMBURG**
Körperschaft des öffentlichen Rechts

Ärztelammer Hamburg · Postfach 76 01 09 · 22051 Hamburg

Herrn
Prof. Dr. med. Uwe Kehler
Abt. für Neurochirurgie
Asklepios Klinik Altona
Paul-Ehrlich-Str.1
22763 Hamburg

07.10.2011

Bearb.-Nr.: PV3705 (Bitte stets angeben!)
Studie: Intraabdomineller Druck in Abhängigkeit von der Körperposition: ein notwendiger Parameter zur Optimierung der Hydrocephalus-Shunttherapie
CRO-Code: #2181

Sehr geehrter Herr Kollege Kehler,
über Ihr oben bezeichnetes, zur Primärberatung vorgelegtes Projekt hat die Ethik-Kommission ausführlich beraten.

Das Vorhaben entspricht den berufsrechtlichen bzw. gesetzlichen Anforderungen. Die Ethik-Kommission stimmt dem Vorhaben zu.

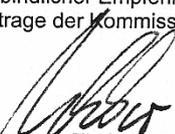
Die Kommission weist darauf hin, dass die Verantwortung des Versuchsleiters für das Forschungsvorhaben und seine Durchführung durch das obige Votum der Kommission nicht berührt wird.

Sie werden gebeten, die Ethik-Kommission über alle schwerwiegenden oder unerwarteten Ereignisse, die während der Studie auftreten und die die Sicherheit der Studienteilnehmer gefährden, in Verbindung mit Ihrer Stellungnahme zu unterrichten.

Die Kommission geht davon aus, dass die personenbezogenen Daten der Probanden/ Patienten den datenschutzrechtlichen Vorschriften entsprechend behandelt werden.

Die Ethik-Kommission erwartet, dass ihr nach Abschluss des Projektes unaufgefordert ein Abschluss-Bericht übersandt wird (unter Angabe der Bearb.-Nr.), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Mit verbindlicher Empfehlung
Im Auftrage der Kommission:


Prof. Dr. med. Th. Weber
- Vorsitzender -

P.S. Die Ethik-Kommission arbeitet auf der Grundlage deutschen Rechts und Berufsrechts sowie in Anlehnung an die ICH-GCP

Bankverbindung:
Deutsche Apoth. u. Ärztekammer, BLZ 300 606 01, Konto-Nr. 000 1346 113
BIC: DAAEDED3, IBAN: DE71 3006 0601 0001 3461 13

Humboldtstraße 67a · 22083 Hamburg
Telefon 040/20 22 99-240 · Fax 040/20 22 99-410
ethik@aekhh.de · www.aerzteammer-hamburg.de
Geschäftsführung: Dr. Silke Schrum