

**Kinderklinik und Poliklinik München-Schwabing
der Technischen Universität München**
(Komm. Direktor: Univ.-Prof. Dr. J. K. Peters)

**Modifizierte Schallebenen durch die hintere Schädelgrube zur
Erfassung der Anatomie und Pathologie des Kleinhirns und des
vierten Ventrikels**

Silke Bester

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. F. A. M. Baumeister
2. Univ.-Prof. Dr. J. Schlegel

Die Dissertation wurde am 12.09.2003 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 10.12.2003 angenommen.

Teile und Inhalte dieser Arbeit wurden in folgenden Veröffentlichungen verwendet:

1. F.A.M. Baumeister, S. Bester, H. Hahn
Infratentorielle Läsionen, eine diagnostische Lücke in der cerebralen Sonographie: Die hintere Seitenfontanelle als Schallfenster
Klin Pädiatr 214 (2002) 76-78

2. F.A.M. Baumeister, S. Bester, H. Hahn
Optimierung der neonatalen cerebralen Sonographie zur Diagnostik infratentorieller Läsionen; eine prospektive Studie.
In: Aktuelle Neuropädiatrie
F. Aksu (Hrsg.)
Novartis Pharma Verlag, Nürnberg 2002
ISBN 3-933185-57-2
437-439

3. S. Bester, F.A.M. Baumeister, H. Hahn
Verbesserte neonatale Schädelsonographie bei infratentoriellen Läsionen-
Eine prospektive Studie
10. Tagung mitteleuropäischer Länder „Pädiatrische Forschung“
Wien 22.Juni 2002

4. F.A.M. Baumeister, S. Bester, H. Hahn
Improved neonatal cerebral sonography for infratentorial lesions: A
prospective study.
27. Jahrestagung der Gesellschaft für Neuropädiatrie
Recklinghausen 29. -31. März 2001
Neuropediatrics 32:A23

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Grundlagen.....	3
2.1. Neonatale cerebrale Sonographie	3
2.1.1. Sonographie durch die vordere Fontanelle.....	4
2.1.2. Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle.....	10
2.2. Gehirnblutungen bei Frühgeborenen	12
2.2.1. Pathophysiologie	13
2.2.2. Klinische Manifestation.....	14
2.2.3. Therapie	15
2.2.4. Einteilung der Gehirnblutungen	15
2.2.5. Screening	17
2.2.6. Prognose	18
3. Eigene Studie	20
3.1. Zielsetzung.....	20
3.2. Klinische Anwendung.....	20
3.3. Fragestellungen	21
4. Methodik.....	22
4. 1. Studienaufbau.....	22
4.2. Untersuchungstechnik	22
4.3 Sonographiegeräte	26
4.4. Patientenkollektiv	26
4.5. Durchführung und Dokumentation	27
4.6. Statistik	27
5. Ergebnisse	30
5.1. Patientenbezogene Ergebnisse	30
5.2. Supratentorielle Pathologien	30
5.3. Infratentorielle Pathologien	32
5.4. Zusammenhang zwischen supra- und infratentoriellen Läsionen	34
5.4.1. Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem.....	35
5.5. Infratentorielle Pathologie in Relation zu klinischen Parametern	36
5.5.1. Geburtsgewicht	36
5.5.2. Gestationsalter bei Geburt.....	38

5.5.3. Gestationsalter bei Untersuchung	40
5.5.4. Geschlecht	41
5.5.5. Alter bei Untersuchung	41
5.5.6. Geburtsmodus	42
5.5.7. Krampfanfälle	43
5.5.8. Kopfumfangsperzentile	43
5.5.9. Mangelgeburtlichkeit	44
5.6. Darstellung und Vermessung der hinteren Schädelgrube	44
5.6.1. Transcerebellärer Durchmesser (TCD)	45
5.6.1.1. Korrelation der Messungen des transcerebellären Durchmessers durch die vordere Fontanelle und die hintere Seitenfontanelle	45
5.6.1.2. Transcerebellärer Durchmesser in Relation zum Gestationsalter bei Untersuchung	46
5.6.2. Vierter Ventrikel	47
5.6.2.1. Beurteilung des vierten Ventrikels	47
5.6.2.2. Supratentorielle Beurteilung des IV. Ventrikels mit Koagel	48
5.6.2.3. Weite des vierten Ventrikels	49
5.6.2.4. Höhe des vierten Ventrikels	51
5.6.3. Cisterna Magna	53
5.6.3.1. Beurteilung der Cisterna magna	53
5.6.3.2. Supratentorielle Beurteilung der Cisterna magna mit Koageln ..	53
5.6.3.3. Weite der Cisterna magna	54
5.6.4. Aquädukt	56
5.6.4.1. Beurteilung des Aquädukts	56
5.6.4.2. Weite des Aquädukts	56
6. Diskussion	58
6.1. Hintere Schädelgrube	58
6.1.1. Sonographische Darstellung	58
6.1.2. Infratentorielle Pathologien	60
6.1.3. Inzidenz der infratentoriellen Pathologien	64
6.2. Vordere Schädelgrube	64
6.3. Vermessung der hinteren Schädelgrube	65
6.3.1. Transcerebellärer Durchmesser	65
6.3.2. Vierter Ventrikel	66

6.3.3. Cisterna magna	67
6.3.4. Aquädukt	68
7. Schlussfolgerung	69
8. Zusammenfassung	70
9. Literaturverzeichnis	72
10. Abbildungsverzeichnis	86
11. Abkürzungsverzeichnis	88
12. Tabellenanhang	91
13. Danksagung	102

1. Einleitung und Problemstellung

Intrakranielle Blutungen bei Frühgeborenen unterscheiden sich wesentlich in Entstehung und Morphologie von denen reifer Kinder, bei denen Hirnblutungen meistens geburtstraumatisch bedingt sind oder auf einer Koagulopathie bzw. Gefäßfehlbildung beruhen [42]. Bei Frühgeborenen stehen subependymale bzw. peri- und intraventrikuläre Blutungen im Vordergrund.

Die Routineuntersuchung des Gehirns erfolgt in der Neonatologie mittels Ultraschall [49, 61]. Die Sonographie stellt den ersten Schritt in der Diagnostik des Gehirns dar, da sich die supratentoriellen Strukturen genau abbilden lassen, wie der Vergleich mit anatomischen Schnittpräparaten [4, 41] und anderen bildgebenden Verfahren wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) zeigt [96]. Die Bildgebung durch CT oder MRT ist besonderen Fragestellungen vorbehalten [20].

Als Schallfenster wird in der Neonatologie routinemäßig die große Fontanelle gewählt, sowie bei besonderen Fragestellungen oder geschlossener großer Fontanelle der transkraniale Zugang durch die Temporalschuppe. Der Zugang durch die große Fontanelle ist ausreichend für die supratentoriellen Strukturen [86]. Die infratentoriellen Strukturen können zwar durch die vordere Fontanelle dargestellt werden [35], die Beurteilung ist jedoch aufgrund der sonoakustischen Gegebenheiten beeinträchtigt [46, 98]. Aufgrund der Entfernung von dem auf der großen Fontanelle aufgesetzten Schallkopf liegen die infratentoriellen Strukturen oft jenseits der Fokussierungsebene. Die große Distanz führt außerdem zu einer Schallabschwächung, besonders wenn sich echoreiche Koagel in den Ventrikeln befinden. Der flache Einschallwinkel durch die vordere Fontanelle kommt erschwerend hinzu.

Als alternatives Schallfenster für die hintere Schädelgrube eignet sich die paarige hintere Seitenfontanelle [10, 13, 86]. Bei Frühgeborenen ist sie hervorragend geeignet, Strukturen der hinteren Schädelgrube sowie des Zwischenhirns sonographisch darzustellen [10, 99]. Die sonographische Darstellung der infratentoriellen Strukturen durch die hintere Seitenfontanelle ermöglicht die

Aufdeckung von pathologischen Befunden, die der Routine-Sonographie durch die große Fontanelle entgehen [10, 11].

Als klinische Diagnose ist bei Frühgeborenen die Kleinhirnblutung eine Seltenheit. Im Gegensatz dazu wird sie bei Obduktionen von Frühgeborenen mit intraventrikulärer Blutung mit einer Häufigkeit von 8% bis 25% gefunden [6, 26, 36, 60]. Kleinhirnblutungen, die sich auch über die große Fontanelle abbilden lassen, sind meist sehr groß [9, 14, 25, 63, 66, 68, 70], durch die hintere Seitenfontanelle lassen sich hingegen auch kleinere cerebelläre Blutungen abbilden [86].

Bisherige sonographische Erkenntnisse über die Anatomie und Pathologie der hinteren Schädelgrube bei Frühgeborenen beruhen auf retrospektiven Studien oder Einzelbeobachtungen. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Studie erstmals prospektiv die Sonographie durch die vordere Fontanelle und die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle vergleichend auf ihre Fähigkeit untersucht, infratentorielle Pathologien aufzudecken.

2. Grundlagen

2.1. Neonatale cerebrale Sonographie

Die sonographische Diagnostik ist nicht invasiv, ohne Strahlenbelastung, wenig aufwendig und ermöglicht ohne Sedierung eine rasche, wenig belastende und sehr aussagekräftige Untersuchung auch im Bett oder Inkubator schwerkranker Kinder auf der Intensivstation [28].

Abhängig vom Gestationsalter zeigt das Gehirn Frühgeborener im Gegensatz zum Gehirn reifer Neugeborener oder von Säuglingen sonographische Besonderheiten, wie z. B. eine geringere Gyrierung, eine unvollständige Operkularisierung und weitere Subarachnoidalräume. Das Cavum septi pellucidi und das Cavum vergae sind beim Frühgeborenen immer und beim Neugeborenen oft noch sichtbar. Der Plexus choroideus ist sehr echodicht, ist im Bereich des Trigonums zum Glomus chorioideum aufgetrieben und kann kleine Zysten enthalten. Periventrikulär zeigt sich bei Frühgeborenen eine erhöhte Echogenität besonders bei Untersuchung durch die große Fontanelle. Sie ist Ausdruck der Schallreflexion an der Corona radiata und der Radiatio corporis callosi.

Die pädiatrische Sektion der DEGUM empfiehlt, dass alle Kinder, die vor der vollendeten 32. Schwangerschaftswoche geboren werden, sowie alle Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht $\leq 1500\text{g}$ innerhalb der ersten 3 Lebenstage eine cerebrale Sonographie als Screening erhalten sollten [18, 78] (siehe **Abs. 2.2.5.**). Ein Ultraschall nach Aufnahme auf die Station ist auch für forensische Fragestellungen wichtig. Bei Nachweis von Läsionen sind neben den arteriellen auch die venösen Blutleiter (innere Hirnvenen, Sinus sagittalis superior) dopplersonographisch zu untersuchen, da ein gesteigerter Schädelinnendruck zum Abfall der diastolischen Flussgeschwindigkeit und damit zu einer bedrohlichen Minderperfusion des Gehirns führen kann [18].

Intraparenchymatöse echodense Zonen (IPE) lassen sich erst im Verlauf beurteilen. Meistens handelt es sich um infarzierte Areale, seltener bilden sie sich jedoch auch ohne zystische Nekrosen zurück, so dass es sich retrospektiv um eine venöse

Kongestion handelt. IPE sollten daher erst mit Blutung oder Infarkt benannt werden, wenn sich im Verlauf eine zystische Regression darstellt.

2.1.1. Sonographie durch die vordere Fontanelle

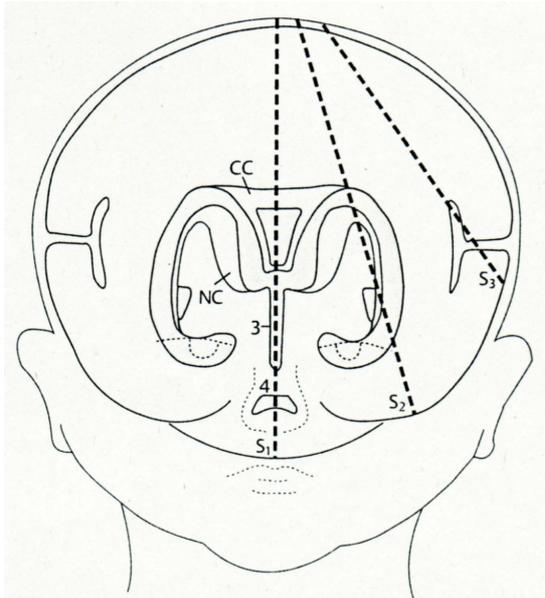
In den Funktionsräumen der Sonographie liegt das Kind während der Untersuchung auf der Untersuchungsliege, sein Kopf wird durch eine Pflegekraft behutsam manuell so fixiert, dass die Ultraschalluntersuchung am geraden Kopf zügig durchgeführt werden kann. Auf der Intensivstation wird die Sonographie im Wärmebett oder Inkubator durchgeführt. Durch die räumliche Enge sind die Untersuchungsbedingungen erschwert; dem Kind kann jedoch der Transport mit Gefahr der Unterkühlung und Kreislaufbelastung erspart werden.

Im Routinescreening wird das Gehirn durch die große Fontanelle in sagittalen und koronaren Schnittebenen vom Untersucher fächerförmig durchgemustert. Zur Dokumentation werden mindestens sechs Schnittebenen festgehalten, ein medianer Sagittalschnitt, je ein Parasagittalschnitt durch den linken bzw. rechten Seitenventrikel (wobei die entsprechende Seite gekennzeichnet werden muss), sowie ein vorderer, mittlerer (in Höhe des III. Ventrikels) und ein hinterer Koronarschnitt. Bei Vorliegen einer Pathologie wird diese durch zusätzliche Schnitte in mindestens zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen dokumentiert.

In **Abb. 1** werden die sagittalen und in **Abb. 2** die koronaren Schnittebenen der Sonographie durch die vordere Fontanelle schematisch dargestellt.

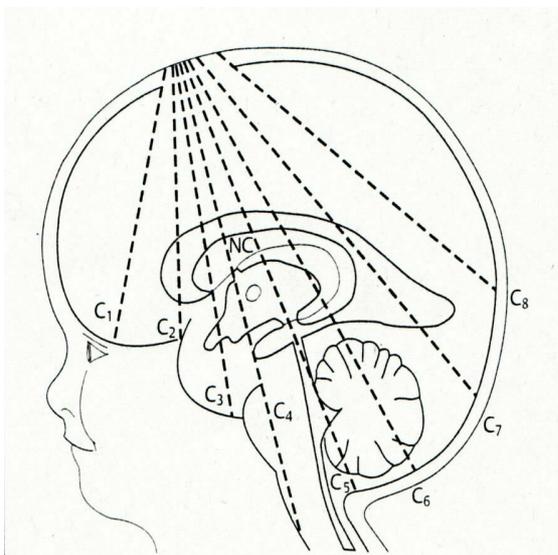
Das Kleinhirn kann durch die vordere Fontanelle in zwei Ebenen dargestellt werden. Der mediane Sagittalschnitt (S1 in **Abb. 2**) stellt den Kleinhirnwurm, IV. Ventrikel und die Cisterna magna dar. Im hinteren Koronarschnitt (C6 in **Abb. 1**) werden der Wurm, die Kleinhirnhemisphären und die Cisterna magna transversal dargestellt.

Die Untersuchung durch die vordere Fontanelle dauert abhängig von den Untersuchungsbefunden, der Schalleitung und der Ruhe des Kindes ca. 5-10 Minuten.



- S 1 = Mittlerer Sagittalschnitt durch den III. und IV. Ventrikel
- S 2 = Parasagittalschnitt durch den Seitenventrikel
- S 3 = Parasagittalschnitt durch die Inselregion
- CC = Corpus callosum
- NC = Nucleus caudatus

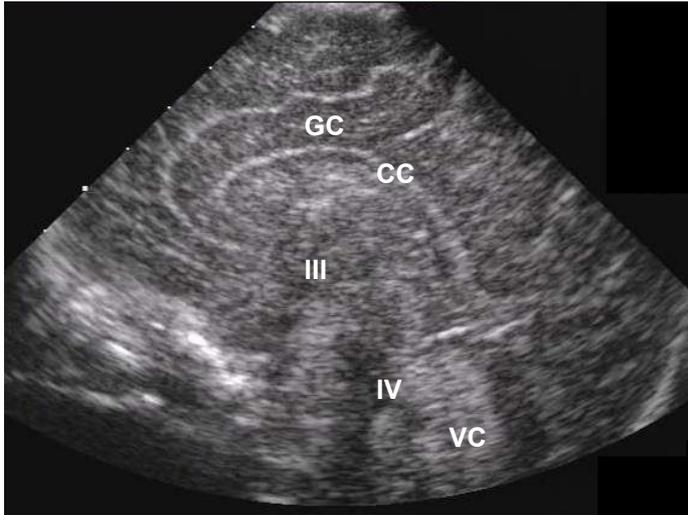
Abb. 1: Schematische Darstellung der Sagittalschnitte durch die vordere Fontanelle [18]



- C 1 = Vorderer Koronarschnitt vor den Seitenventrikelvorderhörnern
- C 2 = Vorderer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner
- C 3 = Mittlerer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner und den III. Ventrikel
- C 4 = Hinterer Koronarschnitt durch die Cisterna quadrigemina und durch die Pedunculi cerebri
- C 5 = Hinterer Koronarschnitt durch den IV. Ventrikel
- C 6 = Hinterer Koronarschnitt durch das Kleinhirn
- C 7 = Hinterer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelhinterhörner
- C 8 = Hinterer Koronarschnitt oberhalb der Seitenventrikel
- NC = Nucleus caudatus

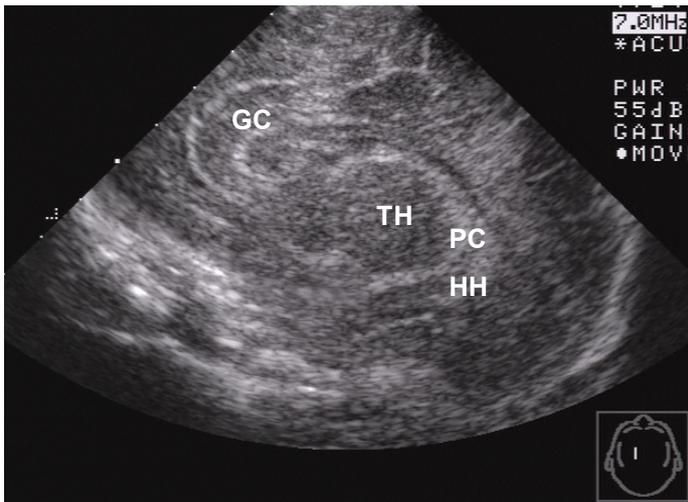
Abb. 2: Schematische Darstellung der Koronarschnitte durch die vordere Fontanelle [18]

Abb. 3 a-h zeigen die in **Abb. 1** und **2** dargestellten Schnittebenen einer Routine-Sonographie durch die vordere Fontanelle anhand von eigenem Bildmaterial.



GC = Gyrus cinguli
 CC = Corpus callosum
 III = III. Ventrikel
 IV = IV. Ventrikel
 VC = Kleinhirnwurm

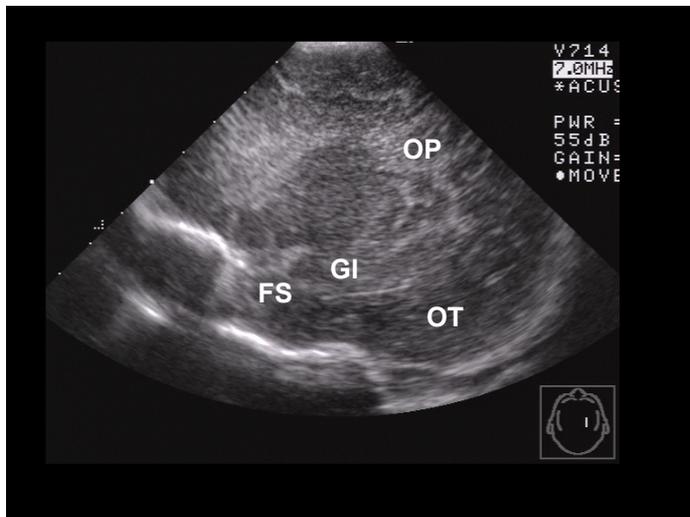
Abb. 3a: Medianer Sagittalschnitt (S1)



GC = Gyrus cinguli
 TH = Thalamus
 PC = Plexus choroideus
 HH = Hinterhorn des
 Seitenventrikels

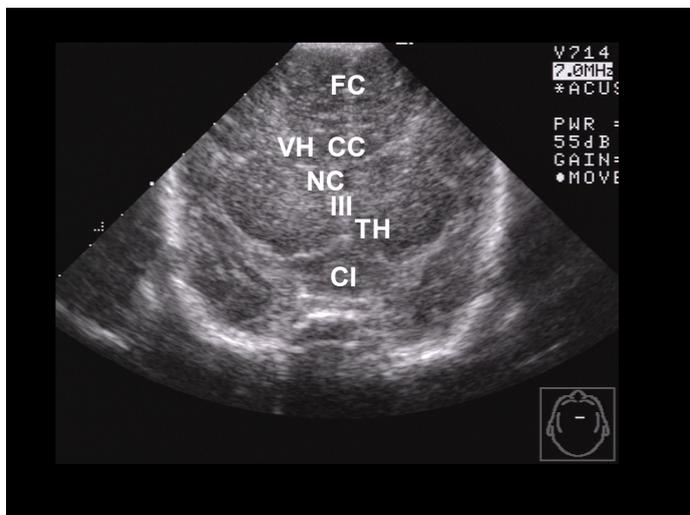
Abb. 3b: Parasagittalschnitt durch den Seitenventrikel (S 2)

Abb. 3: Routinesonographie durch die vordere Fontanelle [eigene Bilder]



OP = Operculum parietale
 FS = Fissura Sylvii
 GI = Gyri insulae
 OT = Operculum temporale

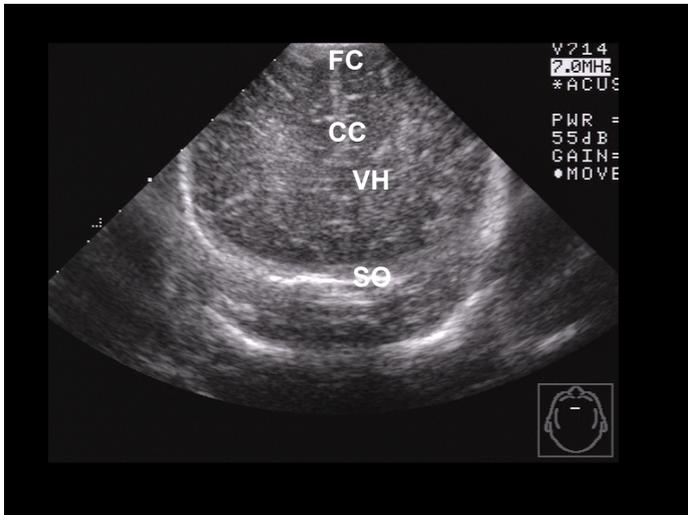
Abb. 3c: Parasagittalschnitt durch die Inselregion (S3)



FC = Falx cerebri
 CC = Corpus callosum
 VH = Vorderhorn des
 Seitenventrikels
 NC = Nucleus caudatus
 TH = Thalamus
 III = III. Ventrikel
 CI = Cisterna interpeduncularis

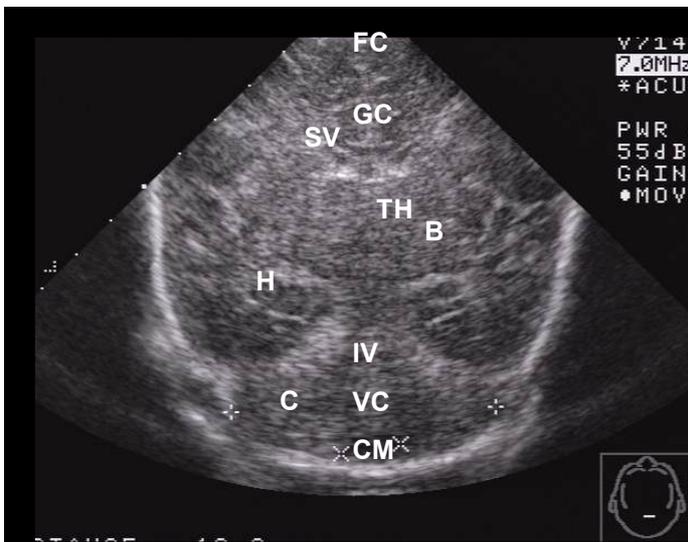
Abb. 3d: Mittlerer Coronarschnitt (C3)

Abb. 3: Routinesonographie durch die vordere Fontanelle [eigene Bilder]



FC = Falx cerebri
 CC = Corpus callosum
 VH = Vorderhorn des
 Seitenventrikels
 SO = Sulcus olfactorius

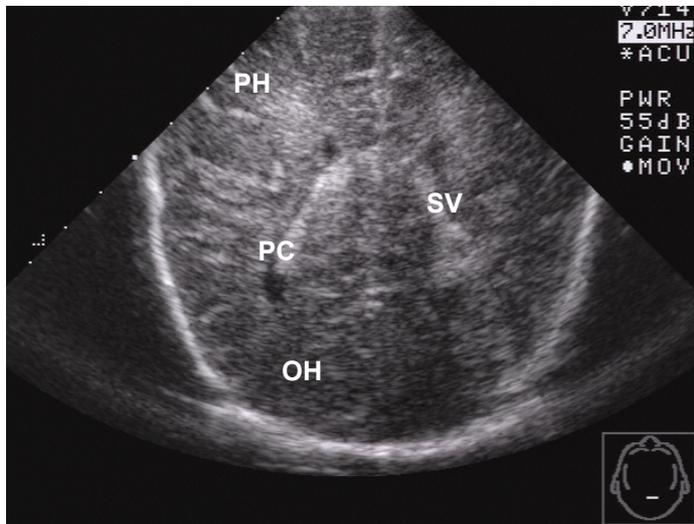
Abb. 3e: Vorderer Koronarschnitt (C2)



FC = Falx cerebri
 GC = Gyrus cinguli
 SV = Seitenventrikel
 TH = Thalamus
 B = Basalganglien
 H = Hippocampus
 IV = IV. Ventrikel
 VC = Kleinhirnwurm
 C = Kleinhirnhemisphären
 CM = Cisterna magna

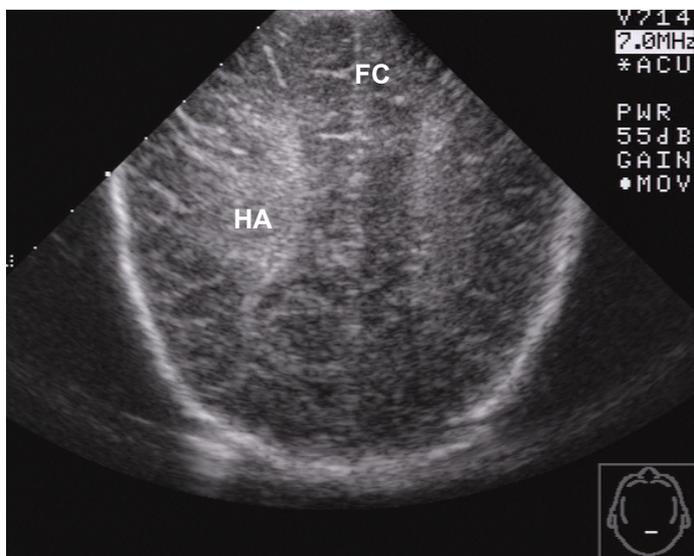
Abb. 3f: Hinterer Koronarschnitt (C6)

Abb. 3: Routinesonographie durch die vordere Fontanelle [eigene Bilder]



PH = Parietalhirn
 SV = Seitenventrikel
 PC = Plexus choroideus
 OH = Okzipitalhirn

Abb. 3g: Hinterer Koronarschnitt (C7)



FC = Falx cerebri
 HA = Periventrikulärer Halo

Abb. 3h: Hinterer Koronarschnitt (C8)
[Seitendifferenz durch leichte Verkipfung]

Abb. 3: Routinesonographie durch die vordere Fontanelle [eigene Bilder]

2.1.2. Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle

Die hintere Seitenfontanelle liegt beidseits zwischen dem Angulus mastoideus der Parietalschuppe, der Pars petrosa des Temporalbeins und der Occipitalschuppe (**Abb. 4**) und heißt synonym posterolaterale Fontanelle oder Fonticulus mastoideus. Die hintere Seitenfontanelle ist knorpelig, unregelmäßig begrenzt, relativ groß und verknöchert bald nach der Geburt als Sutura parietomastoidea [77]. Bei Frühgeborenen ist der knorpelige Teil der pars petrosa des Temporalbeins sowie die posterolaterale Fontanelle noch unverkalkt und verknöchert um den errechneten Geburtstermin.

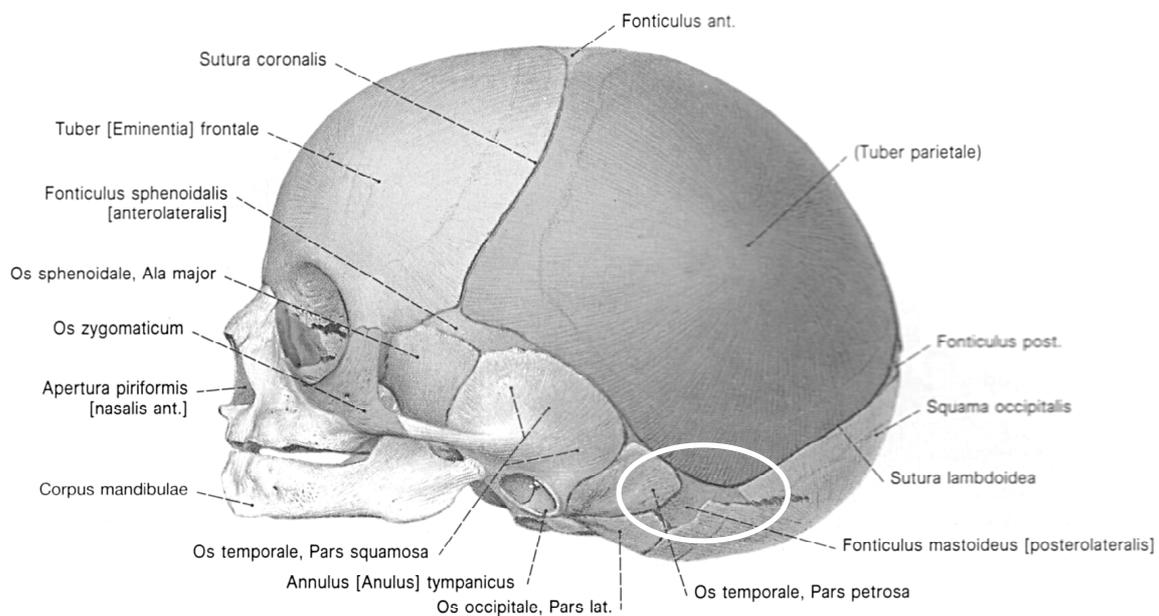


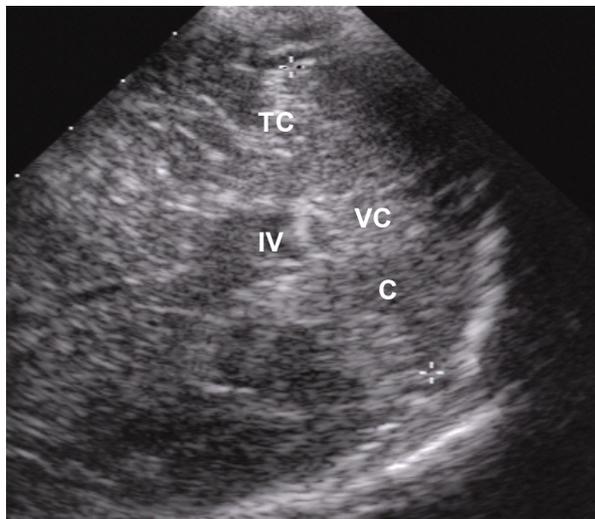
Abb. 4: Schädel eines Neugeborenen mit Fontanellen, Ansicht von lateral [77]

Der Kopf des Kindes wird zu einer beliebigen Seite gedreht. Retroaurikulär wird die posterolaterale Fontanelle palpirt und dann dort der Schallkopf senkrecht aufgesetzt. Die hintere Schädelgrube wird durchgemustert, indem einerseits der Schallkopf um seine Längsachse rotiert und andererseits der Einschallwinkel durch

Verkippen des Schallkopfes gegenüber der Fontanelle verändert wird. So kann durch den Zugangsweg der hinteren Seitenfontanelle das Kleinhirn und der Kleinhirnwurm dargestellt werden, zusätzlich können der Aquädukt, der IV. Ventrikel, die Cisterna magna und die umgebenen Liquorräume beurteilt werden.

Die Untersuchung der hinteren Schädelgrube nimmt üblicherweise ca. 2-5 Minuten in Anspruch.

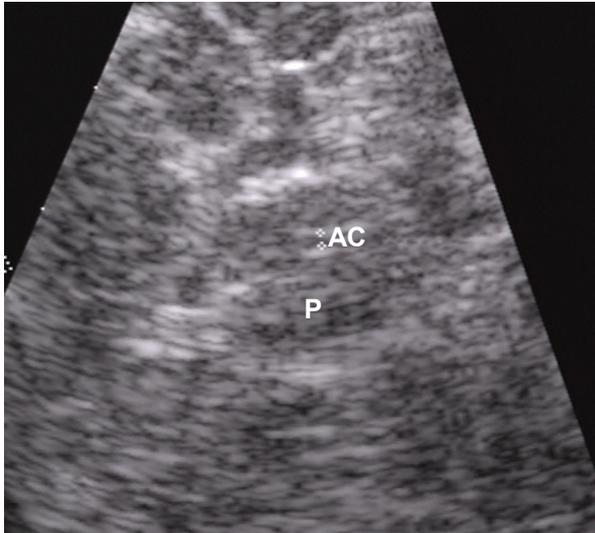
Abb. 5 a-b zeigt die Schnittebenen durch die hintere Schädelgrube bei der Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle anhand von eigenem Bildmaterial.



C = Kleinhirnhämispäre
VC = Kleinhirnwurm
IV = IV. Ventrikel
TC = Tentorium cerebelli

Abb. 5a: Schnitt durch das Kleinhirn und den IV. Ventrikel

Abb. 5: Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder]



AC = Aquaeductus cerebri
P = Pedunculi cerebri

Abb. 5b: Vergrößerung eines Schnitts durch den Aquädukt

Abb. 5: Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder]

2.2. Gehirnblutungen bei Frühgeborenen

Bei Frühgeborenen nimmt mit der Unreife das Risiko für eine Hirnblutung sowie deren Schweregrad zu [1, 16, 65]. Besonders Frühgeborene mit einem Gestationsalter <30. SSW und Geburtsgewicht <1500g haben ein hohes Risiko, eine intrakranielle Blutung zu erleiden. Claris et al. beschreiben 1996 die Gesamtinzidenz von Gehirnblutungen bei Frühgeborenen ≤ 28 . SSW mit 47%, die Inzidenz schwerer Gehirnblutungen nimmt mit zunehmendem Geburtsgewicht ab (50% mit 25 SSW bis 20% mit 28 SSW) [16]. Mit Verbesserung der technischen und medikamentösen Möglichkeiten in der Überwachung und Behandlung der Frühgeborenen sinkt die Inzidenz der Hirnblutungen. Während zunächst die Inzidenz der intraventrikulären Blutung mit weit über 50% betrug, ist sie in den meisten neonatologischen Intensivstationen in den letzten zwei Jahrzehnten auf 10-20% gesunken [56].

2.2.1. Pathophysiologie

Die Gehirnblutung Frühgeborener nimmt ihren Ursprung meist in der sog. germinalen Matrix, der reichlich vaskularisierten Bildungsstätte der Neuro- und Glioblasten. Die Germinalmatrix befindet sich subependymal an der lateralen Wand der Seitenventrikel zwischen Nucleus caudatus und Thalamus, aber auch am Dach des III. und IV. Ventrikels [44]. Ihre Zellproduktion ist zwischen der 8. und 28. SSW am aktivsten und bildet sich bis zur 32. SSW weitgehend zurück [28]. Die dünnwandigen und eher weitleumigen Gefäße dieser periventrikulären Keimlager rupturieren leicht, besonders wenn die Autoregulation der Hirndurchblutung durch Hypoxie, Azidose, Gerinnungsstörung und Blutdruckschwankungen gestört ist [93].

Die Hirnblutung kann als subependymale Blutung auf die germinale Matrix beschränkt bleiben oder zu unterschiedlich ausgedehnten Ventrikeleinbruchsblutungen mit eventueller hämorrhagischer Parenchyminfarzierung führen [29, 32]. Als Blutungsquelle für eine intraventrikuläre Blutung nimmt mit zunehmendem Reifegrad der Frühgeborenen die Bedeutung der Germinalmatrix ab und die Bedeutung des Plexus choroidei zu.

Kazam et al. bemerkten, dass die subarachnoidale Blutung der sonographischen Diagnose der intraventrikulären Blutung vorauszugehen scheint [46].

Die subependymale Blutung stellt sich sonographisch als echodichte Läsion dar und bildet sich im Zeitraum von 2 bis 4 Wochen entweder vollständig zurück oder sie hinterlässt eine kleine, manchmal septierte Zyste. Als Komplikation kann sich ein posthämorrhagischer Hydrocephalus entwickeln, entweder infolge einer obliterierenden Arachnoiditis oder durch Blockade des Aquädukts, initial durch Blutkoagel, im weiteren Verlauf auch durch Proliferation von subependymalen Gliazellen [27, 26]. Die Ventrikelerweiterung kann der Kopfumfangszunahme Tage bis Wochen vorausgehen. Bei gleichzeitigem Verschluss des Aquädukts und der basalen Foramina ist der IV. Ventrikel vom übrigen Ventrikelsystem und dem Subarachnoidalraum isoliert und erweitert sich durch Liquorproduktion seines eigenen Plexus choroideus. Dieser isolierte IV. Ventrikel erfordert bisweilen eine

separate liquorableitende Drainage [71]. Sowohl für die Indikationsstellung zur Drainage als auch zur Verlaufskontrolle ist die Sonographie äußerst hilfreich [85].

2.2.2. Klinische Manifestation

Die Symptome, mit denen sich eine Gehirnblutung manifestiert, sind abhängig vom Ort und Ausmaß der Blutung und sind meist unspezifisch. Leichtere Blutungen bleiben häufig symptomlos oder zeigen sich uncharakteristisch in Blässe, Apathie, Unruhe, Übererregbarkeit, schrillum Schreien, Fäusteln, Trinkunlust, Erbrechen, Tachykardie, Atemstörungen wie Apnoen oder transitorischer Tachypnoe. Ausgeprägte Symptome mit Rigidität der Muskulatur, Opisthotonus, gespannter Fontanelle, Anisokorie und Pupillenstarre, Bewegungsstörungen, Krämpfen und Koma weisen auf eine schwere Blutung hin. In der Folge kann es zu Temperaturlabilität, Hämatokritabfall, aber auch Hyperglykämie und Hyperkaliämie kommen [23, 47, 72, 75].

Differentialdiagnostisch sollte an Sepsis, Meningoenzephalitis, hypoxische Hirnschädigung bei perinataler Asphyxie, angeborene Stoffwechselstörungen, Hypoglykämie und Krämpfe oder Schock anderer Genese gedacht werden.

Erklärt sich die Hirnblutung des Frühgeborenen meist durch Unreife, so erfordern Hirnblutungen bei reifen Neugeborenen eine sorgfältige Abklärung hinsichtlich der Ursache: Reanimation, Geburtstrauma, hämorrhagische Diathese, Thrombophilie, venöse oder arterielle Thrombosen, Embolien, Polyglobulie, Hypernatriämie, Aneurysmen, AV-Malformationen, Aortenisthmusstenose, Tumor, ECMO-Therapie.

2.2.3. Therapie

Als Therapie der Gehirnblutung beim Frühgeborenen gilt die Ausschöpfung konservativer Maßnahmen mit Intensivpflege auf einer neonatologischen Station. Kontinuierliches kardiorespiratorisches Monitoring, Stabilisierung des Blutdrucks und Vermeidung von Blutdruckspitzen, Gewährleistung von optimaler Oxygenierung durch frühzeitige elektive Intubation, Vermeidung von Hypoglykämien und Vasospasmen (z. B. durch Hyperventilation), Schocktherapie, Elektrolytausgleich und behutsame Betreuung und Vermeidung von Belastungen aller Art (minimal handling) sind zu beachten. Spontanresorption von intraventrikulären Blutkoageln ohne wesentliche Substanzdefekte rechtfertigen das primär konservative Vorgehen [30].

Eine chirurgische Intervention ist nur bei Zeichen einer akuten Einklemmung des Hirnstamms oder einer akuten Hirndrucksymptomatik gerechtfertigt [42]. Progrediente posthämorrhagische Ventrikelerweiterung mit Ausbildung eines posthämorrhagischen Hydrocephalus und Entwicklung von Hirndruck erfordert in mehr als 60% die Anlage einer Liquorableitung. Durch Erhöhung der fibrinolytischen Aktivität durch Streptokinase-Infusion kann jedoch die Anlage eines Liquorshunts verhindert werden [97]

2.2.4. Einteilung der Gehirnblutungen

Die gebräuchlichste Klassifikation der Gehirnblutungen des Frühgeborenen geht auf Lou Ann Papile zurück (**Tab. 25**) und basiert auf computertomographischen Untersuchungen, die in den ersten Lebenswochen bei Frühgeborenen durchgeführt wurden [15]:

Grad	
I	Subependymale Blutung
II	Ventrikelinbruchsblutung ohne Ventrikelerweiterung
III	Ventrikelinbruchsblutung mit Ventrikelerweiterung
IV	Ventrikelinbruchsblutung mit Blutungen in das Hirnparenchym

Tab. 25: Klassifizierung der Gehirnblutung nach Papile [62]

Unter Berücksichtigung der sonographischen Untersuchungstechnik wurde 1998 durch die pädiatrische Sektion der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) eine neue Klassifikation in Analogie zu Volpe [92, 93] vorgeschlagen. Diese wird den pathophysiologischen und morphologischen Gegebenheiten gerechter. Sie beschreibt neben Seitenangaben die Lokalisation der hämorrhagischen Infarzierung und ihre Größe; Blutungen in die Basalganglien, Kleinhirn und Stammhirn werden als eigene Entitäten beschrieben. Bei posthämorrhagischer Ventrikelerweiterung wird zwischen passagerer Ventrikelerweiterung und therapiepflichtigem Hydrozephalus unterschieden. Die Klassifikation der intrakraniellen Blutungen des Frühgeborenen nach DEGUM wird in **Tab. 26** dargestellt.

Klassifizierung der Gehirnblutung des Frühgeborenen

Grad I	Subependymale Blutung
Grad II	Intraventrikuläre Blutung, die weniger als 50% des Lumens ausfüllt
Grad III	Intraventrikuläre Blutung, die mehr als 50% des Lumens ausfüllt

Hämorrhagische Infarzierung des Hirnparenchyms

Lokalisation	frontal parietal occipital
Größe	klein ($\leq 1\text{cm}$) mittel ($>1\text{cm}$ u. $\leq 2\text{cm}$) groß ($>2\text{cm}$)

Blutung oder hämorrhagische Infarzierung von

- Basalganglien
 - Kleinhirn
 - Stammhirn
-

Posthämorrhagische Ventrikelerweiterung

Therapiebedürftiger posthämorrhagischer Hydrozephalus

Alle Läsionen werden jeweils seitenspezifisch getrennt beschrieben.

Tab. 26: Klassifizierung der Gehirnblutung des Frühgeborenen nach dem Konsens der pädiatrischen Sektion der DEGUM 1998 [78]

2.2.5. Screening

Da die intrakranielle Blutung gewöhnlicherweise ein klinisch inapparentes Ereignis ist, benötigt sie Screening- Untersuchungen [8].

Während Staudt et al. konstatieren, dass sich innerhalb der ersten 72 Lebensstunden 90% der intrakraniellen Blutungen manifestieren [78], publizierte Perlman diskrepante Zahlen. Er führte sonographische Untersuchungen bei 248 Neugeborenen mit einem Geburtsgewicht unter 1500g durch. An Tag 3-5 waren

77%, bis zu Tag 10-14 84% und bis zum Tag 28 alle Läsionen dargestellt worden [64].

Ein sonographisches Screeningprotokoll von Frühgeborenen zur Darstellung der intraventrikulären Blutungen sollte bis zur Entlassung alle intraventrikulären Blutungen aufdecken. Die Empfehlungen zur Durchführung des Screenings variieren.

Die pädiatrische Sektion der DEGUM empfiehlt die Schädelsonographie bei allen Frühgeborenen mit einem Gestationsalter ≤ 32 SSW sowie bei allen Frühgeborenen mit Geburtsgewicht ≤ 1500 g innerhalb der ersten drei Lebenstage. Eine Untersuchung am ersten Lebenstag ist hilfreich, um intrauterin entstandene von postnatalen Blutungen zu differenzieren [78].

2.2.6. Prognose

Während nur 50% der Frühgeborenen < 500 g überleben, überleben circa 70-85% der Kinder mit einem Geburtsgewicht < 1500 g. 5-15% von ihnen entwickeln erhebliche motorische Defizite, die unter dem Begriff Cerebralparese zusammengefasst werden. Weitere 25-50% der überlebenden Frühgeborenen weisen entwicklungsneurologische Defizite auf, vor allem Schulversagen [7, 90].

Epidemiologische Studien zeigen eine Zunahme der Prävalenz der Cerebralparese bei Kindern mit niedrigem Geburtsgewicht. Dieser Prävalenzanstieg ist wahrscheinlich mit der steigenden Überlebensrate dieser extremen Frühgeborenen und die dadurch bedingten Komplikationen zu erklären [80, 91]. Mit dem Schweregrad einer Gehirnblutung steigt auch die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Cerebralparese, wie **Tab. 27** zeigt [56]. Nach Gehirnblutungen Grad III-IV nach Papile sind insgesamt bei 44-90% der Frühgeborenen schwere neurologische Komplikationen wie mentale Retardierung und Cerebralparese zu erwarten [38, 55, 56, 82, 88, 89].

	% Cerebralparese
keine IVH	3
Grad 1-2	16
Grad 3-4	44

Tab. 27: Intraventrikuläre Blutung (IVH) und Cerebralparese bei ehemaligen Frühgeborenen im korrigierten Alter von 72 Monaten [56]

Komplexe und schwerste Behinderungen sind bei kombinierten Läsionen zu erwarten, vor allem bei vorhandener Parenchymläsion mit oder ohne assoziierter intraventrikulärer Blutung (IVH) [69]. Die Kombination aus IVH, Ventrikelerweiterung und intraparenchymatöse periventrikuläre Echodensität geht mit einer hohen odds ratio für Behinderung einher. Allein die isolierte intraventrikuläre Blutung hat eine bessere Prognose [7, 82].

Im Vergleich zu Kindern des gleichen Gestationsalters ohne Gehirnblutung weisen auch Frühgeborene mit leichten Hirnblutungen kognitive Defizite auf (**Tab. 28**).

IQ	% keine IVH	% IVH Grad 1-2	% IVH Grad 3-4
<70	8	14	67
70-80	11	16	0
>80	81	70	33

Tab. 28: Intraventrikuläre Blutung (IVH) und Intelligenzquotient (IQ) bei ehemaligen Frühgeborenen im korrigierten Alter von 72 Monaten [56]

Alle Kinder sollten nach Hirnblutungen einer Nachuntersuchung zugeführt werden. Bei Auftreten einer Bewegungsstörung oder Abweichen der sensomotorischen Entwicklung ist frühzeitig eine physiotherapeutische Betreuung (Bobath), eine Frühförderung und eine regelmäßige neuropädiatrische Nachsorge zu planen.

3. Eigene Studie

3.1. Zielsetzung

Mit der vorliegenden Studie soll prospektiv beurteilt werden, welchen Informationsgewinn die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle im Anschluss an die Routinesonographie durch die vordere Fontanelle bringt. Des Weiteren soll die Anatomie und Pathologie der hinteren Schädelgrube von Frühgeborenen anhand modifizierter Schallebenen durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden.

3.2. Klinische Anwendung

Mit der verbesserten Darstellbarkeit infratentorieller cerebellärer Läsionen gewinnen auch kleinere Läsionen zunehmend größere Bedeutung. Die korrekte Diagnosestellung ist eine wichtige Aufgabe des klinisch tätigen Arztes. Sie ermöglicht ein informatives Aufklärungsgespräch mit den Eltern über die Erkrankung ihres Kindes [33, 96]. Eine Vielzahl von Kleinhirnblutungen ist klinisch inapparent. Eine exakte Diagnose ermöglicht die differenzierte Verlaufsbeobachtung im Hinblick auf sich eventuell entwickelnde klinische Symptomatik. Dadurch kann eine Frühförderung ermöglicht werden.

3.3. Fragestellungen

Folgende Fragen sollen im Rahmen der vorliegenden Studie beantwortet werden:

- Durch die Studie soll prospektiv beurteilt werden, wie häufig infratentorielle Läsionen mittels Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden können, die sich mittels Sonographie durch die vordere Fontanelle nicht darstellen lassen
- Ist es sinnvoll, routinemäßig bei allen Frühgeborenen oder bei einer bestimmten Patientengruppe, z. B. in Abhängigkeit vom Gestationsalter oder Geburtsgewicht, die kraniale Sonographie durch die Untersuchung durch die hintere Seitenfontanelle zu ergänzen?
- Erhebung der Inzidenz von infratentoriellen Veränderungen, z. B. Blutungen im Bereich der Kleinhirnhemisphären, Kleinhirnzysten, Erweiterung des IV. Ventrikels oder der Cisterna magna, Einblutung in den IV. Ventrikel, Verklebung oder Koagel in der Cisterna magna.
- Besteht eine Korrelation zwischen dem Auftreten oder der Darstellbarkeit supra- und infratentorieller Läsionen?
- Erhebung von Richt- oder Normwerten für den IV. Ventrikel, Cisterna magna, Aquäduktbreite, Kleinhirndurchmesser. Gibt es Unterschiede bei Mangelgeborenen (SGA): Geburtsgewicht <10. Perzentile, Länge <3. Perzentile?

4. Methodik

4. 1. Studienaufbau

In die vorliegende Studie wurden Frühgeborene, d. h. vor der vollendeten 36. Schwangerschaftswoche geborene Kinder aufgenommen, bei denen innerhalb des Studienzeitraumes (29.05.00 bis 10.11.00) eine Schädelsonographie durchgeführt wurde.

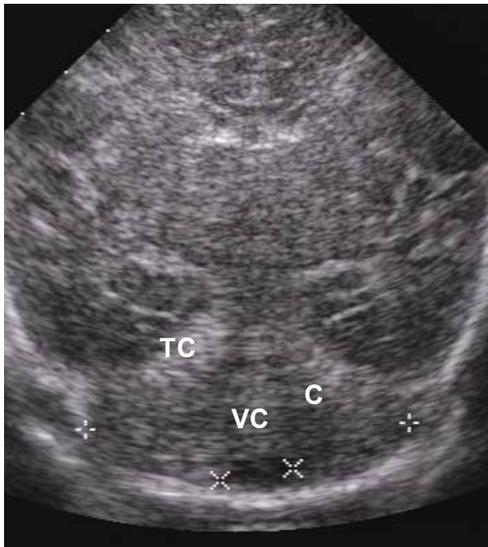
Nach der Routinesonographie durch die vordere Fontanelle erfolgte die Beurteilung und Dokumentation besonders der infratentoriellen Strukturen. Im Anschluss wurde die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle durchgeführt.

Die Patienten wurden in der Kinderklinik der Technischen Universität München, der Neugeborenenintensivstation des Klinikums Rechts der Isar und der Frühgeborenenintensivstation des Klinikums Großhadern untersucht.

4.2. Untersuchungstechnik

Eine Ultraschalluntersuchung des Gehirns wird in diesen Abteilungen bei allen Frühgeborenen routinemäßig durchgeführt. Die Routineuntersuchung des Gehirns erfolgte bei gutem Zustand des Kindes in den Funktionsräumen der Sonographie durch einen erfahrenen ärztlichen Untersucher oder unter dessen Supervision. Auf der Intensivstation wird mit Hilfe eines portablen Sonographiegerätes die Untersuchung im Inkubator durchgeführt.

Es wurde eine Routineuntersuchung durch die vordere Fontanelle durchgeführt und dokumentiert. Im hinteren Coronarschnitt (C 6) wurden das Kleinhirn und die Cisterna magna in ihrer breitesten Ausdehnung vermessen (**Abb. 6**).



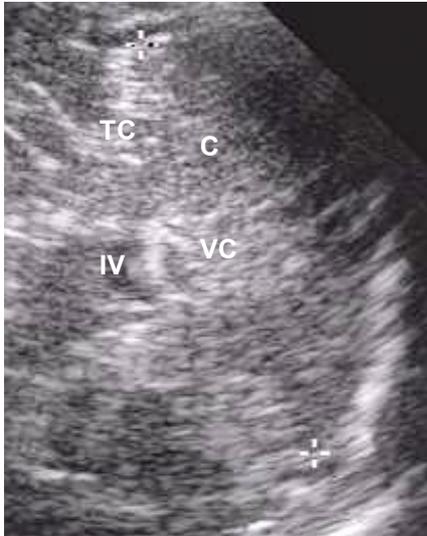
- C = Kleinhirnhemisphäre
- TC = Tentorium cerebelli
- VC = Kleinhirnwurm
- ++ Transcoronarer
Durchmesser (TCD)
- x x Weite der Cisterna
Magna

Abb. 6: Vermessung der hinteren Schädelgrube im hinteren Coronarschnitt (C 6) [eigenes Bild]

Im Anschluss an die Sonographie durch die große vordere Fontanelle wurde eine zusätzliche Untersuchung durch die hintere Seitenfontanelle durchgeführt. Dazu wurde der Kopf des Kindes zu einer beliebigen Seite gedreht. Bei Kindern auf der Intensivstation ist der Kopf meistens auf einer Seite gelagert, diese Seite wurde dann zur Untersuchung verwendet. Bei Folgeuntersuchungen wurde, wenn durchführbar, durch die jeweils andere Seite geschallt.

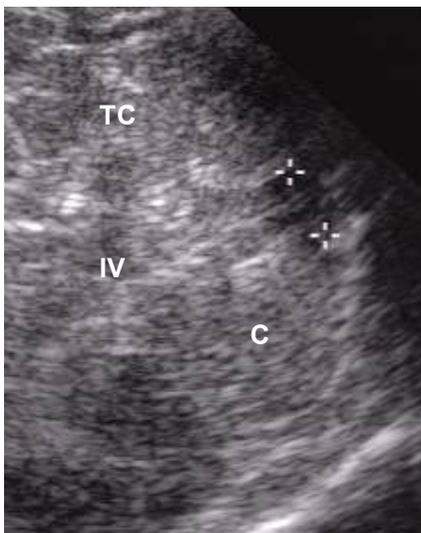
Zur Dokumentation wurde die Schnittebene durch den IV. Ventrikel gesucht, in der das Kleinhirn in seiner größten Ausdehnung abgebildet wird. Falls die Cisterna magna, der IV. Ventrikel oder der Aquädukt nicht in dem gleichen Bild wie das Kleinhirn in seiner größten Längsausdehnung dargestellt werden konnte, wurden diese Strukturen in zusätzlichen Bildern dokumentiert.

Vermessen wurden wie in **Abb. 7** dargestellt, Kleinhirn und Cisterna magna in ihrer breitesten transversalen Ausdehnung, der IV. Ventrikel in seiner Höhe und Breite und der Aquädukt in seiner Breite.



C = Kleinhirnhämispäre
 TC = Tentorium cerebelli
 VC = Kleinhirnwurm
 IV = IV. Ventrikel
 + + Transcerebellärer
 Durchmesser (TCD)

Abb. 7a: Messung des transcerebellären Durchmessers



C = Kleinhirnhämispäre
 TC = Tentorium cerebelli
 IV = IV. Ventrikel
 + + Cisterna magna

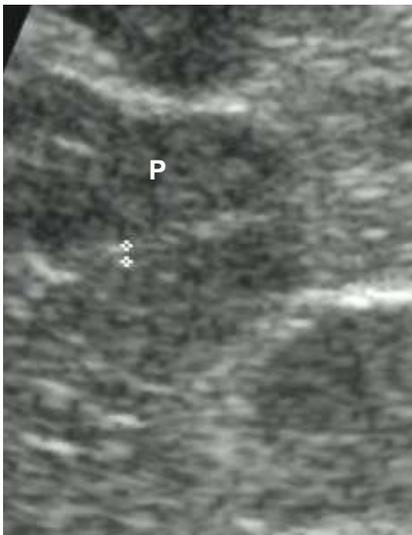
Abb. 7b: Messung der Cisterna magna

Abb. 7: Vermessung der hinteren Schädelgrube durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder]



- C = Kleinhirnhämispäre
- IV = IV. Ventrikel
- + + Weite des IV. Ventrikels
- x x Höhe des IV. Ventrikels

Abb. 7c: Messung des IV. Ventrikels



- P = Pedunculi cerebri
- + + Weite des Aquaeductus cerebri

Abb. 7d: Messung des Aquädukts

Abb. 7: Vermessung der hinteren Schädelgrube durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder]

4.3 Sonographiegeräte

Es wurden folgende Sonographiegeräte benutzt:

- Acuson 128 XP/ 10
- Acuson 128

Die Sonographiegeräte hatten 5,0 MHz und 7 MHz-Sektorschallköpfe, die teilweise mit Multi-Hz-Funktion bis 3,5 MHz ausgestattet waren.

4.4. Patientenkollektiv

101 Frühgeborene wurden untersucht. Der 47. Patient wurde von der Studie ausgeschlossen, da später errechnet wurde, dass sein Gestationsalter bei Geburt 38+1 SSW betrug. Damit war das Studienkriterium gemäß Abs. 4.1 nicht mehr erfüllt.

Von den 100 Studienteilnehmern wurden 24 zweimal, 7 dreimal, 3 viermal und 2 fünfmal untersucht.

Von jedem Studienteilnehmer wurde nur eine Untersuchung in die Gesamtstatistik einbezogen. Bei den Kindern, bei denen die Erstuntersuchung innerhalb der ersten drei Lebenstage erfolgte, wurde die Zweituntersuchung, falls durchgeführt, in die Statistik einbezogen. Dies war bei 6 Kindern (Nr. 4, 9, 10, 46, 57, 79) der Fall. Insgesamt wurden bei 27 Kindern Untersuchungen innerhalb der ersten 3 Lebenstage durchgeführt, 21 davon gingen in die Statistik ein.

Es wurden 47 weibliche und 53 männliche Frühgeborene in die Studie aufgenommen. Ihr Geburtsgewicht lag zwischen 550 und 3200g, ihr Gestationsalter bei Geburt zwischen 23+4 und 36+6 SSW. Am Tag der Untersuchung waren sie 0 bis 91 Tage alt, ihr Gestationsalter bei Untersuchung lag zwischen 25+3 und 42+6 SSW.

4.5. Durchführung und Dokumentation

Von allen in die Studie aufgenommenen Patienten wurden folgende Daten aus dem Krankenblatt in einem Dokumentationsbogen (**Abb. 8a**) schriftlich fixiert:

- Gestationsalter bei Geburt und zum Zeitpunkt der Untersuchung
- Geburtsgewicht
- Kopfumfang bei Geburt und Untersuchung
- Geburtsverlauf
- Auffälligkeiten der Neurologie
- Sonstige Befunde (z. B. Fehlbildungen, mütterlicher Drogenabusus etc.)

Nach Durchführung der Sonographie durch die vordere Fontanelle erfolgte die Beurteilung des Gehirns und die Dokumentation auf dem Dokumentationsbogen (**Abb. 8b**). Dieser beinhaltete die Beurteilung der supra- und infratentoriellen Strukturen.

Erst im Anschluss daran wurde die Untersuchung durch die posterolaterale Fontanelle durchgeführt. Nach Beendigung dieser Untersuchung wurde der Dokumentationsbogen für die Beurteilung der hinteren Schädelgrube durch die hintere Seitenfontanelle ausgefüllt (**Abb. 8c**).

4.6. Statistik

Die patientenbezogenen Daten wurden codiert und in einer Tabelle als Excel-Datei gespeichert. Nach Abschluss der Studie mit 100 aufgenommenen Patienten erfolgte die statistische Auswertung der erhobenen Daten mit Hilfe des SPSS-Programms. Die Auswertung erfolgte mit Unterstützung von Herrn Dr. Wiseman vom Leibnitz-Rechenzentrum München.

Sonographie der hinteren Schädelgrube	
DOKUMENTATIONSBOGEN	
Patientendaten	
Untersuchungsnummer:	
Tag der Untersuchung:	
Name:	
Gestationsalter bei Geburt:	
Kopfumfang bei Geburt:	
Geburtsgewicht:	
Geburtsstag:	
Geburt:	spontan 0 Sectio 1 Forceps 2 Vakuummextraktion 3
Kopfumfang bei Untersuchung:	
Krampfanzfälle:	keine 0 Z. n. / V. a. Krampfanzfall 1 rez. Krampfanzfälle 2
Neurologie:	normal 0 auffällig 1
Arztbrief:	endgültig vorläufig liegt nicht vor
Sonstiges:	

Abb. 8a: Dokumentationsbogen der Patientendaten

Sonographie durch die vordere Fontanelle	
DOKUMENTATIONSBOGEN	
<u>Supratentoriell</u>	normal 0 pathologisch 1
Qualität des Schallfensters:	gut 0 reduziert 1 schlecht 2
Seitenventrikel links asymmetrisch re > li 2	normal 0 asymmetrisch li > re 1 leicht 1 mittelgradig 2 massiv erweitert 3
rechts	normal 0 asymmetrisch li > re 1 asymmetrisch re > li 2 leicht 1 mittelgradig 2 massiv erweitert 3
Koagel	normal 0 leicht erweitert 1 mittelgradig erweitert 2 massiv erweitert 3 nicht abgrenzbar 4
III. Ventrikel	normal 0
Periventriculäres Marklager	normal 0 Echogenitätsvermehrung li 1 Echogenitätsvermehrung re 2 sonstiges 3
Stammganglien	normal 0 fokale Echogenitätsvermehrung li 1 fokale Echogenitätsvermehrung re 2 sonstiges 3
Hirnparenchym	normal 0 subependymale Echogenitätsvermehrung li 1 subependymale Echogenitätsvermehrung re 2 sonstiges 3
<u>Diagnose:</u>	
<u>Infratentoriell</u>	normal 0 pathologisch 1
Qualität des Schallfensters:	gut 0 reduziert 1 schlecht 2
Aquädukt	nicht darstellbar 0 schlitzförmig 1 normal 2 erweitert 3
IV. Ventrikel	nicht darstellbar 0 schlitzförmig 1 normal 2 erweitert 3 Koagel 1
Tentoriumreflex	nicht darstellbar 0 unauffällig 1 verbreitert 2
Kleinhirnstruktur	nicht darstellbar 0 unauffällig 1
erhöhte Echogenität:	diffus 2 / fokal (mm) 3
echoarmes 4 / echofreies Areal 5	
TCD:	mm nicht beurteilbar 6
Cisterna magna	nicht darstellbar 0 unauffällig 1 auffallend groß 2
Weite:	mm
Koagel globulär	linear 2
Foliae cerebelli	nicht darstellbar 0 unauffällig 1
sonstiges:	
<u>Diagnose:</u>	

Abb. 8b: Dokumentationsbogen der Sonographie durch die vordere Fontanelle

Abb. 8: In der Studie verwendete Dokumentationsbögen

Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle links 0 / rechts 1	
DOKUMENTATIONSBOGEN	
<u>Infratentoriell</u>	normal 0
Qualität des Schallfensters:	gut 0 reduziert 1 schlecht 2
Aquädukt	nicht darstellbar 0 schlitzförmig 1 normal 2 erweitert 3 Weite mm
IV. Ventrikel	nicht darstellbar 0 schlitzförmig 1 normal 2 erweitert 3 Koagel 1
Tentoriumreflex	nicht darstellbar 0 unauffällig 1 verbreitert 2
Kleinhirnstruktur	nicht darstellbar 0 unauffällig 1 erhöhte Echogenität: diffus 2 / fokal (mm) 3 echoarmes 4 / echofreies Areal 5
Cisterna magna	TCD: mm nicht beurteilbar 6 nicht darstellbar 0 unauffällig 1 auffallend groß 2 Weite: mm
Foliae cerebelli	Koagel globulär 1 linear 2 nicht darstellbar 0 unauffällig 1
sonstiges:	
<u>Diagnose:</u>	

Abb. 8c: Dokumentationsbogen der Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle

Abb. 8: In der Studie verwendete Dokumentationsbögen

5. Ergebnisse

Die erzielten Ergebnisse sind in den **Tabellen 1 bis 24, 29 und 30** und **Abbildungen 9 bis 28** dargestellt und werden im folgenden Abschnitt im Einzelnen vorgestellt. **Tab. 1 bis 24** befinden sich im **Tabellenanhang**, **Tab. 29 und 30** werden im Textverlauf dargestellt und sind im Tabellenanhang aufgelistet, die Abbildungen befinden sich im Textverlauf und sind im **Abbildungsverzeichnis** aufgelistet.

5.1. Patientenbezogene Ergebnisse

Es wurden 100 Kinder, 47 Mädchen und 53 Jungen mit einem medianen Geburtsgewicht von 1768g (550g bis 3200g) und einem medianen Gestationsalter von 33 SSW bei Geburt (23+4 SSW bis 36+6 SSW) untersucht. Am Tag der Untersuchung waren sie 9 Tage (0 bis 91 Tage) alt, ihr medianes Gestationsalter lag bei Untersuchung bei 35+0 SSW (25+3 SSW bis 42+6 SSW) (**Tab. 1**).

5.2. Supratentorielle Pathologien

Bei 22 Kindern wurden pathologische supratentorielle Befunde erhoben, bei 78 Kindern ließ sich keine supratentorielle Pathologie nachweisen (**Tab. 2 und 3**). Die supratentoriellen Pathologien werden im Einzelnen in **Tab. 29** dargestellt.

Supratentorielle Pathologien		Anzahl
Ventrikulomegalie	leicht	4
	mittelgradig	6
	massiv	1
Koagel im Ventrikelsystem		6
Intrakranielle Blutung (ICH*)	I°	10
	II°	2
	III°	4
Posthämorrhagischer Hydrocephalus		1
Kommunizierender Hydrocephalus		1
PVL ein-/ bzw. beidseitig		4
Thalamusinfarkt (einseitig) mit Gefäßgliose		1

* zur Definition der Gradeinteilungen der ICH siehe **Tab. 26**, S. 16-17

Tab. 29: Auflistung der diagnostizierten supratentoriellen Pathologien

5.3. Infratentorielle Pathologien

Bei sechs Kindern (6%) wurden infratentorielle Läsionen dargestellt. Die infratentoriellen Pathologien sind in **Tab. 30** aufgezeigt.

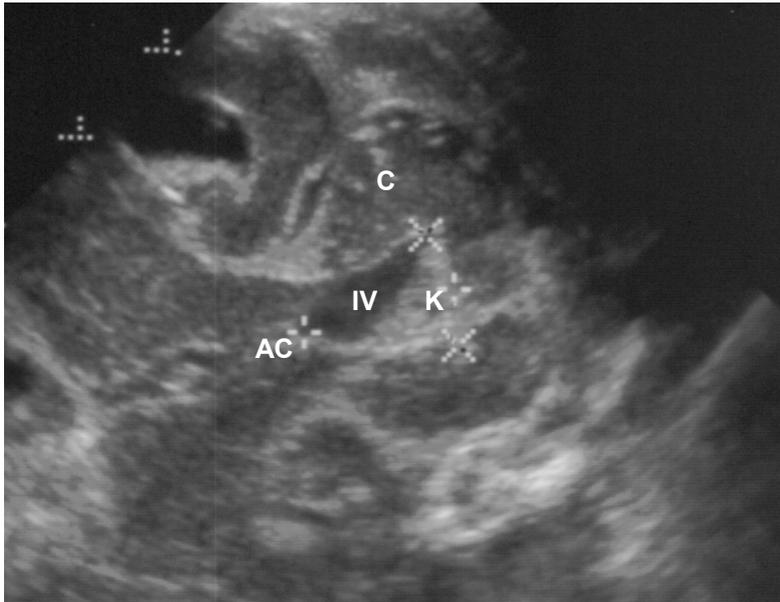
Infratentorielle Pathologien	Anzahl
Erweiterung des IV. Ventrikels	3
Erweiterung des Aquädukts	1
Auffallend große Cisterna magna	1
Koagel im IV. Ventrikel	3
Ependymblutung am Dach des IV. Ventrikels	1
Koagel in der Cisterna magna	2
Cisterna magna nicht darstellbar (fragl. patholog. Wertigkeit)	1
Intraparenchymatöse echodense Zone linke	1
Kleinhirnhemisphäre (bei den Nachuntersuchungen nicht mehr darstellbar)	

Tab. 30: Auflistung der diagnostizierten infratentoriellen Pathologien

Drei der sechs Kinder mit infratentorieller Pathologie (50%) hatten zunächst am 1. Lebenstag ein unauffälliges Schädelsonogramm, die supra- und infratentoriellen Läsionen ließen sich erst bei der Zweituntersuchung am 2. bzw. 4. Lebenstag darstellen.

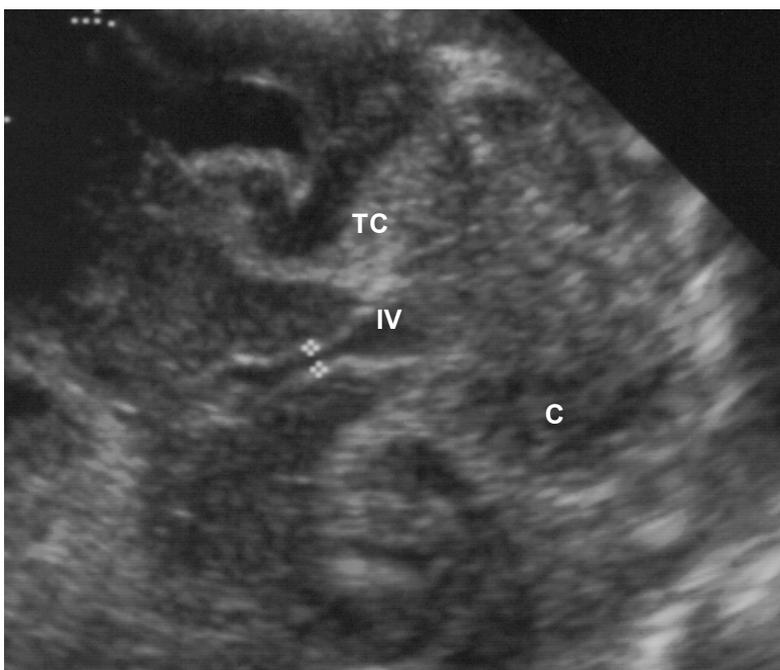
Nur bei einem Kind wurde die infratentorielle Läsion mittels Sonographie durch die vordere Fontanelle dargestellt und durch die hintere Seitenfontanelle verifiziert. Bei den übrigen fünf Patienten mit infratentoriellen Läsionen (83,3%) wurden diese nur durch die hintere Seitenfontanelle diagnostiziert und konnten bei der Untersuchung durch die vordere Fontanelle nicht dargestellt werden.

Abb. 9 und 10 zeigen zwei der infratentoriellen Läsionen, die mittels der Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden konnten.



C = Kleinhirnhemisphäre
IV = IV. Ventrikel
K = Koagel im IV. Ventrikel
AC = Aquädukt

Abb. 9: Koagel im erweiterten IV. Ventrikel [eigenes Bild]



TC = Tentorium cerebelli
C = Kleinhirnhemisphäre
IV = IV. Ventrikel
+ + Aquäduktweite

Abb. 10: Erweiterter Aquädukt [eigenes Bild]

5.4. Zusammenhang zwischen supra- und infratentoriellen Läsionen

Von den 22 Kindern mit supratentorieller Läsion hatten 27% (n=6) auch eine infratentorielle Läsion. Alle Kinder mit infratentorieller Läsion hatten auch eine supratentorielle Läsion, d. h. kein Kind hatte eine isolierte infratentorielle Pathologie. (Abb. 11).

Alle Kinder mit infratentorieller Läsion sind einzeln in **Tab. 26** aufgelistet.

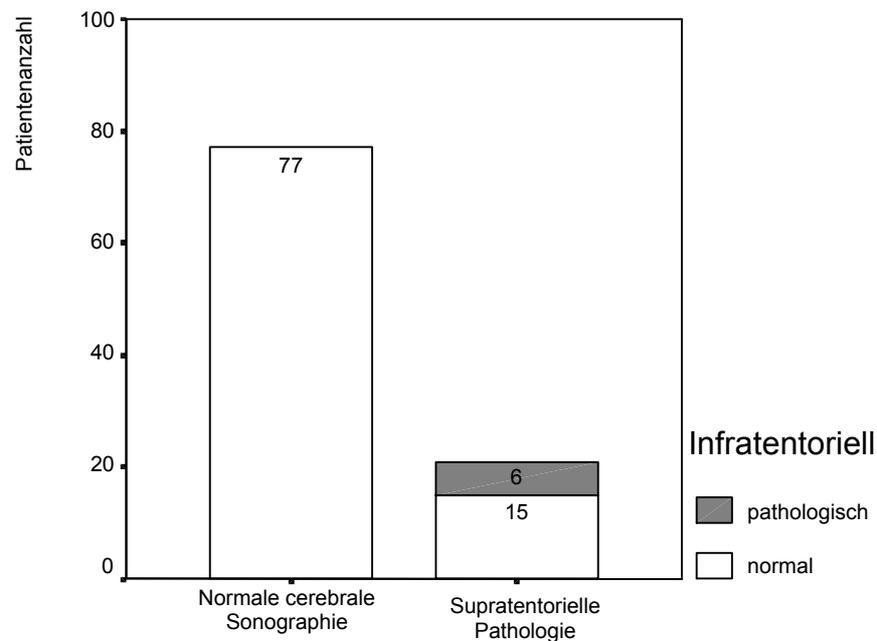


Abb. 11: Zusammenhang zwischen supra- und infratentorieller Pathologie

Bei zwei Kindern waren die infratentoriellen Strukturen aufgrund der schlechten Qualität des Schallfensters durch die hintere Seitenfontanelle nicht beurteilbar. Eins dieser Kinder hatte eine supratentorielle Pathologie, das andere hatte supratentoriell keine Pathologie (**Tab. 7**).

5.4.1. Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem

Sieben Kinder hatten Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem. Alle fünf Kinder, bei denen die infratentorielle Pathologie bei der Untersuchung durch die vordere Fontanelle übersehen worden ist, hatten Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem. Das Frühgeborene, bei dem die infratentorielle Pathologie durch die vordere Fontanelle diagnostiziert wurde, hatte keine Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem (**Tab. 8** und **Abb. 12**).

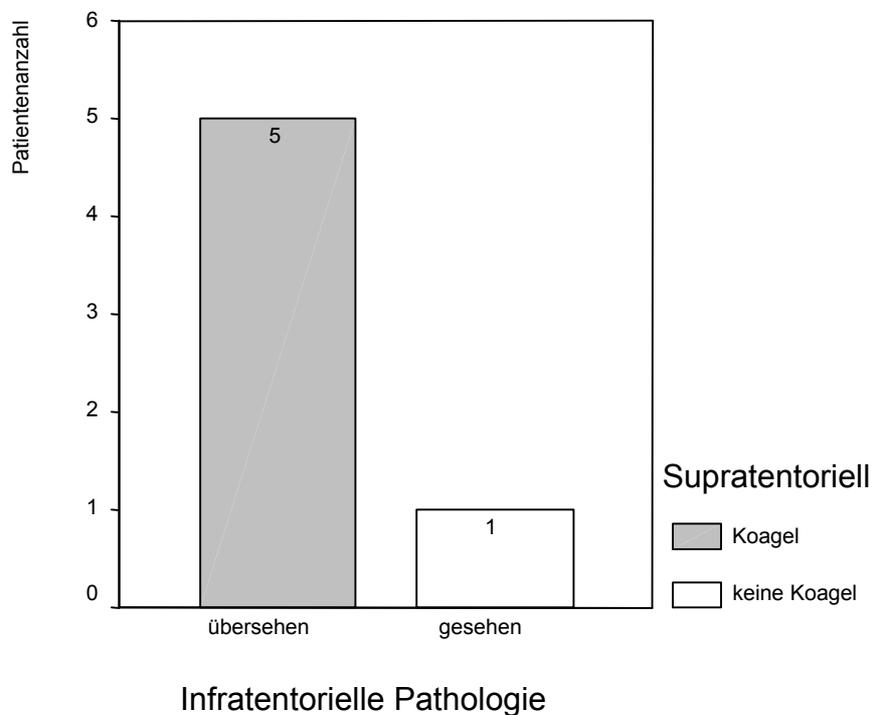


Abb. 12: Zusammenhang zwischen Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem und übersehener infratentorieller Pathologie

5.5. Infratentorielle Pathologie in Relation zu klinischen Parametern

5.5.1. Geburtsgewicht

Die Kinder ohne infratentorielle Pathologie hatten ein medianes Geburtsgewicht von 1815g (550g bis 3200g) (**Tab. 5**). Die Kinder mit infratentorieller Pathologie (n=6) hatten ein medianes Geburtsgewicht von 1105g (940g bis 2600g) (**Tab. 4** und **Abb.13**).

Aufgrund der kleinen Fallzahlen wurde eine Signifikanztestung bei diesem und den folgenden Parametern nicht durchgeführt.

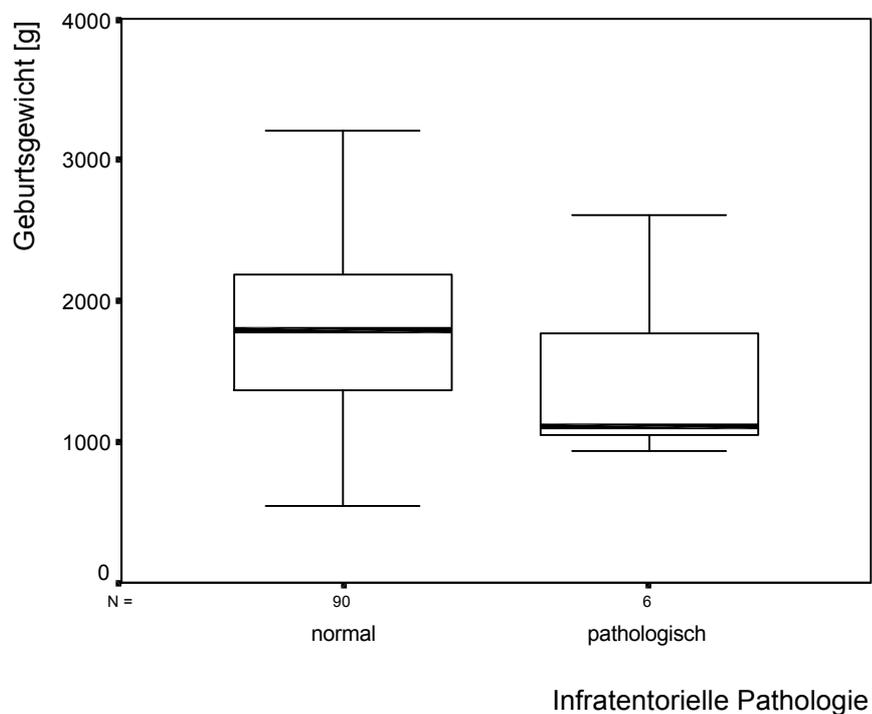


Abb. 13: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht

Die Frühgeborenen mit supratentorieller ohne infratentorielle Pathologie hatten ein medianes Geburtsgewicht von 1237,5g (570g bis 2600g) (Tab. 3) während die Frühgeborenen ohne Pathologie ein medianes Geburtsgewicht von 1940g (550g bis 3200g) hatten (Tab. 2 und Abb. 14).

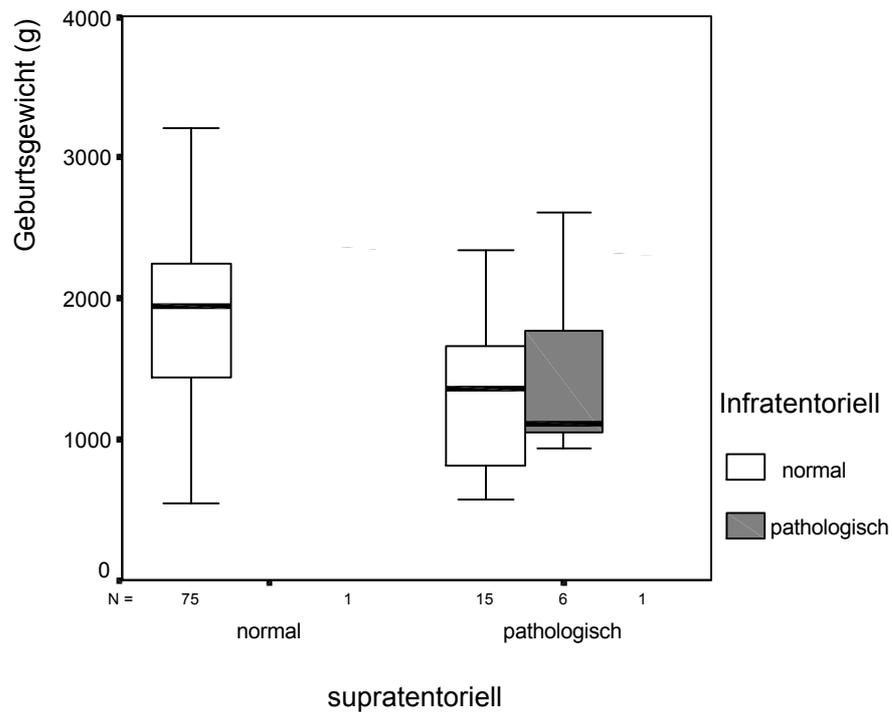


Abb. 14: Supra- und infratentorielle Läsionen in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht

5.5.2. Gestationsalter bei Geburt

Das mediane Gestationsalter bei Geburt lag bei 33 SSW (23+4 SSW und 36+6 SSW) (**Tab. 1**).

Die Kinder ohne supra- oder infratentorielle Pathologie hatten ein medianes Gestationsalter bei Geburt von 33+4 SSW (23+4 bis 36+6 SSW) (**Tab. 2**), während die Kinder mit supra- ohne infratentorieller Pathologie (n=15) ein medianes Gestationsalter von 29 SSW (25 SSW bis 36+1 SSW) hatten (**Tab. 6**). Die Kinder mit infratentorieller Pathologie hatten ein medianes Gestationsalter bei Geburt von 27+6 SSW (26+6 SSW bis 34 SSW) (**Tab. 4** und **Abb. 15**).

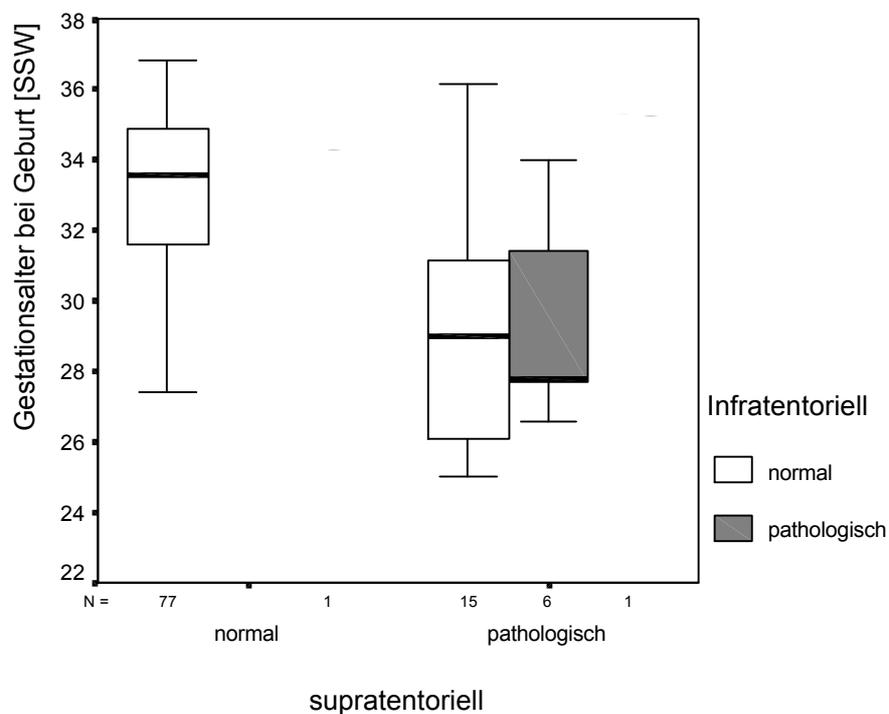


Abb. 15: Supra- und infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Geburt

Die Frühgeborenen ohne infratentorielle Pathologie (n=94) hatten ein medianes Gestationsalter von 33+2 SSW (23+4 SSW bis 36+6 SSW) (**Abb. 16**).

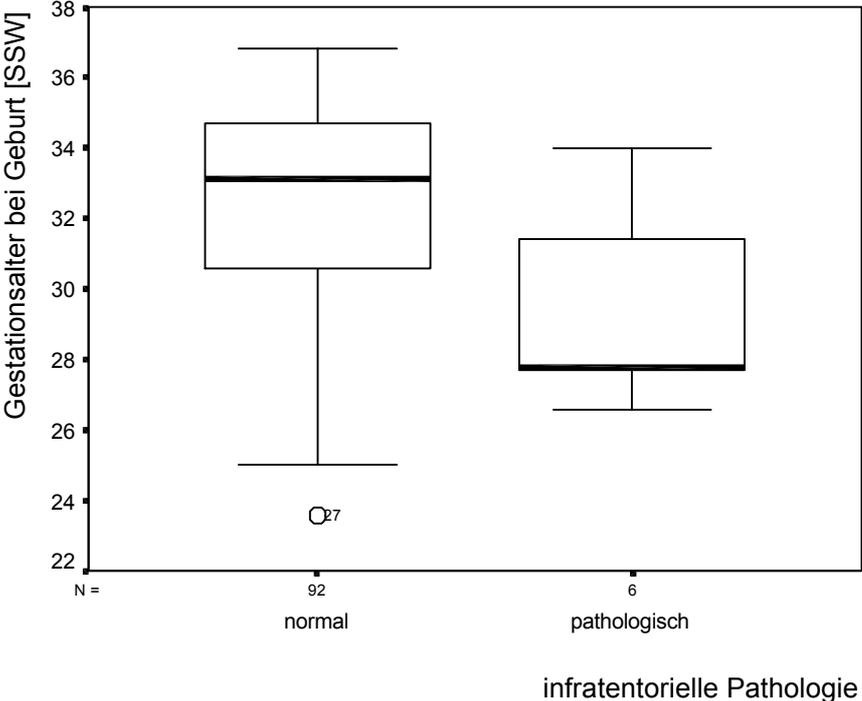


Abb. 16: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Geburt

5.5.3. Gestationsalter bei Untersuchung

Das Gestationsalter bei Untersuchung bei den Patienten ohne infratentorielle Pathologie (n=94) betrug median 35+3 SSW (25+3 SSW bis 42+6 SSW) (Tab. 5), während es bei den Patienten mit infratentorieller Pathologie median bei 28+2 SSW (27+5 SSW bis 37+6 SSW, Mittelwert 31+2 SSW) lag (Tab. 4 und Abb. 17).

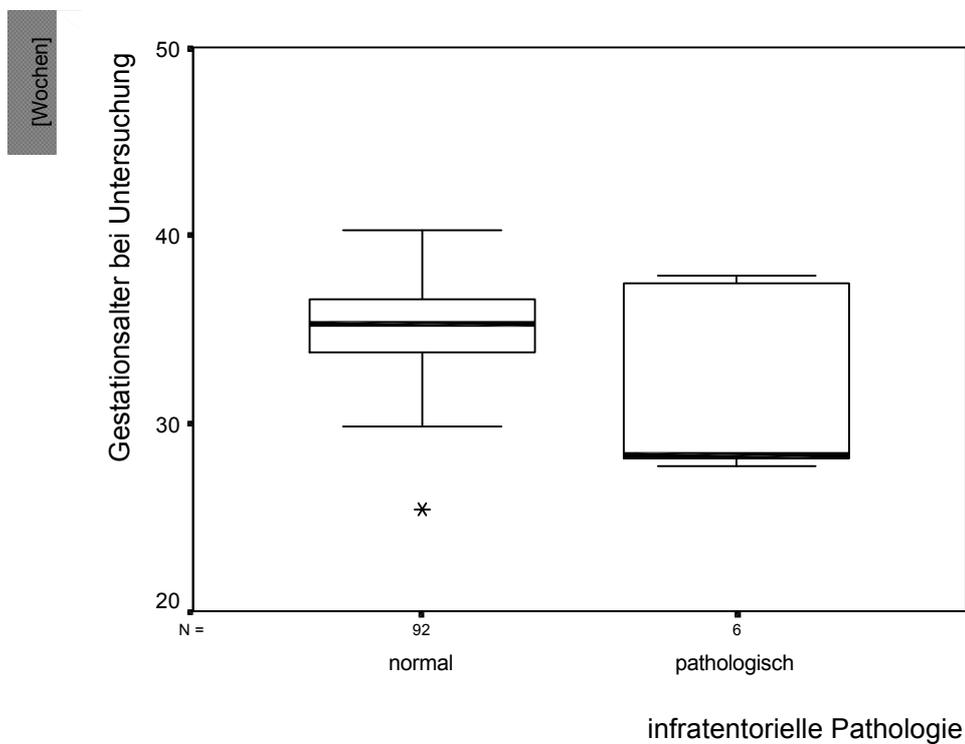


Abb. 17: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Untersuchung

5.5.4. Geschlecht

Die hintere Schädelgrube wurde bei 45% der Mädchen und 47% der Jungen als normal beurteilt. Infratentorielle Pathologien wurden bei 5 Jungen und einem Mädchen diagnostiziert (**Tab. 9**).

5.5.5. Alter bei Untersuchung

Das mediane Alter der Kinder ohne infratentorielle Pathologie (n=94) bei Untersuchung betrug 10 Tage (0 bis 91 Tage) (**Tab. 5**), das mediane Alter der Kinder mit infratentorieller Pathologie (n=6) bei Untersuchung war 6 Tage (2 bis 45 Tage, Mittelwert 14,5 Tage) (**Tab. 4** und **Abb. 18**).

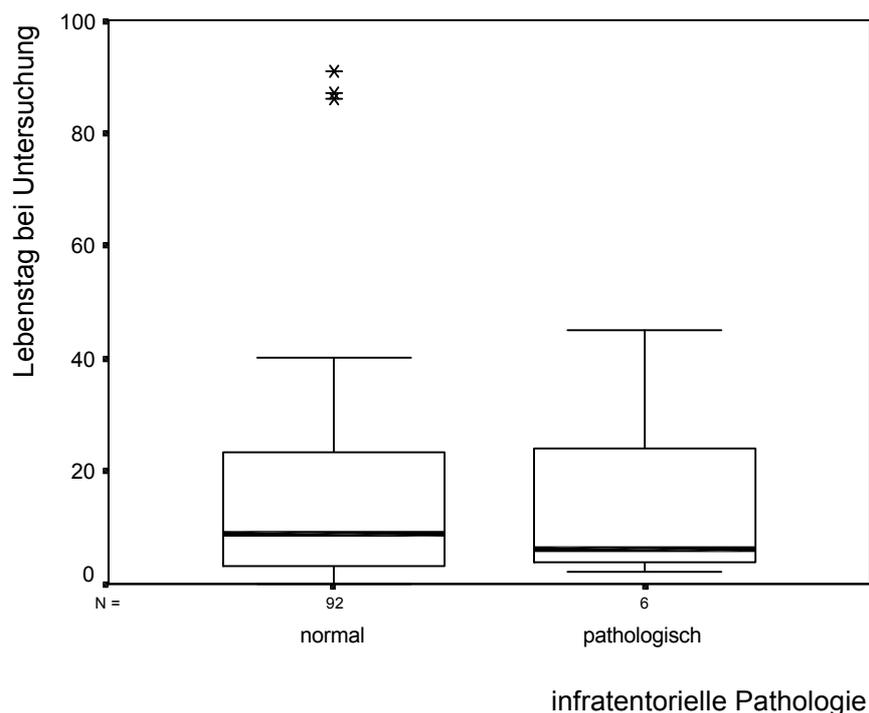


Abb. 18: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Lebenstag bei Untersuchung

5.5.6. Geburtsmodus

Insgesamt wurden ca. 1/5 aller Frühgeborenen als Spontangeburt entbunden, dies waren 20,7% der Kinder ohne und 16,7% der Kinder mit infratentorieller Läsion. Insgesamt 75% aller Kinder wurden per sectionem geboren, dies waren im Einzelnen 75% der Kinder ohne und 83,3% der Kinder mit infratentorieller Pathologie. Kein Kind mit infratentorieller Pathologie wurde durch Vakuumextraktion oder Forceps entbunden (Tab. 10 und Abb. 19).

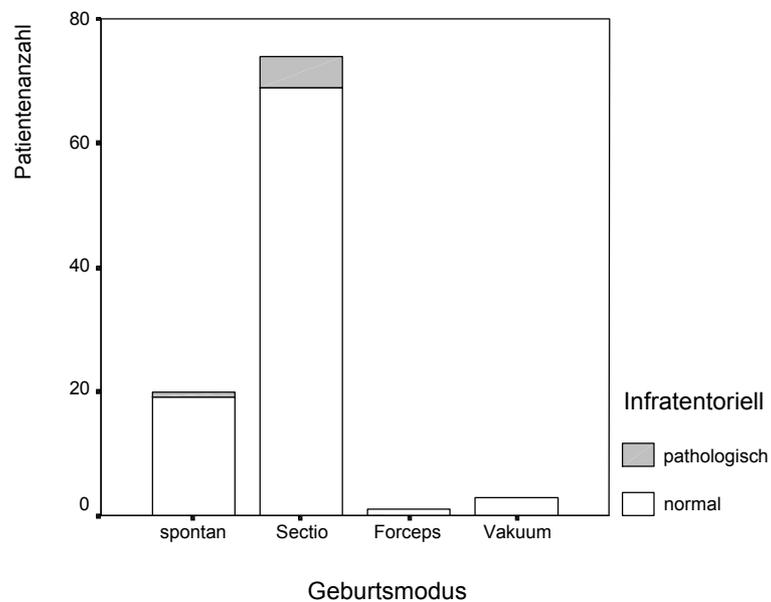


Abb. 19: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

5.5.7. Krampfanfälle

Bei insgesamt 3 Kindern traten ein oder mehrere Krampfanfälle auf. Bei einem dieser Kinder (Nr. 96) wurden sowohl supratentorielle als auch infratentorielle Läsionen dargestellt, bei den anderen beiden Kindern (Nr. 27 und Nr. 98) konnten keine Pathologien nachgewiesen werden (**Tab. 11**).

5.5.8. Kopfumfangsperzentile

Die mediane Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung lag bei 37% bei den Kindern mit infratentorieller Pathologie (15 bis 90%, Mittelwert 45. Perzentile) (**Tab. 4**), bei Kindern ohne infratentorielle Pathologie ergab sich ein Median von 40% (9 bis 90%, Mittelwert 47,9. Perzentile) (**Tab. 5** und **Abb. 20**).

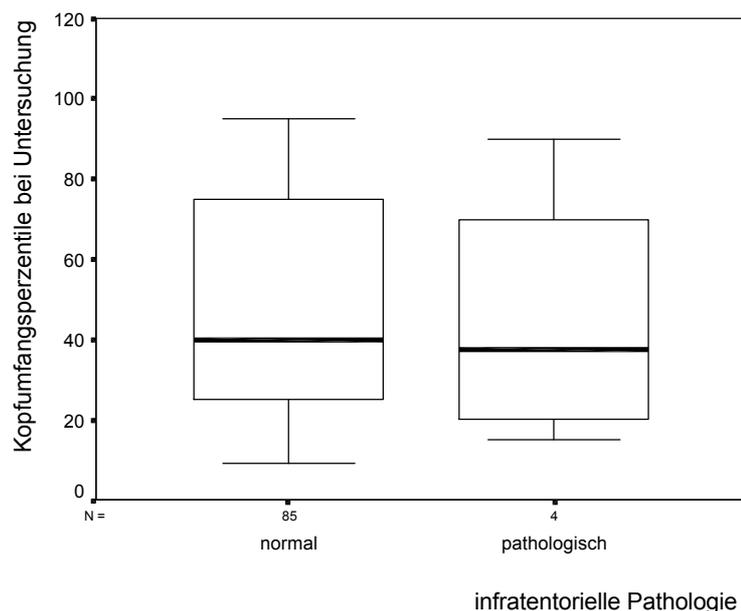


Abb. 20: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Kopfumfang bei Untersuchung

5.5.9. Mangelgeburlichkeit

Insgesamt acht Kinder (8%) waren Mangelgeborene (SGA), keins von ihnen hatte eine infratentorielle Läsion (**Tab. 12** und **Abb. 21**).

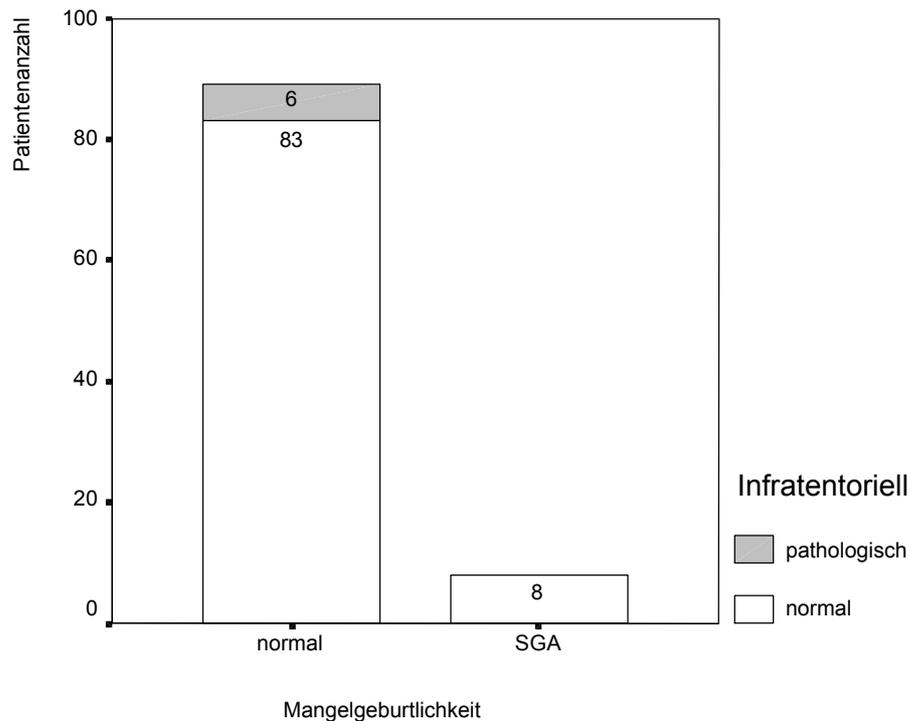


Abb. 21: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit von Mangelgeburlichkeit

5.6. Darstellung und Vermessung der hinteren Schädelgrube

Von den 100 untersuchten Frühgeborenen konnten bei 72 Kindern durch die vordere Fontanelle die Strukturen der hinteren Schädelgrube mit guter Schallqualität dargestellt werden. Bei 27 Kindern war die Schallqualität reduziert, bei einem Kind schlecht. Bei der Untersuchung durch die hintere Seitenfontanelle war die Schallqualität bei 87 Kindern gut, bei 9 Kindern reduziert und bei 4 Kindern schlecht.

5.6.1. Transcerebellärer Durchmesser (TCD)

5.6.1.1. Korrelation der Messungen des transcerebellären Durchmessers durch die vordere Fontanelle und die hintere Seitenfontanelle

Die Messungen des transcerebellären Durchmessers durch die vordere und durch die hintere Seitenfontanelle korrelieren miteinander auf einem Niveau von 0,01 signifikant (**Tab. 13** und **Abb. 22**)

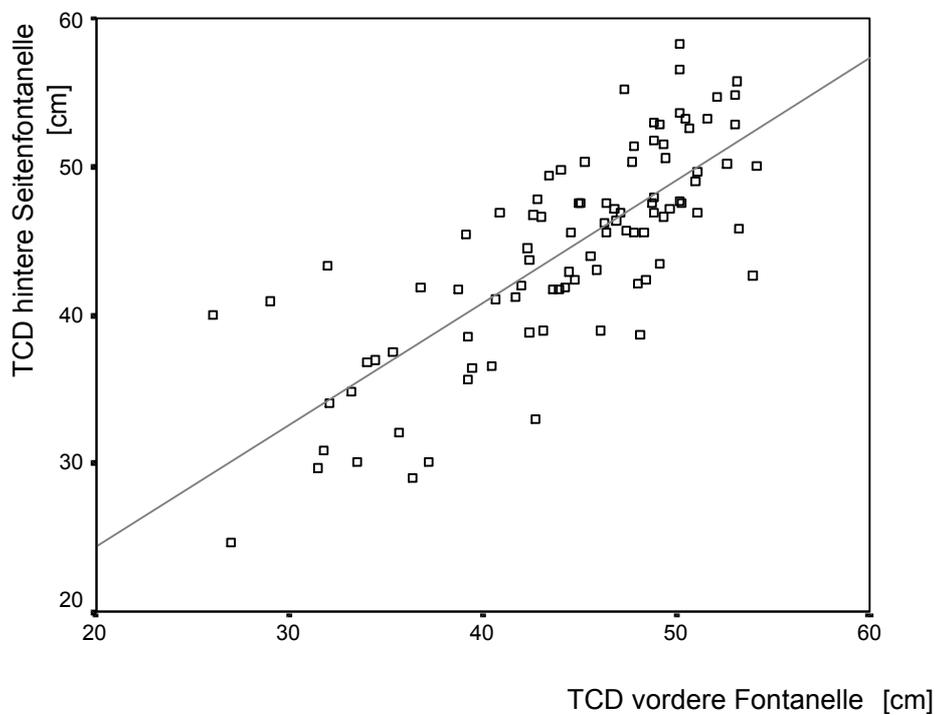


Abb. 22: Korrelation des transcerebellären Durchmessers (TCD) gemessen durch die vordere Fontanelle und hintere Seitenfontanelle

5.6.1.2. Transcerebellärer Durchmesser in Relation zum Gestationsalter bei Untersuchung

Der transcerebelläre Durchmesser korreliert linear mit dem Gestationsalter bei Untersuchung. Die positive Korrelation drückt sich über die Formel $y = 1,74x - 15,8$ aus. Der transcerebelläre Durchmesser korreliert bei Mangelgeborenen (SGA) ebenfalls positiv mit dem Gestationsalter bei Untersuchung, ihr TCD ist kleiner und kann über die Formel $y = 1,6x - 12,4$ ausgedrückt werden (**Abb. 23**)

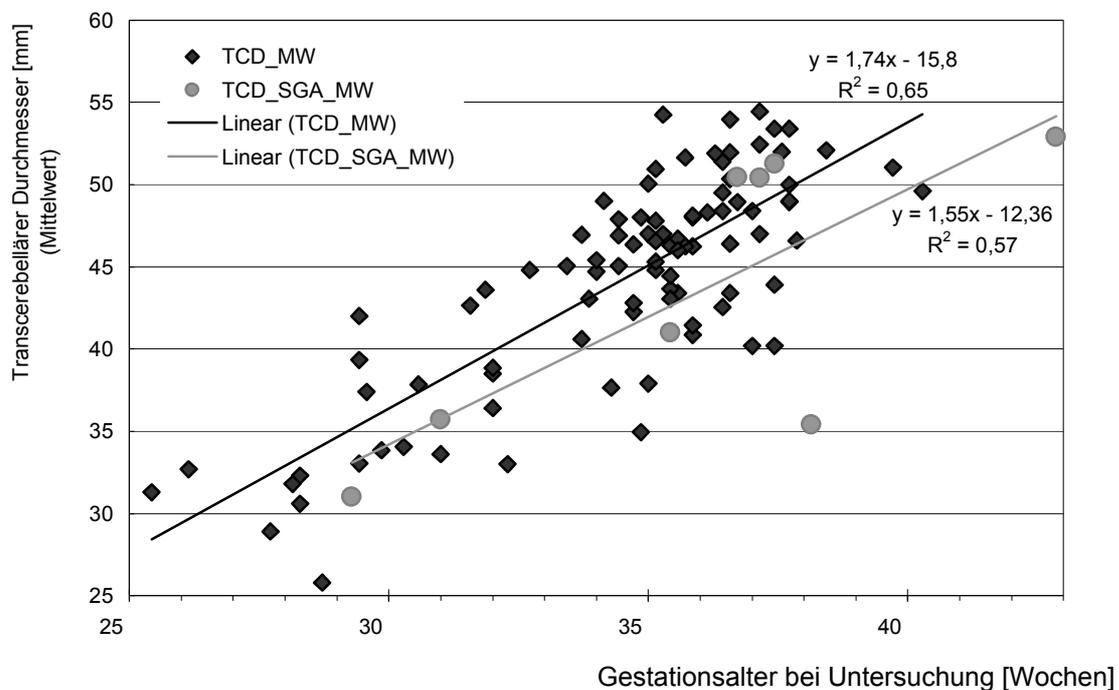


Abb. 23: Transcerebellärer Durchmesser in Abhängigkeit vom Gestationsalter
[TCD_MW= Mittelwert des Transcerebellären Durchmessers
TCD_SGA_MW= Mittelwert des Transcerebellären Durchmessers der
Mangelgeborenen]

5.6.2. Vierter Ventrikel

5.6.2.1. Beurteilung des vierten Ventrikels

Der vierte Ventrikel war durch die vordere Fontanelle bei 93 Kindern darstellbar, durch die hintere Seitenfontanelle konnte er bei 98 Kindern dargestellt werden. Durch die vordere Fontanelle war er in 7 Fällen nicht darstellbar, durch die hintere Seitenfontanelle konnte er bei zwei anderen Kindern nicht dargestellt werden. Durch die hintere Seitenfontanelle wurde er bei insgesamt 91 Kindern als schlitzförmig oder normal dargestellt. Von den durch die hintere Seitenfontanelle als schlitzförmig oder normal dargestellten IV. Ventrikeln wurden 87 (95,6%) auch durch die vordere Fontanelle als normal oder schlitzförmig bezeichnet. Von den durch die vordere Fontanelle nicht darstellbaren IV. Ventrikeln (n=7) wurden 4 durch die hintere Seitenfontanelle als schlitzförmig oder normal beurteilt, 3 waren vergrößert. Von den durch die hintere Seitenfontanelle auffallend groß beurteilten IV. Ventrikeln (n=7) waren im Sonogramm durch die vordere Fontanelle nur einer ebenfalls auffallend groß, 3 nicht darstellbar und 3 normal beurteilt worden. In den beiden Fällen, bei denen der IV. Ventrikel durch die hintere Seitenfontanelle nicht beurteilt werden konnte, war er durch die vordere Fontanelle als normal beurteilt worden.

Von den durch die hintere Seitenfontanelle diagnostizierten vergrößerten IV. Ventrikeln wurden 14,3% auch durch die vordere Fontanelle als pathologisch eingestuft. 42,9% waren normal beurteilt worden, 42,9% waren durch die vordere Fontanelle gar nicht darstellbar gewesen. (**Tab. 14** und **Abb. 24**)

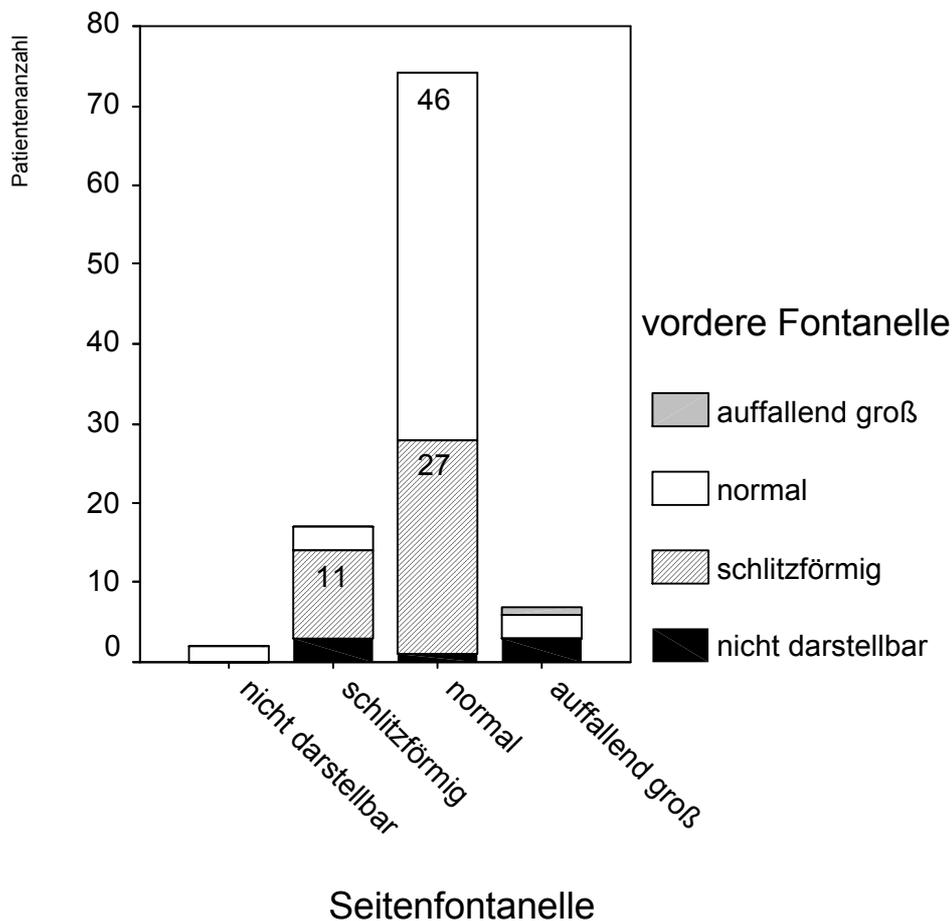


Abb. 24: Beurteilung des IV. Ventrikels durch die vordere Fontanelle im Vergleich zur Beurteilung durch die hintere Seitenfontanelle

5.6.2.2. Supratentorielle Beurteilung des IV. Ventrikels mit Koagel

Koagel im IV. Ventrikel (n=3) (siehe **Abb. 9**) und am Ependym des IV. Ventrikels (n=1) waren bei insgesamt 4 Kindern durch die hintere Seitenfontanelle darstellbar. Bei zwei dieser Kinder wurde der IV. Ventrikel durch die vordere Fontanelle als normal beurteilt, bei den anderen beiden Kindern war er nicht darstellbar gewesen. Von insgesamt sieben Kindern, bei denen der IV. Ventrikel über die vordere Fontanelle nicht darstellbar gewesen war, wurden bei zwei (28,6%) durch die hintere Seitenfontanelle Koagel diagnostiziert (**Tab. 15**).

5.6.2.3. Weite des vierten Ventrikels

Der vierte Ventrikel konnte bei 98 Kindern durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden. Er wurde bei 95 Kindern schlitzförmig oder normal weit beurteilt, vermessen wurde er bei 79 dieser Kinder und war zwischen 2,9 mm und 10,4 mm weit (**Tab. 16** und **Abb. 25a und b**). Vergrößert beurteilt wurde die Weite sechs mal, bei diesen Kindern wurde er zwischen 6,5 mm und 11,4 mm gemessen (**Tab. 17** und **Abb. 25 a und c**)

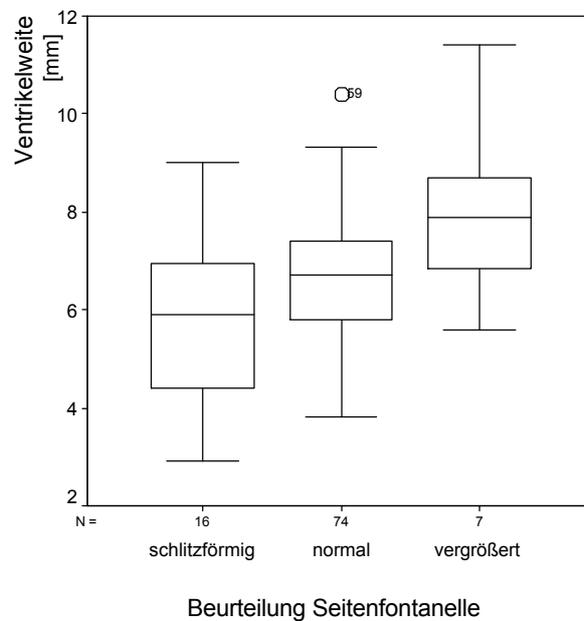


Abb. 25a: Weite des IV. Ventrikels in Abhängigkeit von der Beurteilung

Abb. 25: Messung der Weite des IV. Ventrikels

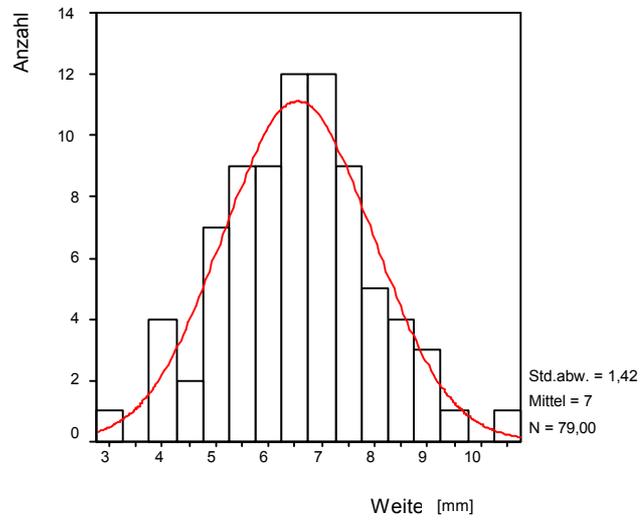


Abb. 25b: Histogramm der als schlitzförmig bis normal beurteilten Messung der Weite des IV. Ventrikels durch die hintere Seitenfontanelle

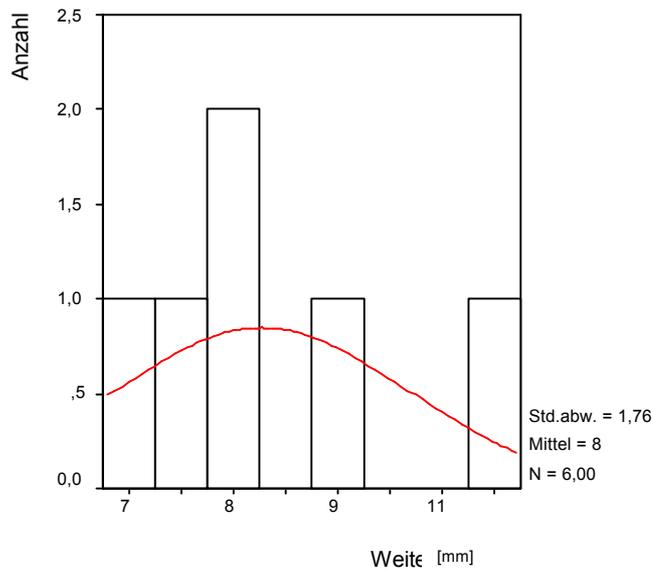


Abb. 25c: Histogramm der als vergrößert beurteilten Messung der Weite des IV. Ventrikels durch die hintere Seitenfontanelle

Abb. 25: Messung der Weite des IV. Ventrikels

5.6.2.4. Höhe des vierten Ventrikels

Die Höhe des vierten Ventrikels, gemessen durch die hintere Seitenfontanelle bei den 79 Kindern, bei denen der vierte Ventrikel als normal beurteilt wurde, lag zwischen 1,7 mm und 6,5 mm (**Abb. 26 a und b**). Bei den 6 Kindern, bei denen der vierte Ventrikel als vergrößert beurteilt wurde, lag sie zwischen 2,3 mm und 10,6 mm (Mittelwert 5,72 mm) (**Abb. 26 a und c**).

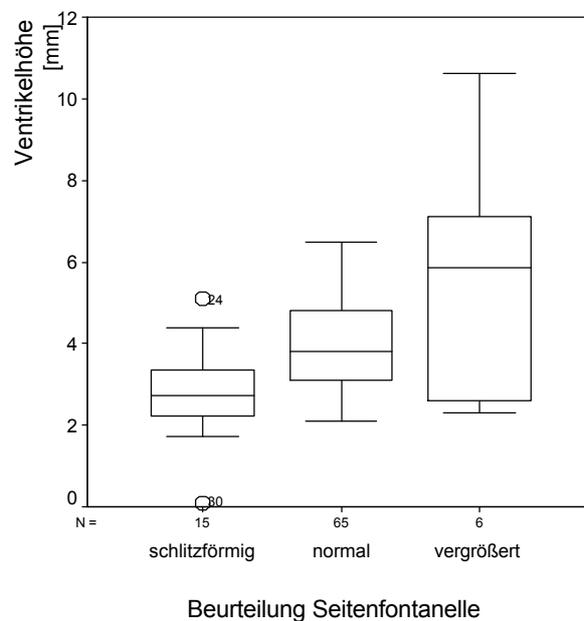


Abb. 26a: Höhe des IV. Ventrikels in Abhängigkeit von der Beurteilung

Abb. 26: Messung der Höhe des IV. Ventrikels

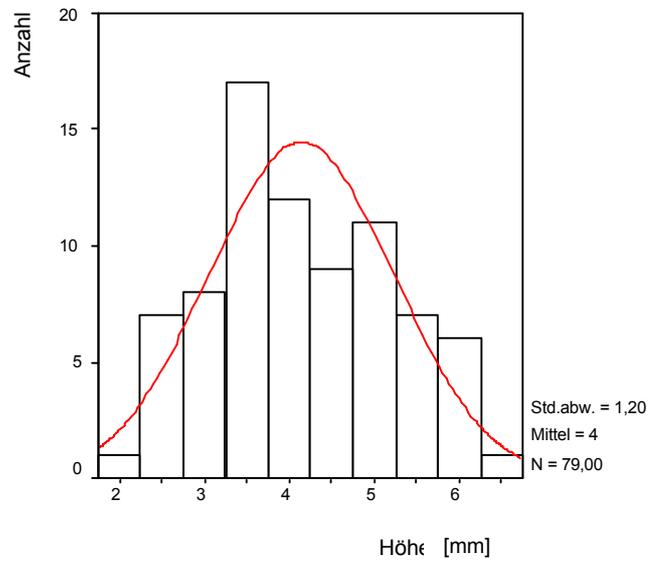


Abb. 26b: Histogramm der als schlitzförmig bis normal beurteilten Messung der Höhe des IV. Ventrikels durch die hintere Seitenfontanelle

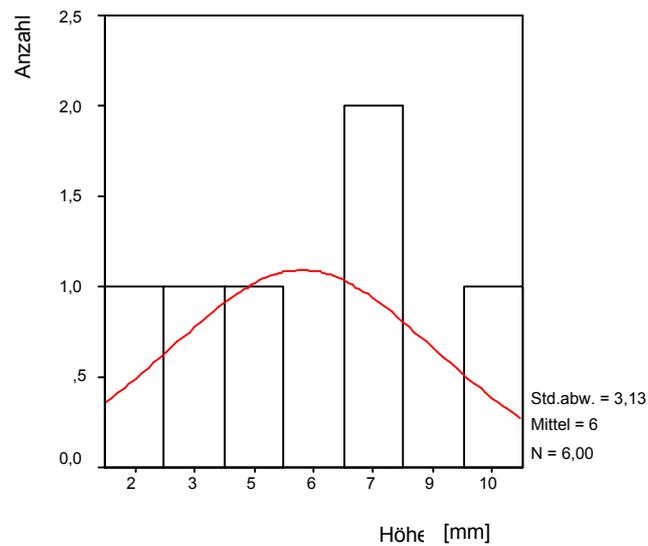


Abb. 26c: Histogramm der als vergrößert beurteilten Messung der Höhe des IV. Ventrikels durch die hintere Seitenfontanelle

Abb. 26: Messung des IV. Ventrikels

5.6.3. Cisterna Magna

5.6.3.1. Beurteilung der Cisterna magna

Die Cisterna Magna konnte durch die vordere Fontanelle bei 81, durch die hintere Seitenfontanelle bei 82 Kindern dargestellt werden. Bei 6 Kindern konnte die Cisterna magna weder durch die vordere Fontanelle noch durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden. Durch die hintere Seitenfontanelle wurden 76 Cisternen normal beurteilt, davon waren 13 durch die vordere Fontanelle als normal beurteilt und eine als auffallend groß beurteilt worden. Von den 6 Kindern, bei denen die Cisterna magna durch die hintere Seitenfontanelle als auffallend groß beschrieben wurde, waren 5 ebenfalls durch die vordere Fontanelle als auffallend groß bezeichnet worden, eine wurde als normal beurteilt. (**Tab. 18**).

5.6.3.2. Supratentorielle Beurteilung der Cisterna magna mit Koageln

Insgesamt wurden bei zwei Kindern Koagel in der Cisterna magna diagnostiziert. Bei beiden Kindern wurden die Koagel nur durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt. Die Cisterna magna wurde bei einem dieser beiden Kinder durch die vordere Fontanelle als unauffällig beurteilt, bei dem anderen Kind konnte sie bei der Sonographie durch die vordere Fontanelle nicht dargestellt werden. Insgesamt konnte die Cisterna magna bei der Untersuchung durch die vordere Fontanelle 19 mal nicht dargestellt werden, in einem Fall aufgrund des Koagels (**Tab 18**).

5.6.3.3. Weite der Cisterna magna

Von den 82 durch die hintere Seitenfontanelle darstellbaren Cisternae magnaen wurden 76 als normal beurteilt. Diese wurden zwischen 4,7mm und 13,6mm (Median 8,4mm) gemessen. Sechs Cisternen wurden als auffallend groß beurteilt und zwischen 8,7mm und 15,3mm (Median 12,7mm) gemessen (**Tab. 18, 19** und **20, Abb. 27 a-c**).

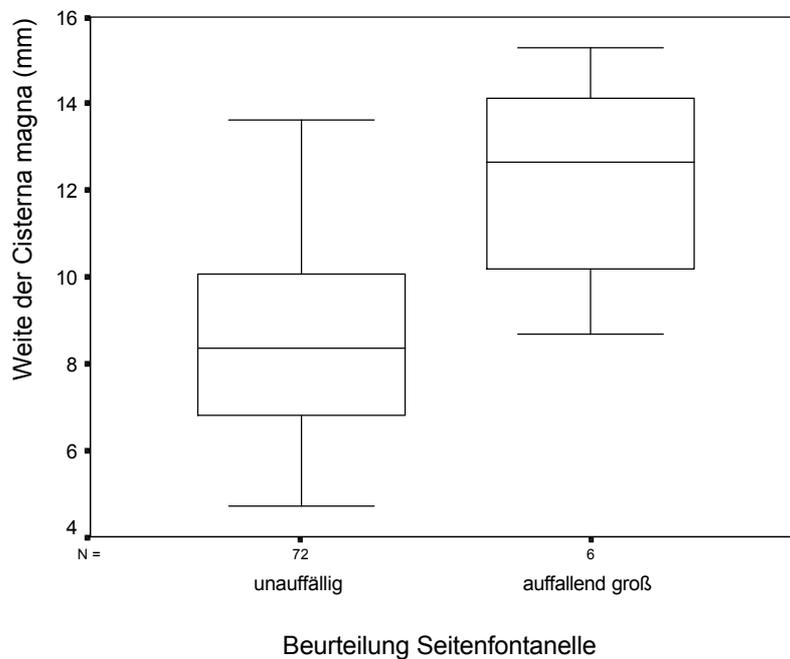


Abb. 27a: Weite der Cisterna magna in Abhängigkeit von der Beurteilung

Abb. 27: Messung der Cisterna magna

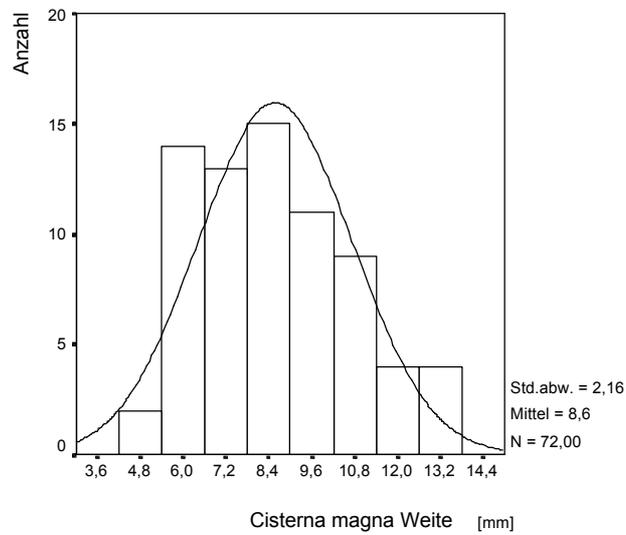


Abb. 27b: Histogramm der als normal beurteilten Messung der Weite der Cisterna magna durch die hintere Seitenfontanelle

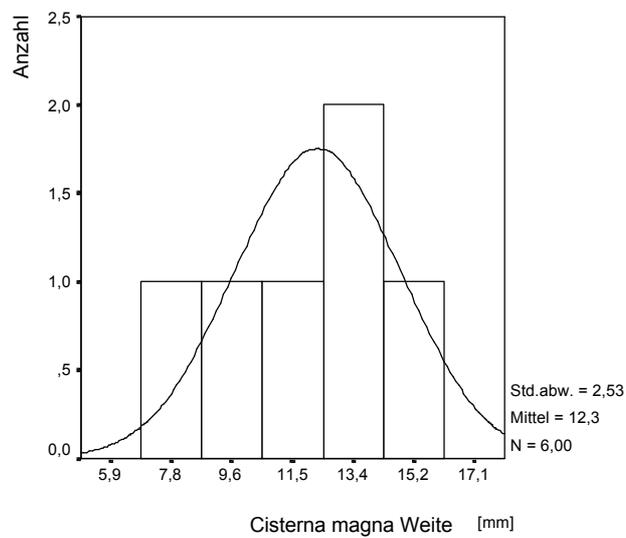


Abb. 27c: Histogramm der als auffallend groß beurteilten Messung der Weite der Cisterna magna durch die hintere Seitenfontanelle

Abb. 27: Messung der Cisterna magna

5.6.4. Aquädukt

Der Aquädukt konnte nur durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt werden. Dies war bei 84 Kindern möglich.

5.6.4.1. Beurteilung des Aquädukts

Der Aquädukt wurde 44 mal als schlitzförmig, 39 mal als normal und 1 mal als erweitert beurteilt (**Abb.10**). 16 mal konnte er nicht dargestellt werden (**Tab. 21**).

5.6.4.2. Weite des Aquädukts

Bei 54 der 83 Kinder mit schlitzförmig oder normal beurteilten Aquädukten konnte der Aquädukt gemessen werden. Dies war ab einer Weite von 0,6 mm möglich, die Aquädukte waren median 1mm im Durchmesser (0,6mm bis 1,7mm). Der als erweitert beurteilte Aquädukt war 2,1mm weit (**Abb. 28 a und b**).

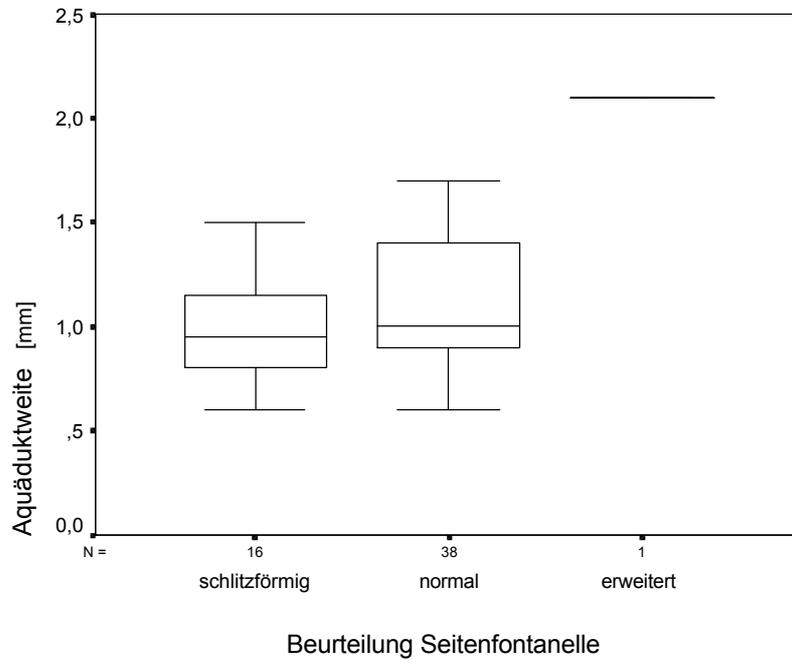


Abb. 28a: Aquäduktweite in Abhängigkeit von der Beurteilung

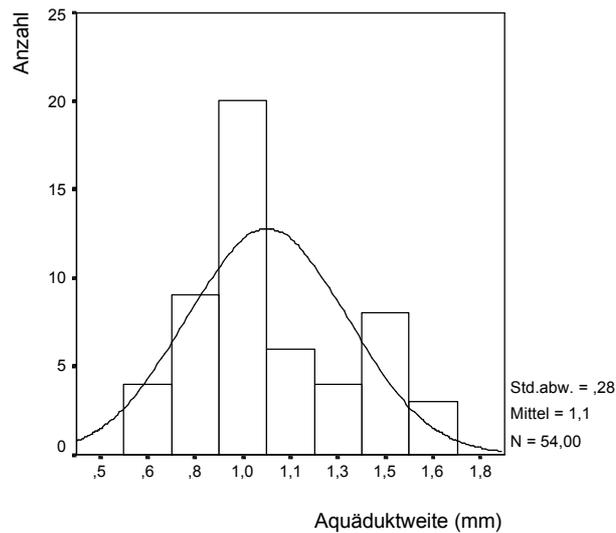


Abb. 28b: Messung der als normal beurteilten Weite des Aquädukts durch die hintere Seitenfontanelle

Abb. 28: Messung des Aquädukts

6. Diskussion

6.1. Hintere Schädelgrube

6.1.1. Sonographische Darstellung

In der vorliegenden Studie wurde bei 5 von insgesamt 6 frühgeborenen Kindern mit infratentorieller Pathologie die Läsion bei der Sonographie durch die vordere Fontanelle nicht dargestellt. Erst die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle machte die Darstellung der infratentoriellen Läsionen möglich.

Die vorliegende Studie zeigt damit als erste prospektiv, dass Pathologien der hinteren Schädelgrube bei alleiniger Untersuchung durch die vordere Fontanelle übersehen werden. Dies war bei 27% der Frühgeborenen mit supratentorieller Pathologie der Fall. Besonders das Vorhandensein von Blutkoageln im supratentoriellen Ventrikelsystem wirkt sich ungünstig aus, denn alle Kinder, bei denen die infratentorielle Pathologie übersehen worden war, hatten Blutkoagel in den Seitenventrikeln.

In der Literatur wird die Darstellung der Strukturen der hinteren Schädelgrube in utero beschrieben [67] und immer wieder wurde postnatal besonders über den Zugang durch die vordere Fontanelle berichtet [25, 31, 63, 66, 68]. Ichiyama et al. bezeichneten den Zugang über die vordere Fontanelle als nützliche sonographische Screening-Methode für infratentorielle Anomalien [43].

Die differenzierte Beurteilung der infratentoriellen Strukturen kann durch die vordere Fontanelle aufgrund der Distanz zum Schallkopf und der damit verbundenen Schallabschwächung erschwert sein [3, 17, 39, 86]. Zusätzlich wird die Schallqualität durch die echoreichen Kleinhirnhemisphären, das echoreiche Tentorium und den flachen Einschallwinkel beeinträchtigt. So können in Räumen, die für die sonographische Darstellung nicht optimal gelegen sind, z .B. subarachnoidale Blutungen übersehen werden. Besonders an den lateralen Kanten des Ultraschallkopfes gelegene Räume über den Konvexitäten und die weit vom

Schallkopf entfernt liegenden basilaren Cisternen wie die Cisterna magna sind davon betroffen [46].

Als alternative Zugänge zu der hinteren Schädelgrube werden das Foramen magnum [79], die posteriore Fontanelle [2, 51], transkraniell die Temporal- und Occipitalregion [40] und besonders in der jüngeren Literatur die hintere Seitenfontanelle [11, 13, 86, 99] beschrieben. Während die posteriore Fontanelle die verbesserte Darstellung von intraventrikulären Blutungen ermöglicht, stellt die hintere Seitenfontanelle besonders Blutungen im Bereich des Hirnstamms, des Kleinhirns und der subarachnoidalen Cisternen verbessert dar [73].

In einer retrospektiven Studie mit der der Informationsgewinn des zusätzlichen Schallfensters der hinteren Seitenfontanelle gezeigt werden sollte, wurde bei 120 Kindern zusätzlich zum Ultraschall durch die vordere Fontanelle auch durch die hintere Seitenfontanelle coronar und axial geschallt. Es wird über bessere Darstellung und Beurteilung der hinteren Schädelgrube beim posthämorrhagischen Hydrocephalus, der subarachnoidalen Blutung, der Blutung in der hinteren Schädelgrube und der Sinusvenenthrombose mit optimaler Fokuseinstellung berichtet [13].

Mehrere retrospektive Studien berichten über die Darstellung von signifikanten Befunden über die hintere Seitenfontanelle, die nicht oder nur unzureichend durch die vordere Fontanelle beurteilt worden waren:

Luna et al. zeigten, dass 96% der sonographisch diagnostizierten Pathologien der hinteren Schädelgrube durch die hintere Seitenfontanelle besser als durch die vordere Fontanelle beurteilt werden konnten. Bei 46% dieser Patienten wurden signifikante Befunde durch die hintere Seitenfontanelle dargestellt, die durch die vordere Fontanelle nicht klar dargestellt werden konnten [50].

Merrill berichtet über die sonographische Darstellung von 6 klinisch inapparenten, nicht mit supratentoriellen intraventrikulären Blutungen assoziierten Kleinhirnblutungen über die hintere Seitenfontanelle, von denen 5 nur unzureichend durch die vordere Fontanelle dargestellt wurden [58].

Baumeister et al. fanden bei der Schädelsonographie durch die hintere Seitenfontanelle bei 4 von 19 Kindern mit posthämorrhagischem Hydrocephalus pathologische Befunde, die durch die vordere Fontanelle nicht darstellbar gewesen waren [11].

In der vorliegenden Studie konnten die infratentoriellen Strukturen durch die vordere Fontanelle bei nur 72% der Kinder gut dargestellt werden, während dies durch die hintere Seitenfontanelle bei 87% gut möglich war. Die Kinder, bei denen die Qualität der Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle reduziert oder schlecht war, waren zum Zeitpunkt der Untersuchung nahe am oder über dem errechneten Geburtstermin. Die schlechte Schallqualität erklärt sich mit der beginnenden Verknöcherung der hinteren Seitenfontanelle, die meistens mit dem Erreichen des errechneten Geburtstermins fast vollständig abgeschlossen ist. Trotzdem kann in Einzelfällen noch über den errechneten Geburtstermin hinaus mit guter Qualität durch die hintere Seitenfontanelle sonographiert werden.

Wahrscheinlich werden Pathologien in der hinteren Schädelgrube unterdiagnostiziert, da sie bei alleiniger sonographischer Untersuchung durch die vordere Fontanelle übersehen werden. Mittels routinemäßiger Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle könnten sie entdeckt werden.

6.1.2. Infratentorielle Pathologien

Die Inzidenz der infratentoriellen Pathologie lag bei 6%, die Inzidenz der infratentoriellen Blutung lag in der vorliegenden in Abs. 3 bis 5 beschriebenen Studie bei 5%. Die 5 Patienten mit infratentorieller Blutung der vorliegenden Studie hatten gleichzeitig supratentoriell pathologische Befunde. Die Klinik ließ die infratentoriellen Blutungen jedoch nicht vermuten.

Die Frühgeborenen mit infratentorieller Pathologie hatten ein niedrigeres medianes Geburtsgewicht (1105g verglichen mit 1815g) und sie hatten bei Geburt bzw.

Untersuchung ein niedrigeres medianes Gestationsalter (27+6 SSW bzw. 28+2 SSW) als die Kinder ohne infratentorielle Pathologie (33+3 SSW bzw. 35+3 SSW). Infratentorielle Pathologien wurden bei fünf Jungen und einem Mädchen gefunden. Die Frühgeborenen mit infratentorieller Pathologie unterschieden sich von denen ohne infratentorielle Pathologie nicht hinsichtlich des medianen Lebensalters bei Untersuchung, des Geburtsmodus, des Auftretens von Krampfanfällen, der Kopfumfangsperzentile oder hinsichtlich Mangelgeburtlichkeit. Aufgrund der geringen Fallzahlen konnte keine Signifikanztestung vorgenommen werden.

24 der an der Studie teilnehmenden Kinder hatten ein Gestationsalter <30. SSW und 37 ein Geburtsgewicht <1500g und hatten somit ein erhöhtes Risiko, eine Gehirnblutung zu erleiden. Vier der fünf Kinder mit infratentorieller Blutung gehören zu dieser Gruppe. Somit liegt die Inzidenz der infratentoriellen Blutung in dieser Gruppe sogar bei 11-16%. Das Frühgeborene, das nicht in diese Gruppe fällt (Nr. 48), zeigte eine Ependymbutung, während die Kinder aus der Risikogruppe ausgedehntere Blutungen wie Ventrikelrissblutungen im IV. Ventrikel und Koagel in der Cisterna magna aufwiesen (**Tab. 24**).

Blutungen in der hinteren Schädelgrube sind wesentlich seltener als Blutungen in der vorderen Schädelgrube. Bei reifen Kindern sind Hirnblutungen meistens geburtstraumatisch bedingt und entstehen durch mechanische Einwirkung, die zu übermäßiger Deformierung und Verschiebung der Schädelknochen führt, z. B. bei Zangengeburt, schwerer Entwicklung aus Beckenendlage oder engem Becken [42] oder sind Folge einer Koagulopathie oder Gefäßanomalie. Die Inzidenz der intracerebellären Blutung reifer Neugeborener wird mit 6% angegeben [34].

Als klinische Diagnose ist die Kleinhirnblutung bei Frühgeborenen eine Seltenheit. Im Gegensatz dazu liegt die Häufigkeit bei Obduktionen von extrem Frühgeborenen zwischen 8 und 25% [5, 26, 36, 53, 60, 63, 76]. Die Kleinhirnblutungen bei diesen extrem Frühgeborenen sind mit meist schwersten supratentoriellen Läsionen vergesellschaftet. Ob sich die schwere Hirnschädigung zusätzlich als Kleinhirnblutung manifestiert oder ob sie eine Koinzidenz darstellen, ist bisher ungeklärt. Da die Frühgeborenen jedoch selten an ihrer Gehirnblutung versterben,

kann die wahre Inzidenz der Kleinhirnblutung aus Obduktionsstatistiken allein nicht ermittelt werden.

Häufig werden große infratentorielle Blutungen beschrieben, die mit supratentorieller Pathologie assoziiert waren [25, 68]. Vakuum- oder Forcepsextraktion können zu subarachnoidaler oder subduraler Blutung [42, 59, 74] oder ausgedehnter intracerebellärer Blutung führen [70, 68]. Beatmung durch eine mit Klett-Verschluß befestigte Maske, die zu Deformierung des weichen Kopfes des Frühgeborenen führt, wird ebenfalls mit Kleinhirnblutungen assoziiert [60]. Des Weiteren werden Blutungen in der hinteren Schädelgrube als Komplikation der ECMO (extracorporeal membrane oxygenation)-Therapie beschrieben [9, 14, 21, 84].

Die Prognose der Frühgeborenen mit ausgedehnten cerebellären Blutungen ist schlecht, der Ausgang der meisten berichteten Fälle letal [25, 63, 68, 74]. Toma et al. berichten von 15 Frühgeborenen mit intracerebellären Blutungen, die computertomographisch dargestellt und autoptisch bestätigt worden waren. [87]

Die Inzidenz der Blutungen in der hinteren Schädelgrube wird in einer prospektiven Ultraschallstudie an 199 Frühgeborenen ≤ 28 SSW Gestationsalter mit 7% angegeben, die Inzidenz der Kleinhirnblutung mit 2%. Die Inzidenz nimmt mit Zunahme des Gestationsalters ab (**Tab. 31**). Welches Schallfenster in dieser Studie benutzt worden war, wurde nicht angegeben. Auch in dieser Studie waren die Blutungen in die hintere Schädelgrube oder Kleinhirnblutungen meistens gleichzeitig mit schwerer IVH aufgetreten [16].

Gestationsalter [SSW]	Lokalisation der ischämisch-hämorrhagischen Läsionen	
	Hintere Schädelgrube %	Cerebellum %
25	13	
26	14	5
27	2	
28	8	2
Gesamt	7	2

Tab. 31: Häufigkeit der infratentoriellen Läsionen in Abhängigkeit vom Gestationsalter [16]

Da sich infratentorielle Blutungen meist in Kombination mit ausgedehnten supratentoriellen Hämorrhagien manifestieren, wurde 1988 die Forderung gestellt, dass die Vermutung einer Blutung in der hinteren Schädelgrube bei jedem Patienten mit klinischer Symptomatik durch CT verifiziert oder ausgeschlossen werden solle [30]. Diese Forderung ist jedoch nicht mehr aufrechtzuerhalten, denn mit Verbesserung der Ultraschalltechnik gelingt es zunehmend, auch klinisch inapparente und nicht vermutete kleinere infratentorielle Blutungen sonographisch darzustellen. Dies ist besonders durch das Schallfenster der hinteren Seitenfontanelle bei Frühgeborenen möglich.

Mit Verbesserung der bildgebenden Verfahren wird vermehrt von atraumatischen, klinisch inapparenten Blutungen in der hinteren Schädelgrube bei überlebenden Kindern berichtet [10, 45, 50, 58]. Auch cerebelläre Infarkte scheinen nicht so selten zu sein wie in der Literatur beschrieben. So zeigten MRT Befunde von 6 ehemaligen Frühgeborenen Residuen von Kleinhirnblutungen, die in der Neonatalperiode bei keinem dieser Kinder sonographisch dargestellt worden waren. Bei 4 Kindern wurde eine Kleinhirnatrophie infolge der hypoxisch-ischämischen Störung dargestellt [57].

Aufgrund der in der vorliegenden Studie erlangten Ergebnisse ist es sinnvoll, bei allen Frühgeborenen zusätzlich zur Sonographie durch die vordere Fontanelle auch die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle durchzuführen, zumindest aber bei allen Frühgeborenen mit Koageln im supratentoriellen Ventrikelsystem. Des weiteren sollten besonders Frühgeborene <30. SSW oder <1500g Geburtsgewicht

durch die hintere Seitenfontanelle geschallt werden, denn diese Kinder sind besonders gefährdet, eine Blutung in der hinteren Schädelgrube zu erleiden. Da die Kleinhirnblutungen häufig klinisch inapparent sind, laufen sie Gefahr, bei alleiniger Untersuchung durch die vordere Fontanelle übersehen zu werden.

6.1.3. Inzidenz der infratentoriellen Pathologien

In der vorliegenden Studie konnten bei 6% der Kinder infratentorielle Läsionen dargestellt werden. Diese bestanden aus Erweiterungen der Liquorräume, d.h. 3% Erweiterung des IV. Ventrikels, 1% Erweiterung des Aquädukts, 1% auffallend große Cisterna magna, des weiteren Koagel im Liquorsystem, d.h. 4% Koagel im IV. Ventrikel, 2% Koagel in der Cisterna magna und in 1% Darstellung einer intraparenchymatösen echodensen Zone (IPE), die sich im Verlauf zurückbildete.

6.2. Vordere Schädelgrube

Es wurden bei insgesamt 22% der Frühgeborenen pathologische Läsionen diagnostiziert, von den 37 Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht <1500g wurden bei 35% pathologische Befunde erhoben. 24% der untersuchten Frühgeborenen waren vor der 30. SSW geboren, bei 54% von ihnen wurden pathologische Befunde erhoben.

Die Daten der in Abs. 3 bis 5 beschriebenen Studie dieser Arbeit bestätigen, dass bei Frühgeborenen mit der Unreife das Risiko für eine Hirnblutung sowie deren Schweregrad zunimmt [1, 16, 65]. Besonders Frühgeborene mit einem Gestationsalter <30. SSW und Geburtsgewicht <1500g haben ein hohes Risiko, eine intrakranielle Blutung zu erleiden. Während die Inzidenz der intraventrikulären Blutungen bei allen Frühgeborenen in der Literatur mit 21% angegeben wird [87],

liegt sie bei Frühgeborenen unter 1500g bei 33-50% [1, 41], bei Frühgeborenen unter 700g Geburtsgewicht sogar bei 62%.

Mit dem Schweregrad der Hirnblutung nimmt auch die Häufigkeit der Entwicklung von periventrikulärer Leukomalazie und intraparenchymatösen Echogenitäten zu. Insgesamt tritt die periventrikuläre Leukomalazie mit einer Häufigkeit von 2 bis 4% auf. Sie kann in der ersten Lebenswoche als echogene Läsion dargestellt werden, die sich dann nach 3-4 Wochen zystisch umwandelt [16, 19]. In den vorliegenden Untersuchungen betrug die Häufigkeit 6%.

6.3.Vermessung der hinteren Schädelgrube

6.3.1. Transcerebellärer Durchmesser

Die hintere Schädelgrube ist vor Druck von außen und somit vor Verformungen gut geschützt. Daher wird pränatal die Vermessung des fetalen Kleinhirns als Parameter zur Bestimmung des Gestationsalters herangezogen [33]. Der transverse Kleinhirndurchmesser in der axialen Schnittebene stellt eine gute Alternative zum biparietalen Durchmesser dar, besonders in solchen Fällen, in denen dieser nicht zuverlässig erscheint, z. B. bei Beckenendlage, Oligohydramnion, uterine Anomalien [54].

Birnholz untersuchte 50 Neugeborene sonographisch durch die vordere Fontanelle und ermittelte die Fläche des Vermis cerebellaris im mittleren Sagittalschnitt. Eine lineare Korrelation zu Geburtsgewicht und Gestationsalter konnte gezeigt werden, bei Mangelgeborenen war die Vermisfläche jedoch verkleinert [12].

Bei der postpartalen Messung des transversen cerebellären Durchmessers als weitester Durchmesser des Kleinhirns im Coronarschnitt bei Frühgeborenen unter 1500g scheint der TCD ein unabhängiger Messwert für das Gestationsalter auch bei

Wachstumsretardierung, Zwillings- oder Drillingsgestation und Druckänderungen unter der Geburt zu sein [81].

In der vorliegenden Studie wurde postnatal der transcerebelläre Durchmesser sowohl durch die vordere als auch durch die hintere Seitenfontanelle gemessen. Die Messungen korrelieren miteinander auf einem Niveau von 0,01 zweiseitig signifikant. Der transcerebelläre Durchmesser korreliert linear mit dem Gestationsalter bei Untersuchung wie in Abs. 5.6.1.2. dargestellt. Jedoch ist er bei Mangelgeborenen verkleinert, so dass nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie diese Messmethode ebenso wenig wie die Vermisfläche als morphologisches Kriterium zur Altersbestimmung herangezogen werden kann.

6.3.2. Vierter Ventrikel

Es ist bekannt, dass der IV. Ventrikel normalerweise klein ist und einen kurzen superio-inferioren Durchmesser hat. Die Breite des IV. Ventrikels steigt mit zunehmendem Alter an, während eine Zunahme der Höhe und der Tiefe nur angedeutet ist [39]. Anderson et al. bemerkten bei der Sonographie durch die posteriore Fontanelle, dass bei generalisierter Ventrikelerweiterung der IV. Ventrikel rund wird. Es wurde angenommen, dass dieses ein Zeichen für Dilatation ist [4]. Dies wurde durch die vorliegende Studie bestätigt. Bei Erweiterung des IV. Ventrikels nahm die Ventrikelhöhe mehr zu als die Ventrikelweite.

Die Richtlinie, dass der Durchmesser des IV. Ventrikels in der Neonatalperiode in keiner Richtung 4mm überschreiten soll [33], konnte mit den Messergebnissen der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Die Beurteilung, ob der IV. Ventrikel normal groß oder vergrößert ist, erfolgte in der Studie subjektiv durch den Untersucher, indem er die Ventrikelgröße in Relation zum gesamten Cerebellum beurteilte und im Anschluss vermaß. Eine klare Definitionen zur Beurteilung des IV. Ventrikels ist in der Literatur nicht vorhanden. 97% der in der vorliegenden Studie gemessenen IV. Ventrikel waren weiter als 4mm und 92% von ihnen waren normal

oder sogar schlitzförmig beurteilt worden. Die Höhe des IV. Ventrikels war in 56% der gemessenen Ventrikel >4mm und 43% von ihnen waren als normal beurteilt worden.

Die vorliegenden Daten zeigen höhere Messwerte bei erweitert beurteiltem IV. Ventrikel sowohl in der Weite als auch der Höhe als bei normal beurteiltem IV. Ventrikel. Das Patientenkollektiv ist jedoch zu klein, um hieraus Normwerte zu ermitteln. Dasselbe gilt auch für die Vermessung des Aquädukts und der Cisterna magna.

Aus den vorliegenden Daten kann als Richtwert für die Messungen der als normal beurteilten IV. Ventrikel der Mittelwert +/- Standardabweichung herangezogen werden:

Höhe des IV. Ventrikels: 5,1 - 7,9mm

Weite des IV. Ventrikels: 2,7 - 5,1mm

6.3.3. Cisterna magna

Die Cisterna magna ist echofrei und sehr variabel in ihrer Größe, eine sogenannte Megacisterna magna ist eine Normvariante [52].

Die Höhe der Cisterna magna eignet sich zur Aufdeckung von Anomalien wie Dandy-Walker-Zysten oder Arachnoidalzysten der hinteren Schädelgrube, wie eine retrospektive Studie anhand von sonographischen Messungen in der Sagittalebene durch die vordere Fontanelle zeigt [31]. Auch intrauterin kann die Messung der Höhe der Cisterna magna zur Prädiktion von schwerwiegenden ZNS-Fehlbildungen herangezogen werden [22].

Laing et al warnten vor der Darstellung der hinteren Schädelgrube in einer gekippten semi-coronaren Schnittebene, die eine Pseudo-Cisterna-magna und eine Pseudo-Dandy-Walker-Variante vortäuschen kann [48].

Ebenso wie der IV. Ventrikel wurde die Cisterna durch den Untersucher subjektiv in ihrer Größe beurteilt. Zwar waren die in der vorliegenden Studie auffallend groß beurteilten Cisternen im Durchschnitt weiter als die normal beurteilten Cisternen, die Übergänge waren jedoch fließend. Die Weite der Cisterna magna eignet sich daher schlecht als objektives Messkriterium.

Als Richtwert wird aus den vorliegenden Messwerten für die Messungen der als normal beurteilten Cisternen der Mittelwert +/- Standardabweichung herangezogen:

Cisterna magna Weite: 6,4 - 10,7mm

In der vorliegenden Studie wurden bei 2 Kindern Koagel in der Cisterna magna dargestellt. Wie in den Ventrikeln induzieren Blutkoagel Entzündungsreaktionen und bilden besonders in der Cisterna magna fibrinöse Adhäsionen aus [37, 95]. Solche Adhäsionen können dann bei Nachuntersuchungen dargestellt werden.

6.3.4. Aquädukt

In der Literatur sind bisher keine Messungen des Aquaeductus cerebri oder Aquädukts beschrieben. In der vorliegenden Studie wurde der Aquädukt bei 55 Frühgeborenen gemessen und war ab einer Weite von 0,6mm messbar. Bei nur einem Kind war der Aquädukt erweitert beurteilt worden.

Zwar ist die Anzahl der Kinder zu gering, um Normwerte zu erstellen, jedoch kann als grober Richtwert die Aquäduktweite +/- Standardabweichung angegeben werden:

Aquäduktweite: 0,8 – 1,4mm

7. Schlussfolgerung

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass infratentorielle Pathologien übersehen werden, wenn die neonatale cerebrale Sonographie ausschließlich durch die vordere Fontanelle durchgeführt wird. Die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle sollte daher routinemäßig bei allen Frühgeborenen durchgeführt werden, zumindest bei allen Frühgeborenen mit supratentorieller Pathologie.

8. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden prospektiven Studie wurde bei 100 Frühgeborenen unmittelbar im Anschluss an die Routinesonographie durch die vordere Fontanelle die Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle durchgeführt.

Hauptziel dieser Studie war es, die Sonographie durch die vordere Fontanelle und durch die hintere Seitenfontanelle vergleichend auf ihre Fähigkeit zu prüfen, infratentorielle Pathologien aufzudecken. Gleichzeitig sollte die Inzidenz von infratentoriellen Veränderungen erhoben werden.

Bei einem Kind mit einem konnatalen Hydrocephalus ohne intrakranielle Blutung war die infratentorielle Pathologie durch die vordere Fontanelle diagnostiziert worden, die anderen fünf infratentoriellen Pathologien waren nur durch die hintere Seitenfontanelle darzustellen. Alle fünf Kinder, deren infratentorielle Pathologie durch die vordere Fontanelle übersehen worden war, hatten Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem.

Bei sechs Kindern wurde bei der Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle eine infratentorielle Läsion dargestellt. Bei den Pathologien handelte es sich um Erweiterung des 4. Ventrikels (n=3), Erweiterung des Aquädukts (n=1), Koagel im IV. Ventrikel (n=3), Ependymblutung (n=1), Koagel in der Cisterna magna (n=2) und eine intraparenchymatöse echodense Zone (n=1). Alle Kinder mit infratentorieller Läsion hatten auch eine supratentorielle Läsion. Insgesamt wurden bei 22 Frühgeborenen (22%) pathologische supratentorielle Läsionen diagnostiziert.

Die Kinder mit infratentorieller Pathologie unterschieden sich nicht von den Kindern ohne infratentorielle Pathologie hinsichtlich ihres Geburtsgewichtes, Gestationsalters bei Geburt oder Untersuchung, ihres Geburtsmodus, ihrer Kopfumfangsperzentile, Mangelgeburtlichkeit oder hinsichtlich des Auftretens von Krampfanfällen.

Die Strukturen der hinteren Schädelgrube konnten über die hintere Seitenfontanelle bei 87% der Kinder mit guter Qualität sonographisch dargestellt werden, während dies nur bei 72% über die vordere Fontanelle möglich war. Es werden Richtwerte für

die Vermessung des IV. Ventrikels, der Cisterna magna und des Aquädukts angegeben.

Die vorliegende Studie zeigt als Erste prospektiv, dass Pathologien der hinteren Schädelgrube bei alleiniger Untersuchung durch die vordere Fontanelle übersehen werden. Dies waren 27% der Frühgeborenen mit supratentorieller Pathologie. Besonders ungünstig wirkt sich das Vorhandensein von Blutkoageln im supratentoriellen Ventrikelsystem aus.

Die zusätzliche Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle sollte bei allen Frühgeborenen routinemäßig im Anschluss an die cerebrale Sonographie durch die vordere Fontanelle durchgeführt werden.

9. Literaturverzeichnis

- 1 Allen WC, Philip AGS
Neonatal cerebral pathology diagnosed by ultrasound
Clin Perinat 12/1 (1985) 195-211
- 2 Anderson N, Fulton J
Technical note: sonography through the posterior fontanelle in diagnosing neonatal intraventricular haemorrhage
AJNR 12 (1991) 368-370
- 3 Anderson N, Allan R, Darlow B, Malpas T
Diagnosis of intraventricular haemorrhage in the newborn: value of sonography via the posterior fontanelle
AJR 163 (1994) 893-896
- 4 Anderson NG, Hay R, Hutchings M, Whitehead M, Darlow B
Posterior fontanelle cranial ultrasound: anatomic and sonographic correlation
Early Human Development 42 (1995) 141-152
- 5 Aso K, Barmada MA, Scher MS
EEG and the neuropathology in premature neonates with intraventricular haemorrhage
J Clin Neurophysiol 10 (1993) 304-313
- 6 Aso K, Scher MS, Barmada MA
Cerebral infarcts and seizures in the neonate
J Child Neurol 5 (1990) 224-228
- 7 Aziz K, Vickar DB, Sauve RS, Etches PC, Pain KS, Robertson CM
Province-based study of neurologic disability of children weighing 500 through 1249 grams at birth in relation to neonatal cerebral ultrasound findings
Pediatrics 95 (1995) 837-844

- 8 Babcock DS
Sonography of the brain in infants: role in evaluating neurologic abnormalities.
AJR 165 (1995) 417-423
- 9 Babcock DS, Bokyoung KH, Weiss RG, Ryckman FC
Brain abnormalities in infants on extracorporeal membrane oxygenation:
sonographic and CT findings
AJR 153 (1989) 571-576
- 10 Baumeister FAM, Hofer M
Cerebellar Hemorrhage in Preterm Infants with Intraventricular Hemorrhage: A
missed Diagnosis?
Clin Pediatr 39 (2000) 611-613
- 11 Baumeister FAM, Hofer M, Schneider K
Hintere Seitenfontanelle als Schallfenster zur hinteren Schädelgrube
Optimierung der neonatalen zerebralen Sonografie
Monatsschr Kinderheilkd 148 (2000) 36-40
- 12 Birnholz JC
Newborn cerebellar size
Pediatrics 70 (1982) 284-287
- 13 Buckley KM, Taylor GA, Estroff JA, Barnewolt CE, Share JC, Paltiel HJ
Use of the mastoid fontanelle for improved sonographic visualisation of the
neonatal midbrain and posterior fossa
AJR 168 (1997) 1021-1025
- 14 Bulas DI, Taylor GA, Fitz CR, Revenis ME, Glass P, Ingram JD
Posterior fossa intracranial hemorrhage in infants treated with extracorporeal
membrane oxygenation: Sonographic findings
AJR 156 (1991) 571-575

- 15 Burstein J, Papile L, Burstein R
Intraventricular hemorrhage and hydrocephalus in premature newborns: a prospective study with CT
AJR 132 (1979) 631-635
- 16 Claris O, Besnier S, Lapillonne A, Picaud JC, Salle BL
Incidence of Ischemic-hemorrhagic cerebral lesions in premature infants of gestational age ≤ 28 weeks: a prospective ultrasound study
Biol Neonate 70 (1996) 29-34
- 17 Cramer BC, Jequier S, O’Gorman AM
Sonography of the neonatal craniocervical junction
AJR 147 (1986) 133-139
- 18 Deeg, KH
Zentrales Nervensystem und Rückenmark
In: “Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie. Lehrbuch und Atlas”
Hofman V, Deeg KH, Hoyer PF (Hrsg.)
Thieme, Stuttgart 1996
2. Auflage, 2-116
- 19 Enzmann D, Murphy-Irwin K, Stevenson D, Ariagno R, Barton J, Sunshine P
The natural history of subependymal germinal matrix hemorrhage
Am J Perinatol 2 (1985) 123-133
- 20 Estroff JA, Scott MR, Benacerraf BR
Dandy-Walker variant: prenatal sonographic features and clinical outcome
Radiology 185 (1992) 755-758
- 21 Evans MJ, McKeever PA, Pearson GA, Field D, Firman RK
Pathological complications of non-survivors of newborn extracorporeal membrane oxygenation
Arch Dis Child 71 (1994) F88-92

- 22 Filly RA, Cardoza JD, Goldstein RB, Barkovich AJ
Detection of fetal central nervous system anomalies: a practical level of effort for a routine sonogram
Radiology 172 (1989) 403-408
- 23 Fishman MA, Percy AK, Cheek WR, Speer ME
Successful conservative management of cerebellar hematomas in term neonates
J Pediatr 98(1981) 466-468
- 24 Flodmark O, Becker LE, Harwood-Nash DC, Fitzhardinge PM, Fitz CR, Chuang SH
Correlation between computed tomography and autopsy in premature and full-term neonates that have suffered perinatal asphyxia
Radiology 137 (1980) 93-103
- 25 Foy P, Dubbins PA, Waldroup L, Graziani L, Goldberg BB, Berry R
Ultrasound demonstration of cerebellar hemorrhage in a neonate
J Clin Ultrasound 10 (1982) 196-198
- 26 Fukumizu M, Takashima S, Becker LE
Neonatal posthemorrhagic hydrocephalus: Neuropathologic and immunohistochemical studies
Pediatr Neurol 13 (1993) 230-234
- 27 Gaisie G, Roberts MS, Bouldin TW, Scatliff JH
The echogenic ependymal wall in intraventricular hemorrhage: sonographic-pathologic correlation
Pediatr Radiol 20 (1990) 297-300
- 28 Gaßner I, Unsinn KM, Geley T, Sinzig M
Sonographie des Gehirns und Rückenmarks bei Früh- und Neugeborenen.
Radiologe 40 (2000) 35-42

- 29 Ghazi-Birry HS, Brown WR, Moody DM, Dhalla VR, Block SM, Reboussin DM
Human germinal matrix: venous origin of hemorrhage and vascular characteristics
Am J Neuroradiol 18 (1997) 219-229
- 30 Gontard von A, Arnold D, Adis B
Posterior fossa hemorrhage in the newborn – diagnosis and management
Pediatr Radiol 18(1988) 347-348
- 31 Goodwin L, Quisling RG
The neonatal cisterna magna: ultrasonic evaluation
Radiology 149 (1983) 691-695
- 32 Gould SJ, Howard S, Hope PL, Osmund E
Periventricular intraparenchymal cerebral haemorrhage in preterm infants: the role of venous infarction
J Pathol 151 (1987) 197-202
- 33 Govaert P, Vries de L
An atlas of neonatal brain sonography
Clin Dev Med 141-142 (1997) 34-37
- 34 Gradnitzer E, Urlsberger B, Maurer U, Riccabona M, Muller W
Cerebral hemorrhage in term newborn infants- an analysis of 10 years (1989-1999)
Wien Med Wochenschr 152 (2002) 9-13
- 35 Grant EG, Schellinger D, Richardson JD
Real-time ultrasonography of the posterior fossa
J Ultrasound Med 2 (1983) 73-87
- 36 Grunnet ML, Shields WD
Cerebellar hemorrhage in the premature infant
J Pediatrics 88/4 (1976) 605-608

- 37 Gurtner P, Bass T, Gudeman SK, Penix JO, Philput CB, Schinco FP
Surgical management of posthemorrhagic hydrocephalus in 22 low-birth-weight infants
Child Nerv Syst 8 (1992) 198-202
- 38 Hanigan WC Morgan AM, Anderson RJ
Incidence and neurodevelopmental outcome of periventricular hemorrhage and hydrocephalus in a regional population of very low birth weight infants
Neurosurgery 29 (1991) 701-706
- 39 Helmke K, Winkler P
Sonographisch ermittelte Normwerte des intrakraniellen Ventrikelsystems im ersten Lebensjahr
Monatsschr Kinderheilkd 135 (1987) 148-152
- 40 Helmke K, Winkler P, Kock C
Sonographic examination of the brain stem area in infants
Pediatr Radiol 17 (1987) 1-6
- 41 Hope PL, Gould SJ, Howard S, Hamilton PA, Costello de AM, Reynolds EOR
Precision of ultrasound diagnosis of pathologically verified lesions in the brains of very preterm infants
Dev Med Child Neurol 30 (1988) 457-471
- 42 Huang C-C, Shen E-Y
Tentorial subdural hemorrhage in term newborns: Ultrasonographic diagnosis and clinical correlates
Pediatr Neurol 7 (1991) 171-177
- 43 Ichiyama T, Hayashi T
Ultrasonic measurements of the posterior cranial fossa structures in neonates and infants
Eur J Pediatr 150 (1991) 719-721

- 44 Jacobsen M
Developmental neurobiology
Holt, Rinehart and Winston Inc. New York 1970 42-59
- 45 Jennett RJ, Daily WJR, Tarby TJ, Manwaring KH
Prenatal diagnosis of intracerebellar hemorrhage: Case report
Am J Obstet Gynecol 162 (1990) 1472-1475
- 46 Kazam E, Rudelli R, Monte W, Rubenstein WA, de Arellano ER, Kairam R, Paneth N
Sonographic Diagnosis of cisternal subarachnoid hemorrhage in the premature infant
Am J Neuroradiol 15 (1994) 1009-1020
- 47 Kurz R, Roos R
Hirnblutung bei Neugeborenen
In: Checkliste Pädiatrie
Sturm A, Largiadèr F, Wicki O (Hrsg.)
Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York 1996 592
- 48 Laing FC, Frates MC, Brown DL, Benson CB, Di Salvo DN, Doubilet PM
Sonography of the fetal posterior fossa: false appearance of mega-cisterna magna and dandy-walker variant
Radiology 192 (1994) 247-251
- 49 Levene MI
Measurement of the growth of the lateral ventricles in preterm infants with real-time ultrasound
Arch Dis Child 56 (1981) 900-904.
- 50 Luna JA, Goldstein RA
Sonographic visualisation of neonatal posterior fossa abnormalities through the posterolateral fontanelle
AJR 174 (2000) 561-567

- 51 Maertens P
Imaging through the posterior fontanelle
J Child Neurol 4 (1989) S62-67
- 52 Mahony BS, Callen PW, Filly RA, Hoddick WK
The fetal cisterna magna
Radiology 153 (1984) 773-776
- 53 Martin R, Rosemann V, Ranaroff A
Massive intracerebellar hemorrhage in low-birth-weight infants
J Pediatr 89 (1976) 290
- 54 McLeary RD, Kuhns LR, Barr M Jr
Ultrasonography of the fetal cerebellum
Radiology 151 (1984) 439-442
- 55 McMenamin JB, Shackelford GD, Volpe JJ
Outcome of neonatal intraventricular hemorrhage with periventricular echodense lesions
Ann Neurol 15 (1984) 285-290
- 56 Ment LR, Schneider KC, Ainley MA, Allan WC
Adaptive mechanisms of developing brain. The neuroradiologic assessment of the preterm infant
Clinics in perinatology 27/2 (2000) 303-323
- 57 Mercury E, He J, Curati WL, Dubowitz LM, Cowan FM, Bydder GM
Cerebellar infarction and atrophy in infants and children with a history of premature birth
Pediatr Radiol 27 (1997) 139-143
- 58 Merrill JD, Piccuch RE, Fell SC, Barkovich AJ, Goldstein RB
A new pattern of cerebellar hemorrhages in preterm infants
Pediatrics 102 (1998) e62

- 59 Nathan KB, Roy S, Floyd HG, Agasanakatte P
Posterior fossa subdural hematomas in neonates
Arch Neurol 35 (1982) 108-111
- 60 Pape KE, Armstrong DL, Fitzhardinge PM
Central nervous system pathology associated with mask ventilation in the very low birthweight infant: a new etiology for intracerebellar hemorrhages
Pediatrics 58 (1976) 473-483
- 61 Pape KE, Blackwell RJ, Cusick G, Sherwood A, Houang MT, Thorburn RJ, Reynolds EO
Ultrasound detection of brain damage in preterm infants
Lancet 2 (1979) 1261-1264
- 62 Papile L, Burstein J, Burstein R, Koffer H
Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage. A study of infants with birth weight less than 1500 grams.
J Pediatr 92 (1978) 529-534
- 63 Perlman JM, Nelson JS, McAlister WH, Volpe JJ
Intracerebellar hemorrhage in a premature newborn: Diagnosis by real-time ultrasound and correlation with autopsy findings
Pediatrics 71 (1983) 159-162
- 64 Perlman JM, Rollins N
Surveillance protocol for the detection of intracranial abnormalities in premature neonates
Arch pediatr adolesc med 154 (2000) 822-826
- 65 Perlman JM, Volpe JJ
Intraventricular hemorrhage in extremely small premature infants
AJDC 140 (1986) 1122-1124

- 66 Peterson CM, Smith WL, Franken EA
Neonatal intracerebellar hemorrhage: detection by real-time ultrasound
Radiology 150 (1984) 391-392
- 67 Pilu G, Romero R, Palma de L, Jeanty P, Burdine C, Hobbins JC
Ultrasound investigation of the posterior fossa in the fetus
Am J Perinat 4/2 (1987) 155-159
- 68 Reeder JD, Setzer ES, Kaude JV
Ultrasound detection of perinatal intracerebellar hemorrhage
Pediatrics 70 (1982) 385-386
- 69 Regev R, Dolfin T, Ben-Nun Y, Herzog L
Survival rate and 2 year outcome in very low birthweight infants
Isr J Med Sci 31 (1995) 309-313
- 70 Rijhsinghani A, Belsare TJ
Neonatal intracerebellar hemorrhage after forceps delivery. Report of a case
without neurologic damage
J Reprod Med 42 (1997) 127-130
- 71 Rosenfeld DL, Lis E, Marko K de
Transtentorial herniation of the fourth ventricle
Pediatr Radiol 25 (1995) 436-439
- 72 Rosanelli K
Erkrankungen in der Neugeburtsperiode
Intrakranielle Blutungen
In: „Pädiatrie“
Sitzmann FC (Hrsg.)
Hippokrates Verlag Stuttgart 1995 136-138

- 73 Salvo di DN
A new view of the neonatal brain: clinical utility of supplemental neurologic US imaging windows
Radiographics 21 (2001) 943-955
- 74 Scotti G, Flodmark O, Harwood-Nash DC, Humphries RP
Posterior fossa hemorrhages in the newborn
J Comput Assist Tomogr 5/1 (1981) 68-72
- 75 Serfontein GL, Rom S, Stein S
Posterior fossa subdural hemorrhage in the newborn
Pediatrics 65 (1980) 40-43
- 76 Shuman RM, Oliver TK Jr
Face masks defended
Pediatrics 58 (1976) 621-623
- 77 Sobotta J
"Atlas der Anatomie des Menschen"
Staubesand J (Hrsg.)
Urban & Schwarzenberg München 1988 19. Auflage 20-21
- 78 Staudt F, Deeg KH, Rohden von L
Klassifikation der intrakraniellen Blutungen des Frühgeborenen
Monatsschr Kinderheilkd 147 (1999) 845-847
- 79 Sudakoff GS, Montazemi M, Rifkin MD
The foramen Magnum: The underutilised acoustic window to the posterior fossa
J Ultrasound Med 4 (1993) 205-210

- 80 Svenningsen NW, Bjorklund L, Lindroth M
Changing trend in perinatal management and outcome of extremely low birthweight (ELBW) infants
Acta paediatr Suppl 422 (1997) 89-91
- 81 Swaminathan M, Davies MW, Davis PG, Betheras FR
Transverse cerebellar diameter on cranial ultrasound scan in preterm neonates in an Australian population
J Paediatr. Child Health (1999) 35, 346-349
- 82 Szymonowicz W, Schafler K, Cussen LJ, Yu VYH
Ultrasound and necropsy study of periventricular haemorrhage in preterm infants
Arch Dis Child 59 (1984) 637-642
- 83 Szymonowicz W, Yu VYH, Bajuk B
Neurodevelopmental outcome of periventricular hemorrhage and leukomalacia in infants
Early Hum Dev 14 (1986) 1-7
- 84 Taylor GA, Fitz CR, Kapur S, Short BL
Cerebrovascular accidents in neonates treated with extracorporeal membrane oxygenation: Sonographic-pathologic correlation
AJR 153 (1989) 355-361
- 85 Taylor GA, Madsen JR
Neonatal hydrocephalus: hemodynamic response to fontanelle compression-correlation with intracranial pressure and need for shunt placement
Radiology 201 (1996) 685-689
- 86 Taylor GA
Recent advances in neonatal cranial ultrasound and doppler techniques
Clin Perinatol 24 (1997) 677-691

- 87 Toma P, Cariati M, Dell'Acqua AM, Magnano GM
Diagnosi ecotomografica di emorragia cerebellare nel neonato: a proposito di
2 casi
Minerva pediatrica 42 (1990) 161-164
- 88 Vohr B, Garcia-Coll C, Flanagan P, Oh W
Effects of intraventricular hemorrhage and socioeconomic status of perceptual
cognitive and neurologic status of low birth weight infants at 5 years of age
J Pediatr 121 (1992) 280-285
- 89 Vohr B, Ment LR
Intraventricular hemorrhage in the preterm infant
Early Hum Dev 44 (1992) 1-16
- 90 Volpe JJ
Brain injury in the premature infant- current concepts of pathogenesis and
prevention
Biol Neonate 62 (1992) 231-242
- 91 Volpe JJ
Brain injury in the premature infant- current concepts.
Prev Med 23 (1994) 638-45
- 92 Volpe JJ
Brain injury in the premature infant: Current concepts
Biol Neonate 69 (1996) 165-212
- 93 Volpe JJ
Brain injury in the premature infant- from pathogenesis to prevention
Brain Dev 19 (1997) 519-534

- 94 Volpe JJ
Brain injury in the premature infant: overview of clinical aspects,
neuropathology, and pathogenesis
Semin Pediatr Neurol 5 (1998) 135-51
- 95 Vries de LS, Larroche J-C, Levene MI
Intracranial sequelae
In: "Fetal and Neonatal Neurology and Neurosurgery"
Levene MI, Bennett MJ, Punt J (Hrsg.)
Churchill Livingstone New York 1988 347
- 96 Vries de LS, Rademaker KJ, Groenendaal F, Eken P, Haastert IC, Vandertop
WP, Gooskens R, Meiners LC
Correlation between neonatal cranial ultrasound, MRI in infancy and
neurodevelopmental outcome in infants with a large intraventricular
haemorrhage with or without unilateral parenchymal involvement.
Neuropediatrics 29 (1998) 180-188
- 97 Whitelaw A, Rivers RP, Creighton L, Gaffney P
Low dose intraventricular fibrinolytic treatment to prevent posthaemorrhagic
hydrocephalus
Arch Dis Child 67 (1992) 12
- 98 Winkler P
Advances in paediatric CNS ultrasound
EJR 26 (1998) 109-120
- 99 Yousefzadeh DK, Naidich, TP
US anatomy of the posterior fossa in children: correlation with brain sections
Radiology 156 (1985) 353-361

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Schematische Darstellung der Sagittalschnitte durch die vordere Fontanelle.....	5
Abb. 2	Schematische Darstellung der Koronarschnitte durch die vordere Fontanelle.....	5
Abb. 3 a-h	Routinesonographie durch die vordere Fontanelle [eigene Bilder].....	6
Abb. 4	Schädel eines Neugeborenen mit Fontanellen, Ansicht von lateral [77]	10
Abb. 5 a-b	Sonographie durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder]...	11
Abb. 6	Vermessung der hinteren Schädelgrube im Coronarschnitt [C 6] [eigenes Bild].....	23
Abb. 7 a-d	Vermessung der hinteren Schädelgrube durch die hintere Seitenfontanelle [eigene Bilder].....	24
Abb. 8 a-c	In der Studie verwendete Dokumentationsbögen.....	28
Abb. 9	Koagel im erweiterten IV. Ventrikel [eigenes Bild].....	33
Abb. 10	Erweiterter Aquädukt [eigenes Bild].....	33
Abb. 11	Zusammenhang zwischen supra- und infratentorieller Pathologie	34
Abb. 12	Zusammenhang zwischen Koagel im supratentoriellen Ventrikelsystem und übersehener infratentorieller Pathologie.....	35
Abb. 13	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht..	36
Abb. 14	Supra- und infratentorielle Läsionen in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht.....	37
Abb. 15	Supra- und infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Geburt.....	38
Abb. 16	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Geburt.....	39
Abb. 17	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Gestationsalter bei Untersuchung.....	40
Abb. 18	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Lebensstag bei Untersuchung.....	41
Abb. 19	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Geburtsmodus....	42

Abb. 20	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Kopfumfang bei Untersuchung.....	43
Abb. 21	Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit von Mangelgeburtlichkeit.....	44
Abb. 22	Korrelation des transcerebellären Durchmessers (TCD) gemessen durch die vordere Fontanelle und hintere Seitenfontanelle.....	45
Abb. 23	Transcerebellärer Durchmesser in Abhängigkeit vom Gestationsalter.....	46
Abb. 24	Beurteilung des IV. Ventrikels durch die vordere Fontanelle im Vergleich zur Beurteilung durch die hintere Seitenfontanelle.....	48
Abb. 25 a-c	Messung der Weite des IV. Ventrikels.....	49
Abb. 26 a-c	Messung der Höhe des IV. Ventrikels.....	51
Abb. 27 a-c	Messung der Cisterna magna.....	54
Abb. 28 a-b	Messung des Aquädukts.....	57

11. Abkürzungsverzeichnis

AC	Aquaeductus cerebri
AQW_SF	Aquäduktweite durch die hintere Seitenfontanelle
AV	arteriovenös
B	Basalganglien
C	Kleinhirnhemisphäre
C 1	Vorderer Koronarschnitt vor den Seitenventrikelvorderhörnern
C 2	Vorderer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner
C 3	Mittlerer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelvorderhörner und den III. Ventrikel
C 4	Hinterer Koronarschnitt durch die Cisterna quadrigemina und durch die Pedunculi cerebri
C 5	Hinterer Koronarschnitt durch den IV. Ventrikel
C 6	Hinterer Koronarschnitt durch das Kleinhirn
C 7	Hinterer Koronarschnitt durch die Seitenventrikelhinterhörner
C 8	Hinterer Koronarschnitt oberhalb der Seitenventrikel
CC	Corpus callosum
CI	Cisterna interpeduncularis
CM	Cisterna magna
CMW_SF	Weite der Cisterna magna durch die hintere Seitenfontanelle
CT	Computertomographie
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
d. h.	das heißt
etc.	etcetera
FC	Falx cerebri
FS	Fissura Sylvii
GC	Gyrus cinguli
GESCHL	Geschlecht
GI	Gyri insulae
H	Hippocampus
HA	Periventrikulärer Halo
HH	Hinterhorn des Seitenventrikels
ICH	Intrakranielle Blutung

III	III. Ventrikel
IPE	Intraparenchymatöse echodense Zone
IQ	Intelligenzquotient
IV	IV. Ventrikel
IVH	Intraventrikuläre Blutung
K	Koagel
KRAMPFA	Krampfanfälle
KA	Krampfanfall
li	links
MHz	Megahertz
MRT	Magnetresonanztomographie
NC	Nucleus caudatus
Nr	Nummer
OH	Okzipitalhirn
OP	Operculum parietale
OT	Operculum temporale
PATINS	Pathologie infratentoriell durch die hintere Seitenfontanelle
P	Pedunculi cerebri
PC	Plexus choroideus
PH	Parietalhirn
PVL	Periventrikuläre Leukomalazie
re	rechts
S 1	Mittlerer Sagittalschnitt
S 2	Parasagittalschnitt durch den Seitenventrikel
S 3	Parasagittalschnitt durch die Inselregion
SGA	Mangelgeburt (small for gestational age)
SO	Sulcus olfactorius
SSW	Schwangerschaftswoche
SV	Seitenventrikel
TC	Tentorium cerebelli
TCD	Transcerebellärer Durchmesser
TCD_MW	Mittelwert des Transcerebellären Durchmessers $[(TCD_VF+TCD_SF):2]$

TCD_SGA_MW	Mittelwert des Transcerebellären Durchmessers der Mangelgeborenen $[(TCD_VF+TCD_SF):2]$
TCD_SF	Transcerebellärer Durchmesser durch die hintere Seitenfontanelle
TCD_VF	Transcerebellärer Durchmesser durch die vordere Fontanelle
TH	Thalamus
V. a.	Verdacht auf
VC	Kleinhirnwurm
VH	Vorderhorn des Seitenventrikels
z. B.	zum Beispiel
Z. n.	Zustand nach

12. Tabellenanhang

Im Tabellenanhang werden Tab. 1 bis 24 dargestellt. Tab. 25 bis 31 befinden sich im Textverlauf und werden mit Seitenangaben im Tabellenanhang aufgelistet.

Alle Frühgeborene

	Geburtsgewicht	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N					
Gültig	98	100	100	100	91
Fehlend	3	1	1	1	10
Mittelwert	1762,81	32,21	16,63	34,59	47,76
Median	1767,50	33,00	9,00	35,29	40,00
Standardabweichung	606,44	3,31	19,37	3,14	26,45
Minimum	550	23,57	0	25,43	9
Maximum	3200	36,86	91	42,86	95

Tab. 1: Auswertung aller Frühgeborenen hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Frühgeborene ohne Pathologie

	Gestationsalter bei Geburt	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N					
Gültig	76	78	78	78	72
Fehlend	2	0	0	0	6
Mittelwert	1875,72	33,02	14,15	35,04	48,21
Median	1940,00	33,64	8,00	35,43	45,00
Standardabweichung	560,79	2,82	14,92	2,68	26,02
Minimum	550	23,57	0	26,14	9
Maximum	3200	36,86	91	42,86	95

Tab. 2: Auswertung der Frühgeborenen ohne Pathologie hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Frühgeborene mit supratentorieller Pathologie

		Geburtsgewicht	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N	Gültig	22	22	22	22	19
	Fehlend	0	0	0	0	3
Mittelwert		1372,73	29,35	25,41	32,98	46,05
Median		1237,50	28,57	13,50	33,36	35,00
Standardabweichung		608,31	3,42	29,14	4,08	28,71
Minimum		570	25,00	1,00	25,43	9,00
Maximum		2600	36,14	87,00	38,14	91,00

Tab. 3: Auswertung der Frühgeborenen mit supratentorieller Pathologie hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Frühgeborene mit infratentorieller Pathologie

		Geburtsgewicht	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N	Gültig	6	6	6	6	4
	Fehlend	0	0	0	0	2
Mittelwert		1427,50	29,21	14,50	31,29	45,00
Median		1105,00	27,79	6,00	28,29	37,50
Standardabweichung		644,56	2,87	16,97	4,93	33,42
Minimum		940	26,57	2	27,71	15
Maximum		2600	34,00	45	37,86	90

Tab. 4: Auswertung der Frühgeborenen mit infratentorieller Pathologie hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Frühgeborene ohne infratentorielle Pathologie

		Geburtsgewicht	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N	Gültig	92	94	94	94	87
	Fehlend	2	0	0	0	7
Mittelwert		1784,67	32,40	16,77	34,80	47,89
Median		1815,00	33,29	10,00	35,36	40,00
Standardabweichung		601,08	3,26	19,59	2,91	26,32
Minimum		550	23,57	0	25,43	9
Maximum		3200	36,86	91	42,86	95

Tab. 5: Auswertung der Frühgeborenen ohne infratentorielle Pathologie hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Frühgeborene mit supratentorieller ohne infratentorielle Pathologie

		Geburtsgewicht	Gestationsalter bei Geburt	Lebenstag bei Untersuchung	Gestationsalter bei Untersuchung	Kopfumfangsperzentile bei Untersuchung
N	Gültig	15	15	15	15	14
	Fehlend	0	0	0	0	1
Mittelwert		1288,33	29,01	30,40	33,35	43,57
Median		1355,00	29,00	24,00	34,00	32,50
Standardabweichung		578,80	3,46	32,97	3,66	27,57
Minimum		570	25,00	1	25,43	9
Maximum		2340	36,14	87	38,14	91

Tab. 6: Auswertung der Frühgeborenen mit supratentorieller, aber ohne intratentorieller Pathologie hinsichtlich Geburtsgewicht, Gestationsalter, Lebenstag und Kopfumfangsperzentile

Kreuztabelle Supra- und Infratentorielle Pathologien

Anzahl

		Infratentorielle Strukturen			Gesamt
		normal	pathol.	nicht beurt.	
Supratent.	normal	77		1	78
Strukturen	pathol.	15	6	1	22
Gesamt		92	6	2	100

Tab. 7: Kreuztabelle Supra- und Infratentorielle Pathologien

Kreuztabelle supratentorielle Koagel * infratentorielle Pathologie

Anzahl

		Supratentoriell		Gesamt
		keine Koagel	Koagel	
Infratentorielle Pathologie	keine übersehen	92	2	94
	gesehen	1	5	5
Gesamt		93	7	100

Tab. 8: Kreuztabelle supratentorielle Koagel und infratentorielle Pathologie

GESCHL * PATINS Kreuztabelle

			PATINS			Gesamt
			normal	pathologisch	nicht beurteilbar	
GESCHL	f	Anzahl	45	1	1	47
		% der Gesamtzahl	45,0%	1,0%	1,0%	47,0%
	m	Anzahl	47	5	1	53
		% der Gesamtzahl	47,0%	5,0%	1,0%	53,0%
Gesamt		Anzahl	92	6	2	100
		% der Gesamtzahl	92,0%	6,0%	2,0%	100,0%

Tab. 9: Infratentorielle Pathologie in Relation zum Geschlecht

GEBURT * PATINS Kreuztabelle

			PATINS			Gesamt
			normal	pathologisch	nicht beurteilbar	
GEBURT	Spontan	Anzahl	19	1		20
		% von PATINS	20,7%	16,7%		20,0%
		% der Gesamtzahl	19,0%	1,0%		20,0%
	Sectio	Anzahl	69	5	1	75
		% von PATINS	75,0%	83,3%	50,0%	75,0%
		% der Gesamtzahl	69,0%	5,0%	1,0%	75,0%
	Vacuumextraktion	Anzahl	1			1
		% von PATINS	1,1%			1,0%
		% der Gesamtzahl	1,0%			1,0%
	Forceps	Anzahl	3		1	4
		% von PATINS	3,3%		50,0%	4,0%
		% der Gesamtzahl	3,0%		1,0%	4,0%
Gesamt	Anzahl	92	6	2	100	
	% von PATINS	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	92,0%	6,0%	2,0%	100,0%	

Tab. 10: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

KRAMPFA * PATINS Kreuztabelle

			PATINS			Gesamt
			normal	pathologisch	nicht beurteilbar	
KRAMPFA	kein KA	Anzahl	90	5	2	97
		% der Gesamtzahl	90,0%	5,0%	2,0%	97,0%
	rez. Krampfanfälle	Anzahl	2	1		3
		% der Gesamtzahl	2,0%	1,0%		3,0%
	Gesamt	Anzahl	92	6	2	100
		% der Gesamtzahl	92,0%	6,0%	2,0%	100,0%

Tab. 11: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit von Krampfanfällen

SGA * PATINS Kreuztabelle

			PATINS			Gesamt
			normal	pathologisch	nicht beurteilbar	
SGA	0	Anzahl	83	6	2	91
		% der Gesamtzahl	83,8%	6,1%	2,0%	91,9%
	1	Anzahl	8			8
		% der Gesamtzahl	8,1%			8,1%
Gesamt		Anzahl	91	6	2	99
		% der Gesamtzahl	91,9%	6,1%	2,0%	100,0%

Tab. 12: Infratentorielle Pathologie in Abhängigkeit von Mangelgeburtlichkeit

Korrelationen

		TCD_VF	TCD_SF
TCD_VF	Korrelation nach Pearson	1,000	,775**
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000
	N	95	93
TCD_SF	Korrelation nach Pearson	,775**	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,
	N	93	98

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tab. 13: Korrelation des transcerebellären Durchmessers (TCD) gemessen durch die vordere Fontanelle und die hintere Seitenfontanelle

Beurteilung des IV. Ventrikels

Anzahl		Hintere Seitenfontanelle				Gesamt
		nicht darstellbar	schlitzförmig	normal	vergrößert	
Vordere Fontanelle	nicht darstellbar		3	1	3	7
	schlitzförmig		11	27		38
	normal	2	3	46	3	54
	vergrößert				1	1
Gesamt		2	17	74	7	100

Tab. 14: Beurteilung des IV. Ventrikels

Beurteilung des IV. Ventrikels durch die vordere Fontanelle bei durch die Seitenfontanelle diagnostizierten Koageln

Anzahl

		IV. Ventrikel (hintere Seitenfontanelle)		Gesamt
		kein Koagel	Koagel	
IV. Ventrikel (vordere Fontanelle)	nicht darstellbar	5	2	7
	schlitzförmig	38		38
	normal	51	2	53
	erweitert	1		1
Gesamt		95	4	99

Tab. 15: Beurteilung des IV. Ventrikels durch die vordere Fontanelle bei durch die Seitenfontanelle diagnostizierten Koageln

IV. Ventrikel durch die hintere Seitenfontanelle schlitzförmig und normal beurteilt

		Weite	Höhe
N	Gültig	79	79
Mittelwert		6,55	3,88
Standardabweichung		1,42	1,20
Minimum		2,9	1,7
Maximum		10,4	6,5

Tab. 16: Vermessung des durch die hintere Seitenfontanelle schlitzförmig und normal beurteilten IV. Ventrikels

IV. Ventrikel
durch die hintere Seitenfontanelle auffallend groß beurteilt

		Weite	Höhe
N	Gültig	6	6
Mittelwert		8,40	5,72
Standardabweichung		1,76	3,13
Minimum		6,50	2,30
Maximum		11,40	10,60

Tab. 17: Vermessung des durch die hintere Seitenfontanelle auffallend groß beurteilten IV. Ventrikels

Beurteilung der Cisterna Magna

Anzahl

		Hintere Seitenfontanelle			Gesamt
		nicht darstellbar	normal	auffallend groß	
Vordere Fontanelle	nicht darstellbar	6	13		19
	normal	11	62	1	74
	auffallend groß	1	1	5	7
Gesamt		18	76	6	100

Tab. 18: Beurteilung der Cisterna Magna

Weite der Cisterna magna
durch die hintere Seitenfontanelle normal beurteilt

CMW_SF

N	Gültig	72
Mittelwert		8,575
Median		8,350
Standardabweichung		2,156
Minimum		4,7
Maximum		13,6

Tab. 19: Vermessung der Cisterna magna durch die hintere Seitenfontanelle

**Weite der Cisterna magna
durch die hintere Seitenfontanelle auffallend groß beurteilt**

CMW_SF

N	Gültig	6
Mittelwert		12,267
Median		12,650
Standardabweichung		2,532
Minimum		8,7
Maximum		15,3

Tab. 20: Vermessung der durch die hintere Seitenfontanelle auffallend groß beurteilten Cisterna Magna

Beurteilung des Aquädukts		Häufigkeit
Gültig	nicht darstellbar	16
	schlitzförmig	44
	normal	39
	erweitert	1
	Gesamt	100

Tab. 21: Beurteilung des Aquädukts

**Aquäduktweite
schlitzförmig oder normal beurteilt**

AQW_SF

N	Gültig	54
Mittelwert		1,069
Median		1,000
Standardabweichung		,281
Minimum		,6
Maximum		1,7

Tab. 22: Vermessung des schlitzförmig oder normal beurteilten Aquädukts

Aquäduktweite erweitert beurteilt

AQW_SF

N	Gültig	1
Minimum		2,1
Maximum		2,1

Tab. 23: Vermessung des als erweitert beurteilten Aquädukts

Nr	Geburts- gewicht	Gestations- alter [SSW]	Lebenstag	Supratentorielle Pathologie	Infratentorielle Pathologie
4	2600g	34+0	24	Leicht- mittelgradig erweiterte Seitenventrikel III. Ventrikel leicht erweitert <u>Leicht-mittelgradig kommunizierender Hydrocephalus</u>	IV. Ventrikel erweitert auffallend große Cisterna magna
9	1120g	27+5	4	Seitenventrikel bds. leicht- mittelgradig erweitert Großes Blutkoagel im linken Seitenventrikel Links periventriculär echoreiche globuläre Formation (2x1cm) Einblutung in den rechten Plexus choroideus Koagel im III. Ventrikel <u>ICH III° li / II° re, Parenchymläsion li, V.a. PVL li</u>	IV. Ventrikel erweitert Koagel in der Cisterna magna
10	940g	27+5	4	Echoreiche Struktur links subependymal und im linken Seitenventrikelhinterhorn Links periventriculäres Marklager echoreich <u>ICH II° links, V. a. PVL links</u>	Fokal erhöhte Echogenität linke Kleinhirnhemisphäre (3x2mm)
48	1765g	31+3	45	Seitenventrikel bds. mäßig erweitert Z. n. Plexusblutung im linken Seitenventrikel <u>Z. n. ICH III° rechts, Z. n. ICH I° links</u>	Am Ependym des IV. Ventrikels hängendes Koagel
56	1050g	26+4	8	Seitenventrikel links leicht, rechts mittelgradig erweitert, große Blutkoagel bds. III. Ventrikel nicht abgrenzbar Parenchymblutung links frontal und occipital <u>ICH III° bds., Parenchymläsionen li</u>	IV. Ventrikel erweitert Koagel im IV. Ventrikel Cisterna magna nicht darstellbar Aquädukt erweitert
96	1090g	27+6	2	Seitenventrikel rechts leicht, links mittelgradig erweitert, Blutkoagel bds. Koagel im III. Ventrikel Periventriculäres Marklager bds. erhöhte Echogenität, z. T. fleckig Links frontal große echoreiche Parenchymeinblutung <u>ICH III° li / II° re, V.a. PVL bds., Parenchymläsion li</u>	Koagel im IV. Ventrikel Koagel in der Cisterna magna

Tab. 24: Kinder mit infratentorieller Pathologie

Tab. 25	Klassifizierung der Gehirnblutung nach Papile [62].....	16
Tab. 26	Klassifizierung der Gehirnblutung des Frühgeborenen nach dem Konsens der pädiatrischen Sektion der DEGUM 1998 [78].....	17
Tab. 27	Intraventrikuläre Blutung (IVH) und Cerebralparese bei ehemaligen Frühgeborenen im korrigierten Alter von 72 Monaten [56].....	19
Tab. 28	Intraventrikuläre Blutung (IVH) und Intelligenzquotient (IQ) bei ehemaligen Frühgeborenen im korrigierten Alter von 72 Monaten [56].....	19
Tab. 29	Auflistung der diagnostizierten supratentoriellen Pathologien.....	31
Tab. 30	Auflistung der diagnostizierten infratentoriellen Pathologien.....	32
Tab. 31	Häufigkeit der infratentoriellen Läsionen in Abhängigkeit vom Gestationsalter [16].....	63

13. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. F. A. M. Baumeister für die Überlassung des Themas der vorliegenden Arbeit, seine freundliche Unterstützung und die vielen wertvollen Anregungen bei der Ausarbeitung des Themas.

Herrn PD Dr. med. H. Hahn danke ich sehr für die persönliche Betreuung und Anleitung, sowie für die vielen hilfreichen Anregungen und großzügige Bereitstellung des verwendeten Bildmaterials.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. em. Emmrich und Prof. Dr. med. J. Peters, dass ich diese Arbeit an der Kinderklinik der Technischen Universität München anfertigen durfte.

Für die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen der gesammelten Daten bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dr. M. Wiseman vom Leibniz Rechenzentrum München.

Frau Dr. med. Zimmermann danke ich, dass ich Untersuchungen in der Neugeborenenintensivstation des Klinikums Rechts der Isar durchführen konnte. Herrn Prof. Dr. A. Schulze danke ich, dass ich in der Frühgeborenenintensivstation des Klinikums Großhadern Untersuchungen durchführen konnte.

Bei allen Mitarbeitern der Kinderklinik insbesondere in der Funktionsabteilung der Sonographie möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Meinem Verlobten Andrew Law danke ich sehr für die ausdauernde Hilfe bei der Lösung von EDV-Problemen und die liebevolle emotionale Unterstützung, auf die ich mich stets verlassen kann.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, dass sie es mir ermöglicht haben, meinen Traum zu erfüllen und dass sie mir stets mit Rat und Tat zur Seite stehen und somit wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.