

Aus dem Pathologischen Institut der Humboldt-Universität Berlin,
dem Rudolf-Virchow-Haus der Charité (Direktor: Prof. Dr. L. H. KETTLER)

Über Prüfungen der mechanischen Festigkeit des Tentorium cerebelli bei Neugeborenen und Säuglingen

Von

C. COUTELLE

Mit 3 Textabbildungen

(Eingegangen am 20. Oktober 1959)

Einleitung und Fragestellung

Seitdem BENEKE auf die Bedeutung der Tentoriumrisse für die perinatale Sterblichkeit hingewiesen hat, ist die Auseinandersetzung über deren Ursachen nicht zur Ruhe gekommen. Das liegt in erster Linie daran, daß bei ihrem Zustandekommen eine Vielzahl ursächlicher Faktoren mitwirkt, wie die Größe und Formfähigkeit des kindlichen Kopfes, Zustand der Geburtswege, Kindeslage, Dauer der Geburt, geburtshilfliche Eingriffe u. a., deren relative Bedeutung im Einzelfalle schwer abzuschätzen ist. Da aber manchmal solche außerhalb des Tentoriums gelegenen Faktoren zur Erklärung von Tentoriumrissen nicht ausreichen (z. B. NAUJOKS), muß auch der Zustand des Kleinhirnzeltens selbst in Rechnung gezogen werden.

Zunächst könnten durch den Geburtsvorgang ausgelöste Zirkulationsstörungen wie Ödeme und selbst Blutungen die Festigkeit des Gewebes mindern und so auf indirektem Wege Einrisse begünstigen (HENKEL). Von SCHMIDTMANN werden entzündliche Veränderungen als Ursache für Tentoriumrisse in Anspruch genommen, ähnlich wie das vorher von VORON und PIGEAUD für geburtstraumatisch nicht erklärbare intrakranielle Blutungen geschehen ist. EMMINGER denkt an eine angeborene Herabsetzung der Gewebefestigkeit, die durch ihre Koppelung mit anderen Mißbildungen ihren Charakter als konstitutionelle Minderwertigkeit verraten soll und die erst das Geburtstrauma als solche in Form des Tentoriumrisses manifest werden läßt. In ähnlicher Weise sollen die zarten Gewebe von unreifen Kindern dem Geburtstrauma weniger gewachsen sein als die von reifen, und dementsprechend Tentoriumrisse bei Frühgeborenen bevorzugt auftreten (ASTRINSKI, NEVINNY). Diesen Angaben stehen die Ergebnisse anderer, z. B. von SIEGMUND und ESSBACH, gegenüber, die eine Häufung der Tentoriumrisse bei reifen Kindern finden, ferner die Untersuchungen von GRÖNTHOFT, der zwischen Geburtsgewicht und Tentoriumrissen eine positive und zwischen Geburtsgewicht und asphyktischen Hirnblutungen eine negative Korrelation feststellte.

Um zunächst einen allgemeinen Überblick über dieses Problem zu gewinnen, wurden die in unserem Institut in den letzten 4 Jahren (1955—1958) seziierten Neugeborenen bis zu einem Alter von 7 Tagen einer statistischen Überprüfung hinsichtlich der Verteilung von Tentoriumrissen und intraligamentären Blutungen unterzogen.

Dabei stellte sich folgendes heraus:

Tentoriumrisse finden sich in 35 % von 174 Kindern mit einem Geburtsgewicht von mehr als 2500 g, gegenüber 16,5 % von 223 Kindern mit einem Geburtsgewicht bis zu 2500 g. Die Abweichung ist mit $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($X^2 = 17,93$).

Im Gegensatz zu den Tentoriumrissen bevorzugen die intraligamentären Blutungen die Geburtsgewichtsgruppe bis zu 2500 g (25,3%:10,6%). Auch hier ist die Abweichung mit $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($X^2 = 9,517$) (vgl. COUTELLE).

Tentoriumrisse finden sich in 35,3% von 218 Kindern über 48 cm, gegenüber 19,3% von 275 Kindern bis zu 48 cm Körperlänge. Die Abweichung ist mit $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($X^2 = 16,13$).

Im Gegensatz zu den Tentoriumrissen bevorzugen die intraligamentären Blutungen die Längengruppen bis zu 48 cm (23,4%:9,9%). Auch hier ist die Abweichung mit $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($X^2 = 10,55$).

Damit erhebt sich eine Reihe von interessanten Fragen, nämlich:

1. Nimmt die mechanische Festigkeit des Tentoriums entsprechend dem Reifegrad und Alter zu?
2. Erfolgen Tentoriumrisse tatsächlich der Alters-, bzw. Reifegruppe entsprechend in den widerstandsfähigeren Tentorien eines großen, daraufhin untersuchten Materials, oder
3. zeigt das Gewebe gerissener Tentorien eine geringere Festigkeit gegenüber den Tentorien der gleichen Alters- bzw. Reifegruppe?

Daher sind direkte Messungen der mechanischen Festigkeit des Tentoriums von aktueller Bedeutung, da nur sie die aufgeworfenen Fragen einer Entscheidung zuführen können.

Material und Methodik

Zur Untersuchung gelangten Tentorien von 62 Kindern bis zu einem Alter von 5 Monaten. Das Gewicht zur Zeit des Todes lag zwischen 775 und 6500 g, die Körperlänge zwischen 32 und 65 cm.

Die Schädelsektion erfolgte nach der Henkelkorbmethode. Nach Entfernung der Großhirnhemisphären wurde ein passend zugeschnittenes Stück Filtrierpapier zwischen Kleinhirn und Tentorium geschoben und das Tentorium auf dieser Unterlage abgetrennt. Nach der Herausnahme wurde der freie Rand des Tentoriums auf der Unterlage gerade gestreckt und das Tentorium entsprechend orientiert. Dann wurde ein 4 mm breites Band aus Milimeterpapier entweder parallel oder senkrecht zum freien Rande aufgelegt und aus dem Gewebe mitsamt seiner Papierunterlage, entsprechend diesem Maßband, ein 4 mm breiter Streifen mit der Schere herausgeschnitten. Mit diesem Verfahren wurden aus jeder Tentoriumhälfte 2—3 Streifen gewonnen, und zwar immer so, daß die eine Hälfte in längs- (l) und die andere Hälfte in quer (q) zum freien Rande verlaufende Proben zerschnitten wurde. Wenn nicht der Zustand des Gewebes eine bestimmte Schnittrichtung für eine Tentoriumhälfte vorschrieb, erfolgte die Wahl so, daß eine für statistische Vergleiche ausreichende Zahl von l - und q -Streifen aus der rechten und aus der linken Tentoriumhälfte gewonnen wurde.

Die Prüfung der Zerreißfestigkeit erfolgte mit Hilfe eines von unserem Institutsmechaniker GRONOSTAY hergestellten Apparates, dessen Prinzip im folgenden besteht: Ein Gewicht wird mit Hilfe einer durch einen Elektromotor gedrehten langen Schraube kontinuierlich auf einem Arm eines horizontal gelagerten Hebels verschoben. Die auf diesen Arm einwirkende variable Belastung wird auf das am Ende des anderen Armes eingespannte Probestück übertragen. Die Bewegung dieses Hebelarmes wird mittels eines Schreibhebels auf einer Zeichentrommel aufgetragen, die von dem gleichen Motor bewegt wird, der auch die Belastung variiert. So werden charakteristische Kurven gewonnen, deren Abszisse die Belastung und deren Ordinate die Dehnung des Probestreifens darstellt. Die Dehnung wird etwa 1:5 vergrößert, und durch direkte Vergleichsmessungen wurde der zur Umrechnung von Millimetern der Abszisse in Gramm notwendige Faktor ermittelt.

Besprechung der Kurven

Abb. 1 zeigt zwei charakteristische Kurven. Es handelt sich um ein intra partum verstorbenes Neugeborenes von 55 cm Länge. Die untere Kurve entstammt der parallel dem freien Rande geschnittenen linken Tentoriumhälfte, die obere dem senkrecht dazugeschnittenen rechten Tentorium. Die Kurve beginnt mit einem kurzen horizontalen Anfangsteil, an dem noch keine Belastung einwirkt. Dann steigt sie an, zunächst nach oben konkav, dann kommt ein Wendepunkt, hinter dem sie nach oben konvex wird. Kurz darauf folgt ein längeres Stück eines geraden und in einem bestimmten Winkel zur Horizontalen geneigten Verlaufes. Gegen Ende der Kurve erfolgt eine stärkere Steigung in nach oben konkavem Bogen und dann plötzlich der Durchriß.

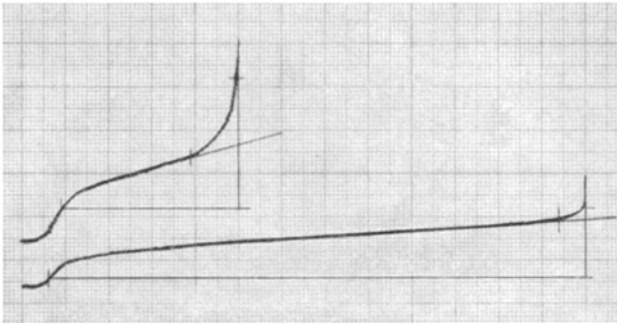


Abb. 1. *Obere Kurve* = rechte Tentoriumhälfte. Zerreißfestigkeit in der Querrichtung (q) = in der Horizontalen gemessener Abstand zwischen Wendepunkt der Kurve und Rißstelle = 41 mm. Dehnbarkeit (D) = Abstand der Abrißstelle von der durch den Wendepunkt der Kurve gelegten Horizontalen = 30 mm. Projektion des jenseits der Proportionalitätsgrenze gelegenen Kurventeils auf die durch den Wendepunkt der Kurve gelegte Horizontale (F) = 11 mm. *Untere Kurve* = linke Tentoriumhälfte. Zerreißfestigkeit in der Längsrichtung l = 124 mm, D = 16 mm, F = 6 mm

Vergleicht man ein solches Diagramm mit denen von anorganischen Substanzen (vgl. DREYER), so fällt eine gewisse Übereinstimmung auf. Der größte Teil der Kurve wird von dem linearen Abschnitt eingenommen, in dem entsprechend dem Hookeschen Gesetz ein konstantes Verhältnis zwischen Längenänderung und Belastungszunahme besteht. An der Proportionalitätsgrenze aber ändert sich das; die Dehnung erfolgt jetzt nicht mehr in einem linearen Verhältnis zur Belastung. Die sog. Fließgrenze, bei der es plötzlich zu einer starken Dehnung ohne Belastungszunahme kommt, der dann mehrere ähnliche Dehnungssprünge bei weiterer Belastung folgen, wird bei den Tentoriumproben nur selten beobachtet. Ein Beispiel dafür ist Abb. 2, die 2 Proben aus dem linken Tentorium eines 54 cm langen, 1 Std alten Neugeborenen bringt. Die obere Kurve entstammt einer Stelle mit einer intraligamentären Blutung, die andere einem weiter davon entfernten Bezirk. Das Fließen kommt hier in dem stufenförmigen Charakter der Kurve zum Ausdruck und dürfte einer erheblichen Gefügestörung entsprechen, zumal im Gesamtbild die lineare Strecke vollkommen ausgefallen ist.

Es scheint, daß bei dem untersuchten Material die Dehnung im wesentlichen irreversibel ist (vgl. Abb. 3). Die Kurve zeigt das Verhalten einer parallel zum freien Rande aus der linken Tentoriumhälfte entnommenen Probe. In der Mitte des linearen Abschnittes der Kurve wurde der Schreibhebel von der Trommel abgehoben und der Apparat langsam bis zum Ausgangspunkt zurückgedreht.

Dadurch wurde die Belastung wieder auf Null zurückgebracht. Es zeigte sich, daß die Längenänderung kaum zurückgegangen war und daß nach Wiederaufnahme der Belastung ein weiterer, bis dicht an die Abriß-Stelle linearer, zur Horizontale nur wenig geneigter Anstieg der Kurve erfolgt.

Die Auswertung der Kurven erfolgte folgendermaßen (vgl. Abb. 1):

Gemessen wurden 1. in der Horizontalen der Abstand zwischen Wendepunkt der Kurve (Beginn der Anspannung des Streifens) und Reiß-Stelle. Der Punkt des Durchrisses liegt dort, wo der Übergang des nach oben konkaven Teiles der Kurve

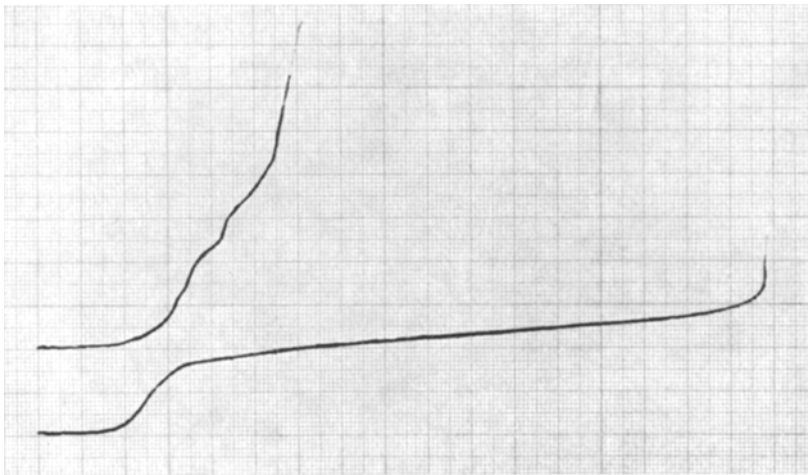


Abb. 2. Erklärung s. Text

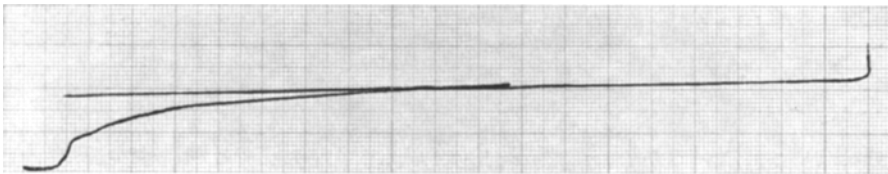


Abb. 3. Erklärung s. Text

in die steil und gerade nach oben verlaufende Bewegung des durch das gerissene Band nicht mehr gehaltenen Schreibhebels erfolgt. Die Anzahl der gemessenen Millimeter ist ein Maß für die maximale Belastung des eingespannten 4 mm breiten Tentoriumstreifens. Durch Multiplikation mit einer durch direkte Messung ermittelten Konstanten kann diese in Gramm angegeben werden (Abb. 1: links $l = 124$ mm und rechts $q = 41$ mm). In streng physikalischem Sinne ist diese Bestimmung der maximalen Belastung oder Zerreißfestigkeit nicht zureichend, weil die Zugspannung $\sigma = \frac{P}{F}$ kg/cm² durch die Beziehung der Belastung P zum Querschnitt F des untersuchten Objektes angegeben wird. Eine exakte Querschnittsbestimmung ist aber bei frischen Tentorien mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden. Es wurde deshalb auf die Errechnung von auf dem Querschnitt bezogenen Werten verzichtet. Dabei ist zu erwägen, daß nicht auf den Querschnitt bezogene Werte dem Wesen der Fragestellung entsprechender zu sein scheinen. Es handelt sich ja hier nicht um eine Materialprüfung in dem Sinne, daß

die Zugfestigkeit der kollagenen Fasern als solche geprüft werden soll, sondern untersucht wird die Festigkeit des gesamten Systems, in das die größere oder geringere Dickenausbildung als ein nicht unwesentlicher Faktor eingeht.

Gemessen wurde ferner auf der Ordinate der Abstand D der Durchriß-Stelle von der durch den Wendepunkt der Kurve gelegten Horizontale (16 bzw. 30 mm in Abb. 1). Durch 5 dividiert ergibt sich die wirkliche Längenänderung des immer 10 mm langen Probestückchens. Das Verhältnis von Dehnung zu maximaler Belastung ist in der Neigung der Kurve zur Horizontalen ausgedrückt und ein Maßstab für den inneren Widerstand gegen eine Verformung des geprüften Materials. Die so bestimmte Dehnbarkeit des Tentoriumstreifens entspricht also ebenfalls nicht der physikalischen Dehnzahl $a = Y/\sigma$, da auch hier keine Reduktion auf den Querschnitt vorgenommen wurde.

Von Wichtigkeit für die Stabilität des Gefüges ist zuletzt noch die Länge F des jenseits der Proportionalitätsgrenze gelegenen Kurventeiles (vgl. Abb. 1). Gemessen wurde die Projektion dieses Kurvenabschnittes auf die durch den Wendepunkt der Kurve gelegte Horizontale (6 bzw. 11 mm in Abb. 1). Sie wird zur Gesamtlänge der Horizontalen, also zur Zerreißfestigkeit in Beziehung gesetzt. Ist der Wert gleich 1, so fehlt der Abschnitt linearer Zunahme vollständig (Abb. 2). Die Probe verhält sich also von vornherein so wie eine andere bei submaximaler Belastung kurz vor dem Durchriß.

Wichtig ist noch, daß bei solchen Tentorien das Gewebe oft nicht wirklich durchreißt, sondern so auseinandergezogen wird, daß ein schmaler Gewebefaden die weit auseinandergewichenen Faßklammern des Apparates noch verbindet. Dieses widerstandslose Auseinanderweichen des Gewebes ist an den Kurven gut zu erkennen. Sein Beginn wurde hier bei den Messungen dem Durchriß gleichgesetzt.

Statistische Auswertung¹

Aus den durch die oben beschriebene Auswertung der Kurven gewonnenen Meßwerten wurde für jede Tentoriumhälfte aus den 2—3 Einzelwerten der Mittelwert gebildet. Diese Mittelwerte bilden in ihrer Gesamtheit das statistische Grundmaterial (l) bzw. (q).

Ein Vergleich der *Zerreißfestigkeit* l bzw. q mit dem Geburtsgewicht entsprechend dem Vorgehen von GRÖNTHOFF ließ sich nicht durchführen, da die Untersuchung sich auf Kinder verschiedenen Alters erstreckt, also nur das Gewicht und die Festigkeitswerte zur Zeit des Todes als Ausgangspunkt der Untersuchung dienen konnten.

Ein Vergleich der Meßwerte mit dem aktuellen *Körpergewicht* blieb ohne positives Ergebnis, da das postnatale Gewicht sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Eine nach Vorliegen der ersten 30 Werte durchgeführte Korrelationsrechnung ergab einen Korrelationskoeffizienten $r = 0,137$ und für q entsprechend $r = 0,131$.

¹ Herr Dr. OEHMISCH von der Akademie für Sozialhygiene in Berlin-Lichtenberg war so freundlich, die Korrelationsrechnungen nachzuprüfen, ferner die Varianzanalyse zur Prüfung der Linearität der Regression sowie die Verteilung der Rechts- und Linkswerte im Gesamtmaterial mit Hilfe von Rangziffern zu prüfen und die Streuung der Einzelwerte um die Regressionsgrade zu berechnen. Seine Werte wurden in die Arbeit übernommen. Für seine große Hilfsbereitschaft möchte ich ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen.

Beide Werte bleiben unter dem entsprechenden Tabellenwert für $r = 0,361$ für $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit.

Wird dagegen die Zerreißfestigkeit zur *Körperlänge* in Beziehung gesetzt, so erscheint eine deutliche positive Korrelation. Die entsprechenden Daten für 57 Werte (5 schieden wegen Fehlens der Längenmaße aus dem Material aus) erscheinen in den Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1. Werte der Zerreißfestigkeit des Tentoriums in der Längsrichtung (l) mit zugehörigen Werten für die Körperlänge (x)

cm (x)	Gramm (l)						
32	20,48						
34	31,86 ¹						
35	66,57 ¹						
36	36,98 ¹	27,88					
37	107,0						
38	51,2	27,31 ¹					
39	36,98	27,31 ¹					
41	125,2 ¹						
42	97,84	95,02	66,57 ¹				
45	184,3	112,0					
46	104,2 ¹						
47	154,2 ²						
48	210,5	81,13	61,45	56,32			
49	153,6 ²	142,8	75,79 ²	61,45	51,2 ²		
50	372,6	248,1 ²	169,0	114,9 ²	72,83	67,14	61,45 ¹
51	93,65 ¹	56,9					
52	182,1 ¹	135,4 ²	111,5	102,4			
53	92,25 ²	54,61	35,84 ²				
54	323,5	118,9 ¹	111,5 ²	71,68			
55	174,1	133,1	108,8 ²	49,27			
56	105,2 ²						
57	163,9						
58	162,1						
59	79,76						
60	370,9						
65	187,2						

¹ Intraligamentäre Blutung. ² Tentoriumriß.

Die Korrelationsrechnung ergibt

für l : einen Korrelationskoeffizienten $r = 0,45$, für $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant,

einen Mittelwert für die Körperlänge $\bar{x} = 48,4$ cm,

eine mittlere Zerreißfestigkeit $\bar{l} = 112,2$ g.

Der Regressionskoeffizient der Zerreißfestigkeit in bezug auf die Körperlänge beträgt $b_x = 4,9$ g/cm, d. h., einer Zunahme von 1 cm Körperlänge entspricht eine Änderung der Zerreißfestigkeit um 4,9 g.

Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet:

$$Y - 112,2 = 4,9 (x - 48,4)$$

für q : einen Korrelationskoeffizienten $r = 0,30$, für $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant,

eine mittlere Zerreißfestigkeit $\bar{q} = 78,6$ cm.

Der Regressionskoeffizient der Zerreißfestigkeit in bezug auf die Körperlänge beträgt $b_x = 2,67$ g/cm.

Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet:

$$Y - 78,6 \text{ g} = 2,7 (x - 48,4).$$

Tabelle 2. Die gleichen Werte für die Querrichtung (q)

cm (x)	Gramm (q)						
32	18,21						
34	24,46 ¹						
35	46,09 ¹						
36	50,07	45,52					
37	36,41						
38	47,22	44,38 ¹					
39	64,28	41,53 ¹					
41	72,03 ¹						
42	134,3 ¹	38,69	31,86				
45	149,6	63,61					
46	53,48 ¹						
47	118,3 ²						
48	87,16	48,36	47,22	29,01			
49	80,22	73,4 ²	56,09 ²	35,84	26,17 ²		
50	392,6	169,1 ²	117,8 ¹	80,80	37,55	35,84 ²	26,74 ¹
51	110,7 ¹	40,39					
52	124,7 ¹	111,5	46,09 ²	38,69			
53	73,96 ²	29,13	25,03 ²				
54	172,1 ¹	115,5	27,88 ²	22,76			
55	130,9 ²	51,77	43,81	31,41			
56	69,41 ²						
57	179,8						
58	133,1						
59	146,8						
60	135,4						
65	141,7						

¹ Intraligamentäre Blutung. ² Tentoriumriß.

Eine Auftragung auf halblogarithmischem Papier zeigt keine bessere Anlagerung des Punkteschwarms an die Regressionsgerade, obwohl die Durchrechnung der Korrelation zwischen dem Logarithmus *l* und der Körperlänge in Zentimeter einen Korrelationskoeffizienten *r* = 0,58, also einen etwas höheren Wert als in der linearen Darstellung ergibt.

Die tabellarische Darstellung der *l*-Werte (Tabelle 1, 2) zeigt eine sehr starke, mit der Länge zunehmende Streuung der Werte innerhalb der einzelnen Längengruppen, die auch dann noch erscheint, wenn die 12 Tentorienrisse aus dem Material ausgeschaltet werden. Die folgende Tabelle gibt die Mittelwerte für *l* nach Längengruppen geordnet und die Werte für *σ* in den einzelnen Längengruppen:

Tabelle 3

	Bis 36 cm	37—42 cm	43—48 cm	49—54 cm	55—60 cm	über 60 cm
Mittelwerte . .	36,75	70,49	115,7	124,8	161,68	187,2 (1 Wert)
σ.	16,5	36,8	55,5	94,6	103,3	

Eine wegen der starken Streuung durchgeführte Varianzanalyse zur Prüfung auf Linearität der Regression zeigte, daß die Regression linear ist (*F* = 0,87).

Die Streuung der Einzelwerte um die Regressionsgerade ist sehr hoch (*s_y* = 69,18). Damit werden Aussagen über die Zerreißfestigkeit bei einem Individuum unsicher.

Der Mittelwert für die Zerreißfestigkeit ist parallel dem *freien Rande* höher als in der dazu senkrechten Richtung. Dieses Verhalten besteht auch in der Mehrzahl der Einzelfälle; nur in 16 von den insgesamt 62 Fällen war das Verhältnis umgekehrt.

Die Differenz dieser Mittelwerte $\bar{l} - \bar{q}$ = 63,6 g ist mit *P* = 0,05 Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant (*t* = 2,548).

Die Frage eines Unterschiedes in der Festigkeit zwischen *linkem und rechtem Tentorium* ist deshalb von Wichtigkeit, weil sich in der Literatur Angaben finden, daß Tentoriumrisse vorzugsweise auf der dem leitenden Scheitelbein entsprechenden Seite auftreten (CAPON). Allerdings wird das genaue Gegenteil von KUHN vertreten, nämlich, daß sie sich auf der Gegenseite finden. Eine Überprüfung des Gesamtmaterials mit Hilfe von Rangziffern ergab weder für die Körperlänge noch für die Zerreißfestigkeit einen signifikanten Unterschied zwischen rechts und links. Um sicher zu gehen, wurden alle Quer- und Beckenendlagen, ferner abnorme Schädellagen, wie Gesichtslagen und andere, aus dem Material ausgeschieden, so daß nur noch regelrechte Schädellagen übrigbleiben. Es standen sich dann gegenüber

23 links q und rechts l
und 26 rechts q und links l .

Die Werte verteilen sich wie folgt:

l : Mittelwert rechts $\bar{l} = 97,52$, Mittelwert links $\bar{l} = 130,7$
Differenz = 33,18
 q : Mittelwert rechts $\bar{q} = 88,63$, Mittelwert links $\bar{q} = 68,18$
Differenz = 20,45.

Die Unterschiede sind aber nicht signifikant $t = 1,564$ bzw. 1,066.

Die *Dehnbarkeit* ausgedrückt durch die Beziehung Längenänderung D zu Zerreißfestigkeit l zeigt eine negative Korrelation zur Körperlänge. Die Daten lauten für D/l :

$r = -0,43$ (signifikant für $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit).

Für D/q zeigt schon die tabellarische Übersicht das Fehlen einer solchen Beziehung.

Tabelle 4

D/q	Bis 36 cm	37—42 cm	43—48 cm	49—54 cm	55—60 cm	über 60 cm
0,1 und darüber	4	6	2	10	4	—
0,06—0,09 . .	—	2	3	8	—	1×
0,02—0,05 . .	1	1	3	6	4	—
Bis 0,01 . . .	—	—	—	1	1	—
	5	9	8	25	9	1=57

Je geringer die Dehnbarkeit ist, um so kleiner ist der Bruch D/l bzw. D/q . Der Mittelwert der Dehnbarkeit in der Längsrichtung D/l beträgt 0,0661 und in der Querrichtung $D/q = 0,1127$. Die Differenz 0,0466 ist für $P = 0,01$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($t = 3,902$).

Als Maßstab der Stabilität des Gefüges wird das Verhältnis der gesamten Kurvenlänge L in Millimetern zur Länge des *jenseits der Proportionalitätsgrenze gelegenen Kurventeils* F betrachtet und mit der Körperlänge verglichen. Je kleiner F ist, um so größer ist der Wert dieses Bruches und die Stabilität des Gefüges.

Es ließ sich keine Korrelation zur *Körperlänge* feststellen. Für L/F wurde ein r von 0,04 und für Q/F ein r von 0,154 ermittelt. Beide liegen erheblich unter der Signifikanzgrenze für $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit.

Die Mittelwerte auch dieser Größe sind unterschiedlich, je nachdem, ob die Probe *quer* oder *parallel zum freien Rand* entnommen wurde. Der Mittelwert L/F beträgt 10,59, der Mittelwert $Q/F = 5,23$. Die Differenz 5,36 ist für $P = 0,01$

Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant ($u = 3,154$). Erwartungsgemäß ist auch die Gefügestabilität geringer in der Querrichtung als in der Längsrichtung.

Als nächstes wird das Verhalten der 12 in dem Material enthaltenen *Tentoriumrisse* geprüft. Aus Tabelle 1 geht hervor, daß diese sich mit nur einer Ausnahme

(47 cm) in den Längengruppen über 48 cm finden. Der Unterschied, überprüft mit der 2×2 Tafel unter Anwendung der Yateschen Korrektur, ist selbst bei diesen kleinen Zahlen signifikant für $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit.

Tabelle 5

	Mit Tentorium- rissen	Ohne Tentorium- risse	Insgesamt
Bis 48 cm	1 (4,5 %)	21	22
Über 48 cm	11 (30,5 %)	24	35
	12	45	57

$X^2 = 4,387.$

intakten Tentorien innerhalb der von Tentorienrissen befallenen Längengruppen 43—60 cm (30 Fälle) ergab folgendes:

Für l : Mittelwert der intakten Tentorien 133,45, der Risse 115,56
Differenz 17,89.
Für q : Mittelwert der intakten Tentorien 91,58, der Risse 71,01
Differenz 20,57.

Obwohl der Mittelwert der gerissenen Tentorien unter dem der intakten Tentorien liegt, ist die Differenz noch im Rahmen der erheblichen Schwankungsbreite in diesen Gruppen ($t = 0,7603$ bzw. $0,8874$).

In gleicher Weise wurden die Mittelwerte der Dehnbarkeit D/l und D/q für gerissene und intakte Tentorien bestimmt.

D/l : Mittelwert für intakte Tentorien 0,0392, für Risse 0,044
Differenz 0,0048.
 D/q : Mittelwert für intakte Tentorien 0,1053, für Risse 0,1082
Differenz 0,0029.

Auch hier besteht kein signifikanter Unterschied ($t = 0,1822$ bzw. $0,1155$).

Auch die relative Länge der nicht linearen Dehnung zeigt bei gleicher Prüfung keine signifikanten Unterschiede zwischen gerissenen und intakten Tentorien.

L/F : Mittelwert für intakte Tentorien 13,36, für gerissene 7,86
Differenz 5,5.
 Q/F : Mittelwert für intakte Tentorien 6,8 für gerissene 5,48
Differenz 1,32.

t beträgt 1,047 bzw. 0,4221.

Es muß an die Möglichkeit gedacht werden, daß bei Vorliegen einseitiger Risse die intakte Hälfte einen hohen Wert behält und daß dadurch im Mittelwert Abweichungen überdeckt werden. Es liegen aber die Werte von l und q bei den Einzelrissen in entsprechender Höhe, wobei mit nur einer Ausnahme auch das Verhältnis $l:q$ gewahrt bleibt. Auch bei der rechnerischen Durchprüfung zeigt sich, daß die Mittelwerte $\overline{l-q}$ der individuellen Differenzen $l-q$ bei intakten und gerissenen Tentorien keinen signifikanten Unterschied zeigen:

Mittelwert für intakte Tentorien 40,38
für gerissene 44,55
Differenz 4,17 ($t = 0,2215$).

Die in der großen Übersichtsstatistik signifikante Häufung der *intra*ligamentären Blutung bei den Kindern unter und bis 48 cm Körperlänge kommt auch hier zum Ausdruck: 36,3% der Kinder bis zu 48 cm Körperlänge zeigen intra-ligamentäre Blutungen, gegenüber 14,2% der Kinder über 48 cm Körperlänge.

Infolge der kleinen Zahlen bleibt aber hier der Wert für X^2 unter der Signifikanzgrenze für $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit. $X^2 = 2,592$.

Bei der Betrachtung der Kurven fällt auf, daß bei Vorliegen intraligamentärer, lokalisierter, kleiner Blutungen die verschiedenen Belastungsproben der gleichen Tentoriumhälfte nicht nur unterschiedlich ausfallen, sondern sich auch im Aussehen unterscheiden können (Abb. 2).

Die 13 Fälle mit intraligamentärer Blutung wurden in gleicher Weise wie die Tentoriumrisse mit den 24 Fällen ohne Hämatome der gleichen Längengruppen verglichen.

Der Vergleich der Mittelwerte der Zerreißfestigkeit von Tentorien mit und ohne Blutungen in der entsprechenden Längengruppe 32—54 cm ergibt folgende Werte:

l :	Mittelwert von Tentorien ohne Hämatome =	110,7
	Mittelwert von Tentorien mit Hämatomen =	78,30
	Differenz =	32,4.
q :	Mittelwert von Tentorien ohne Hämatome =	70,49
	Mittelwert von Tentorien mit Hämatomen =	79,02
	Differenz =	8,53.

Für l wurde die rechnerische Überprüfung durchgeführt. $t = 1,237$ erreicht nicht die Signifikanzgrenze.

Der im Bilde einzelner Meßkurven erscheinende Einfluß von Blutungen auf die mechanischen Eigenschaften des Tentoriums erscheint aber, wenn die Differenz $l-q$ der beiden Gruppen überprüft wird. In 7 von den 13 Fällen von intraligamentären Blutungen ist das normale Verhältnis (l größer als q) umgekehrt, d. h., die Differenz $l-q$ wird negativ.

Mittelwert $\bar{l}-\bar{q}$ bei Tentorien ohne Blutungen =	41,52
Mittelwert $\bar{l}-\bar{q}$ bei Tentorien mit Blutungen =	-0,17
Differenz =	41,69.

$t = 2,612$.

Die Abweichung ist mit $P = 0,05$ Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

Um den Einfluß der Geburtsvorganges auf die mechanischen Eigenschaften des Tentoriums zu zeigen, wurden die Mittelwerte der einzelnen Meßgrößen von Kindern älter als 5 Tage (43—65 cm) mit denen von Kindern bis zu 5 Tagen (beide ohne Tentoriumrisse) verglichen, in der Hoffnung, daß durch den Geburtsvorgang ausgelöste Veränderungen bei den älteren Kindern bereits zurückgebildet, bei den jüngeren Kindern aber noch nachweisbar seien. Es ließen sich aber keine verwertbaren Ergebnisse gewinnen.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Messungen sind folgende:

1. Die Zerreißfestigkeit des Tentoriums nimmt mit steigender Körperlänge zu.
2. Die Zerreißfestigkeit des Tentoriums ist parallel dem freien Rande größer als senkrecht dazu.
3. Die individuellen Werte für die Zerreißfestigkeit zeigen eine erhebliche Schwankungsbreite.
4. Die Dehnbarkeit des Tentorium nimmt mit zunehmender Körperlänge ab.
5. Die relative Länge des jenseits der Proportionalitätsgrenze gelegenen Teils der Belastungskurve zeigt keine Korrelation zur Körperlänge.

Die unterschiedliche Festigkeit der Tentorien in der Längs- und Querrichtung entspricht der Analyse der mechanischen Beanspruchung des Tentoriums unter der Geburt (BENEKE, HUGHES, HOLLAND), die eine besondere Belastung der längs-

verlaufenden Fasern des Tentoriums bei der Kompression des Schädels in der Querrichtung ergibt.

Die Meßergebnisse an der relativ kleinen Zahl von Tentorien mit Rissen fügen sich gut in die Ergebnisse der größeren Übersichtsstatistik, nach der Tentoriumrisse bevorzugt bei Kindern mit über 2500 g Geburtsgewicht und über 48 cm Körperlänge auftreten. Sie gewinnen dadurch an Gewicht.

Es zeigt sich also, daß Tentoriumrisse vor allem bei größeren Kindern mit entsprechend festeren Tentorien auftreten und daß sich die Festigkeit der gerissenen Tentorien nicht signifikant von dem Mittelwert der intakten Tentorien der entsprechenden Altersgruppe unterscheidet.

Das kann aber nur bedeuten, daß in der Regel für das Zustandekommen von Tentoriumrissen erhebliche mechanische, von außen auf das Tentorium einwirkende Einflüsse von ausschlaggebender Bedeutung sind. Der Zustand des Tentoriums ist insofern von Wichtigkeit, als bei solchen Einwirkungen gerade besonders feste und unnachgiebige Gewebe erhöhte Gefahr laufen, zerrissen zu werden.

Die Häufigkeitsverteilung der lokalisierten, intraligamentären Blutungen in der Übersichtsstatistik entspricht dem von GRÖNTHOF festgestellten Verhalten der asphyktischen Blutungen in Leptomeninx und Gehirn. Ihre Bevorzugung der geringeren Längengruppen zeigt, daß sie als Vorbereitung für das Auftreten von Tentoriumrissen nur eine geringe Rolle spielen können.

Sehr auffallend ist die Tatsache, daß die Einzelwerte der Zerreißfestigkeit eine sehr große Schwankungsbreite haben, d. h., es muß sich ein Faktor bemerkbar machen, der der generellen Tendenz zur Erhöhung der Zerreißfestigkeit mit zunehmender Körperlänge entgegenwirkt. Dafür spricht auch, daß die Herabsetzung der Gefügestabilität, wie sie sich in einer Vergrößerung der relativen Länge des jenseits der Proportionalitätsgrenze gelegenen Meßkurventeils ausdrückt, keine Korrelation zur Körperlänge aufweist. Das Verhalten solcher Tentorien während der Geburt ist deshalb von Wichtigkeit, weil zu große Nachgiebigkeit des Gewebes durch Lageänderungen zum Reißen von in das Tentorium eintretenden Gefäßen und somit ohne direkten Riß zu schweren subduralen und subarachnoidealen Blutungen führen kann. Über die Natur dieses statistisch sich deutlich heraushebenden Faktors kann man nur Vermutungen anstellen. Ob es geburtsbedingte Zirkulationsstörungen, erworbene oder angeborene krankhafte Veränderungen des Tentoriums sind, kann nur durch histologische Untersuchungen gelöst werden, die weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

Zusammenfassung

Durch direkte Messungen an 57 Tentorien von Neugeborenen und Säuglingen wird eine positive Korrelation zwischen Zerreißfestigkeit der Tentorien und der Körperlänge und eine negative Korrelation zwischen Dehnbarkeit der Tentorien und Körperlänge festgestellt. Die Meßwerte zeigen eine auffallend große Streuung. Tentoriumrisse finden sich bevorzugt bei größeren Kindern. Der Mittelwert der Festigkeit gerissener Tentorien ist nicht signifikant von dem intakter Tentorien verschieden. Die Ergebnisse sprechen zugunsten der Ansicht, die dem mechanischen Geburtstrauma eine ausschlaggebende Rolle in der Verursachung von Tentoriumrissen zumißt.

Summary

By direct measurements in 57 tentoria cerebelli of newborn infants a positive correlation was shown between the tensile strength of the tentorium and the body length; a negative correlation existed between the elasticity of the tentorium and body length. The measurements show a remarkable spread. Tentorial tears are found most commonly in larger infants. The mean value of the tensile strength of lacerated tentoria is not significantly different from that of intact tentoria. The results support the view that mechanical birth-trauma plays a decisive role in causing tentorial tears.

Literatur

ASTRINSKI, S., A. KESTNER u. S. MELENEVSKAJA: Zur Frage der Traumen des Kleinhirnnetzes beim Fetus sub partu nach Angaben der Klinik und Prosektur. Ref. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **18**, 247 (1932). — BENEKE, R.: Über Tentoriumzerreißen bei der Geburt sowie die Bedeutung der Duraspannung für chronische Gehirnerkrankungen. Münch. med. Wschr. **41**, 2125 (1910). — Pathologisch-anatomische Beiträge zu E. KEHRERS Monographie usw. Z. Geburtsh. Gynäk. **120**, 127 (1940). — CAPON, N. B.: Intracranial traumata in the newborn. J. Obstet. Gynaec. Brit. Emp. **29**, 572—590 (1922). — COUTELLE, C.: Über epidurale Blutungen in den Wirbelkanal bei Neugeborenen und Säuglingen und ihre Beziehung zu anderen perinatalen Blutungen. Z. Geburtsh. Gynäk. (im Druck). — DREYER, D. G.: Festigkeitslehre und Elastizitätslehre. Leipzig: Fachbuchverlag 1952. — EMMINGER, E.: Geburtstrauma und Tentoriumriß. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **42**, 603—604 (1953/54). — ESSBACH, H.: Pathologische Anatomie zur perinatalen Sterblichkeit. Kinderärztl. Prax. Sonderh., 1953, 27. — GRÖNTHOFT, O.: Intracerebral and meningeal haemorrhages in perinatally deceased infants. Acta obstet. gynec. scand. **32**, 458—498 (1953). — HENKEL, M.: Über intrakranielle Blutungen Neugeborener. Zbl. Gynäk. **46**, 129 (1922). — HOLLAND, E.: Cranial stress in the foetus during labour and on the effects of excessive stress on the intracranial contents; with an analysis of eighty-one cases of torn tentorium cerebelli and subdural cerebral haemorrhages. J. Obstet. Gynaec. Brit. Emp. **29**, 549—571 (1922). — HUGHES, E.: Intracranial birth injuries. Amer. J. Obstet. Gynec. **24**, 27 (1932). — KUHN, J. K.: Ein Beitrag zur Entstehung der intrakraniellen Blutungen bei Neugeborenen. Z. Geburtsh. Gynäk. **99**, 297—317 (1931). — NAUJOKS, H.: Tödliche intrakranielle Blutung des Kindes infolge äußerer Wendung. Zbl. Gynäk. **53**, 270—275 (1929). — NEVINNY, H.: Über intrakranielle Blutungen bei Spontangeburt. Zbl. Gynäk. **60**, 1465—1469 (1936). — SCHMIDTMANN, M.: Über die Ursachen des Tentoriumrisses beim Neugeborenen. Dtsch. med. Wschr. **83**, 1783—1784 (1958). — SIEGMUND, H.: Die geburtstraumatischen Veränderungen des Zentralnervensystems einschließlich der Encephalitis congenita. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **45**, 130 (1956). — VORON, J., et H. PIGRAUD: Etude anatomo-pathologique des hémorragies intracrâniennes sous-dure-mériennes motelles du nouveau-né, d'origine non traumatique. Gynec. et Obstét. **21**, 11—43 (1930). — Etude anatomique et étiologique des hémorragies intracrâniennes obstétricales du nouveau-né. Presse méd. **1932 I**, 774—776.

Professor Dr. C. COUTELLE, Pathologisches Institut (Rudolf-Virchow-Haus) Charité
Berlin N 4, Schumanstr. 20/21