

Virchows Archiv, Bd. 320, S. 186—196 (1951).

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Marburg
(Direktor: Prof. H. HAMPERL).

Über die mechanischen Eigenschaften des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge.

Von

HERBERT WEIS.

Mit 4 Textabbildungen.

(*Eingegangen am 4. Januar 1951.*)

Vorausgegangene Untersuchungen am normalen Säuglingsdarm ließen als eigentlich tragendes Gewebelement beim Dehnungs- und Abrißversuch das lockere kollagene Bindegewebe erkennen⁷. Es konnte darauf hingewiesen werden, daß die mechanische Leistung des Dünndarmes entwicklungsbedingten Schwankungen unterworfen ist, indem pränatal und gegen Ende des 1. Lebensjahres ein Anstieg, in der Trimenonperiode dagegen ein Absinken zu verzeichnen ist. Dieses wechselnde physikalische Verhalten wurde im wesentlichen auf eine zeitweilige Verstärkung bzw. Auflockerung der Intercellularsubstanzen bezogen, wobei dem Wassergehalt eine entscheidende Bedeutung beizumessen ist. — In den folgenden Untersuchungen soll auf dieser Basis die häufig am Sektionsgut wahrnehmbare besondere Reißempfindlichkeit des Darms ernährungsgestörter Säuglinge geprüft werden.

Das Material umfaßte 45 Fälle und stammte von Säuglingen bis zu einem Jahr, die alle an akuten Ernährungsstörungen zugrunde gegangen waren (leichte und schwere Dyspepsien sowie Intoxikationen). Das Krankheitsbild war teils enteraler, teils parenteraler Genese. Leider konnte der Darm nicht unmittelbar nach dem Tode entnommen werden. Die mittlere Untersuchungszeit lag bei 40 Std post mortem. Zu dieser Zeit ist bereits entsprechend den Beobachtungen von HEUBNER² und ADAM und FROBOESE¹ mit erheblichen kadaverösen Schleimhautveränderungen zu rechnen. Der Darm bot größtenteils das Bild der katarrhalischen Enteritis bzw. Enterocolitis mit teilweise stärkerem Hervortreten der Follikel und Geschwürsbildung. Weniger häufig waren eitrige und nekrotisierende Prozesse anzutreffen. Von einer Schleimhautrötung war in den meisten Fällen nichts (mehr) zu sehen. Die größtenteils blassen Därme waren teils weit und nicht sonderlich gequollen, teils erschienen sie kaum ausgeweitet, hochgradig ödematos mit leicht abstreibbarer Serosa.

Die Dehnungsversuche einschließlich der physikalischen Größenbestimmungen wurden methodisch in der gleichen Art durchgeführt wie sie bereits früher beschrieben wurden⁷, nämlich in einem eigens zu diesem

Zweck konstruierten Gerät unter kontinuierlich zunehmender Belastung bis zum Abriß. Die Zugwirkung setzte in der Längsachse des uneröffneten Darmstückes an. Die Zugfestigkeit wurde mit Hilfe des Moduls K_z , die Elastizität durch den Modul E_z errechnet. Zur Ergänzung dieser Größen dienten der Querschnitt (q), das spezifische Gewicht (s), die im Versuch ausgepreßte Wassermenge ($H_2O\text{-}\%$) und die maximale Verlängerung (α_{\max}).

Jedem Darm wurden 4 Abschnitte von 20 cm Länge (gemessen am Mesenterialansatz) entnommen. Den ersten stellte das Jejunum (Jej.) hart an der Flexura duodeno-jejunalis, der zweite entstammte dem oberen Ileum (Il. I), der dritte dem unteren Ileum (Il. II) unmittelbar vor der BAUHINischen Klappe, der vierte dem Colon ascendens (Col.). Wir reinigten die Darmstücke uneröffnet unter einem Wasserstrahl und entfernten das anhaftende Wasser durch Fließpapier. Ihr Gewicht in Luft entsprach ihrer Masse (m). Der Querschnitt (q) wurde nach dem Archimedischen Prinzip volumetrisch bestimmt. Das spezifische Gewicht (s) ergab sich aus dem Quotienten $m:v$. Das zum Abriß führende Gewicht entsprach der Zerreißgrenze (P_{\max}). Zur Bestimmung des Wasserverlustes wogen wir die Darmfragmente nach dem Versuch und subtrahierten ihr Gewicht von ihrer Masse (m) vor dem Versuch. Die Differenz (= Wasserverlust) wurde in Prozent der Ausgangsmasse angegeben. Weiterhin galt es das maximale Verlängerungsvermögen gegenüber der Ausgangslänge zu erfassen (α_{\max}). Den elastischen Widerstand legten wir mit Hilfe der Formel:

$$E_z = \frac{\sigma}{a} = \frac{P \cdot l}{q \cdot \lambda}$$

fest, wobei σ die Spannung, λ die Verlängerung der Längeneinheit (= Quotient aus der Gesamtverlängerung λ und der Ausgangslänge l) und P das auf dem Gesamtquerschnitt lastende Gewicht ist. Als Maß der Zugfestigkeit galt der Modul K_z , errechnet nach der Formel:

$$K_z = \frac{P_{\max}}{q}.$$

Nach TRIEPPEL⁵ mußte an Fehlerquellen das Eigengewicht des Darmstückes berücksichtigt werden, das einen Zug von $p/2$ (p = Eigengewicht des Abschnittes) ausübt.

Die Versuche kamen in 3 Serien zur Durchführung. Die *Vorversuche* dienten der Bestimmung der Zerreißgrenze (P_{\max}). In den *Hauptversuchen* war die Zugfestigkeit (K_z), der elastische Widerstand (E_z) unter Berücksichtigung ihrer Abhängigkeit vom Wassergehalt zu ermitteln. Die *Nebenversuche* beschäftigen sich mit der Bedeutung postmortaler Einflüsse auf das mechanische Leistungsvermögen pathologisch veränderter Darmabschnitte. — Mit Hinblick auf die vorausgegangenen Untersuchungen am normalen Darm war es angebracht, das gesamte Material altersmäßig in Monaten zusammenzustellen. Andererseits schien es von Interesse, eine eventuelle Abhängigkeit der Zerreißgrenze und Zugfestigkeit von der Schwere des klinischen Zustandsbildes, der besonderen Art (enteral und parenteral) und der Dauer der Erkrankung zu prüfen. Zu diesem Zweck wurden in den Vor- und Hauptversuchen die Fälle des zahlenmäßig stärksten 1. Monats herangezogen.

Die Vorversuche.

Zur Erfassung der Zerreißgrenze (P_{\max}) wurden 45 Därme ohne Rücksicht auf Alter und Art der Erkrankung (18 normale und 27 dyspeptische) mit je 4 Abschnitten untersucht. Die erhaltenen Werte

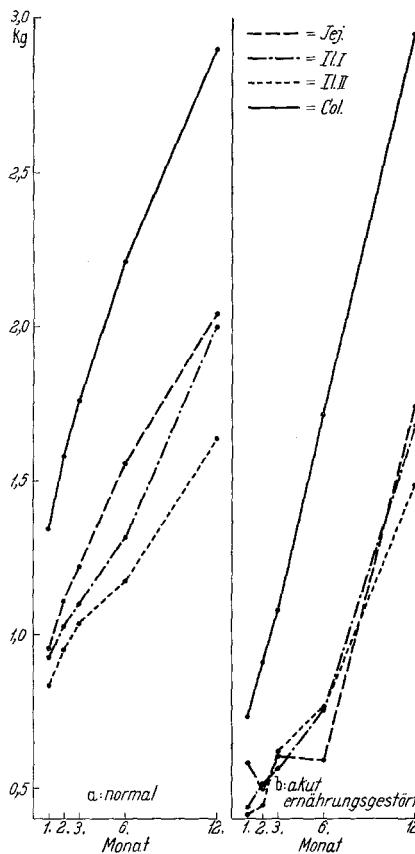


Abb. 1. Die Zerreißgrenze des normalen Darms und des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge vom 1. bis zum 12. Monat.

sind graphisch durch ihre arithmetisches Mittel in Abb. 1 wiedergegeben.

Die Zerreißgrenze des normalen Darms steigt mit zunehmendem Alter. Die Werte verdoppeln sich etwa nach Ablauf des 1. Lebensjahres gegenüber dem 1. Monat, wobei in jedem Lebensmonat das untere Ileum die geringste, das Colon die größte Zugwirkung benötigt.

Die Darmabschnitte ernährungsgestörter Säuglinge zeigen eine gesteigerte Reißempfindlichkeit, d. h., sie reißen bereits bei einer geringeren Gewichtsbelastung. In den ersten 3 Lebensmonaten sind Dünndarm fast gleichstark betroffen. Der mittlere prozentuale Verlust schwankt zwischen 49% (II. I.) und 42% (Col.). Die stärkste Herabsetzung der Reißgrenze konnte im 6. Monat beobachtet werden. So sind z. B. die P_{\max} -Werte des Jejunums um $\frac{2}{3}$ niedriger während das Colon annähernd normale Werte aufweist.

Gegenüber der Norm ergaben die Fälle des 1. Monats statistisch für leichte (6 Fälle) und schwere Dyspepsien (6 Fälle) sowie Intoxikationen verschiedene starke Herabsetzungen der Reißfestigkeit, die bei letzteren am größten ausfielen. Die Unterschiede sind bei leichten Dyspepsien im Colon und Ileum, bei schwer verlaufenden Fällen über allen Abschnitten faßbar. Die Abweichungen der Intoxikationen waren im gesamten Dünndarm, nicht dagegen im Dickdarm signifikant. — Unter einander verhielten sich die verschiedenen Krankheitsbilder wie folgt: Gegenüber den leichten Fällen wiesen die schweren Dyspepsien sicher abweichende Werte im oberen Ileum auf. Die Unterschiede letzterer

von den Intoxikationen sind im Jejunum faßbar. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um enterale (6 Fälle) oder parenterale (8 Fälle) handelt. Ebenso ist die Dauer der Erkrankung (bis 7 Tage 5 Fälle, darüber 7 Fälle) bedeutungslos für die herabgesetzte Zerreißgrenze.

Der Darm akut ernährungsgestörter Säuglinge ist nach unseren Beobachtungen am Sektionsgut durch eine beträchtlich erhöhte Reißempfindlichkeit gekennzeichnet. Dieses veränderte mechanische Verhalten läßt auf eine Beeinträchtigung der Zwischenzellsubstanzen schließen. Dabei besteht eine weitgehende Abhängigkeit vom klinischen Zustandsbild; etwaige postmortale Einwirkungen konnten freilich nicht ausgeschlossen werden.

Die Hauptversuche.

Im folgenden mußte das zum Abriß führende Gewicht auf die Querschnittseinheit (Quadratmillimeter) bezogen werden (= Zugfestigkeitsmodul K_z). In besonderen Fällen errechneten wir den elastischen Widerstand (E_z). Das spezifische Gewicht (s), die im Versuch ausgepreßte Wassermenge ($H_2O\text{-}\%$) und die maximale Verlängerung (α_{\max}) waren in Beziehung zur mechanischen Leistung zu bringen. Insgesamt wurden 180 dyspeptische Darmabschnitte im Zerreißgerät geprüft.

Der Querschnitt (q , s. Abb. 2b) ist gegenüber der Norm (s. Abb. 2a) beträchtlich vergrößert und zwar am stärksten bei den Frühgeburten. Während zu diesem Zeitpunkt der Querschnitt der Dünndarmabschnitte verdoppelt ist, liegt die Zunahme des Colons bei 50%. In der

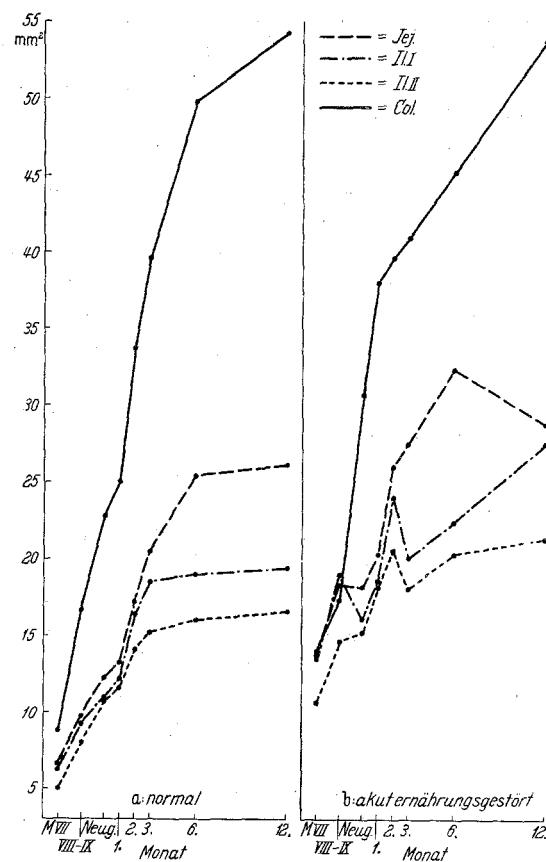


Abb. 2. Der Querschnitt des normalen Darms und des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge von M VII (lebendgeboren) bis zum 12. Monat.

Neugeborenen- und Trimenonenperiode ist die Größenzunahme bereits weniger stark, tritt jedoch im Mittel über allen Abschnitten in Erscheinung und erreicht ihre Höchstwerte mit 50% im 1. Monat in Dünndarm und Dickdarm. Im 3. Monat und gegen Ende des 1. Lebensjahres fallen die Differenzen weiter ab und haben lediglich noch im Jejunum (3. und 6. Monat) mit rund 33% eine Bedeutung. Die größte q -Zunahme erbrachte eine 3 Wochen alte Frühgeburt (M VII, lfd. Nr. 421/47) mit 168% gegenüber der Norm.

Im Gegensatz zum Querschnitt ist die *Zugfestigkeit* (K_z , s. Abb. 3b) allgemein herabgesetzt. Am stärksten sind auch hier die Frühgeburten betroffen, bei denen die Abnahme im Dünndarm (M VIII—IX) rund 66% beträgt. Das Colon hat zu diesem Zeitpunkt etwa $\frac{1}{3}$ seiner Zugfestigkeit verloren. In der Neugeborenen- und Trimenonenperiode sind die Ausfälle entsprechend der geringeren q -Zunahme nicht mehr so hochgradig. Die Zugfestigkeitsabnahme beläuft sich im Dünndarm auf 45—55%, ein Prozentsatz der ungefähr auch für das Colon des 1. Monats zutrifft. — Bei der statistischen Auswertung der Fälle des 1. Monats ergaben sich gegenüber der Norm sichere Unterschiede bei den leicht-verlaufenden Fällen (6 Fälle) im Colon und unteren Ileum, den schweren Dyspepsien (10 Fälle) in allen Abschnitten. Am stärksten waren wie in den Vorversuchen die Intoxikationen (2 Fälle) betroffen und zwar wiederum im Dünndarm, nicht dagegen im Colon. Ein Vergleich der verschiedenen Krankheitsgrade zeigte folgende Ergebnisse: Gegenüber den leichten Dyspepsien wiesen die schweren im oberen Ileum, die Intoxikationen im oberen Ileum und Jejunum manifeste Abweichungen auf. Die Differenzen der schweren Dyspepsien und Intoxikationen waren gleichfalls im oberen Dünndarm signifikant. — Enterale (11 Fälle) und parenterale (7 Fälle) Formen sowie die Dauer der Erkrankung (bis 7 Tage 11 Fälle, darüber 7) führten zu keinen gesicherten Unterschieden. Die stärkste Herabsetzung der Zugfestigkeit findet sich jenseits der Dreimonatsgrenze im oberen Dünndarm. So ist sie im 6. Monat im Jejunum um rund 80% abgesunken. — Den tiefsten Wert (88%) wies das Jejunum eines 4 Monate alten Säuglings auf, der an einer alimentären Intoxikation verstarb (lfd. Nr. 533/47).

Der *elastische Widerstand* (E_z) nimmt etwa entsprechend der Zugfestigkeit ab. Die Modulwerte der Frühgeburten liegen mit $0,558 \text{ kg/mm}^2$ ($\alpha = 0,005$) bis $0,018 \text{ kg/mm}^2$ ($\alpha = 1,21$) rund $\frac{2}{3}$ unter der Norm. In den ersten 3 Lebensmonaten ist der E_z mit $0,095 \text{ kg/mm}^2$ ($\alpha = 0,020$) bis $0,027 \text{ kg/mm}^2$ ($\alpha = 0,96$) rund um die Hälfte reduziert. Die höchste Herabsetzung konnte in Übereinstimmung mit der Zugfestigkeit jenseits der Trimenonenphase festgestellt werden ($0,151 \text{ kg/mm}^2$) ($\alpha = 0,005$) bis $0,129 \text{ kg/mm}^2$ ($\alpha = 0,070$).

Das *spezifische Gewicht* (s , s. Abb. 3b) erscheint gleichfalls deutlich herabgesetzt, am stärksten bei den Frühgeborenen (bis 1023). In den

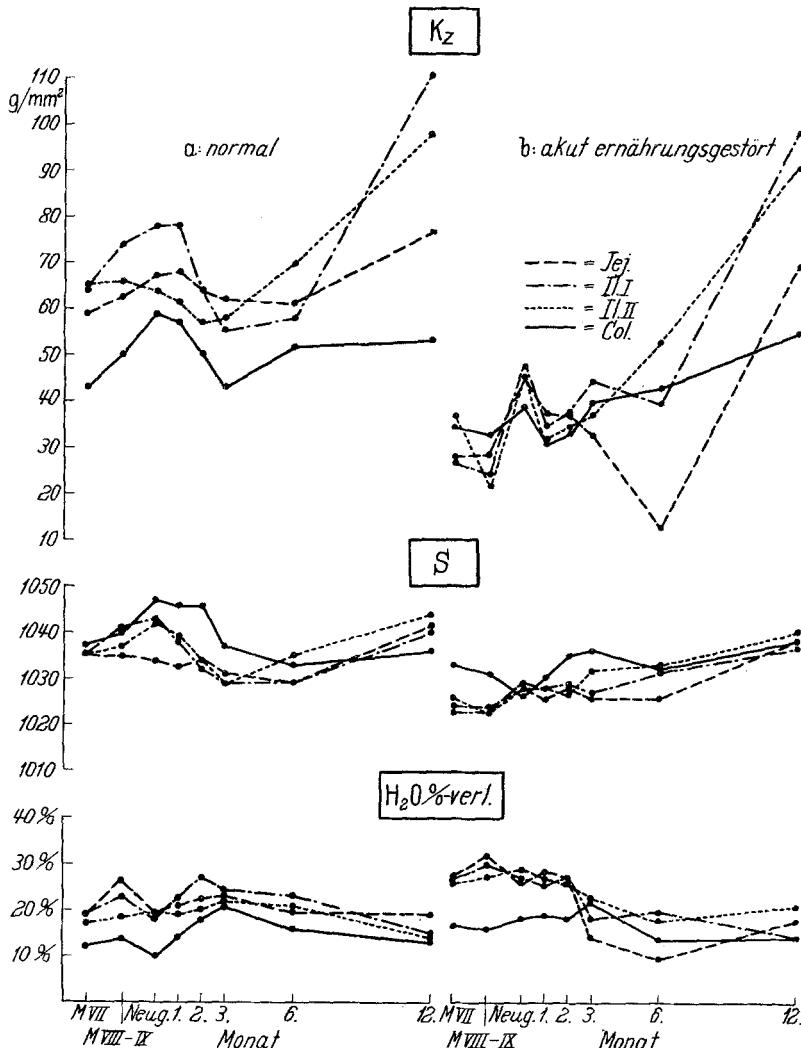


Abb. 3. Zur physikalischen Anatomie des normalen Darms und des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge von M VII (lebendgeboren) bis zum 12. Monat.

ersten 3 Monaten schwanken die s -Werte um 1028. Jenseits der Dreimonatsgrenze liegt bloß noch das Jejunum des 6. Monats mit 1026 unter der Norm. Gegen Ende des Jahres sind keine deutlichen Differenzen mehr wahrnehmbar. — Den größten s -Verlust wies die bereits oben erwähnte Frühgeburt (lfd. Nr. 421/47) bis 1020 auf.

Die im Versuch ausgepreßte Wassermenge ($H_2O\text{-}\%$, s. Abb. 3b) ist in der Frühgeborenen- und Trimenonenperiode bis 32% erhöht, fällt jedoch nach den ersten 3 Monaten beträchtlich unter die Norm. — Die stärkste Erhöhung der im Versuch verlorenen Wassermenge zeigte wiederum lfd. Nr. 421/47 mit 35%.

Bemerkenswert sind die beträchtlich streuenden *Dehnungswerte*. Ihre Schwankungsbreite beläuft sich im Dünndarm von 2,5—136%. — Im Mittel lassen die Frühgeburten gegenüber der Norm etwa die 3fache Längenänderung zu. In den ersten 3 Monaten besteht eine Zunahme von etwa 50%. Gegen Ende des Jahres nähern sich die Werte der Norm. Allgemein lassen Abschnitte mit mittelmäßigem K_z - und E_z -Verlust große Verlängerungen, solche mit schwersten mechanischen Rückwirkungen geringe Dehnungen bis zum Abriß zu.

Vor der Besprechung der Dehnungskurven sei auf das normale Verhalten des Dünndarms im Gerät hingewiesen und eine kurze Erläuterung seiner Dehnungskurve wiedergegeben, die in 4 Abschnitte unterteilt werden kann (s. Abb. 4a). — Nach einer geringen anfänglichen Verlängerung, die sich in einem steilen und fast geraden Kurvenverlauf bis 8% äußert (1. Abschnitt), setzt der Darm einer weiteren Verlängerung einen merkbaren Widerstand entgegen, der durch die Streckung des von VOGR⁶ beschriebenen subserösen Längsbandes bedingt ist. Entsprechend flacht die Kurve in einem Dehnungsbereich von 3% merklich ab (2. Abschnitt). Im Augenblick der Überwindung dieser Zuggurtung entwickelt sich im Mittelfeld der Serosa ein Riß, der auf die glatte Muskulatur übergreift und ringförmig die Außen- schichten des Darms umgibt. Es folgt eine ruckartige, meist erhebliche Verlängerung des restierenden Darmrohres, wobei die Dehnungskurve bis 25% steil aufwärtsstrebt. In diesem Stadium entfaltet sich das dreidimensional angeordnete, kollagene Maschenwerk der Submucosa und Schleimhaut und wird in die Zugachse ausgerichtet (3. Abschnitt). Seine anschließende Streckung führt zu auftretenden Querspannungen, die eine typische Taillenbildung zur Folge haben. Damit verbunden ist ein erneuter Anstieg des Widerstandes, der sich in der Kurve in einem erneut flacheren Verlauf in einem Dehnungsbereich von 4% kundtut (4. Abschnitt). Nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze tritt in der submukösen Hülle ein Riß auf, der eine längsovale Gestalt annimmt und zum Abriß führt. Ein Fließstadium ist selten ausgeprägt und in der beiliegenden Kurve angedeutet.

Die *Dehnungskurven* des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge weichen mehr oder weniger von der Norm ab. Allgemein verlaufen sie steiler und enden vorzeitig. Ihr typisches stufenähnliches Bild (vgl. Abb. 4a) geht größtenteils verloren. Entsprechend den Beobachtungen im Dehnungsversuch lassen sich 3 Typen herausschälen. — Die Kurve *leicht geschädigter Abschnitte* (*Typ 1*) weicht geringgradig vom normalen Verlauf ab. Abb. 4b vom II. I eines 2 Monate alten Säuglings (lfd. Nr. 491/47) sei als Beispiel angeführt. Der 1. und 2. Abschnitt bis zu einer Verlängerung von 10% entsprechen der Norm. Nach dem Riß der serosanahen Wandanteile strebt die Dehnungskurve etwas steiler als in Abb. 4a bis zu einer Verlängerung von 40% aufwärts. Dieser 3. Abschnitt entspricht der ruckartigen Längenzunahme des Darmrohres. Im 4. Abschnitt neigt sich die Kurve bis zu einer Verlängerung von 52%

der Abszisse zu. Der Abriß erscheint mäßig vorverlegt. — Die Kurve lehnt sich somit weitgehend an die normale an. Ihr stufenartiger Charakter ist noch gewahrt. Die erscheint im ganzen mäßig linksverschoben und steiler verlaufend. Dabei nimmt das Dehnungsvermögen des inneren Darmrohres deutlich zu. — Die Dehnungskurven *schwerer veränderter Abschnitte (Typ 2)* verlaufen bereits stärker atypisch. Als Beispiel möge Abb. 4c vom II. I eines 3 Wochen alten Säuglings dienen (lfd. Nr. 421/47). Ihr 1. Abschnitt steigt bis zu einer Verlängerung von 8,5% steil an und ist normal ausgeprägt. Die im 2. Abschnitt zu erwartende Neigung zur

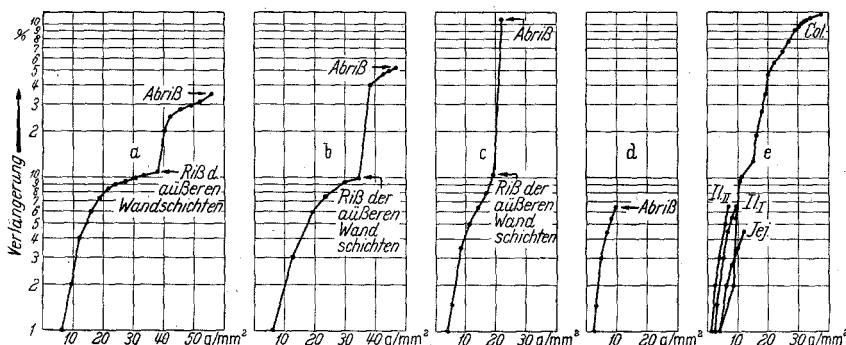


Abb. 4a—e. Dehnungskurven des normalen Darms und des Darms akut ernährungsgestörter Säuglinge. a Normales II. I eines 4 Wochen alten Säuglings; b II. I eines 4 Wochen alten Säuglings. Leichte Dyspepsie (lfd. Nr. 491/47); c II. I eines 3 Wochen alten frisch geborenen Säuglings. Schwere Dyspepsie (lfd. Nr. 421/47); d II. I eines 4 Monate alten Säuglings. Schwere Dyspepsie mit Intoxikation (lfd. Nr. 533/47); e die 4 Darmabschnitte des gleichen Falles (lfd. Nr. 533/47).

Abszisse fehlt. Es schließt sich sofort der 3. Abschnitt mit einem fast senkrechten Kurvenverlauf bis 120% an. Der Abriß erfolgt ohne auch nur die Andeutung eines 4. Abschnittes. — Dieser Typ ist somit charakterisiert durch eine starke Linksverschiebung, wobei der 2. und 4. Abschnitt fehlen und ein beträchtliches Verlängerungsvermögen vorliegt. — Anders dagegen verhalten sich *schwerst beeinträchtigte Darmstücke (Typ 3)*. Abb. 4d vom II. I eines 4 Monate alten an Intoxikation verstorbenen Säuglings (lfd. Nr. 533/47) sei beispielsweise wiedergegeben. Die Dehnungskurve ist nur noch ein Bruchstück der normalen. Sie strebt steil bis zu einer Längenzunahme von 6,5% aufwärts und endet bereits im 1. Abschnitt. Kennzeichnend für diesen Typ ist der vorzeitige Abriß im 1. Abschnitt unter minimaler Spannung und Verlängerung. — Als Beispiel einer diffusen Enteritis sei der gleiche Fall mit allen Abschnitten in Abb. 4e dargestellt: Die Kurven aller Dünndarmsegmente enden bereits im 1. Abschnitt; das Colon ist kaum betroffen und läßt bei steilem Kurvenverlauf eine Verlängerung bis 118% zu.

Setzt man die Gesamtheit der an den erkrankten Därmen festgestellten physikalischen Veränderungen mit dem Lebensalter der

betreffenden Säuglinge in Beziehung, so lassen sich etwa 3 Gruppen bilden:

1. Die Frühgeborenen einschließlich der Trimenonensäuglinge zeigen eine beträchtliche Querschnittszunahme, eine erhebliche Herabsetzung der Zugfestigkeit, der Elastizität, des spezifischen Gewichtes, eine Erhöhung der im Versuch ausgepreßten Wassermenge und des Dehnungsvermögens. Ihre Dehnungskurven entsprechen vorwiegend dem 1. und 2. Typus.

2. Zwischen dem 3. und 6. Monat finden wir im oberen Dünndarm bei verhältnismäßig geringer Querschnittszunahme die stärkste Herabsetzung der mechanischen Leistung, wobei das spezifische Gewicht, die im Versuch verlorene Wassermenge und das Dehnungsvermögen geringer sind als in der Norm. Ihre Dehnungskurven entsprechen vorwiegend dem 3. Typus.

3. Jenseits des 6. Monats finden sich keine sicheren physikalischen Veränderungen des erkrankten Darms gegenüber der Norm.

In der erst erwähnten Gruppe besteht zwischen Querschnittszunahme und Abnahme der Zugfestigkeit ein enges Verhältnis. So zeigen z.B. die Därme der Frühgeborenen bei einer Verdoppelung ihres Querschnittes eine Reduzierung ihrer Reißfestigkeit um 66 %. Die Querschnittszunahme ihrerseits findet ihre Erklärung in dem erhöhten Wassergehalt (Verringerung des spezifischen Gewichtes, Zunahme der prozentual ausgepreßten Wassermenge). Eine Quellung der kollagenen Fasern selbst als Ursache des veränderten mechanischen Verhaltens möchten wir als unwahrscheinlich ansehen, da ROLLHÄUSER⁴ zeigen konnte, daß kollagene Fasern auch bei künstlich weitgetriebener Quellung (1 %ige Essigsäure) nur wenig an Zugfestigkeit einbüßen. Nun haben schon ADAM und FROBOESE¹, sowie SIEGMUND³ bei akuten Ernährungsstörungen beobachtet, daß es zu mikroskopisch sichtbarer Exsudation in die Submucosa, ja bis unter die Serosa kommen kann. Diese Durchtränkung der Darmwand geht räumlich gesehen mit einer Auseinanderdrängung bzw. Auseinandersprengung von kollagenen Fibrillen einher. Damit nimmt die Fibrillenmasse je Quadratmillimeter ab, der tragende Querschnitt wird reduziert. Gleichzeitig ist aber das „Gleitlager“ der kollagenen Fasern flüssiger geworden, so daß sie leichter im Dehnungsversuch aneinander vorbeigleiten können. Diese Tatsachen scheinen uns geeignet, die Abnahme der mechanischen Leistung im Dehnungsversuch verständlich zu machen. Der 1. Kurventyp mit seiner Verlängerung im 3. und einer mäßigen Verkürzung im 4. Abschnitt läßt auf eine mäßige Auflockerung des submukosen- und Schleimhautfaserwerks schließen, wobei die Intercellularsubstanzen des äußeren Darmrohres unbeeinflußt sind. Der 2. Typ ohne Ausprägung des 2. und 4. Abschnittes deutet auf einen weitergehenden mechanischen Ausfall der Zwischenzellsubstanzen der inneren und äußeren Darmwand hin.

Anders liegen die Verhältnisse jenseits der Dreimonatsgrenze. Im 6. Monat läuft der geringen q -Zunahme von 33% im Jejunum eine K_z -Abnahme von 80% parallel. Letztere kann nicht aus einer passiven Auflockerung des kollagenen Maschenwerks erklärt werden, da hierzu eine Querschnittszunahme von annähernd 400% nötig wäre. Die Ursache muß daher in einer Änderung der physiko-chemischen Konstitution des eigentlich tragenden Elementes, der kollagenen Fasern selbst, liegen. Die Umwandlung ist gebunden an eine mäßige Wassereinlagerung (Verringerung des spezifischen Gewichtes), eine geringe Querschnittszunahme und äußert sich in einer hohen Reißempfindlichkeit; entspricht doch der vorzeitige Abriß im 1. Abschnitt der Dehnungskurve einer Kontinuitätstrennung des gesamten Darmrohres zur Zeit der Entfaltung des subserösen Längsbandes. Er zeigt uns eine hochgradige Insuffizienz des Bindegewebsgerüstes der gesamten Darmwand an. Der auffallend geringe Wasserverlust ist auf die minimale Spannung im Augenblick des Abrisses zurückzuführen.

Die Nebenversuche.

Die Bedeutung der postmortalen Einflüsse für das veränderte mechanische Verhalten der Darmwand wurde an Hand von 6 Fällen mit je 4 Abschnitten geprüft. Als Maßstab galt die Zugfestigkeit K_z .

Von 5 Fällen wurden die üblichen Darmsegmente sofort nach der Sektion (35 Std post mortem) untersucht. Ihre benachbarten Abschnitte hoben wir bis 85 Std post mortem in einer feuchten Kammer auf. Gegenüber den Ergebnissen unmittelbar nach der Sektion ergaben sich keine sicheren Unterschiede der Zugfestigkeit.

Ein weiterer Darm wies bei einer Versuchsdauer von 28 Std post mortem eine mittlere Zugfestigkeit des Dünndarmes von $0,054 \text{ kg/mm}^2$ auf. Nach 3tägiger Aufbewahrung in physiologischer Kochsalzlösung bei Zimmertemperatur lag der mittlere K_z -Wert der benachbarten Darmstücke bei $0,055 \text{ kg/mm}^2$.

Den postmortalen Einflüssen kommt also innerhalb der Versuchszeit (35—85 Std post mortem) keine sichere Beeinträchtigung der mechanischen Leistung des Darms zu.

Zusammenfassung.

Darmabschnitte ernährungsgestörter Säuglinge wurden in einem besonders zu diesem Zweck konstruierten Gerät auf ihr physikalisches Verhalten bei mechanischer Belastung geprüft.

Bei Frühgeburten und Säuglingen der ersten 3 Lebensmonate ist die Zerreißgrenze, die Zugfestigkeit und Elastizität des Darms herabgesetzt, was auf einer erhöhten Flüssigkeitsdurchtränkung der Darmwand beruht. Diese erlaubt offenbar eine leichtere Verschieblichkeit

der kollagenen Fasern gegeneinander, welche ja das eigentlich tragende Element der Darmwand darstellen.

Bei Säuglingen zwischen dem 3. und 6. Monat ist die mechanische Leistung ebenfalls herabgesetzt, doch dürfte sie hier auf eine qualitative Veränderung der kollagenen Fasern zurückzuführen sein.

Nach dem 6. Monat konnten keine sicheren Abweichungen mehr festgestellt werden.

Das Ausmaß der Veränderungen zeigt keine Beziehungen zur Ursache und Dauer der Erkrankung, wohl aber zur Schwere des Krankheitsbildes: Leichte Dyspepsien weisen Veränderungen des mechanischen Verhaltens im Colon und unteren Ileum, schwere im gesamten Darm auf; am stärksten war der Dünndarm bei Intoxikationen betroffen.

Literatur.

- ¹ ADAM, H., u. C. FROBOESE: Z. Kinderheilk. **39**, 267 (1925). — ² HEUBNER, O.: Z. klin. Med. **29** (1896). — ³ SIEGMUND, H.: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie, Bd. 4, Teil 1, S. 352. 1929. — ⁴ ROLLHÄUSER, H.: Morph. Jb. **90**, 180 (1950). — ⁵ TRIEPEL, H.: Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden: Bergmann 1902. — ⁶ VOGT, W.: Verh. anat. Ges. **1935**, 274. — ⁷ WEIS, H.: Morph. Jb. **90**, 335 (1950).

Dr. med. HERBERT WEIS, Marburg a. d. Lahn,
Pathologisches Institut der Universität.