

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. E. K. FREY).

Anatomische und funktionelle Untersuchungen über den Bandscheibenprolaps*.

Von

K. VOSSSCHULTE und G. BÖRGER.

Mit 15 Textabbildungen.

(Eingegangen am 6. Januar 1950.)

I. Einleitung.

Das Krankheitsbild der mechanisch bedingten, durch vorwiegend monoradikuläre Symptome gekennzeichneten Schmerzzustände im Ausbreitungsgebiet des Plexus lumbosacralis ist heute klinisch ziemlich gut bekannt. Aus den letzten 15 Jahren findet man im Weltschrifttum eine große Zahl von Veröffentlichungen, die sich mit diesem Problem beschäftigen. In Deutschland hat neuerdings REISCHAUER ausführlich über seine Erfahrungen berichtet.

Versucht man auf Grund der zahlreichen Mitteilungen eine Vorstellung zu gewinnen von den pathologisch-anatomischen Veränderungen und den patho-physiologischen Vorgängen, die zu einer mechanischen Beeinträchtigung einzelner Nervenwurzeln führen, so stößt man auf sehr verschiedene, zum Teil einander widersprechende Angaben und Erklärungen. Einerseits werden neben der sog. „Nucleus-pulposus-Hernie“, die im Schrifttum am häufigsten erörtert ist, noch eine Reihe anderer anatomischer Veränderungen im Bereich des Wirbelkanales und der Foramina intervertebralia für Druckschädigungen der hier verlaufenden Nervenstränge verantwortlich gemacht. Andererseits hat man versucht — wenn auch wesentlich seltener — funktionelle Gesichtspunkte (z. B. „wandernder Prolaps“) in den Vordergrund zu rücken. In jedem Fall spielt wohl sicher das Verhalten der Nervenwurzeln eine wichtige Rolle, das von ihrer Lage, ihrem Verlauf, ihrer Ausweichmöglichkeit und ihren Zirkulationsbedingungen abhängig ist. Die Abweichungen in den verschiedenen Auffassungen beruhen nicht zuletzt darauf, daß bei der klinischen Untersuchung oder bei der Operation immer wieder Befunde erhoben werden, die sich mit dieser oder jener Vorstellung nicht in befriedigender Weise vereinbaren lassen. Wer eine genügend große Erfahrung besitzt weiß, daß trotz sorgfältiger Untersuchung und strenger Indikationsstellung in einem Teil der zur Operation kommenden Fälle

* Geheimrat SAUERBRUCH zum 75. Geburtstag.

eine pathologische Bandscheibenveränderung im Bereich der erkrankten, operativ freigelegten Nervenwurzel vermißt wird. Man muß deshalb wohl die Ursache solcher monoradikulären Funktionsstörungen, die im Ausbreitungsgebiet des Plexus lumbosacralis als „Ischias“ am besten bekannt sind, nicht in einem bestimmten, für alle Fälle gleichartigen pathologischen Zustand oder Vorgang suchen, sondern in mehreren, nach Art und Wirkungsweise unterschiedlichen Veränderungen, die bei einer großen Variationsmöglichkeit zum gleichen klinischen Bild führen. Um hier einen besseren Einblick zu gewinnen, wurden an einem hinsichtlich Alter, Geschlecht, Beruf und Todesursache nicht ausgewählten Sektionsgut im Wurzelgebiet des Plexus lumbosacralis anatomische und funktionelle Untersuchungen vorgenommen. Nach ihrer Beendigung versuchten wir durch katamnestiche Erhebungen festzustellen, ob sich Befunde, die wir als krankhaft ansprachen, zu Lebzeiten der Patienten als „Ischias“ oder „Lumbago“ ausgewirkt hatten.

II. Untersuchungstechnik.

Die anatomischen Untersuchungen wurden an Lendenwirbelsäule und Kreuzbein von 50 männlichen und 25 weiblichen Leichen vorgenommen, die im Pathologischen Institut der Universität München zur Sektion kamen¹. Das Alter der Verstorbenen lag zwischen 18 und 84 Jahren. Bei der Präparation gingen wir folgendermaßen vor:

Nach Beendigung der allgemeinen Sektion wurde die gesamte Lendenwirbelsäule mit dem Kreuzbein der Leiche entnommen und von anhaftenden Weichteilen grob gesäubert. Dann wurde die Weite des Wirbelkanales in Höhe des 1. Lendenwirbelkörpers gemessen, Beweglichkeit und Elastizität des Präparates geprüft und auf Besonderheiten im Bau der Wirbelsäule (z. B. starke Skoliose oder Deformierung einzelner Wirbelkörper) geachtet. Im Anschluß daran wurde der gesamte Wirbelkanal wie bei einer Laminektomie eröffnet, indem die hinteren Bogenanteile beiderseits dicht neben dem Abgang der Dornfortsätze durchsägt und mit diesen zusammen entfernt wurden. Durch den so entstandenen, etwa 20 mm breiten Spalt in der dorsalen Begrenzung des Wirbelkanales konnte ein allgemeiner Überblick über die Lage der abgehenden Nervenwurzeln und insbesondere ihr Verhalten zu den einzelnen Bandscheiben, den Ligg. flav. und den For. interv. gewonnen werden. Nun wurden beiderseits von außen her die Spinalnerven L I bis S I aufgesucht und mit dem anhaftenden lockeren Bindegewebe durch die For. interv. hindurch bis in den Wirbelkanal freipräpariert. Das Rückenmark, bzw. die Cauda equina, konnte dann mit den anhaftenden Wurzeln und Ganglien durch den dorsalen Spalt hindurch aus dem Wirbelkanal entfernt werden. An dem so entstandenen Knochen-Bänderpräparat konnte man die Verhältnisse am *Ausgang* der einzelnen For. interv. untersuchen und die Weite der Zwischenwirbellöcher mit einem Tastzirkel messen. Zum Schluß wurde das ganze Präparat in der Mittellinie sagittal durchsägt, so daß an jeder Hälfte von medial her ein guter Einblick in die Anatomie der *Eingänge* zu den For. interv. zu gewinnen und eine Beurteilung der

¹ Herrn Prof. HUECK sind wir für die Überlassung der Präparate sehr zu Dank verpflichtet.

Dieke der Bandscheiben möglich war. Dabei konnten auch Messungen der Ligg. flav. und der Bandscheiben vorgenommen werden. Abweichungen von dieser Untersuchungstechnik mußten gelegentlich dann vorgenommen werden, wenn pathologische Befunde auf diese Art nicht genügend geklärt werden konnten.

Als gegen Ende der Untersuchungen die Arbeit von DÜRS erschien, wurde in 10 Fällen die oben beschriebene Technik dahingehend geändert, daß die Präparate nach Beendigung der Laminektomie und Besichtigung der Verhältnisse im Wirbelkanal in Formalin fixiert und später nach den von DÜRS angegebenen Richtlinien in der Ebene der For. interv. aufgesägt wurden. Die makroskopischen Befunde sind in geeigneten Fällen durch histologische Untersuchungen und durch Röntgenaufnahmen ergänzt worden.

Abgesehen von einigen Sonderfällen lassen sich die erhobenen anatomischen Befunde in 2 große Gruppen einteilen, die im folgenden zunächst systematisch geschildert werden sollen.

III. Systematische Darstellung der Untersuchungsbefunde.

A. Anatomische Veränderungen mit dem äußeren Bild der sog. „Nucleus pulposus-Hernie“.

Die ältere Literatur ist besonders in den Arbeiten von COENEN, JAEGER und REISCHAUER erörtert worden. Auf eine Besprechung kann daher hier verzichtet werden.

Flache *Vorwölbungen* einzelner oder mehrerer Bandscheiben in den Wirbelkanal fanden sich bei unseren Untersuchungen ziemlich häufig. Ob sie eine pathologische Bedeutung besitzen, erscheint uns unsicher. Jedenfalls sahen wir bei der histologischen Untersuchung keine sicheren krankhaften Veränderungen. BRADFORD und SPURLING glauben, daß sie gelegentlich Ursache von Beschwerden sein können. Das mag in Ausnahmefällen einmal möglich sein, in der Regel aber wohl nicht. Wir möchten diesen Befund als Varietät ansprechen und sind mit DYES der Meinung, daß ihre Abgrenzung gegen eine Bandscheibenerkrankung bei der Röntgenuntersuchung sehr schwer, manchmal wohl auch irreführend sein kann. Von einem Vorfall oder Prolaps sprechen wir bei unseren Präparaten nur dann, wenn eine umschriebene runde oder ovale Ausbuchtung einer Bandscheibe über das Maß der gewöhnlichen Vorwölbungen so weit hinausging, daß wir sie auf Grund unserer operativ gewonnenen Erfahrungen bei einem Eingriff als krankhaft angesprochen haben würden.

Das Bild der sog. hinteren „Nucleus-pulposus-Hernie“ mit einem Riß im Faserring der Bandscheibe und Austritt von Gallertkerngewebe durch diesen Defekt hindurch unter das hintere Längsband oder dessen seitliche Ausstrahlungen, bzw. unter die äußersten, noch erhaltenen Schichten des Faserringes ist heute allgemein bekannt. Bei der Besichtigung des Wirbelkanales von dorsal her macht sich ein solcher Bandscheibenprolaps als halbkugelige, teils weiche, teils härtere Vorwölbung

an umschriebener Stelle einer Bandscheibe bemerkbar. Sie liegt sehr selten in der Mittellinie, sondern fast regelmäßig lateral davon und betrifft meist nur eine Bandscheibe, während die oben erwähnten flachen halbmondförmigen Vorwölbungen oft gleichzeitig an mehreren Bandscheiben gefunden werden. An unseren Präparaten erreichten solche isolierten Vorfälle etwa die Größe eines Kirschkernes oder einer Mandel. Die betreffenden Bandscheiben wurden in der Horizontalebene aufgeschnitten. Dabei zeigte sich, daß nur in einem Teil der Fälle makro-

skopisch sichtbare Lücken im Annulus fibrosus vorhanden und Bestandteile des Gallertkernes nach hinten verlagert waren. In



Abb. 1. Durch eine Lücke im Faserring ist Nucleus-pulposus-Gewebe nach hinten ausgetreten.

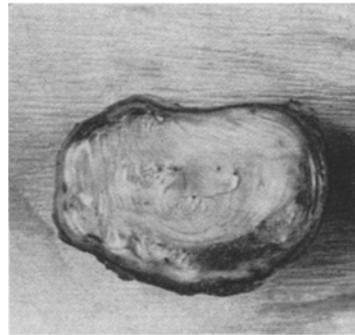


Abb. 2. Umschriebene Vorwölbung der Bandscheibe ohne makroskopisch erkennbaren Riß im Faserring.

den anderen Fällen schien der makroskopisch ungeschädigte Faserring an umschriebener Stelle nach dorsal vorgetrieben. Der Unterschied zwischen diesen beiden Befunden geht aus den Abb. 1 und 2 deutlich hervor. Die histologische Untersuchung (Abb. 3) dieser Bandscheiben bestätigte bei der ersten Gruppe die makroskopische Beobachtung. Die durch die Lücke im Faserring ausgetretenen Massen des Nucleus pulposus liegen außerhalb der eigentlichen Bandscheibe. Die Menge des ausgetretenen Kerngewebes ist im Verhältnis zur Lücke im Faserring erstaunlich groß. Bei den Fällen der 2. Gruppe, in denen der Faserring makroskopisch nicht durchbrochen und kein Kerngewebe verlagert war, zeigten sich mikroskopisch neben kleinen Dehiszenzen und degenerativen Veränderungen mit Auflockerung des festen Fasergefüges öfter ziemlich zahlreiche blutgefüllte Capillaren mit mehr oder weniger großen, perivasculären Zellinfiltraten (Abb. 4), die bei der 1. Gruppe nur in 1 Fall mit außerordentlich breitem, keilförmigem Defekt des Faserringes in sehr starker Ausprägung gefunden wurden (Abb. 5). Ähnliche Feststellungen machten

SCHMORL, ANDRAE, DEUCHER und LOVE. Während also beide geschilderten Gruppen äußerlich das gleiche Bild boten, handelte es sich nur in einem Teil der Fälle um echte, sog. Nucleus-pulposus-Hernien. An den anderen Präparaten bestand die Vorwölbung aus einem Vorfall des Faserringes. Dieses Bild wird von OLIVECRONA als Protrusio, von STIMPFL als inkompletter Prolaps und von GÜNTZ als

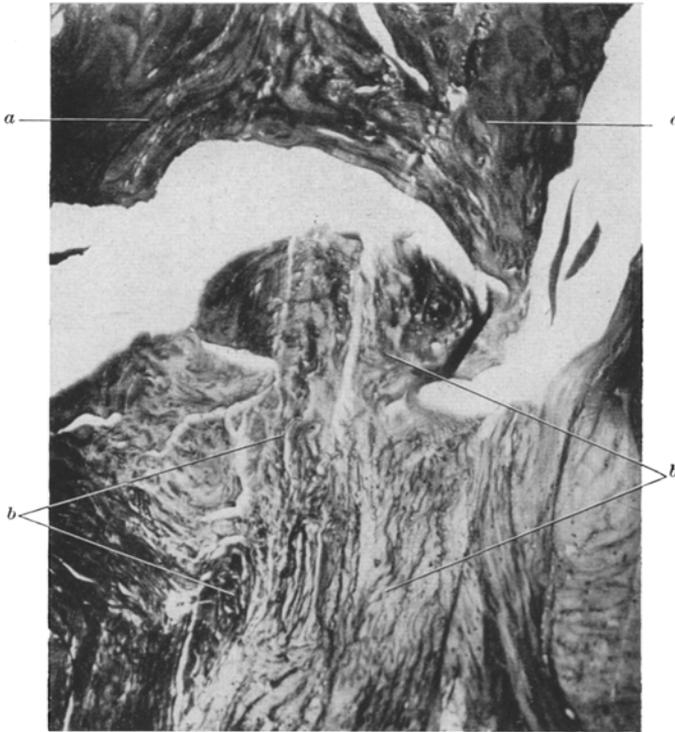


Abb. 3. Vorgefallene (*a*) und nachquellende (*b*) Nucleus-pulposus-Masse im Bereich einer Faserringlücke.

Zwischenwirbelscheibenlockerung bezeichnet. Der Unterschied im Aufbau solcher Bandscheibenvorfälle, der bei unseren anatomischen Untersuchungen feststellbar war, trat an dem operativen Material unserer Klinik noch viel deutlicher in Erscheinung. Das bei uns operativ entfernte Bandscheibengewebe bestand nur zum Teil aus reiner Nucleus-pulposus-Substanz. In anderen Fällen fanden sich daneben degenierte Teile des Faserringes, und schließlich kamen auch solche Fälle zur Beobachtung, in denen der Prolaps nur große, aus dem Zusammenhang gelöste, wurmförmige Stücke des Faserringes enthielt (Abb. 6). Frei im Wirbelkanal liegendes Gallertkern- oder Faserringewebe haben

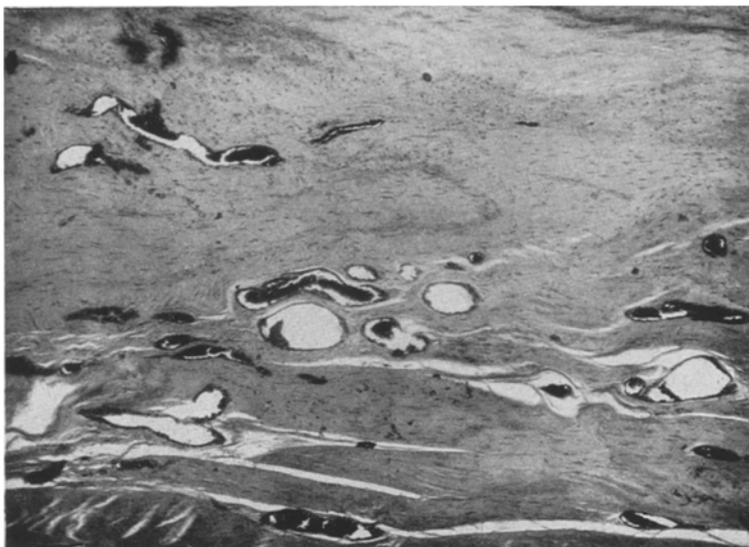


Abb. 4. Degenerative Vorgänge im Annulus fibrosus ohne Faserrisse. Starke Vermehrung der Blutgefäße mit geringen perivaskulären Zellinfiltraten.

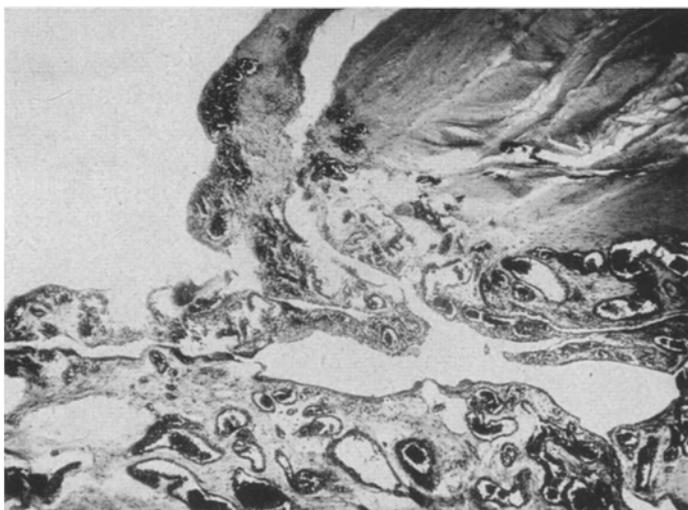


Abb. 5. Breiter Riß im Faserring mit hochgradiger Gefäßvermehrung und starker zelliger Infiltration.

wir bei unseren anatomischen Untersuchungen nicht gefunden. Bei Eingriffen sind wir mehrfach darauf gestoßen. Verkalkte Bandscheibenvorfälle sind in der Literatur verschiedentlich erwähnt. (CALVÉ und GALLAND, BÄRSONY und KOPPENSTEIN, RATHKE, BRADFORD und SPUR-

LING, JUNGHANNS, JUNGE, ROSENTHAL.) Wir haben sie bei der Operation nie gesehen, beobachteten sie aber mehrfach an unseren Präparaten.

Auf den Unterschied im histologischen Aufbau des Gewebes, das einen Bandscheibenvorfall bildet, sind wir erst nach und nach aufmerksam geworden. Bei unseren ersten Fällen wurde regelmäßig Gallertkerngewebe mit Fasersubstanz aus dem Annulus fibrosus gefunden. Später war in dem Untersuchungsmaterial häufiger nur einer von beiden Bestandteilen nachweisbar, insbesondere traten die Fälle zahlenmäßig etwas stärker hervor, in denen der Prolaps nur aus Faserringsequestern bestand. Wenn man bei der Operation zur Entfernung des Vorfalles den scharfen Löffel gebraucht und dabei tief in die Bandscheibe hineingerät, so ist es unvermeidlich, daß dem auf diese Weise gewonnenen Gewebematerial mehr oder weniger reichlich Nucleus-pulposus-Substanz beigemischt ist, insbesondere, wenn der Zwischenwirbelspalt ausgiebig ausgekratzt wird. Die feingewebliche Untersuchung gibt dann naturgemäß keine zuverlässige Auskunft mehr, was vorgefallen war, und was artefiziell zutage gefördert worden ist. Wir haben in der Literatur keinen Hinweis auf die Notwendigkeit gefunden, das zu beachten. Man muß dies unseres Erachtens bei der Arbeit mit dem scharfen Löffel, die wir nach Möglichkeit zu vermeiden trachten, aber berücksichtigen, wenn die spätere histologische Untersuchung nicht ein falsches Bild ergeben soll.



Abb. 6. Großer, wurmförmiger Faserringsequester. Mikroskopisch reines Faserringgewebe im Zustand starker Degeneration.

Der Unterschied im histologischen Aufbau des Bandscheibenvorfalles mag vorerst mehr theoretischen Wert als praktische Bedeutung besitzen. Er sollte aber bei Übersichtsstatistiken unter Beachtung der oben angedeuteten Fehlerquellen doch zum Ausdruck kommen, ohne daß sich dabei die Notwendigkeit zu besonderen Bezeichnungen ergibt. Der Ausdruck „Bandscheibenvorfall“ oder „Bandscheibenprolaps“ ist für alle Fälle treffend und hat sich allgemein eingebürgert, während das Wort „Nucleus-pulposus-Hernie“ oder sogar „Hernia nuclei pulposa“ (MERCHELBACH) aus verschiedenen Gründen besser vermieden wird, aber offensichtlich schwer auszumerzen ist.

B. Anatomische Veränderungen, die zu einer Einengung der Foramina intervertebralia führen.

Die For. interv. stellen keine eigentlichen „Foramina“, sondern mehr oder weniger lange und enge Kanäle dar, die aus dem Wirbelkanal

in schräger Richtung nach vorn seitlich und caudal verlaufen und die Nervenwurzeln mit den Spinalganglien einschließen. Die Zwischenwirbellöcher werden zum Teil durch Knochen- bzw. dessen Kapsel- und Bandüberzug, zum Teil durch den Rand der Bandscheiben und die Ligg. flav. begrenzt. Vom klinischen Standpunkt aus erscheint es zweckmäßig, an jedem „Intervertebralkanal“ 3 Abschnitte zu unterscheiden: 1. Den Eingang, 2. den eigentlichen Kanal und 3. den Ausgang. Der *Eingang* liegt noch im Wirbelkanal. Wenn man von der Situation ausgeht, wie sie sich bei der operativen Freilegung bietet, so kann man im wesentlichen am Eingang folgende Begrenzungen unterscheiden: Hinten trifft man auf den lateralen Ansatz des Lig. flav.; die obere und untere Begrenzung wird von 2 benachbarten Bogenwurzeln gebildet, während vorn der Wirbelkörper mit der zugehörigen Bandscheibe liegt. Der eigentliche *Intervertebralkanal* wird oben und unten sowie medial-vorn ebenfalls von Wirbelbögen, Wirbelkörper und Bandscheibe begrenzt, während die hintere-seitliche Wand zum größeren Teil durch den oberen Gelenkfortsatz des nächsttieferen Wirbelkörpers, zum kleineren Teil durch den unteren Gelenkfortsatz des oberen Wirbelkörpers gebildet wird. Der *Ausgang*, dessen Begrenzungen etwa die gleichen sind, erhält seine besondere Form dadurch, daß die mediale Wand weiter nach vorne reicht als die laterale. Sie besteht hier in erster Linie aus der Bandscheibe. Auf sagittalen Schnitten des Intervertebralkanals stellen sich unregelmäßig-längsovale Querschnitte dar, deren Längsdurchmesser mehr oder weniger senkrecht verläuft. In der Horizontalebene findet sich der größte Durchmesser in der oberen Hälfte, während der Durchmesser in der unteren erheblich kleiner ist. Unsere Messungen an den For. interv. wurden in dem geschilderten oberen horizontalen Durchmesser vorgenommen, wo der Nerv in der Regel sein Bett hat. Hier wurde jeweils das engste Maß verwertet (vgl. S. 340).

Anatomische Veränderungen, die zu einer Einengung der Intervertebralkanäle führen, können entweder von den begrenzenden Knochenteilen mit ihrem Kapsel- und Bandüberzug oder von der Bandscheibe und dem Lig. flav. ausgehen. Da die For. interv. durch zwei gelenkig miteinander verbundene Knochen gebildet werden, kann eine Einengung außerdem auch durch Verschiebung zweier Wirbelkörper gegeneinander zustande kommen (DUUS).

Bei der genaueren Untersuchung und Messung der For. interv. fanden wir bei einem Teil der Fälle sämtliche Intervertebralkanäle ziemlich weit und gleichzeitig kurz. Sie verliefen dabei in der Regel fast horizontal. Bei anderen Präparaten hatten alle Kanäle eine ziemlich steile, nach abwärts geneigte Richtung und waren gleichzeitig lang und eng, so daß die Präparation der Spinalnerven bis in den Wirbelkanal hinein erheblich erschwert wurde. Auf die Betonung dieser

Unterschiede legen wir aus später zu erörternden Gründen besonderes Gewicht. Sie sind für den diagnostischen Wert des Röntgenbildes von größerer Bedeutung als die bekannte Tatsache, daß im allgemeinen die höher liegenden Kanäle weiter sind als die tieferen. Gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem Bau der ganzen Wirbelsäule und dem Verhalten der For. interv. ließen sich nach Abschluß der Untersuchungen nicht feststellen. Man kann also nicht etwa bei grazilem Skelet und engem Wirbelkanal auf enge, bei plumpem Skelet und weitem Wirbelkanal auf kurze und weite Intervertebralkanäle schließen.

Im einzelnen fanden wir an den Zwischenwirbellöchern folgende anatomische Veränderungen: Die Eingänge zu den For. interv. wurden in einem Teil der Fälle eingeengt durch eine erhebliche Verkleinerung des Abstandes zwischen der vornliegenden Bandscheibe und dem an der Hinterwand einstrahlenden Lig. flav. Soweit eine solche Einengung nicht bedingt war durch einen weit lateral liegenden Bandscheibenvorfall, handelte es sich um Vorwölbungen des gelben Bandes nach ventral zu, also in den Eingang zum Intervertebralkanal. Es ist sehr schwer zu entscheiden, ob man hier von einer krankhaften Verdickung oder einer Hypertrophie des Lig. flav. sprechen darf, denn die Unterschiede in der Stärke dieses Bandapparates sind so erheblich, daß es kaum möglich ist, eine Grenze zwischen Krankhaftem und Normalem zu finden. Wir halten die Folgerungen, die HART aus einer „Bandhypertrophie“ herleitet, für sehr problematisch. Das verdickte Lig. flav. als Ursache einer Wurzelkompression wird heute mit Recht allgemein als Verlegenheitsdiagnose angesehen. An unseren Präparaten fanden wir ein dickes Lig. flav., wenn dieses, gewöhnlich straff zwischen den Wirbelbögen befestigte Band schlaff und ohne Spannung war; dabei wird es dicker, wie sich bei den später geschilderten Funktionsprüfungen feststellen ließ. Wir konnten nicht bestätigen, daß das Lig. flav. bei weitem Bogenabstand dick und bei kleinem Abstand dünn ist, wie HOFMANN unter Berufung auf INMANS betont. Bei unseren Operationen hatten wir häufig den Eindruck, daß es umgekehrt ist. An anderen Präparaten war zu sehen, daß Knochenvorsprünge an den Gelenkfortsätzen oder den Bögen das ventral davon liegende Lig. flav. vorbuckelten.

Während in all diesen Fällen vorwiegend der *Eingang* zum Zwischenwirbelloch in *dorso-ventraler* Richtung eingeengt wurde, ging die Verengerung des eigentlichen *Intervertebralkanals* meist mehr konzentrisch vor sich. Die pathologisch-anatomischen Befunde an diesem Abschnitt der For. interv. stimmten im wesentlichen mit den von DÜS beschriebenen Veränderungen überein, die Ausdruck einer Osteochondrose mit Verschmälerung der am Aufbau des Foramens beteiligten Bandscheibe sind. Dieser Prozeß zieht ein stärkeres Übereinandergreifen der beiden

Gelenkfortsätze nach sich und engt so den *cranio-caudalen* und den *dorso-ventralen* Durchmesser des Zwischenwirbelkanales ein. Allerdings wurden die von DUUS mitgeteilten Umbauprozesse an den Kanten der Wirbelkörper und der Gelenkfortsätze von uns nicht so häufig gesehen.

Außer diesen Folgen einer Osteochondrose trifft man am Inter-



Abb. 7. Bandscheibenvorfall am Ausgang des Intervertebralkanals.

vertebralkanal noch weitere Veränderungen an, die ebenfalls zu einer Wurzelkompression führen. In Abb. 12 ist ein Präparat dargestellt, in dem die ganze Weichteilaukleidung eines Zwischenwirbelloches narbig und schwierig verdickt war, ohne daß man sonstige Veränderungen an der Zwischenwirbelscheibe oder an den kleinen Wirbelgelenken finden konnte. Solche Fälle bieten diagnostisch besondere Schwierigkeiten, da die Röntgenuntersuchung hier sehr unsicher ist (vgl. S. 350). Etwas ähnliches gilt für bestimmte Bandscheibenvorfälle, bei denen der Prolaps so weit lateral liegt, daß er die Nervenwurzel *im* For. interv. erfaßt. Nach allem, was wir bisher darüber wissen, scheinen diese Fälle allerdings seltener zu sein. Wir haben einen solchen Vorfall in ein Zwischenwirbelloch an 3 Präparaten gefunden, einmal mit Verkalkung. Diese Möglichkeit muß bei Operationen in Erwägung gezogen werden. Während sich also am Eingang und im eigentlichen Verlauf des Intervertebralkanals verschiedene Möglichkeiten einer mechanischen Beeinträchtigung der nervösen Gebilde durch Verkleinerung des Lumens ergeben, ist eine derartige Einengung am *Ausgang* nicht gut mehr möglich, da hier der geschlossene Kanal in eine nach lateral offene, flache Rinne ausläuft, die in einem kurzen Bogen, entsprechend der Krümmung der Wirbelkörper, nach ventral abbiegt. Der schräg durch den Intervertebralkanal abwärts verlaufende Spinalnerv reitet an dieser Stelle im allgemeinen auf der Bandscheibe. Bei unseren Untersuchungen fanden sich auch hier noch Bandscheibenvorfälle. Die Abb. 7

Wurzelkompression führen. In Abb. 12 ist ein Präparat dargestellt, in dem die ganze Weichteilaukleidung eines Zwischenwirbelloches narbig und schwierig verdickt war, ohne daß man sonstige Veränderungen an der Zwischenwirbelscheibe oder an den kleinen Wirbelgelenken finden konnte. Solche Fälle bieten diagnostisch besondere Schwierigkeiten, da die Röntgenuntersuchung hier sehr unsicher ist (vgl. S. 350). Etwas ähnliches gilt für bestimmte Bandscheibenvorfälle, bei denen der Prolaps so weit lateral liegt, daß er die Nervenwurzel *im* For. interv. erfaßt. Nach allem, was wir bisher darüber wissen, scheinen diese Fälle allerdings seltener zu sein. Wir haben einen solchen Vorfall in ein Zwischenwirbelloch an 3 Präparaten gefunden, einmal mit Verkalkung. Diese Möglichkeit muß bei Operationen in Erwägung gezogen werden. Während sich also am Eingang und im eigentlichen Verlauf des Intervertebralkanals verschiedene Möglichkeiten einer mechanischen Beeinträchtigung der nervösen Gebilde durch Verkleinerung des Lumens ergeben, ist eine derartige Einengung am *Ausgang* nicht gut mehr möglich, da hier der geschlossene Kanal in eine nach lateral offene, flache Rinne ausläuft, die in einem kurzen Bogen, entsprechend der Krümmung der Wirbelkörper, nach ventral abbiegt. Der schräg durch den Intervertebralkanal abwärts verlaufende Spinalnerv reitet an dieser Stelle im allgemeinen auf der Bandscheibe. Bei unseren Untersuchungen fanden sich auch hier noch Bandscheibenvorfälle. Die Abb. 7

veranschaulicht einen derartigen Befund. Obwohl dadurch keine „Kompression“ mehr zustande kommen kann, weil kein Gegendruck mehr vorhanden ist, scheint eine „Oppression“ des Nerven, der hier unter einer gewissen Spannung über die Bandscheibe zieht, doch möglich und klinisch bedeutungsvoll zu sein. LINDBLOM glaubt sogar, daß selbst pfefferkorngroße Vorfälle hier „Druckusuren“ an den Nerven

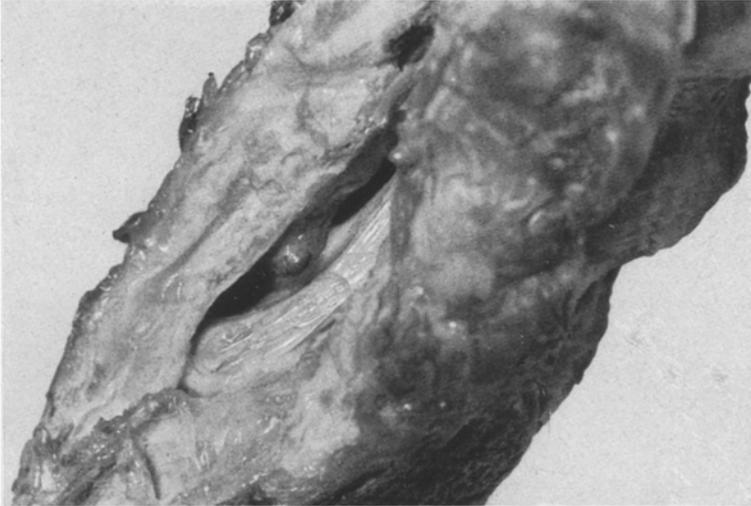


Abb. 8. Ganglion eines Intervertebralgelenkes am Eintritt der Wurzel in das Foramen intervertebrale.

mit schmerzhafter Auswirkung hervorrufen können. Unsere eigenen Untersuchungen gestatten zu dieser Frage keine Stellungnahme.

C. Sonderfälle von raumbeengenden Prozessen im Bereich der lumbosacralen Nervenwurzeln.

Neben diesen anatomischen Veränderungen, die im Bereich der lumbosacralen Nervenwurzeln als typisch angesehen werden dürfen, können ausnahmsweise auch andere pathologische Prozesse zu einer Raumbeschränkung mit Wurzelkompression führen. Wir fanden an unseren Präparaten einmal eine Spondylolisthesis mit Einengung beider For. interv. zwischen L 5 und S 1. In einem anderen Fall ragte die Knochenspitze einer Pseudarthrose des oberen Gelenkfortsatzes von LWK 5 in das Lumen des Intervertebralkanales hinein. An einem 3. Präparat bestand eine starke Deformierung des 2. LWK mit einer Knochenleiste an der Dorsalfläche des Wirbelkörpers, genau an der Abgangsstelle der Wurzel L 1, die hier mit dem Knochen fest verwachsen war. Schließlich fanden wir einmal ein typisches, etwa erbsengroßes

Ganglion, das von der Kapsel eines Intervertebralgelenkes seinen Ausgang genommen hatte und im Eingang des Intervertebralkanales zwischen L 5 und Kreuzbein lag (s. Abb. 8). Es ist ohne weiteres verständlich, daß derartige Befunde dieselben mechanischen Auswirkungen haben, wie die vorher beschriebenen, die als Ursache einer Wurzelkompression viel besser bekannt und häufiger anzutreffen sind. Ein Ganglion als Ursache einer Wurzelkompression ist bisher in der Literatur nicht erwähnt (vgl. BRADFORD und SPURLING).

IV. Zusammenstellung der Untersuchungsbefunde.

In einer Übersicht aller, bei den vorliegenden Untersuchungen erhobenen Befunde lassen sich nach dem Vorhergesagten folgende Gruppen unterscheiden:

1. Bandscheibenprolaps mit Vorfall von Nucleus-pulposus-Gewebe.
2. Bandscheibenprolaps mit Vorfall von Faserringsubstanz.
3. Anatomische Veränderungen am Eingang der Intervertebralkanäle und in ihrem Verlauf.
4. Bandscheibenprolaps am Ausgang des Intervertebralkanals.
5. Einzelne Sonderfälle raumbeschränkender Prozesse im Bereich der lumbosacralen Nervenwurzeln.

Abgesehen von den Sonderfällen fanden wir Beispiele dieser Befunde jeweils an mehreren Präparaten, zum Teil konnten auch an einem Präparat Befunde aus den verschiedenen Gruppen gleichzeitig erhoben werden. Nicht bei allen Präparaten handelte es sich dabei um schwere Veränderungen, sondern das Ausmaß wechselte. Die Beurteilung, ob ein Befund erheblich oder gering ist, unterliegt selbstverständlich einer subjektiven Bewertung. Wir sind nach folgenden Richtlinien vorgegangen: Als einwandfreie pathologische Befunde wurden nur solche aufgefaßt, die schon makroskopisch so augenfällig waren, daß sie sich ohne Schwierigkeiten photographisch und röntgenologisch darstellen ließen, oder bei den vorgenommenen Messungen (vgl. S. 336) wesentliche Abweichungen von den Maßen der Gegenseite zeigten. Alle übrigen Befunde wurden als unsicher oder normal registriert. Unsere Absicht, allgemein gültige Zahlen zum Vergleich für Abweichungen von einer Norm zu gewinnen, ist nicht überzeugend gelungen.

In der Tabelle I sind zahlenmäßig alle sicheren und fraglichen pathologisch-anatomischen Befunde nach Art und Schwere zusammengestellt. Sie ergibt einen Überblick über alle Beobachtungen, die wir im oben bezeichneten Sinne nicht als normal ansahen. Es ist auffallend, daß hier 50 Präparate erscheinen, daß also unter den 75 untersuchten Lendenwirbelsäulen nur 25 als normal bezeichnet werden konnten. Ob das mit dem verhältnismäßig hohen Durchschnittsalter unseres Untersuchungsgutes zusammenhängt, können wir nicht entscheiden. Bei

vorsichtiger Bewertung mußten die Befunde an 24 Präparaten als sicher, 26mal als unsicher gelten.

Tabelle 1. *Übersicht über die von der Norm abweichenden anatomischen Befunde an 59 Präparaten.* — An einigen Präparaten wurden gleichartige Abweichungen in verschiedener Höhe, also mehrfach gefunden.

Anatomische Feststellung	Zahl der Befunde	Davon	
		sicher (24 Präparate)	unsicher (26 Präparate)
Bandscheibenprolaps mit Vorfall von Nucleus-pulposus-Gewebe	7	7	—
Bandscheibenprolaps mit Vorfall von Faserringewebe	25	5	20
Anatomische Veränderungen am Eingang der Intervertebralkanäle und in ihrem Verlauf	55	17	38
Bandscheibenprolaps am Ausgang des Intervertebralkanals	5	2	3
Sonderfälle raumbeschränkender Prozesse im Bereich der lumbosakralen Nervenwurzeln	4	4	—
Kein pathologischer Befund	25 Präparate		

Diese anatomischen Feststellungen sind für sich allein noch wenig aufschlußreich. Der Reiz für den Kliniker liegt vor allem darin, nach ihren Beziehungen zu Krankheitserscheinungen zu fahnden, die wir heute mit den hier beschriebenen Befunden in Zusammenhang bringen. Um einen derartigen Einblick zu gewinnen, wurden nach Abschluß aller Untersuchungen katamnestische Erhebungen angestellt. Dabei waren wir bestrebt, möglichst in jedem Fall durch persönliche Rücksprache mit nächsten Angehörigen genaue Einzelheiten über frühere Beschwerden und Klagen der Verstorbenen zu erfahren. Das gelang in 60 Fällen. Fünfmal mußten wir uns mit einer schriftlichen Nachricht begnügen, während über 10 Patienten keine Auskunft zu erhalten war. Die Ergebnisse dieser Nachforschung sind in Abb. 9 zusammengefaßt und den anatomischen Befunden gegenübergestellt. Um eine solche Übersicht zu ermöglichen, mußte nach den gewonnenen Angaben zwischen deutlicher Ischias und einer Gruppe von Beschwerden unterschieden werden, die als Hexenschuß, Lendenschmerz, Kreuzschmerz u. dgl. geschildert wurden. Wir haben sie — nur zum Zwecke der statistischen Einordnung — unter der Bezeichnung „Lumbago“ zusammengefaßt. (Vgl. weiter unten.)

In der Abb. 9 umfaßt die Säule a 24 Fälle mit sicher pathologischen Befunden an den Zwischenwirbelscheiben oder im Verlauf der For. interv. Auffallend ist hier die große Zahl der typischen Ischias-

beschwerden. Das Bild ändert sich erheblich bei den nächsten 26 Fällen mit geringen oder unsicheren Befunden (Säule b). Hier herrschen Angaben über „Lumbago“ vor, während Ischiasbeschwerden völlig in den Hintergrund treten. Die letzten 25 Präparate (Säule c) boten in allen Teilen einen normalen Befund. Die Katamnese war hier in fast allen Fällen negativ. Diese Darstellung führt zwanglos zu dem Schluß, daß zwischen unseren anatomischen Feststellungen und den zu Lebzeiten vorhandenen Beschwerden Zusammenhänge bestehen. Dabei kommt es uns im wesentlichen auf den groben Unterschied im Aufbau der Säulen an, der bei den

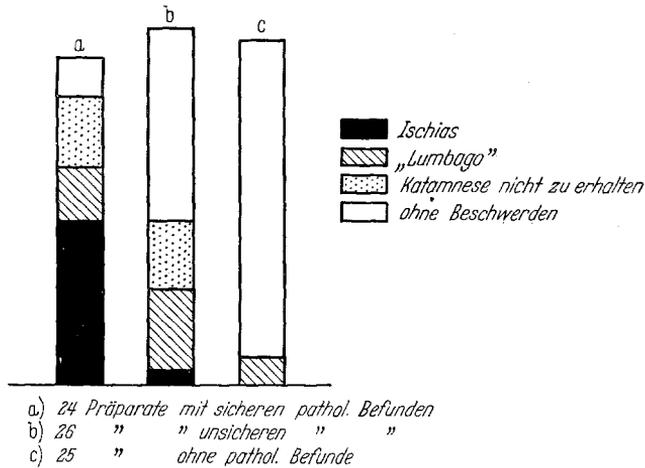


Abb. 9. Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen anatomischen Befunden und Beschwerden.

typischen Ischiasbeschwerden besonders augenfällig ist. Die von uns unter dem Begriff „Lumbago“ zusammengefaßten Schmerzen wird man wesentlich schwerer für unsere Fragestellung bewerten können, weil sich unter dieser Bezeichnung laienhafte Angaben verbergen, die vielleicht auch auf andere Ursachen zurückgeführt werden müssen (z. B. gynäkologische Leiden u. dgl.). Immerhin ist eine gewisse Übereinstimmung der Feststellungen an den Präparaten mit den früheren Beschwerden auffällig. Eine genaue Trennung der Schmerzen, wie REISCHAUER sie vorgenommen hat, ist auf Grund unserer katamnestischen Erhebungen schwer durchführbar. Sie läßt sich wohl nur bei persönlichem Kontakt zwischen Arzt und Kranken vornehmen. Daß bestimmte Formen von Rückenbeschwerden in den hier besprochenen krankhaften Veränderungen der Wirbelsäule ihre Ursache haben, läßt sich wohl kaum bestreiten. Dabei soll nicht entschieden werden, wie das Ereignis des Faserrisses am Annulus fibrosus als Ursache für den Schmerz zu bewerten ist (KUHLENDahl, PETTE) und ob nicht schon frühere Stadien

der degenerativen Bandscheibenveränderungen vom Zwischenwirbelspalt aus unter Beteiligung des hinteren Längsbandes (STETTbacher) den Schmerz auslösen können, oder ob vorwiegend die dabei in Mitleidenschaft gezogenen kleinen Wirbelgelenke anzuschuldigen sind, wie BROCHER annimmt.

V. Klinische Bewertung.

Aus der in Abb. 9 gegebenen Darstellung geht hervor, daß sowohl bei Patienten mit typischen Ischiasbeschwerden als auch bei denen, die über Schmerzen im Rücken oder in der Kreuzgegend geklagt hatten, in der überwiegenden Mehrzahl anatomische Veränderungen im Bereich der lumbosacralen Wirbelsäule gefunden wurden, während bei den beschwerdefreien Patienten derartige Befunde fast nie nachweisbar waren. In Übereinstimmung mit zahlreichen, in der Literatur mitgeteilten Heilungserfolgen durch operative Beseitigung raumbeschränkender Prozesse können wohl auch die hier vorgelegten Untersuchungen als Beweis dafür angesehen werden, daß derartige mechanische Momente bei der Entstehung radikulärer Schmerzen eine wichtige Rolle spielen. Das wird heute auch von Untersuchern zugegeben, die früher nur an eine entzündliche oder allergische Ursache glaubten. Ob diese letzte Form im Sinne der reinen genuinen Ischias als selbständiges Krankheitsbild neben der ersten eine klinisch bedeutungsvolle Rolle spielt, erscheint mehr und mehr zweifelhaft. Jedenfalls aber dürfte sie wesentlich seltener sein gegenüber der großen Zahl der Erkrankungsfälle, bei denen mechanische Vorgänge offenbar stark im Vordergrund stehen. Nur diese, durch Wurzelkompression bedingten Schmerzen interessieren uns hier, wenn wir im folgenden ein Problem besprechen, das sich durch rein mechanisches Denken allein nicht klären läßt.

Man kennt aus der täglichen Praxis genügend Kranke, bei denen es im Anschluß an eine heftige Anstrengung, durch eine ungewöhnlich rasche Rumpfbewegung und selbst anlässlich einer ganz unbedeutenden Änderung der Lage oder Haltung des Körpers zu plötzlichen starken Rückenschmerzen mit oder ohne monoradikuläre Ausstrahlungen in das Ischiadicusgebiet kommt. Zweifel an der Richtigkeit der Vorstellung, daß man es hier mit einem mechanisch ausgelösten Vorgang zu tun hat, werden meistens mit dem Hinweis begründet, daß eine solche mechanische Ursache nur operativ würde behoben werden können, während die Erfahrung lehrt, daß konservative Behandlung und, wie wir aus den Anamnesen wissen, nicht selten einfache Bettruhe ohne besondere ärztliche Maßnahmen häufig genügt, um den Zustand zu bessern oder die Schmerzen völlig zu beseitigen. Wir selbst haben wie viele andere Beobachter in solchen Fällen durch 1 oder 2 epidurale

Injektionen von Novocain oder Pantocain den Schmerz ebenso rasch wieder beseitigen können, wie er aufgetreten war. Sprechen solche Ergebnisse nicht gegen die mechanische Entstehungsursache? Wenn man an ihr aber mit überzeugenden Gründen festhalten will, wie erklärt sich dann der Heilerfolg?

Am häufigsten ist dafür eine Erklärung gegeben worden, die an sich naheliegt. Man hat sich vorgestellt, daß die beim Bandscheibenvorfall ausgetretene Wirbelscheibenmasse wieder in ihr altes Bett zurückschlüpft, die Ursache für den Schmerz also beseitigt wird. Diese Deutung erscheint uns anatomisch nicht ohne weiteres verständlich. Wenn man etwa einen Bandscheibenprolaps, bei dem das vorgefallene Gewebe hauptsächlich aus *Nucleus-pulposus-Substanz* besteht, im histologischen Schnitt untersucht, so ist auffallend, wie tief die Massen des Gallertkernes an den Einrißstellen des Annulus fibrosus zwischen die ausgefranzten Bestandteile des Faserringes eingedrungen sind (s. Abb. 3). Sie füllen die Zwischenräume völlig aus und liegen den Fasermassen überall eng an. Einen überzeugenden Spalt zwischen der Nucleus-pulposus-Substanz und den eingerissenen Bandmassen findet man kaum. Beide Bestandteile erscheinen fest zusammengefügt, wie „gewachsen“, etwa in dem Sinne, wie man vergleichsweise von „gewachsenem Boden“ spricht zum Unterschied von „angeschüttetem Erdreich“. Wenn Gallertkernmassen mit oder ohne Faserringgewebe bis zur Bildung eines echten Prolapses durch die Lücken des Annulus fibrosus ausgetreten sind, so können wir uns nicht vorstellen, wie diese Teile durch eine kurz anhaltende Verminderung oder Beseitigung des Dauerdruckes, der sie ausgetrieben hat, oder auch durch eine gewisse Sogwirkung mittels besonderer Lagerung des Körpers in wenigen Minuten oder Stunden wieder zurückverlagert werden können.

Ähnliche Zweifel kommen uns bei der Frage, wie sich ein Bandscheibenvorfall verhält, der aus *Faserringgewebe* besteht. Dabei denken wir hauptsächlich an den klassischen Fall eines Faserringsequesters, dessen degenerierte Bestandteile aus allen Verbindungen gelöst und in den Wirbelkanal vorgefallen sind. Er quillt bei der Operation oft nach Spaltung des Längsbandes von selbst vor oder kann ohne Widerstand mit der Faßzange aus der Wunde herausgezogen werden (Beispiel Abb. 6). In anderen Fällen kann es vorkommen, daß ein großer Sequester mit einzelnen Fasern oder Sequesterteilen noch zwischen 2 Wirbelkörperkanten eingeklemmt ist oder hier mit einzelnen Fasern noch festhaftet und deshalb nur mit einem gewissen Kraftaufwand vorgeholt werden kann. Er folgt dann mit einem deutlichen Ruck. Es wird sich im Einzelfall schwer entscheiden lassen, ob hier ein schon völlig aus dem Faserring gelöster und nach hinten ausgetretener Sequester teilweise durch bestimmte Wirbelsäulenbewegungen wieder zurückverlagert wurde,

oder ob die völlige Abstoßung aus dem Gewebsverband noch nicht erfolgt war. Wir halten aber die Möglichkeit eines völligen Zurückschlüpfens an den alten Platz auch in diesen Fällen für ganz unwahrscheinlich. Einmal, weil bestimmte Bewegungen und Kräfte, wie weiter unten besprochen wird, bei dem Vorgang der Rückverlagerung nicht wirksam werden können und andere ihn sogar hemmen, zweitens, weil der Raum, aus dem der Sequester stammt, bald von nachdrängendem Nucleus-pulposus-Gewebe wenigstens teilweise ausgefüllt wird. Obwohl es also nicht möglich ist, das Zurückschlüpfen eines einmal ausgetretenen Sequesters mechanisch zu erklären, zweifeln wir nicht daran, daß auch bei dieser Form des Bandscheibenvorfalles heftige, meist akut einsetzende Beschwerden auf konservative Behandlung zu bessern sind. Am leichtesten wird das natürlich zu erreichen sein, wenn das sequestrierte Gewebe nur wenig gelockert und noch nicht völlig abgelöst ist, also größtenteils noch in seinem Bett liegt. In diesem Falle kann man sich vorstellen, daß *der für den Prolaps vorbereitete Teil des Faser-ringes* bei Anstrengungen oder bestimmten Bewegungen nach hinten vorgepreßt wird und sich bei Nachlassen der Muskelspannung oder infolge Änderung der Lage oder Haltung des Körpers an seinen alten Platz wieder zurückzieht. Dieses Stadium der degenerativen Vorgänge *am hinteren Abschnitt des Annulus fibrosus* bietet wohl am ehesten eine Erklärung für das meist plötzlich mit heftigen Rücken- und Kreuzschmerzen einsetzende hexenschußartige Krankheitsbild mit Verkrampfung der Rückenmuskulatur, das durch eine Epiduralanästhesie, gegebenenfalls mit Anwendung eines Längszuges, rasch wieder beseitigt werden kann. Die Zahl dieser Fälle ist nach unseren Beobachtungen nicht groß. Wie sich die konservativ zu erzielenden Heilungen bei anderen Formen des Bandscheibenvorfalles erklären lassen, wird später erörtert werden.

Wir haben eingangs erwähnt, daß neben dem echten Prolaps an unseren Präparaten Bandscheibenvorwölbungen zu sehen waren, die wahrscheinlich zum normalen Bild gehören, jedenfalls aber nicht sicher als krankhaft angesprochen werden können. Ihr Verhalten bei Lordose und Kyphose muß für die Beurteilung der ganzen Frage des Zurückschlüpfens eines vorgefallenen Bandscheibenabschnittes mit herangezogen werden. Im Laufe der anatomischen Untersuchungen gingen wir dazu über, auch funktionelle Prüfungen an unseren Präparaten vorzunehmen. Dabei fiel uns auf, daß die gewöhnlichen Vorwölbungen, von denen hier die Rede ist, bei lordosierter Wirbelsäule besonders deutlich in Erscheinung traten, während sie bei der Kyphose völlig oder fast völlig verschwanden. Um das Verhalten der Bandscheibe bei Bewegungen der Wirbelsäule beurteilen zu können, wurden in Vorversuchen zunächst Präparate sagittal aufgesägt und dann der Funktionsprüfung unter-

zogen. Man weiß, daß MIDDLETON und TEACHER, HEINE, SCHACHTSCHNEIDER u. a. sich die gleiche Frage vorgelegt haben und nicht zu einer einheitlichen Beurteilung gekommen sind. Die Untersuchungen sind teilweise sogar widersprechend. HEINE versuchte das dadurch zu erklären, daß er auf die modifizierenden Auswirkungen der bei den Bewegungen gleichzeitig angewandten Druck- oder Zugkräfte hinwies. Die Auswirkungen der Druckkräfte auf die Wirbelsäule sind später von BRADFORD und SPURLING untersucht und analysiert worden. Unsere

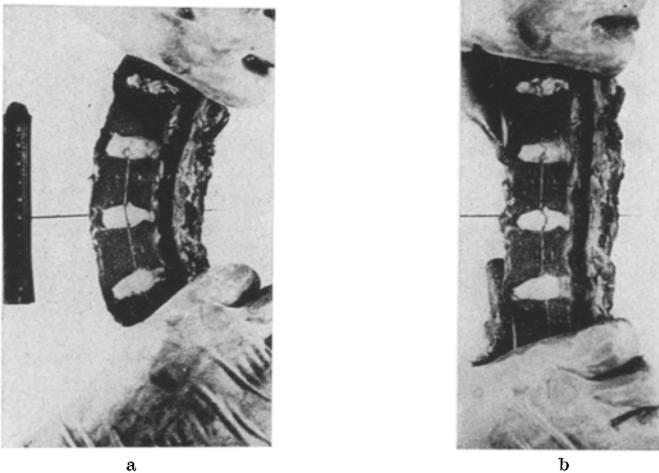


Abb. 10 a u. b. Verhalten des Gallertkernes bei Wirbelsäulenbewegungen, dargestellt am sagittal aufgesägten Präparat. Die Strichmarke (bei a in Lordose) zeigt die Verschiebung des Nucleus pulposus nach hinten bei der Kyphose (b).

Untersuchungen waren hauptsächlich auf die Frage gerichtet, welche Bewegungen die Bandscheibe bei der Beugung und Streckung der Wirbelsäule ausführt. Dabei fanden wir gesetzmäßig folgendes Verhalten: *Wird die Wirbelsäule lordosiert, so rückt der Kern des Nucleus pulposus nach ventral, bei der Kyphose verschiebt er sich nach dorsal.* Von dieser Feststellung haben wir keine Ausnahme gefunden, gleichgültig, ob bei dem Versuch ein Druck in cranio-caudaler Richtung angewandt wurde oder nicht. Auch das Vorhandensein degenerativer Erscheinungen hatte keinen gegenteilig wirkenden Einfluß. Was sich ändert, ist das Ausmaß der Bewegung des Gallertkernes, nicht aber die Richtung. Auf Abb. 10 ist ein markiertes Präparat dargestellt, das die Verschiebung des Nucleus pulposus deutlich erkennen läßt.

Nach diesem Ergebnis kam es darauf an zu prüfen, ob die unverletzte Bandscheibe sich einer Wirbelsäulenbewegung gegenüber genau so verhält. Um das festzustellen, wurde mit einer dünnen Kanüle

1 Tropfen Kontrastflüssigkeit in den Gallertkern eingespritzt und dann der Bewegungsversuch vor dem Röntgenschild wiederholt. Es stellte sich heraus, daß Lordose und Kyphose auf die Bewegung der Kernmasse den gleichen Einfluß ausübten, wie bei den Voruntersuchungen (s. Abb. 11). Der bei Lordose nach vorn gedrängte Gallertkern rückt bei der Kyphose nach hinten.

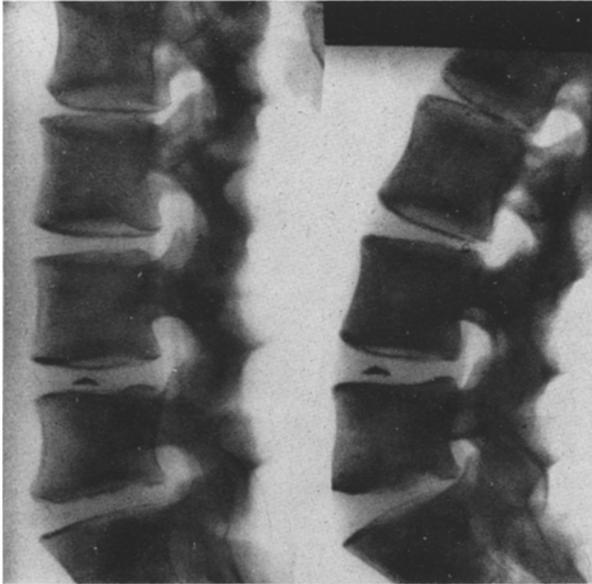


Abb. 11. Röntgenologische Darstellung der Bewegung des Nucleus pulposus mittels Kontrastfüllung am nichtaufgesägten Knochen-Bänderpräparat. Die Kernmasse verhält sich genau so wie im Vorversuch (Abb. 10). Das gegenteilige Verhalten des Annulus fibrosus ist auf dem Röntgenbild deutlich zu erkennen.

Ganz anders verhält sich der Annulus fibrosus. Er ist bei der Lordose nach hinten in den Wirbelkanal vorgebuchtet. Bei der Kyphose wird er mit dem hinteren Längsband gestrafft, so daß die Vorwölbung verschwindet (s. Abb. 11). *Diese Feststellung gilt aber nur für Bandscheibenvorwölbungen, die nicht das Merkmal des krankhaften Prolapses tragen, sondern zum normalen Bild gerechnet werden müssen und nicht selten an mehreren Zwischenwirbelscheiben eines Präparates zu sehen sind. Dagegen gelang es uns an keinem Präparat, durch Wirbelsäulenbewegungen einen echten Vortall zu beseitigen oder auch nur in feststellbarem Umfang zu verkleinern.*

Aus der klinischen Beobachtung weiß man, daß Kranke mit einem Bandscheibenvorfall ihre Wirbelsäule in einer bestimmten Stellung fixieren. Einmal fällt eine Schiefstellung des Beckens auf, und bei

anderen Kranken findet man vorwiegend eine kyphotische Haltung. Diese von den Kranken eingehaltene Zwangsstellung wird wegen der Schmerzerleichterung eingenommen und muß sich irgendwie auf die Wurzelkompression auswirken. In welchem Umfang das möglich ist, kann man wenigstens für manche Fälle aus unseren Funktionsprüfungen schließen. So wenig wir uns haben davon überzeugen können, daß sich ein Vorfall durch Wirbelsäulenbewegungen in praktisch bedeutungsvollem Ausmaß verkleinert, so sicher erscheint es uns, daß *ein vorhandener Prolaps im ganzen von den Bewegungen der Zwischenwirbelscheibe mitgenommen werden kann, sofern die Fasern des Annulus fibrosus noch einigermaßen an der Grund- und Deckplatte der Nachbarwirbel haften*. Auf diese Weise kann man sich z. B. vorstellen, daß bei der Kyphosierung der Lendenwirbelsäule durch die Straffung der hinteren Circumferenz der Bandscheibe ein umschriebener Vorfall im ganzen die Bewegung der dorsalen Faserringabschnitte nach ventral mitmacht, ohne dabei selbst zu verschwinden oder merklich kleiner zu werden. Sofern also die Wurzelkompression vermindert und der Schmerz erleichtert wird, ist dies Folge einer allgemeinen Bewegung des Annulus fibrosus nach vorn und nicht Folge einer Verkleinerung oder gar eines Verschwindens des Prolapses selbst. Für den Operateur ergibt sich daraus, daß er sich auf das Bild des Operationssitus verlassen kann und nicht damit zu rechnen braucht, daß ein Vorfall durch die Lagerung auf dem Operationstisch zurückgerutscht wäre, mit anderen Worten: fehlt ein Prolaps im Operationssitus, so ist auch bei aufrechter Körperhaltung keiner vorhanden. Diese Auffassung wird neuerdings auch von NITSCHKE geteilt.

Zu diesen Bandscheibenverschiebungen kommen noch andere Auswirkungen, die wir früher schon angedeutet haben und die mit dem *Verhalten des gelben Bandes* bei Wirbelsäulenbewegungen zusammenhängen. Sie lassen sich nur erfassen, wenn man seine Form nicht im Zustand der Ruhestellung oder der unbewegten Wirbelsäule betrachtet, sondern sein Verhalten am bewegten Skelet studiert. Tritt die Wirbelsäule in Lordose, so nähern sich die Wirbelbögen, die Fasern des Bandes werden schlaff, sein Querschnitt nimmt zu, der Raum für die vor ihm liegende Nervenwurzel wird kleiner. Dieser Vorgang wird durch die besondere anatomische Befestigung des gelben Bandes unterstützt. Die Straffung der Fasern bei Kyphose wirkt sich aus, wie der Zug an einem Gummistück: das Band wird dünner, der Raum für die ventral liegende Nervenwurzel also größer.

Schließlich gilt die Notwendigkeit einer dynamischen Betrachtung auch für die *Foramina intervertebralia*. Man kann bei Bewegungsversuchen feststellen, daß ihre Weite ebenfalls von Wirbelsäulenbewegungen beeinflusst wird. DÜSS hat den Mechanismus an der gesunden Wirbel-

säule und bei vorhandener Osteochondrose in einer schematischen Abbildung dargestellt. Lordotische Haltung verengt das Lumen der Zwischenwirbellöcher, die Kyphose vergrößert es. Es ist also immer die Kyphose, die das Bett für die Nervenwurzeln erweitert. Dies erklärt vielleicht, weshalb die vorübergehende Fixation der Wirbelsäule durch ein Gipsmieder in starker Lordose zur Behandlung der Ischias nicht das hielt, was man sich von ihr versprochen hat. Hierbei spielen auch die Spannungen der Nervenwurzeln im Lumbosacralbereich eine Rolle, die REISCHAUER analysiert hat.

Die anatomischen und funktionellen Untersuchungen lassen also in überzeugender Weise den wichtigen Einfluß mechanischer Vorgänge auf die Symptomatologie des durch einen Bandscheibenvorfall bedingten Ischiasleidens erkennen. Die Auswirkungen der Wirbelsäulenbewegungen auf die Wurzelkompression erklären die Entlastungshaltung der Kranken. Jede Bewegung der Wirbelsäule, die geeignet ist, den Raum für die komprimierte Wurzel zu vergrößern, wird ausgenutzt, um den Schmerz zu erleichtern. Eine Gegenbewegung verstärkt ihn sofort wieder. So kommt es zu den bekannten Zwangshaltungen in der Stellung, die die Druckentlastung am besten gewährleistet. Ihr Erfolg ist, wie gezeigt wurde, von mehreren synergischen Einzelvorgängen abhängig, die beim Zusammentreffen günstiger anatomischer Umstände die schmerzhaft wirkende Auswirkung einer komprimierenden Kraft auf die Nervenwurzeln vermindern oder ausschalten können und sich in verschiedenem Ausmaß an der Zwischenwirbelscheibe, am Lig. flav. und am Zwischenwirbelloch abspielen. Das Eine läßt sich vom Anderen nicht trennen. Es ist also falsch, im Krankheitsbild der mechanisch bedingten Ischias nur den Bandscheibenvorfall als vorhandenen Zustand zu sehen und dabei unberücksichtigt zu lassen, welche druckfördernden oder gegenwirkenden Kräfte durch Wirbelsäulenbewegungen eingreifen können. Die individuellen topographischen Verhältnisse bedingen den verschiedenen Wert der einzelnen Kompensationsmechanismen im Krankheitsablauf. Wenn er im allgemeinen als beschränkt angesehen werden muß, so liegt das an der Enge des zur Verfügung stehenden Raumes.

Bei der Operation wegen eines Wurzelkompressionssyndroms sind die Verhältnisse im allgemeinen bald zu klären, wenn man einen einwandfreien Bandscheibenprolaps vorfindet. Die Nervenwurzel ist nach hinten verlagert, nicht selten geschwollen und oft mit dem umgebenden Gewebe schwierig verlötet. Die Gefäße sind erweitert und vermehrt. Die Entfernung des vorgefallenen Bandscheibengewebes beseitigt die Kompression und die Schmerzen.

Eine heikle Situation entsteht aber immer dann, wenn man weder an der vermuteten noch an den benachbarten Bandscheiben einen

Vorfall antrifft, wie GARDJIAN und WEBSTER es in 20% ihrer 196 Fälle erlebten. Wir glauben nachgewiesen zu haben, daß es hier nicht berechtigt ist anzunehmen, die vorgefallenen Gewebsteile der Zwischenwirbelscheibe seien durch die Lagerung auf dem Operationstisch wieder in ihr ursprüngliches Bett zurückgesaugt oder gedrückt worden, wie



Abb. 12. Einengung des Foramen intervertebrale L 4/5 infolge schwieliger Verdickung seiner Weichteilaukleidung.



Abb. 13. Röntgenbild zu Abb. 12. Die Röntgenaufnahme des sagittal aufgesägten Präparates läßt eine knöcherne Einengung des Foramen intervertebrale L 4/5 vermissen. Der hier zur Darstellung kommende Weichteilschatten dürfte beim Lebenden kaum sichtbar gewesen sein.

vermutet worden ist (HART, KÖBCKE). Dies sind die Fälle, in denen man unseres Erachtens den Zwischenwirbellöchern besondere Aufmerksamkeit widmen muß. Auf welche Weise hier eine Nervenkompression zustande kommen kann, haben wir früher erörtert. Es wäre ein Fortschritt, wenn es gelänge, den Ort der Druckwirkung schon vor dem Eingriff zu bestimmen. Der Versuch, die röntgenologische Diagnostik in diesem Punkte zu verbessern, stößt allerdings auf erhebliche Schwierigkeiten. Man weiß, daß bestimmte Projektionsrichtungen für die Darstellung der Zwischenwirbellöcher angegeben worden sind. Ihre Anwendung kann bei einer vorhandenen Osteochondrose oder Arthrosis deformans der kleinen Wirbelgelenke eine Einengung des entsprechenden Intervertebralkanales auf dem Röntgenbild sichtbar machen. Auch in den seltenen Fällen von Verkalkung oder Verknöcherung einer in das For. interv. vorgefallenen Bandscheibe ist eine röntgenologische Darstellung möglich. In allen anderen, auf Weichteilveränderungen zurückzuführenden Einengungen versagt aber das Röntgenbild. Abb. 12 zeigt ein anatomisches Präparat, bei der die Weite des For. interv. L 4/5 infolge schwieliger Verdickung der gesamten Weichteilaukleidung beträchtlich vermindert war. Die Röntgenaufnahme (Abb. 13) wurde nach sagittaler Durchschneidung des Präparates angefertigt, stellt also

nur eine Hälfte der Wirbelsäule dar. Trotzdem läßt sich nur bei weicher Aufnahmetechnik ein Weichteilschatten erkennen. Am Lebenden hätte sich zweifellos nur der knöcherne Kanal dargestellt, dessen Lumen nicht enger ist als die benachbarten. Zu ähnlichen Feststellungen ist DÜSS gekommen. Auch die Tomographie muß hier versagen. Die Röntgenuntersuchung ist aber noch aus einem anderen Grunde für die Darstellung

der Zwischenwirbellöcher wenig zuverlässig. Wir haben ausgeführt, daß die For. interv. bei verschiedenen Menschen ihre besondere Verlaufsrichtung haben und beim einen eine flache Neigung besitzen, während sie bei anderen steiler aufgerichtet sind. Zur Darstellung der genauen Weite müßte der Kanal von den Strahlen axial erfaßt werden. Das ist bei den individuellen Variationen nur unter Zufallsbedingungen gewährleistet. Der Wert der Röntgenuntersuchung ist also, wenn es sich um die Darstellung der Zwischenwirbellöcher im Dienste der hier besprochenen Diagnostik handelt, ebenso beschränkt, wie beim Bandscheibenvorfall. Auch die Anwendung von Kontrastmitteln hat nicht in allen Teilen befriedigt. LINDBLOM hat den Versuch unternommen, die Bandscheibe selbst durch Kontrastdarstellung sichtbar zu machen. Mit Hilfe einer gezielten Punktion wird eine besondere Nadel vor dem Röntgenschild zwischen den Filae terminales durchgeführt und von hinten in die Bandscheibe eingestochen. Nach Einspritzen der Kontrastflüssigkeit läßt sich der Gallertkern röntgenologisch darstellen. Das eingespritzte Mittel soll sich durch die Risse im Faserring bis in den Prolaps ausbreiten. Die Beurteilung der Röntgenbilder scheint allerdings, soweit das aus den abgebildeten Aufnahmen zu erkennen ist, nicht leicht zu sein. Es wird vielleicht auch nicht jeder den Mut aufbringen, das Verfahren anzuwenden. Entscheidend für die Lokalisation muß also vorläufig das Ergebnis der klinischen Untersuchung bleiben. Sie bestimmt auf Grund der radikulären Symptome den Ort für die operativen Maßnahmen.

Wird nun unter der Diagnose „Bandscheibenvorfall“ operiert und ein Prolaps nicht gefunden, so muß man das entsprechende Zwischenwirbelloch in situ untersuchen. Wir benutzen dazu ein kleines Tasthäkchen in der Art eines Nervenhäkchens, das vom Wirbelkanal aus in das Zwischenwirbelloch eingeführt wird. Damit läßt sich recht gut ein Bild über die Weite des Lumens im Intervertebralkanal gewinnen. Findet man dabei eine Verengung, so ist unseres Erachtens die Schnürwirkung auf die Nervenwurzel am besten und sichersten durch Fortnahme der Hinterwand des knöchernen Kanals zu beseitigen. Technisch kann dieser Akt mit Hohlmeißelzange oder Stanze bei der vorhandenen Enge ohne Wurzelschädigung kaum durchgeführt werden. Man muß dazu den Meißel benutzen. Abb. 14 stammt von einer Patientin mit einer schweren Osteochondrose der Halswirbelsäule nach früherem Unfall. Klinisch bestand ein eindeutiges C-7-Syndrom. Nach der Röntgenaufnahme hätte man eher an einen Druck auf die 6. Halswurzel denken können. Bei dem Eingriff ließ sich die Einengung des 7. Zwischenwirbelloches mit Hilfe des Tasthäkchens sehr schön nachweisen. Die Hinterwand des Intervertebralkanals wurde aufgemeißelt (Abb. 15). Die ausstrahlenden Schmerzen waren sofort verschwunden, Arm und

Finger waren frei beweglich. An der Lendenwirbelsäule wurde dieser Eingriff bei uns bisher 8mal mit Erfolg durchgeführt. Das zugehörige Zwischenwirbelgelenk wird dabei häufig eröffnet. Oft müssen auch gelenkbildende Knochenteile mit entfernt werden. Störungen haben wir danach bisher nicht gesehen. Unser erster Fall liegt jetzt 14 Monate zurück.

Für die operative Behandlung folgt aus diesen Ausführungen, daß selbst der Operationssitus nicht immer auf den ersten Blick die Situation



Abb. 14. Schwere Osteochondrose der Halswirbelsäule (früherer Unfall). Klinisch einwandfreies C-7-Syndrom. Das Röntgenbild läßt einen Anhaltspunkt für eine Einengung des For. interv. C 6/7 vermissen.

klärt. Es gehört viel Erfahrung dazu, um in einem Operationsfeld, dessen Ausdehnung nach Lage der Dinge nur beschränkt sein kann, die Ursache einer Wurzelkompression aufzudecken, wenn ein deutlicher Prolaps nicht gefunden wird. Nur eine souveräne Kenntnis der anatomischen Besonderheiten dieses Gebietes und eine sorgfältige Prüfung aller Möglichkeiten, die für eine Wurzelkompression in Frage kommen, gestatten es dann, die Situation zu meistern, besonders, wenn schwer stillbare Blutungen aus gestauten epiduralen Venen die technische Arbeit in der Tiefe erschweren und vom Operateur Geduld und Zeit verlangen. Ein schwerer Fehler würde es unseres Erachtens sein, wenn man eine nicht krankhafte Vorwölbung einer Bandscheibe als Prolaps ansehen wollte und dann in

wohlmeinender Absicht mit dem Messer und dem scharfen Löffel Zerstörungen anrichtet.

Die Fragestellung bei unseren Untersuchungen mußte zwangsläufig dazu führen, daß nur die mechanische Seite des Problems erfaßt worden ist. Wer einige Erfahrung besitzt, weiß, daß damit keineswegs alle Verständnisschwierigkeiten beseitigt sind, auf die wir bei der Ischias immer wieder stoßen. Eine Reihe von Unklarheiten bleibt bestehen, obwohl wir die mechanischen Vorgänge heute ziemlich gut überblicken. Hiervon ging EWALD kürzlich bei einer kritischen Erörterung des Ischiasproblems aus und hat dabei eine Reihe von wohlüberlegten und präzise formulierten Fragen aufgeworfen. Seine Abhandlung führt zu einem Ergebnis, das die Auffassungen von BANNWARTH, DÖRING, PETTE,

STENDER u. a. über entzündliche Vorgänge an den Nerven wieder mehr betonen möchte. Sie können hier nur in ihren Grundzügen gestreift werden, sind aber für den Ablauf des Ischiasleidens von grundsätzlicher Bedeutung und geeignet, uns ein anschauliches Bild von der Wirkungsweise der konservativen therapeutischen Maßnahmen zu vermitteln. Wir haben nämlich damit zu rechnen, daß auf Grund einer mechanischen Irritation der komprimierten Wurzel entzündliche Vorgänge wohl in jedem Falle am Krankheitsgeschehen beteiligt sind. In dieser Hinsicht



Abb. 15. Zustand nach Aufmeißelung des Foramen intervertebrale C 6/7 (vgl. Abb. 14).

sind wir nicht auf Vermutungen angewiesen. Von den operativen Eingriffen her weiß man, daß die dem Prolaps aufliegende Nervenwurzel beträchtlich ödematös geschwollen sein kann. In anderen Fällen finden sich typische Folgeerscheinungen entzündlicher Vorgänge im epiduralen Raum. Man muß dann die fest verlötete und verbackene Wurzel erst aus dem narbig veränderten epiduralen Gewebe auslösen, um sie sichtbar zu machen. An dem Vorhandensein eines Entzündungsvorganges ist also nicht zu zweifeln. Von untergeordneter Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, ob man die entzündliche Beteiligung als Folge des mechanischen Reizes durch den vorhandenen Prolaps ansehen will, oder ob man mit BANNWARTH und PETTE mehr an einen allergischen oder vegetativ ausgelösten Reizzustand denkt, dessen Lokalisation vom Prolaps bestimmt wird („Neuritis factitia“ REISCHAUER). EWALD will

vor allem auch dem Nucleus pulposus die Fähigkeit zur Teilnahme an einer allergisch ausgelösten serösen Durchtränkung zusprechen und hebt hervor, daß man sich so einen durch Quellung der Gallertkernsubstanz hervorgerufenen Druck und eine gegenseitige Wechselwirkung zwischen erkrankter Bandscheibe und Nervenwurzel recht gut vorstellen kann. An unseren Präparaten haben wir in der Tat Hyperämie und Zellinfiltration in der Bandscheibe gefunden (vgl. Abb. 4 und 5), am operativ gewonnenen Gewebematerial allerdings nie. Der wechselvolle Verlauf und die oft erfolgreiche Therapie mit den verschiedensten konservativen Mitteln, von denen STENDER die präasacrale Novocaindurchflutung nach PENDL besonders rühmt, ist bei Vorhandensein entzündlicher Vorgänge im epiduralen Raum am ehesten verständlich. Einen ähnlichen Wirkungsmechanismus hat man sich bei der Periduralanästhesie und bei der Paravertebralanästhesie vorzustellen. NITSCHÉ glaubt sogar, daß in manchen Fällen, in denen bei dem Eingriff nichts gefunden wird, für den gleichwohl festzustellenden Operationserfolg nicht eine sog. Entlastung verantwortlich ist, sondern die örtliche Betäubung, die zum Zwecke des Eingriffes gemacht wurde. Diese Überlegung wird man nicht ohne weiteres von der Hand weisen können, wenn sie auch sicher nur mit Einschränkung Gültigkeit hat. Wir glauben deshalb auch nicht, daß man aus dem Erfolg einer Epiduralanästhesie nachträglich auf das Vorhandensein einer „genuinen“ Ischias schließen kann, wie SÄKER annahm und teilen durchaus die Auffassung von REISCHAUER. An der grundsätzlichen Bedeutung der Zwischenwirbelscheibe und des Zwischenwirbelloches mit all seinen Gewebsanteilen für die Entstehung des Ischiasleidens und der Lumbago kann man heute auf Grund der zahlreichen autoptischen Befunde wohl nicht mehr zweifeln. Die „genuine“ Ischias, d. h. die Neuritis lumbosacralis mit dem Merkmal eines selbständigen Krankheitsbildes ist dagegen sicher wesentlich seltener. Ob man beim Wurzelkompressionsyndrom mit einer konservativen Behandlung Erfolg hat, ist abhängig von dem Zustand der komprimierenden Gewebe, dem Sitz des Prolapses und dem Ausmaß des Druckes, von der individuellen Weite des zur Verfügung stehenden Raumes zum Ausweichen der Nervenwurzeln und dem Ausmaß der entzündlichen Beteiligung. Gelingt es, den begleitenden Entzündungsvorgang zu bekämpfen, so kann man bei günstigen mechanischen Verhältnissen Beschwerdefreiheit erzielen. FALCONER, McGEORG und BEGG haben bei 9 durch Kontrastuntersuchung gesicherten Bandscheibenvorfällen mit konservativer Behandlung die Schmerzen beseitigen und dann durch Wiederholung der Myelographie feststellen können, daß der Prolaps seine unveränderte Größe beibehalten hatte. In dem Ausmaß, wie das Mißverhältnis zwischen Druck und Ausweichmöglichkeit zunimmt, werden die Aussichten der abwartenden

Behandlung verschlechtert. Da die klinische Untersuchung der Kranken nur einen Aufschluß über den Sitz der Störung gibt und die Röntgenuntersuchung zur Bestimmung der Stärke des Druckes wenig beitragen kann, stellt die konservative Behandlung einen in keinem Falle von vornherein aussichtslosen Versuch dar. Schlägt er fehl, und werden Lebensfreude und Arbeitsfähigkeit der Kranken durch wiederholte Rezidive oder anhaltende Beschwerden nachhaltig beeinträchtigt, so sollte man nicht zögern, eine Operation vorzunehmen, die nach den sehr großen bisherigen Erfahrungen kaum mit besonderen Gefahren verbunden ist.

Literatur.

ANDRAE, R.: Beitr. path. Anat. **82**, 464 (1929). — BANNWARTH, A.: Ärztl. Wschr. **1948**, Nr 27/28, 417. — BARSONY, T., u. E. KOPPENSTEIN: Fortschr. Röntgenstr. **41**, 211 (1930). — BRADFORD and SPURLING: The intervertebral Disc. Springfield: Ch. C. Thomas 1945. — BROCHER: Fortschr. Röntgenstr. **55**, 1938. — Z. klin. Med. **1936**. — CALVÉ, J., and M. GALLAND: J. Bone a. Joint Surg. **12**, 555 (1930). — COENEN, H.: Bruns' Beitr. **175**, 512 (1944). — DEUCHER, W. C., u. I. G. LOVE: Arch. Path. **27**, 201 (1939). — DÖRING, G.: Dtsch. Z. Nervenheilk. **148**, 171 (1939); **158**, 449 (1948). — Klin. Wschr. **1947**, 577. — DUUS, P.: Nervenarzt **1948**, 489. — DYES, O.: Med. Klin. **1948**, Nr 1/2, 24. — EWALD, G.: Dtsch. med. Rdsch. **1949**, H. 3. — FALCONER, M. A., M. McGEORGE and A. CH. BEGG: J. of Neur. **11**, 13 (1948). — GARDJIAN and WEBSTER: Amer. J. Surg. **76**, 235 (1948). — GÜNTZ: Zbl. Chir. **1949**, H. 10, 1072. — HART, A.: Chirurg **1946/47**, H. 3, 113. — HEINE, J.: Chirurg **1940**, 611. — HOFMANN, A.: Zbl. Chir. **1949**, H. 10, 1068. — JAEGER, F.: Med. Mschr. **1948**, H. 4/5, 113. — JUNGE: Zbl. Chir. **1949**, H. 10, 1072. — JUNGHANNS: Zbl. Chir. **1949**, H. 10, 1071. — KÖBCKE: Dtsch. med. Wschr. **1946**, 69; **1947**, 386. — KUHLENDAHL: Ärztl. Wschr. **1947**, 946. — Dtsch. med. Rdsch. **2**, Nr. 11 (1948). — LINDBLOM: Acta radiol. **25**, 195 (1944); **28**, 69 (1947). — Acta orthop. scand. **17**, 231 (1948). — MERCKELBACH, F. M. L. L. H.: Med. Mschr. **1949**, H. 10, 743. — MIDDELTON and TEACHER: Glasgow Med. J. **76**, 1 (1911). — NITSCHKE, F.: Chirurg **1949**, 414. — OLIVECRONA, A.: Acta radiol. **22**, 743 (1941). — PETTE: Die akut entzündlichen Erkrankungen des Nervensystems. Leipzig: Georg Thieme 1942. — RATHKE, L.: Fortschr. Röntgenstr. **46**, 66 (1932). — REISCHAUER, F.: Untersuchungen über den lumbalen und cervicalen Wirbelbandscheibenvorfall. Stuttgart 1949. — ROSENTHAL, H.: Dtsch. Z. Chir. **251**, 463 (1939). — SÄKER: Nervenarzt **1947**, 323. — SCHACHTSCHNEIDER: Fortschr. Röntgenstr. **54**, 107 (1936). — SCHMORL, G.: Fortschr. Röntgenstr. **40**, 629 (1929). — Arch. klin. Chir. **172**, 240 (1932). — STENDER, A.: Zbl. Chir. **1949**, H. 8, 833. — STETTbacher, H. R.: Dtsch. Z. Chir. **259**, 419 (1944). — STIMPEL, A.: Nervenarzt **1947**, 552. — Chirurg **1949**, 397.

Prof. Dr. KARL VOSSSCHULTE, München, Chir. Klinik der Universität.