

ÜBER EINIGE BEOBACHTUNGEN VON BANDSCHEI-  
BENVORFÄLLEN BEI LUMBOSAKRALEN ASSIMILA-  
TIONSWIRBELN

VON

R. H. VON MURALT  
(Bern)

Die klinische Bedeutung der Sakralisation findet in der letzten Zeit immer weniger Anerkennung, je mehr die Orthopädie mit der Bandscheibenpathologie vertraut wird und die diagnostische Bussole, welche während der letzten drei Jahrzehnte beharrlich um das eine Extrem oszillierte, schlägt heute weit nach der entgegengesetzten Richtung aus. Wir selbst beobachteten an dem neurochirurgischen Krankengut der Universität Zürich (Direktor: Prof. H. Krayenbühl), ein sehr häufiges Vorkommen von lumbosakralen Assimilationswirbeln bei Patienten mit einem einwandfreien Bandscheibenvorfall, sodass sich der Wunsch nach einer statistischen Erfassung und die Frage nach einem allgemeinen Kausalzusammenhang zwischen diesen beiden, stets unter gesonderten Gesichtspunkten behandelten Affektionen aufdrängte.

Das Schrifttum ist bisher noch nicht auf diese Synthese eingegangen, obschon die selten zur Wiedergabe gelangenden Röntgenbilder der Bandscheibenkasuistik ab und zu eine Sakralisation des letzten Lendenwirbels erkennen lassen.

*Friberg* gibt 1940 zwei derartige Fälle wieder, ohne näher auf die Variante einzugehen. Während das eine Mal (*Friberg*: Fall 1096/39) die Querfortsätze des präsakralen Wirbels stark verbreitert sind mit rechtsseitigem Überwiegen, und der Wirbelkörper, gesamthaft gedrunen, nach li abfallend asymmetrisch ist, artikuliert auf dem anderen Bild

(*Friberg*: Fall 4082/37) ein flügelartiger Querfortsatz re mit dem Sakrum und dem Ileum. — An anderer Stelle erwähnt *Friberg* die Sakralisation sei eine so häufige Erscheinung, dass sie gelegentlich als Nebenbefund bei einer Ischias zu erwarten sei. Er schätzt die Häufigkeit ihres Vorkommens auf 1—2 %).

Prof. *G. Wiberg* hat diesen Fragen grosses Interesse entgegengebracht und die vorliegenden Untersuchungen an seinem Krankengut gefördert. Es handelt sich um die Durchsicht der Röntgenbilder von 124 Patienten mit operativ bestätigtem und mit einer einzigen Ausnahme erfolgreich exstirpiertem Bandscheibenvorfall. Berücksichtigung fanden nur ausgesprochene Assimilationswirbel, während die sehr häufig beobachteten leichteren Assimilationsgrade nicht zur Diskussion gelangten. Massgebend sind die Zeichen eines Kontaktes zwischen dem vergrösserten *Processus costarius* einerseits und dem Kreuzbein, oder der Darmbeinschaukel andererseits.

Unsere derart umgrenzte Kasuistik führte zu dem Befund von 19 (15,3 %) Uebergangswirbeln, welche hier entsprechend der üblichen klinischen Nomenklatur und ungeachtet der verschiedenen Entwicklungstheorien mit *Sakralisation* bezeichnet werden. Eine Gegenüberstellung der Literaturangaben beleuchtet die Bedeutung dieser prozentualen Häufigkeit:

*Häufigkeit der Sakralisation in Prozenten*

Goljanizki .....	0,6
Ingebrigtsen .....	0,9
Lübke .....	1,0
Benassi .....	1,3
Sachs .....	1,7
Rossi .....	2,0
Moore .....	3,2
Hirsch .....	3,7
Rocavilla .....	4,0
Mauclair u. Flipo .....	4,0
Léri .....	4,0
Meyer-Burgdorff .....	4,5

Turner .....	5,0
Blumensaat u. Clasing .....	5,0
Hueck u. Heise .....	5,5
Le Double .....	6,0
Brailsford .....	8,1
Ikljaracik .....	9,0
Giles .....	9,2
Imbert .....	10,0
Vasiljeva .....	11,0
O'Reilly (Erwachsene) .....	14,0
„ (Kinder und Erwachsene) .....	8,5

Schüller, Zur Verth u. a. zwischen 23 und 25,0.

Definitionsgemäss ist unsere Kasuistik etwa vor diejenige von *Blumensaat* und *Clasing* einzureihen, da jene Autoren u. a. einen flügelartigen Querfortsatz (*Blumensaat* u. *Clasing*: Abb. 7) als Sakralisation definieren, obschon die Bildwiedergabe eine bloss überschneidung wahrscheinlich macht, und denselben Verdacht für eine angebliche Synostose (*Blumensaat* u. *Clasing*: Abb. 9) erregt. — Die höheren Prozentzahlen sind Ausdruck einer zu weit gefassten Definition der Sakralisation, welche für eine klinische Bewertung irreführend ist. *Imbert* begnügt sich mit einer »leichten Überdeckung der Schatten« im Röntgenbild. *O'Reilly* gibt sich mit einer blossen Verbreiterung der präsakralen Querfortsätze zufrieden. *Schüller* spricht von einer gerade noch angedeuteten Abweichung vom Normalen. — Wir selbst fanden in Übereinstimmung mit diesen letzteren Angaben bei einem Viertel unserer Fälle mit Bandscheibenvorfall einen angedeuteten Prozessus costarius bei ausgesprochen verbreitertem Querfortsatz.

Nach dem Gesagten dürfen wir aus diesen Angaben der Literatur eine obere Grenze von 5—6 für die prozentuale Häufigkeit der Sakralisation gemäss unserer Definition annehmen. Diese Ziffer entspricht in überraschender Weise derjenigen, welche *Ingebrigtsen* bei der Durchsicht des Schrifttums erhielt, nämlich gleichfalls 5—6.

*Bertolotti* machte 1917 auf die klinische Bedeutung der Sakralisation aufmerksam und löste im französischen und angelsächsischen Schrifttum eine grosse Anzahl von Publikationen über die sog. *sacralisation douloureuse* aus. Diese lässt sich einerseits

in ein lokales, andererseits in ein radikuläres Syndrom unterteilen. Für das erstere haben sich die folgenden Bezeichnungen eingebürgert:

lumbodorsale Insuffizienz-Beschwerden  
skoliotische Beschwerden  
myogelotische Beschwerden  
periostitische und  
arthritische resp. arthronotische Beschwerden.

Im Gegensatz zu diesen verschwommenen klinischen Begriffen bezeichnet die sog. *Sakralisations-Ischias* ein gut definiertes Krankheitsbild, welches 1921 durch *Roccavillas* Beobachtungen an acht Fällen und später durch zahlreiche andere Publikationen bekannt geworden ist.

Die Symptomatologie entspricht einem lumbalen Wurzel-Syndrom mit einem hartnäckigen, therapierefraktären Verlauf, welcher höchstens eine vorübergehende Besserung durch Ruhe erkennen lässt. Der Beginn wird häufig auf ein äusseres Ereignis, wie das Heben einer schweren Last, oder den Fall nach rückwärts zurückgeführt. Die Schmerzen werden zunächst nur im Kreuz verspürt und strahlen nach einigen Stunden oder Tagen in das eine Bein aus. Sie bleiben entweder stationär oder treten anfallsweise mit immer kürzer werdenden Intervallen und mit immer grösserer Vehemenz auf. Im einen Fall wird ein blosses Taubheitsgefühl in der Wade, oder im Fussbereich verspürt, im anderen Fall ein eigentlicher Ischias-Schmerz, welcher sich durch Husten, Niesen, durch Lachen, oder beim Stuhlgang verstärkt. Gewisse Bewegungen, wie das Vorwärtsbeugen, gelegentlich auch die Reklination, oder das Neigen nach der einen Seite, werden unerträglich, sodass der Patient die Lendenpartie mehr oder weniger bewusst immobilisiert. — Bei der Untersuchung findet man eine Lendenrigidität mit einem habituellen Abweichen der Wirbelsäule nach der einen Seite, welche meist zur schmerzhaften Seite konvex gerichtet sein soll, sowie eine Druckschmerzhaftigkeit paraspinal, gelegentlich auch über dem Nervenstamm. Die Oberflächenempfindung ist für zarte Nadelstiche beeinträchtigt, nach *Roccavilla* meistens im fünften, seltener im vierten lumbalen oder im ersten sakralen Dermatome. Am häufigsten also im Grossehzenbereich. Die Reflexe sind entsprechend abgeschwächt oder erloschen. Gelegentlich kommt es zu motorischen Ausfällen, zu Muskelschwund und zu einer Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit. Für schwere Fälle von Sakralisations-Ischias wurde ein vermehrter Gehalt an Proteinen in der Spinalflüssigkeit angegeben.

Diese Symptomatologie wurde im wesentlichen bei röntgenologisch festgestellten Sakralisationen immer wieder gefunden und beschrieben.

*Hibbs u. Swift* (1914—1927): unter zweiunddreissig Patienten mit inkompletter Sakralisation des 5. Lendenwirbels wurde bei 60 % ein typisches Wurzelsyndrom festgestellt; bei 50 % der Hemisakralisationen kontralateral zur Variante. (Heilung durch die *Hibbs'sche* Verstrebung bei 72,7 %).

*Schiassi* (1921): 40-jähriger Mann (Fall 1) mit li-seitiger Hemisakralisation und homolateralem Ischiassyndrom, ausgelöst durch eine Fahrt in einem schlecht gefederten Cabriolet. — 42-jähriger Mann (Fall 2) mit Sakralisation des letzten Lendenwirbels und li-seitigem schwerstem Ischiassyndrom bis zur Totalinvalidität; unbefriedigend mittels Extensionsbehandlung und Stützkorsett behandelt.

*Danforth u. Wilson* (1925): zwei Fälle mit Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels (Fälle 4 und 8) und typisch therapieresistentem, remittierendem Ischiassyndrom, das eine Mal homolateral, das andere Mal kontralateral, ausgelöst durch das Heben einer schweren Last. — Zwei Fälle mit Sakralisationen (Fälle 7 und 14) und klassischer radikulärer Ischias, welche nach anfänglichen Kreuzschmerzen im Anschluss an des Heben eines schweren Gewichtes in Erscheinung trat.

*Alessandri* (1927): 34-jährige Frau mit Sakralisation des 5. Lendenwirbels und Ischiasschmerzen mit Hypalgesie entsprechend der l. Sakralwurzel re im Anschluss an körperliche Anstrengungen und Erkältung.

*Blumensaat u. Clasing* (1932): 37-jähriger Mann (Fall 4). Hemisakralisation; erstmals Beinschmerzen li mit anschliessend mehreren Rezidiven. — 31-jährige Frau (Fall 5). Hemisakralisation mit kontralateralem Ischiassyndrom ohne sichtbare arthrotische Veränderungen.

*Graf* (1933): Hemisakralisation li. Massives, homolaterales Ischiassyndrom. Im Anschluss an die erste Geburt vor neun Jahren erstmals Kreuzschmerzen; im Anschluss an die zweite Geburt heftige Beinschmerzen li, später Skoliose. Therapieresistenz.

*Bellrose* (1934): sakralisierter 5. Lendenwirbel. Seit vier Jahren ausstrahlende Schmerzen in die re Trochanterengegend. Allmählich Parästhesien in der re Wade und schliesslich heftige Schmerzen im Innervationsbereich von L 5. Therapieresistenz.

*Wagner* (1935): sechs Fälle mit Hemisakralisationen. (Fälle 1, 2, 4, 5, 7, 10), zwei Fälle mit symmetrischer Sakralisation (Fälle 3 und 8) graduell unseren Voraussetzungen entsprechend. Sämtliche Fälle mit einer Wurzelschias einhergehend.

Folgende Trias ist bei der epikritischen Sichtung dieser Fälle von besonderer Bedeutung, da sie niemals durch eine Sakralisa-

tion an sich erklärt werden kann: 1. Druckschmerz über einem lumbalen Dornfortsatz, oder über einer Wurzelaustrittsstelle. 2. Provozierbarkeit der Schmerzen durch Druckzunahme im cerebrospinalen System, z. B. beim Niesen. 3. Vermehrter Gehalt an Proteinen in der Spinalflüssigkeit mit Werten zwischen 30 und 60 mg%, wie sie *Roccavilla* u. a. feststellten. Dieser Autor schliesst seine vorzüglichen Beobachtungen mit folgender Bemerkung:

« les hétéromorphismes congénitaux de la vertèbre présacrée ne peuvent provoquer que très difficilement des troubles nerveux dont ils sont capables, s'ils ne sont pas secondés par un facteur morbide quelconque. »

Die zahlreichen Deutungsversuche für das Zustandekommen einer Nervenschädigung bei Sakralisationen wurden alle von anatomischer Seite widerlegt.

Weder die Theorie einer Nervenkompression im verengerten Intervertebralloch, noch diejenige einer Nervenzerrung infolge der skeletogenen Plusvariante konnten der Kritik standhalten. Dasselbe gilt für die Hypothese einer verengerten Lichtung des Wirbelkanals infolge einer Verziehung der Wirbelbögen oder einer Proliferation der Dornfortsatz wurzel. Umsonst wurde versucht konkomitierende Anomalien, in erster Linie die Spina bifida ursächlich in Betracht zu ziehen, und die Dignität des Traumas steht noch heute zur Diskussion.

Es klaffte bisher das entscheidende Glied in der ätiologischen Kette und erst das aktuelle Interesse der Orthopäden für neurochirurgische Grenzgebiete scheint Einblick in das pathogenetische Dunkel der Sakralisationsischias und vielleicht der sacralisation douloureuse überhaupt zu gewähren. Seit den Arbeiten von *Mieter* und *Barr* (1934) wurde das Ausmass der Bedeutung lumbaler Bandscheibenvorfälle immer weiteren Kreisen bekannt und die Symptomatologie derselben kann heute als charakteristisch bezeichnet werden. Sie entspricht dem ebenerwähnten Syndrom und im Besonderen der erwähnten Trias.

Wenn *Küttner* und sein Assistent *Schüller* 1924 die Diagnose »sacralisation douloureuse«, welche damals im deutschen Schrifttum noch keine Befürworter hatt, kategorisch ablehnte, so

können wir dies heute, wenigstens was das Ischiassyndrom anbelangt, unterstreichen und für diese »lumbosakralen Neuralgien«, welchen *Schüller* noch ratlos gegenüberstand (*Schüller*: Fall E. St.), die Diagnose *Bandscheibenvorfall* einsetzen.

Dieser ist in situ als Reizkern darstellbar, wie wir an 19 Fällen nachweisen konnten. — Die Therapie ist in Form einer blossen Exstirpation desselben erfolgreich, wie die überwiegende Zahl unserer Fälle erkennen lässt. —

Der wiederholt aufgeführte Behandlungserfolg der Ischias ohne Entfernung eines Bandscheibenvorfalles ist nicht überraschend, da der bisweilen günstige Einfluss immobilisierender Massnahmen auf ein Bandscheibensyndrom bekannt ist, und an der hiesigen Klinik durch das präoperative Verordnen eines Gipskorsetts berücksichtigt wird. Derselbe Effekt wird erreicht durch eine längere Bettruhe, wie sie nach einer Entfernung des verbreiterten Querfortsatzes nötig ist und besonders durch eine operative Versteifung mittels eines Spans oder nach der Methode von *Hibbs*, welche noch gelegentlich zur Behandlung einer Sakralisationsischias vorgenommen wird und heute für *Farrell* als Operation der Wahl bei einem Bandscheibenvorfall gilt, die bei 85 % der Fälle zur Heilung oder zur Besserung führt.

Das prozentuale Vorkommen der sog. »Sakralisationsischias« bezogen auf die Kasuistik unserer Bandscheibenvorfälle entspricht weitgehend der bisher im Schrifttum festgelegten prozentualen Häufigkeit von Sakralisationen bei chronischen Ischiasfällen.

19 Fälle, d.h. 15,3 % unserer Kasuistik, wiesen diese Verhältnisse auf. Demgegenüber fanden *Hodges* und *Peck* 14,3 %, *Williams* 15,7 %, entsprechende Sakralisationen unter einem Material von mehreren hundert chronischen Ischiasfällen. Andere Autoren, wie *Willis* kommen zu etwas höheren Ziffern, welche im Unterschied zu unserer Auswahl-Kasuistik Fälle miteinbeziehen, die aus irgendeiner Ursache nicht operiert wurden, sei es, dass man nicht die Diagnose Bandscheibenvorfall berücksichtigte, sei es, dass man mit einer konservativen Massnahme auszukommen glaubte.

Dass die prozentuale Häufigkeit von 15,3 % nicht das zufällige Vorkommen der Sakralisationsformen ausdrückt, belegt die oben ermittelte wesentlich kleinere Frequenz derselben bei dem Bevölkerungsdurchschnitt.

*Lindstedt* wies darauf hin, dass er unter 1578 Rekruten 51 Kreuzanomalien (d.i. 3,2 %) mit nur einem einzigen Fall von Ischias finden konnte. Dies ist bei Kenntnis der Bandscheibenläsionen ohne weiteres erklärt, da ein Vorfall im Rekrutenalter nur äusserst selten zur Beobachtung kommt.

Es lassen sich schliesslich bestimmte anatomische und funktionelle Momente annehmen, welche geeignet sind, beim Vorhandensein einer Sakralisation den Bandscheibenschaden zu begünstigen. Dabei ist zunächst an die veränderten *statischen und kinetischen Verhältnisse* zu denken; kommt doch der lumbosakralen Bandscheibe und den Ligamenten schon unter physiologischen Verhältnissen die Aufgabe der Fixation der mobilen Lendenpartie gegenüber dem starren Kreuzbein auf der um  $16-57^{\circ}$  nach vorn geneigten Abstützfläche zu, wobei sie einem starken Belastungsdruck unterliegt, welcher nach *Saunders* und *Inman* für die blossе Körperschwere in der Funktion mit 90 bis 135 kg angegeben wird. Eine derartige Beanspruchung muss sich bei einer asymmetrischen Skelettstruktur ungünstig auf den annulus fibrosus auswirken, indem die physiologische Einstellung des Nucleus pulposus aus der Bewegungsachse herausverlegt wird und einen mehr umschriebenen Druck ausübt. Zudem können vielleicht Dehnungsschäden dadurch entstehen, dass der einseitig fixierte Querfortsatz die Funktion eines zusätzlichen Stützpunktes übernimmt, wie ihn *Saunders* und *Inman* für die Dornfortsätze als Fulcrum bezeichnet haben. Nach *Blumensaat* und *Clasing* kommt eine *Hemisakralisation* bei 67,3 % der Assimilationswirbel vor und *Huc* bezeichnet eine Seitenasymmetrie gleichfalls als sehr häufig. Wir selbst fanden bei 13 Fällen asymmetrische Sakralisationen, d.i. 68,4 %. Viermal handelte es sich um leichtere, neunmal um schwerere Grade. Bei sieben Patienten lag der Bandscheibenvorfall homolateral zur kräftiger entwickelten Seite (Plusvariante) und nur zweimal kontralateral. Für sämtliche Asymmetrien, also mit Einbezug der leichteren Formen, ergibt sich ein Verhältnis von 11:2. Die beiden Fälle mit kontralateral zur Variante gelegenen Prolaps zeigten gegenüber den anderen Fällen die gemeinsame Besonderheit einer langstieligen gelenkigen Verbindung. Es ist vorstellbar, dass die

dadurch bedingten einseitigen Exkurse eine besondere Zerrungsschädigung (*Schwenkeffekt*) bedingen, während die übrigen Fälle einen *Malmeffekt* auf der starren, ambossartigen, unphysiologisch gerichteten Abstützfläche annehmen lassen, ist doch

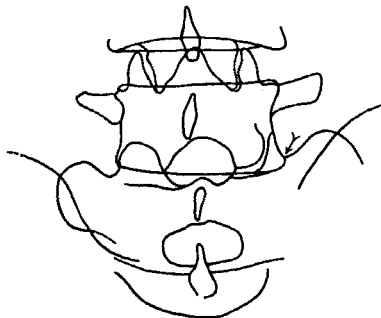


Abb. 1.

»Malm-Effekt« (Diagramm-Skizze 1:3 natürliche Grösse).

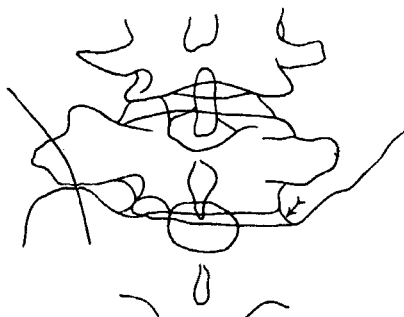


Abb. 2.

»Schwenk-Effekt« (Diagramm-Skizze 1:3 natürliche Grösse).

der Assimilationskontakt bei diesen Fällen intimer, bei der Mehrzahl sogar synostotisch. Für die symmetrischen Sakralisationsformen mag die mangelnde Elastizität der Stossdämpfung, welche normalerweise durch die ligamentäre Fixation auf dem geneigten Lumbosakralplateau gewährleistet ist, eine Prädisposition bilden.

Ein anderer Faktor scheint uns vielleicht noch bedeutungs-

voller, nämlich derjenige einer *syngenetischen Minderwärtigkeit* der Gewebsstruktur. Der Sakralisation liegen meist komplexe Entwicklungsstörungen zugrunde, welche oft homolog noch am thorakolumbalen Übergang erkennbar sind. Im Lumbosakralbereich findet man sie häufig mit anderen Fehlbildungen, besonders mit der Spina bifida vergesellschaftet. Bei derartigen strukturellen Umwälzungen ist die Vermutung naheliegend, dass auch die sehr differenzierte Lamellenstruktur des Annulus fibrosus ergriffen wird. Unsere Vermutung geht soweit, dass die Veränderung bei einer Hemisakralisation einseitig homolateral stärker ist, entsprechend dem häufiger zu beobachtenden Vorfall auf dieser Seite, und wir sind daran, diesen Verhältnissen histologisch nachzugehen.

*Saunders* und *Inman* wiesen auf das Vorkommen grober Missbildungen der Bandscheibe bei Spina bifida, *Klippel-Feil* und bei einer Vielzahl von angeborenen Anomalien der Wirbelsäule hin. Die Beurteilung der von *Böhming* beschriebenen »Blitzfiguren« und der mehr horizontal verlaufenden narbenartigen Dehiszenzen (vgl. *Uebermuth* u. *Böhming*) ist allerdings sehr schwierig.

Nach den obigen Voraussetzungen wäre zu erwarten, dass die *Altersschwelle* der ersten Symptome tiefer läge, als diejenige der gesamten Kasuistik der Bandscheibenvorfälle. Die folgende Übersichtsdarstellung bekräftigt dies aber nicht:

bis zu 20 Jahren :	ein Fall
zwischen 20 und 30 J.:	sechs Fälle
zwischen 30 und 40 J.:	neun Fälle
zwischen 40 und 50 J.:	zwei Fälle
über 50 Jahre :	ein Fall.

Bei einem einzigen Fall traten die Erscheinungen schon mit 18 Jahren auf. Es wurde eine ausgesprochen einseitige, anscheinend sehr mobile Sakralisations-Nearthose gefunden (vgl. Abb. 5). — Dagegen ist das seltene Vorkommen eines *traumatischen Auslösungsmomentes* bemerkenswert. Ein einziges Mal von neunzehn Vorfällen traten die Symptome im Anschluss an das Heben von 120 Kg Gewicht in Erscheinung. Einmal im Zusammenhang

mit einer Geburt. Dieser verschwindenden Zahl steht eine Häufigkeit traumatischer Einwirkungen von 60 % der gesamten Statistik unserer Bandscheibenvorfälle gegenüber.

---

Wenn wir nun den *lokalen Symptomenkomplex* der lumbosakralen Assimilationsformen betrachten, so müssen wir die Kriterien einer Sakralisation im vollen Umfang würdigen, welche keineswegs auf einen mehr oder weniger verbreiterten Querfortsatz beschränkt sind.

Der Wirbelkörper ist auf der Seite des verbreiterten Querfortsatzes mächtiger und nach der Gegenseite hin rotiert. Die beiden Bogenhälften sind asymmetrisch. Die gegenseitige Hälfte ist elongiert. Die Gelenkfortsätze sind von verschiedener Höhe und die entsprechenden Gelenkfacetten liegen in einer ungewöhnlichen, meistens frontal aufgedrehten Ebene. Die Dornfortsätze zeigen gelegentlich Abweichungen in der Grösse und Form.

Dass derart alterierte Verhältnisse Anlass geben können zu vorzeitigen Abnützungserscheinungen mit *spondylotischen* und *myogelotischen* Beschwerden, kann nicht von der Hand gewiesen werden. — Was die *Skoliose* anbelangt, so ist zu betonen, dass dieselbe als Funktion und nicht als Zustand aufzufassen ist und kein konstantes Verhalten zur Plusvariante zeigt, wie dies immer wieder behauptet wird. Bei 9 von unseren 19 Fällen liess sie sich nachweisen und war 5 mal homolateral, 4 mal kontralateral zur stärker entfalteten Skelettabweichung gelegen. Wir hatten ferner eine Umstellung nach der Gegenseite, den sog. *alternating type* (*Remak* 1890) zu beobachten Gelegenheit. Damit ist die Skoliose als eine Entlastungs-Reaktion zu bewerten und dürfte gleichfalls mit der Bandscheibenläsion im Zusammenhang stehen.

Von der Gesamtzahl unserer Bandscheibenvorfälle führten  $\frac{2}{3}$  zu einer homolateralen und  $\frac{1}{3}$  zu einer kontralateralen Skoliose. Diese kann u.E niemals zur Differentialdiagnose zwischen einer Sakralisation gegenüber einer Lumbalisation verwertet werden, wie dies *Blumensaat* und *Clasing* anführten.

Mit dem Sammelbegriff der *lumbodorşalen Insuffizienzbeschwerden* bezeichnet man gelegentlich Kreuzschmerzen von

bald stechendem, bald bohrendem Charakter, welche vorzugsweise bei bestimmten Bewegungen oder Überanstrengungen auftreten. Diese Art von Beschwerden ist uns aus der Bandscheibenpathologie bekannt. Durch eine Protrusio mässigen Grades kann zunächst nur die Bandscheibeninnervation beteiligt sein und Reizerscheinungen äussern, welche als Kreuzschmerzen imponieren und dem rekurrenten Verlauf des Nerven entsprechend etwas tiefer empfunden werden, als der Reizkern gelegen ist. Die Rolle dieser Bandscheibeninnervation hat *Laschka* bereits erkannt und präpariert.

Diese Interpretations-Versuche für verschiedene Formen von sog. »Sacralisation douloureuse« lassen sich im Zweifelsfall sehr hübsch darstellen durch die *Diskus*-Punktion, wie sie an der Vanföreanstalt in Stockholm üblich ist.

Die fraglich lädierte Bandscheibe, also gewöhnlich die unmittelbar oberhalb dem Assimilationswirbel gelegene, wird transdural punktiert. Presst man darauf 0,5 ccm physiologischer Kochsalzlösung ein, so provoziert das Aufquellen des degenerierten Bandscheibengewebes den Nervenreiz, welcher im einen Fall lokal, im anderen radikulär erscheint, und bei intakter Bandscheibe fehlt.

*Lindblom* hat die degenerierte Bandscheibe sowie die Protrusio mittelst kontrastgebenden Substanzen dargestellt.

---

Je nach der Symptomatologie hat das therapeutische Vorgehen zu erfolgen. Zunächst kommt bei allen Fällen Ruhigstellung durch *Bettruhe* oder ein *Gipskorsett* in Betracht. Erst beim Versagen dieser konservativen Massnahmen darf die Operationsindikation gestellt werden.

Die Span-Verstrebungen sind im Fall einer schmerzhaften Bandscheibendegeneration angezeigt und die an der orthopädischen Klinik in Lund neuerdings angewandte locking-graft-Methode scheint bisher erfreuliche Resultate zu ergeben mit dem Vorteil einer abgekürzten Liegezeit von nur drei Wochen.

Die kausale Therapie für den Fall einer schweren sog. »Sakralisationsischias« ist aber, wie unsere Fälle bestätigen, die *Exstirpation des Bandscheibenvorfalles*, zu welcher noch einige technische Bemerkungen zu machen sind: Die praktische

Bedeutung der Sakralisation für den Bandscheiben-Chirurgen liegt in der häufigen Unsicherheit bei der Segmentbestimmung, welche sich infolge ihrer morphologischen Verschiebung ergibt. Er ist angewiesen auf eine exakte Bewertung von neurologischen und röntgenologischen Kriterien, welche jedoch in der Einzahl zu wenig spezifisch sind und daher in möglichster Vielzahl berücksichtigt werden müssen.

Die *neurologischen Indizien* werden nach folgenden Syndromen beurteilt, wobei das »L 5-Syndrom« einer Schädigung der 5. Lumbalwurzel durch einen Vorfall der vierten Lendenbandscheibe entspricht, während eine Kompression der ersten Sakralwurzel gewöhnlich im lumbosakralen Zwischenwirbelraum zum »S 1-Syndrom« führt.

»L 5-Syndrom«

Schmerzausstrahlung und Parästhesie in Grosszehe.

Achillessehnen-Reflex erhalten oder nur leicht abgeschwächt.

Hypalgesie in Grosszehe und über Tibia.

Motorische Parese der Fuss- u. Zehen-Extensoren.

»S 1-Syndrom«

Schmerzausstrahlung und Parästhesie in Fersen- und hinterer Unterschenkelpartie.

Achillessehnen-Reflex erloschen oder stark abgeschwächt.

Hypalgesie in den kleinen Zehen und im äusseren Unterschenkel.

Keine motorische Parese; oder Parese der Gastrocnemiusgruppe.

Die *röntgenologischen Indizien* werden in der Regel zu wenig berücksichtigt und treten bei der regulären Anzahl von fünf Lendenwirbeln in den Hintergrund. Ein verschmälertes Zwischenwirbelraum kann Ausdruck einer Bandscheibendegeneration sein, ist aber nur mit grösster Zurückhaltung als diagnostische Hilfe für einen Bandscheibenvorfall verwertbar. Dies gilt besonders für das häufig enger erscheinende lumbosakrale Interstitium. — Zur Beurteilung eines Assimilationswirbels sind wir auf weitere Anhaltspunkte angewiesen. Dabei hat sich uns die Eigenart der Querfortsätze des 4. Lendenwirbels als wertvoll erwiesen. Diese sind normalerweise die schlanksten und kürzesten und sind deutlich nach aufwärts gerichtet. — Auf diese besonderen Merkmale wiesen schon die Anatomen *G. Piersol* (1907) und *H. Gray* (1909) hin, während die Lehrbücher der

letzten vierzig Jahre an dieser praktisch wichtigen Feststellung vorübergingen. — Bei lumbosakralen Assimilationsveränderungen beobachtet man oft homologe Assimilationen am thorakolumbalen Uebergang. Dabei konnten wir wiederholt die Beobach-

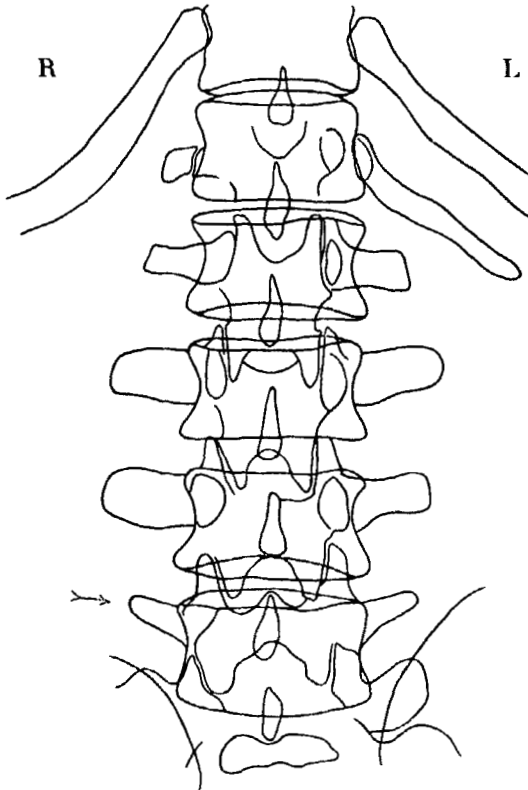


Abb. 3.

*Homologe Assimilations-Veränderung* im lumbosakralen und im thorakolumbalen Uebergang rechts. — Die typische Form des 4. Lendenwirbels ist von der Assimilation verschont geblieben. (Diagramm-Skizze 1: 3½ natürliche Grösse).

tung machen, dass die beschriebene Eigenart der Querfortsätze des 4. Lendenwirbels beibehalten, quasi von der Gleichschaltung übersprungen wird. Dies lässt sich besonders schön an Hemi-sakralisationen nachweisen, wo die homolaterale Rippe XII nur

abotiv vorhanden ist, wo aber der gleichseitige Querfortsatz des 4. Lendenwirbels nicht wie zu erwarten kolbig angeschwollen ist und horizontal verläuft, sondern, wie auf der unversehrten Gegenseite seine grazile, nach aufwärts weisende Gestalt beibehält (vgl. Abb. 3). Die folgenden Merkmale sind für die einzelnen Wirbel kennzeichnend:

<i>Indizien für den 5. Lendenwirbel.</i>	<i>Indizien für den 4. Lendenwirbel.</i>
Wirbelkörper gesamthaft gedrun- gen. Keilform mit vorderer Basis.	Wirbelkörper gleichmässig hoch; nicht keilförmig.
Querfortsätze plump mit Basis am Körper — Bogen — Winkel.	Querfortsätze graziler als die übr- igen; kürzer und aufgerichtet.
Gelenkfortsätze gespreizt, Gelenk- ebene frontal aufgedreht.	Gelenkfortsätze eng beisammen, Ge- lenkebene sagittal gerichtet.

*Indizien für den 12. Brustwirbel.*

Rippenrudimente an ihrer Gelenkverbindung meist deutlich erkennbar.  
Kräftige Rippen am Präzedenzwirbel.

Eine epikritische Sichtung unserer 19 Fälle soll die Dignität dieser einfachen diagnostischen Mittel zeigen und feststellen, ob die prinzipielle Herbeziehung von *Hilfsmethoden*, wie eine *Übersichtsaufnahme* der gesamten Wirbelsäule, oder eine *Myelographie* mit kontrastgebenden oder schattenlichtenden Substanzen zur Lokalisierung eines Bandscheibenvorfalles bei den erschwerenden topographischen Verhältnissen einer Assimilation angezeigt ist.

*Fall 1. V. K. (445/47). Bandscheibenvorfall L 5 li 0,5 cm.*

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels. Schmetterlingsförmige Verbreiterung des Querfortsatzes li, welcher mit dem Keilbeinflügel in gelenkiger Verbindung steht. Der re Querfortsatz ist nur mässig verbreitert, seine Konturen frei begrenzt. Sagittal verlaufende Interartikularlinie re, frontal li. Keine grobe Asymmetrie. Diskete re-konvexe Skoliose.

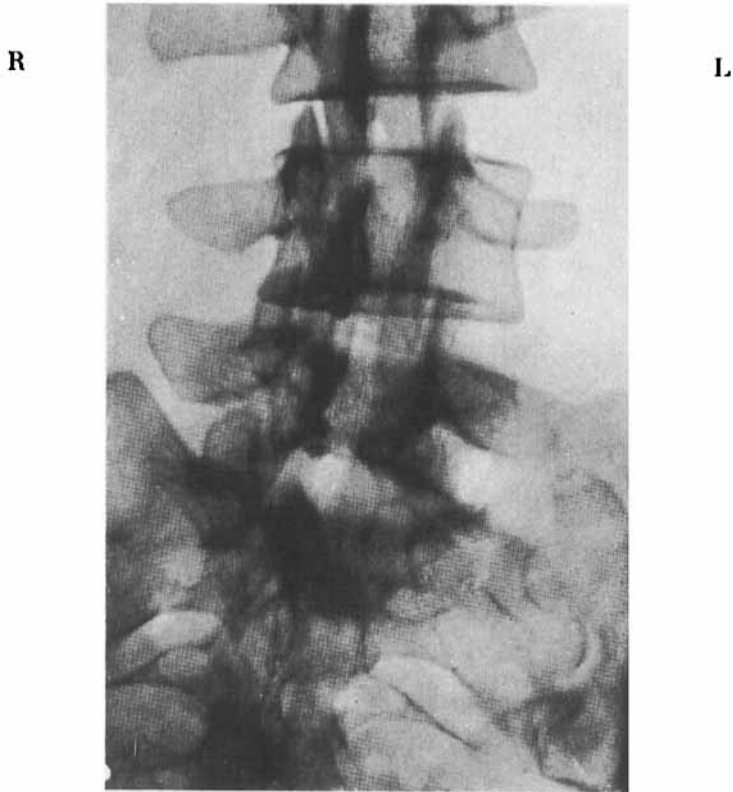
Indizien für L 5: Morphologie des Assimilationswirbels. Grazile, schräg aufwärtsgerichtete Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels. Re-seitige Rippenrudimente entsprechend dem 12. Brustwirbel.

Myelogramm: deutliche Aussparung li im Zwischenwirbelraum oberhalb des Assimilationswirbels.

Neurologisch: Reflexbild unverändert. Uncharakteristische Lokalisation der Schmerzen und der Hypalgesie.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 4 und 5).

Die Luft-Myelographie war in diesem Falle irreführend. Die Exploration des 4. Zwischenwirbelraums liess keinen Bandschei-



*Abb. 4.*

*Myelographische Fehldiagnose.* Der Bandscheibenvorfall wird im 4. Zwischenwirbelraum vorgetäuscht, wo die Operation normale Verhältnisse ergab, während ein Vorfall im lumbosakralen Interstitium gefunden wurde.

benvorfall finden. Dieser war lumbosakral gelegen. Eine Uebersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule hätte bei diesem deut-

lichen Myelographie-Befund und bei dem Fehlen von charakteristischen S 1-Symptomen nicht weitergeführt. — Dieser Fall ist besonders deswegen interessant, weil die Symptome des Bandscheibenvorfalles schon im Alter von 18 Jahren in Erscheinung traten.

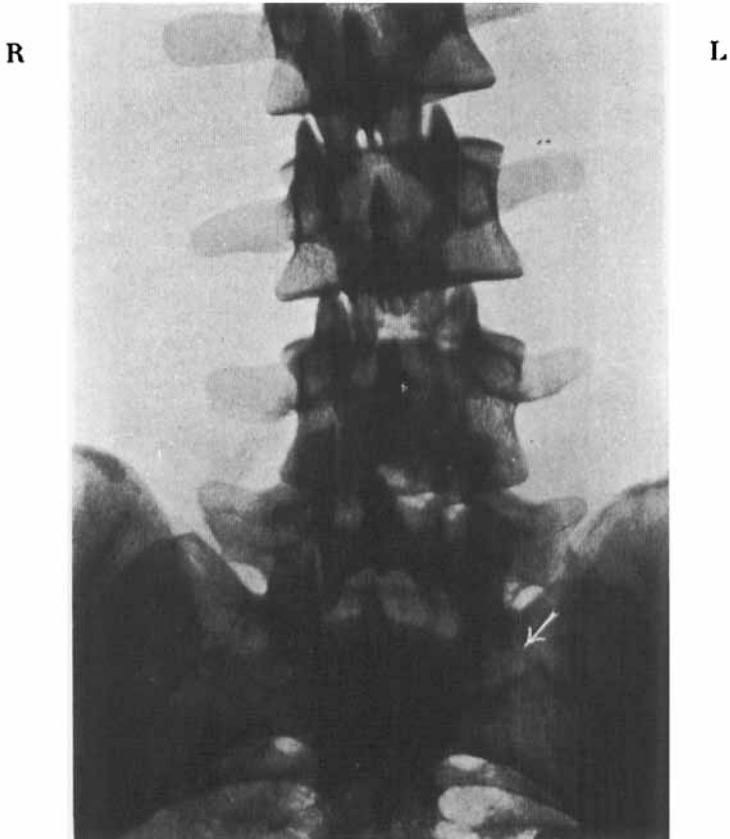


Abb. 5.

Verhältnisse mit *frühzeitigen klinischen Symptomen*: Ischiassyndrom im 18. Altersjahr.

*Fall 2.* St. E. (440/47). Bandscheibenvorfall L 4 li 1,0 cm.

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels. Spina bifida sacralis. Re ist ein mächtig verbreiteter flügelartiger Querfortsatz mit dem Sa-

krum ausgedehnt artikuliert. Auch der li Querfortsatz ist verbreitert, steht aber in keiner direkten Beziehung zu seinen Nachbargebilden. Deutliche Asymmetrie der Intervertebralgelenkflächen.

Indizien für L 5: Morphologische Ähnlichkeit des Wirbelkörpers. Grazeile, steilgerichtet Querfortsätze des Präzeden-Wirbels. Rippenrudimente li entsprechend dem 12. Brustwirbel.

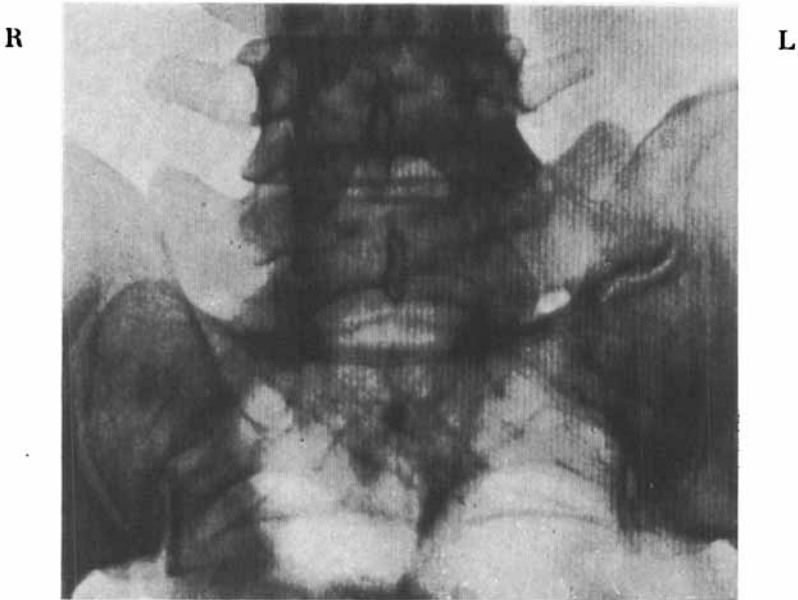


Abb. 6.

An der grazen aufwärtsgerichteten Gestalt der Querfortsätze ist der 4. Lendenwirbel zu erkennen. Das XII. Rippenpaar fehlt.

Myelogramm: Oberhalb des Assimilationswirbels ist li eine deutliche Aussparung zu erkennen.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die li Fersengegend. Objektiv: Parese der Grosszehen-Extensoren.

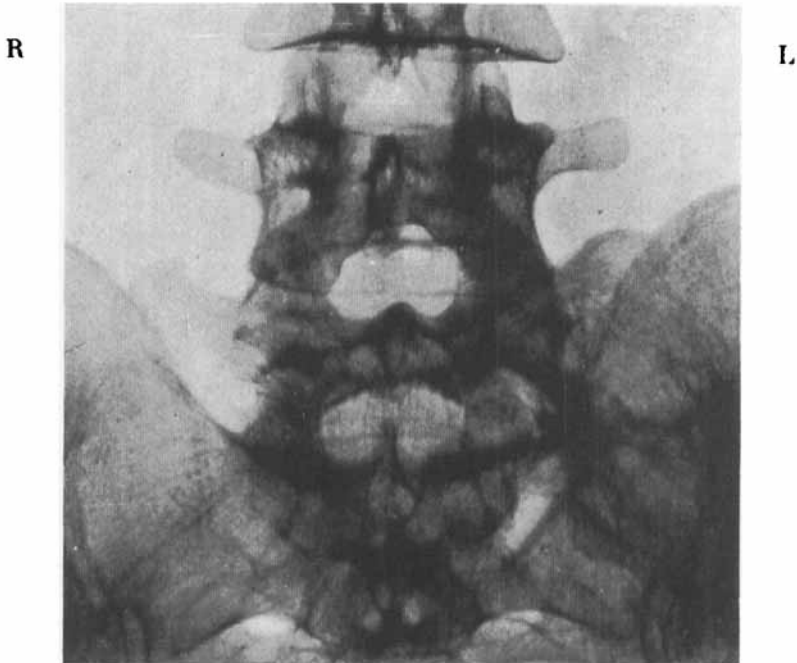
*Besondere Bemerkungen:*

Die Entfernung eines Bandscheibenvorfalles, entsprechend dem Myelographie-Befund war in diesem Falle nicht ganz befriedigend, indem der Patient bei einer Nachuntersuchung noch

Schmerzen hatte, welche an einen weiteren Bandscheibenvorfall im nächsten tieferen Spatium denken liessen.

*Fall 3. L. N. (425/47). Bandscheibenvorfall L 4 li.*

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels. Flügelartig verbreiteter



*Abb. 7.*

Die typische grazile, aufwärtsgerichtete Gestalt der Querfortsätze kennzeichnet den 4. Lendenwirbel ebenso wie die Gelenkfortsätze, welche nahe beisammen bleiben, und die Ebene der Gelenkfacetten, welche rel. sagittal verlaufen. Das XII. Rippenpaar fehlt auch hier.

li Querfortsatz, nearthrotisch mit dem Kellbeinflügel verbunden. Re frei begrenzte Kontur des Querfortsatzes. Die Lumbosakralplatte fällt etwas nach re ab. Interartikularlinie li frontal, re sagittal gerichtet. Sechs Lendenwirbel; am ersten ist ein abortiver Querfortsatz, li deutlicher, als re.

Indizien für L5: Morphologie der Gelenkfortsätze des Präzedenzwirbels. Sehr kräftiges letztes Rippenpaar, entsprechend dem 11. Brustwirbel.

Bestätigung durch Übersichtsaufnahme von 23½ Präsakral-Wirbeln.

Neurologisch: ASR II abgeschwächt. Schmerzausstrahlung in die Ferse.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 6).

In diesem Fall bereiteten die morphologischen Indizien keine besondere topographische Schwierigkeit. Die Beurteilung des lumbosakralen Röntgenbildes wurde durch eine Uebersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule nur bestätigt. Der neurologische Befund sprach in diesem Fall für eine Schädigung der ersten Sakralwurzel. Der Bandscheibenvorfall wurde jedoch im vierten Zwischenwirbelraum gefunden.

*Fall 4.* L. H. (993/46). Bandscheibenvorfall L 4 II. 0,8 cm.

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels. Breite Synostosierung des Querfortsatzes mit dem Keilbeinflügel. Steiler Verlauf der Spongiosabälkchen. Nur mässige Verbreiterung des re Querfortsatzes, welcher frei begrenzt ist. Wirbelkörper leicht nach re abfallend asymmetrisch. — Übersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule fehlt, ebenso wie eine Myelographie.

Indizien für L 5: Morphologie der Gelenkfortsätze und Gelenkebenen entsprechend. Sehr grazile, leicht aufwärtsgerichtete Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels. Sehr kräftiges letztes Rippenpaar entsprechend dem 11. Brustwirbel.

Neurologisch: Schmerzausstrahlungen in die äusseren Zehen. ASR leicht abgeschwächt II, ebenso wie der indirekte Waden-Reflex. Parese der Grosszehen-Extensoren.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 7).

*Fall 5.* F. A. (1047/45). Bandscheibenvorfall L 4 und L 5 re.

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels II. Libellenfigur des II Querfortsatzes, welcher die Darmbeinschaukel gelenkig berührt. Es finden sich sechs Lendenwirbel. Am ersten Lendenwirbel sind keine Rippenrudimente zu erkennen. Beckensteilstand. Verschmälerung der beiden letzten Zwischenwirbelräume.

Indizien für L 5: Morphologische Ähnlichkeit der Struktur des Assimilationswirbels. Grazile, besonders II aufwärtsweisende Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels.

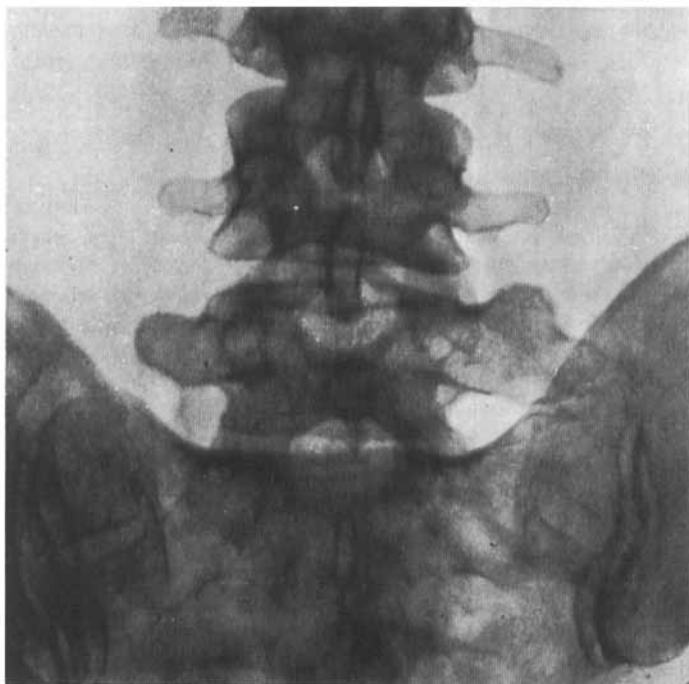
Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die Aussenseite des re Fusses und in die äusseren Zehen. ASR re erloschen. Hypalgesie auf der Vorderseite des re Unterschenkels.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 8).

Die auswärtige Röntgendiagnose lautete: lumbalisierter er-

ster Sakralwirbel. Nach dieser Orientierung wurde zunächst erfolgreich oberhalb des Assimilationswirbels exploriert. Es zeigte sich aber auch im nächsttieferen Zwischenwirbelraum ein ziemlich medial gelegener Prolaps. Nach dem klinischen Befund dürfte es sich dabei in Uebereinstimmung mit unserem obigen

R



L

*Abb. 8.*

Aus der Gestalt der Querfortsätze lässt sich der 4. Lendenwirbel identifizieren.

Röntgenbefund um die 5. Lendenbandscheibe handeln, da eine Schmerzausstrahlung in den Vorderbereich des Unterschenkels nicht durch eine Schädigung der ersten oder gar der zweiten Sakralwurzel zu erklären wäre.

*Fall 6. K. I. (189/47). Bandscheibenvorfall L5 re. 0,4 cm.*

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels. Der re Querfortsatz ist hochgradig dem Kreuzbein angeglichen und steht in anscheinend synosto-

tischer Verbindung mit demselben. Die Spongiosazeichnung verläuft im Berührungsbereich auffallend steil. Starke Asymmetrie der lumbosakralen Abstützflächen mit re-konvexer Skoliose. Die letzte Rippe fehlt auf der re Seite.

Indizien für L5: Grazeile, schrägverlaufende Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels. Li-seitige Rippe, entsprechend dem 12. Brustwirbel.

Neurologisch: Hypalgesie am Fuss-Aussenrand und Schmerzausstrahlung in die Fersengegend. Reflexbild ausser einer fraglichen Abschwächung des re Patellarsehnen-Reflexes o. B.

#### *Besondere Bemerkungen:*

In diesem Fall ist eine re-seitige synostotische Hemisakralisation mit einer homologen Hemilumbalisation des 12. Brustwirbels vergesellschaftet. Die Form des vierten Lendenwirbels und besonders dessen re-seitigen Querfortsatzes ist unberührt, von der ausgedehnten Assimilation quasi übersprungen. (vgl. auch Abb. 3).

*Fall 7. B. R. (485/46). Bandscheibenvorfall L 4 re. 0,7 cm.*

Hemisakralisation des letzten Lendenwirbels re. Stark verbreiteter, schmetterlingsartiger Querfortsatz, dessen Beziehung zu seiner Nachbarschaft nicht einwandfrei erkennbar ist. Deutliche, nach li abfallende Asymmetrie der Lumbosakralplatte. Der li Querfortsatz liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum Keilbeinflügel.

Indizien für L5: Sehr grazeile, stark nach aufwärts gerichtete Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels. Rippenrudimente entsprechend dem 12. Brustwirbel; re kümmerlicher, als li.

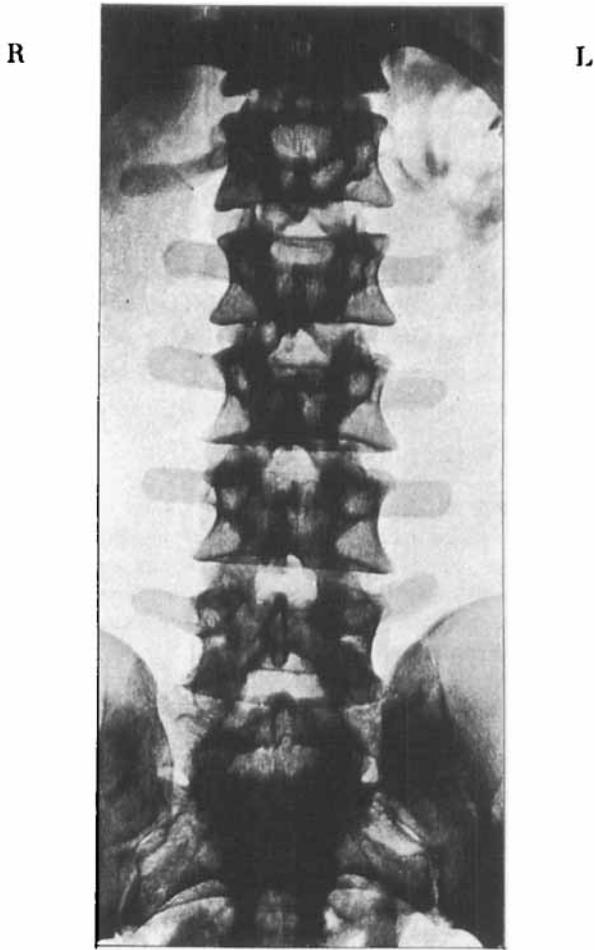
Neurologisch: Hypalgesie an der Aussenseite des re Knies. Nur diskrete Abschwächung des ASR re. Grosszehen-Extensoren re schwächer, als li.

#### *Besondere Bemerkungen:*

Die morphologische Deutung bestätigte sich durch die erfolgreiche Exploration der vierten Lendenbandscheibe entsprechend dem neurologischen Befund.

*Fall 8. N. R. (1108/46). Bandscheibenvorfall L5 li.*

Unvollständige Sakralisation des letzten Lendenwirbels beidseits. Schmetterlingsartige Verbreiterung der Querfortsätze, annähernd symmetrisch. Beidseitige Kalkablagerungen deuten auf einen Kontakt mit den Keilbeinflügeln hin. Leichte Torsion des Assimilationswirbels. Leichte



*Abb. 9.*

**Trotz weitgehender Angleichung des lumbosakralen Übergangswirbels und homologer Assimilation im thorakolumbalen Übergang ist die Eigenart der Querfortsätze des 4. Lendenwirbels beibehalten.**

Skoliose. Verschmälerung des lumbosakralen Zwischenwirbelraums mit Randsklerose und angedeuteten Randwülsten.

Indizien für L 5: Übereinstimmende Morphologie des Wirbelkörpers und seiner Adnexe. Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels sehr schlank und nach aufwärts gerichtet. Gut ausgebildetes zwölftes Rippenpaar.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die li Fersengegend und Aussenseite des Fusses. ASR li erloschen.

#### *Besondere Bemerkungen:*

Dieser Fall bot keine höhendiagnostischen Schwierigkeiten. Die Beziehungen der verbreiterten Querfortsätze zum Sakrum rechtfertigen aber eine besondere Besprechung. Der neurologische Befund ist charakteristisch für eine Schädigung der ersten Sakralwurzel.

*Fall 9.* O. I. (531/46). Bandscheibenvorfall L 4 li. 1,2 cm.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels. Nach re abfallende Asymmetrie des Wirbelkörpers zum Keilbeinflügel. Verschmälerter Zwischenwirbelraum L 4/L 5.

Indizien für L 5: Morphologische Ähnlichkeit des Wirbelkörpers und der Gelenklinien, welche eine leicht frontal aufgedrehte Gelenkebene erkennen lassen. Die Gelenkfortsätze sind gespreizt. Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels sehr grazil und beidseits stark nach aufwärts gerichtet.

Bestätigung durch Übersichtsaufnahme von 23½ Präsakral-Wirbeln.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die Aussenseite des Fusses. Parese der Grosszehen-Extensoren.

#### *Besondere Bemerkungen:*

Auch dieser Fall bot keine besonderen Schwierigkeiten für die Interpretation der fünften Lendenscheibe. Atypisch waren die Schmerzausstrahlungen in die Fussaussenseite.

*Fall 10.* N. K. (695/46). Bandscheibenvorfall L 4 re 1,2 cm.

Sakralisation re überwiegend des letzten Lendenwirbels. Die stark verbreiterten Querfortsätze artikulieren mit dem Keilbeinflügel und mit der Darmbeinschaukel. Die Wirbelkonturen sind ohne grobe Asymmetrie.

Indizien für L 5: Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels auffallend grazil, sehr steil aufwärtsgerichtet. Rippenstummel entsprechend dem 12. Brustwirbel.

Bestätigung durch eine Übersichtsaufnahme von 23½ Präsakral-Wirbeln.

Myelogramm: Aussparung oberhalb des Assimilationswirbels.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung nach dem äusseren Fussrand. ASR re abgeschwächt. Grosszehenparese für die Extension.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 9).

Die morphologischen Kriterien kennzeichnen den Uebergangswirbel als L 5. Das Myelogramm und die operative Exploration ergaben einen Vorfall der 4. Lendenbandscheibe, während der neurologische Befund eher an eine Schädigung der ersten Sakralwurzel denken liess.

*Fall 11.* S. H. (811/47). Bandscheibenvorfall L 5 li. 1,1 cm.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels. Die Querfortsätze sind beidseits mächtig verbreitert; der re artikuliert ausgedehnt mit dem Sakrum. li täuscht eine Schattenüberschneidung einen Kontakt vor. Geringgradige Wirbelkörperasymmetrie nach re. Schwere Spondylose re mit Randsklerose und Osteophytenbildung.

Indizien für S 1: diese lassen sich hier schwer erbringen. Die Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels und des nächsthöher gelegenen sind gleichermaßen grazil und nach aufwärts gerichtet.

Definition durch Übersichtsaufnahme von 24½ Präsakral-Wirbeln.

Myelogramm: Deutliche Aussparung oberhalb des Assimilationswirbels li.

Neurologisch: ASR und indirekter Waden-Reflex li erloschen. Grosszehenparese li.

*Besondere Bemerkungen:* (vgl. Abb. 10).

Trotz des Vorhandenseins eines einwandfreien Myelographie-Befundes wurde primär unrichtig eingegangen. Das zeigt die gelegentlichen Schwierigkeiten, welche sich dem Operateur bei solchen Fällen bieten, und bestätigt den nur relativen Wert des Röntgen-Befundes. Der neurologische Befund sprach im Sinne eines S 1-Syndroms. — Nach unbefriedigender primärer Exploration wurde im nächsthöheren Spatium ein grosser Bandscheibenvorfall gefunden.

*Fall 12.* A. F. (648/47). Bandscheibenvorfall L 5 li. 0,7 cm.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels li überwiegend. Weitgehende Angleichung an die Morphologie des Kreuzbeins mit li ausgedehnter Synostosierung und nahezu longitudinal verlaufender Spongiosazeichnung.

Keine wesentliche Asymmetrie der Tragflächen. Re nearthrotische Verbindung des verbreiterten Querfortsatzes mit dem Keilbeinflügel. Beckensteilstand. Angedeutetes doppeltes Promontorium, dessen wesentliche Knickung im tieferen Segment liegt. Diskrete li-konvexe Skoliose. Eine Übersichtsaufnahme fehlt.

Indizien für L5: Schlankere Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels,

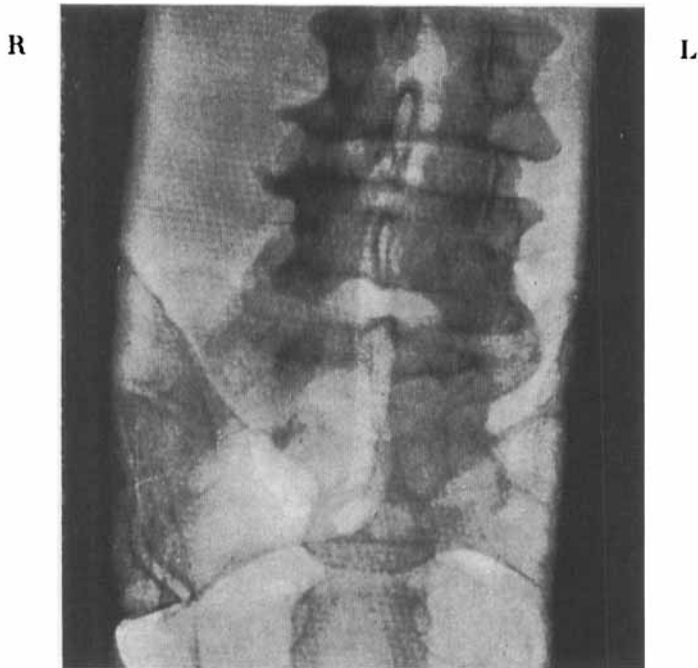


Abb. 10.

Trotz eines Myelogramms wurde bei diesem Fall primär unrichtig exploriert, womit die praktischen Schwierigkeiten selbst für einen geübten Bandscheiben-Operator gezeigt werden sollen.

welche leicht nach aufwärts gerichtet sind. Deutlicher Rippenstummel li entsprechend dem 12. Brustwirbel. Rippenrudiment re.

Neurologisch: Ausstrahlende Schmerzen in die äussere Wade und in die Ferse. Parese der Grosszehen-Extensoren. Reflexbild o. B.

*Fall 13.* L. P. (923/47). Bandscheibenvorfall L4 re. 1,8 ccm.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels. Die Querfortsätze sind mächtig verbreitert, re anscheinend synostotisch, li gelenkig mit dem Keilbein-

flügel verbunden. Keine wesentliche Asymmetrie der Tragflächen. Spina bifida.

Indizien für L 5: Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels bedeutend zarter und steiler, als die übrigen. Rippenrudimente entsprechend dem 12. Brustwirbel, re kümmerlicher, als li.

Bestätigung durch Übersichtsaufnahme von 23½ Präsakralwirbeln.

Myelogramm: Luftausparung oberhalb des Assimilationswirbels.

Neurologisch: Diskrete Abschwächung des ASR re und der Grosszehen-Extensoren. Hypästhesie im äusseren Fussbereich.

*Besondere Bemerkungen:*

Die morphologischen Verhältnisse boten keine Deutungsschwierigkeiten. Das Myelogramm und die darauffolgende Exploration ergaben einen Bandscheibenvorfall oberhalb des Assimilations-Wirbels, also der vierten Lendenbandscheibe während das S 1-Syndrom ziemlich ausgesprochen war.

*Fall 14.* H. T. (1370/46). Bandscheibenvorfall L 5 li.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels bds. Breite Nearthrosenbildung gegenüber dem Keilbein. Li. starke periarthrotische Strukturverdichtung. Die flügelartige Entfaltung des Querfortsatzes ist besonders li mächtig. Der nächsthöhere Querfortsatz ist abortiv und stark aufgerichtet.

Indizien für L 5: Zarte Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels. Rippenrudimente bds. entsprechend dem 12. Brustwirbel.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die beiden äusseren Zehen Hypalgesie auf dem Fussrücken. Reflexbild o. B. Parese der Grosszehen-Extensoren li.

*Besondere Bemerkungen:*

Eine Exploration im vierten Zwischenwirbelraum, d.h. oberhalb des Assimilations-Wirbels, blieb negativ. Die Schmerzlokalisierung wurde als Indizium der lumbosakralen Bandscheibe bestätigt, welche unterhalb des Assimilations-Wirbels prolabierte war. Die Wirbel-Interpretation war auch ohne Übersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule richtig. Atypisch war die Hypalgesie auf dem Fussrücken.

*Fall 15.* Ö. K. (1192/46). Bandscheibenvorfall L 5 re, 2,0 ccm.

Sakralisation des letzten Lendenwirbels. Weitgehende Angleichung

desselben an das Kreuzbein mit bds. ausgedehnter Artikulation der flügelartig verbreiterten Querfortsätze. Re-seitiges Überwiegen der Asymmetrie. Ebene der Zwischenwirbelgelenke atypisch.

Indizien für L 5: Anzahl der Lendenwirbel bei deutlich ausgebildetem letzten Rippenpaar, das re etwas zurücksteht. Etwas schlankere, stellgerichtete Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels.

Bestätigung durch Übersichtsaufnahme von 23½ Präsacral-Wirbeln.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in den Aussenrand des Fusses. Reflexbild o. B. Parese der Grosszehen-Extensoren re.

#### *Besondere Bemerkungen:*

Die Assimilation greift in diesem Falle auf die Gestaltung des Präsakral-Wirbels über, welcher angedeutete Schmetterlingsfigur annimmt.

*Fall 16.* H. K. (207/46). Bandscheibenvorfall L 5 re. 0,7 cm.

Ungewöhnliche Sakralisation des 5. Lendenwirbels Aussehen eines ersten Sakralwirbels mit flügelartig verbreiterten Querfortsätzen, welche besonders re mit kaudal-konvexer Gelenklinie artikulieren. Keine wesentliche Asymmetrie der Tragflächen. Annähernde Obliteration der lumbosakralen Zwischenwirbelgelenke mit Spuren senkrecht verlaufender Gelenklinien. Am Präzedenz-Wirbel etwas kräftigere Querfortsätze, als an den höhergelegenen Wirbeln.

Indizien für L 5: Rippenrudimente entsprechend dem 12. Brustwirbel. Gelenkfortsätze des Präzedenz-Wirbels entsprechend dem vierten Lendenwirbel.

Bestätigung durch Übersichtsaufnahme von 23½ Präsacral-Wirbeln.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die Ferse und gegen die Fusssohle. ASR re deutlich abgeschwächt, ebenso wie indirekter Waden-Reflex re.

#### *Besondere Bemerkungen:*

In diesem Falle hatte die Operation aussergewöhnlich tief zu erfolgen. Ein Bandscheibenvorfall wurde im Spatium kaudal des Assimilations-Wirbels gefunden, nachdem das nächsthöhere Spatium erfolglos exploriert worden war. Trotz der Vermutung, dass der Assimilations-Wirbel L 5 entspricht, schien ein Prolaps so tief im Sakralmassiv unwahrscheinlich. Ein Luft-Myelogramm ist in einem solchen Falle oft negativ. Eine Exploration der vierten Bandscheibe war wegen ihrer, in diesem Fall unphysiologischen, funktionellen Belastung gerechtfertigt.

*Fall 17.* S. B. (663/46). Bandscheibenvorfall L5 re. 0,5 cm.

Ungewöhnliche Assimilationsform. Schwere Asymmetrie des lumbosakralen Übergangswirbels. Schaltwirbelbildung und Spina bifida. Mächtige Verbreiterung des Keilbeinflügels li. Freie Begrenzung des re Querfortsatzes. An dem Präzedenz-Wirbel bds. zarte, nach oben ausgezogene Querfortsätze, besonders li. Dieser Wirbel ist re bedeutend mächtiger, als li. Zwischenwirbelgelenksebene sagittal re, frontal li.

Übersichtsaufnahme: Nach der Gesamtzahl der Präsakral-Wirbel liegt ein abortiver Schaltwirbel vor.

Neurologisch: Reflexbild o. B. Schmerzausstrahlung auf den Fussrist. Parese der Grosszehen-Extensoren re.

*Besondere Bemerkungen:*

Die lumbosakrale Dysplasie ist so atypisch, dass eine Identifizierung nicht möglich ist. Die morphologische Ähnlichkeit lässt einen fünften Lendenwirbel auf dem dysplastischen Sakrum annehmen. Die nächsthöheren Querfortsätze sind gleichfalls ausgezogen und schräg nach aufwärts gerichtet. Rippenrudimente entsprechend dem 12. Brustwirbel. Diese Verhältnisse wurden durch eine Übersichtsaufnahme von 24 Präsakral-Wirbeln bestätigt.

*Fall 18.* J. I. (269/47). Bandscheibenvorfall L5 re. 1,2 cm.

Hemilumbalisation re mit breitbasiger Synostosierung gegenüber dem Keilbeinflügel und dem Darmbein. Li schmetterlingflügelartig verbreiteter Querfortsatz mit freier Konturbegrenzung.

Indizien für S1: Querfortsatz des Präzedenz-Wirbels besonders re kräftiger, als die übrigen. Letztes Rippenpaar entsprechend dem 12. Brustwirbel.

Bestätigung durch Aufnahme von 24½ Präsakral-Wirbeln.

Myelogramm: deutliche Aussparung re im Interstitium oberhalb dieses Wirbels.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die Ferse. ASR re deutlich abgeschwächt. Sonst o. B.

*Besondere Bemerkungen:*

In diesem Fall was das S 1-Syndrom deutlich. Das Myelogramm ergab eine einwandfreie Lokalisierung des Bandscheibenvorfalles. Die Übersichtsaufnahme hatte lediglich die Kriterien zu bestätigen.

Fall 19. B. P. (514/45). Bandscheibenvorfall L 4 II. 0,4 ccm.

Lumbalisation II überwiegend. Spina bifida vom fünften Lendenwirbel, am Sakrum und am 12. Brustwirbel. Der Assimilationswirbel hat im wesentlichen die Form eines ersten Sakralwirbels beibehalten, sich aber strukturell vom Kreuzbein gelöst, besonders II. Der Querfortsatz steht II etwas höher, als re. Die Querfortsätze des Präzedenz-Wirbels sind auffallend grazil und hochgerichtet.

Indizien für S I: Morphologische Ähnlichkeit. Anzahl der Lendenwirbel bei unauffälligem Thorakolumbalübergang.

Neurologisch: Schmerzausstrahlung in die Aussenseite des II Oberschenkels; sonst o. B.

*Besondere Bemerkungen:*

In diesem Fall ist die Assimilation besonders am fünften Lendenwirbel auffällig. Dieser hat das Aussehen eines vierten Lendenwirbels angenommen. Die übrigen Kriterien erlaubten aber die richtige Exploration auch ohne eine Übersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule.

---

Die Durchsicht unserer 19 Fälle erlaubt zwar wegen der kleinen Zahl keine statistische Erfassung, gestattet aber den Einblick in die erschwerten Verhältnisse bei einer Sakralisation. Die *neurologischen Indizien* sind vielfach ungenügend: Die Schmerzausstrahlungen wurden sieben mal in der Ferse oder in den äusseren Zehen verspürt bei einem Vorfall der 4. Lendenbandscheibe; zweimal auf dem Fussrücken bei einer Kompression der 1. Sakralwurzel. Der Achillessehnen-Reflex (ASR) war sechsmal bei einem Bandscheibenvorfall von L 4 abgeschwächt, oder erloschen. Viermal wurde eine Parese der Grosszehenextensoren bei einem lumbosakralen Vorfall festgestellt. Zweimal waren die subjektiven und objektiven Erhebungen nicht ausreichend.

Eine Gegenüberstellung dieser Angaben mit denjenigen der Literatur ergibt innerhalb der weiten Amplitude eine gute Übereinstimmung.

Nach Barr (1946) haben die neurologischen Kriterien nur bei 50 % der Fälle einen diagnostischen Wert; nach Burns und Young nur bei 61 %.

Schmerzausstrahlungen fehlen bei 50 % (*Mc Craig und Walsh*), bei 70 % (*Krayenbühl und Weber*).

Der Achillessehnen-Reflex fehlt auch beim L5-Syndrom, oder ist abgeschwächt bei 33 % (*Burns und Young*), bei ungefähr 33 % (*Krayenbühl*) 55 % (*Freiberg*), 63 % (*Mc Craig und Walsh*). — Der Achillessehnen-Reflex ist beim S1-Syndrom normal bei 18 % (*Freiberg*), 20 % (*Krayenbühl*), 32 % (*Mc Craig und Walsh*), 39 % (*Burns und Young*).

Die Hypalgesie fehlt beim L5-Syndrom bei 70 % (*Burns und Young*), beim S1-Syndrom bei 58 % (*Burns und Young*).

Die motorischen Paresen der Extensoren haben nach *Hiller, Krayenbühl* u. a. keinen lokalisatorischen Wert, da ihre Innervation durch die beiden in Frage kommenden Wurzeln gemeinsam erfolgt.

Die erwähnte Insuffizienz der neurologischen Indizien gestattet uns nur bei der Hälfte unserer Fälle eine experimentelle Bestätigung unserer morphologischen Segmentbestimmung. Letztere ist anhand eines Röntgenbildes der Lendenwirbelsäule in der Regel möglich, und nur bei zwei Fällen mit atypischen Verhältnissen erwies sich eine Übersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule als bereichernd, während dieselbe bei acht weiteren Fällen unsere dargelegten Kriterien nur bestätigen konnte. Die Unsicherheit der neurologischen Kriterien nimmt dieser unwesentlichen Bereicherung unserer morphologischen Beurteilung den praktischen Wert. Eine *Übersichtsaufnahme* verliert besonders dann ihre Dignität, wenn ein deutlicher *Myelographiebefund* vorliegt, welcher — im Gegensatz zu jener — in sich selbst die Relation der Sakralisation zur Lage des Bandscheibenvorfalles aufzeigt. Die zusätzliche Traumatisierung des Patienten mit gelegentlich unliebsamen Folgeerscheinungen liess uns mehr und mehr Abstand nehmen von der Einführung kontrastgebender Substanzen in den Subarachnoidalraum. Die an sich harmlosere *Luft-Myelographie* erweist sich an unserem vorliegenden Material von geringem Wert. Sie gelangte bei sechs Fällen zur Anwendung. Einmal veranlasste sie eine falsche Exploration und zwar in einem zu hohen Spatium (Fall 1), und ein anderes Mal wurde trotz einwandfreier Schattenausparung ein Spatium zu tief exploriert (Fall 11). Bei einem weiteren Fall gab man sich mit einer erfolgreichen Exploration der 4. Bandscheibe zufrieden (Fall 2), während p. o. weiterbestehende

Schmerzen den Verdacht auf eine lumbosakrale Schädigung lenkten.

Als allgemeine Richtlinien des praktischen Vorgehens ist demnach Folgendes zu sagen: Die morphologische Definition einer Sakralisation ist anhand einer *Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule* in den meisten Fällen möglich. Eine ergänzende Übersichtsaufnahme der gesamten Wirbelsäule ist nur bei atypischen Assimilationsbildern und beim Vorliegen eines einwandfreien L 5-, oder S 1-Syndroms angezeigt. In den übrigen Fällen kommt ihr nur das doktrinäre Interesse zu. Die Diagnose kann heute mit klinischen Kriterien gestellt werden. Wichtig ist eine exakte und möglichst vielseitige neurologische Untersuchung. Eine Luft-Myelographie ist besonders bei lumbosakralen Prolapsen unzuverlässig. Schattengebende Kontrastmittel sind nicht immer einwandfrei für die Höhenlokalisation verwertbar, besonders nicht bei lateral gelegenen Prolapsen. Sie sind zudem nicht indifferent; das gilt auch für die wasserlöslichen, der Abrodilgruppe. Eine *zusätzliche Bandscheibeneexploration* ist im Fall einer lumbosakralen Wirbelvariante prinzipiell indiziert, aber in der Regel entbehrlich. Nach der hier üblichen Operationstechnik des lateralen Eingehens unter Schonung der Dornfortsätze und der Wirbelbogen ist die Defektsetzung sehr gering. Im Zweifelsfall lassen sich die Verhältnisse ausserdem präoperativ mittels der erwähnten transeaudalen Diskuspunktion darstellen.

Eine vertiefte Berücksichtigung dieser Verhältnisse mag weitere Bereicherungen der Bandscheibenpathologie bringen.

### ZUSAMMENFASSUNG

Eine Durchsicht der Röntgenbilder von 124 Patienten mit bestätigtem und erfolgreich behandeltem Bandscheibenvorfall ergab das gleichzeitige Bestehen einer Sakralisation bei 15,3 % gegenüber einem allgemeinen Vorkommen derselben von nur 5—6 %. Massgebend ist ein deutlicher Kontakt des Querfortsatzes mit dem Keilbeinflügel oder mit der Darmbeinschaukel. — Ein Einblick in die Literatur ergibt, dass der Begriff *Sakra-*

*lisationsischias* durch keine der vielen Theorien überzeugend erklärt werden konnte. Ihre Symptomatologie und die Häufigkeit ihres Vorkommens bei der Sakralisation wird als Ausdruck eines *Bandscheibenvorfalles* erklärt. — Lumbosakrale Skelettvarianten spielen für das Zustandekommen eines Bandscheibenvorfalles wahrscheinlich eine Rolle. Die weit häufigere homolaterale Lage des Bandscheibenvorfalles zur Sakralisation wird als »*Malm-Effekt*« gedeutet, während bei den einzigen zwei kontralateralen Fällen ein besonders langer Querfortsatz einen Dehnungsschaden zu begünstigen scheint. Wahrscheinlich besteht eine *syngenetische Minderwertigkeit* der Gewebsstruktur am Lamellenring. Darauf deuten komplexe Fehlbildungen im Verein mit der Sakralisation. Unfallsmässigen Auslösungsmomenten scheint keine wesentliche Rolle zuzukommen.

Anhand der entsprechenden röntgenologischen und neurologischen Indizien werden die Grenzen der klinischen Segmentbewertung vor einer Operation des Bandscheibenvorfalles bei bestehender Sakralisation aufgezeigt. *Hilfsmethoden*, wie eine Übersichtsaufnahme sämtlicher Präsakralwirbel, oder eine Luft-Myelographie bringen bei einer Sakralisation selten einen lokalisatorischen Gewinn, wenn die morphologischen und klinischen Indizien, — welche nach besonderen Gesichtspunkten zusammengestellt werden —, in erschöpfender Vielzahl Berücksichtigung finden. Schliesslich wird noch auf die transcaudale Bandscheibenpunktion hingewiesen.

#### SUMMARY

A study of the radiographs of 124 cases of prolapsed intervertebral disc, confirmed at operation and with good results, showed that sacralisation was present in 15.3 % of the cases, compared with a general incidence of 5.6 %. Definite contact with the wing of the sacrum or the ilium is a deciding factor. Study of the literature shows that none of the many theories explain the term "sacralisation sciatica" convincingly. Its symptomatology and the frequent appearance of sciatica with sacralisation must be explained as a disc prolapse. Variations of the

lumbosacral skeleton presumably play some part in the occurrence of disc-prolapse. The fact that prolapse is far more frequently on the same side as the sacralisation is interpreted as a "Malm-Effekt", while in the 2 cases where the prolapse was on the opposite side there was a specially long transverse process which seemed to suggest strain. Presumably there is a tissue susceptibility of the lamellae of the disc as is suggested by the complex malformations in connection with sacralisation. Injuries do not appear to have any important part as precipitating factors.

The use of radiographic and neurological signs for clinical diagnosis of the segment involved before operation, is limited in the presence of sacralisation. Other diagnostic aids, such as a survey of all the presacral vertebrae or air myelography, is rarely of any help in localisation with sacralisation, when all the possible morphological and clinical indications are viewed together from various viewpoints. In conclusion trancaudal disc puncture is discussed.

#### RESUME

A l'examen de radiographies de 124 malades souffrant de prolapsus de disque intervertébral confirmé et traité avec succès, on a trouvé qu'il existait simultanément une sacralisation dans 15,3 % des cas, alors qu'en général on ne la constate que dans 5 à 6 % des cas. Le point décisif, c'est qu'il y a un contact apparent entre le sacrum et l'os iliaque. En étudiant la littérature publiée sur la question, on constate que la notion « sciatique de sacralisation » ne peut être expliquée d'une manière convaincante par aucune des nombreuses théories avancées. Sa symptomatologie et sa fréquence en même temps que la sacralisation doivent être expliquées comme la manifestation d'un prolapsus de disque. Les variantes squelettiques lombo-sacrées jouent vraisemblablement un rôle pour l'apparition du prolapsus de disque. La position homolatérale très fréquente du prolapsus du disque par rapport à la sacralisation est interprétée comme un « malm-effekt » tandis qu'une apophyse transverse très longue

semble favoriser une extension dans les deux seuls cas contralatéraux. Il est probable qu'il y a une infériorité syngénétique de la structure du tissu des lamelles du disque. C'est ce que semblent indiquer les malformations complexes constatées simultanément avec la sacralisation. Les accidents ne semblent pas jouer de rôle essentiel comme facteurs causateurs.

Sur la base d'indices radiologiques et neurologiques, on établit des limites de l'estimation clinique du segment avant l'opération pour prolapsus de disque lorsqu'il y a sacralisation. Les moyens auxiliaires tels que la radiographie de toutes les vertèbres présacrées ou la myélographie donnent rarement des avantages au point de vue localisation, lorsqu'il y a sacralisation, si l'on tient compte du plus grand nombre possible d'indices morphologiques et cliniques, étudiés d'après des points de vue spéciaux. Il est finalement renvoyé à la ponction transcaudale du disque.

#### AUTOREN-NACHWEIS

- Alessandri*: Sopra un caso di sacralizzazione del V. metamero lumb. con paralisi. Riv. clin. med. Nr. 3 (1927), Ref. Morgagni.
- Badgley*: J. of Bone & Joint Surg. 23 (1941) Nr. 2.
- Barr*: J. of Bone & Joint Surg. 29 (1947) 429.  
— (s. auch Mixter & B.).
- Bellrose*: Low back pain b. lumbosacr. abnormalities. New York Orthop. Hosp. Vermont State Med. Soc. 4.10.1934.
- Benassi*: Sacralizzat. & pseudosacr. de la V. ème vért. lomb. Chir. org. movim. Vol. 7, F. 1 (1923).
- Bertolotti*: La Riforma Medica 1916; Radiolog. Med. Mai 1917.
- Blumensaat & Clasing*: Anatomie u. Klinik d. lumbosacr. Uebergangswirbel. Erg. d. Chir. u. Orthop. 25 (1932) 1—59.
- Böhming*: (s. Uebermuth & B.).
- Brailsford*: (s. Junghanns S. 261).
- Burns & Young*: Orthop. Congr. Brussels 3.10.1946.
- Clasing*: (s. Blumensaat & C.).
- Danforth & Wilson*: The anatomy of the lumbosacr. region in relation to sciatic pain. J. of Bone & Joint Surg. 7, Nr. 1 (1925) 109.
- Farrell & McCracken*: Spine fusion for protrud. intervert. discs. New York Orthop. Dispens. & Hospit.
- Flipo*: (s. Mauclair & F.).
- Fick*: Anatomie u. Mechanik d. Gelenke. G. Fischer, Jena 1. Bd., 1904.

- Friberg*: Low-back & sciatic pain. Stockholm 1941.  
 — Protruding disc. in the lumbar region. Acta Orthop. Scand. Vol. 11 (1940) 138—149.
- Giles*: (s. Junghanns S. 261).
- Goljanitzki*: (s. Junghanns S. 261).
- Graf*: Zur chirurg. Behandlung d. Sakralis. d. 5. Lenden-Ws. Zbl. Chir. 60 (1933) 721—728.
- Gray*: Anatomy Longmans Green, London (1909) 191.
- Heise*: (s. Junghanns S. 261).
- Hibbs & Swift*: Develop. abnormalit. at the lumbosacr. junct. causing pain & disability. Surg. & Gynec. 48 (1929) 604—642.
- Hiller*: (s. Krayenbühl).
- Hirsch*: Fortschr. Röntgenstr. 44, H. 2 (1931).
- Huc*: Traité de Chir. Orthop. Ombrédanne & Mathieu. Tome 2 (1937). Masson, Paris, 1499—1511.
- Hueck & Heise*: (s. Junghanns S. 261).
- Ikljaracik*: (s. Junghanns S. 261).
- Imbert*: (s. Blumensaat S. 22; Junghanns S. 261).
- Inman & Saunders*: Patholog. of the intervert. disc. Arch. of Surg. Nr. 3 (1940) 489.
- Ingebrigtsen*: Sakralisat. d. 5. Lenden-Ws. Zbl. f. Chir. Nr. 20 (1928) 1246.  
 — Unspez. Affekt. d. Lumbosakralgend. Zbl. f. Chir. Nr. 29 (1938).
- Junghanns*: Die anatom. Besonderh. d. 5. Lenden-Ws. u. d. letzten Lendenbandscheibe. Arch. Orthop. u. Unf. Chir. 33 (1933) 260—278.  
 — (s. Schmorl & J.).
- Krayenbühl & Weber*: Ergebnisse u. Spätresult. d. operativ. Behandl. lumb. Diskushernien. Aerztliche Monatsh. Nr. 1 (1945) 20—39.
- Küttner*: (s. Schüller).
- Le Double*: Traité d. variations de la colonne vert. de l'homme. Paris. Viget frères (1912).
- Lennerz*: Unregelmässige Verknöcherung i. unt. Wirbels.-abschn. u. ihre prakt. Bedeutung f. d. Pathogen. d. Kreuzschmerzes. Röntg.-praxis Bd. 1, Nr. 10 (1938) 598—602.
- Léri*: Les affections de la colonne vert. Masson, Paris 1926.  
 — Le syndrome de la lombalisation douloureuse. Presse méd. No. 102 (1925) 1681—1684.
- Lindblom*: Diagnostic puncture of intervertebral discs in Sciatica. Acta Orthop. Scand. Vol. XVII Fasc. -4 (1948) 231. 239.
- Lindstedt*: A contribution to our knowledge on the pathol. of the lumbago. Acta Med. Scand. Suppl. 3, 245.
- Lübke*: (s. Junghanns S. 261).
- Maucclair & Flipo*: Sacr. de la V. ème vert. lomb. Soc. Anatom. No. 8—9 (1922) 387.
- Meyer-Burgdorff*: (s. Junghanns S. 261).

- Mixter & Barr*: (s. Friberg 1941).
- Moore*: Sacralisat. of the fifth lumbar vert. J. of Bone & Joint Surg. 7, Nr. 2 (1925) 271—274.
- O'Reilly*: Malformation of the lower spine. J. of Bone & Joint Surg. 7, Nr. 4 (1925) 997—1006.
- Phaesant & Swenson*: The lumbosacr. region. A correlat. of the roentg. & anatom. observat. J. of Bone & Joint Surg. 24 (1942) 299.
- Piersol*: Human Anatomy. Lippincott 1907.
- Remark*: (s. Danforth & Wilson).
- Roccavilla*: Les Syndromes nerveux liés aux hétéromorphismes de la vertèbre sacrée. Rev. neurol. Nr. 1 (1921) 39—54.
- Rossi*: (s. Junghanns S. 261).
- Sachs*: (s. Junghanns S. 261).
- Saunders & Inman*: Pathology of the intervert. disc. Arch. of Surg. 40, Nr. 3 (1940) 375—388.
- Schiassi*: Syndrome nerveux par anomalie squelettique. Chir. Org. Movim. 1921, 299.
- Schmorl & Junghanns*: La colonne vertébrale saine et malade aux rayons. X. — G. Thieme, Leipzig 1932.
- Schüller*: Die Sakralisation d. 5. Lenden-Ws. mit besond. Berücksichtig. ihrer klin. Bewertung. Beitr. z. klin. Chir. 131 (1924) 281—300.
- Swift*: (s. Hibbs & S.).
- Turner*: (s. Junghanns S. 261).
- Uebermuth & Boehming*: (s. Fick: Anatomie u. Mechanik d. Gelenke).
- Vasiljeva*: (s. Junghanns S. 261).
- Wagner*: Congenital defects of the lumbosacr. joints with assoc. nerve symptoms. Amer. J. of Surg. 27 (1935) 311—327.
- Weber*: (s. Kraysenbühl & W.).
- Wiberg*: Uppsala Läkarefören. förhandl. 48, 1943.
- Willis*: Anatom. variations & roentg. appear. of the low-back in relation to sciatic pain. J. of Bone & Joint Surg. 23 (1941) 410—416.
- Wilson*: (s. Danforth & W.).
- Young*: Protrusion of the intervert. disc. Proc. of the Royal Soc. of Med. 9 (1941) 233.
- Zur Verth*: (s. Hinz: Zur klin. Bedeutung d. Sakralis. u. Lumbalis. d. 5. Lenden-Ws. Diss. Berlin 1934, Prof. Gocht).