

Anomale Wurzelabgänge im lumbosacralen Bereich und ihre klinische Bedeutung

A. L. Agnoli

Neuroradiologische Abteilung II (Leiter: Dr. A. L. Agnoli)
der Neurochirurgischen Universitätsklinik Gießen (Direktor: Prof. Dr. H. W. Pia)

Eingegangen am 10. Februar 1975

Anomalies of the Pattern of Lumbosacral Nerve Roots and Its Clinical Significance

Summary. Twenty personal observations and 18 cases collected from the literature are analysed. The most frequently encountered anomaly were: common dural origin of 2 nerve roots and common exit of 2 nerve roots through the intervertebral foramen. Other anomalies comprised: interradicular connections and Y-shaped or horizontal course of the nerve root. Multiple anomalies were not encountered. In 9 out of 20 patients in the own series and in 6 out of 18 patients reported in the literature, history and clinical findings suggested prolapsed intervertebral disc, operation revealed only nerve root anomalies. Decompression produced improvement or complete relieve of previously existing signs and symptoms.

Preoperative diagnosis on hand of history, neurological signs and plain X-rays is not possible. The diagnosis is based on myelographic findings.

The pathogenesis of the anomalies is discussed. It is suggested that they should not be considered as a causative factor of low back pain or sciatica.

Key words: Sciatic pain — Radicular anomalies — Lumbar pain.

Zusammenfassung. An Hand von 20 eigenen und 18 aus der Literatur bearbeiteten Fälle wurde versucht, die evtl. klinische Bedeutung der Wurzelabgangs anomalie im lumbosacralen Bereich zu analysieren.

Ein gemeinsamer Wurzelabgang, der gemeinsame Austritt zweier Wurzeln durch das Foramen intervertebrale sind die meist vorkommenden Anomalien. Viel seltener ist ein Y-förmiger, horizontaler Verlauf oder eine interradiculäre Verbindung. Multiple Wurzelanomalien treten auch auf.

Aus dem eigenen Patientengut fanden sich 9 und aus der Literatur 6 Fälle, bei denen klinisch und anamnestisch an einen Bandscheibenprolaps gedacht werden mußte. Die Operation zeigte lediglich die Wurzelanomalie. Die Entlastung erbrachte eine Besserung oder ein völliges Nachlassen der Beschwerden.

Die präoperative Diagnose ist weder aus der Anamnese noch aus dem neurologischen Befund oder durch die Nativaufnahmen möglich. Lediglich die Myelographie mit wasserlöslichen Kontrastmitteln ohne Anaesthetie erlaubt evtl. eine präoperative Verdachtsdiagnose.

Die Pathogenese wird diskutiert. Es wird die Auffassung vertreten, daß die Wurzelanomalie allein nicht Ursache von Lumbalgie und Ischialgie sein kann.

Einleitung

Überwiegende Ursache des Ischiassyndroms mit radikulären Ausfällen ist der Bandscheibenprolaps [32].

Klinischer Verlauf, neurologische Untersuchung und myelographischer Befund sichern die Diagnose und indizieren die operative Dekompression. Allerdings finden sich manchmal bei der Operation — an Stelle des erwarteten Bandscheibenprolapses — andere zur Kompression führende Veränderungen, deren Ätiologie und Pathogenese schwer einzureihen sind.

In der normalen Entwicklung des Skelettsystems, Spinalkanals und seiner Hülle können während der embryonalen Zeit verschiedenartige Störungen auftreten. Diese kongenitalen Fehlbildungen verursachen häufig, ihrer Art, Ausdehnungen und ihrem Ausmaß entsprechend, neurologische Ausfallserscheinungen.

Der caudale Abschnitt des Durasackes muß dem Conus medullaris bei seinem Zurückweichen in cranialer Richtung folgen [18]. Eine fehlende Trennung des ektodermalen Gewebes vom mesodermalen Gewebe mit entsprechender Behinderung der cranialen Migration des Rückenmarkes [24], die verschiedenen Grade von Überstreckung des Spinalrohres während des embryonalen Lebens [10] können Ursache spinaler Dysrhaplien sein [19].

Bei den Anomalien, die von den schwersten Mißbildungen bis zu den einfachsten Formen von Fehlbildungen reichen, handelt es sich um eine Kette, die mit ausgeprägter oder fehlender Symptomatik einhergehen kann. Gerade die leichten Anomalien nehmen als letztes Glied der Kette eine besondere Stellung ein, da ihre klinische Bedeutung nicht leicht zu interpretieren ist.

Gelegentlich ist nicht einmal die Entscheidung einfach, ob diese Anomalien als kongenital anzusehen oder als Abweichung zu einem späteren Zeitpunkt, z. B. postnatal, bei einer fehlerhaften Anlage entstanden sind. Das gilt für die sogenannten Wurzelscheidenenerweiterungen [2, 23, 25, 30, 38, 39] sowie für die zu breite Cauda [16, 17], die zum erstenmal von Pia [31] als Megacauda bezeichnet wurde. Bei diesen Anomalien soll die Liquorresorption gestört sein [15].

Unbeschadet ihrer Ätiologie stellen die Anomalien des Caudasackes und der Wurzelscheiden einen myelographischen und operativen Zufallsbefund dar. Ihr Vorkommen beträgt im Krankengut der Klinik nach der ersten Zusammenstellung von Haag *et al.* (1965) [14] etwa 6%, nach unseren jetzigen Befunden [1] 10%.

Anomalien der Wurzelabgänge sind ohne weiteres als kongenital anzusehen. Ihr Vorkommen ist sehr selten. Bei einer Zahl von 3200 Bandscheibenoperationen innerhalb von 20 Jahren aus der Neurochirurgischen Klinik in Gießen konnten 20 Fälle von derartigen Anomalien festgestellt werden. Die 3 ersten Fälle beschrieb Pia (1958) [30].

Eigenes Material

Gemeinsamer Wurzelabgang

Operativ fand sich 3mal ein gemeinsamer Abgang der Wurzeln L 5/S 1 und 4mal der Wurzeln S 1/S 2. Bei 4 Patienten bestanden weitere Anomalien wie Spina bifida, ektatische Venen, vermehrtes epidurales Fettgewebe, anomales Ende des Caudasackes. 2 Patienten hatten die Anomalie als einzigen Befund.

L. K., geb. am 19. 4. 1933 (Kr.-Bl. Nr. 758/57). Bei schwerer Arbeit plötzlich heftige Kreuzschmerzen mit Ausstrahlung in das linke Bein. Die Untersuchung ergab eine Einschränkung der Beweglichkeit im lumbalen Bereich mit Lumbalspasmus. Der ASR war links abgeschwächt. Die Röntgenaufnahme zeigte eine Spina bifida occulta. Im Abrodil-Myelogramm

war eine leichte Eindellung im seitlichen Bild festzustellen. Operativ fand sich ein gemeinsamer Abgang der Wurzeln L 5/S 1 links. Die Bandscheibe selbst war intakt. Die Wurzel L 5 war verdickt und verschwielt. Sie wurde reseziert.

Bei einer Nachuntersuchung 1 Jahr später war der Patient beschwerdefrei.

Die histologische Untersuchung der resezierten Wurzel ergab eine allgemeine Vermehrung von perineuralem kollagenem Bindegewebe.

N. W., geb. am 19. 2. 1917 (Kr.-Bl. Nr. 1327/58). Bei Heben eines schweren Gegenstandes akute Kreuzschmerzen. Bei der Aufnahme bestand ein Lumbalspasmus mit Fixierung und Einschränkung der Beweglichkeit, ein nicht auslösbarer ASR links, eine Hypaesthesia im Dermatom S 1; der Laségue war links positiv. Die Röntgenaufnahmen der LWS zeigten eine Fehllhaltung. Im Abrodil-Myelogramm bestand der Verdacht auf einen Bandscheibenprolaps. Operativ konnte nur ein gemeinsamer Abgang der Wurzeln S 1/S 2 links festgestellt werden, wobei die Wurzel S 1 stark verdickt war.

Bei einer Kontrolluntersuchung 10 Jahre später (die Aufnahme erfolgte wegen einer Commotio cerebri) gab der Patient weiterhin Kreuzschmerzen an. Neurologische Ausfallserscheinungen bestanden nicht.

Gemeinsamer Austritt von 2 Wurzeln durch ein Foramen intervertebrale

Bei 6 Patienten traten 2 Wurzeln durch ein Foramen intervertebrale aus. 3mal verliefen die Wurzeln S 1/S 2 durch das Foramen S 1, 2mal die Wurzeln L 5 und S 1 durch das Foramen L 5 und 1mal die Wurzeln L 4 und L 5 durch das Foramen L 5. Bei 2 Patienten war das epidurale Fett vermehrt und die Venen ektatisch erweitert. 5 Patienten hatten einen Bandscheibenprolaps, der operativ entfernt wurde. Bei einer 58jährigen Patientin fand sich operativ nur die Anomalie.

B. H., geb. am 6. 1. 1916 (Kr.-Bl. Nr. 546/64). Seit 2 Jahren in Schüben verlaufende Lumbalgien und Ischialgien. Bei der Untersuchung konnte eine Fixierung und eine Abschwächung des ASR rechts festgestellt werden. Die Nativaufnahme ergab eine Lordose der LWS, die Myelographie keinen pathologischen Befund. Operativ fand sich eine Vermehrung des epiduralen Fettes und ein gemeinsamer Verlauf der Wurzeln S 1 und S 2 durch das Foramen intervertebrale S 1.

6 Monate später bei einer Nachuntersuchung war die Patientin beschwerdefrei.

Y-förmiger Abgang

Bei 1 Kranken verliefen die Wurzeln L 5 und S 1 zunächst in einer gemeinsamen Scheide und teilten sich dann Y-förmig.

R. L., geb. am 29. 10. 1918 (Kr.-Bl. Nr. 4278/55). Seit 3 Jahren chronisch verlaufende Lumbalgien und rechtsseitige Ischialgien. Wegen akuter Verschlechterung Aufnahme in der Klinik. Die Untersuchung ergab eine lokale Druckschmerzhaftigkeit mit Fixierung. Durch die konservative Therapie Rückgang der Beschwerden. 2 Jahre später wurde der Patient wegen sensomotorischer rechtsseitiger Ausfälle operiert. Es fand sich die beschriebene Wurzelabgangs-anomalie als einziger Befund. Die Bandscheibe selbst war intakt.

Eine Nachuntersuchung 5 Jahre später ergab einen normalen Befund, der Patient war beschwerdefrei.

Horizontaler Verlauf einer Wurzel

Bei 1 Kranken verlief die Wurzel L 5 horizontal.

K. A., geb. am 31. 8. 1912 (Kr.-Bl. Nr. 8651/61). Nach chronisch verlaufenden Lumbalgien und Ischialgien wurde die Patientin aufgenommen. Die neurologische Untersuchung ergab einen Lumbalspasmus mit Fixierung sowie eine Fußheberparese links mit Sensibilitätsstörungen im Dermatom L 5. Operativ zeigte die Wurzel L 5 einen queren, horizontalen Verlauf.

Es bestanden keine Zeichen eines Bandscheibenvorfalles. Der entlastende Eingriff erbrachte zuerst eine Linderung der Beschwerden, später auftretende Schmerzen konnten konservativ beseitigt werden.

3 Jahre nach der Operation zeigte die Kontrolle einen normalen Befund.

Interradikuläre Verbindung von 2 Wurzeln

D. L., geb. am 13. 8. 1912 (Kr.-Bl. Nr. 3606/56). Seit 20 Jahren litt der Patient an chronischen Lumbalgien und später an linksseitigen Ischialgien. Bei der Aufnahme bestand eine sensomotorische Peroneusparese, eine Fehlhaltung mit Lumbalspasmus. Operativ konnte eine interradikuläre Verbindung zwischen den Wurzeln L 5 und S 1 links festgestellt werden. Die Venen waren ektatisch, die Bandscheibe selbst intakt.

Eine Nachuntersuchung erfolgte nicht.

Eine beidseitige Anomalie wurde unseres Wissens nach nur von Pia (1958) [30] beobachtet. Aus diesem Grund möchten wir die Krankengeschichte eines anderen Patienten etwas ausführlicher beschreiben.

G. F., geb. am 11. 2. 1925 (Kr.-Bl. Nr. 596/64—31/69). Seit 17 Jahren chronisch verlaufende linksseitige Ischialgien mit Kreuzschmerzen und Fixierung. Bei der Erstaufnahme ergab die Untersuchung Haarbüschel im thorako-lumbalen Übergang sowie eine Torsionsskoliose, eine Abschwächung des linken PSR und ASR sowie eine Sensibilitätsstörung im Dermatom L 5 links. Die Nativaaufnahmen zeigten eine Spondylose, das Myelogramm war unauffällig. Nach erfolgloser konservativer Therapie wurde 3 Monate später die Kontrastmitteluntersuchung wiederholt. Es zeigte sich eine Verformung des Durasackes in Höhe L 4/5 links. Operativ wurden ein Bandscheibenprolaps sowie ein gemeinsamer Abgang der Wurzeln L 5 und S 1 festgestellt. Die Wurzel L 5 verlief eine Strecke lang intradural. Nach Besserung des Zustandes trat 3 Jahre danach erneut eine akute Ischialgie links auf. Operativ zeigte sich ein erneuter Bandscheibenprolaps in Höhe L 5/S 1 links. 2 Jahre später rechtsseitige Ischialgien. Das Myelogramm ergab eine Verformung des Durasackes im Bereich L 4/5 rechts. Operativ konnte kein Bandscheibenprolaps festgestellt werden, sondern ektatische Venen sowie ein anomaler Verlauf der Wurzel L 5. Diese lief nach hohem Abgang etwa 2 cm parallel des Durasackes zum Spinalkanal.

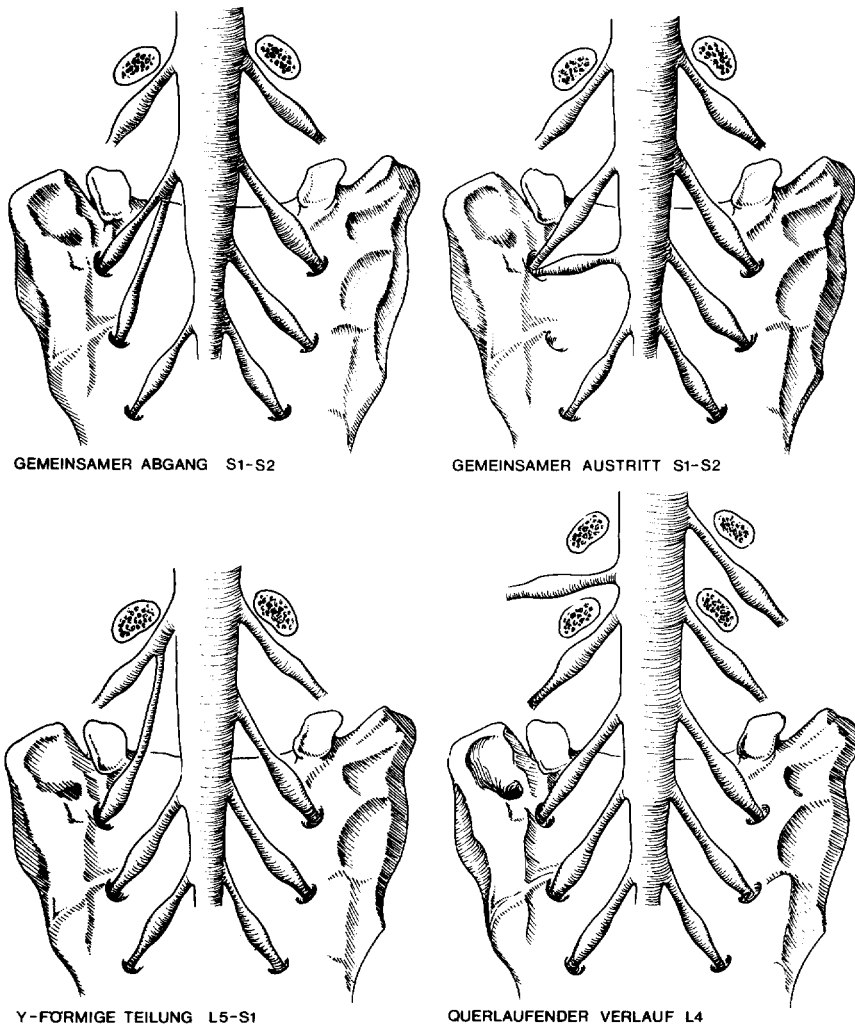
Bei mehrfachen Nachuntersuchungen, zuletzt 5 Jahre nach der dritten Operation, war die Patientin subjektiv und objektiv beschwerdefrei.

Diskussion

Anomalien des Wurzelverlaufes sind aus autoptischen Befunden zuerst bekanntgeworden. Der lumbosacrale Bereich scheint bevorzugt zu sein [37, 44]. Die Skizze 1 gibt einen schematischen Überblick über die hier vorkommenden Wurzelanomalien.

Die ersten veröffentlichten operativen Beobachtungen sind unseres Wissens nach auf Ethelberg *et al.* (1952) [9] zurückzuführen. Diese Autoren berichteten von 4 Patienten mit der für einen Bandscheibenprolaps typischen Anamnese und Befund. Operativ wurde bei 3 Patienten lediglich eine Wurzelanomalie festgestellt.

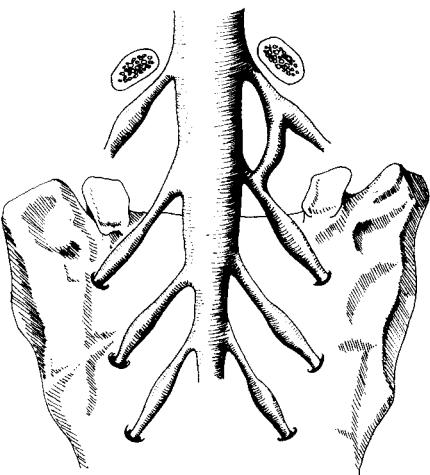
Die Auseinandersetzung mit dieser Problematik und mit der Interpretation dieser und anderer Anomalien im lumbosacralen Bereich ist das Verdienst von Pia. Pia *et al.* (1955) [29] veröffentlichten 4 Beobachtungen von Wurzelabgangs-anomalien bei dysrhaphischen Störungen. Allen Patienten gemeinsam war ein vorzeitiges Ende des Caudasackes. Die Wurzeln S 1 und S 2 traten in isolierten Scheiden, S 3, S 4 und S 5 in einer gemeinsamen Hülle aus. Bei dem ersten Fall bestanden weiterhin eine Megaceauda, bei dem zweiten angiomatöse Veränderungen



Skizze Nr. 1. Schematische Übersicht über den häufigsten anomalen Verlauf von Wurzeln im lumbosacralen Bereich

der Gefäße und bei dem dritten und vierten ein gemeinsamer Abgang der Wurzelscheide S 1 und S 2. Nur bei 1 Patienten konnte ein Bandscheibenprolaps festgestellt werden.

Weitere Arbeiten über Cauda- und Wurzelscheidenanomalien aus dem Arbeitskreis folgten von Haag *et al.* (1956) [13] und von Pia (1958) [30]. Bei 3 weiteren Patienten mit Wurzelabgangs-anomalien zeigte die Operation neben der Wurzel-anomalie Zeichen von dysrhapischen Störungen wie angiomatös ektatische Venen und vermehrtes epidurales Fettgewebe. Die Anamnese war ausnahmslos chronisch mit in Schüben verlaufenden Lumbalgien und Ischialgien. Bei 1 Patientin war die Anomalie beidseitig.



Skizze Nr. 2. Schematische Übersicht über eine interradi­kuläre Verbindung

Tabelle 1. Siehe Text

ANAMNESE		BEFUND		KATAMNESE	
Akut	3	Lasègue	4+/11-	tot (Lungenembolie)	1
Chronisch	12	Motorische Ausfälle	4	-	
Lumbalgie	1	Sensible Ausfälle	1	keine Änderung	
Ischialgie	3	Senso-mot. Ausfälle	8	Besserung	6
Beide	11	O / B	2	Geheilt	8

() = Klinisch keine ausreichenden Angaben. ()* = Pia (1958) [30].

5 weitere Beobachtungen stammen von Cannon *et al.* (1961) [4], weitere Mitteilungen von Schultz [33], De Saussure [7] und Patrick [28].

Wöber *et al.* beschrieben 1971 [43] 5 Patienten, bei denen operativ eine Wurzelabgangs­anomalie festgestellt wurde. 3 Patienten hatten einen Bandscheibenprolaps. Bei 1 Patienten bestand lediglich die Anomalie, bei 1 weiteren Patienten fanden sich daneben ektatisch erweiterte Venen.

Der quere Verlauf einer Wurzel mit der für einen Bandscheibenprolaps typischen Anamnese wurde von Ethelberg *et al.* (1952) [9] sowie Cannon *et al.* (1961) [4] beschrieben. Die Entlastungsoperation befreite die Patienten von ihren Beschwerden.

Interradi­kuläre Anastomosen treten relativ häufig im Halsbereich auf [27, 34]. Im lumbosacralen Bereich wurden sie operativ von Ethelberg *et al.* (1952) [9], Murphey [26] und Wöber *et al.* (1971) [43] festgestellt (Skizze 2).

Die Tabelle 1 gibt Auskunft über den neurologischen, röntgenologischen und operativen Befund. Bei einigen Patienten waren die Angaben lückenhaft, so daß sie in der Zusammenstellung nicht berücksichtigt werden konnten.

Tabelle 2. Siehe Text

BEFUNDE	EIGENE FÄLLE		LITERATUR	
	positiv	negativ	positiv	negativ
neurologische				
Lasègue	9	11	10	4
Motorische Ausfälle	5		2	
Sensible Ausfälle	3		2	
Senso-mot. Ausfälle	12		7	
O / B			3	
röntgenologische				
Nativ-Aufnahme	11	9	3	
Kontrastmittel- untersuchung	14	6	7	3 (4)
operative				
Bandscheibenprolaps und Wurzelanomalie	5		7	
Wurzelanomalie allein	4		5	
Wurzel- und andere Anomalien	2	(3) ⁺	1	
Bandscheibenprolaps und Wurzel- und andere Anomalien	6		1	

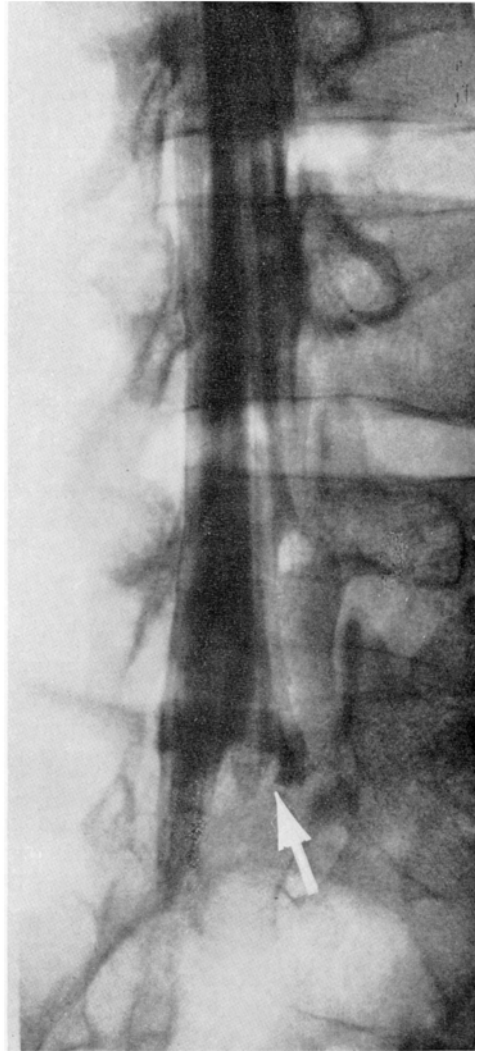
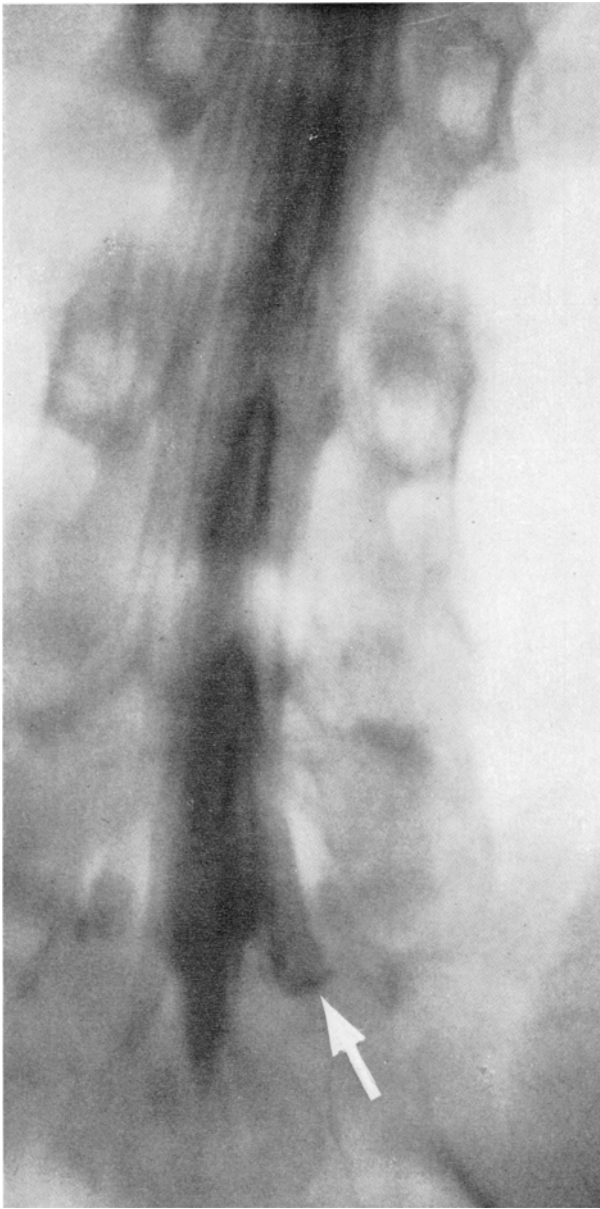
Die Tabelle 2 zeigt gesondert die Fälle mit Wurzelanomalien ohne Bandscheibenprolaps (ohne Trennung des eigenen und fremden Patientengutes).

Geschlecht der Patienten (in unserem Patientengut 9 Frauen und 11 Männer; aus der Literatur 6 Frauen und 5 Männer) und *Alter* der Patienten (eigenes Patientengut: ältester Patient 51 Jahre, jüngster Patient 22 Jahre; aus der Literatur: ältester Patient 60 Jahre, jüngster Patient 29 Jahre) sind ohne Belang.

Die Krankheit selbst verläuft meist in Schüben, selten ist das Auftreten akut (s. Tabelle 2). Präoperativ kann man weder durch die Nativaufnahme noch durch den neurologischen Befund eine Wurzelanomalie diagnostizieren. In der Abrodil-Myelographie sind lediglich Veränderungen bei einem Bandscheibenprolaps nachweisbar. Erst durch die neuen wasserlöslichen Kontrastmittel ohne Anaesthetie durch ihre schärfere Kontrastdichte ist es evtl. möglich, die Verdachtsdiagnose einer Wurzelanomalie zu stellen (Abb. 1 a u. b u. 2). Eindeutig ist nur der Operationsbefund.

Bei begleitendem Bandscheibenprolaps ist dieser ohne weiteres als Ursache der Beschwerden anzusehen. Bei diesen Patienten ist die Anomalie offensichtlich ohne *pathogenetische Bedeutung*.

Bei Patientin mit isolierter Wurzelanomalie bleibt die *pathogenetische Erklärung von Beschwerden* und Ausfällen problematisch. Ihre Beseitigung nach der Entlastungsoperation und die über Jahre bestehende Beschwerdefreiheit weisen jedoch auf die Bedeutung der Wurzelabgangs-anomalie als krankheitsauslösender Faktor hin.



a

b

Abb. 1 a u. b. H. W., männlich, 20 Jahre (Kr.-Bl. Nr. 33/73). Tomographisches Bild im a.p.-Strahlengang und halbschräge Aufnahme. Seit 6 Monaten Lumboischialgien rechts mehr als links. Verlagerung der Wurzel L 5 nach lateral rechts (operativ bestätigter Bandscheibenprolaps). Verdacht auf gemeinsamen Wurzelabgang S 1/S 2 links

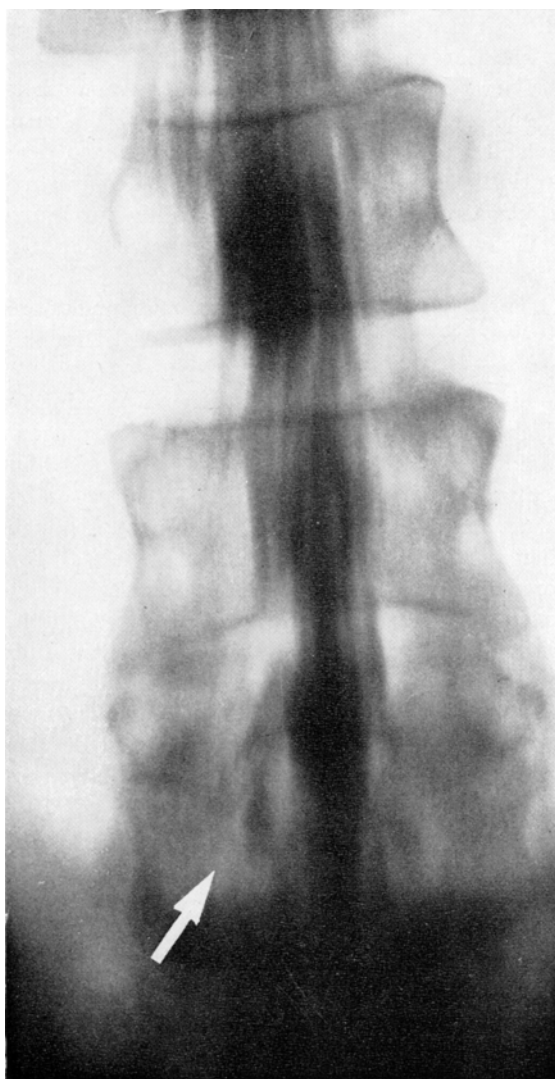


Abb. 2. K. E., weiblich, 35 Jahre (Kr.-Bl. Nr. 398/72 — 824/72). Zustand nach Bandscheibenoperation L 4/5 links. 5 Monate später Ischialgien rechts. Tomographie im a.p.-Strahlengang. Aussparung des Kontrastmittelbandes zwischen L 4/5 rechts. Unterbrechung der Wurzel L 5. Die Wurzeln S 1 und S 2 scheinen einen gemeinsamen Abgang zu haben. Dies wurde operativ bestätigt

Zu den seltenen Ursachen von Lumbalgien und Ischialgien gehören vermehrtes Fettgewebe, Fibrosen, Vernarbungen, Venektasien und Angiome sowie Anomalien der Wurzelscheiden und des Caudasackes. Auch ein zu breiter [20, 42] oder ein zu enger Spinalkanal [40], Sacralisation und Lumbalisation [21] können schmerzauslösend wirken. Entlastungsoperationen beeinflussen in allen Fällen die Beschwerden [12].

Als weitere seltene Ursachen von Ischialgien gelten Ganglien [5, 41, 45] und ringförmige ektatische Nervenwurzeln [6, 11, 36].

Die Pathogenese der Wurzelanomalien wie andere Anomalien des Caudasackes und der Wurzelscheiden ist nur zu vermuten. Größte Bedeutung dürften nach den Vorstellungen von Pia [30] die normalen Bewegungen der Wirbelsäule mit „chronischer Irritation“ der am meisten betroffenen Wurzeln L 5 und S 1 mit nachfolgenden Reaktionen der Wurzelscheiden bis hin zur Wurzelscheidenfibrose haben. Dafür spricht auch der histologische Befund bei Fall L. K. (Kr.-Bl. Nr. 758/57) und bei dem Fall S. R., geb. am 30. 4. 1912 (Kr.-Bl. Nr. 1440/55 — Pia, 1958: [30]). Auch hier ergab die histologische Untersuchung der resezierten Wurzel eine Bindegewebsvermehrung mit Degenerationen und Atrophien. Das Nervengewebe selbst war teilweise hyalinverquollen.

Auch im Sinne einer unspezifischen chronischen Irritation äußern sich Breig *et al.* (1965) [3]. Nach ihnen verursachen bestimmte Bewegungen der Wirbelsäule, wie z. B. eine maximale Kyphosierung, eine vermehrte Dehnung des Rückenmarkes mit einer entsprechenden Anspannung, Wurzelverschiebung und -verlagerung der Nervenwurzeln. Dies kann unter Umständen schon bei Normalpersonen [8] Beschwerden auslösen. Bei Caudaanomalien, wie z. B. bei den hier besprochenen Wurzelanomalien, kann dieser an sich physiologische Vorgang leichter oder vielleicht allein zu einer pathologischen Reizung der Wurzel, d. h. zu einer mechanischen Beeinträchtigung mit entsprechender Symptomatik führen.

Es besteht kaum ein Zweifel, daß die Anomalie allein nicht Ursache von Lumbalgien oder Ischialgien ist. Mit aller Wahrscheinlichkeit müssen weitere Faktoren hinzutreten. Gerade bei chronischen Verläufen und Befunden, die für einen Bandscheibenvorfall kennzeichnend sind, sollte bei negativem myelographischem Befund differentialdiagnostisch an eine solche Anomalie gedacht werden.

Literatur

1. Agnoli, A. L.: Untersuchung mit einem wasserlöslichen Kontrastmittel ohne Anästhesie zur Diagnose krankhafter Prozesse im lumbosacralen Bereich. *Röfo* **120**, 608—616 (1974)
2. Benini, A.: Lumbale und sacrale Wurzeltaschendivertikel als Ursache ischiasähnlicher Beschwerden. *Neurochirurgia* (Stuttg.) **16**, 1—8 (1973)
3. Breig, A.: Die Biomechanik des Rückenmarkes und seiner Häute im Wirbelkanal. *Verh. anat. Ges. (Jena)*, Erg.-Heft **60**, 49—69 (1965)
4. Cannon, B. W., Hunter, S. E., Picaza, J. A.: Nerve-root anomalies in lumbar-disc surgery. *J. Neurosurg.* **19**, 208—214 (1961)
5. Chung, C., Kao, A., Uihlein, W., Bickel, H., Soule, E. H.: Lumbar intraspinal extradural ganglion cyst. *J. Neurosurg.* **29**, 173—182 (1968)
6. Cressman, M. R., Pawl, R. P.: Serpentine myelographic defect caused by a redundant nerve root. *J. Neurosurg.* **28**, 391—393 (1968)
7. DeSaussure, R. L., jr.: Persönliche Mitteilung. *Zit. n. Cannon et al.* (1961)
8. Epstein, J. A., Epstein, B. S., Rosenthal, A. D., Carras, R., Lavine, S.: Sciatica caused by nerve root entrapment in the lateral recess: the superior facet syndrome. *J. Neurosurg.* **36**, 584—589 (1972)
9. Ethelberg, S., Riishede, J.: Malformation of lumbar spinal roots and sheaths in the causation of Backache and Sciatica. *J. Bone Jt Surg.* **34/3**, 442—446 (1952)
10. Gardner, W. J.: Embryologic origin of spinal malformations. *Acta radiol. (Stockh.)* **5**, 1013—1023 (1966)

11. Gulati des ray, Rout, D.: Myelographic block caused redundant lumbar nerve root. *J. Neurosurg.* **38**, 504—505 (1973)
12. Gutzeit, K.: Entwicklung einer Neuralpathologie der Wirbelsäule. *Med. Klin.* **45**, 1168—1173, 1197—1201 (1951)
13. Haag, W., Pia, H. W.: Mißbildungen der Rückenmarkshüllen im Lumbosacralbereich und ihre klinische Bedeutung. *Zbl. Path.* **95**, 394—402 (1956)
14. Haag, W., Vogelsang, H., Schultheiss, G., Linden, G.: Zur Anatomie des Caudasackes im Röntgenbild unter besonderer Berücksichtigung lumbosacraler Fehlbildungen. *Zbl. Neurochir.* **26**, 1—16 (1965)
15. Hammer, B.: Delayed resorption of contrast media and radio elements in cases of lumbosacral malformations. *Neuroradiology* **8**, 97—101 (1971)
16. Hanraets, P. R.: Syndrome radicaire et 'low back pain'. *Folia psychiat. neerl.* **56**, 3—12 (1953)
17. Hanraets, P. R.: The degenerative back and its differential diagnosis, S. 176—201. Amsterdam-London-New York-Princeton: Elsevier Publishing Company 1959
18. Hochstetter, F.: Über die Entwicklung und Differenzierung der Hülle des Rückenmarkes beim Menschen. *Morph. Jb.* **74**, 1 (1934)
19. James, C., Lassmann, C. M.: Spinal dysraphism. *J. Bone Jt Surg.* **44-B**, 828—832 (1962)
20. Jefferson, A.: Localized enlargement of the spinal canal in the absence of tumour: a congenital abnormality. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **18**, 305—309 (1955)
21. Keegan, J. J.: Relations of nerve roots to abnormalities of lumbar and cervical portions of the spine. *Arch. Surg.* **55**, 246—270 (1947)
22. Kunert, W.: Klinische Betrachtungen auf Grund topographisch-anatomischer und röntgenologischer Studien an der Brustwirbelsäule. *Dtsch. Arch. klin. Med.* **203**, 217—233 (1956/57)
23. Marburg, O.: Zur Pathologie der Spinalganglien. *Arb. neurol. Inst. Wien. Univ.* **8**, 103 (1902). Zit. n. Merei (1953)
24. Matthias, F. R., Lausberg, G.: Klinik und Differentialdiagnose der cranialen Migrationshemmungen des Rückenmarkes. *Z. Kinderheilk.* **108**, 238—257 (1970)
25. Merei, F. T.: Mit klinischen Symptomen einhergehende Zysten der Caudawurzeln. *Zbl. Neurochir.* **13**, 212—218 (1953)
26. Murphey, F.: Persönliche Mitteilung. Zit. n. Cannon *et al.* (1961)
27. Pallie, W.: The intersegmental anastomoses of posterior spinal rootlets and their significance. *J. Neurosurg.* **16**, 188—196 (1959)
28. Patrick, B. S.: Persönliche Mitteilung. Zit. n. Cannon *et al.* (1961)
29. Pia, H. W., Haag, W.: Fehlbildung der Rückenmarkshüllen im Lumbosacral-Bereich mit Wurzelreizerscheinungen. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **231**, 84—95 (1955)
30. Pia, H. W., Haag, W., Spaar, F. W.: Zur klinischen Bedeutung und Pathogenese von Caudaanomalien. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **236**, 431—448 (1958)
31. Pia, H. W.: Megacauda. Eine angeborene Erweiterung des Caudasackes im Lumbosacralbereich. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **290**, 429—439 (1959)
32. Pia, H. W.: Fehlbildung der Cauda und Wurzelhüllen und ihre Bedeutung für das Ischiasyndrom. *Therapie der Gegenwart* **99**, 441—449 (1960)
33. Schultz, E. C.: Persönliche Mitteilung. Zit. n. Cannon *et al.* (1961)
34. Schwartz, H. G.: Anastomoses between cervical nerve roots. *J. Neurosurg.* **13**, 190—194 (1956)
35. Shapiro, R.: Myelography, 2. Aufl. Chicago: Year Book Medical Publisher 1968
36. Shut, L., Groff, R. A.: Redundant nerve roots as a cause of complete myelographic block. *J. Neurosurg.* **38**, 394—395 (1968)
37. Streeter, G. L.: Factors involved in the formation of the filum terminale. *Amer. J. Anat.* **25**, 1—11 (1919)
38. Tarlow, I.: Perineural cysts of the spinal nerve roots. *Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.)* **40**, 1067—1074 (1938)
39. Tarlow, I.: Spinal perineural and meningeal cysts. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **33**, 833—843 (1970)
40. Verbiest, H.: A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *J. Bone Jt Surg.* **36**, 230—238 (1954)

41. Vosschulte, K., Börger, G.: Anatomische und funktionelle Untersuchungen über den Bandscheibenprolaps. *Langenbecks Arch. Chir.* **329**, 265—271 (1950)
42. Walker, A. E.: Dilatation of vertebral canal with congenital anomalies of spinal cord. *Amer. J. Roentgenol.* **52**, 571—574 (1944)
43. Wöber, G., Böck, F.: Lumbale Nervenwurzelanomalien bei Ischialgie. *Nervenarzt* **42**, 552—555 (1971)
44. Zagnoni, C.: Reperto di un tipo non conosciuto di anastomosi nervosa delle radici spinali. *Atti Soc. med.-chir. (Padova)* **27**, 48—52 (1949)
45. Zarza, E. M., Diaz, A. A.: Ganglión quístico epidural lumbar como causa de lumbocia-talgia. *Rev. Exp. Oto-Neuro-Oftalm.* **29**, 197—202 (1971)

Dr. A. L. Agnoli
Neuroradiologische Abteilung II
der Neurochirurgischen Universitätsklinik
D-6300 Gießen
Bundesrepublik Deutschland