

anatomischer anzeiger

Zentralblatt
für die gesamte
wissenschaftliche
Anatomie
(Seit 1886)

Begründet von KARL VON BARDELEBEN

- Chefredakteur:
GERT-HORST SCHUMACHER, Rostock

-
- Redaktionssekretär:
JOCHEN FANGHANEL, Greifswald

- Redaktionskollegium:
ROLF BERTOLINI, Berlin
ALFRED DORN, Magdeburg
PETER DULLEMEIJER, Leiden
EDUARD KLIKA, Prag
KINZIRO KUBOTA, Tokio
WOLFGANG KÜHNEL, Lübeck
OVE NILSSON, Uppsala
GALINA S. SATJUKOWA, Moskau

BAND 159 · 1985

Mit 242 Abbildungen und 50 Tabellen



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG JENA

Inhaltsverzeichnis/Contents

ASARI, M., H. OSHIGE, S. WAKUI, K. FUKAYA and Y. KANO: Histological Development of Bovine Abomasum. With 18 Figures and 2 Tables.	1
BARGSTEN, G., and P. STANKA: Light and Electron Microscopic Study on the Osteoclastic Phagocytosis of Cells in the Rat. With 8 Figures and one Table.	13
BÜLL, M. L., M. VITTI and V. DE FREITAS: Electromyographic Study of the Trapezius (upper portion) and Levator Scapulae Muscles in Some Movements of the Shoulders. With 2 Figures and 2 Tables	21
CARVALHO, V. C.: Nerve Cells in the Human Cavernous Sinus. With 8 Figures	29
CARVALHO, T. L. L., A. L. V. FAVARETTO, J. A. RODRIGUES and A. L. FERREIRA: Evaluation of the Frequency of Stages VII—VIII and XIV of the Tubular Cycle of Adult Rats, 30 d After Phenolization of the Spermatic Cord. Response to Chronic Administration of hCG. With 4 Figures	33
ČESNYS, G.: Variability of Discrete Cranial Traits in the Skulls of Lithuanian Children. With one Figure and 4 Tables	43
CIRIACO, E., M. E. GAGLIARDI, R. CICCARELLO, G. GERMANÀ and P. BRONZETTI: Development of the Pigeon Bursa of Fabricius. A Scanning and Transmission Electron Microscope Study. With 7 Figures	55
CIRIACO, E., A. RIGANO, M. E. GAGLIARDI and G. GERMANÀ: Experimental Modification of the Growth of the Bursa of Fabricius in Chickens Revealed by Scanning and Transmission Electron Microscopy. With 7 Figures	65
CLEMEN, G.: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen am Oropharyngeal-epithel vom metamorphosierten <i>Salamandra salamandra</i> (L.) (Urodela: Salamandridae). Mit 9 Abbildungen und einer Tabelle Light- and Electronmicroscopical Investigations on the Oropharyngeal-Epithelium of Metamorphosed <i>Salamandra salamandra</i> (L.) (Urodela: Salamandridae).	71
COUTINHO, H. B., H. F. SEWELL and V. B. COUTINHO: Immunocytochemical Demonstration of Insulin in the Mesonephros and Metanephros of the Brazilian Opossum <i>Didelphis albiventris</i> . With 6 Figures	97
DERUMS, V.: Ausgänge von Verwundungen und traumatischen Verletzungen des Schädels von Menschen im alten Lettland an Hand der Materialien von archäologischen Ausgrabungen. Mit 12 Abbildungen Outcomes of Skull Wounds and Traumatic Injuries of Men Living in Ancient Latvia According to Findings of Archaeological Excavations	105
DOSKOČIL, M., J. BLÁŽEK, P. NĚMCOVA and B. STÁRKOVÁ: Über die Struktur der Schale des Hühnereies und ihre Veränderungen während der Bebrütung. Eine rasterelektronenmikroskopische Studie. Mit 11 Abbildungen The Structure of the Hen's Egg Shell and its Changes During the Incubation. A SEM Study	117
GOŹDZIEWSKI, S.: Korrelation zwischen spondylometrischen Merkmalen und der Körperhöhe beim Menschen. Mit 2 Tabellen Correlations between the Spondylometric Features and the Human Height	127
HAMPL, A.: Aggregated Lymph Nodules of the Small Intestine of the Hare (<i>Lepus europaeus</i> PALLAS 1778). With 3 Tables.	131

HILDEBRAND, R., I. HAUBITZ and M. SCHULTZ: Explorative Studies on Karyometric Frequency Distributions. II. Approximation Using Normally Distributed Curves versus Median Interpolation. With 5 Figures and 4 Tables	135
HILLOÓWALA, R., and J. RENAHAN: XVIII Century Anatomical Models at La Specóla, Florence. With 5 Figures.	141
ISOMURA, G., S. IWATA, M. CHIBA and N. SHIMIZU: Constitution of the Greater Splanchnic Nerve in the Rat. With 13 Figures and 2 Tables	159
KHAMAS, W. A., and N. G. GHOSHAL: Gross and Scanning Electron Microscopy of the Carotid Rete — Cavernous Sinus Complex of the Sheep (<i>Ovis aries</i>). With 5 Figures and one Table	173
KHATIM, M. S., K. A. GUMAA, B. PETERSSON, C. LUNDQVIST, L. GRIMELIUS and C. HELLERSTRÖM: The Structure and Hormone Content of the Endocrine Pancreas of the One-Humped Camel (<i>Camelus dromedarius</i>). With one Figure and one Table	181
KLEINFELDT, D.: Zur normalen Position des Steigbügels in der ovalen Fensternische beim Menschen. Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen. The Normal Position of Stapes in the Oval Niche of Human Being	187
LARA, M. H.: Periaqueductal Neurons Associated to the Posterior Commissure: A Morphological Study in the Hedgehog, Rat and Cat. With 3 Figures	195
DE LIMA, M. A. I., and W. DA S. SASS: Histochemical Detection of Glycoproteins in the Intestinal Epithelium of <i>Columba livia</i> . With one Table	203
LOZUPONE, E.: The Structure of the Trabeculae of Cancellous Bone. 1. The Calcaneous. With 14 Figures and 4 Tables	211
MALOBABIĆ, S., S. SIMIĆ and S. MARINOVIĆ: Significance of the Encephalometric Parameters of Human Corpus Callosum and Medial Hemispheric Surface. With one Figure and 5 Tables	231
NOGUEIRA, J. C., M. G. RIBEIRO and P. A. CAMPOS: Histology and Carbohydrate Histochemistry of the Prostate Gland of the Brazilian Four-eyed Opossum (<i>Philander opossum</i> Linnaeus, 1758). With 32 Figures and one Table	241
PÁČ, L., and L. MALINOVSKÝ jr.: M. flexor digitorum longus accessorius in the Lower Limb of Man. With 5 Figures	253
PRESTAR, F. J., H. FRICK und R. PUTZ: Bandverbindungen der Dornfortsätze der Wirbelsäule. Mit 4 Abbildungen und einer Tabelle Ligamentous Connections of the Spinous Processus	259
SAGER, G.: Mathematische Formulierungen des fetalen Massewachstums beim Rind. Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen Mathematical Approximations of Fetal Weight Growth in Cattle	269
SAGER, G., und R. SAMMLER: Zum Längen- und Massewachstum des atlantischen Heilbutts (<i>Hippoglossus hippoglossus</i> ♂, ♀) vor Norwegen nach Daten von DEVOLD (1936). Mit 4 Abbildungen und 6 Tabellen Length and Weight Growth of the Atlantic Halibut (<i>Hippoglossus hippoglossus</i> ♂, ♀) off Norway after Data from DEVOLD (1936)	277
SAITO, H.: The Development of the Intra-Intestinal Artery in the Australian Lungfish, <i>Neoceratodus forsteri</i> . With 14 Figures	291

SATOH, Y.-I., Y. NAGASHIMA, Y. OOMORI, K. ISHIKAWA, M. MATOBA and K. ONO: Scanning Electron Microscopical Observation on the Isolated Mucosa of Rat Small Intestine: with Special Reference to the Intestinal Crypt. With 3 Figures and 2 Tables	305
SCHIERHORN, H.: Der Prosektor und seine Stellung in der Hierarchie anatomischer Institutionen, demonstriert vor allem an den Anatomien in Berlin, Halle, Leipzig, Rostock und Greifswald. Mit 7 Abbildungen The Prosector and his Position in the Hierarchy of Anatomical Institutions, by Examples Specially of the Berlin, Halle, Leipzig, Rostock and Greifswald Anatomies	311
SOARES, J. C., et A. L. FERREIRA: Observations anatomiques concernant la valve atrio-ventriculaire gauche humaine. Avec 1 Figure Anatomical Observations on the Left Human Atrioventricular Valve	347
SOTTOVIA-FILHO, D., and A. C. M. STIPP: Ultrastructure of the Secretory Compartment of the <i>Rana catesbeiana</i> Exocrine Pancreas. With 10 Figures	355
STEIN, F. J., and J. E. MARTIN: Single Umbilical Artery and Other Congenital Defects in a Calf. With 3 Figures.	369
YONAGA, T., Y. FUJINO, R. TAMURA, K. KURABAYASHI, T. URAYA, K. AONO and K. YOSHIMURA: Effect of Organic and Inorganic Mercury Compounds on the Growth of Incisor and Tibia in Rats. With 7 Figures	373
ZORETTO, N. L., R. S. MANUBENS and E. P. DE ANDRADE: Anatomical Observations on the Smaller Sublingual Nerves. With 5 Figures	385

Buchbesprechungen — Book Reviews

12, 28, 42, 64, 96, 104, 116, 172, 180, 194, 202, 210, 230, 240, 258, 276, 304, 310, 368, 384, 391—392

Bandverbindungen der Dornfortsätze der Wirbelsäule¹⁾

Ligamentous Connections of the Spinous Processus

Von F. J. PRESTAR, H. FRICK und R. PUTZ

Anatomische Anstalt der Universität München, Anatomisches Institut der Universität Freiburg, BRD

Mit 4 Abbildungen und einer Tabelle

(Eingegangen 21. November 1983)

Key words: interspinous ligaments, supraspinous ligament, thoracolumbar fascia, joints of the vertebral arches

Abstract

In the cervical region the fibres of the interspinous and nuchal ligaments pass in an antero-cranial direction: they act against diminishing of the cervical lordosis. In the thoracic region, longitudinal bundles of fibres connect the tops of the spinous processes; they act against an augmentation of the thoracic kyphosis. Between thoracic kyphosis and lumbal lordosis there is no exact course of the fibres of the interspinous ligts. ("thorakolumbalen Übergangsbereich"). In the lumbar spine the fibres of the interspinous ligts., being very strong, pass in a posterocranial direction. They have the function of limitation the range of flexion ventrally and of limiting backwards-shifting of the cranial vertebra in dorsal-flexion.

In the lumbosacral segment additional fibres, arising from the top of the 5th lumbar spinous process, pass in a posterocaudal direction and interlace with the thoracolumbar fascia, whose fibres form — below the 4th lumbar vertebra — a scissor-latticed structure. The supraspinous ligt. lies superficially to the thoracolumbar fascia. Its fibres pass several spinous processes. It ends caudally at the 4th lumbar spinous process.

Problematik und Fragestellung

In der Literatur wird den Ligg. interspinalia und dem Lig. supraspinale keine große Bedeutung für die Mechanik der Wirbelsäule zugeschrieben. Demgegenüber fällt aber beim Studium anatomischer Präparate auf, wie ausgeprägt diese Bänder in einzelnen Wirbelsäulenregionen sind. Daraus muß abgeleitet werden, daß sie ihre ganz bestimmte Bedeutung für die Funktion des normalen Bewegungssegmentes besitzen.

Um die Ligg. interspinalia und das Lig. supraspinale funktionell interpretieren zu können, haben wir die Morphologie dieser Bänder sowie der Fascia thoracolumbalis untersucht. Da der Bandapparat auf Grund der Krümmungen der Wirbelsäule in den einzelnen Regionen unterschiedlich beansprucht wird, ist zu überprüfen, ob in Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule Unterschiede in der Fasertextur bestehen.

Material und Methodik

Als Untersuchungsgut standen uns 68 Wirbelsäulenpräparate (40.—93. Lebensjahr) zur Verfügung. 67 Präparate, die aus den Präparierkursen der Anatomischen Institute Innsbruck und

¹⁾ Herrn Professor Dr. H. LEONHARDT, Kiel, zum 65. Geburtstag gewidmet.

München stammten, waren teils mit Carbol, teils mit Alkohol und Formalin konserviert, ein Präparat war unfixiert.

Die Präparation des Faserverlaufs der Bänder und ihrer Anheftungsbezirke erfolgte unter Verwendung einer Stereo-Lupe.

Zur Überprüfung des Gewebsaufbaues wurden Gewebeproben aus den Ligg. interspinalia der Lendenwirbelsäule und dem Lig. nuchae (von nur mit Formalin und Alkohol fixierten Leichen) lichtmikroskopisch untersucht (Orceinfärbung nach PRANTER).

Literaturübersicht

Nähere Hinweise auf regionale Unterschiede im Faserverlauf der Ligg. interspinalia gibt als einziger PATURET (1951). In der Halswirbelsäule sollen ihre Fasern mit den Dornfortsätzen einen rechten Winkel einschließen und dorsal mit dem Lig. nuchae in Verbindung stehen. In der Brustwirbelsäule sei der Faserverlauf fast parallel zu den Dornfortsätzen, während die Ligg. interspinalia der Lendenwirbelsäule einen von ventral nach dorsal fächerförmig divergierenden Faserverlauf besäßen und an den Dornfortsatzspitzen inserierten. PATURET hebt — als einziger Autor — die große Elastizität dieser Bänder hervor.

FICK (1904) beschreibt in allen Bereichen der Wirbelsäule in den Interspinalräumen "von vorn nach hinten abwärts ziehende Fasern". Sie bilden nach seiner Auffassung in der Brustwirbelsäule nur dünne Membranen, in der Lendenwirbelsäule dagegen derbere Gebilde, die sich hier oft in mehrere Blätter spalten lassen. Den tiefen Rückenmuskeln sollen sie zur Anheftung dienen. Nach Abbildungen bei BRASH und JAMIESON (1943) und GRAY'S Anatomy (WARWICK, WILLIAM 1973) sowie der Beschreibung von SPALTEHOLZ (1953) verlaufen die Fasern der Ligg. interspinalia ebenfalls in dorso-kaudaler Richtung und ziehen bereits in Normalstellung gestreckt durch den Interspinalraum. Auf regionale Unterschiede wird nicht eingegangen.

Bei BRAUS und ELZE (1954) und HOLLINSHEAD (1974) wird für die Ligg. interspinalia ein nach dorsal und kranial ansteigender, ebenfalls gestreckter Faserverlauf angegeben. Auf den schematischen Abbildungen der Lendenwirbelsäule schließen die Fasern mit den Dornfortsatzlängsachsen einen Winkel von etwa 45° ein. GRANT (1972) und HEYLINGS (1978) beschränken sich auf Beschreibungen der Ligg. interspinalia der Lendenwirbelsäule und zeigen, daß die in postero-kranialer Richtung verlaufenden Faserbündel einen nach kaudal konkaven Bogen bilden. Nach HEYLINGS (1978) verstreicht dieser Bogen bei der Ventralflexion. Nach GRANT (1972) ist in das Lig. interspinale ein Schleimbeutel eingelagert. Nach MATTIASH (1949), GÜNTZ (1957) und RAUBER und KOPSCH (1968) verlaufen die Fasern zunächst parallel zu den Dornfortsätzen, biegen am dorsalen Ende des Interspinalraumes nach kranial um und gehen in das Lig. supraspinale über. Bei Annäherung der Dornfortsätze im Rahmen der Dorsalflexion soll dieses Band nach MATTIASH (1949) und GÜNTZ (1957) durch Kompression des Lig. interspinale nach hinten ausgebuchtet und damit in Spannung gehalten werden.

Alle bisher genannten Autoren sind der Ansicht, daß die am weitesten dorsal gelegenen Fasern der Ligg. interspinalia in der gesamten Wirbelsäule bogenförmig in das Lig. supraspinale einstrahlen.

Das Lig. supraspinale bildet nach PATURET (1951), SPALTEHOLZ (1953) und RAUBER und KOPSCH (1968) über die gesamte Länge eine Einheit und ist an allen Dornfortsätzen einschließlich der Crista sacralis mediana befestigt. GRANT (1972) und HEYLINGS (1978) dagegen vermerken, daß das Lig. supraspinale das Os sacrum nicht erreiche, sondern an einem der unteren Lumbalwirbel ende.

Nach FARFAN (1979) soll das Lig. supraspinale zwar mit der Crista sacralis mediana in Verbindung stehen, aber nicht an den Processus spinosi des 4. und des 5. Lendenwirbels sowie dem Dornfortsatzrudiment des 1. Sakralwirbels angeheftet sein. Sein kaudaler Anteil bildet demnach eine direkte Bandverbindung zwischen dem 3. Lumbal- und dem 2. bzw. 3. Sakralwirbel. Auf der Zwischenstrecke soll es durch eine „mediane Raphe“ ersetzt sein.

FICK (1904), PATURET (1951), SPALTEHOLZ (1953) und SOUTHWICK und KEGGI (1964) beschreiben das Lig. nuchae als eine die Nackenmuskeln beider Seiten trennende Membran, die von den Processus spinosi der Halswirbelsäule nach dorsal unten ziehende Verstärkungszüge erhält. Nach PATURET (1951) sollen zusätzlich Fasern der Insertionsaponeurose der Nackenmuskeln in das Lig. nuchae einstrahlen. Während die 3 oben angeführten Autoren der Ansicht sind, das Lig. nuchae bestehe vorwiegend aus elastischen Fasern, geben FRICK et al. (1980) an, daß der „Anteil elastischer Fasern ... spärlich“ sei.

Ergebnisse

Im Gegensatz zu den üblichen Lehrbuchdarstellungen, die — wie z. B. GRAY'S Anatomy (1973) — nur auf Dickenunterschiede der Ligg. interspinalia in verschiedenen Wirbelregionen hinweisen, differiert auch der Faserverlauf dieser Bänder in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten, so daß wir die Fasertextur für jede Region gesondert beschreiben müssen.

Im Bereich der Halswirbelsäule spannt sich das Lig. nuchae zwischen der Spitze der Vertebra prominens und der Protuberantia occipitalis externa aus. Nach ventral geht es ohne scharfe Grenze in die Ligg. interspinalia über.

Entsprechend den Angaben in den „klassischen“ anatomischen Darstellungen verlaufen die Fasern des Lig. nuchae und der Ligg. interspinalia in antero-kranialer Richtung und schließen mit den Längsachsen der Dornfortsätze einen Winkel von etwa 45° ein (Abb. 1). Das Lig. nuchae ist ventral an der Aufzweigungsstelle der nach hinten in 2 Höckern endenden Processus spinosi befestigt. Nach unseren Ergebnissen strahlen von den Spitzen der beiden Höcker aller Dornfortsätze kräftige Faserbündel nach dorsal in das Lig. nuchae ein (nach FICK findet man diese Faserzüge nur an den unteren Zervikalwirbeln). Im atlantookzipitalen Übergang weist der Faserverlauf eine andere Richtung auf: die vom Tuberculum posterius atlantis entspringenden Fasern, die dorsal an die Membrana atlantooccipitalis posterior anschließen, ziehen in geradem Verlauf auf einer Länge von 1—2 cm nach dorsal und kranial und setzen an der Crista occipitalis externa an.

Dorsal ist das Lig. nuchae mit der Fascia nuchae, die hier die autochthone Rückenmuskulatur bedeckt, und den Ursprungssehnen der Mm. trapezius, rhomboidei und splenius verschmolzen. Von den kurzen Nackenmuskeln strahlen ebenfalls Sehnenzüge in das Lig. nuchae ein.

Im histologischen Präparat eines Sagittalschnittes durch das Lig. nuchae erkennt man in einheitlicher Richtung angeordnete kollagene Faserbündel, in die spärlich elastische Fasern eingelagert sind. Zwischen diesen Bündeln befindet sich Fettgewebe. Die für die Halswirbelsäule typische Textur der Ligg. interspinalia reicht nach kaudal bis zur Vertebra prominens.

Die Ligg. interspinalia der Brustwirbelsäule bestehen jeweils aus einer dünnen Membran, die sich von den Ligg. flava bis zu den Dornfortsatzspitzen erstreckt und deren Fasern in anterokranialer Richtung eingestellt sind, sowie aus einem 2—3 mm dicken, longitudinal eingestellten Faserbündel, das jeweils 2 benachbarte Dornfort-

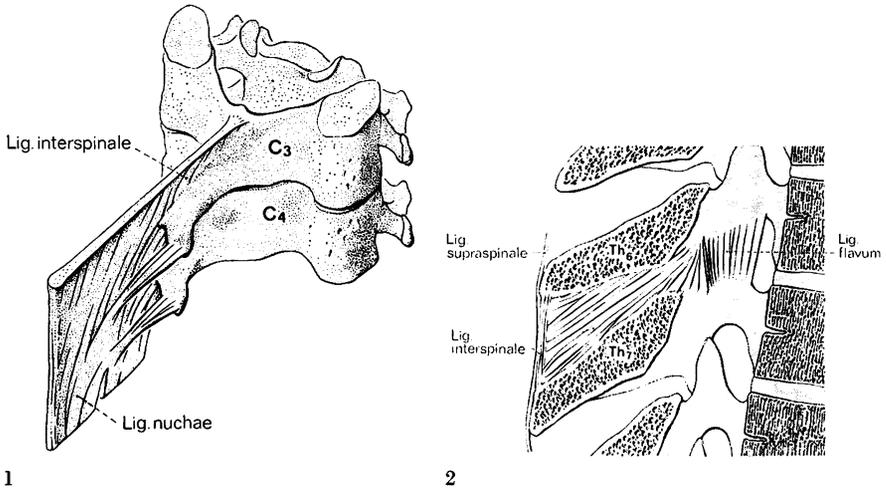


Abb. 1. Ligg. interspinalia der Halswirbelsäule und Lig. nuchae (Ansicht von lateral, dorsal und kranial).

Abb. 2. Bänder im Bogenbereich eines thorakalen Bewegungssegmentes (Mediansagittalschnitt).

satzspitzen miteinander verbindet (Abb. 2). An seiner Ansatzstelle fanden wir an mazerierten Brustwirbelpräparaten einen nach unten ragenden, 2—3 mm langen Sporn, der nach kaudal spitz zulief. Im Interspinalbereich dienen die longitudinalen Faserbündel den Sehnen der oberflächlichen Rückenmuskeln (*Mm. trapezius, rhomboidei major et minor, serrati posteriores, latissimus dorsi* und *splenius*) sowie der *Fascia thoracolumbalis* als Ursprung. Oberflächlich zur *Fascia thoracolumbalis* ziehen dünne Faserbündel über mehrere Bewegungssegmente hinweg.

Die für die Brustwirbelsäule typische Bandstruktur beginnt kranial am Dornfortsatz des 7. Halswirbels; nach kaudal besteht keine scharfe Grenze gegen die Fasertextur im Bereich der Lendenwirbelsäule. Der *thorakolumbale Übergangsbereich*, dessen interspinale Bandstrukturen bisher nicht detailliert beschrieben wurden, umfaßt bis zu 4 Segmente (Tabelle 1). Die Dornfortsätze werden durch eine 1—2 mm dicke Membran miteinander verbunden, die keine bevorzugte Faserrichtung erkennen läßt. Die *Fascia thoracolumbalis* und die Ursprungsaponeurosen der *Mm. trapezius* und *latissimus dorsi* strahlen in die Membran ein. Die Wirbelsäule verläuft in diesem Übergangsbereich von der Brustkyphose zur Lendenlordose gestreckt. Die Dornfortsätze lassen den Übergang von den schräg nach unten ragenden Brustwirbeldornen zu den gerade nach hinten gerichteten kräftigen Dornfortsätzen der Lendenwirbel erkennen. Auch die Stellungsänderung der Wirbelbogengelenke vom Brust- zum Lendenabschnitt erfolgt in diesem Bereich: Eigenen Untersuchungen zufolge liegt der Übergang meist am 11. Brustwirbel.

Anordnung und Verlauf der Ligg. interspinalia der *Lendenwirbelsäule* wurden in einer früheren Arbeit ausführlich beschrieben (PRESTAR 1982). Die Faserbündel der hier etwa $\frac{1}{2}$ cm dicken Ligg. interspinalia entspringen am Oberrand der Basis des Dornfortsatzes und am Unterrand des *Processus articularis superior* des jeweils kaudalen Wirbels eines Bewegungssegmentes. Sie ziehen in postero-kranialer Richtung zum dorsalen Anteil der Unterkante des nächsthöheren Dornfortsatzes. Bei ihrem Verlauf durch den Interspinalraum beschreiben die Fasern einen kaudal konkaven Bogen.

Tabelle 1. Variabilität des thorakolumbalen Übergangsbereiches (—)

Bewegungssegmente																	
Th 6 / Th 7																	
Th 7 / Th 8																	
Th 8 / Th 9																	
Th 9 / Th10																	
Th10// Th11																	
Th11 / Th12																	
Th12 / L 1																	
L 1 / L 2																	
L 2 / L 3																	
LL 3 / L 4																	
L 4 / L 5																	
Anzahl der Segmente									4			3			2	1	
Anzahl der Präparate									1	2	2	8	9	6	8	2	38

Bei der Mehrzahl unserer Präparate ließ sich im Interspinalraum der Lendenwirbelsäule zwischen dem eigentlichen Lig. interspinale und den Fasern zur Fascia thoracolumbalis als paarige Bildung ein Schleimbeutel nachweisen, auf den GRANT (1972) bereits hingewiesen hat.

In die Membrana fibrosa der Wirbelbogengelenke, die nach PUTZ (1981) durch transversal eingestellte Fasern verstärkt wird, strahlen Bündel der Ligg. interspinalia ein und stellen einen Verstärkungszug an der unteren Zirkumferenz des Gelenkes dar.

Mit den Ligg. interspinalia stehen in der Lendenwirbelsäule auch Muskelbündel des transversospinalen Systems der autochthonen Rückenmuskulatur in Verbindung (Abb. 3). Der stärkste (mittlere) Anteil (a) der in 3 Teile gegliederten Ansatzsehne des M. multifidus inseriert breitflächig am Sporn der Dornfortsatzspitze; ein vorderes Faserbündel biegt nach ventral um und strahlt in das Lig. interspinale ein (b), nach dorsal geht ein Sehnenanteil in die aponeurotische Schicht der Fascia thoracolumbalis über.

Histologische Querschnitte zeigen, daß die Ligg. interspinalia der Lendenwirbelsäule ausschließlich aus kollagenem Material bestehen. Es waren praktisch keine elastischen Fasern darstellbar. Im Grenzbereich zu den Ligg. flava ist reichlich Fettgewebe zwischen die Faserbündel eingelagert.

Die Bandstrukturen im Interspinalbereich des *lumbosakralen Übergangsegmentes* (L5/S1) setzen sich zusammen aus den in postero-kranialer Richtung eingestellten Fasern des Lig. interspinale, den in gleicher Richtung verlaufenden Faserbündeln zur Fascia thoracolumbalis und — im Unterschied zu den Lumbalsegmenten — aus Fasern, die vom nach unten ragenden Sporn des 5. Lendenwirbels entspringen und zunächst in der Sagittalebene schräg nach dorsal und kaudal verlaufen, ohne allerdings die Crista sacralis mediana zu erreichen. Am dorsalen Ende des Interspinalraumes biegen sie in eine Frontalebene um und ziehen nach lateral unten. Sie verflecht-

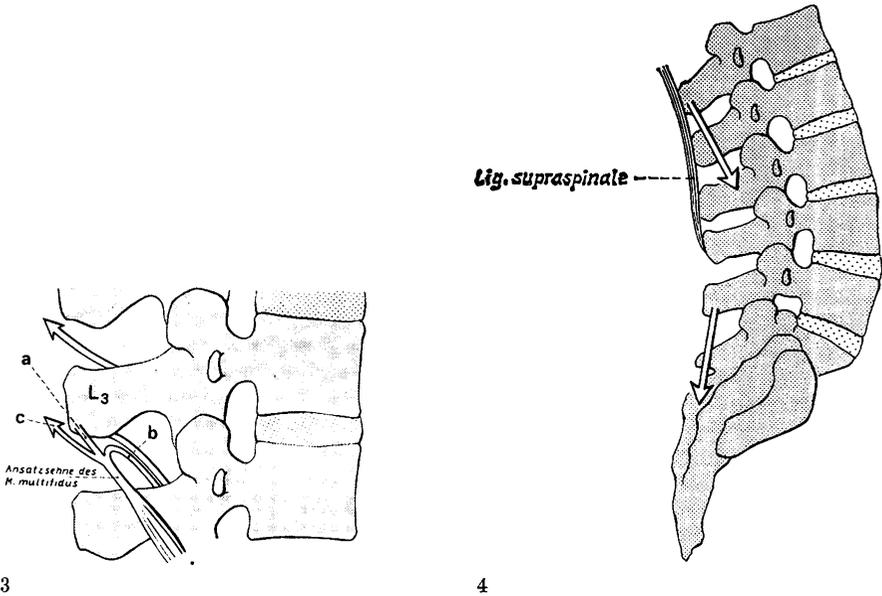


Abb. 3. Aufgliederung der Ansatzsehne des *M. multifidus* am 3. Lendenwirbeldorn mit Faserbündeln zur Dornfortsatzspitze (a), zum Lig. interspinale (b) und zur Fascia thoracolumbalis (aponeurotischer Anteil, c), Schema (Ansicht von lateral).

Abb. 4. Unterschiedliche Zugrichtungen des *M. multifidus* in der mittleren LWS und im lumbosakralen Übergangsegment (Ansicht von lateral).

ten sich mit der Fascia thoracolumbalis („Querzüge“). Eine ähnliche Anordnung lag bei einem Teil der Präparate auch im Bewegungssegment L_4/L_5 vor.

Die Abb. 4 zeigt die unterschiedliche Zugrichtung der Multifidussehne in der Lendenwirbelsäule und im lumbosakralen Übergangsbereich, obwohl sich auch die zum 5. Lendenwirbel ziehende Sehne des *M. multifidus* in der zuvor beschriebenen Weise aufzweigt. Während der Zug in den Lumbalsegmenten nach ventral und kaudal gerichtet ist, wirkt er im Segment L_5/S_1 eher axial, vorwiegend nach kaudal und gering nach dorsal. Das oberflächliche Blatt der *Fascia thoracolumbalis* besitzt in *Brust-* und *Halswirbelsäule* nur einen fasziellen Anteil, der an den Dornfortsatzspitzen und den sie miteinander verbindenden longitudinalen Faserzügen befestigt bzw. mit dem Lig. nuchae verwachsen ist.

Im *Lumbalbereich* besteht ein enger morphologischer Zusammenhang zwischen Ligg. interspinalia und Fascia thoracolumbalis. Man kann auf Grund unterschiedlicher Faserverläufe eine tiefe aponeurotische Schicht, die dem sakrospinalen System des *M. erector spinae* als Ursprung dient, und eine oberflächliche faszielle Schicht unterscheiden, die wir früher bereits ausführlich beschrieben haben (PRESTAR 1982). Hier sei lediglich nochmals darauf hingewiesen, daß in den unteren Lumbalsegmenten, kaudal des 4. Lendenwirbels, jeweils ein Teil der Fasern der oberflächlichen fasziellen Schicht zur Gegenseite kreuzt und so eine scherengitterförmige Anordnung bildet. Der Neigungswinkel dieser Faserbündel zur Transversalebene beträgt etwa 45° . Es ist auffällig, daß diese Konstruktion dort auftritt, wo das Lig. supraspinale nicht mehr ausgebildet ist (Abb. 4).

Als *Lig. supraspinale* bezeichnen wir die Faserzüge, die über die Dornfortsatzspitzen hinwegziehen und mehrere Bewegungssegmente als einheitliches Band überspannen. Es liegt charakteristischerweise oberflächlich zur *Fascia thoracolumbalis*, ist mit dieser verwachsen und an den Dornfortsatzspitzen befestigt. Zusammenhänge mit den *Ligg. interspinalia* konnten wir nicht feststellen. Seine stärkste Ausprägung erfährt das *Lig. supraspinale* im Lumbalbereich. Nach kranial nimmt es an Dicke ab. Im Bereich der Brustwirbelsäule, wo je 2 Dornfortsatzspitzen im Interspinalraum miteinander verbunden werden, lassen sich nur noch äußerst dünne Faserzüge über mehrere Segmente als *Lig. supraspinale* verfolgen. Zum Teil fehlen sie hier auch ganz. Nach kaudal endet das Ligament zwischen 3. und 5., meist am 4. Lendenwirbel. Es erreichte an keinem der untersuchten Präparate die *Crista sacralis mediana*.

Diskussion

In der *Halswirbelsäule* sind die Fasern des *Lig. nuchae* und der *Ligg. interspinalia* so ausgerichtet, daß sie auf die Zervikalwirbel einen nach postero-kaudal gerichteten Zug ausüben können. Er wirkt im Sinne der Erhaltung der Halslordose. Der passive ligamentäre Zug wird durch die Nackenmuskeln, deren Sehnen in das *Lig. nuchae* einstrahlen, aktiv unterstützt. Dieselbe Funktion haben Faserbündel im atlantookzipitalen Übergangsegment, die vom *Tuberculum posterius atlantis* im postero-kraniale Richtung zur *Crista occipitalis* nach unten ziehen und einem Vornübersinken des Kopfes entgegenwirken. Im Gegensatz dazu geben SOUTHWICK und KEGGI (1964) für diese Bandanteile keine exakte dorso-kraniale Anheftungsstelle an, sondern lassen sie bogenförmig in den übrigen Fasermassen des *Lig. nuchae* enden.

Eine wesentliche Bedeutung hat das *Lig. nuchae* beim Schleudertrauma der Halswirbelsäule, da es nach TÜREK (1977) einen Teil der bei extremer Ventralflexion einwirkenden Kräfte auffangen soll. Nach WALKER (1964) kann es bei Flexionsverletzungen zu starke Vorwärtsbeugung und ventrale Dislokation der Wirbel verhindern, so daß es nur dann zu einer Rückenmarkverletzung kommt, wenn eine knöcherner Fraktur mit gleichzeitiger Dislokation (*fracture-dislocation*) des betroffenen Wirbels auftritt bzw. die *Disci* geschädigt werden und Bandscheibengewebe in den Spinalkanal eintritt. Die Fallbeschreibungen von PETRIE (1964) sowie von BAKER und GRUBB (1983) zeigen, daß Schleudertraumen oft die Ursache für doppelseitige Frakturen der *Pedicularium* und der dorsal an die *Pedicularium* anschließenden Anteile der *Laminae*, der *Processus articulares* sowie der Wirbelkörper sind. Während die dorsalen Anteile der *Laminae* mit den *Processus spinosi* sowie das *Lig. nuchae* unverseht bleiben und ihre regelrechte Lage beibehalten, dislozieren die Wirbelkörper und die vorderen Bogenanteile nach ventral; das Rückenmark kann nach BAKER und GRUBB (1983) in diesen Fällen unverletzt bleiben. Halswirbelsäulentraumen führen somit eher zu knöchernen Frakturen als zu Rupturen des *Lig. nuchae*. Ein Ausreißen des Ligamentes aus der knöchernen Verankerung wird durch seine Befestigung an 3 Punkten jedes einzelnen Dornfortsatzes erschwert.

PETRIE (1964) konnte zeigen, daß es nach einer traumatisch bedingten Ruptur der *Ligg. interspinalia* zu einer so großen Instabilität der Halswirbelsäule kommt, daß eine knöcherner Fusion der betroffenen Wirbel notwendig wird.

Im Bereich der *Brustwirbelsäule* kommt dem membranartigen ventralen Teil des *Lig. interspinale* wohl keine mechanische Bedeutung zu. Die kräftigen, longitudinal verlaufenden Faserzüge, die die Dornfortsatzspitzen miteinander verbinden, werden bei Ventralflexion angespannt. Dadurch wirken sie, zusammen mit anderen Einrichtungen, bei der Begrenzung des Kyphosierungsgrades der Brustwirbelsäule mit. Von

allen synergistisch wirkenden Ligamenten (Lig. longitudinale posterius, Ligg. flava) greifen sie — sieht man vom Lig. supraspinale ab — am längsten Hebelarm an.

Um die Funktion der Ligg. interspinalia der *Lendenwirbelsäule* interpretieren zu können, muß man sich vergegenwärtigen, daß sowohl bei Ventral- als auch bei Dorsalflexion der Wirbelsäule eine Drehung der einzelnen Wirbel um eine quere Achse und eine Dorsalverschiebung des jeweils oberen Wirbels eines Bewegungssegmentes erfolgt (DITTMAR 1930; LANGE 1936). Die Processus articulares inferiores des oberen Wirbels hebeln sich gegen die Gelenkfortsätze des unteren Wirbels ab. Bei der Ventralflexion geht der ursprünglich gekrümmte Faserverlauf der Ligg. interspinalia in einen geraden Verlauf über, bis sich die Fasern schließlich anspannen. Sie wirken dann sowohl einer weiteren Drehung des Wirbels nach vorn als auch einer Dorsalverschiebung entgegen, da die Hauptfaserrichtung in Richtung der Resultierenden der beiden Einzelbewegungen verläuft. Diese Fasernordnung läßt in der Mittelstellung die Beweglichkeit unbeeinflusst, während in der Endstellung die Ventralflexion begrenzt wird. Auch bei der Dorsalflexion können die Ligg. interspinalia der Dorsalverschiebung des jeweils kranialen Wirbels entgegenwirken. So werden sowohl bei Ventral- als auch bei Dorsalflexion zu starke Scherbeanspruchungen der Disci intervertebrales vermieden.

In diesem Zusammenhang sei auf elektromyographische Untersuchungen über die Aktivität des *M. erector spinae* bei verschiedenen Flexionsgraden der Lendenwirbelsäule hingewiesen (FLOYD, SILVER 1955): Mit zunehmender Ventralflexion soll die Aktivität des *M. erector spinae* zunächst zunehmen, um dann, bei maximaler Vorwärtsbeugung, plötzlich abzusinken, so daß der Muskelkomplex völlig entspannt ist. Das bedeutet, daß diese Stellung ausschließlich durch den Bandapparat der Wirbelsäule fixiert wird, wobei den im Bereich der Dornfortsätze angreifenden Ligamenten auf Grund des günstigen Hebelarmes eine besondere Bedeutung zukommen dürfte.

Bei habitueller Hyperlordosierung der Lendenwirbelsäule wird das Lig. interspinale zwischen den Dornfortsatzspitzen des jeweiligen Bewegungssegments zusammengepreßt, die im Interspinalraum dorsal gelegenen Fasern werden zur *Fascia thoracolumbalis* gedrängt, so daß ein lokaler Gewebsdruck entsteht. Bei fortdauernder Hyperlordosierung mit Berührung der Dornfortsätze kann das zwischen ihnen liegende Fasergewebe zerstört und eine *Nearthrose* ausgebildet werden („kissing spines“ beim *Morbus Baastrup*). An unserem Untersuchungsgut konnte im Interspinalraum meist aller Lumbalsegmente — und nicht nur, wie von GRANT (1972) angegeben, zwischen 3. und 4. Lendenwirbeldorn — beiderseits des eigentlichen Lig. interspinale ein Schleimbeutel beobachtet werden. Deshalb erscheint uns die Deutung von GRANT (1972) zweifelhaft, daß der Schleimbeutel erst als Folge habitueller Hyperlordosierung entsteht. Wir interpretieren ihn als eine Gleiteinrichtung, mit deren Hilfe allzu große Reibung zwischen funktionell verschiedenen Strukturen (Lig. interspinale und *Fascia thoracolumbalis*) auch bei physiologisch gekrümmter Wirbelsäule herabgesetzt werden kann.

Das *Lig. supraspinale* wird bei Ventralflexion, also bei der Vergrößerung des Abstandes zweier Dornfortsätze, angespannt. Die Verkürzung des Bandes bei der Rückstellung wird durch die zuvor gedehnten elastischen Fasern gewährleistet. Wir schließen daraus, daß das *Lig. supraspinale* — ähnlich wie die *Ligg. flava* — zur Aufrechterhaltung der Wirbelsäule beiträgt und so den *M. erector spinae* passiv in seiner Funktion unterstützt. Dabei ist der lange Hebelarm von Vorteil, der durch die Befestigung an den hinteren Dornfortsatzenden gegeben ist.

Die klassischen anatomischen Darstellungen werden nach unseren Befunden den Beziehungen zu den benachbarten Strukturen nicht gerecht: so gehen die Faserzüge der Ligg. interspinalia nicht wie von GRAY'S *Anatomy* (1973) postuliert, in das *Lig. supraspinale* über; vielmehr strahlen die im hinteren Bereich des Interspinalraumes

gelegenen, in postero-kranialer Richtung eingestellten Faserbündel in den aponeurotischen Anteil der Fascia thoracolumbalis ein (Ursprungsaponeurose des sakrospinalen Systems des *M. erector spinae*).

Im lumbosakralen Übergang — fallweise auch im Bewegungssegment L4/5 — fehlt, wie wir schon früher ausgeführt haben, das Lig. supraspinale. Seine Funktion übernehmen

- die scherengitterförmig gekreuzten Fasern der Fascia thoracolumbalis,
- die von der Dornfortsatzspitze des 5. Lendenwirbels schräg nach kaudal ziehenden und in die Fascia thoracolumbalis einstrahlenden Fasern und
- als aktive Unterstützung die hier in fast axialer Richtung verlaufenden Multifiduszüge (Abb. 4).

Dieses muskulo-fibröse System erlaubt zwar eine größere Beweglichkeit als die longitudinale Verspannung durch das Lig. supraspinale in den höheren Wirbelsäulensegmenten, was durch die röntgenologischen Untersuchungen von BAKKE (1931) und TANZ (1953) bestätigt wird. Allerdings unterliegt der *M. erector spinae* in diesem Bereich einer stärkeren Beanspruchung, und die Anuli fibrosi der unteren Disci intervertebrales sind größeren Scherkräften ausgesetzt, da die passiven ligamentären Einrichtungen hier keine ausreichende Fixierung gewährleisten. Dies würde zumindest teilweise erklären, weshalb degenerative Veränderungen der Lendenbandscheiben am häufigsten im Lumbosakralsegment auftreten.

Literatur

- BAKER, R. P., and R. L. GRUBB: Complete fracture-dislocation of cervical spine without permanent neurological sequelae. *J. Neurosurg.*, Chicago 58 (1983) 760—762.
- BAKKE, S. N.: Röntgenologische Beobachtungen über die Bewegungen der Wirbelsäule. *Acta radiol. Suppl.*, Stockholm 13 (1931) 1—75.
- BRASH, J. C., and E. B. JAMIESON: *Cunningham's Textbook of Anatomy*. Oxford University Press, London, New York, Toronto 1943.
- BRAUS, H., und C. ELZE: *Anatomie des Menschen*. Bd. 1. J. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1954.
- DITTMAR, O.: Die sagittal- und lateralflexorische Bewegung der menschlichen Wirbelsäule im Röntgenbild. *Z. Anat. u. Entwickl.-Gesch.*, Berlin 92 (1930) 644—667.
- FARFAN, H. F.: Biomechanik der Lendenwirbelsäule. In: *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*. Bd. 80. Hrsg. von JUNGHANNS, H. Hippokrates, Stuttgart 1979.
- FICK, R.: *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke*. In: *Handbuch der Anatomie des Menschen*. Hrsg. von BARDELEBEN, K. v. G. Fischer, Jena 1904.
- FLOYD, W. F., and P. H. S. SILVER: The function of the Erector Spinae Muscles in certain Movements and Postures in Man. *J. Physiol.*, London 129 (1955) 184—203.
- FRICK, H., H. LEONHARDT und D. STARCK: *Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I*. In: *Taschenlehrbuch der gesamten Anatomie*. Bd. 1. G. Thieme, Stuttgart 1980.
- GRANT, J. C. B.: *Atlas of Anatomy*. The Williams & Wilkins Co., Baltimore 1972.
- GÜNTZ, E.: Die Kyphose im Jugendalter. In: *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*. Bd. 2. Hrsg. von JUNGHANNS, H. Hippokrates, Stuttgart 1957.
- HEYLINGS, D. J. A.: Supraspinous and Interspinous Ligaments of the Human Lumbar Spine. *J. Anat.*, London 125 (1978) 127—131.
- HOLLINSHEAD, W. H.: *Textbook of Anatomy*. Harper & Row, San Francisco, London 1974.
- LANGE, M.: *Die Wirbelgelenke*. J. Enke, Stuttgart 1936.
- MATTIASH, H. H.: Pathologische Veränderungen an den Dornfortsätzen (Osteoarthrosis inter-spinosa) in ihren Beziehungen zu Fehlbildungen der Wirbelsäule. *Med. Diss.*, Kiel 1949.
- PATURET, G.: *Traité d'Anatomie Humaine*. T. 1. Masson & Cie., Paris 1951.
- PETRIE, J. G.: Flexion Injuries of the Cervical Spine. In: *Disease and Trauma of the Cervical Spine*. *J. Bone & Joint Surg.*, Boston 46 A (1964) 1800—1806.

- PRESTAR, F. J.: Morphologie und Funktion der Ligamenta interspinalia und des Ligamentum supraspinale der Lendenwirbelsäule. *Morphol. Med.*, Weinheim 2 (1982) 53—58.
- PUTZ, R.: Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. In: *Normale und pathologische Anatomie*. Bd. 43. Hrsg. von DOERR, W., und H. LEONHARDT. G. Thieme, Stuttgart 1981.
- RAUBER, A., und F. KOPSCH: *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*. Bd. 1. Hrsg. von BARGMANN, W., H. LEONHARDT und G. TÖNDURY. G. Thieme, Stuttgart 1968.
- SOUTHWICK, W. O., and K. KEGGI: The Normal Cervical Spine. In: *Disease and Trauma of the Cervical Spine*. *J. Bone & Joint Surg.*, Boston 46 A (1964) 1767—1777.
- SPALTEHOLZ, W.: *Handatlas und Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. I. Teil. Bd. 2. Scheltema & Holkema, Amsterdam, Zürich, Stuttgart 1953.
- TANZ, S. S.: Motion of the Lumbar Spine. *Amer. J. Roentgenol., Radium Ther. & nucl. Med.*, Springfield 69 (1953) 399—412.
- TUREK, S. L.: *Orthopaedics*. Lippincott, Philadelphia, Toronto 1977.
- WALKER, A. E.: The Neurosurgeon's Viewpoint. In: *Disease and Trauma of the Cervical Spine*. *J. Bone & Joint Surg.*, Boston 46 A (1964) 1806—1810.
- WARWICK, R., and P. L. WILLIAM: *Gray's Anatomy*. Longman, London 1973.

Dr. F. J. PRESTAR, Anatomische Anstalt der Universität München, Pettenkoferstraße 11,
D - 8000 München.