

Einundsiebzigste Versammlung
in Rostock-Warnemünde

*Verhandlungen der
Anatomischen Gesellschaft*

Herausgegeben von
Wolfgang Kühnel, Aachen

Teil II



VEB Gustav Fischer Verlag Jena

R. PUTZ, Innsbruck:

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Innsbruck
(Vorstand: Univ. Prof. Dr. W. PLATZER)

Beitrag zur Morphologie und Funktion der kleinen Gelenke der Lendenwirbelsäule

Mit 3 Abbildungen im Text

Summary

By using anatomical preparations and radiographies it is tried to contribute to the knowledge of the synovial joints of the lumbar spine.

The articular facets of the lumbar vertebrae showed up to be not cylindrical, divergent to the usual description. There is no approximate common center of curvature for both right and left articular facets of one "motion-segment".

Out of this there result some consequences as to the role played by the synovial joints in the strain of rotation.

Die kleinen Gelenke erfüllen in den einzelnen Abschnitten der Wirbelsäule jeweils unterschiedliche Aufgaben. Wir haben uns im besonderen mit den Gelenkfortsätzen der Lendenwirbelsäule auseinandergesetzt und wollen den Versuch unternehmen, die Funktion des lumbalen Bewegungssegmentes in Beziehung zu bringen zu besonderen morphologischen Merkmalen der beteiligten Gelenkkörper.

Wir verwendeten für unsere Untersuchungen 78 isolierte Lendenwirbel sowie 24 komplette Wirbelsäulen.

Einige nicht mazerierte Wirbelsäulen wurden so zersägt, daß einzelne Bewegungssegmente (i. S. v. JUNGHANS) isoliert erhalten blieben. Von diesen Präparaten fertigten wir axiale Röntgenaufnahmen an.

An den einzelnen Wirbeln versuchten wir die Form der Gelenkflächen durch einfache Zahlen, etwa durch Winkelgrade oder Krümmungsradien auszudrücken. Wegen der beengten räumlichen Verhältnisse an den Fortsätzen der Wirbel fertigten wir dazu plastische Abdrücke an, die wir mit Winkelmessern und Kreisschablonen auswerteten.

In einem Bewegungssegment befinden sich jeweils 2 zwangsläufig kombinierte Gelenke, die von je zwei Processus articulares gebildet werden. In der Literatur werden die Gelenkflächen der Processus articulares superiores entweder mit planen oder mit zylindrisch gekrümmten Flächen verglichen. Wir unterschieden bei unseren Untersuchungen drei Grundformen (Abb. 1).

Die erste Gruppe entspricht der in der Literatur beschriebenen rein zylindrischen Form, wir fanden sie bei 33,7 % der untersuchten Wirbel. 66,3 % der ausgewerteten Flächen waren im Gegensatz dazu nicht zylindrisch gekrümmt. Eine ziemlich große Anzahl davon, nämlich 40,7 %, hatte unregelmäßig gekrümmte Gelenkflächen. Die mittlere Gruppe unseres Schemas zeigt die häufigsten gefundenen Abweichungen. Die dritte Gruppe, 25,6 %, umfaßt die Gelenkflächen, welche zwei Anteile aufweisen und in einem Winkel zueinander stehen. Der ventrale, kleinere Abschnitt der Gelenkfläche liegt fast parallel zur Frontalebene, während der dorsale, größere Abschnitt nach hinten eingestellt ist.

PROCESSUS ARTICULARES SUPERIORES

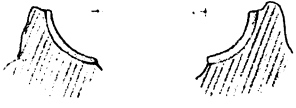
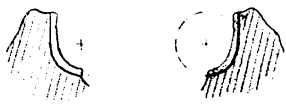

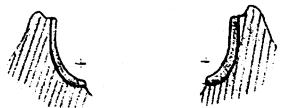

| | | |
|--|---|--|
|  <p>$r: \bar{x} = 11,5 \text{ mm}$</p> |  |  <p>$\bar{x} = 125^\circ$</p> |
| |  | |
| |  | |
| 33,7 % | 40,7 % | 25,6 % |
| 66,3 % | | |

Abb. 1. Form der Processus articulares superiores; Links, zylindrische Krümmung; Mitte, nicht zylindrisch gekrümmt; Rechts, abgewinkelte Form.

Die Orientierung der dorsalen Anteile der Gelenkflächen zu den Körperebenen steht in Beziehung zur segmentalen Höhe innerhalb der Lendenwirbelsäule. In diesem Rahmen soll darauf aber nicht besonders eingegangen werden.

In ähnlicher Weise haben wir die Gelenkflächen der Processus articulares inferiores untersucht (Abb. 2). Auch hier fanden sich 3 Grundtypen. Wir unterschieden:

1. eine kleinere Anzahl *zylindrisch* geformter Gelenkkörper;
2. eine Gruppe mit im wesentlichen *planen* Gelenkflächen, die allerdings im Bereich ihrer Vorderkante sehr häufig Abrundungen aufwiesen und eine
3. größere Gruppe, 43,3 %, deren Gelenkflächen *deutlich abgewinkelt* waren.

Darüber hinaus möchten wir auf eine weitere Art von Gelenkflächen an den Processus articulares inferiores hinweisen. Bei diesem „Mischtyp“ ist die Oberfläche im mittleren Abschnitt zylindrisch gekrümmt und läuft gegen die Spitze in einen deutlichen First aus, der 2 Gelenkfacetten voneinander trennt. Diese Fälle wurden von uns in der Gruppe der zylindrischen Gelenkflächen angeführt.

Selbstverständlich muß in diesem Zusammenhang auch der Gelenkknorpel berücksichtigt werden. In Übereinstimmung mit REICHMANN (1971) konnten wir feststellen, daß die Knorpelaufgabe im Zentrum der Gelenkflächen im allgemeinen etwas dicker ist als am Rande. Dennoch wird dadurch die Grundform der Gelenkfläche nicht wesentlich verändert.

PROCESSUS ARTICULARES INFERIORES


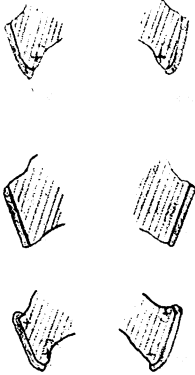

| | | |
|--|---|---|
|  <p>$r: \bar{x} = 25 \text{ mm}$</p> |  |  <p>$\bar{x} = 220^\circ$</p> |
| <p>16,0%</p> | <p>40,7%</p> | <p>43,3%</p> |
| <p>84,0%</p> | | |

Abb. 2. Form der Processus articulares inferiores; Links, zylindrische Krümmung; Mitte, nicht zylindrisch gekrümmt; Rechts, abgewinkelte Form.

Als nächstes prüften wir, inwieweit rechte und linke Gelenkfläche ein- und desselben Wirbels wenigstens annähernd Segmente einer gemeinsamen geometrischen Fläche darstellen könnten. Diese Auffassung findet sich sehr häufig, vor allem in der orthopädischen Literatur.

Zu diesem Zweck legten wir mit Hilfe von Schablonen, ohne Rücksicht auf die tatsächliche Form der Gelenkflächen, soweit irgend möglich die Lage von fiktiven Krümmungsmittelpunkten fest. Unsere Messungen ergaben, daß der Abstand dieser Krümmungszentren sehr stark variiert. Eine wenigstens annähernde Übereinstimmung, nämlich den Abstand 0, bzw. ± 2 , fanden wir nur bei 5 bzw. 2 Wirbeln.

Ähnlich wie bei den Processus articulares superiores ist auch bei den unteren Gelenkfortsätzen die Stellung der dorsalen Anteile der Gelenkflächen zu den Körperebenen von Bedeutung. Einerseits schließen sie sehr häufig einen Winkel in der Horizontalebene ein, dessen Größe, wie schon festgestellt, von der Höhe des lumbalen Segmentes abhängt. Andererseits finden wir bei sehr vielen Präparaten, daß die Gelenkflächen auch in der Frontalebene in einem spitzen Winkel zueinander stehen.

Auf Grund dieser morphologischen Feststellungen versuchten wir die Mechanik des lumbalen Bewegungssegmentes bei der Rotation neu zu interpretieren. In Abb. 3 (a) wird gezeigt, an welchen Angriffspunkten die Kräfte, die zur Rotation in diesem Wirbelsäulenabschnitt führen, angreifen.

Wie in den Untersuchungen von GREGGERSEN und LUCAS (1967) in Direktmessungen nachgewiesen wurde, ist eine geringgradige Rotation bis zur Begrenzung durch

die dorsalen Anteile der Gelenkflächen möglich. Das Ausmaß dieser Bewegung hängt aber von der Flexionshaltung der Lendenwirbelsäule, also vom jeweiligen Grad der Lordose, ab. Die *Processus articulares inferiores* sind bei stärkster Lordoseshaltung wie ein Keil zwischen die Gelenkflächen der *Processus articulares superiores* gewissermaßen eingetrieben. Bei Verringerung der Lordose werden sie nach dorsal verschoben. Der Gelenkspalt der rechten und linken Seite wird in der Folge zwangsläufig vergrößert, damit nimmt die Größe des maximal möglichen Rotationsausschlages zu. (Dieser Mechanismus ist allerdings nur dann zutreffend, wenn die dorsalen Abschnitte aller beteiligten Gelenkflächen nicht gerade plan-parallel in der Sagittalebene stehen.)

Wir leiten daraus ab, daß die Rotation im lumbalen Bewegungssegment um ein Rotationszentrum stattfindet, welches in der Mitte des *Discus intervertebralis* gelegen sein muß. In der Endstellung der Drehbewegung ändern sich die mechanischen Verhältnisse der Rotation allerdings wesentlich. In Abb. 3 (b) haben wir zu berücksichtigen versucht, daß nun zusätzliche Kräfte im dorsalen Bereich der *Processus articulares* wirksam werden. Einerseits besteht nach wie vor ein gewisser Zug durch tiefe Anteile der autochthonen Rückenmuskulatur, andererseits erfolgt zusätzlich eine Druckbelastung in der Folge der passiven Druckübertragung der Drehkräfte von Wirbel zu Wirbel.

Beachten wir in diesem Zusammenhang nun wieder die einzelne Gelenkfläche. Aus ihrer Form läßt sich unseres Erachtens ableiten, daß die Kräfte Momente der Rotation um einen Hebelpunkt wirksam werden, welcher am Übergang vom dorsalen zum ventralen Abschnitt der beteiligten Gelenkflächen gelegen ist. Damit erhalten die auf den *Discus* wirkenden Belastungen einen sehr viel längeren Hebelarm. Ein großer Teil der an den dorsalen Abschnitten des Wirbels ansetzenden Kräfte wird damit aufgefangen. Die Kräfte, die im Sinne der Scherung auf den

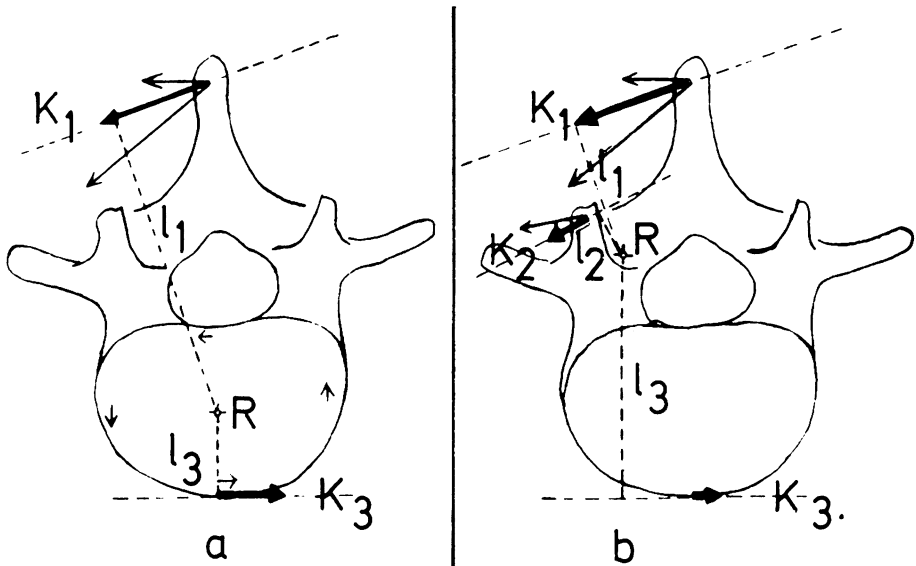


Abb. 3. Umrisskizze eines Lendenwirbels von oben; a) wirkende Kräftepaare während der Rotation; b) wirkende Kräfte und Gegenkräfte in der Endstellung der Rotation.

Discus intervertebralis – im besonderen auf den Anulus fibrosus – wirken, verhalten sich entsprechend dem Hebelgesetz. Der beschriebene Mechanismus setzt unseres Erachtens die Belastung der lumbalen Bandscheiben bei der Rotation wesentlich herab.

Wir haben versucht, von der Form der Gelenkflächen der Lendenwirbelsäule her einen Beitrag zur Mechanik der Beweglichkeit dieses Wirbelsäulenabschnittes zu leisten. R. FICK (1911) zählt diese Gelenke noch zu den „schlottrigen und unberechenbaren, bei denen die Ungenauigkeit der Ausführung zum Prinzip erhoben ist“.

Wir hoffen, daß uns hier der Nachweis gelungen ist, daß die räumliche Anordnung der Gelenkflächen der Wirbelgelenke einen wesentlichen Faktor für die Mechanik und die auftretenden Belastungen innerhalb der lumbalen Bewegungssegmente bei der Rotation darstellt.

Literatur

- FICK, R.: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. In: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, III. Teil. Fischer: Jena 1911.
- GREGERSEN, G., and D. B. LUCAS: An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine. *J. Bone Joint Surg.* **49**, 247–262 (1967).
- REICHMANN, S.: The postnatal Development of Form and Orientation of the Lumbar Intervertebral Joint Surfaces. *Z. Anat. Entw.-Gesch.* **133**, 102–123 (1971).
- SCHMORL, G., und H. JUNGHANS: Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik, 5. Aufl. Thieme: Stuttgart 1968.

Anschrift des Verfassers: Univ. Ass. Dr. med. REINHARD PUTZ, Anatomisches Institut der Universität Innsbruck; Müllerstraße 59, A - 6010 Innsbruck.