

1 Einleitung

Die Wirbelsäule repräsentiert anatomisch und funktionell das Zentrum des menschlichen Stütz- und Halteapparates. Körpereigengewicht, Muskelaktivität und das Tragen zusätzlicher Lasten erzeugen einen hohen Stabilisierungsbedarf. Gleichzeitig muss zur Steuerung von Körperposition und -beweglichkeit hohe Flexibilität – also Destabilisierung – in allen Ebenen des Raumes gewährleistet sein. Der besondere Anspruch an die Biomechanik der Wirbelsäule besteht in der funktionellen Synthese dieser widersprüchlichen Anforderungen. Gelingt diese Synthese nicht oder im Zuge belastungsbedingter Degeneration nicht mehr, so entsteht eine Balancestörung, an der nicht nur die eingetretene funktionelle Einschränkung selbst, sondern auch eine durch sie ausgelöste komplexe Gegenreaktion beteiligt sein können:

Liegt beispielsweise eine Funktionsstörung im Sinne einer Hypermobilität bzw. eines Stabilitätsverlustes vor, dann wird eine Kaskade von „stabilisierenden“ Gegenreaktionen ausgelöst, die von muskulären Verspannungen über reversible und in der Folge fixierten Fehlhaltungen bis zu reaktiven Knochenumbauten reicht; umgekehrt kann eine pathologische Bewegungseinschränkung eine – ausgleichende – Hypermobilität benachbarter Segmente bewirken. Die so entstandenen komplexen Gefügestörungen werden oft erst nach langen Phasen der Toleranz und des reaktiven „Umbaus“ klinisch auffällig und sind entsprechend schwer zu therapieren. Sie in ihren kausalen Bezügen möglichst weit zurückzuverfolgen würde die Chance eröffnen, früher, gezielter und nicht zuletzt auch mit einem präventiven Anspruch zu behandeln.

1.1 Die Lendenwirbelsäule – das „teuerste“ Organ der Gegenwart

Die Untersuchung spektakulärer Wirbelsäulenfunde aus frühesten stammesgeschichtlichen Perioden spricht gegen eine Wertung degenerativ bedingter Rückenbeschwerden als Zeiterscheinung bzw. spezifisches Merkmal der industriellen oder postindustriellen Gesellschaft. Haltungsbedingte Rückenbeschwerden begleiteten den Menschen nach allem, was wir heute wissen, durch seine gesamte stammesgeschichtliche Entwicklung:

Funde degenerativ veränderter Wirbelsäulen aus dem Neolithikum lassen darauf schließen, dass die physiologisch günstigere Beanspruchung des Achsorgans durch die Jagd mit überwiegend gehender Tätigkeit und häufigem Positionswechsel einer Minderheit vorbehalten war. Die physiologisch ungünstigen, meist in sitzender Position verrichteten aufwendigen Arbeiten der Nahrungsmittelzubereitung und Fellverarbeitung dagegen führten zu schweren degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule.

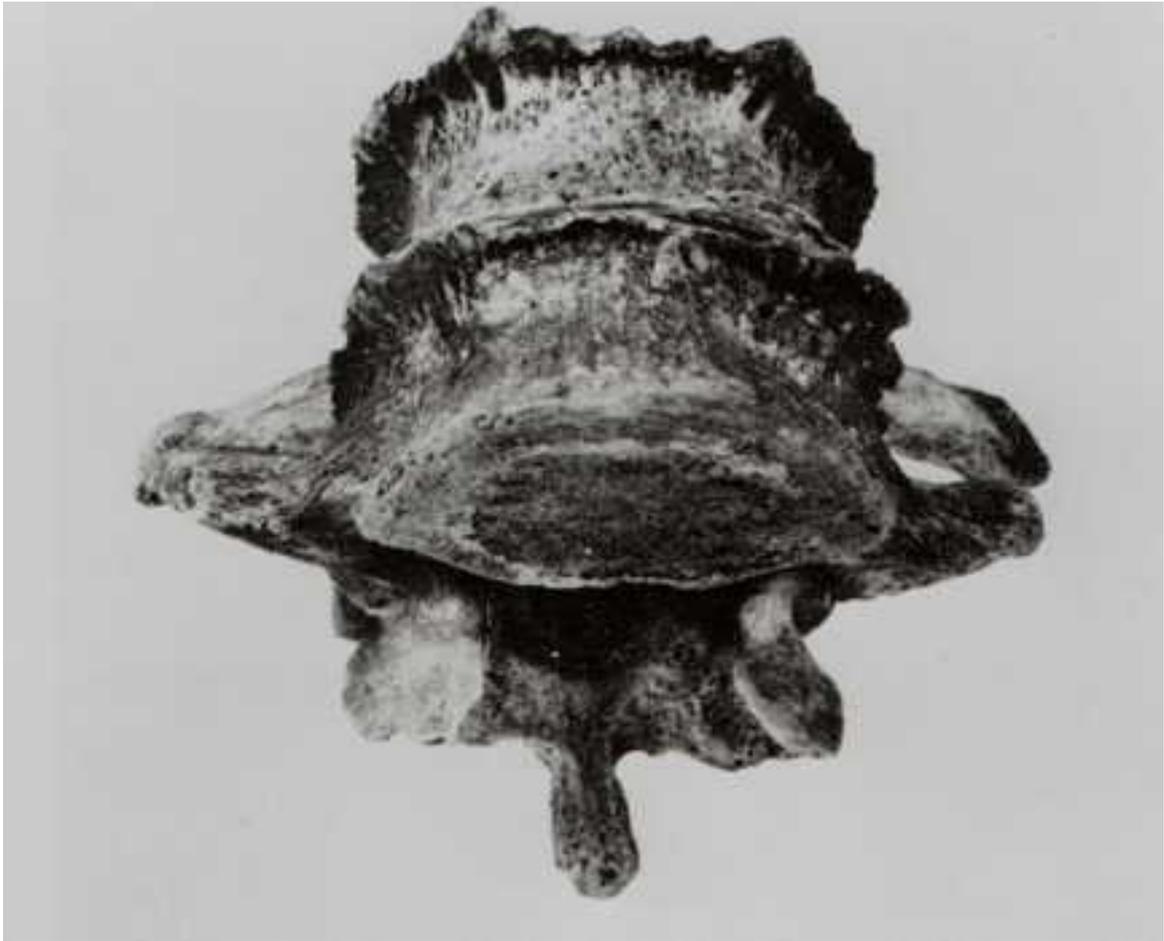


Abb. 1: Lendenwirbel aus neolithischer Bestattung (Hocker III/1934) von Hassleben/Thüringen mit starken spondylotischen Veränderungen [Abb.Verz. Nr.1]

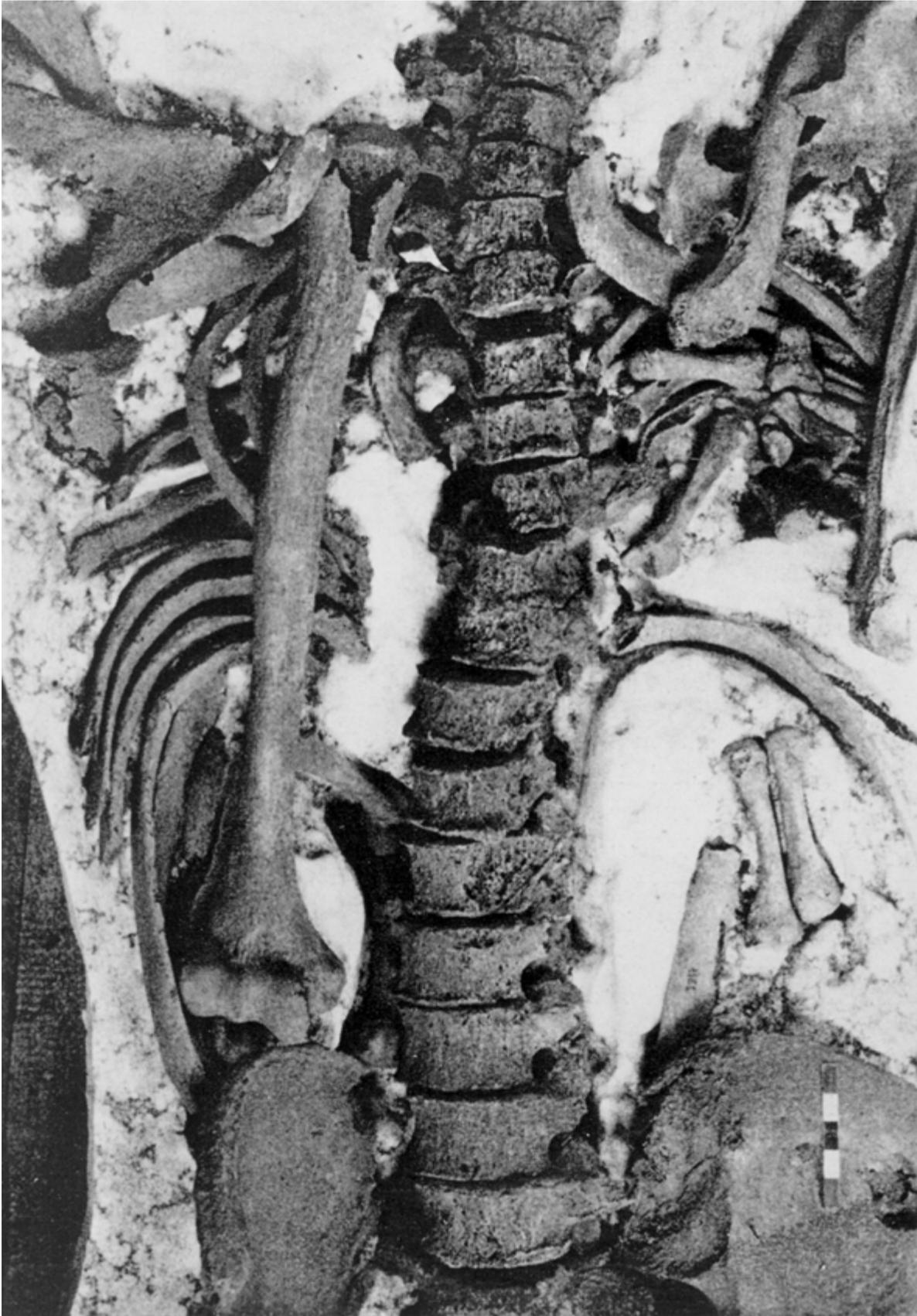


Abb. 2: Übersichtsaufnahme 1 aus neolithischer Bestattung (Hocker III/1934) von Hassleben/Thüringen mit starken spondylotischen Veränderungen [Abb.Verz.Nr.2]



Abb. 3: Hals- und Brustwirbelsäule einer neolithischen Bestattung von Zauschwitz (Hocker III/53) mit spondylotischen Veränderungen (Landesmuseum für Vorgeschichte Dresden) [Abb.Verz.Nr.3]

Sinngemäße Rückschlüsse auf soziale Umstände und Lebensgewohnheiten ließen auch degenerative Veränderungen an Wirbelsäulenfunden aus späteren Perioden zu.

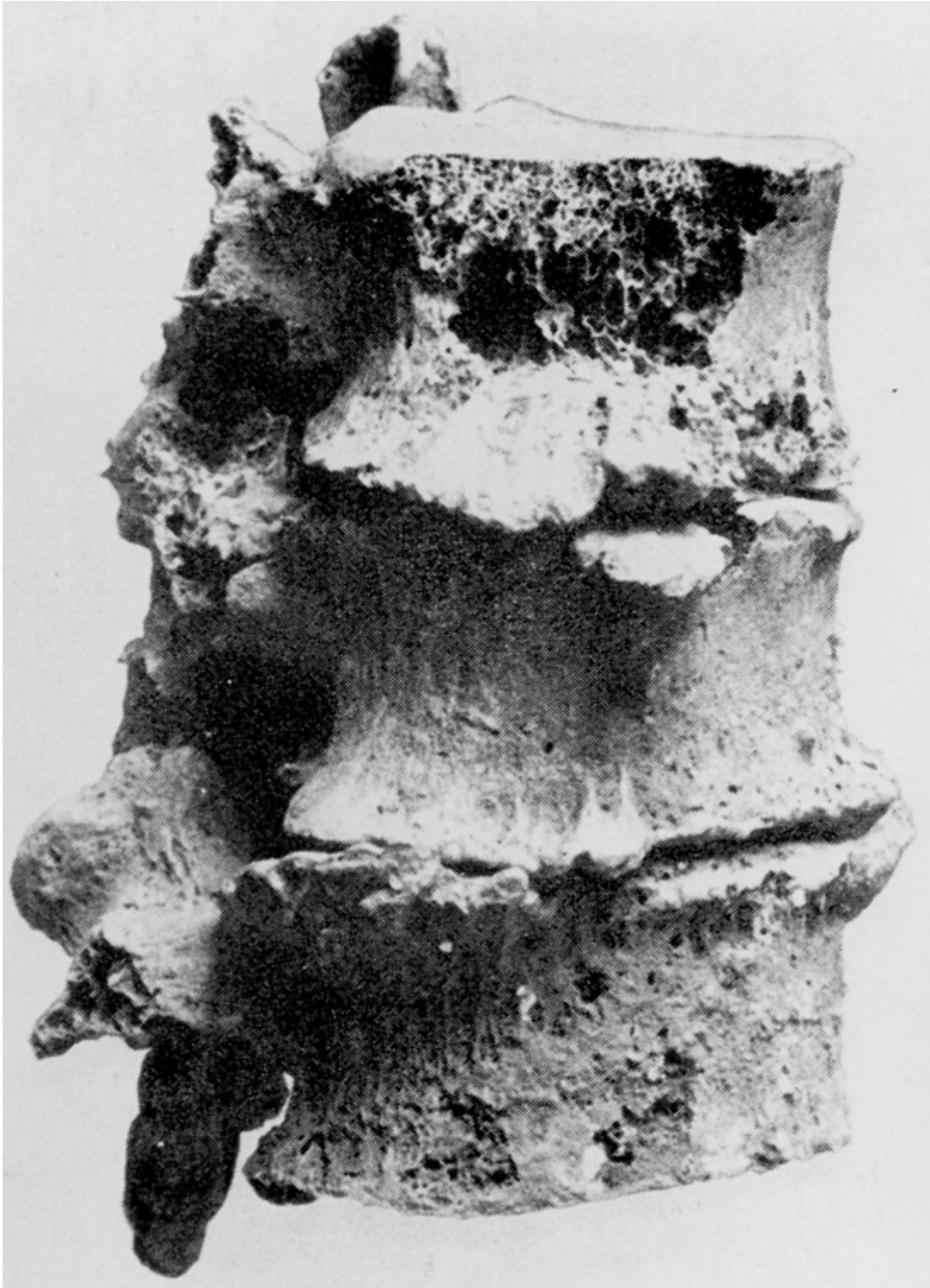


Abb.4: Vierter und fünfter Lendenwirbel aus dem späten Mittelalter von Duster-Reckahn (Nr. 5971) mit spondylotischen Veränderungen [Abb.Verz.Nr.4]

Heute sind degenerative Erkrankungen der Lendenwirbelsäule einer der häufigsten gesundheitlichen Gründe für das vorzeitige Ende einer beruflichen Laufbahn . Noch häufiger – und mit einer Kulmination in der produktivsten mittleren Lebensphase – führen sie zu langen Perioden der Arbeitsunfähigkeit [51].

Rückenschmerzen betreffen im Verlauf eines Jahres 62% der Frauen und 56% der Männer [51].

Alter	Männliche Bevölkerung		Weibliche Bevölkerung	
	Starke Schmerzen	Mäßige Schmerzen	Starke Schmerzen	Mäßige Schmerzen
70-79	17,6	33,2	28,1	32,8
60-69	18,7	38,0	23,3	39,9
50-59	18,5	41,6	23,5	41,3
40-49	11,6	39,8	16,6	41,2
30-39	9,0	30,3	12,4	36,0
20-29	7,4	30,2	6,7	38,1

Abb. 5: Altersverteilung mäßiger Rückenschmerzen in % der Gesamtbevölkerung [Abb.Verz.Nr.5]

Durch Rückenschmerzen werden 15 % aller Arbeitsunfähigkeitstage verursacht. Für den Bereich der gesetzlichen Krankenversicherung wurden 1993 3,7 Millionen Arbeitsunfähigkeits-Fälle mit 75,5 Millionen Arbeitsunfähigkeitstagen (15% aller AU-Tage) mit Rückenproblemen begründet. Die mittlere AU-Dauer lag um 6 Tage über dem Durchschnitt von 15 Tagen. Diese Entwicklung scheint seit 10 Jahren ein konstantes Plateau erreicht zu haben [51]:

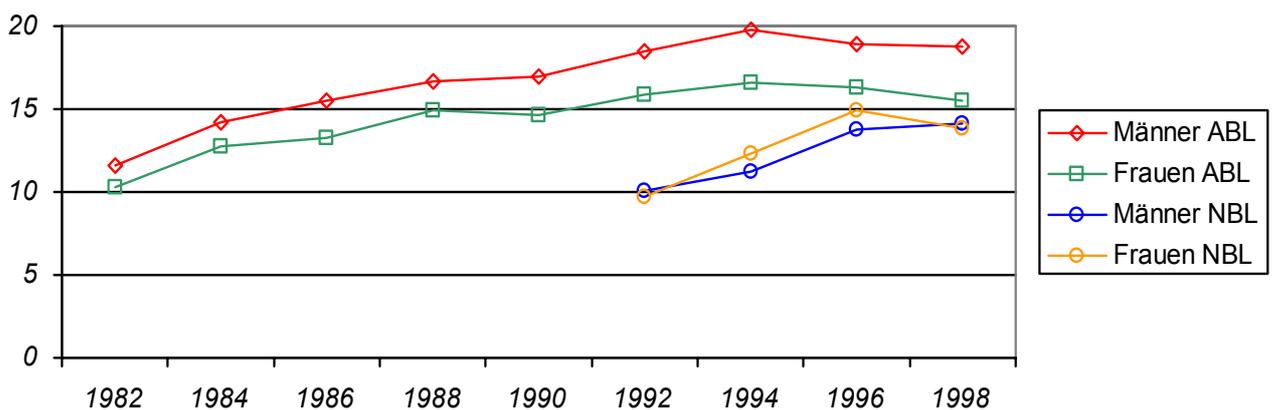


Abb. 6: Arbeitsunfähigkeitstage wegen Krankheit der Wirbelsäule und des Rückens. Fallzahlen in Prozent der gesamten Arbeitsunfähigkeitstage [Abb.Verz.Nr.6]

Die Ausgaben für direkte Krankheitskosten sind mit 30 Milliarden DM (1999) hoch, und der Verlust an Erwerbstätigkeitsjahren durch Arbeitsunfähigkeit und Invalidität führt zu einer großen ökonomischen Belastung [18,19].

Von 192229 Frühberentungen entfielen 1987 32609 (17%) auf Krankheiten der Wirbelsäule. Dieser Anteil lag 1992 schon bei 40401 (21%) von 194776 Fällen. Die Kosten für stationäre Behandlung, Rehabilitation und Berentung beliefen sich 1999 auf 30 Millionen DM, direkte und indirekte Krankheitskosten auf insgesamt 50 Milliarden DM [52].

Die Ursachen dieser Entwicklung sind vielfältig und nach Ansicht des statistischen Bundesamtes wesentlich mit der historischen Entwicklung westlicher Sozialsysteme mit z. T. sehr kulanten Entschädigungsmechanismen verknüpft:

„Die Veränderungen der demographischen und sozialen Strukturen der Bevölkerung, der medizinisch-technische Fortschritt und die wachsenden wirtschaftlichen Möglichkeiten haben in der Vergangenheit zu einer enormen Ausweitung des Leistungsgeschehens im Gesundheitswesen geführt“[53]. In Bezug auf degenerative Wirbelsäulenerkrankungen ist ein entsprechend ökonomisch orientierter „Entwicklungsdruck“ neuer Therapieverfahren zu erkennen, der zu einer rapide sinkenden Halbwertszeit gerade eingeführter Behandlungsmethoden führt.

Die gegenwärtige ökonomische Situation setzt einer weiteren Expansion konservativer und operativer Therapieverfahren zunehmend Grenzen. Im Gesundheitsbericht des Robert Koch Institutes werden zur Einsparung von Folgekosten vor dem Hintergrund positiver klinischer Studienergebnisse [28] Lösungsansätze im Sinne präventiver Maßnahmen diskutiert.

Die gegenwärtig noch von unterschiedlichen Interessen motivierten, divergierenden Behandlungsstrategien und die im Folgenden ausgeführten besonderen konzeptionellen Probleme im Bereich der Behandlung degenerativer Erkrankungen der Wirbelsäule lassen die Erstellung von verbindlichen Leitlinien ratsam erscheinen.

1.1.1 Diagnostische Probleme

Die klare Kausalkette akuter – etwa traumatischer – Affektionen mit einem unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang zwischen einer (verursachenden) morphologischen Veränderung und dem Auftreten der Symptomatik fehlt bei degenerativen Beschwerdebildern in der Regel. Ausnahmen bilden nur akute Ereignisse auf dem Boden einer degenerativen Vorschädigung, wie z.B. der Bandscheibenvorfall.

Lokalisation und Mechanismus des Auslösers eines degenerativ gerierten Symptoms sind bei fortgeschrittenen reaktiven Umbauten oft nicht mehr eingrenzbar:

- Komplexe Symptome sind in einer Region enger Nachbarschaft potentieller Schmerzauslöser oft nicht eindeutig einem konkreten pathophysiologischen Zusammenhang zuzuordnen.
- Zwischen sichtbaren degenerativen morphologischen Veränderungen der Wirbelsäule und klinischen Beschwerden besteht umgekehrt keine eindeutige Korrelation: Bei 19,5% beschwerdefreier Patienten wurde im CT ein Diskusprolaps gefunden [62].
- Ein erheblicher Einfluß psychischer Faktoren ist – wie bei vielen Schmerzsyndromen – zu unterstellen [47]. Nach ersten Ergebnissen einer eigenen prospektiven Studie zeigten beispielsweise über 30% der uns mit klarem morphologischem Befund

selektiv zu einer (Bandscheiben)operation zugewiesenen Patienten vom Neurochirurgen nicht identifizierte Verhaltensauffälligkeiten, die zu einer psychosomatischen (ICD-10) Diagnose führten.

Axiale Rotationen zeigen multiplanare Bewegungsabläufe mit erheblichen Anteilen unterschiedlicher, nicht-axialer Rotationen (coupled motion). Die Standarddiagnostik der Wirbelsäule, bestehend aus Röntgen-Nativaufnahmen und Myelographie, CT oder MRT, kann auch mit „dynamischen“ Untersuchungstechniken (Rö-, Myelo-, Kernspinfunktionsaufnahmen) multidirektionale Bewegungsmuster, d.h. Rotationen um mehr als eine Achse nicht oder nur eingeschränkt darstellen. Physiologische, aber auch hypermobilitäts- oder instabilitätsbedingte Rotationsauffälligkeiten können deshalb bisher nur unter experimentellen Bedingungen erfasst werden [5]. Radiologische „Normen“ wie etwa Instabilitätskriterien existieren entsprechend nur für gut darstellbare überwiegend monoplanare Rotationen (Flexion + Extension) [43,49].

1.1.2 Probleme der Therapieplanung

In der Konsequenz werden viele diagnostisch nicht befriedigend spezifizierbare Beschwerdebilder ohne wirklich fundierte Indikationskriterien zahlreichen konkurrierenden interventionellen, endoskopischen, mikro- und makroskopischen Operationsmethoden zugeführt. Neben einer kontinuierlich steigenden Anzahl von Bandscheibenoperationen und Schmerzeingriffen ist dabei eine zunehmende Frequenz von (kurzstreckigen) Stabilisierungs- bzw. Fusionsoperationen unter der Annahme einer "Gefügestörung" oder Instabilität zu beobachten [26].

Diese Entwicklung zeigt, dass die Diskussion biomechanischer Implikationen degenerativer Veränderungen in der klinischen Praxis grundsätzlich Niederschlag findet. Da sich allerdings klinische Konzepte schon in der Definition des Begriffes Instabilität unterscheiden, kann von den darauf aufbauenden diagnostischen oder therapeutischen Kriterien erst recht keine Übereinstimmung erwartet werden¹.

In der Praxis kommen deshalb eine Vielzahl unterschiedlicher diagnostischer Klassifikationen und operativer Strategien zur Anwendung. Diese Vielfalt individuell variierter Kriterien und Techniken macht eine vergleichende Einschätzung nahezu unmöglich. Allen gängigen Verfahren gemeinsam sind jedoch grundsätzliche Einschränkungen.

- Mit der erfolgreichen Osteosynthese wird die vollständige Immobilisierung des instabilen Bereiches hergestellt. Damit ist ein irreversibler unphysiologischer Zustand eingetreten, der langfristig etwa zur Überlastung der beanspruchten Nachbarsegmente führen kann [15].

¹ "I don't know what you mean by ,glory'," Alice said.

Humpty Dumpty smiled contemptuously. "Of course you don't – till I tell you. I meant ,there's a nice knock-down argument for you'!"

"But ,glory' doesn't mean a nice knock-down argument," Alice objected.

"When I use a word," Humpty Dumpty said, "it means just what I choose it to mean, neither more nor less."

"The question is," said Alice, "whether you can make words mean so many different things."

"The question is," said Humpty Dumpty, "which is to be the Master – that's all."

- Da der physiologische Bewegungsspielraum nicht für alle Ebenen des Raumes bekannt ist, fehlen die definierenden Voraussetzungen für eine denkbare semiflexible Instrumentation, die einer vollständigen Restitution physiologischer Verhältnisse theoretisch am nächsten käme [14].

Zusammenfassend ist die gegenwärtige Behandlung der degenerativ bedingten Gefügestörung mit einigen diagnostischen und daraus resultierenden konzeptionellen Problemen konfrontiert. Dies gilt besonders für komplexe Bewegungsmuster wie die axiale Rotation der LWS, der durch experimentelle Hinweise auf die Auslösung degenerativer Bandscheibenerkrankungen klinische Bedeutung zugeschrieben wird [3,4,6,16,29,37,50].

Sie wird experimentell widersprüchlich beschrieben [12,16,25,27,38,41,48,57,61] und ist in der klinischen Praxis diagnostisch nicht erfassbar [5,58]. Der Einfluß relevanter anatomischer Strukturen und ihrer Variationen auf das Torsionsverhalten ist nicht geklärt [1,2,21,30,32,33,36,39,54,59]. Die experimentelle kinematische Beschreibung der komplexen Rotation durch die Definition der Rotationsachsen und der helikalen summarischen Rotationsachse (Helical axis of motion=HAM) führte zu widersprüchlichen Ergebnissen [38,40]. Die biomechanischen Grundlagen therapeutischer Konzepte in der Behandlung der lumbalen Instabilität sind umstritten.

Die hier vorgestellte Untersuchung hat es sich zum Ziel gesetzt, das kontrovers diskutierte Rotationsverhalten der lumbalen Wirbelsäule kinematisch zu untersuchen. Dazu wurde am Beispiel der axialen Rotation ein neuer Ansatz entwickelt, komplexe Bewegungsabläufe sichtbar und meßbar zu machen. Mit dem im Experiment am kontrolliert bewegten frischen Präparat (Specimen) gewonnenen Datenmaterial kann ein Bewegungsablauf virtuell auf die 3-D-Rekonstruktion des Specimen übertragen und aus jeder gewünschten Blickrichtung verfolgt werden. Am intakten Präparat nicht einsehbare geometrische Konstellationen, wie z.B. die Beziehung der Gelenkflächen zueinander, können in jeder Phase der Bewegung demonstriert und analysiert werden. Der materialbedingt zeitlich limitierte Versuchsablauf bleibt so virtuell dauerhaft verfügbar.

Die Methode eröffnet so die Perspektive einer vergleichenden Analyse bzw. Kategorisierung von Bewegungsmustern unterschiedlich geformter Bewegungssegmente. Damit könnte der Einfluß der Geometrie des Bewegungssegmentes auf das individuelle Bewegungsmuster definiert werden. Umgekehrt wird mit der Definition Morphologie-korrelierter typischer Rotationsachsen die virtuelle Funktionsuntersuchung eines beliebigen Bewegungssegmentes anhand einer einfachen CT ermöglicht, die dreidimensional rekonstruiert und mittels definierter Rotationsachsen animiert werden kann.