

Jörn Westerhoff

**Quantifizierung arbeitsinduzierter
Wirbelsäulenbelastungen beim Heben und
Tragen im Rettungsdienst**

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplom.de
ISBN: 9783832454678

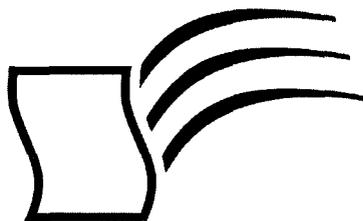
Jörn Westerhoff

Quantifizierung arbeitsinduzierter Wirbelsäulenbelastungen beim Heben und Tragen im Rettungsdienst

Jörn Westerhoff

Quantifizierung arbeitsinduzierter Wirbelsäulenbelastungen beim Heben und Tragen im Rettungsdienst

Diplomarbeit
an der Deutschen Sporthochschule Köln
Fachbereich Sportwissenschaft
Institut für Musik- u. Tanzpädagogik/Leichtathl. u. Turnen
Februar 1999 Abgabe



Diplom.de

Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____

Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____

agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

ID 5467

Westerhoff, Jörn: Quantifizierung arbeitsinduzierter Wirbelsäulenbelastungen beim Heben und Tragen im Rettungsdienst / Jörn Westerhoff - Hamburg: Diplomica GmbH, 2002
Zugl.: Köln, Sporthochschule, Diplomarbeit, 1999

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2002
Printed in Germany

1. Referent: Dr. sportwiss. Uwe Kersting
Institut für Leichtathletik und Turnen

2. Referent: Dr. sportwiss. Adamantios Arampatzis
Institut für Leichtathletik und Turnen

Eidesstattliche Versicherung:

Ich versichere hierdurch an Eides statt, daß ich diese Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen angefertigt habe. Wörtlich angegebene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die Wirbelsäule und ihre Belastung im Beruf	2
2.1	Die Wirbelsäule aus anatomisch-biomechanischer Sicht	2
2.1.1	Anatomie	2
2.1.2	Biomechanik	7
2.2	Die Wirbelsäule beim Heben und Tragen	10
2.2.1	Kosten	10
2.2.2	Arbeitsmedizinische Bedeutung der Wirbelsäule	11
2.2.3	Die Belastbarkeit der Wirbelsäule	13
2.3	Besondere Bedingungen im Rettungsdienst	17
2.3.1	Das Berufsbild eines Rettungsassistenten	17
2.3.2	Untersuchungen der Wirbelsäule im Rettungsdienst	19
2.3.3	Präventivmaßnahmen im Rettungsdienst	21
3	Problemstellung	23
4	Wirbelsäule und Rettungsdienst	25
4.1	Fragestellungen	25
4.1.1	Fragebogen	25
4.1.2	Muskelfunktionsanalyse	25
4.1.3	Mobilitätsanalyse	26
4.1.4	Tätigkeitsspezifische Belastungsanalyse	26
4.2	Methode	28
4.2.1	Design der Studie	28
4.2.2	Teiluntersuchung I: Muskelfunktionsanalyse	29
4.2.2.1	Merkmalsstichprobe	29
4.2.2.2	Meßmethodik	30
4.2.2.3	Untersuchungsdurchführung	34
4.2.2.4	Probleme bei der Untersuchungsdurchführung	35
4.2.3	Teiluntersuchung II: Mobilitätsanalyse	35
4.2.3.1	Merkmalsstichprobe	35
4.2.3.2	Meßmethodik	36
4.2.3.3	Untersuchungsdurchführung	38
4.2.3.4	Probleme bei der Untersuchungsdurchführung	39

4.2.4	Teiluntersuchung III: Tätigkeitsspezifische Belastungsanalyse	39
4.2.4.1	Merkmalsstichprobe	39
4.2.4.2	Meßmethodik	43
4.2.4.3	Untersuchungsdurchführung	50
4.2.4.4	Probleme bei der Untersuchungsdurchführung	54
4.2.5	Personenstichprobe der Mitarbeiter im Rettungsdienst	55
4.2.5.1	Anthropometrische Daten	55
4.2.5.2	Berufsspezifische Daten	56
4.2.5.3	Sportspezifische Daten	56
4.2.5.4	Medizinische Daten	57
4.2.5.5	Auswahlkriterien	57
4.2.6	Statistische Verfahren	59
5	Ergebnisse und Diskussion	60
5.1	Anamnesebogen	60
5.1.1	Allgemeine Charakteristika	60
5.1.2	Ausgewähltes Probandenkollektiv	63
5.1.2.1	Anthropometrie	64
5.1.2.2	Rettungsdienstliche Angaben	64
5.1.2.3	Sportspezifische Angaben	66
5.1.2.4	Medizinische Angaben	69
5.2	Teiluntersuchung I: Muskelfunktionsanalyse	73
5.3	Teiluntersuchung II: Mobilitätsanalyse	84
5.4	Teiluntersuchung III: Tätigkeitsspezifische Belastungsanalyse	91
5.4.1	Das Anheben der Trage	91
5.4.2	Das Absetzen der Trage	101
5.4.3	Das treppauf Tragen der Trage	107
5.4.4	Das treppab Tragen der Trage	114
6	Zusammenfassung	121
7	Literatur	123

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

a	gemessener AD-Wert der Beschleunigungsaufnehmer
a₀	gemessener AD-Wert der Beschleunigungsaufnehmer aus der Standmessung
ACC_{fro}	Position des Beckens im Raum (in der Frontalebene)
ACC_{sag}	Position des Beckens im Raum (in der Sagittalebene)
AD-Werte	Umwandlung analoger Signale in digitale Signale (dimensionslos)
B₀, B₁, B₂	Koeffizienten für die Regressionsgleichungen nach ZACIORSKIJ (1984)
Bfg	beschwerdefreie Gruppe
Bg	Beschwerdegruppe
BK	Berufskrankheit
BWS	Brustwirbelsäule
bzw	beziehungsweise
ca	circa
CMS	Coordinate measuring system
DMS	Dehnungsmeßstreifen
EMG	Elekromyographie
Fa	Firma
FL/EX	Flexion/Extension des Rumpfes in der Sagittalebene
FL/EX_{Hü_li}	Flexion/Extension der linken Hüfte
FL/EX_{Hü_re}	Flexion/Extension der rechten Hüfte
G	Gewichtskraft [AD]
HWS	Halswirbelsäule

inkl	inklusive
K1 – K4	Auswahlkriterien für die Gruppeneinteilung der Probanden
K EXT	Maximalkraft Extensoren [Nm]
K FLEX	Maximalkraft Flexoren [Nm]
K LAT_R	Maximalkraft Lateralflexoren rechts [Nm]
K LAT_L	Maximalkraft Lateralflexoren links [Nm]
LAT	Lateralflexion des Rumpfes in der Frontalebene
LAT_{Br}	Lateralflexion des Rumpfes (Brusthöhe) in der Frontalebene
Lig	Ligamentum
Ligg	Ligamenta
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Muskulus
M_de	M. deltoideus
M_gl	M. gluteus maximus
M_la	M. latissimus dorsi
mm	Millimeter
Mm.	Muskuli
M_re	M. rectus abdominis
Ms	Millisekunden
M_s1	M. erector spinae (Höhe Th11/12)
M_s2	M. erector spinae (Höhe L2/3)
M_tr	M. trapezius
n	Häufigkeit
N	Newton
ns	nicht signifikant
p	Irrtumswahrscheinlichkeit p

r	Korrelationskoeffizient
RA	Rettungsassistent
R FLEX_EXT	Kraftverhältnis Flexoren/Extensoren
R LAT R_L	Kraftverhältnis Lateralflexoren rechts/links
ROT	Rotation des Rumpfes um die Vertikalachse
SD	Standardabweichung
Std	Stunden
Td	statistische Tendenz auf dem 10%-Signifikanzniveau
TU	Teiluntersuchung
	gemessener Winkel der Beckenposition[°]
*	Signifikanz für p P 0,05
**	Signifikanz für p P 0,01
***	Signifikanz für p P 0,001

1 Einleitung

Rückenschmerzen und Erkrankungen der Wirbelsäule gelten mittlerweile als die bedeutendsten Zivilisationserkrankungen. Sie verursachen große Kosten im medizinischen, sozialen und ökonomischen Bereich (RASPE/KOHLMANN 1993; KEMPF 1996, 9f.). Durch Bewegungsmangel und einseitige Belastungen der Wirbelsäule entstehen muskuläre Dysbalancen und Defizite in der muskulären Leistungsfähigkeit. Hohe Gewichtsbelastungen im Berufsalltag können zu Schädigungen an der Wirbelsäule und an den Bandscheiben führen.

Mit Einführung der Berufskrankheit 2108 im Jahre 1993 wird die Anerkennung von bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben und Tragen von Lasten als Berufskrankheit möglich. Es muß jedoch der Nachweis erbracht werden, daß die Ausübung des Berufes ursächlich für die Entstehung der Wirbelsäulenerkrankung ist. Biomechanische Modelle versuchen die Belastung der Wirbelsäule zu berechnen (SCHNEIDER/MORLOCK 1995), um den Nachweis der Kausalität von Arbeitsplatzbelastungen für die Entstehung von bandscheibenbedingten Wirbelsäulenerkrankungen führen zu können. Mehrere Studien beschäftigten sich seitdem mit der Quantifizierung der Arbeitsplatzbelastung in verschiedenen Berufszweigen (BRÜGGEMANN ET AL. 1994; MORLOCK ET. AL. 1996; BRÜGGEMANN ET AL. 1998). Die Quantifizierung der Arbeitsplatzbelastung im Rettungsdienst wurde bisher nicht analysiert, obwohl in diesem Berufszweig durch häufiges Heben und Tragen von Patienten und medizinischen Geräten eine erhöhte Belastung der Wirbelsäule zu vermuten ist. Das Ziel der vorliegenden Studie liegt in der Quantifizierung der arbeitsbedingten Belastung der Wirbelsäule in verschiedenen berufstypischen Situationen des Rettungsdienstes, unter der Berücksichtigung der individuellen physischen Voraussetzungen der Mitarbeiter.

2 Die Wirbelsäule und ihre Belastung im Beruf

2.1 Die Wirbelsäule aus anatomisch-biomechanischer Sicht

2.1.1 Anatomie

Die Wirbelsäule des Menschen wird laut PUTZ/MÜLLER-GERBL (1995) oft voreilig als Fehlentwicklung der Evolution bezeichnet. Sie stellt jedoch aufgrund ihrer Komplexität in bezug auf Stabilität und Mobilität ein wahres Meisterwerk in der Evolution dar. Die Wirbelsäule hat sich im Laufe der Evolution an die speziellen Bedürfnisse des Menschen angepaßt. So hat sich das Zusammenspiel von knöchernen Strukturen, von Muskeln und Bändern optimiert (PUTZ/MÜLLER-GERBL 1995).

Nach TITTEL (1990, 112) muß die Wirbelsäule im täglichen Leben statische und dynamische Funktionen übernehmen. Die Fortsätze der Wirbelsäule bieten zudem Ansatzpunkte für die Muskulatur. Desweiteren übernimmt die Wirbelsäule eine Schutzfunktion, da in ihrem Wirbelkanal die Medulla spinalis eingebettet ist.

Die Wirbelsäule läßt sich in die Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, Kreuzbein und Steißbein unterteilen. Die Brustwirbelsäule und das Kreuzbein sind kyphotisch gekrümmt, während die Halswirbelsäule und die Lendenwirbelsäule eine Lordose aufweisen (APPELL/STANG-VOSS 1990, 30).

Nach KAPANDJI (1992, 12f.) hat allein die dreifache Krümmung von Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule eine zehnfach höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber axial wirkenden Kräften, als dies eine gerade Säule hätte. Die Größe der Wirbelkörper nimmt nach caudal zu, in deren Folge große Kompressionskräfte, die auf die untere Wirbelsäule wirken, gleichmäßig aufgenommen werden können.

Die knöcherne Wirbelsäule ist in ihrer normalen Form als Ganzes für den aufrechten Stand und Gang des Menschen verantwortlich. Sie trägt den Kopf und hält ihn entgegen die Schwerkraft. Weiterhin werden durch die einzelnen

Wirbelkörper in der Gelenkkette Rumpfbewegungen möglich. Nach APPELL/STANG-VOSS (1990, 29) sind das Bewegungen des Vor- und Rückneigens, des Seitneigens und rotatorische Bewegungen. Mit den Wirbelkörpern verwachsen sind die Bandscheiben und Bänder, die eine passive Grenze der Beweglichkeit darstellen.

Die insgesamt 23 Bandscheiben (Disci intervertebrales) befinden sich zwischen jeweils zwei Wirbelkörpern. Sie bestehen aus einer knorpeligen Platte als äußere Begrenzung, einem Ring aus kollagenen Fasern (Anulus fibrosus) und einem gallertartigen Kern (Nukleus pulposus). Bandscheiben benötigen ein gewisses Maß an Bewegung, da sie durch den Wechsel von Belastung und Entlastung (osmotischer Prozeß) mit Nährstoffen versorgt werden. Permanente statische Belastungen hingegen führen in den Bandscheiben auf lange Sicht zu irreversiblen Gewebsveränderungen. Ein degenerativer Prozeß setzt ein (APPELL/STANG-VOSS 1990, 33; TITTEL 1990, 123). Durch ihre Konstruktion sind die Bandscheiben in der Lage als Stoßdämpfer zu wirken, indem sie die einwirkenden Kompressionskräfte aufnehmen und sie gleichmäßig auf ihrer Gesamtfläche verteilen (TITTEL 1990, 123). Auf diesem Wege wird eine knöcherne Überlastung der Wirbelkörper vermieden. In Verbindung mit den jeweils zwei benachbarten Wirbelkörpern bildet eine Bandscheibe ein Bewegungssegment. Nach APPELL/STANG-VOSS (1990, 32) wird über die Bandscheiben eine Beschränkung der Beweglichkeit eines Bewegungssegmentes erzielt (siehe oben).

Einen weiteren wichtigen Anteil an der Stabilität, aber auch an dem Bewegungsausmaß einer Wirbelsäule haben die Bänder der Wirbelsäule. Die erste Gruppe der Bänder stellen nach TITTEL (1990, 124) die langen Bänder dar. Sie überziehen die Wirbelsäule vom Kreuzbein bis zum Schädel. Je ein Band verläuft auf der Vorder- bzw. Rückseite der Wirbelkörper. Es sind das die zwei Lig. longitudinale anterius et posterius, die zum einen die Wirbelkörper aneinanderketten und zum zweiten dem M. erector spinae (siehe unten) helfen, die Wirbelsäulenkrümmungen aufrecht zu halten. Das dritte lange Band stellt das Lig. Supraspinale dar. Es verbindet vom Steißbein bis zum siebten Halswirbel die Dornfortsätze miteinander. Für den Bereich der

Halswirbelsäule übernimmt diese Funktion das Septum nuchae. Die zweite Gruppe der Bänder, wie TITTEL (1990, 124) sie beschreibt, stellen die kurzen Bänder dar, die sich aus den Ligg. interarcualia, den Ligg. interspinalia und den Ligg. intertransversaria zusammensetzen. Sie wirken einer Beugung des Rumpfes entgegen und unterstützen damit die Funktion des Lig. supraspinale. TITTEL (1990, 125) beschreibt die Aufgaben der Bänder folgendermaßen: „In ihrer Gesamtheit zeichnen sich die langen und kurzen Bänder durch eine aufeinander abgestimmte Zusammenarbeit aus, indem die langen Bandzüge die Eigenform und den Spannungszustand der gesamten Wirbelsäule beeinflussen, während die kürzeren Bänder das Bewegungsausmaß begrenzen und damit zugleich das Achsen skelett vor extremen, abrupten Bewegungen schützen. Damit nehmen sie den für die Dynamik und Statik der Wirbelsäule an sich verantwortlichen Muskeln eine nicht unerhebliche Arbeit ab: Sie sparen Energie!“

Die Innervation von Muskeln sorgt jedoch erst für die Position der Wirbelsäule im Raum (Statik) und bewirkt schließlich auch Bewegungen (Dynamik).

Im folgenden wird mit dem M. erector spinae der Muskelstrang näher charakterisiert, der aus anatomischer Sicht direkt an der Wirbelsäule gelegen ist.

Die Statik der Wirbelsäule wird durch die muskuläre Verspannung der einzelnen Wirbelkörper miteinander gesichert. Hierfür ist speziell der tiefer gelegene mediale Trakt der M. erector spinae verantwortlich, der nach APPELL/STANG-VOSS (1990, 41) Halte- und Stützfunktionen für die Wirbelsäule übernimmt. Der mediale Anteil des M. erector spinae besteht aus vielen kleineren Muskelzügen, die entweder die Querfortsätze (Mm. intertransversarii) oder die Dornfortsätze (Mm. interspinales, M. spinales) der Wirbelsäule miteinander verbinden. Sie bilden nach TITTEL (1990, 158f.) das spinale System des medialen Muskelstranges. Zu dem transversospinalen System des medialen Muskelstranges werden noch die Mm. rotatores, die Mm. multifidi, der M. semispinalis und der M. semispinalis capitis gezählt. Beide Systeme führen bei symmetrischer Kontraktion zu einer Streckung und muskulären Verspannung der Wirbelsäule, wodurch eine Fixierung der Wirbelsäule auf dem Becken erreicht wird (TITTEL 1990, 160).

Der laterale Muskelzug des M. erector spinae hingegen wird nach TITTEL (1990, 160f.) durch den M. sacrospinalis gebildet, der von der Hinterfläche des Kreuzbeines, den Dornfortsätzen der unteren LWS, dem dorsalen Anteil des Darmbeinkamms und der Innenfläche der Lendenrückbinde (Fascia thoracolumbalis) entspringt. Er setzt sich aus den beiden sehr kräftigen M. longissimus und M. iliocostalis zusammen, deren Muskelzüge nach cranial stetig dünner werden. Nach APPELL/STANG-VOSS (1990, 41f.) wird die Funktion dieser Muskeln wie folgt beschrieben: „Bei gemeinsamer Kontraktion richten sie den Rumpf auf oder geben dem Vorbeugen langsam nach.“ Der laterale Muskelzug erfährt demnach seine Bedeutung vorwiegend bei den dynamischen Bewegungen der Wirbelsäule. Weiterhin gehört im Halsbereich der M. splenius zum lateralen Muskelstrang des M. erector spinae. Seine Funktion liegt hauptsächlich in der Rückneigung des Kopfes bei symmetrischer Kontraktion (APPELL/STANG-VOSS 1990, 42). Er ist für die vorliegende Studie zu vernachlässigen und wird nur zur Vollständigkeit an dieser Stelle aufgeführt.

Die Fascia thoracolumbalis sorgt schließlich als derbe Bindegewebshülle dafür, daß die Rückenmuskulatur an die Wirbelsäule gefesselt wird (TITTEL 1990, 161).

Nach DENNER (1995, 3.5) besitzt der M. erector spinae sowohl statische als auch dynamische Funktionen, wobei die Faserzusammensetzung des M. erector spinae (Verhältnis von Typ I- zu Typ II-Fasern) intraindividuell sehr verschieden sein kann. Weiterhin stellt er fest, daß eine selektive Atrophie der Typ II-Fasern im M. erector spinae häufig bei Rückenpatienten anzutreffen ist. AMONOO-KUOFI (1983) untersuchte insgesamt acht Leichen hinsichtlich der Spindeldichte im M. erector spinae. Aufgrund seiner Daten schloß er, daß der M. iliocostalis überwiegend Haltefunktionen übernimmt, während der M. longissimus statische und dynamische Funktionen zu verrichten hat. Der mediale Trakt (M. spinalis, M. semispinalis, M. multifidus und Mm. intertransversarii) hingegen ist für die dynamischen Bewegungen der Wirbelsäule zuständig.

JOHNSON ET AL. (1973) untersuchten 36 Muskelgruppen von sechs Leichen auf ihre Zusammensetzung von Typ I- und Typ II-Fasern. Dabei zeigte sich eine enorme individuelle Streuung in der Verteilung der beiden Fasertypen. Für die