

<sup>1</sup>Reuss-Borst M, <sup>1</sup>Hartmann U, <sup>1</sup>Wentrock S

# Wirkungen eines sanften Gerätetrainings während stationärer Rehabilitation bei Patienten mit chronischem Rückenschmerz

*Effectiveness of moderate exercise with devices during inpatient rehabilitation in patients with chronic low back pain*

<sup>1</sup>Reha-Klinik „Am Kurpark“, Bad Kissingen

## ZUSAMMENFASSUNG

Ziel: Objektivierung der Wirkung eines sanften Gerätetrainings während stationärer Rehabilitation wegen chronischer Rückenschmerzen bezüglich Wirbelsäulenbeweglichkeit und Kraftentwicklung der Rumpf- und Rückenmuskulatur. Patienten und Methoden: Daten von 83 Patienten (mittleres Alter: 42 ± 10 Jahre) wurden retrospektiv analysiert. Wirbelsäulenmobilität und isometrische Maximalkraft (isoMK) in allen Bewegungsebenen wurden zu Beginn und am Ende der Rehabilitationsmaßnahme (mittlere Dauer: 15,6 ± 4,2 Tage) bei allen Patienten gemessen. Neben den Zielparametern wurden auch demografische Daten erfasst und deskriptiv unter Angabe von Mittelwerten, Standardabweichungen, Häufigkeiten und 95%-Konfidenzintervallen ausgewertet. Ergebnisse: Die isoMK-Ausgangswerte waren in allen Ebenen gegenüber den Sollwerten reduziert, am meisten beeinträchtigt war die Seitneigung (ca. 70% des Sollwertes). Die Mobilität war in allen Ebenen gut (Extension/Flexion bzw. Rotation ca. 90%, Seitneigung 115% des Sollwertes). Nach 3-wöchigem Training war sowohl bei der isoMK als auch in der Mobilität in allen Ebenen eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,05$ ) zu verzeichnen. Dabei lag die Verbesserung der Mobilität bei 3°-9° und der Kraftzuwachs bei 17-43% abhängig von der Bewegungsrichtung. Diskussion: Bereits unter den Bedingungen einer 3-wöchigen stationären Rehabilitation lassen sich mit Trainingsmaßnahmen zur Steigerung der Kraftausdauer bei meist untrainierten Patienten mit chronischen Rückenschmerzen, signifikante Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft der Rumpfmuskulatur sowie der Mobilität der Wirbelsäule nachweisen.

**Schlüsselwörter:** Wirbelsäulenmobilität, isometrische Maximalkraft, stationäre Rehabilitation, Kraftausdauertraining, chronischer Rückenschmerz.

## EINLEITUNG

Rückenschmerzen sind ein weitverbreitetes Problem, wobei Inzidenz und Prävalenz weltweit ähnlich sind (4). Für Deutschland wird die 1-Jahres-Prävalenz mit 76% angegeben (18). Bei 17,6% aller 2006 von der Deutschen Rentenversicherung durchgeführten stationären Rehabilitationsmaßnahmen lag die Diagnose „Rückenschmerz“ (ICD-M.54) zugrunde (3).

Die Behandlung des chronischen Rückenschmerzes hat sich von passiven Maßnahmen hin zur Aktivierung des Patienten verlagert (10). Dabei ist das Training an Geräten zum gezielten Aufbau der Rumpfmuskulatur inzwischen fester Bestandteil der Behandlungskonzepte.

Einige Studien konnten bereits die Effektivität des Gerätetrainings bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen entweder

## SUMMARY

**Aim:** To show the influence of strength endurance training with devices on spine mobility and isometric maximal strength (IMS) of trunk and back muscles in patients with chronic low back pain (LBP) during inpatient rehabilitation.

**Patients and methods:** Mobility and IMS were measured in every movement direction at the beginning and the end of a rehabilitation program in 83 patients (mean age: 42 ± 10 years; mean duration: 15.6 ± 4.2 days). In addition socio-demographic factors were analysed in a descriptive manner using means, standard deviations, frequencies and 95% - confidence intervals.

**Results:** At the beginning, the IMS was reduced in every movement direction compared to reference data. Most affected was the lateral flexion on both sides. Mobility in the frontal and transversal planes was quite good (90% resp. 115% of the reference values). At the end of rehabilitation, IMS as well as spine mobility had improved significantly ( $p < 0,05$ ). In detail, mobility was 3° - 9° higher and IMS 17% - 43% in the different directions of movement.

**Discussion:** In patients with LBP, spine mobility and IMS could be improved significantly even if the patients were untrained in using devices and the training period was short, as it generally is in the setting of inpatient rehabilitation.

**Key words:** spine mobility, isometric maximal strength, strength endurance training, chronic low back pain, inpatient rehabilitation

im Vergleich zu anderen Behandlungsmethoden oder bezüglich bestimmter Zielparameter belegen (6,8). Hierbei wurde ein Kraftzuwachs oder eine Verbesserung der Wirbelsäulenmobilität nachgewiesen. Allerdings wurde das Training in diesen Studien in der Regel über 3 Monate durchgeführt, so dass diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Gegebenheiten einer 3-4wöchigen stationären Rehabilitation übertragbar sind. Diese Situation, sowie der Status der Patienten als meist „Ungeübte“ bezüglich des Gerätetrainings lassen an der Wirksamkeit dieses Therapieansatzes im Rahmen einer stationären Rehabilitation immer wieder Zweifel aufkommen.

Ziel dieser Untersuchung war es deshalb zu prüfen, ob ein, an die Bedingungen stationärer Rehabilitation von chronischen Rückenschmerzpatienten angepasstes, sanftes Gerätetraining zu einer objektiv messbaren Verbesserung der Mobilität der Wirbelsäule und der Kraft der Rumpfmuskulatur führt.

## METHODEN

**Design**

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um die retrospektive Analyse der Ergebnisse von routinemäßig durchgeführten Messungen der Wirbelsäulenmobilität sowie der isometrischen Maximalkraft (isoMK) der Rumpfmuskulatur bei Patienten einer deutschen Rehabilitationsklinik (Zeitraum: 07/2001-07/2006). In die Auswertung gingen die Daten von Patienten ein, die mit der Einweisungsdiagnose ‚chronischer LWS-Rückenschmerz‘ zwecks Durchführung einer stationären Rehabilitation zur Aufnahme kamen und bei denen sowohl zu Beginn ( $t_0$ ) als auch am Ende ( $t_1$ ) der Reha-Maßnahme die obengenannten Messungen durchgeführt worden waren.

Die Patienten hatten im Rahmen ihres Rehabilitationsprogramms neben anderen, vom Stationsarzt ausgewählten Therapiemaßnahmen (Rückenschule gemäß den Empfehlungen des Bundesverbands Deutscher Rückenschulen 2008, Wassergymnastik, Hydrotherapie, Thermotheapie), auch ein individuelles Wirbelsäulen-Krafttraining an medizinischen Trainingsgeräten absolviert. Training und Mobilitäts- bzw. Kraft-Tests fanden an unterschiedlichen Geräten statt.

Neben den Messungen von Mobilität und Kraft wurden bei Test und Re-Test, gemäß der FPZ-Test-Methodik (2), auch die subjektiven Einschätzungen von Leistungsfähigkeit, Befinden und Schmerzempfinden am Testtag als ergänzende Parameter erfragt. Neben diesen Daten wurden auch soziodemografische Angaben in die Analyse mit einbezogen

**Krafttraining**

Das Gerätetraining wurde in Anlehnung an das von Boeckh-Behrens und Buskies 2001 für die Rehabilitation empfohlene sogenannte „sanfte Krafttraining“ (1) absolviert. Hierbei wird die Kraftausdauer trainiert.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden entsprechend der individuellen Ergebnisse des Eingangstestes zunächst geeignete Übungen und Geräte (mkb-System M. KELLER) ausgewählt und die Patienten in Handling und Methodik eingeführt. Die Trainingslast wurde so gewählt, dass 20 Wiederholungen in der Einführungsreihe gut möglich waren. Die Patienten sollten bei jeder Übung 3 Serien in ruhigem Tempo ausführen und in jeder Serie so viele Wiederholungen durchführen, bis die Übung als „wirklich anstrengend“ empfunden wurde, um dann mit noch +2 Wiederholungen die Serie abzuschließen. Dabei sollten 20 Wiederholungen pro Serie nicht überschritten werden.

Die Serienpausen lagen bei 45-60 Sekunden. Lasten durften zunächst nicht gewechselt, bei gutem Tagestrainingsniveau die Serienzahl jedoch auf 4 erhöht werden. Eine spätere Steigerung der Wiederholungszahlen bis auf 25 war gestattet.

Die Trainingshäufigkeit lag bei 3-4 mal wöchentlich. Die Zahl trainingsfreier Tage verringerte sich mit zunehmender Aufenthaltsdauer in der Klinik. Auf eine Aufwärmung vor den Übungen wurde verzichtet.

**Rückentests**

Die Messungen der Mobilität und der isoMK wurden mit dem FPZ/SCHNELL-Messsystem entsprechend der von Denner beschriebenen Methode der biomechanischen Funktionsanalyse durchgeführt (2).

Dabei wurden an insgesamt 4 verschiedenen Geräten Mobilität und isoMK in der Sagittal-, Frontal- und Transversalebene unter Ausschaltung anderer Muskelgruppen und Verhinderung von Mitbewegungen in angrenzenden Gelenken durch entsprechende Fixierung gemessen. Die individuellen Einstellungen von Sitzposition, Fixierungen usw. wurden bei jedem Patienten beim Eingangstest für jedes Gerät einzeln notiert und beim Re-Test identisch vorgenommen. Test und Re-Test wurden durch denselben Untersucher durchgeführt. Insgesamt gab es nur zwei Untersucher. Da die Testergebnisse bei Durchführung zu unterschiedlichen Tageszeiten bereits um bis zu 15% variieren können (2), wurden die Re-Tests zu annähernd identischen Zeitpunkten der Eingangstests durchgeführt.

Bei der Mobilitätsmessung wurde das Ausmaß der maximalen Auslenkung der Wirbelsäule in eine Richtung aus einer standardisierten Ausgangsposition in der Reihenfolge Flexion/Extension, Lateralflexion rechts/links, Rotation rechts/links in Grad gemessen. Der Vergleich der Ist-Werte mit FPZ-Referenzwerten erfolgte durch ein Computerprogramm, sodass sich für die Mobilität Ausgangswerte in Prozent des Soll-Wertes ergaben. Die Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten wurden absolut in Grad angegeben.

Die Messung der isoMK erfolgte in standardisierten Positionen in der Reihenfolge Extension, Flexion, Lateralflexion rechts/links, sowie Rotation rechts/links. Sie wurde als Drehmoment [Nm] bestimmt. Die Ausgangswerte wurden als Prozent vom Soll-Wert (entsprechend der FPZ-Referenzwerte des Computerprogramms) dargestellt, die Veränderung von  $t_0$  zu  $t_1$  in Prozent der absolut gemessenen Ausgangswerte.

**Statistische Auswertung**

Zur deskriptiven Auswertung wurden Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima sowie Häufigkeiten (mit 95%-Konfidenzintervallen) berechnet. Zur Prüfung der statistischen Signifikanz der Veränderungen der Zielparameter im Prä-Post-Vergleich wurde der 2-seitige verbundene Rangsummentest nach Wilcoxon mit einem Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  herangezogen.

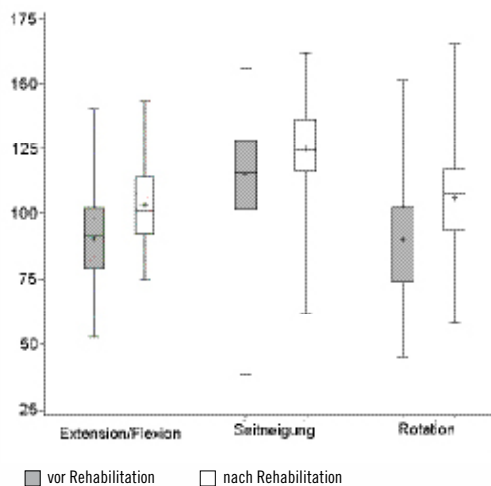
## ERGEBNISSE

**Patienten**

Von den 83 Patienten waren 68 (82%) Männer (m) und 15 (18%) Frauen (w). Das mittlere Alter betrug  $41,9 \pm 10$  Jahre mit einer Spanne von 20-83 Jahren. Der durchschnittliche BMI lag bei  $27,0 \pm 4,2$   $\text{kg/m}^2$  wobei 26 Personen (31%, Konfidenzintervall (KI) [21,1%, 40,9%]) normalgewichtig waren. Chronische Beschwerden aufgrund eines älteren Bandscheibenschadens hatten 21 Patienten (25%, KI [16%, 34%]). Jeweils 7 (8%, KI [4%,16%]) hatten Beschwerden aufgrund einer knöchernen Wirbelsäulenproblematik, eines pseudoradikulären Lumbalsyndroms bzw. einer Lumboischialgie. Bei 33 Patienten lag als Diagnose ein Lumbalsyndrom ohne weitere Angaben vor (40%, KI [30%, 51%]) und bei 8 (10%, KI [4%, 17%]) lautete die Rehabilitationsdiagnose „chronische Lumbalgie“. Die Mehrzahl der Patienten war zu Beginn der Rehabilitationsmaßnahme arbeitsfähig (62%).

Das mittlere Beobachtungsintervall zwischen  $t_0$  und  $t_1$  betrug  $15,6 \pm 4,2$  Tage mit einer Spanne von 11-33 Tagen. Dabei war bei 8 Patienten die Behandlungsdauer länger als 21 Tage.

Zu  $t_0$  gaben 47 (58%) der Patienten an, regelmäßige oder ständig



**Abbildung 1:** Wirbelsäulenmobilität vor und nach stationärer Rehabilitation in Prozent des Sollwertes. Box: Interquartilabstand; Strich: Median; +: Mittelwert; Whiskers: Minimum – Maximum. Alle Veränderungen signifikant ( $p < 0,05$ ).

Schmerzen zu haben, 15 (18%) stufen ihre Leistungsfähigkeit und 14 (17%) ihr Wohlbefinden als schlecht oder sehr schlecht ein.

Zu  $t_1$  gaben 93% keine Änderung des Schmerzempfindens an, bei 31% hatte sich die subjektiv empfundene Leistungsfähigkeit und bei 34% das Wohlbefinden verbessert.

### Mobilität

Die Ausgangswerte waren mit  $90 \pm 18\%$  des Sollwertes für die Extension/Flexion bzw.  $91 \pm 22\%$  für Rotation und  $115 \pm 20\%$  für die Lateralflexion im Durchschnitt sehr gut.

Die Mobilität steigerte sich in allen Bewegungsrichtungen signifikant ( $p < 0,05$ ), wobei die größten Verbesserungen im Bereich der Rotation zu verzeichnen waren (insgesamt  $14^\circ$ , gleichmäßig verteilt auf beide Seiten). Die geringste Verbesserung trat in der Lateralflexion ein, je Seite  $3^\circ$ . Die Extension/Flexion nahm insgesamt im Durchschnitt um  $9^\circ$  zu (Abb. 1).

Eine Zunahme der Mobilität um mindestens  $5^\circ$  in mindestens einer Bewegungsrichtung erfuhren 72 (87%, KI [80%, 94%]) der Patienten.

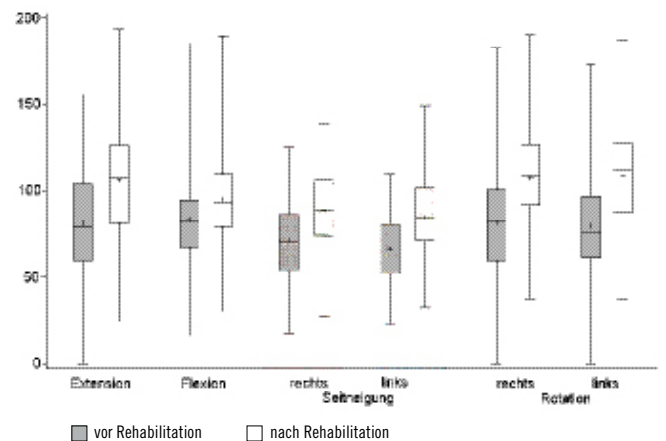
### Isometrische Maximalkraft

Die Ausgangswerte zeigten für alle Bewegungen reduzierte Werte, wobei die Kraftentwicklung in der Lateralflexion mit 72% (rechts) bzw. 68% (links) des Sollwertes am geringsten ausfiel. Durchschnittlich wurde in Extension 81%, Flexion 83%, Rotation nach rechts 82% und nach links 80% der Sollwerte erreicht.

Auch die isoMK konnte in allen Bewegungsrichtungen signifikant gesteigert werden ( $p < 0,05$ ) (Abb. 2). Insgesamt konnten 79 (95%, KI [90%, 100%]) Patienten ihre isoMK in mindestens einer Bewegungsrichtung um  $> 15\%$  des Ausgangswertes verbessern.

## DISKUSSION

Bei der Einführung aktiver Übungsbehandlungen bei Rückenschmerzen Ende der 80er, Anfang der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts (9, 10) wurden Erkenntnisse aus der Sportmedizin und -wissenschaft genutzt. Annahmen über die optimale Gestaltung des Krafttrainings an Geräten bezüglich Widerstand und Frequenz



**Abbildung 2:** Isometrische Maximalkraft vor und nach stationärer Rehabilitation in Prozent des Sollwertes. Box: Interquartilabstand; Strich: Median; +: Mittelwert; Whiskers: Minimum – Maximum. Alle Veränderungen signifikant ( $p < 0,05$ ).

wurden von Ergebnissen aus Studien an gesunden Probanden hergeleitet (5, 14, 19, 21). Allerdings wird dieses Vorgehen durchaus angezweifelt (20) da fraglich ist, ob sich die gewonnenen Erkenntnisse direkt auf Patienten mit (chronischen) Rückenschmerzen übertragen lassen.

Üblicherweise wurden beim gerätegestützten Training in der Rehabilitation dem Patienten früher die Wiederholungen pro Serie fest vorgegeben. Er wurde angehalten, jedes Mal die festgelegte Anzahl der Serien und Wiederholungen einzuhalten. Gelingt dies, wurde das Training als erfolgreich gewertet. Bis heute gibt es allerdings keine standardisierten Vorgaben für die Trainingsempfehlungen, so dass diese auf den Erfahrungen der Therapeuten beruhen.

Im vorgestellten Trainingskonzept kann und soll der Patient die Zahl der Wiederholungen pro Serie selbständig an seine Tagesform anpassen. Gleiches gilt für die Steigerung der Anzahl der Wiederholungen und der Serien in einem vorgegebenen Rahmen, mit zunehmender Dauer der Rehabilitationsmaßnahme. Das bedeutet im Extremfall, dass ein Patient bei jeder Trainingseinheit die vorgegebenen Übungen in anderer Anzahl wiederholt, also jedes Mal unterschiedlich trainiert. Dabei wäre zu befürchten, dass Patienten durch die selbständige Anpassung des Trainingsumfangs an ihre subjektive Leistungsgrenze deutlich unter ihrer objektiven Grenze bleiben und keine Trainingseffekte eintreten. Die hier dargestellten Daten weisen darauf hin, dass die Einbindung der Patienten bei der Einschätzung von Belastungen sowie der Gestaltung von Serien und Wiederholungen nicht leistungsverhindernd wirkt und ein sanftes Gerätetraining für die Intervention bei Wirbelsäulenpatienten unter den Bedingungen der stationären Rehabilitation wirksam ist. Die Mobilitäts- und Kraftwerte verbesserten sich signifikant, die subjektiven Einschätzungen von Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden tendierten positiv.

Aufgrund der Durchführung von Test und Training an unterschiedlichen Geräten kann davon ausgegangen werden, dass es sich um eine tatsächliche Verbesserung von Mobilität und isometrischer Maximalkraft handelt und nicht um Effekte durch Gewöhnung an den Bewegungsablauf beim Test (11).

Käser et al. (7) fanden in ihrer Untersuchung bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen nach 3 Monaten Gerätetra-

ning keine nennenswerte Zunahme des Muskelquerschnittes des Erector spinae oder andere morphologische Veränderungen. Das legt nahe, dass bei unserer Untersuchung mit der kurzen Trainingszeit von 3-4 Wochen nicht ein Zuwachs an Muskelfasern oder Hypertrophie der Muskelzellen für die Verbesserung der isometrischen Maximalkraft verantwortlich ist, sondern vielmehr durch das ruhige und koordinierte Gerätetraining eine bessere intra- sowie intermuskuläre Abstimmung erzielt wird, welche zu einer wirksam verbesserten Ausschöpfung der muskulären Reserven zu führen scheint (13).

Dass sich die isometrische Maximalkraft in der Flexion am wenigsten verbesserte entspricht den Beobachtungen von Stevens et al. (21), dass für einen Kraftzuwachs der Rückenmuskulatur ein Trainingswiderstand von 30-50% der maximalen Last genügt, wohingegen zum effektiven Training der Bauchmuskulatur 70% der Maximallast erforderlich sind.

Bei den untersuchten Patienten spiegelte sich die Verbesserung der Mobilität bzw. der isometrischen Maximalkraft in mindestens einer Bewegungsebene bei 87% bzw. 95% der Patienten nur in ~30% der Fälle auch in einer Verbesserung des subjektiven Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit wider. Dies ist vermutlich auf die fehlende Verbesserung des Schmerzempfindens zurück zu führen. Nach Mannion et al. (12) wird die selbstgeschätzte Behinderung bei Patienten mit chronischen LWS-Rückenschmerzen nach Abschluss der Therapie am meisten durch Veränderungen des Faktors Schmerz beeinflusst. Veränderungen in der Mobilität oder Kraft haben keine Auswirkungen.

Allerdings konnte in der gleichen Studie gezeigt werden, dass sich sowohl Schmerzintensität, als auch Schmerzhäufigkeit bei Patienten mit chronischem Rückenschmerz nach Gerätetraining signifikant verbesserten. Dass dies in unserer Untersuchung nicht der Fall war, könnte auf den Faktor Zeit zurückzuführen sein. In der Studie von Mannion dauerte die Behandlungsphase 3 Monate. Es ist möglich, dass im Gegensatz zur Mobilität und isometrischen Maximalkraft eine Verbesserung des Schmerzes in der kurzen Zeit von 3-4 Wochen nicht zu erreichen ist. Die klinische Erfahrung zeigt, dass zu Beginn der Therapie häufig eine Steigerung der Schmerzen aufgrund der ungewohnten Beanspruchung selten benutzter oder beübter Muskelpartien eintritt. Diese Schmerzen sind im Sinne von „Muskelermüdung“ zu bewerten.

Darüber hinaus hängt die Verbesserung des Schmerzempfindens u.a. auch entscheidend davon ab, ob ein Rentenantrag gestellt wurde, von der bisherigen Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der eigenen Einschätzung der Arbeitsplatzsituation (16). Dabei spielen vor allem die Faktoren: Arbeitsanforderungen (Stress, Hektik), kollegiales Verhältnis und Unzufriedenheit mit der Arbeit eine Rolle (15).

## AUSBLICK

Ein weiterführendes Training, welches sich an die stationäre Rehabilitation mit ihrer hohen Therapiedichte jedoch zeitlichen Limitierung anschließt, ist nicht nur ratsam sondern auch notwendig. Dabei sollte patientenorientiert schrittweise vom sanften gerätgestützten Grundagentraining zu einem immer freieren, mehrgelenkigen Muskelaufbautraining übergegangen werden.

Erfolgseinschränkend im Sinne weiterführender Programme sind die Brüche zwischen der stationären Rehabilitation und der

Rehabilitationsnachsorge durch die relative Bindungslosigkeit der Patienten poststationär.

*Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: keine*

## LITERATUR

1. **BOECKH-BEHRENS WU, BUSKIES W:** Sanftes Krafttraining, in: Gottwald B (Hrsg): Fitness – Krafttraining: Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit, Rohwolt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 2001, 48-56.
2. **DENNER A: ANALYSE. IN: DENNER A (HRSG):** Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Springer-Verlag, Berlin-Heidelber-NewYork, 1998, 57-85.
3. **DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND (HRSG):** Statistik der Deutschen Rentenversicherung Rehabilitation. Leistungen zur medizinischen Rehabilitation und sonstige Leistungen zur Teilhabe und Leistungen zur Teilhabe am Arbeitsleben der gesetzlichen Rentenversicherung im Jahr 2006. Band 164. Berlin, 2007.
4. **EHRlich GE:** Low back pain. Bulletin of the World Health Organization 81 (2003) 671-676.
5. **GALVAO DA, TAAFFE DR:** Resistance exercise dosage in older adults: single- versus multiset effects on physical performance and body composition. J Am Geriatr Soc 53 (2005) 2090-2097.
6. **GÖBEL S, STEPHAN A, FREIWALD J:** Krafttraining bei chronischen lumbalen Rückenschmerzen. Ergebnisse einer Längsschnittstudie. Dtsch Z Sportmed 56 (2005) 388-392.
7. **KÄSER L, MANNION AF, RHYNER A, WEBER E, DVORAK J, MÜNTENER M:** Active therapy for chronic low back pain: part 2. Effects on paraspinal muscle cross-sectional area, fiber type size, and distribution. Spine 26 (2001) 909-919.
8. **KUUKKANEN T, MÄLKIÄ E:** Effects of a three-month therapeutic exercise programme on flexibility in subjects with low back pain. Physiother Res Int 5 (2000) 46-61.
9. **LIVELY MW:** Sports medicine approach to low back pain. South Med J 95 (2002) 642-646.
10. **MANNICHE C, LUNDBERG E, CHRISTENSEN I, BENTZEN L, HESSELSE G:** Intensive dynamic back exercise for chronic low back pain: a clinical trial. Pain 47 (1991) 53-63.
11. **MANNION AF, DVORAK J, TAIMELA S, MÜNTENER M:** Kraftzuwachs nach aktiver Therapie bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen (LBP). Muskuläre Adaptationen und klinische Relevanz. Schmerz 15 (2001) 468-473.
12. **MANNION AF, JUNGE A, TAIMELA S, MÜNTENER M, LORENZO K, DVORAK J:** Active therapy for chronic low back pain: part 3. Factors influencing self-rated disability and its change following therapy. Spine 26 (2001) 920-929.
13. **MANNION AF, TAIMELA S, MÜNTENER M, DVORAK J:** Active therapy for chronic low back pain: part 1. Effects on back muscle activation, fatigability, and strength. Spine 26 (2001) 897-908.
14. **MUNN J, HERBERT RD, HANCOCK MJ, GANDEVIA SC:** Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. Med Sci Sports Exerc 37 (2005) 1622-1626.
15. **NAHIT ES, HUNT IM, LUNT M, DUNN G, SILMAN AJ, MACFARLANE GJ:** Effects of psychosocial and individual psychological factors on the onset of musculoskeletal pain: common and site-specific effects. Ann Rheum Dis 62 (2003) 755-760.
16. **PFINGSTEN M, HILDEBRANDT J, SAUR P, FRANZ C, SEEGER D:** Das Göttinger Rücken Intensiv Programm (GRIP). Ein multimodales Behandlungsprogramm für Patienten mit chronischen Rückenschmerzen, Teil 4: Prognostik und Fazit. Schmerz 11 (1997) 30-41.
17. **RISSANEN A, KALIMO H, ALARANTA H:** Effect of intensive training on the isokinetic strength and structure of lumbar muscles in patients with chronic low back pain. Spine 20 (1995) 333-40.

18. SCHMIDT CO, RASPE H, PFINGSTEN M, HASENBRING M, BASLER HD, EICH W, KOHLMANN T: Back pain in the German adult population: prevalence, severity, and sociodemographic correlates in a multiregional survey. *Spine* 32 (2007) 2005-2011.
19. SCUTTER S, FULTON I, TROTT P, PARNIANPOUR M, GRANT R, BRIEN C: Effects of various isoresistive training programmes on trunk muscle performance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 10 (1995) 379-384.
20. STANDAERT CJ, HERRING SA: Expert opinion and controversies in musculoskeletal and sports medicine: core stabilization as a treatment for low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 88 (2007) 1734-1736.
21. STEVENS VK, PARLEVLIE T, COOREVITS PL, MAHIEU NN, BOUCHE KG, VANDERSTRAETEN GG, DANNEELS LA: The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *J Electromyogr Kinesiol* 18 (2008) 434-445.

**Korrespondenzadresse:**

**Prof. Monika Reuss-Borst**

**Reha-Klinik Am Kurpark**

**Kurhausstr. 9**

**97688 Bad Kissingen**

**E-Mail: [m.reuss-borst@rehaklinik-am-kurpark.de](mailto:m.reuss-borst@rehaklinik-am-kurpark.de)**