

H. Franck, W. Hohmann

Verbesserung der Funktionskapazität, der Schmerzhaftigkeit und der Leistungsfähigkeit bei Patienten mit Osteoporose durch ein spezielles Sportrehabilitationstraining

Personal estimation of physical fitness and activity of daily living. Improvement of functional capacity and reduction of pain in patients with osteoporosis after a sport rehabilitation training – a prospective study

Rheumazentrum Oberammergau

Zusammenfassung

Die körperliche Leistungsfähigkeit beeinflusst den Knochenumbau entsprechend der Intensität und Art des durchgeführten Trainings.

Ziel unserer Studie war es, die Funktionskapazität, die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) und Schmerzskalen von Patienten mit Osteoporose im Vergleich zu Patienten mit Osteoarthritis zu bestimmen. Darüber hinaus wurde in einer randomisierten Studie der Effekt eines speziellen vierwöchigen Sportrehabilitationstrainings (SpoRT) für Osteoporose auf diese Parameter überprüft. Eingeschlossen wurden 442 Patienten (374 Frauen, 53,7 ± 6,3 Jahre und 68 Männer, 52,8 ± 6,2 Jahre) mit Osteoporose entsprechend der WHO-Definition und 283 Patienten (156 Frauen, 49,2 ± 9,2 Jahre und 127 Männer, 50,1 ± 9,6 Jahre) mit Osteoarthritis. Mittels standardisierter Ergometrie (nach WHO-Stufentest) wurde die Funktionskapazität vor und nach einem 4-wöchigen SpoRT getestet. Patienten mit Osteoporose waren relativ gut motiviert Sport zu treiben, setzten dies aber nur in geringem Maße um. Die Ergometriezeit verlängerte sich von 8,3 ± 1,9 min vor auf 9,2 ± 2,0 min nach dem SpoRT ($p < 0,01$). Auch der Energieaufwand stieg von 190,6 ± 63 auf 225 ± 73 KJ an ($p < 0,0001$). Verglichen mit den Normwerten von Mellerowicz erreichten die Patienten mit Osteoporose erst durch das SpoRT ein altersentsprechendes Leistungsniveau. Vergleichbare Veränderungen von höherem Niveau ausgehend fanden sich auch bei Frauen mit Osteoarthritis. Das Ausmaß der körperlichen Beschwerden (Rückenschmerzen, schwere Beine) sank signifikant ($p < 0,01$) nach SpoRT.

Schlüsselwörter: Osteoporose, Funktionskapazität, Leistungsfähigkeit, Schmerzreduktion, Sportrehabilitation,

Summary

Physical exercise influences bone turnover depending on the intensity and the kind of the training performed.

The aim of the study was to determine functional capacity, activities of daily living (ADL) and pain score in patients with osteoporosis. Furthermore, we examined the effect of a special 4-week sport rehabilitation training (SpoRT) for osteoporosis on these parameter. 442 patients (374 women, mean age 53.7 ± 6.3 years and 68 men, mean age 52.8 ± 6.2 years) with osteoporosis (WHO-definition) and 283 patients (156 women mean age 49 ± 9.2 years and 127 men, mean age 50.1 ± 9.6 years) with osteoarthritis were included in the study. Functional capacity was tested by standardized ergometry before and after 4-week sport rehabilitation training (SpoRT). Although highly motivated to practice sport, only a few patients performed regular training. The mean time of ergometry increased significantly from 8.3 ± 1.9/min to 9.2 ± 2.0/min ($p < 0.01$) after SpoRT. There was an increase of performed KJ from 190.6 ± 63 to 225 ± 73 KJ ($p < 0.0001$). Patients with osteoporosis regained their age-matched functional capacity (norm values according to von Mellerowicz (6)), after SpoRT. Women with osteoarthritis had comparable increase of functional parameters starting at a higher level. The extent of physical complaints, (lower back pain, heavy legs) decreased significantly ($p < 0.01$) after SpoRT.

Keywords: Osteoporosis, sport rehabilitation, functional capacity, pain reduction

Problem- und Zielstellung

Gerade bei Patienten mit Osteoporose ist die körperliche Aktivität im Hinblick auf den Knochenstoffwechsel und Knochenbrüche von großer Bedeutung.

Die körperliche Leistungsfähigkeit kann im allgemeinen durch Training verbessert werden (1). Ungeeignete Trainingsformen für die Erlangung eines spezifischen Ziels kön-

nen sich jedoch negativ auswirken, wenn hierbei Überlastungen und besonders bei der Osteoporose Frakturen entstehen.

Durch den zunehmenden Anteil der älteren Bevölkerung nimmt auch die Inzidenz der Knochen- und Gelenkkrankheiten zu. Insbesondere steigt die Zahl der Patienten mit Osteoporose und altersabhängigen Frakturen allgemein an. Epidemiologische Studien zeigen über 1,3 Millionen Frak-

turen in den Vereinigten Staaten jedes Jahr einschließlich 250.000 Unterarm-, 550.000 Wirbelkörper- und 200.000 Hüftfrakturen (5, 6, 10, 19). Die Frakturrate steigt enorm mit dem Alter an (20), wobei das lebenslange Risiko einer Fraktur maximal ca. 40% bei kaukasischen Frauen und maximal ca. 13% bei Männern im Alter über 50 liegt. Zahlreiche Studien (s.o.) zeigen, dass ein Anstieg der Knochendichte bei jungen und älteren Personen in Abhängigkeit von körperlicher Aktivität und Leistungsfähigkeit möglich ist.

Da auch die biologischen Veränderungen des Alters häufiger auf eine Reduktion der körperlichen Leistungsfähigkeit als auf den Altersprozess selbst zurückzuführen sind, ist es wichtig, die körperlichen Aktivitäten von Patienten mit Osteoporose zu analysieren.

Die Einschätzung der Leistungsfähigkeit und der „activity of daily living“ (ADL) und die objektiven Funktionsparameter sind im Hinblick auf mögliche therapeutische Interventionen besonders wichtig, da die Trainingsreize auf dem Bewegungsapparat den Prinzipien der Spezifität, des Overload, der Reversibilität und der Ausgangswerte unterliegen. So kann entsprechend den Arbeiten von *Nguyen* (13) ein Quadrizepstraining die Knochendichte am proximalen Femur erhöhen und auch ein systematisches Krafttraining den Knochenverlust vermeiden (3, 16, 21, 24). Auch konnten einige Studien eine positive Korrelation zwischen der kardiovaskulären Fitness (Sauerstoffverbrauch) und der lumbalen und proximalen Oberschenkelhalsknochendichte feststellen (2, 14, 15). Auch die European Vertebral Osteoporosis Study (23) zeigte, dass regelmäßiges Gehen für mehr als eine Stunde mit einem reduzierten Risiko eines Wirbelkörperbruchs bei Frauen verbunden war. Die Untersuchung von *Kemmler* (8) zeigt entsprechend, wie wichtig körperliche Belastung für die Knochendichte ist.

Ziel unserer Studie war es, zu überprüfen, ob Patienten mit Osteoporose ein adäquates körperliches Leistungsverhalten zeigen und wie ihre eigene Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Aktivität ist. Darüber hinaus wurde die Wirkung eines vierwöchigen Sportrehabilitationstrainings (SpoRT), welches die oben genannten Trainingseffekte nutzt, auf die ergometrisch gemessene Leistung getestet. Auch die persönliche Einschätzung der körperlichen Befindlichkeit und Leistung sowie die Ausführbarkeit von Tätigkeiten und das Ausmaß körperlicher Beschwerden wurde überprüft (vor und nach dem SpoRT).

Über diese allgemeine Effektivitätsüberprüfung hinausgehend wurden zusätzlich körperliche Beschwerden, wie die Schmerzen bei Osteoporose, vor und nach Therapie, untersucht.

Patienten und Methoden

Eingeschlossen wurden 442 Patienten (374 Frauen, Durchschnittsalter von $53,7 \pm 6,3$ Jahren und 68 Männer mit einem Durchschnittsalter von $52,8 \pm 6,2$ Jahren) mit Osteoporose entsprechend der WHO Definition und 283 Patienten (156 Frauen mit einem Durchschnittsalter von $49,2 \pm 9,2$ Jahren und 127 Männer mit einem Durchschnittsalter von

$50,1 \pm 9,6$ Jahren) mit Osteoarthritis. Nicht eingeschlossen wurden Patienten, die aufgrund erheblicher kardiovaskulärer Risiken, akut entzündlicher Erkrankungen oder erheblicher Funktionsdefizite oder aufgrund von multiplen oder frischen Frakturen ein standardisiertes Sportrehabilitationstraining nicht durchführen konnten.

Mittels standardisierter Ergometrie (nach WHO-Stufentest) wurden die Funktionskapazität und die ergometrisch wichtigen Kenndaten vor und nach einem vierwöchigen SpoRT bei Patienten mit Osteoporose getestet und mit gleichaltrigen Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule verglichen. Die persönliche Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit, der ADL und Rückenschmerzen wurde mittels standardisierter Fragebögen (17, 18) erfasst.

Bewegungstherapeutisch wurde im stationären Rahmen mit beiden Patientengruppen ein vierwöchiges SpoRT durchgeführt. Diese Bewegungstherapie enthielt sowohl Reaktions-, Gleichgewichts-Koordinationstraining, Stretching als auch kräftigende Gymnastik (zweimal pro Woche sowie insgesamt neunmal ein einstündiges Krafttraining (medizinische Trainingstherapie (MTT)). Zweimal pro Woche nahmen die Teilnehmer an rückengerechtem Schwimmen, einem Geh/Lauftraining (Intervalltraining), Wassergymnastik sowie Ergometrietaining von jeweils einer halben Stunde teil.

Ergebnisse

Ca. 32% der Frauen mit Osteoporose und 52,4% der Frauen mit Osteoarthritis behaupteten, in ihrem Leben „immer sportlich aktiv zu sein“. Ca. 60-70% beider Patientengruppen betrachteten Sport als sehr wichtig zur Erhaltung der Gesundheit, wobei äußerst unwichtig mit „1“ und äußerst wichtig mit „10“ auf einer visuellen Analogskala angegeben wurde (Abb. 1). Die Frage „Wie oft fühlen Sie sich in der Woche motiviert, Sport zu treiben?“ wurde mit einer Häufigkeit von $2,4 \pm 1,5$ pro Woche zu Beginn des stationären Aufenthaltes beantwortet. Diese Angabe verbesserte sich bei Patienten mit

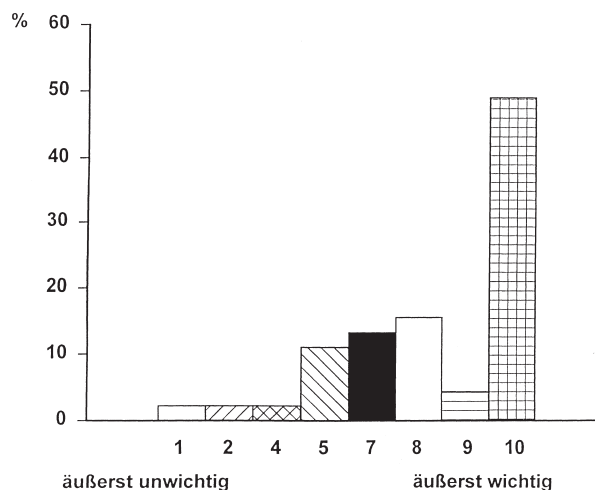


Abbildung 1: Anteil der Frauen (%) mit Osteoporose, die Sport zur Erhaltung der Gesundheit „äußerst unwichtig“ (1) bis „äußerst wichtig“ (10) halten.

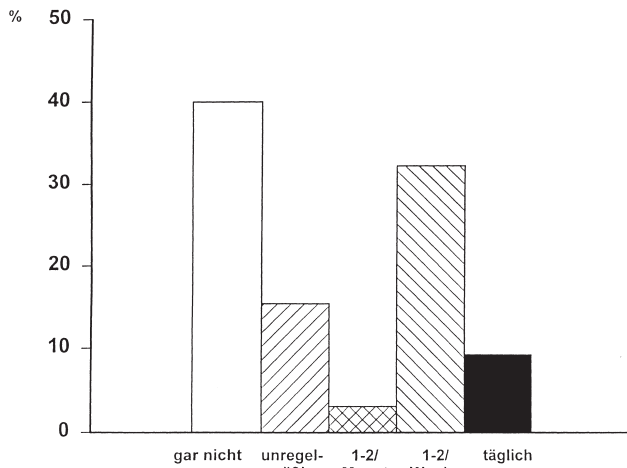


Abbildung 2: Procentsatz der Frauen mit Osteoporose, die Gymnastik „gar nicht“ bis „täglich“ in den letzten 5 Jahren durchführten

Osteoporose auf $3,15 \pm 1,7$ pro Woche am Ende des SpoRT ($p < 0,001$). Ebenso erhöhte sich die persönliche Einschätzung der Wichtigkeit von Sport zur Erhaltung der Gesundheit von einem Durchschnittswert von $8,2 \pm 2$ auf $9,0 \pm 1,7$ ($p < 0,001$) nach der Therapie. Trotz dieser relativ guten Motivation, Sport zu treiben und Sport als wichtig für die Gesundheitserhaltung zu erachten, zeigte eine getrennte Analyse der sportlichen Aktivitäten, dass diese nur von relativ wenigen Patienten täglich, oder ein- bis zweimal pro Woche ausgeübt wurden: Spazierengehen 45,8%, Gymnastik 41,5% (Abb. 2), Fahrradfahren 31,7%, Schwimmen 17,8%, Wandern 15%, Joggen 3,2%. Die allgemeine körperliche Belastung in den letzten fünf Jahren wurde von 19,7% der Osteoporosepatienten als schwer bis sehr schwer eingeschätzt, der Rest

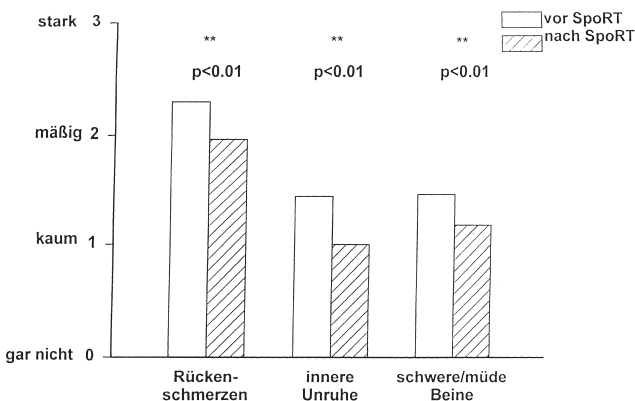


Abbildung 3: Ausmaß der körperlichen Beschwerden bei Frauen mit Osteoporose vor und nach 4 Wochen SpoRT.

betrachtet die körperliche Belastung als leicht (32,4%) bis mittelschwer (47,9%).

Das Ausmaß der körperlichen Beschwerden (Rückenschmerzen, schwere Beine) sank signifikant ($p < 0,01$) (Abb. 3) nach SpoRT. Auch die Ausführbarkeit von Tätigkeiten, z.

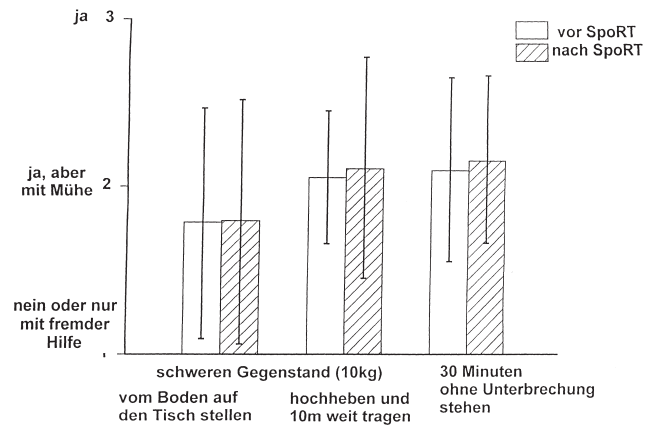


Abbildung 4a: Ausführbarkeit von Tätigkeiten („schwere Gegenstände“, „Stehen“) bei Frauen mit Osteoporose vor und nach 4 Wochen SpoRT

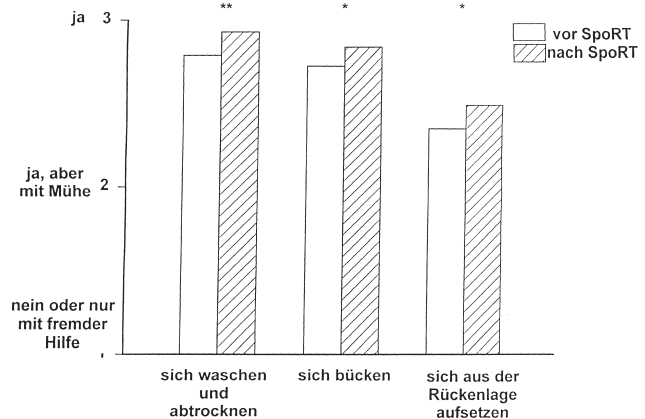


Abbildung 4b: Ausführbarkeit von Tätigkeiten („sich waschen“, „sich bücken“) bei Frauen mit Osteoporose vor und nach 4 Wochen SpoRT

B. sich bücken, sich aus der Rückenlage aufsetzen, schwere Gegenstände zu halten und zu tragen, verbesserte sich deutlich ($p < 0,05$) nach SpoRT (Abb. 4a, 4 b).

Objektive und subjektive Leistungsfähigkeit

Patientinnen mit Osteoporose hatten einen durchschnittlichen Ruhepuls von $84,7 \pm 13,1$ /min vor und von $80,3 \pm 12,8$ /min ($p < 0,01$) nach dem SpoRT. Die Ergometriezeit verlängerte sich signifikant ($p < 0,01$) von $8,3 \pm 1,9$ min vor auf $9,2 \pm 2,0$ min nach der SpoRT. Auch der Energieaufwand stieg von $190,6 \pm 63$ auf 225 ± 73 KJ signifikant ($p < 0,0001$) an.

Entsprechend signifikante ($p < 0,001$) Leistungssteigerungen fanden sich auch bei den erreichten Wattstufen von $120,4 \pm 24,2$ auf $132,2 \pm 26,2$ W. Umgerechnet auf Watt/kg Körpergewicht fand sich eine signifikante Leistungssteigerung von $1,79 \pm 0,54$ auf $2,06 \pm 0,45$ W/kg ($p < 0,001$). Verglichen mit den Normwerten von Mellerowicz (9) erreichten die Osteoporosepatientinnen erst durch das SpoRT ein altersentsprechendes Leistungsniveau. Die „physical working capacity 130“ stieg von $1,31 \pm 0,46$ auf $1,32 \pm 0,4$ W/kg an. Entsprechende Leistungssteigerungen fanden sich auch bei

Männern mit Osteoporose, (Abb. 5). Der Ruhepuls lag bei Männern mit Osteoporose bei $80,7 \pm 9,5$ /min und erniedrigte sich am Ende des SpoRT auf $78,9 \pm 8,8$ /min. Der Puls am Ende der Belastung stieg von $145,3 \pm 19,1$ auf $149,4 \pm 18,6$ /min an. Zu bedenken gilt hier, dass diese Patienten selbstverständlich eine längere Ergometriezeit ($12,4 \pm 2,6$

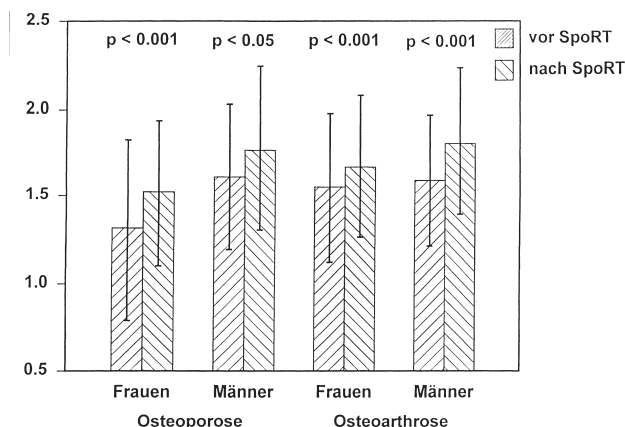


Abbildung 5: „Power Working Capacity“ (W/kg) von Frauen und Männern mit Osteoporose bzw. Osteoarthrose vor und nach einem 4-wöchigen Sportrehabilitationstraining

min vor und $13,17 \pm 2,5$ min nach SpoRT) und eine höhere Leistung ($169,7 \pm 32$ W vor und $179,1 \pm 30$ W nach SpoRT) getreten hatten, als dies bei Frauen der Fall war. Dies ging bei Männern mit einer Umsatzsteigerung von $368,2 \pm 68$ KJ auf 413 ± 97 KJ einher ($p < 0,001$). Umgerechnet auf W/kg fand sich hier ein signifikanter Anstieg von $2,21 \pm 0,49$ auf $2,4 \pm 0,71$. Auch die „physical working capacity 130“ stieg von $1,61 \pm 0,43$ auf $1,77 \pm 0,53$ W/kg an (Abb. 5).

Vergleichbare Veränderungen von höherem Niveau ausgehend fanden sich auch bei Frauen mit degenerativen Veränderungen. Diese hatten vorher einen durchschnittlichen Puls in Ruhe von $85,7 \pm 14,8$ /min vor und $79,7 \pm 13,3$ /min nach dem SpoRT. Der Puls am Belastungsende sank von $150,2 \pm 11,9$ /min vor auf $145,1 \pm 13,9$ /min nach dem SpoRT. Die Ergometriezeit verlängerte sich von $9,9 \pm 2,4$ auf $10,6 \pm 2,5$ min ($p < 0,004$).

Die entsprechenden Leistungsstufen zeigten eine Steigerung von $140,9 \pm 27,3$ auf $151,1 \pm 33,1$ W ($p < 0,01$). Auch die Leistung pro kg Körpergewicht zeigte im Vergleich ein höheres Ausgangs- und Endniveau ($1,98 \pm 0,34$ auf $2,13 \pm 0,35$ W/kg ($p < 0,01$)).

Deutlichere Veränderungen fanden sich bei Männern mit Osteoarthrose. Diese hatten einen Anfangspuls vor Ergometrie von $80,2 \pm 12,5$ /min welcher sich nach dem SpoRT auf $77,7 \pm 9,5$ /min erniedrigte. Der Puls am Ende der Belastung sank von $157,5 \pm 17,6$ auf $155,6 \pm 17,7$ /min ($p = 0,380$), obwohl insgesamt eine höhere Leistung erreicht wurde.

Signifikante Veränderungen fanden sich auch im Bereich der Leistung, die im Durchschnitt von $190,5 \pm 41,9$ auf $211,2 \pm 53,6$ W ($p < 0,001$) stieg. Die „physical working capacity 130“ stieg von $1,59 \pm 0,31$ W/kg auf $1,81 \pm 0,44$ W/kg ($p < 0,001$).

Diese Verbesserung der Leistungsfähigkeit ging mit einer signifikanten Verbesserung des körperlichen, seelischen Befindens und der Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit einher (Abb. 6).

Diskussion

Unsere ergometrischen Ergebnisse zeigen, dass Patienten mit Osteoporose in geringerem Maße körperlich belastbar sind im Vergleich zu gleichaltrigen Patienten mit degenerativen Veränderungen und der altersentsprechenden Norm. Diese geringere Belastbarkeit war bisher nur bei Patienten mit zunehmenden vertebrealen Frakturen publiziert (12). Hinzu kommt, dass Patienten mit Osteoporose ihre eigene körperliche Aktivität (z.B. „immer sportlich aktiv“) zu hoch einschätzen. Insbesondere werden solche Tätigkeiten, die im Hinblick auf die bewegungstherapeutischen Aspekte (Joggen, Wandern) der Osteoporose wichtig erscheinen (4, 11, 22), nur von einem kleineren Prozentsatz der Patienten durchgeführt.

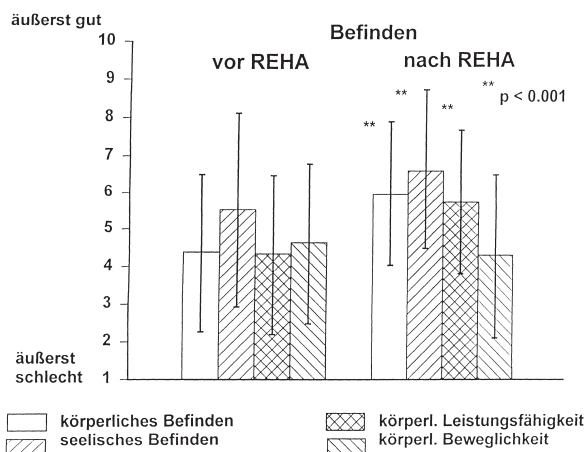


Abbildung 6: Einschätzung des körperlichen und seelischen Befindens und der körperlichen Leistungsfähigkeit bzw. Beweglichkeit vor und nach einem 4-wöchigen Sportrehabilitationstraining bei Patienten mit Osteoporose.

Durch den kombinierten Einsatz der oben beschriebenen positiven Trainingsfaktoren durch das SpoRT kam es zu einer signifikanten Verbesserung der ergometrischen Leistungsparameter. Diese Leistungssteigerung liegt im vergleichbaren Umfang wie bei Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule. Patienten mit Osteoporose erreichen durch dieses Training wieder die Leistung ihrer Altersklasse. Selbstverständlich war der Zeitraum zu kurz, um Knochendichteparameterveränderungen verifizieren zu können. Hier sind längere Zeiträume notwendig wie *Kemmler et al* (7) bei ihren Probanden zeigten.

Unsere Studie zeigt auch, dass Patienten mit Osteoporose häufig Schmerzen im Bereich der gesamten Wirbelsäule und nur in geringem Ausmaß in den peripheren Gelenken angeben. Insbesondere sind Patienten mit Osteoporose in ihrer Fähigkeit, schwere Gegenstände zu halten und zu tragen, eingeschränkt. Durch ein vierwöchiges Sportrehabilitationstraining konnte auch hier eine wesentliche signifikante

Besserung erzielt werden. Diese Verbesserung ist wichtig, da gerade „weight bearing exercise“ auch einen wesentlichen Bestandteil eines effektiven Osteoporosetrainings darstellt (25).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein 4-wöchiges Sportrehabilitationstraining eine sehr effektive und positive Auswirkung auf Patienten mit Osteoporose zeigt. Neben dem objektiven Parameter der Leistungssteigerung in der Funktionskapazität zeigt sich dies auch insbesondere in einer erheblichen Schmerzreduktion. Diese signifikanten Veränderungen führen schließlich auch zu einer deutlichen Verbesserung des körperlichen und seelischen Wohlbefindens. Wichtig erscheint es uns, die durchgeführten Trainingseinheiten in reduzierter Form auch als Heimprogramm zu absolvieren.

Literatur

1. *Astrand PO*: Physical activity and fitness. *Am J Clin Nutr* 55 (1992) 1231-1236
2. *Chow RK, JE Harrison, CF Brown et al.*: Physical fitness effect on bone mass in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil* 67 (1986) 231-234
3. *Dalsky GP, K Stroke, AA Ehsani, E Slatopolsky, CL Waldon, JB Stanlexy*: Weight bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 108 (1988) 824-828
4. *Iwamoto J, Takeda T, Otani T, Yabe Y*: Effect of increased physical on bone mineral density in postmenopausal osteoporotic women. *Keio J Med*. 47 (1998) 157-61
5. *Kelsey JL*: Osteoporosis: Prevalence and incidence. In: Programs and Abstracts of the Proceedings of the NIH Consensus Development Conference, Bethesda, Maryland (1984) 25
6. *Kelsey JL, S Hoffman*: Risk factors for hip fracture. *N Engl J Med* 316 (1987) 404-406
7. *Kemmler W*: Körperliche Belastung und Osteoporosis. Einfluß einer 10monatigen Interventionsmaßnahme auf ossäre und extraossäre Risikofaktoren einer Osteoporose. *Dtsch Z Sportmed* 49 (1998) 270-277
8. *Kemmler W*: Einfluß unterschiedlicher Lebensabschnitte auf die belastungsabhängige Reaktion ossärer Risikofaktoren einer Osteoporose. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 114-119
9. *Mellerowicz H*: Ergometrie, 3. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München, 1979
10. *Melton L, S Kan, M Frye et al.*: Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 129 (1989) 1000-1011
11. *Michel BA, NE Lane, DA Bloch, HH Jones, JP Fries*: Effect of changes in weight-bearing exercise on lumbar bone mass after age fifty. *Ann Med* 23(4) (1991) 397-401
12. *Nevitt MC, Ettinger B, Black DM, Stone K, Jamal SA, Ensrud K, Segal M, Genant HK, Cummings SR*: The association of radiographically detected vertebral fractures with back pain and function: a prospective study. *Ann Intern Med* 128 (1998) 793-800
13. *Nguyen TV, PJ Kelly, PN Sambrook, C Gilbert, NA Pocock, JA Eisman*: Life-style factors and bone density in the elderly: implications for osteoporosis prevention. *J Bone Miner Res* 9(9) (1994) 1339-1346
14. *Pocock N, J Eisman, T Gwinn et al*: Muscle strength, physical fitness, and weight but not age predict femoral neck bone mass. *J Bone Miner Res* 4 (1989) 441-448
15. *Pocock N, J Eisman, MG Yeates et al.*: Physical fitness is a major determinant of femoral neck and lumbar spine bone mineral density. *J Clin Invest* 78 (1986) 618-621
16. *Pollock ML, L Garzarella, JE Graves, DM Carpenter, SH Leggett, D Lowentahl, MN Fulton, D Foster, J Tucci, R Mananquil*: Effects of isolated lumbar extension resistance training on bone mineral density of the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 24 (1992) Suppl.
17. *Raspe H, P Kindel, K Vesterlin, T Kohlman*: Die Entwicklung der Funktionskapazität und der Schmerzintensität von 81 cP-Patienten unter einer Behandlung mit Azulfidine RA oder Aurothioglucose. *Z Rheumatol* 46 (1987) 71-75
18. *Raspe, H, T Kohlmann*: Rückenschmerzen - eine Epidemie unserer Tage? *Dt. Ärzteblatt*, 90,4 (1993) 2985-2992
19. *Riggs BL, LJ Melton*: Involutional osteoporosis. *N Engl J Med* 314 (1986) 1676-1686
20. *Riggs BL*: Rates of bone loss in axial and appendicular bone loss skeletons of women: Evidence of substantial vertebral bone loss prior to menopause. *J. Clin Invest* 77 (1986) 1487-1491
21. *Seidl G, F Kainberger, P Haber, M Hartard, P Hübsch, S Trattning, J Kramer*: Systematisches Krafttraining in der Postmenopause: Begleitende densitometrische Kontrolle mit DXA. *Radiologe* 33 (1993) 452-456
22. *Shipp KM, R Vallera, KW Lyles, DT Gold, P Anglin, C Pieper, B Peterson, MK Drezner, KD Harper*: Predictors of reduced physical performance in patients with osteoporosis. *J Bone Miner Res* 10, Supp 1, (1995) 254
23. *Silman AJ, TW O'Neill, JR Varlow, D Agnusdei, C Cooper, J Dequeker, D Felsenberg, JA Kanis, G Krüskemper, H Raspe and the European Vertebral Osteoporosis Study Group*: Effect of physical activity on the risk of vertebral deformity. *J Bone Miner Res* 10, Supp 1, (1995) 174
24. *Snow-Harter C, R Marcus*: Exercise, bone mineral density and osteoporosis. *Exerc Sport Sci Rev* 19 (1991) 351-388.
25. *Suominen V, Avikainen, S Cheng, S Ollikainen, J Puolakka, S Sipilä, DR Taaffe, J Timonen, JT Toivanen*: Effects of High-Impact Physical Exercise and Estrogen Replacement Therapy on Bone Mineral Density and Cross-Sectional Geometry in Postmenopausal Women. *ASBMR-IBMS Second Joint Meeting, San Francisco, 1998*

Anschrift des Autors:

Priv.-Doz. Dr. med. Helmut Franck
Rheumazentrum Oberammergau
Hubertusstr. 40
82487 Oberammergau
Fax: 08822/914259