

Der Einfluß von Sport auf die Knochendichte perimenopausaler und postmenopausaler Frauen - eine Interventionsstudie

Effect of exercise on bone mineral density in perimenopausal and postmenopausal women - an intervention study

¹Universität zu Köln, Forschungsstelle für Gesundheitserziehung, Köln

²Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Bonn, Bonn

³Universitätskinderklinik Köln, Osteologisches Labor, Köln

⁴Gesellschaft für Umwelt, Gesundheit und Kommunikation; Köln

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluß von körperlicher Aktivität auf die Knochendichte des distalen Radius von gesunden perimenopausalen (n=23) und postmenopausalen (n=60) Frauen zu untersuchen. Der Untersuchungszeitraum betrug ein Jahr. Keine der Frauen führte eine Hormontherapie (HRT) durch. Die Gesamtgruppe der Teilnehmerinnen, die aus 83 Frauen, im Alter zwischen 40 und 62 Jahren bestand, wurde in zwei Gruppen randomisiert. Alle Frauen nahmen an einem Sportprogramm teil, das aus einer 40-minütigen Laufeinheit und einem 20-minütigen Gymnastikprogramm bestand und dreimal pro Woche für ein Jahr (Gruppe 1, n=46) bzw. sechs Monate (Gruppe 2, n=37) durchgeführt wurde. Die Teilnehmerinnen von Gruppe 2 (G2) trainierten nur für die letzten sechs Monate der Untersuchung. G2 diente im ersten Halbjahr als Kontrolle. Für diese Gruppe wurde das Sportprogramm in sofern modifiziert, als daß an den Handgelenken Gewichtsmanschetten (jeweils 0.8 kg) während der Gymnastik zu tragen waren. Die erste Kontrollmessung, sechs Monate nach Studienbeginn, zeigt eine signifikante Abnahme der trabekulären Knochendichte von

2% ($p < 0.01$) für Gruppe 1 (G1) und eine Abnahme von 1.2% (n.s., $p = 0.045$) für G2. Die Meßwerte für Serum-Osteocalcin, Serum-Calcium und Calcium in Nüchternharn waren nach diesem ersten Studienhalbjahr unverändert. Nach weiteren sechs Monaten trat ein signifikanter trabekulärer Knochendichte-Verlust bei beiden Gruppen nicht mehr auf. Die Osteocalcin-Serumkonzentration stieg bei beiden Gruppen signifikant an ($p < 0.001$) und der Calcium-Serumspiegel fiel signifikant ($p < 0.001$) ab. Die Calcium-Ausscheidung im Nüchternharn viel ebenfalls bei beiden Gruppen ab. Diese Abnahme war bei Gruppe 2 signifikant ($p < 0.01$).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß der trabekuläre Knochendichte-Verlust am distalen Radius von peri- und postmenopausalen Frauen durch das vorliegend beschriebene Sportprogramm aufgehoben werden konnte. Es ist anzunehmen, daß die zusätzliche mechanische Belastung durch die Gewichtsmanschetten den Trainingseffekt verbessert hat womit das bessere Ergebnis bei G2 zu erklären wäre.

Schlüsselwörter: Knochendichte, Sport, Postmenopause, Osteoporose

The objective of this study was to assess the effect of physical activity on bone density at the distal radius in healthy perimenopausal (23) and postmenopausal (60) women. The duration of the study was one year. None of the women were on hormone replacement therapy (HRT). The 83 women, aged 40-62 years, were randomized into two groups. All women participated in an exercise program of 40 minutes of jogging and 20 minutes of gymnastics three times a week for 1 year (group 1, n=46) and 6 months (group 2, n=37), respectively. Participants of group 2 (G2) served as control for the first six months of the study. Subjects of group 2 were introduced to exercise classes after the first 6 months of the study and were wearing wrist-weights (0.8 kg each arm) during the gymnastics of each session. Results show a decrease in bone mineral density (BMD) during the first six months of the study in group 1, G1, (2%, $p < 0.01$) and G2, though not significant for the latter (1.2%, n.s., $p = 0.045$). There was no significant change in osteocalcin serum concentration, fasting urinary calcium excretion and calcium serum concentration during the first half of the study. After an additional six months it was possible to stop bone mineral density loss in both groups. Osteocalcin serum concentration significantly ($p < 0.001$) increased and calcium serum concentration significantly decreased ($p < 0.001$) in G1 and G2. Fasting urinary calcium excretion decreased in both groups, however significantly only in G2 ($p < 0.01$) during the one-year study. In conclusion, BMD loss it proved possible to prevent at the distal radius by our exercise program in peri- and postmenopausal women. It may be suggested that the better outcome in G2 is due to the additional stimulation of bone metabolism because of the wrist-weights.

Key words: bone density, exercise, postmenopause, osteoporosis.

Einleitung

Zahlreiche, vor allem im Ausland durchgeführte Untersuchungen, zeigen einen positiven Zusammenhang von körperlicher Akti-

vität und Knochendichte auf. Sport kann daher eine wichtige Bedeutung für Prävention und Therapie der Osteoporose haben (2, 7, 13, 41, 42, 53). Diese Annahme wird durch die Beobachtung unterstützt, daß eine mechanische Belastung des Skeletts die Knochenformation stimuliert (8, 14), Immobilisation und Schwerelosigkeit (40) hingegen einen vermehrten Knochenmasse-Abbau verursacht. Weiterhin belegen mehrere Studien, daß Sportler eine höhere Knochenmasse aufweisen als Nicht-Sportler (3, 20, 50). In Interventionsstudien konnte ein vorliegender Knochenmasse-Verlust durch sportliche Aktivität aufgehalten bzw. Knochenmasse aufgebaut werden (22, 41, 42). Einige Studien hingegen konnten diesen positiven Effekt von Sport nicht aufzeigen (5, 46). Unterschiede in der Belastung einzelner Skelettbereiche bei verschiedenen Sportprogrammen könnten eine Ursache für die kontroversen Ergebnisse sein.

Smith und Mitarbeiter (47) stellten fest, daß ein Aerobic-Training, bei dem auch der Oberkörper und die Arme belastet wurden, den Verlust an Knochenmineralgehalt von Radius und Ulna bei menopausalen Frauen vermeiden konnte. *White und Mitarbeiter* (53) beobachteten eine signifikante Abnahme an Knochenmineralgehalt am distalen Radius postmenopausaler Frauen, die ein „Walking“-Programm durchführten. Bei einer Tanzsportgruppe der gleichen Untersuchung erfolgte jedoch keine Abnahme des Knochenmineralgehaltes.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu klären, ob ein allgemeines Sportprogramm den Knochendichte-Verlust am distalen Radius bei peri- und postmenopausalen Frauen vermindern oder gar aufhalten kann. Weiterhin sollte untersucht werden inwiefern ein zusätzliches lokales Kräftigungstraining effektiver für einen Knochenmasseerhalt ist als ein allgemeines Sportprogramm mit Lauf- und Gymnastikeinheiten.

Methoden und Probandinnen

Teilnehmerinnen

Es wurde in Form von Inseraten und Artikeln in der Kölner Tagespresse auf die Möglichkeit zur Studienteilnahme hingewiesen. Teilnahmeberechtigt waren gesunde Frauen im Alter

zwischen 40 und 60 Jahren deren letzte Monatsblutung mindestens ein Jahr zurücklag (postmenopausal). Frauen mit unregelmäßiger Menstruation wurden erst nach eingehender endokrinologischer Untersuchung in die Studie aufgenommen. Sofern die Serumwerte von 17- β Estradiol unter 14 pg/ml, die von Progesteron unter 0.2 ng/ml, die von FSH (follikelstimulierendes Hormon) über 70 U/l und die von LH (luteinisierendes Hormon) zwischen 10.8 und 61.4 U/l lagen, wurden diese Frauen der Gruppe der postmenopausalen Frauen zugeordnet. Alle anderen Frauen wurden als perimenopausal klassifiziert. Frauen mit Hyperparathyreoidismus, Lebererkrankung, Nierenerkrankung und solche unter Einnahme von Östrogenen oder sonstigen Medikamenten mit Einfluß auf den Knochenstoffwechsel, wurden von der Studienteilnahme ausgeschlossen; ebenfalls wurden solche Interessentinnen ausgeschlossen, deren sportliche Aktivität (ausgenommen Schwimmen und Radfahren) mehr als eine Stunde pro Woche betrug. 121 Frauen nahmen an der Eingangsuntersuchung teil. Die Gesamtgruppe der Teilnehmerinnen wurde zu Vergleichszwecken in zwei Gruppen G1 (n=60) und G2 (n=61) randomisiert. Erstere führte das nachfolgend beschriebene Sportprogramm von Studienbeginn an für ein Jahr durch. G2 trainierte nur während des zweiten Untersuchungshalbjahres und fungierte für die ersten sechs Studienmonate als Kontrollgruppe. Die beiden Gruppen waren hinsichtlich Alter, Gewicht, Größe, menopausalem Status, täglicher Calciumaufnahme und der Dauer der Einnahme an oraler Kontrazeptiva vergleichbar. Alle Frauen gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme und das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Universität zu Köln geprüft und genehmigt.

Sportprogramm

Das Sportprogramm bestand aus einer 40minütigen Laufeinheit und einer 20minütigen Gymnastik, welche dreimal pro Woche durchgeführt wurden. Da es sich um eine verhältnismäßig geringe Interventionsdauer (ein Jahr bzw. 6 Monate) handelte, wurde die wöchentliche Trainingsbelastung relativ hoch gestaltet.

Der Aufbau des Laufprogramms erfolgte schrittweise von einer Minute auf 40 Minuten

Laufzeit in der zwölften Trainingswoche. Während der Laufeinheit sollte eine Herzfrequenz (HR) zwischen 70% - 85% der geschätzten maximalen HR (220-Alter) eingehalten werden (Pulskontrolle). Durch das Laufprogramm wurden besonders frakturgefährdete Skelettregionen wie Wirbelsäule, Hüfte und Femur belastet, um dort eine Stimulation des Knochenmasseaufbaus bzw. eine Verbesserung der Knochenstabilität zu erreichen. Zusätzlich wird durch Jogging eine Verbesserung der Ausdauerleistung und der Koordination sowie eine allgemeine Kräftigung und Stabilisierung des Bandapparates erreicht. Eine gesteigerte Durchblutung durch dieses aerobe Training steigert nachhaltig das Konzentrationsvermögen und wirkt ausgleichend und beruhigend auf das seelische Befinden. Damit wurden weitere Bereiche zur Sturzprophylaxe und dadurch auch der Prävention von Frakturen abgedeckt. Das Gymnastikprogramm bestand im wesentlichen aus statischen Kräftigungs- und Dehnungsübungen. Der Schwerpunkt lag auf der Kräftigung von Bauch-, Rücken-, Schulter- und Armmuskulatur. Sowohl durch Gymnastik als auch durch kleine Spiele und Tänze während der Aufwärmphase, wurde eine Verbesserung von Koordination, Bewegungssicherheit, Reaktionsfähigkeit, Orientierungsvermögen und Beweglichkeit beabsichtigt. Für G2, die nur für die letzten 6 Monate der Studie trainierte, wurde das Gymnastikprogramm etwas modifiziert, um eine gezielte Belastung und Muskelkräftigung im Bereich des Handgelenks (Meßregion) zu erreichen. Teilnehmerinnen dieser Gruppe trugen während der Gymnastik Gewichtsmanschetten (je 0.8 kg) an den Handgelenken. Die Teilnahme am Sportprogramm wurde anhand von Anwesenheitslisten der Trainerinnen und Protokollheften der Studienteilnehmerinnen überprüft. 68% der Frauen der Gesamtgruppe nahmen bis zum Studienende aktiv am Sport teil. Diese gute Compliance entspricht in etwa der von vergleichbaren Studien (39, 42, 53).

Meßverfahren

Alle Teilnehmerinnen nahmen zu Studienbeginn (November/Dezember), sechs Monate nach (Mai/Juni) und ein Jahr nach Studienbeginn (November/Dezember) an den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen teil.

Spongiosadichte

Die Knochendichtemessung des distalen Radius (4% über der Epiphysenfuge) erfolgte mit einem CT-Bone Scanner (XCT-900, Fa. STRATEC Medizintechnik, Pforzheim). Die periphere Quantitative Computertomographie (pQCT) hat im Vergleich zu anderen densitometrischen Meßverfahren den Vorteil einer hohen Präzision und einer geringen Strahlenexposition und erlaubt es Spongiosa und Kortikalis getrennt zu erfassen. Aufgrund der geringen Impräzision eignet sich die pQCT im besonderen Maße, Veränderungen bereits nach relativ kurzen Beobachtungszeiträumen zu erfassen. Die Spongiosadichte wurde als Bewertungsgrundlage für die Ergebnisse der Knochendichte herangezogen, da in der peri- und frühen postmenopausalen Phase vor allem am spongiösen Knochenanteil Demineralisierungsprozesse beobachtet werden. Weiterhin verändert sich die Spongiosa durch Umbauprozesse, aufgrund von mechanischen Belastungen, in wesentlich kürzerer Zeit als die Kortikalis (10, 38, 52).

Veränderungen der Spongiosadichte sind daher meßtechnisch leichter zu erfassen als solche der Kortikalis. Die Kurzzeit-Reproduzierbarkeit der Messungen lag zwischen 0.3% und 0.9%. Der Variationskoeffizient lag bei 0.35%. Weitere Ausführungen zu diesem Meßverfahren finden sich bei *Schneider und Pörner* (45).

Hormone und biochemische Parameter

Die Serumkonzentration von 17- β Estradiol wurde in Doppelbestimmung mittels ELISA (Enzyme Linked Immunoassay Absorbent) analysiert. Die Assay Kits wurden von der Firma IBL, Hamburg bezogen. Die Intra- und Interassay Variationskoeffizienten dieser Methode betragen 5.4% bzw. 5.8%. Progesteron wurde mittels RIA (radioimmunoassay) und LH und FSH mittels ELISA bestimmt. Die Testsätze wurden von der Firma Biermann, Bad Nauheim geliefert. Der Interassay Variationskoeffizient lag bei 10%, 12% bzw. 8.7%. Osteocalcin, ein Marker für die Knochenformation wurde mittels RIA (Henning, Berlin) bestimmt. Der Interassay-Variationskoeffizient lag unter 15%. Die Calcium-Ausscheidung im Nüchternharn wurde mit Atom-Absorptionsphotometrie (AAS), Perkin Elmer, Ueberlingen, ermittelt. Die Messung der Kreatinin-

Konzentration im Nüchternharn erfolgte mittels Beckmann Kreatinin-Analysator und Teststäben der Firma Beckmann-Instruments, Californien, USA. Der Interassay-Variationskoeffizient dieser Methode belief sich auf 7.3%. Die Calcium-Ausscheidung im Nüchternharn wurde auf die Kreatinin-Ausscheidung im Nüchternharn bezogen. Die Calcium-Serumkonzentration wurde durch Autoanalysator (Eppendorf, Hamburg) bestimmt.

Nahrungsaufnahme

7-Tage Ernährungsprotokolle wurden jeweils zu den drei Meßzeitpunkten von jeder Teilnehmerin geführt, um daraus die alimentäre Calcium- und Energieaufnahme sowie die Calciumdichte (Calciumgehalt der Nahrung bezogen auf den Energiegehalt; Ca/MJ) zu ermitteln. Die Calciumdichte ermöglicht die Beurteilung eines Zusammenhangs zwischen Calciumaufnahme und den erfaßten Parametern des Knochenstoffwechsels,

der unabhängig von der Energieaufnahme ist. Jede Teilnehmerin erhielt genaue Anweisungen, wie sie die Protokolle zu führen hatte und bei Abgabe der Protokolle wurden diese von einer Ernährungswissenschaftlerin überprüft und mit der Probandin durchgesprochen. Die Analyse der Nährstoffe erfolgte mittels Software, die auf dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) basiert (PRODI=Praxisorientiertes Dialogsystem).

Statistik

Die Daten wurden nach dem Kolmogorov-Smirnow-Test auf Varianzhomogenität geprüft. Der T-Test (ungepaart) wurde für den Vergleich der zwei Gruppen zum jeweils gleichen Meßzeitpunkt angewandt. Beim zeitlichen Vergleich der Daten innerhalb einer Gruppe wurde der T-Test für gepaarte Daten

verwandt. Das Signifikanzniveau wurde entsprechend der Bonferroni-Korrektur auf 0.017 (0.05/3) festgelegt (17). Korrelationskoeffizienten ausgewählter Variablen wurden nach Pearson berechnet. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte \pm Standardabweichung angegeben. Die statistische Analyse wurde mittels SPSS (statistical program of social sciences) ausgeführt.

Ergebnisse

Zu Studienbeginn lagen für die erfaßten Meßwerte keine signifikanten Unterschiede zwischen G1 und G2 vor (Tab. 1). Während des Untersuchungszeitraumes trat bei keiner der beiden Gruppen eine signifikante Veränderung von Körpergewicht und Größe sowie

	Gruppe 1 Mittelwert (\pm SD) (n = 46)	Gruppe 2 Mittelwert (\pm SD) (n = 37)	Gesamtgruppe Mittelwert (\pm SD) (n = 83)
Alter (Jahre)	51.9 (\pm 4.5)	51.5 (\pm 4.1)	51.7 (\pm 4.3)
Körpergröße (cm)	163.9 (\pm 4.9)	163.7 (\pm 4.9)	163.8 (\pm 4.9)
Körpergewicht (kg)	65.3 (\pm 9.5)	66.4 (\pm 9.2)	65.8 (\pm 9.4)
Body Mass Index (kg/m ²)	24.3 (\pm 3.0)	24.7 (\pm 3.1)	24.5 (\pm 3.0)
Menopausenjahre (Jahre)	5.5 (\pm 6.1)	3.0 (\pm 3.9)	4.3 (\pm 5.4)
Calciumaufnahme (mg/Tag)	1088 (\pm 343)	944 (\pm 312)	1023 (\pm 335)
Kalorienaufnahme (kJ/Tag)	8560 (\pm 2519)	8263 (\pm 1920)	8427 (\pm 2264)
Calciumdichte (mg/MJ)	131 (\pm 35)	115 (\pm 28)	124 (\pm 32)
17- β Ostradiol (pmol/l)	200.4 (\pm 464.1)	150.7 (\pm 295.1)	178.3 (\pm 396.3)

Tab. 1: Basisdaten von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate).

bei der Energie- und Calcium-Zufuhr auf. Für den gesamten Studienzeitraum von einem Jahr lag eine aktive Beteiligungsrate von 69% vor. Die Mehrzahl der Ausfälle ergab sich aus Zusammenhängen, die nicht unmittelbar mit der Intervention zu tun hatten: keine Zeit/Pflege von Verwandten (8), Krankheit (4), Hormon-Supplementierung (3), Wohnortwechsel (2), Verletzungen (2), sonstiges (19). Neun Frauen nahmen an allen Messungen teil, partizipierten aber nicht am Sportprogramm. Diese neun Frauen wurden nicht in die Datenauswertung einbezogen.

Die Ausfallrate lag bei G2 höher als bei G1, die Differenz war allerdings nicht signifikant (Tab. 2).

Die 46 Teilnehmerinnen von G1, die für die gesamte Studiendauer am Sport teilnahmen, hatten im ersten Halbjahr eine Anwesenheitsrate von durchschnittlich 75% bei

Meßzeitpunkt	Gesamtgruppe (N=121) n (%)	Gruppe 1 (N=60) n (%)	Gruppe 2 (N=61) n (%)
6 Monate	18 (15)	10 (8)	8 (6.5)
12 Monate	11 (9)	0	11 (9)
*ausgewertet	83 (68%)	46 (77%)	37 (61%)

Tab. 2: Abwesenheitsrate von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate).

insgesamt 78 Trainingstagen. Während der letzten sechs Studienmonate war die Anwesenheit geringer. Im Durchschnitt betrug die aktive Teilnahme 52% bei insgesamt 72 Trainingstagen. Die Anwesenheit von G2 während des zweiten Studienhalbjahres war vergleichbar mit der von G1. Die Teilnehmerinnen von G2 hatten ebenfalls eine Anwesenheitsrate von durchschnittlich 75% bei 72 Trainingstagen.

Die Verläufe der Spongiosadichte für G1 und G2 während des Studienjahres sind in Tabelle 3 zu sehen. Sechs Monate nach Studi-

BMD (mg/cm ³)	Gruppe 1 mean (± SD)	Gruppe 2 mean (± SD)
Beginn	146.7 (± 37.8)	134.8 (± 31.6)
6 Monate	143.6 (± 37.6)*	133.3 (± 30.6)
12 Monate	142.5 (± 37.5)	133.4 (± 31.6)

Tab. 3: Knochendichte (BMD) von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate) zu Studienbeginn, nach 6 Monaten und zu Studienende (nach 12 Monaten).

enbeginn wurde eine Abnahme der Spongiosadichte gemessen, die für G1 2.0% ($p < 0.001$) und für G2 1.2% (n.s., $p = 0.045$) betrug. Im zweiten Studienhalbjahr betrug die Veränderung der Spongiosadichte -0.8 % (n.s.) für G1. Für G2 lag keine Veränderung vor. Während des zweiten Studienhalbjahres konnte also ein signifikanter bzw. weiterer Spongiosadichteabfall bei G1 bzw. G2 ver-

Serum-Osteocalcin (ng/ml)	Gruppe 1 Mittelwert (± SD)	Gruppe 2 Mittelwert (± SD)
Studienbeginn	10.0 (± 3.7)	9.8 (± 3.4)
6 Monate	10.2 (± 3.2)	9.7 (± 2.4)
12 Monate	11.2 (± 3.7)*	12.0 (± 3.3)*

Tab. 4: Serum-Osteocalcinkonzentration von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate) zu Studienbeginn, nach 6 Monaten und zu Studienende (nach 12 Monaten).

hindert werden. Die Entwicklung der Spongiosadichte wich in den beiden Gruppen nicht signifikant voneinander ab.

Nach den ersten sechs Studienmonaten wurde keine signifikante Veränderung der erfaßten biochemischen Parameter - Serum-Osteocalcin, Calcium-Serumkonzentration, Calcium-Ausscheidung im Nüchternharn - beobachtet (Tab. 4,5,6). Die Calcium-Serumkonzentration fiel während des zweiten Studienhalbjahres in beiden Gruppen signifikant ab (Tab. 5) und die Osteocalcin-Serumkonzentration stieg bei G1 und G2 signifikant an (Tab. 4). Während dieses Zeitraumes fiel auch die Calcium-Ausscheidung im Nüchternharn in beiden Gruppen deutlich ab, allerdings nicht signifikant. Vergleicht man die Calcium-Exkretion im Nüchternharn zu Studienbeginn mit den Werten am Ende der Untersuchung, so war die Abnahme bei G2 signifikant. Weder die Veränderung der betrachteten biochemischen Parameter, noch deren Absolutwerte zu den drei Meßzeitpunkten wichen zwischen den beiden Untersuchungsgruppen voneinander ab (Tab. 4,5,6). Es lagen keine signifikanten Korrelationen zwischen den erfaßten anthropometrischen Daten bzw. der Calciumdichte und der Spongiosadichte bzw. den biochemischen Parametern vor (Ergebnisse nicht abgebildet). Ein Ausschluß der perimenopausalen Frauen von der Datenanalyse veränderte die Studienergebnisse nicht, so daß alle Daten unabhängig vom menopausalen Status ausgewertet wurden.

Diskussion

Mit dem Einsetzen der Menopause ist ein physiologischer Knochendichteverlust zu erwarten (9). Auch in der vorliegenden Untersuchung war bei beiden Gruppen sechs Monate nach Studienbeginn ein Knochenmasse-

Verlust aufgetreten, der bei G1 signifikant war. Ein signifikanter bzw. weiterer Knochenabbau konnte im zweiten Halbjahr bei G1 bzw. bei G2 nicht festgestellt werden. Es kann angenommen werden, daß dieses Ergebnis auf die präventive Wirkung des Sportprogramms zurückzuführen ist. Die Tatsache, daß der Knochendichteverlust bei G1 erst nach 12 Monaten Training, bei G2 aber bereits nach sechs Monaten modifiziertem Sportprogramm aufgehhalten wurde, legt die Annahme nahe, daß das bessere Ergebnis von G2 durch den Einsatz der Gewichtsmantelchen während der Gymnastik erreicht wurde.

Der Einsatz der pQCT, die zur Messung des Knochenmassegehaltes am distalen Radius eingesetzt wird, erscheint aus mehreren Gründen für das Studiendesign der vorliegenden Untersuchung als besonders geeignet: Erstens ermöglicht die niedrige Impräzision der pQCT, daß bereits innerhalb kurzer Untersuchungszeiträume geringe Veränderungen der Knochendichte zuverlässig erfaßt werden können.

Zweitens handelt es sich beim distalen Radius um einen stark frakturgefährdeten Knochenbereich (19) so daß an einer Skelettregion gemessen werden kann, die auch aus sozialmedizinischer Sicht von Bedeutung ist. Die Ergebnisse erlauben somit eine Beurteilung der Effektivität der präventiven Maßnahme.

Die Ursache für die höhere Abnahme der Knochendichte des distalen Radius bei G1 während der ersten sechs Monate ist nicht ganz eindeutig erklärbar. Möglicherweise lag bei G1 eine Umverteilung der Knochenmasse von weniger mechanisch belasteten Skelettarealen (distaler Radius) zu vermehrt stimulierten Skelettbereichen (Hüfte, Femur, LWS) durch die sportliche Aktivität vor. G1 nahm nicht an einem speziellen Kräftigungstraining für den distalen Radius teil.

Ca Serum (mmol/l)	Gruppe 1 Mittelwert (± SD)	Gruppe 2 Mittelwert (± SD)
Studienbeginn	2.46 (± 0.09)	2.47 (± 0.09)
6 Monate	2.44 (± 0.10)	2.43 (± 0.09)
12 Monate	2.31 (± 0.09)*	2.29 (± 0.10)*

Tab. 5: Calcium-Serumkonzentration (Ca Serum) von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate) zu Studienbeginn, nach 6 Monaten und zu Studienende (nach 12 Monaten).

Ca/Cr (µmol/mmol)	Gruppe 1 Mittelwert (± SD)	Gruppe 2 Mittelwert (± SD)
Studienbeginn	313.2 (± 178.7)	336.8 (± 184.8)
6 Monate	298.4 (± 166.1)	352.5 (± 325.6)
12 Monate	286.1 (± 231.4)	222.5 (± 159.2)* ₁₎

Tab. 6: Calciumkonzentration im Nüchternharn (Ca/Cr) von Gruppe 1 (Sport von Studienbeginn an, für 1 Jahr) und Gruppe 2 (Sport ab zweitem Studienhalbjahr, für 6 Monate) zu Studienbeginn, nach 6 Monaten und zu Studienende (nach 12 Monaten).

Nach Untersuchungen von *Frost* (15) scheinen kurze aber hohe mechanische Belastungen den Knochenstoffwechsel effektiver zu stimulieren als lange, aber niedrige Belastungen. Demzufolge benötigt das Knochengewebe ein bestimmtes Minimum an mechanischer Belastung, damit es zu einer Stimulation des Knochenstoffwechsels kommt. Diese „Belastungsschwelle“ wurde bei G2 durch die höhere mechanische Belastung mit den Gewichtsmanschetten vermutlich häufiger überschritten als bei G1.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigen Befunde von *Smith et al.* (47). Diese Forschergruppe beobachtete eine signifikant geringere Abnahme des Knochenmineralgehaltes (BMC) und des BMC per Knochenbreite (BMC/W) am distalen Radius sowie an der Ulna postmenopausaler Frauen nach einem 4jährigen Sportprogramm. Bei der betreffenden Studie konnte nach dem ersten Interventionsjahr im Rahmen eines allgemeinen Aerobicprogramms kein Unterschied bei den erfaßten Meßwerten zwischen der Sport- und der Kontrollgruppe festgestellt werden. Eine meßbare Differenz an BMC und BMC/W wurde erst nach Einführung von Kräftigungsübungen für Oberkörper und Arme in das „Basis“-Sportprogramm beobachtet. *Rikli und McManis* (42) beobachteten bereits nach zehn Monaten Sport einen signifikanten Anstieg des BMC und des BMC/W am distalen Radius bei postmenopausalen Frauen. Dieser Anstieg war unabhängig von einem zusätzlichen Kräftigungsprogramm für den Oberkörper. Das „Basis“-Programm bei der betreffenden Studie enthielt jedoch bereits Kräftigungsübungen für den Oberkörper. Da das Sportprogramm der vorliegenden Studie auch Kräftigungsübungen für den Oberkörper und die Arme beinhaltete, kann vermutet werden, daß diese Trainingseinheiten dazu beigetragen haben, daß bereits nach sechs bzw. zwölf Monaten ein positiver Effekt auf die Knochendichte des distalen Radius gemessen werden konnte.

Nach den vorliegenden Ergebnissen scheint die lokale mechanische Belastung für die Stimulation des Knochenanbaus am distalen Radius bedeutender zu sein als die Skelettbelastung durch ein allgemeines aerobes Training. Die Daten untermauern somit die Vorstellung verschiedener anderer Autoren (24, 28, 32, 53), daß Sportprogramme zur Prävention des Knochendichte-Verlustes am distalen

Radius so konzipiert sein müssen, daß die Unterarme dadurch gezielt belastet werden.

Die densitometrischen Befunde der vorliegenden Studie werden durch die Ergebnisse der biochemischen Parameter bestätigt. Insbesondere bei G2 kam es durch das Sportprogramm zu einem deutlichen Rückgang der Calciumexkretion im Nüchternharn. Diese Harnfraktion spiegelt die Höhe der Calciumverluste, die aus dem Knochen stammen, wider (33). Die Veränderungen traten bei der vorliegenden Studie parallel mit einem Abfall der Serum-Calciumkonzentration auf. Ein Absinken des Serum-Calciumspiegels reduziert die Calciummenge, die in den Primärharn gelangt und vermindert somit die renale Calciumausscheidung (34). Das Sportprogramm wirkte demnach Effekten auf den Calciumstoffwechsel, wie sie beispielsweise in der Menopause beobachtet werden – Erhöhung des Serum-Calciumspiegels, Anstieg der renalen Calciumverluste (35) – entgegen. Die eigenen Ergebnisse werden durch eine Studie von *Hatori et al.* (18) untermauert, die bei postmenopausalen Frauen, im Alter zwischen 45 und 67 Jahren beobachteten, daß nach einem 7-monatigen Sportprogramm die Knochendichte an der Lendenwirbelsäule anstieg sowie die Calciumexkretion im Nüchternharn signifikant abnahm.

Wir fanden weiterhin einen signifikanten Anstieg der Osteocalcin-Serumkonzentration nach 12 Monaten (G1) bzw. nach 6 Monaten (G2) Sport. Osteocalcin dient als Indikator der Osteoblastenaktivität (11, 12). Der Serum-Osteocalcinspiegel korreliert gut mit histomorphometrischen Befunden des Knochenanbaus (16, 49). Verstärkte mechanische Belastung geht mit einem Anstieg der Osteocalcin-Werte einher (21). Der deutliche Anstieg dieses Parameters, der bei G2 bereits nach 6-monatiger Intervention erkennbar war, zeigt erneut die Bedeutung auf, die einer ausreichend hohen mechanischen Belastung des Skeletts zur Stimulation des Knochenanbaus zukommt. Auch in Untersuchungen mit prämenopausalen Frauen (28, 43) sowie bei Männern mittleren und höheren Alters (32) wurde ein signifikanter Anstieg der Serum-Osteocalcinkonzentration bei der Sportgruppe im Vergleich zur Gruppe ohne Training beobachtet.

Da unsere Studie für einen Zeitraum von 1 Jahr durchgeführt wurde, könnte vermutet werden, daß saisonale Veränderungen des

Knochenstoffwechsels die Ergebnisse beeinflussen haben.

In Nord- und Westeuropa lassen sich saisonal bedingte Unterschiede des Vitamin D Status, mit erniedrigten Vitamin D Spiegeln im Winter und hohen Serumkonzentrationen im Sommer, beobachten (30). Bei mehreren Studien mit postmenopausalen Frauen bestand ein Zusammenhang zwischen dem Serumspiegel an 25-hydroxy-Cholecalciferol (25 OHD) und der Knochendichte (23, 26, 36). Während einige Untersucher bei jungen Frauen und Männern (44) sowie bei postmenopausalen Frauen (37) saisonale Veränderungen der Knochendichte im lumbalen Skelettbereich aber nicht am distalen Radius beobachtet haben berichten *Krall & Dawson-Hughes* (23) von einem positiven Zusammenhang zwischen 25 OHD Status, intestinaler Calcium-Resorption und radialer Knochendichte bei postmenopausalen Frauen.

Mehrere Gründe sprechen jedoch gegen die Annahme, daß eine Veränderung des Vitamin D Status während des Untersuchungsverlaufs die positive Entwicklung des BMD verursacht hätte. Erstens erhöht Vitamin D die fraktionelle Calcium-Absorption im Intestinum (23, 1). Dies kann zu einer erhöhten Calcium-Ausscheidung mit dem Urin führen (51). In der vorliegenden Studie wurde hingegen eine Abnahme der Calcium-Ausscheidung mit dem Urin zu Studienende beobachtet und dies im besonderen Maße bei der Gruppe mit den Gewichtsmanschetten. Unsere Ergebnisse bestätigen demnach eher Studien, bei denen es im Rahmen eines Sportprogramms zu einer Abnahme des Calcium-Verlustes mit dem Harn kam (18, 27).

Zweitens besteht ein inverser Zusammenhang zwischen Vitamin D-Status und dem Serum-Osteocalcinspiegel (6). Eine Vitamin D-Supplementierung in Kombination mit einer Calciumgabe reduzierte den Serum-Osteocalcinspiegel (4). Es kann folglich angenommen werden, daß der Anstieg an Serum-Osteocalcin zum Ende der vorliegenden Untersuchung nicht auf einen verbesserten Vitamin D Status zurückzuführen ist.

Drittens haben mehrere Autoren aufgezeigt, daß keine signifikanten saisonalen Schwankungen für verschiedene biochemische Parameter des Knochenstoffwechsels – Serum-Alkalische Phosphatase, Serum-Osteocalcin, Nüchternharn-Hydroxyprolin,

Nüchternharn-Calcium (37) und Serum-Calcium (25, 31, 48) - bestehen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß ein allgemeines aerobes Sportprogramm den Verlust an trabekulärer Knochendichte am distalen Radius von peri- und postmenopausalen Frauen aufhalten kann. Ein spezielles Kräftigungsprogramm für die Unterarme hat einen zusätzlichen positiven Effekt auf diese Skelettregion bzw. die positive Wirkung kann in kürzerer Zeit erreicht werden als bei allgemeinen Trainingsprogrammen. Es kann angenommen werden, daß eine spezifische „Belastungsschwelle“ für das Knochengewebe existiert, die überschritten werden muß, damit es zu einer Stimulation des Knochenstoffwechsels kommt. Das durchgeführte Sportprogramm ist sicher und einfach sowie für die meisten Frauen gut durchführbar.

Sportliche Aktivität scheint auf den Knochenstoffwechsel von peri- und postmenopausalen Frauen einen präventiven wie therapeutischen Effekt zu haben.

Literatur

1. Barger-Lux, J.M., Heaney, R.P., Lanspa, S.J., Healy J.C., DeLuca, H.F.: An investigation of sources of variation in calcium absorption efficiency. *J Clin Endocrinol Metab* 80 (1995), 406-411
2. Beverly, M.C., Rider, T.A., Evans, M.J., Smith, R.: Local bone mineral response to brief exercise that stresses the skeleton. *BMJ* 299 (1989), 233-235
3. Block, J.E., Friedlander, A.L., Brooks, G.A., Steiger, P., Stubbs, H.A., Genant, H.K.: Determinants of bone density among athletes engaged in non-weight-bearing activity. *J Appl Physiol* 67 (1989), 3, 1100-1105
4. Brazier, M., Kamel, S., Maamer, M., Agbomson, F., Elesper, I., Garabedian, M., Desmet, G., Seberr, J.L.: Markers of bone remodeling in the elderly subject: effects of vitamin D insufficiency and its correction. *J Bone Min Res* 10 (1995), 1753-1761
5. Cavanaugh, D.J., Cann, C.E.: Brisk Walking does not stop bone loss in postmenopausal women. *Bone* 9 (1988), 201-204
6. Chapuy, M.C., Schott, A.M., Garnero, P., Hand, D., Delmas, P.D., Meunier, P.J.: Healthy elderly french women living at home have secondary hyperparathyroidism and high bone turnover in winter. *J Clin Endocrinol Metab* 81: (1996), 1129-1133
7. Chow, R., Harrison, J.E., Notarius, C.: Effects of two randomized exercise programmes on bone mass of healthy postmenopausal women. *BMJ* 295 (1987) 1441-1444
8. Dalsky, G.P., Karen, G.S., Ehsani, A.A., Slatopolsky, E., Lee, W.C., Brige, S.J.: Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Annals of Internal Medicine* 108 (1988), 824-828
9. Dambacher, M.A.: Osteoporose-Pathogenese, Prophylaxe, Therapie. *Der Internist* 27 (1986), 206-213
10. Dambacher, M.A.: Pathophysiologie der Osteoporose und Knochendichte-Bestimmung. *Internist* 32 (1991), 63-69
11. Delmas, P.D., Malaval, L., Arlot, M.E., Meunier, P.J.: Serum bone Gla-protein compared to bone histomorphometry in endocrine diseases. *Bone* 6 (1985), 339-341
12. Delmas, P.D., Wahner, H.W., Mann, K.G., Riggs, B.L.: Assessment of bone turnover in postmenopausal osteoporosis by measurements of serum bone gla-protein. *J Clin Med* 102 (1983), 470-476
13. Dilsen, G., Berker, C., Oral, A., Varan, G.: The role of physical exercise in prevention and management of osteoporosis. *Clinical Rheumatology* 8 (1989), 70-75
14. Eisman, J.A., Sambrook, P.N., Kelly, P.J., Pocock, N.A.: Exercise and its interaction with genetic influences in the determination of bone mineral density. *Am J Medicine* 91 (1991), Suppl 5B, 5b-5S-5b-9S

Ampullen

Zusammensetzung: 2,2 ml enth.: Arnica D 2, Calendula D 2, Chamomilla D 3, Symphytum D 6, Millefolium D 3, Belladonna D 2 jeweils 2,2 µl; Aconitum D 2 1,32 µl; Bellis perennis D 2, 1,1 µl; Hypericum D 2 0,86 µl; Echinacea angustifolia D 2, Echinacea purpurea D 2 jeweils 0,55 µl; Hamamelis D 1 0,22 µl; Mercurius solubilis Hahnemanni D 6 1,1 mg; Hepar sulfuris D 6 2,2 µl. **Anwendungsgebiete:** Verletzungen wie Verstauchungen und Verrenkungen, Prellungen, Blut- und Gelenkergüsse, Knochenbrüche, postoperative und posttraumatische Ödeme und Weichteilschwellungen, Entzündliche und mit Entzündungen verbundene degenerative Prozesse an den verschiedenen Organen und Geweben, besonders auch am Stütz- und Bewegungsapparat (Tendovaginitis, Styloiditis, Epicondylitis, Bursitis, Periarthritis humeroscapularis u.a.), Arthrosen der Hüft-, Knie- und kleinen Gelenke, Commotio cerebri acuta. **Gegenanzeigen:** Überempfindlichkeit gegen einen der Wirk- oder Hilfsstoffe, oder gegen Korbblütler. Aus grundsätzlichen Erwägungen nicht anzuwenden bei progredienten Systemerkrankungen wie Tuberkulose, Leukosen, Kollagenosen, Multiple Sklerose, AIDS-Erkrankung, HIV-Infektion und anderen Autoimmun-Erkrankungen. **Nebenwirkungen:** Nach Anwendung kann Speichelfluß auftreten; das Mittel ist dann abzusetzen. Nach intraartikulärer Applikation von Traumeel S (Injektionslösung) kann es in seltenen Fällen zu vorübergehenden schmerzhaften Reizzuständen des Gelenkes, eventuell mit sterner Ergußbildung kommen; eine entzündungshemmende Behandlung führt zum Abklingen der Beschwerden. In Einzelfällen können Überempfindlichkeitsreaktionen auftreten. Für Arzneimittel mit Zubereitungen aus Sonnenhut (Echinacea) und anderen Korbblütlern wurden Hautausschlag, Juckreiz, selten Gesichtsschwellung, Atemnot, Schwindel und Blutdruckabfall beobachtet. **Wechselwirkungen mit anderen Mitteln:** Nicht bekannt. **Dosierungsanleitung:** Bei akuten Beschwerden täglich, sonst 3-1mal wöchentlich 1-2 Ampullen i.m., s.c., i.c. (evtl. Quaddelung), i.v., intraartikulär bzw. periarthikulär. **Darreichungsform und Packungsgrößen:** Packungen mit 5 (N1) DM 13,37, 10 (N1) DM 22,17, 50 (N2) DM 75,63 und 100 (N3) Ampullen zu 2,2 ml DM 127,26. **Weitere Darreichungsformen:** Tropfen, Tabletten, Salbe.

Stand: 1. Oktober 1998

Traumeel® S



Entzündlich-rheumatische Erkrankungen und Sportverletzungen



- wirkt antiphlogistisch und
- antiödematös
- kassenüblich

-Heel

Biologische Heilmittel Heel GmbH, Baden-Baden
Telefon (0 72 21) 5 01-00, Fax 5 01-2 80, <http://www.heel.de>

15. Frost, H.M.: The mechanostat: a proposed pathogenic mechanism of osteoporosis and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents. *Bone and Mineral* 2 (1987), 73-85
16. Garcia-Carrasco, M., Gruson, M., de Vernejoul, M., Denne, M.A., Miravet, L.: Osteocalcin and bone morphometric parameters in adults without bone disease. *Calcif Tissue Int* 42 (1988), 13-17
17. Godfrey, K.: Comparing means of several groups. *N Engl J Med* 313 (1985), 1450-1456
18. Hatori, M., Hasegawa, A., Adachi, H., Shinozaki, A., Hayashi, R., Okano, H., Mizunuma, H., Murata, K.: The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 52 (1993), 411-414
19. Hötzel, D., Zittermann, A.: Ernährung und primäre Osteoporose. *Akt. Ernähr.-Med.* 15 (1990), 241-250
20. Jacobsen, P.C., Beaver, W., Grubb, S.A., Taft, T.N., Talmage, R.V.: Bone density in women: college athletes and older athletic women. *J of Orthopaedic Research* 2 (1984), 328-332
21. Karlsson, M.K., Vergnaud, P., Delmas, P.D., Obrant, K.J.: Indicators of bone formation in weight lifters. *Calcif Tissue Int* 56 (1995), 177-180
22. Krale, E.A., Dawson-Hughes, B.: Walking is related to bone density and rates of bone loss. *Am J Med* 96 (1994), 20-28
23. Krall, E.A., Dawson-Hughes, B.: Relation of fractional ⁴⁷Ca retention to season and rates of bone loss in healthy postmenopausal women. *J Bone Min Res* 6 (1991), 1323-1329
24. Kroemer, B., Toft, B., Nielsen, S.P., Tondevold, E.: Physical exercise as prophylaxis against involuntarily vertebral bone loss: a controlled trial. *Clin Sci* 64 (1983), 541-546
25. Lester, E., Skinner, R.K., Wills, M.R.: Seasonal variation in serum 25-hydroxy-vitamin D in the elderly in Britain. *Lancet* 1 (1977), 979-980
26. Lips, P., Netelenbos, J.C., Jongen, M.J.M., van Ginkel, F.C., Althuis, A.L., van Schaik, C.L., van der Vijgh, W.J.F., Vermeiden, J.P.W., van der Meer, L.: Histomorphometric profile and vitamin D status in patients with femoral neck fracture. *Metab Bone Dis Rel & Dis* 4 (1982), 85-93
27. Lips, P., van Ginkel, F.C., Netelenbos, J.C., Wiersinga, A., van der Vijgh, W.J.F.: Lower morbidity and markers of bone resorption in the elderly. *Bone Mineral* 9 (1990), 49-57
28. Lohemann, T., Going, S., Pamentier, R., Hall, M., Boyden, T., Houtkooper, I., Ritenbaugh, C., Bare, L., Hill, A., Aickin, M.: Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: a randomized prospective study. *J Bone Miner Res* 10 (1995), 1015-1024
29. Maluche, H.H., Faugere, M.C., Fanti, P., Price, P.A.: Plasma levels of bone Gla-protein reflect bone formation in patients on chronic maintenance dialysis. *Kidney Int* 26 (1984), 869-874
30. McKenna, M.J.: Differences in vitamin status between countries in young adults and the elderly. *Am J Med* 93 (1992), 69-77
31. McLaughlin, M., Raggatt, P.R., Fairney, A., Brown, D.J., Lester, E., Wills, M.R.: Seasonal variations in serum 25-hydroxycholecalciferol in healthy people. *Lancet* 1 (1974), 536-538
32. Menkes, A., Mazel, S., Redmond, R.A., Koffler, K., Libanati, G.R., Gundberg, C.M., Zizic, T.M., Hargerg, J.M., Pratley, R.E., Hurley, B.F.: Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol* 74 (1993), 5, 2478-2484
33. Nordin, B.E.C., Horsman, A., Aaron, J.: Diagnostic procedures. In: Calcium, phosphate and magnesium metabolism. BEC Nordin (ed) Churchill Livingstone, Edinburgh 1976, S. 469-524
34. Nordin B.E.C.: Plasma calcium and plasma magnesium homeostasis. In: Calcium, phosphate and magnesium metabolism. BEC Nordin (ed) Churchill Livingstone, Edinburgh 1976, S. 186-216
35. Nordin, B.E.C., Polley, K.J.: Metabolic consequences of the menopause. *Calcif Tissue Int* 41 (1987), Suppl 1, S1-S58
36. Ooms, M.E., Lips, P., Roos, J.C., van der Vijgh, W.J.F., Popp-Snijders, C., Bezemer, P.D., Bouler, L.M.: Vitamin D status and sex hormone binding globulin: Determinants of bone turnover and bone mineral density in elderly women. *J Bone Min Res* 10 (1995), 1177-1184
37. Overgaard K, Nilas L, Sidenius Johansen J, Christiansen C: Lack of seasonal variation in bone mass and biochemical estimates of bone turnover. *Bone* 9 (1988), 285-288.
38. Pfeilschifter, J.: Der Knochenstoffwechsel und seine Aktivitätsparameter. *Internist* 31 (1990), 727-736
39. Pruitt, L.A., Jackson, R.D., Bartels, R.L., Lehnhard, H.J.: Weight-training effects on BMD in early postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 7 (1992), 179-185
40. Rambaut, P.C., Goode, A.W.: Skeletal changes during space flight. *Lancet* (1985), 1050-1052
41. Revel, M., Mayoux-Benhamon, M.A., Rabourdin, J.P., Bagheri, F., Roux, C.: One-year psoas training can prevent lumbar bone loss in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Calcif Tissue Int* 53 (1993), 307-311
42. Rikli, R.E., McManis, B.G.: Effects of exercise on bone mineral content in postmenopausal women. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 61 (1990), 3, 243-249
43. Rockwell, J.C., Sorenson, A.M., Baker, S., Leahey, D., Stocke, J.L., Micheals, J., Baran, D.T.: Weight training decreases vertebral bone density in premenopausal women: A prospective study. *J Clin Endocrinol Metab* 71 (1990), 988-993
44. Schurla, S.H., Scheidt-Nave, C., Leidig, G., Woitge, H., Wüster, C., Seibel, M.J., Ziegler, R.: Lower serum 25-hydroxyvitamin D is associated with increased bone resorption markers and lower bone density at the proximal femur in normal females: a population-based study. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 104 (1996), 289-292
45. Schneider, P., Pörner, W.: Peripherie Quantitative Computertomographie zur Knochenmineralmessung mit einem neuen speziellen QCT-Scanner. *Fortschr Röntgen S* 154: (1991), 292-299
46. Sinaki, M., Wahner, H., Offord, K., Hodgson, S.: Efficacy of nonloading exercise in prevention of vertebral bone loss in postmenopausal women: A Controlled Trial. *Mayo Clin Proc* 64 (1989), 762-769
47. Smith, E.L., Gilligan, C., McAdam, M., Ensign, C.P., Smith, P.E.: Bone increases in exercising middle-aged women. *Calcif Tissue Int* 44 (1989), 312-321
48. Stamp, T.C.B., Round, J.M.: Seasonal changes in human plasma levels of 25-hydroxyvitamin D₃ serum levels in normal humans. *Nature* 247 (1974), 563-565
49. Stracke, H., Schulz, A., Weber, U., Ullmann, J., Schatz, H.: Osteocalcin und Knochenhistologie bei Osteoporose. *Klin Wochenschr* 65 (1987), 1095-1100
50. Talmage, R.V., Stinnett, S.S., Landwehr, J.T., Vincent, L.M., McCartney, W.H.: Age-related loss of bone in non-athletic and athletic women. *Bone and Mineral* 1 (1986), 115-125
51. Vanderschueren, D., Gevers, G., Dequeker, J., Geusens, P., Nijs, J., Devos, P., De Roo, M., Bouillon, R.: Seasonal variation and bone metabolism in young healthy subjects. *Calcif Tissue Int* 49 (1991), 84-89
52. Vico, L., Prallet, B., Chappard, D., Pallot-Prades, B., Pupier, R., Alexandre, C.: Contributions of chronological age, age at menarche and menopause and of anthropometric parameters to axial and peripheral bone densities. *Osteoporosis Int* 2 (1992), 153-158
53. White, M.K., Martin, R.B., Yeater, R.A., Butcher, R.L., Radin, E.L.: The effect of exercise on bone of postmenopausal women. *International Orthopaedics* 7 (1984), 209-214
54. Wilbur, J.E., Miller, A., Dan, A.J., Holm, K.: Measuring physical activity in midlife women. *Public Health Nursing* 6 (1989), 3, 120-128

Liste der Abkürzungen

- AAS = Atom-Absorptionsphotometrie
- BMC = Knochenmineralgehalt
- BMC/W = Knochenmineralgehalt pro Knochenbreite
- BMD = bone mineral density, Knochendichte
- BMI = body mass index
- Ca/Cr = Calciumkonzentration pro Kreatinin im Nüchternharn
- Ca/MJ = Calciumgehalt pro Megajoule
- ELISA = enzyme linked immunoassay absorbent
- FSH = follikelstimulierendes Hormon
- HR = Herzfrequenz
- HRT = Hormontherapie
- LH = luteinisierendes Hormon
- n.s. = nicht signifikant
- pQCT = periphere Quantitative Computertomography
- PRODI = Praxisorientiertes Dialogsystem zur Ernährungs- und Diätberatung
- RIA = Radioimmunoassay
- SD = Standardabweichung
- SPSS = statistical program of social sciences
- sign. = signifikant
- 25 OHC = 25-hydroxy-Cholecalciferol

Anschrift für die Autoren:
Dr. Antonie Danz
(wissenschaftliche Mitarbeiterin)
Forschungsstelle für
Gesundheitserziehung
der Universität zu Köln
Gronewaldstr. 2
50935 Köln
e-mail: danz@ew.uni-koeln.de