

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Bachelorarbeit

Der Effekt von Krafttraining auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase

Corina Hürzeler S07-165-921
Hausacherstrasse 13
8122 Binz

Departement: Gesundheit
Institut: Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2007
Eingereicht am: 21. Mai 2010
Betreuende Lehrperson: Barbara Köhler, Physiotherapeutin MPTSc



Abbildung 1: Casa Batlló, Barcelona (IOF, 2010)

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract	4
2. Einleitung.....	5
2.1. Einführung.....	5
2.2. Klinisches Bild der Osteoporose.....	6
2.3. Diagnostik	7
2.3.1. Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA)	8
2.3.2. Interpretation der Densitometrieresultate	9
2.3.3. Klinische Einzelrisiken.....	9
2.4. Therapie konservativ und operativ	11
2.5. Zielsetzung der Arbeit	13
2.6. Fragestellung	13
2.7. Drei zentrale Fragen.....	13
3. Hauptteil	14
3.1. Methoden	14
3.2. Matrix	15
3.3. Resultate der Studien.....	17
3.3.1. Bocalini et al. (2009)	17
3.3.2. Brentano et al. (2008)	18
3.3.3. Judge et al. (2005)	18
3.3.4. Maddalozzo et al. (2006).....	20
3.3.5. Von Stengel et al. (2007)	21
3.4. Beurteilung der Qualität der Studien anhand der PEDro Kriterien	24
3.5. Inhaltlicher Vergleich der Studien.....	26
3.6. Fragestellung: Hat Krafttraining einen Effekt auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase?	27
4. Diskussion.....	28
4.1. Antwort auf zentrale Fragen	28
4.2. Interpretation der Resultate.....	30
4.2.1. Trainingsintensität.....	30
4.2.2. Trainingsfrequenz	32
4.2.3. Trainingsort – Verbindung mit hoher Dropout Quote?.....	33
4.2.4. Interventionszeit.....	33
4.3. Ausblick: Forschungsansätze bezüglich Krafttraining und Osteoporose	34
4.3.1. Fragestellung	34
4.3.2. Wirkungsmechanismus auf den Knochen	34
4.4. Schlussfolgerung.....	35
4.5. Literaturverzeichnis	36
4.6. Abbildungsverzeichnis.....	38
4.7. Danksagung	39
4.8. Anhang.....	40
4.8.1. Kriterien des Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)	40
4.8.2. Oxford Kriterien	42
4.9. Selbstständigkeitserklärung	44

1. Abstract

Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Effekt von Krafttraining auf die Knochendichte bei postmenopausalen Frauen zu klären. Bei einem positiven Effekt sollen die wirksamsten Krafttrainingsarten aufgezeigt werden.

Dazu wurde mittels den Keywords „Osteoporosis“, „resistance training“, „strength training“, „weight training“, „postmenopausal“, „bone density“, „therapeutic exercise“, „muscle strengthening“, „weightlifting“ und „resistance exercise“ in den Datenbanken *Pubmed*, *Medline*, *PEDro*, *CINHAL*, *AMED* und *The Cochrane Library* nach passenden Studien recherchiert.

Der Vergleich der fünf randomisierten, kontrollierten Studien lässt darauf schließen, dass Krafttraining einen positiven Effekt auf die Knochendichte hat. Die Studie von Bocalini, Serra, dos Santos, Murad und Levy (2009) zeigt, dass Krafttraining ohne Hormontherapie vor Knochendemineralisation schützt.

Die Resultate der Studien von Maddalozzo, Widrick, Cardinal, Winters-Stone, Hoffman und Snow (2006) und Judge, Kleppinger, Kenny, Smith, Biskup und Marcella (2005) zeigen einen Anstieg der Knochendichte nach einer Trainingszeit von einem bis vier Jahren.

In den Studien mit positiven Resultaten lag die Trainingsintensität zwischen 70 und 90% des One-Repetition-Maximum. Es wurden zwei bis drei Serien à sechs bis zwölf Repetitionen ausgeführt. Auch die Trainingsanzahl lag zwischen zwei und drei Trainings pro Woche (Bocalini et al., 2009, Maddalozzo et al., 2006, Judge et al., 2005 & Von Stengel, Kemmler, Lauber, Kalender und Engelke (2007)).

2. Einleitung

2.1. Einführung

Osteoporose ist weltweit ein grosses Gesundheitsproblem. Die World Health Organization (WHO) hat Osteoporose unter den zehn wichtigsten Volkskrankheiten eingestuft. Sie gehört damit zu den häufigsten chronischen Krankheitsbildern (Bartl, 2008).

Die International Osteoporosis Foundation (IOF, 2009) definiert die Osteoporose als eine systemische Skeletterkrankung, charakterisiert wird sie durch eine Vermin-
derung der Knochendichte und der Knochenqualität.

Die Osteoporose kann nach der **Ätiologie** eingeteilt werden. Es existieren *primäre* (auch *idiopathische*) und *sekundäre* Osteoporosen. Die postmenopausale Form gehört zu den primären Osteoporosen, genau so wie die senile Osteoporose, auch Altersosteoporose genannt. Die sekundären Osteoporosen, bedingt durch eine andere Grunderkrankung, umfassen nur rund 5% aller Fälle, jedoch sind ca. 20% aller osteoporotisch bedingten Frakturen auf sie zurückzuführen (Bartl, 2008).

Eine weitere Einteilungsmethode der Osteoporose stützt sich auf die **Knochen-
dichte** und den **Frakturnachweis**. Hier werden der *normale Knochen*, die *Osteopenie*, die *präklinische Osteoporose* und die *manifeste Osteoporose* unterschieden (Bartl, 2008).

Der Verlust der Knochendichte geschieht still und progressiv. Oftmals treten bis zur ersten Fraktur keinerlei Symptome auf (IOF, 2009). Das Frakturrisiko ist in den folgenden Skelettregionen am grössten: Wirbelkörper, proximaler Femur, Humerus und distaler Radius (Meier, 2009). Die schweizerische Vereinigung gegen die Osteoporose hat im April 2010 die aktuellsten Zahlen zur Prävalenz der osteoporotischen Frakturen herausgegeben: „Die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit im Laufe des Lebens („Lebenszeitrisiko“) eine osteoporotische Fraktur zu erleiden, beträgt in der Schweiz im Alter von 50 Jahren für die Frau 51.3%. Die Schweiz gehört damit zu den Ländern mit dem höchsten Frakturrisiko“ (Lippuner, 2010; zit. nach der SVGO, 2010). Es sind weltweit rund eine von drei Frauen sowie rund einer von fünf Männern von Osteoporose betroffen (IOF, 2009).

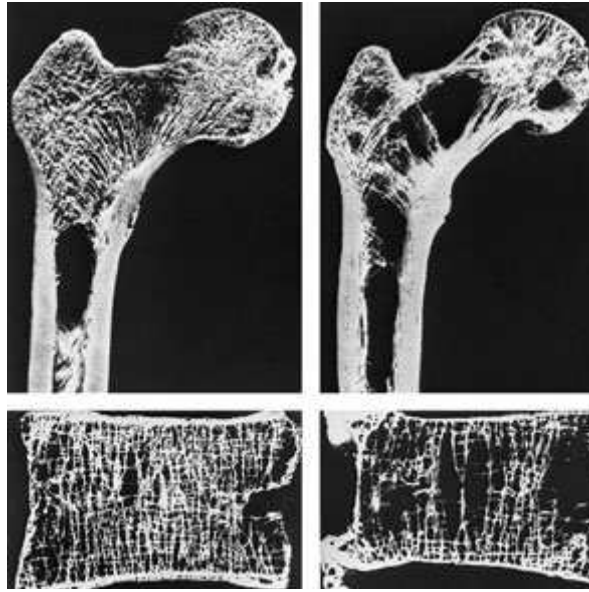


Abbildung 2: Mikrostruktur bei gesunden und osteoporotischen Knochen (Bartl, 2008)

Laut Bartl (2008) läuft der Knochenabbau vor allem in der inneren Oberfläche des Knochens, auch Endost genannt, ab. Die Knochenzellen haben an Knochen mit hohem Spongiosa-Anteil die grösste Angriffsfläche. Wirbelkörper, Oberschenkelhals, Rippen, Handgelenk und Ferse sind dementsprechend am meisten betroffen. Die Spongiosa ist ein schwammartiges Knochengerüst und wird aufgrund der grossen Oberfläche viel schneller abgebaut als die Knochenrinde der langen Röhrenknochen. Beim Knochenabbau werden die Trabekel (kleine Knochenbälkchen) abgebaut, der Knochen wird von innen her zerstört. Im Trabekelsystem gibt es vertikale und horizontale Säulen. Vom Knochenabbau sind zuerst die horizontalen Säulen betroffen, die vertikalen bleiben länger bestehen.

In-vivo-Studien zeigen, dass in der Tat die Knochendichte für 60–80% der Knochenstärke verantwortlich ist und dass sie den besten Risikofaktor für Frakturen bei postmenopausalen Frauen darstellt. Zahlreiche prospektive Studien belegen, dass das Frakturrisiko exponentiell mit dem Abfall der Knochendichte zunimmt. Eine Abnahme von 10–15% der Knochendichte verdoppelt das Frakturrisiko. (Bartl, 2008, S.21)

2.2. Klinisches Bild der Osteoporose

Klinische Auswirkungen der Osteoporose sind Sinterungsfrakturen der Wirbelsäule. Diese führen zu akuten oder chronischen Rückenschmerzen, welche eine erhebli-

che Beeinträchtigung der Funktionalität mit sich ziehen (DVO-Leitlinie, 2006). Die Einsinterung des Wirbels führt zu einer entsprechenden Knickbildung der Wirbelsäule nach vorne und damit zu einer Einschränkung der Rumpfstatik und Dynamik. Die Verlagerung des Rumpfschwerpunktes nach vorne führt zu einer Mehrbelastung anderer Wirbel, sodass es häufig im Verlauf zu weiteren Sinterungsfrakturen kommt („Krankheitsbild: Wirbelkörper-Sinterungsfrakturen“ 2009).



Abbildung 3: Seitliche Aufnahme des unteren Abschnittes der Wirbelsäule mit ausgeprägter Osteoporose und Sinterungsfrakturen des 12. Brust- und des 1. Lendenwirbelkörpers („Krankheitsbild: Wirbelkörper-Sinterungsfrakturen“ 2009)

Durch die Sinterungen kann es zu einer Grössenabnahme von bis zu 10cm kommen (DVO-Leitlinie, 2006).

2.3. Diagnostik

Laut der International Osteoporosis Foundation (2009) ist die Knochendichte, gemessen durch die Densitometrie (DXA), zurzeit der Gold-Standard für die Osteoporosediagnose. Es wird die Knochendichte gemessen, also der Mineralgehalt des Knochens. Die Knochendichte kann in zwei Werten ausgedrückt werden, dem T-Wert und dem Z-Wert. Der T-Wert drückt die Abweichung eines Messwertes in Standardabweichungen (SD) vom Mittelwert der durchschnittlichen **maximalen** Kno-

chendichte aus, die im jungen Erwachsenenalter von 25–40 Jahren gemessen wird. Der Z-Wert drückt die Abweichung eines Messwertes in Standardabweichungen (SD) vom Mittelwert der durchschnittlichen Knochendichte einer **gleichaltrigen** Population aus (SVGO, 2003).

2.3.1. Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA)

Nach Bartl, (2008) werden bei dieser Messmethode zwei Energiestrahlen mit unterschiedlicher Intensität durch das Skelett geschickt. Die Masse des Mineralgehalts im Knochen kann durch Messung der Strahlung ermittelt werden. Dank der beiden Messungen kann der Absorptionsanteil, bedingt durch Fett und Muskelgewebe, ermittelt und somit eliminiert werden. Gemessen werden die Lendenwirbelsäule und die Hüften. Innerhalb der definierten Fläche kann so der Mineralgehalt in g/cm² bestimmt werden.

Vorteile der DXA-Methode:

- nicht invasiv
- in wenigen Minuten durchführbar
- günstig
- sehr geringe Strahlenbelastung für den Patienten (nur rund ein Zehntel bis ein Hundertstel einer normalen Röntgenaufnahme)
- misst die für die Osteoporose empfindlichsten Areale
- sehr genau und reproduzierbar (Richtigkeit 2-6%, Präzision: 1-3%)
- anerkannt von der WHO als Standardmethode

Anzumerken ist, dass im Voraus durch ein Röntgenbild allfällige Kalkstrukturen oder andere absorbierende Substanzen erkannt werden müssen. Diese könnten die Messung verfälschen und so zu falsch normalen respektive falsch hohen Werten führen.

2.3.2. Interpretation der Densitometrieresultate (IOF, 2010)

- *Normal*: Die Knochendichtewerte (BMD, bone mineral density) liegen innerhalb einer Standardabweichung (SD) vom Mittelwert einer jungen, gesunden Population (T-Score > -1)
- *Osteopenie (niedrige Knochenmasse)*: BMD liegen innerhalb 1 SD unter dem Mittelwert einer jungen, gesunden Population, aber weniger als 2.5 SD unterhalb des Wertes (T-Score -1 bis -2.5)
- *Osteoporose*: BMD 2.5 SD oder mehr unterhalb des Mittelwerts für die junge, gesunde Population (T-Score > -2.5)

Der Zusammenhang zwischen der Knochendichte und dem Frakturrisiko ist aus dieser Darstellung ersichtlich:

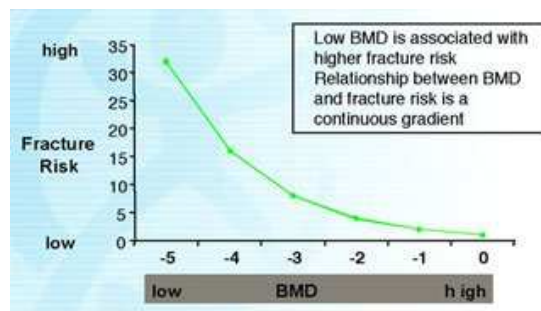


Abbildung 4: Bone density and fracture risk (IOF, 2009)

Klinische Risikofaktoren können Informationen über ein mögliches Frakturrisiko bei Patientinnen liefern, diese können jedoch nur als Überprüfungswerkzeug genutzt werden. Die Knochendichtemessung ist erforderlich, um die Diagnose zu bestätigen, da Frakturen erst im fortgeschrittenen Stadium der Krankheit auftreten können (IOF, 2009).

2.3.3. Klinische Einzelrisiken

Nach der DVO-Leitlinie, 2006. Die Empfehlungsgrade *nach Oxford* sind im Anhang erläutert.

Geschlecht: Männer haben bei einem vergleichbaren Lebensalter und T-Wert der Knochendichte ein etwa 50% niedrigeres Risiko für osteoporotische Frakturen als Frauen (Empfehlungsgrad A).

Lebensalter: Das Lebensalter ist ein starker, unabhängiger Risikofaktor für osteoporotische Frakturen (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer). Mit jeder Dekade verdoppelt sich etwa das Frakturrisiko. Alter als Frakturrisiko ist unabhängig von der Knochendichte und unabhängig von klinischen Risikofaktoren wie einer Immobilisation oder multiplen Stürzen, die ebenfalls mit dem Alter zunehmen (Empfehlungsgrad A). Es ist derzeit unklar, welche pathogenetischen Faktoren dem Risikofaktor Alter nach Adjustierung für bekannte alters-assoziierte Frakturrisiken zugrunde liegen. Denkbar ist, dass das Lebensalter zusätzlich mit einer Verschlechterung biomechanischer Faktoren der Knochenarchitektur und der Knochenqualität assoziiert ist, die derzeit noch nicht direkt erfasst werden können.

Atraumatische und niedrigtraumatische Wirbelkörperfrakturen: Atraumatische und niedrigtraumatische Wirbelkörperfrakturen sind neben dem Lebensalter der *stärkste* unabhängige Risikofaktor für zukünftige Knochenbrüche (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer). Dies gilt prognostisch sowohl für klinisch manifeste Wirbelkörperfrakturen (Empfehlungsgrad A), als auch für Wirbelkörperfrakturen aufgrund eines radiologischen Zufallsbefunds (Empfehlungsgrad B).

Periphere Fraktur nach einem Bagateltrauma: Periphere Frakturen sind ein mässiggradiger, unabhängiger Risikofaktor für osteoporotische Frakturen (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer).

Anamnese einer proximalen Femurfraktur bei Vater oder Mutter: Die Anamnese einer osteoporotischen Fraktur der Eltern ist bei Frauen und Männern mit einer geringen Risikoerhöhung für Frakturen verbunden. Die Anamnese einer proximalen Femurfraktur bei Vater oder Mutter gilt als prognostisch verlässlichste Angabe des genetischen Risikos für osteoporotische Frakturen (Empfehlungsgrad B für Frauen und Männer).

Multiple Stürze: Die Anamnese multipler Stürze in der Vorgeschichte erhöht das Risiko für periphere Frakturen bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer). Gemeint sind damit Stürze ohne externe Einwirkung, die mehr als einmal in den letzten 12 Monaten vor der Anamneseerhebung aufgetreten sind.

Immobilität: Mangelnde körperliche Aktivität oder mangelnde Fähigkeit körperlicher Aktivität sind ein Risikofaktor für proximale Femurfrakturen (Empfehlungsgrad A für Frauen, Empfehlungsgrad B für Männer) und für Wirbelkörperfrakturen (Empfehlungsgrad B für Frauen, Empfehlungsgrad D für Männer). Immobilität beschreibt zum Beispiel eine Person, die in ihrer Mobilität so stark eingeschränkt ist, dass sie nicht mehr die eigene Wohnung verlassen kann oder irgendwelchen Hausarbeiten nachgehen kann.

Nikotinkonsum: Nikotinkonsum ist ein unabhängiger, mässiger Risikofaktor für Wirbelkörperfrakturen und periphere Frakturen (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer). Die Bestimmung eines graduellen Risikos in Abhängigkeit von der Zahl der Zigaretten ist derzeit noch zu ungenau. Es lässt sich aber generell feststellen, dass Raucher ein höheres Frakturrisiko haben als Nichtraucher.

Untergewicht: Bei einem Untergewicht (BMI < 20) ist das relative Risiko für eine proximale Femurfraktur etwa 2-fach erhöht (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer). Ein erhöhtes Risiko ist auch für andere Frakturen wahrscheinlich (Empfehlungsgrad C für Frauen und Männer). Das erhöhte Risiko lässt sich vorwiegend über eine Erniedrigung der Knochendichte erklären. Eine Gewichtsabnahme ist mit einer Zunahme des Risikos für proximale Femurfrakturen verbunden (Empfehlungsgrad A für Frauen und Männer), eine Gewichtszunahme ist mit einer Abnahme des Risikos für proximale Femurfrakturen verbunden (Empfehlungsgrad D für Frauen und Männer). (DVO-Leitlinie, 2006, S.101-115)

2.4. Therapie konservativ und operativ

Die Auswahl pharmazeutischer Mittel zur erfolgreichen Behandlung der Osteoporose ist gross. Zu den Zielen der medikamentösen Therapie zählen die Optimierung des Knochenbaus, die Steigerung der Knochendichte, die Verbesserung der Knochenqualität und somit letztlich die Reduktion des Frakturrisikos (Bartl, 2008). Die Autorin verzichtet bewusst darauf, die medikamentöse Behandlung weiter aufzuführen, da dies nicht der primären Fragestellung entspricht.

Bezüglich der Behandlung von Schmerzen und funktionellen Einschränkungen hat der Dachverband der Deutschsprachigen Wissenschaftlichen Osteologischen

Gesellschaft das Prozedere wie folgt zusammengefasst (Die Empfehlungsgrade nach SIGN sind im Anhang erläutert):

Die Behandlung akuter und chronischer frakturbedingter Schmerzen und die Vermeidung funktioneller Einschränkungen nach osteoporotischen Frakturen stellen eine wichtige Aufgabe der Osteoporosetherapie dar. Nach Frakturen sollte schnellstmöglich eine Mobilisierung erfolgen. Zur Schmerzminimierung stehen neben der medikamentösen Schmerztherapie nach dem WHO-Schema physiotherapeutische Massnahmen, ggf. eine Stabilisierung durch eine Wirbelsäulen-Aufrichtende Orthese (Empfehlungsgrad B), und die Möglichkeiten einer ambulanten oder stationären Rehabilitation zur Verfügung (Empfehlungsgrad A im Rahmen einer proximalen Femurfraktur, Empfehlungsgrad D im Rahmen sonstiger akuter osteoporotischer Frakturen oder chronischer Schmerzsyndrome).

Therapieresistente Schmerzen durch Wirbelkörperfrakturen nach in der Regel mehr als 3-monatigem, konservativem, multimodalem Therapieversuch und nach überprüfbarer interdisziplinärer Begutachtung stellen eine mögliche Indikation zur Vertebro- bzw. Kyphoplastie dar (Empfehlungsgrad D). Diese Empfehlung ist aus der Abwägung heraus entstanden, dass einerseits durch diese Verfahren eine deutliche akute schmerzlindernde Wirkung beschrieben ist, dass aber andererseits randomisierte Studien und Langzeiterfahrungen bezüglich der Risiken und des Nutzens dieser Verfahren noch nicht vorliegen. Ausserhalb von kontrollierten Untersuchungen sollten diese Verfahren deshalb erst zum Einsatz kommen, wenn die unter einer konservativen multimodalen Schmerztherapie nach einer Zeitspanne von etwa 3 Monaten üblicherweise zu erwartende deutliche Besserung der Beschwerden ausbleibt oder sich innerhalb dieses Zeitraums eine vertretbare Schmerzlinderung konservativ nicht erreichen lässt. Die vorliegenden Kypho- oder Vertebroplastie-Studien erlauben noch keine Aussage zur Auswirkung einer Aufrichtung von gesinterten Wirbelkörpern auf die Funktion und Lebensqualität. (DVO- Leitlinie, 2006, S.245)

Der Schwerpunkt der Physiotherapie als therapeutische Intervention bei Osteoporose liegt bisher vorab in der **Fraktur**nachbehandlung und im **Schmerzmanagement**. Durch den Wandel des Gesundheitssystems befassen sich auch Physiothe-

rapeuten mehr mit **Prävention** (Leitlinie Physiotherapie und Bewegungstherapie bei Osteoporose, 2008).

2.5. Zielsetzung der Arbeit

In der Praxis wird man mit der interessanten und relevanten Frage konfrontiert, ob gezieltes Krafttraining einen positiven Effekt auf die Knochendichte hat oder nicht. Um den betroffenen Patientinnen eine wissenschaftlich fundierte Antwort liefern zu können, erscheint es wichtig, die Evidenz des Krafttrainings auf die Knochendichte im Bezug auf die Osteoporose anhand der neusten Studien zu überprüfen.

2.6. Fragestellung

Somit ergibt sich für diese Arbeit folgende Fragestellung:

„Gibt es Evidenz hinsichtlich eines positiven Effekts von Krafttraining auf die Knochendichte bei postmenopausalen Frauen?“

2.7. Drei zentrale Fragen

- Wird mit der derzeit vorhandenen Literatur die Fragestellung vollumfänglich zu klären sein, oder sind vor allem die Samples in den aktuellen Studien zu klein, um auf die Population zu schliessen?
- Kann Krafttraining den Knochenabbau *stabilisieren* oder führt es sogar zu einer *Zunahme* der Knochendichte?
- Führt Hormontherapie in Kombination mit Krafttraining zu den besten Resultaten?

3. Hauptteil

3.1. Methoden

Die Literatur wurde unter der Verwendung der Keywords in den Datenbanken Pubmed, Medline, PEDro, CINHAL, AMED und The Cochrane Library gesucht. Unter dem Schlagwort „Osteoporosis“ kam es zu einem Datenüberschuss. Die Verknüpfung „Osteoporosis“ AND „postmenopausal“ konnte die Suche nicht massgeblich eingrenzen. Erst die Kombination von „Osteoporosis“, „postmenopausal“ AND „resistance training“ lieferte eine spezifischere Auswahl an Studien, die sich mit dem Effekt von Krafttraining auf postmenopausale Frauen auseinandersetzen. Identisch wurde die Recherche auch mit den Keywords „strength training“ AND „postmenopausal“ AND „osteoporosis“ durchgeführt. Diese Auswahl an Studien wurde nochmals eingeschränkt durch das Kriterium, dass nur Studien *ab dem Jahr 2000* miteinbezogen wurden. Die erhaltenen Ergebnisse wurden durch die Analyse der Titel und der Abstracts aussortiert. Die verbliebenen Studien wurden durchgelesen und anhand der PEDro-Kriterien beurteilt.

3.2. Matrix

<i>Autor/ Journal</i>	<i>J a h r</i>	<i>Titel</i>	<i>Design</i>	<i>Intervention</i>	<i>Sample</i>	<i>Outcomes</i>	<i>Key Findings</i>	<i>HRT</i>
Bocalini et al., Journal of aging and health	2009	Strength training preserves the bone mineral density of postmenopausal women without hormone replacement therapy	RCT	3 Krafttrainings pro Woche, 3*10 Repetitionen bei 85% des 1-RM (24 Wochen)	40	Kontrollgruppe: Signifikante Demineralisation in der LWS und im Femurhals. Trainingsgruppe: Keine signifikante Demineralisation in den genannten Arealen	Cochrane Library: "osteoporosis" and "resistance training" and "postmenopausal"	Nein
Brentano et al., Journal of strength and conditioning research	2008	Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss.	RCT	3 Trainings pro Woche; CTG 2-3*20-10 Repetitionen bei 45-60% des 1-RM, STG 2-4*20-6 Repetitionen bei 45-80% des 1-RM (24 Wochen)	28	Keine Änderungen der Knochendichte in allen Gruppen.	Cochrane Library: "osteoporosis" and "resistance training" and "postmenopausal"	50%
Judge et al., Osteoporosis International	2005	Home-based resistance training improves femoral bone mineral density in women on hormone therapy	RCT	3 Krafttrainings pro Woche, 3*10 Repetitionen an der unteren Extremität und 2*10-14 Repetitionen bei der oberen Extremität. (2 Jahre)	189	Signifikante Verbesserung der Knochendichte in den Trainingsgruppen. (LWS, Femur und Ganzkörperdichte)	Cochrane Library: "osteoporosis" and "resistance training" and "postmenopausal"	Ja

Maddalozzo et al., Bone	2006	The effects of hormone replacement therapy and resistance training on spine bone mineral density in early postmenopausal women.	RCT	2 Krafttrainings pro Woche, 3*8-12 Repetitionen bei 60-75% des 1-RM (52 Wochen)	141	Lumbale Wirbelsäule: Anstieg der Knochendichte in beiden Trainingsgruppen, bei der Kontrollgruppe und der HRT kein Training-Gruppe wurde ein Verlust verzeichnet. Trochanter: Zunahme der Knochendichte in den Trainingsgruppen. Femurhals: Verlust in allen Gruppen. Hüfte: Verlust in allen Gruppen.	Cochrane Library: "exercise" and "resistance training" and "postmenopausal"	Ja
Von Stengel et al., British Journal of Sports Medicine	2007	Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: A 2-year longitudinal study.	RCT	2 Krafttrainings pro Woche, 12 Wochen bei 70-92.5% des 1RM und 4-5 Wochen bei 50% des 1 RM. Zusätzlich eine Gymnastikstunde und ein Heimprogramm (20min) pro Woche. (2 Jahre)	53	Signifikanter Knochendichteverlust in der LWS bei der ST-Gruppe, PT-Gruppe ohne Verlust. Hüfte, Femurhals und Trochanter ebenfalls ein Verlust bei der ST-Gruppe.	Cochrane Library: "osteoporosis" and "resistance training" and "postmenopausal"	Nein

3.3. Resultate der Studien

3.3.1. Bocalini et al. (2009)

In der randomisierten, kontrollierten **Studie von Bocalini et al. (2009)** wurde der Effekt von Krafttraining auf die Knochendichte von 35 Frauen (57-75 jähig) während 24 Wochen untersucht.

Bei den Übungen im gesamten Trainingsprogramm wurde der Fokus auf die exzentrische Muskelaktivität gelegt. Die Teilnehmerinnen der Trainingsgruppe führten das Programm dreimal wöchentlich aus. Folgende Übungen waren im Training eingeschlossen: leg press, chest press, leg curl, latissimus pull down, elbow flexion, elbow extension, leg extension, upper back row, military press, hip abductor, hip adductor und abdominal curls. Nach einem Warm-up von zehn Minuten (Rennen bei 50% des Maximalpulses) folgte eine Serie mit 50% des 1-RM (One-Repetition-Maximum; das 1-RM entspricht dem Maximalgewicht, welches einmal erfolgreich gehoben werden kann). Danach wurde das Gewicht schrittweise gesteigert, bis die Teilnehmerinnen drei Serien à jeweils zehn Repetitionen erreichten, bei 85% des 1-RM. Die Frauen wechselten ab zwischen der oberen und unteren Extremität, um die Ermüdung zu reduzieren. Zudem wurde zwischen den einzelnen Übungen eine Minute Pause gemacht. Alle Trainings wurden von Fitnesstrainern geleitet und von den Untersuchern supervisiert.

Die analysierten Daten basieren auf einem Sample von 25 Frauen (Fünf Frauen erreichten die geforderten 90% an Training nicht, der Grund für weitere fünf Ausschlüsse ist unbekannt). Die Knochendichte wurde mittels Densitometrie ermittelt. Nach 24 Wochen konnte bei der Kontrollgruppe ein signifikanter Verlust an Knochendichte in der lumbalen Wirbelsäule festgestellt werden. Bei der Trainingsgruppe war keine statistisch signifikante Demineralisation feststellbar.

Trainingsgruppe

<i>Knochendichte (p=0.05)</i>	Vorher	Nachher
Lumbale Wirbelsäule	0.881 ± 0.001 g/cm ²	0.880 ± 0.001 g/cm ²
Femurhals	0.705 ± 0.001 g/cm ²	0.704 ± 0.001 g/cm ²

Kontrollgruppe

<i>Knochendichte (p=0.05)</i>	Vorher	Nachher
Lumbale Wirbelsäule	0.882 ± 0.002 g/cm ²	0.873 ± 0.002 g/cm ²
Femurhals	0.706 ± 0.001 g/cm ²	0.695 ± 0.001 g/cm ²

3.3.2. Brentano et al. (2008)

In der randomisierten, kontrollierten **Studie von Brentano, Cadore, Da Silva, Ambrosini, Coertjens, Petkowicz, Viero und Krueel (2008)** wurden während 24 Wochen dreimal wöchentlich zwei verschiedene Krafttrainingsarten untersucht.

Circuittraining (CT) und Strength Training (ST). Circuittraining zeichnet sich durch tiefe Intensität und kurze Trainingsintervalle aus. Es werden in dieser Gruppe 20-10 Repetitionen bei 45-60% des 1-RM, zwei bis drei Serien durchgeführt.

In der Strength Training Gruppe wurden 20-6 Repetitionen bei 45-80% des 1-RM, zwei bis vier Serien durchgeführt. Die ST-Gruppe führte jede Übung separat durch. Zwischen den Serien machten die Teilnehmerinnen jeweils zwei Minuten Pause. Die CT-Gruppe trainierte mit denselben Übungen, jedoch ohne Pause zwischen den Übungen.

Die Teilnehmerinnen waren 28 postmenopausale Frauen, die allesamt eine verminderte Knochendichte hatten und von denen 50% hormonunterstützt waren. Sie wurden randomisiert der STG, CTG oder der Kontrollgruppe zugeteilt.

Beim Trainieren folgte nach einem Warm-up von fünf Minuten 55 Minuten Krafttraining mit Maschinen und Freihanteln. Folgende Übungen wurden mit einbezogen: leg press, hip abduction, hip adduction, knee extension, chest fly, reverse fly, arm curl, triceps push-down, sit-ups und back extension. Es wurde alternierend die obere und die untere Extremität trainiert.

Die Knochendichte wurde mittels Densitometrie ermittelt. Die Datenanalyse ergab keine Änderungen der Knochendichte in allen Gruppen. Die ST-Gruppe zeigte einen höheren Mittelwert, statistisch jedoch nicht signifikant, während die CT-Gruppe einen tieferen Mittelwert zeigte, auch dieser nicht signifikant.

3.3.3. Judge et al. (2005)

In der randomisierten, kontrollierten **Studie von Judge et al. (2005)** wurde während zwei Jahren ein Krafttraining an 189 hormonunterstützten, postmenopausalen

Frauen untersucht (59-78 Jahre alt). Es wurde der Effekt des Trainings auf die Knochendichte am Femur getestet. Die Teilnehmerinnen hatten zu Beginn der Studie alle einen T- Wert von -0.8 oder tiefer, und sie waren schon mehr als zwei Jahre hormonunterstützt.

Zwei verschiedene Krafttrainings wurden zusammengestellt, eines für die obere und eines für die untere Extremität. Die Teilnehmerinnen wurden den beiden Gruppen randomisiert zugeteilt und trainierten dreimal wöchentlich zwischen 45 Minuten und einer Stunde. Der Aufbau gestaltete sich wie folgt: Fünf Minuten Warm-up, Krafttrainingsteil und zum Abschliessen jeweils fünf Minuten Cool-Down. Das Warm-up und das Cool-Down war für beide Trainingsgruppen identisch.

Das Training der unteren Extremität beinhaltete drei Übungen mit einem Gewichtsgurt (chair-rise, stair climb, calf raise). Auch die Hüftflexoren wurden mit einem Gewichtsgurt am Fussgelenk trainiert, jeweils drei Serien à zehn Repetitionen im Bewegungsausmass von 0° bis 90° Flexion. Die Hüftabduktoren wurden ohne zusätzliche Gewichte, und die Dorsalextensoren des Fusses wurden mit jeweils vier Serien mit total 70 Repetitionen trainiert. Das Startgewicht der Gurte lag bei 6% des Körpergewichts. Es wurden jeweils zehn Repetitionen ausgeführt. Bei einzelnen Übungen dienten individuelle Tempoanpassungen der Progression.

Das Programm der oberen Extremität beinhaltete sieben Übungen, die jeweils mit zwei Serien à 10-14 Repetitionen durchgeführt wurden. Die ersten sechs Monate der Studie wurden nur Therabandübungen im Sitzen durchgeführt, um eine kleinstmögliche Belastung auf den Femur zu gewährleisten. Einige Hantelübungen wurden im Stand trainiert. Zu den trainierten Muskelgruppen gehörten: Vorderarm-, Brust- und Schultergürtelmuskulatur, Trizeps, Biceps, unterer Rücken, oberer Rücken und Bauchmuskulatur. Zu den Therabandübungen gehörten: horizontal chest press with external shoulder rotations, shoulder external rotation, shoulder abduction, overhead press. Hantelübungen kamen erst ab dem 6. Trainingsmonat hinzu. Es wurden jeweils 12-14 Repetitionen durchgeführt. Nach sechs Monaten wurden in jedem Training alle vier Therabandübungen durchgeführt, plus zusätzlich noch drei aus einer Vielzahl an Hantelübungen.

153 Frauen haben die Studie beendet. Die Knochendichte wurde mittels Densitometrie ermittelt. Die statistischen Daten wurden unter anderem mittels Intention-to-

treat-Analyse erhoben. Dies bedeutet, dass „in den Fällen, in denen Probandinnen die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probandinnen die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten.“ (PEDro Scale German Translation, 2008)

Resultate: In den zwei Jahren wurde in beiden Trainingsgruppen im Femur, in der lumbalen Wirbelsäule und in der Ganzkörperknochendichte eine signifikante Verbesserung der Knochendichte festgestellt. Die Knochendichte am Femur nahm in der Gruppe der unteren Extremität um 1.5%, in der Gruppe der oberen Extremität um 1.8% zu. Die grösste Zunahme war am Trochanter zu verzeichnen (2.4% in der Gruppe der unteren Extremität respektive 2.5% in der Gruppe der oberen Extremität). Die Knochendichte am Radius blieb unverändert ($p < 0.001$).

3.3.4. Maddalozzo et al. (2006)

In der randomisierten, kontrollierten **Studie von Maddalozzo et al. (2006)** wurde während 52 Wochen die Kombination Hormontherapie und Krafttraining an 141 früh postmenopausalen Frauen (Durchschnittsalter 52 Jahre) untersucht. Der Fokus bei der Untersuchung wurde auf die Knochendichte der Wirbelsäule gelegt.

Zu Beginn wurden die Teilnehmerinnen in vier Gruppen eingeteilt:

- A) Keine Hormontherapie (HRT) plus Krafttraining (resistance training= RT) (n=35)
- B) HRT plus RT (n=37)
- C) HRT / kein RT (n=35)
- D) Kontrollgruppe; weder HRT noch RT(n=34)

Die Knochendichte wurde zu Beginn der Studie und am Ende als Kontrolle mittels Densitometrie ermittelt. Bei der ersten Messung wurde bei der Knochendichte der lumbalen Wirbelsäule ein signifikanter Unterschied zwischen der HRT und der Nicht-HRT Gruppe (1.00 ± 0.12 und 0.96 ± 0.12 g/cm²) festgestellt.

Das Krafttraining beinhaltete zwei Übungen mit freien Gewichten: Squat und deadlift. Während einem Jahr wurde zweimal wöchentlich unter Observation von Trainern 50 Minuten trainiert. Nach einem Warm-up von zehn bis zwölf Repetitionen bei 50% des 1-RM wurden für beide Übungen drei Serien à acht bis zwölf Repetitionen bei 60-75% des 1-RM durchgeführt. Nach jeder Serie folgte eine Pause von 60

Sekunden. Zum Abschluss jeder Trainingseinheit folgte ein Cool-Down von zehn Minuten.

Die Resultate basieren auf einem Sample von 122 Teilnehmerinnen, 19 Frauen beendeten die Studie nicht.

In der lumbalen Wirbelsäule konnte in der Kontrollgruppe ein signifikanter Knochendichteabbau festgestellt werden. Bei der „HRT plus Training“ Gruppe und bei der „keine HRT plus Training“ Gruppe konnte ein Anstieg festgestellt werden ($p < 0.001$). Die Teilnehmerinnen dieser Gruppen hatten zum Schluss der Studie einen höheren Knochendichtewert als die Teilnehmerinnen in der „HRT / kein Training“ Gruppe und in der Kontrollgruppe ($p < 0.05$). Die Teilnehmerinnen der Kontrollgruppe hatten zum Schluss der Studie die tiefste Knochendichte.

Beim Trochanter konnte bei den Gruppen „Keine HRT plus Training“ und „HRT plus Training“ ein Anstieg der Knochendichte festgestellt werden.

Die Gruppe „HRT / kein Training“ und die Kontrollgruppe verloren beide an Knochendichte ($p < 0.05$). Die Teilnehmerinnen der Kontrollgruppe hatten zum Schluss der Studie die tiefste Knochendichte.

Am Femurhals und an der Hüfte resultierte in allen Gruppen ein Verlust an Knochendichte. Die Kontrollgruppe verlor signifikant mehr Knochendichte als alle anderen Gruppen ($p < 0.05$).

Die untenstehende Tabelle dient nochmals der Übersicht, es sind die Mittelwerte mit Standardabweichung dargestellt.

Table 2
Mean±S.D. at baseline and month 12, for NHRT plus Exercise (Ex), HRT plus Exercise, HRT no Exercise and control groups (early postmenopausal women)

	A: NHRT plus Ex (n=29)		B: HRT plus Ex (n=33)		C: HRT no Ex (n=34)		D: Control (n=29)		Results	
	Baseline	Month 12	Baseline	Month 12	Baseline	Month 12	Baseline	Month 12	P Value	Month 12
Spine: L1–L4	0.972±0.13	0.974±0.13	1.01±0.12	1.02±0.12	0.995±0.13	0.988±0.12	0.958±0.12	0.916±0.09	0.01	A and B>C>D
Trochanter: BMD	0.680±0.09	0.682±0.09	0.671±0.10	0.676±0.09	0.667±0.09	0.662±0.09	0.687±0.10	0.676±0.09	0.05	A and B>C>D
Femoral neck: BMD	0.756±0.09	0.745±0.09	0.747±0.09	0.742±0.08	0.765±0.08	0.745±0.08	0.752±0.10	0.728±0.08	0.05	A and B lost <D
Total hip: BMD	0.895±0.11	0.891±0.10	0.877±0.11	0.878±0.10	0.885±0.11	0.882±0.10	0.880±0.10	0.857±0.10	0.05	D<A, B and D

3.3.5. Von Stengel et al. (2007)

In der randomisierten **Studie von Von Stengel et al. (2007)** wurden während zwei Jahren die Effekte von Powertraining und Krafttraining in Bezug auf die Knochendichte bei vortrainierten, postmenopausalen Frauen (Durchschnittsalter war 58 Jahre) verglichen.

Powertraining ist charakterisiert durch eine hohe Geschwindigkeit an Muskelverkürzung (konzentrische Aktivität). Eine schnelle Muskelkontraktion generiert mehr Stress auf die Sehnen und Gelenke.

53 postmenopausale Frauen wurden den zwei Trainingsgruppen ST (strength training) oder PT (powertraining) randomisiert zugeteilt. Zu Beginn der Studie nahm keine der Teilnehmerinnen Medikamente ein, die den Knochenmetabolismus beeinflussen. Alle Frauen bekamen während der Interventionszeit von zwei Jahren zusätzliche Kalzium- und Vitamin D-Präparate (1500mg Tagesdosis).

Beide Trainingsgruppen absolvierten zwei supervisierte, je nach Zuteilung, Power- oder Krafttrainings (60 Minuten/ Woche), eine supervisierte Gymnastikktion (60 Minuten/ Woche) und zusätzlich ein nicht supervisiertes Heimprogramm (20 Minuten/ Woche). Jede Kraft- bzw. Powertrainingslektion beinhaltete 20 Minuten Warm-up, eine kurze Sprungsequenz und 40 Minuten Kraft- bzw. Powertraining.

An den Maschinen wurden mit hoher Intensität alle grossen Muskelgruppen trainiert. Dynamische Übungen wurden folgende trainiert: Horizontal leg press, leg curls, bench press, rowing, leg adduction, leg abduction, abdominal flexion, back extension, lat pulley, hyperextension, leg extension, shoulder raises und hip flexion. Das Training beinhaltete während zwei Jahren zehn bis zwölf Übungen, zwei bis vier Serien mit vier bis zwölf Repetitionen bei 70-92.5% des 1-RM. Um genug Zeit für die Regeneration zu garantieren, wurde in Perioden trainiert, jeweils zwölf Wochen bei 70-92.5% des 1-RM, unterbrochen durch vier bis fünf Wochen bei 50% des 1-RM.

Der einzige Unterschied zwischen den beiden Trainingsarten war die Geschwindigkeit, mit welcher die Übungen ausgeführt wurden. In der ST-Gruppe wurden die Bewegungen vier Sekunden konzentrisch und vier Sekunden exzentrisch durchgeführt. In der PT-Gruppe wurde der konzentrische Teil „so schnell als möglich“, der exzentrische Teil während vier Sekunden durchgeführt. Die Heimübungen und die Gymnastikstunde waren für beide Gruppen identisch.

Es wurde die Knochendichte vor Beginn, nach einem Jahr und nach zwei Jahren mittels DXA Verfahren gemessen. Sieben Teilnehmerinnen haben aus persönlichen Gründen oder aufgrund einer Erkrankung die Studie nicht zu Ende geführt. Die Analyse bezieht sich deshalb auf die Daten von 24 Frauen der ST-Gruppe und 22 Frauen der PT-Gruppe.

In den Resultaten wurden zuerst die Basisdaten mit den Daten nach zweijähriger Intervention verglichen. Dabei konnte ein signifikanter Knochendichteverlust von -2.4% in der lumbalen Wirbelsäule bei der ST Gruppe festgestellt werden ($p < 0.05$), während die PT Gruppe keinen signifikanten Verlust aufwies (-0.3%, $p < 0.01$). Die Zwischengruppenvergleiche waren hier signifikant ($p < 0.05$). Weiter konnte bei der ST Gruppe ein signifikanter Rückgang an der Hüfte ($p < 0.05$) und am Femurhals ($p < 0.01$) festgestellt werden. Die Zwischengruppenvergleiche waren hier nicht signifikant. Am Radius wurden keine Veränderungen festgestellt.

3.4. Beurteilung der Qualität der Studien anhand der PEDro Kriterien

PEDro Kriterien	Erfüllt	Nicht erfüllt oder keine Angaben
Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	Bocalini et al. (2009), Maddalozzo et al. (2006)	Brentano et al. (2008), Von Stengel et al. (2007), Judge et al. (2005)
Randomisierung	Alle Studien	
Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen		Alle Studien
Zu Beginn der Studie waren die Gruppen einander ähnlich (bezüglich der wichtigsten prognostischen Indikatoren)	Bocalini et al. (2009), Von Stengel et al. (2007), Judge et al. (2005)	Maddalozzo et al. (2006), Brentano et al. (2008)
Blindung der Probandinnen		Alle Studien
Blindung der Therapeuten		Alle Studien
Blindung der Untersucher		Alle Studien
Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	Maddalozzo et al. (2006), Von Stengel et al. (2007)	Bocalini et al. (2009), Brentano et al. (2008), Judge et al. (2005)

Intention to treat Analyse	Judge et al. (2005)	Bocalini et al. (2009), Maddalozzo et al. (2006), Von Stengel et al. (2007), Brentano et al. (2008)
Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse <i>statistischer Gruppenvergleiche</i> berichtet	Alle Studien	
Zentrale Werte und Streuung für mindestens ein zentrales Outcome	Alle Studien	

	Totalscore
Bocalini et al.	4/10
Brentano et al.	3/10
Judge et al.	5/10
Maddalozzo et al.	4/10
Von Stengel et al.	5/10

Bemerkung: Der Punkt „Ein-, Ausschlusskriterien wurden spezifiziert“ zählt nicht zum Totalscore.

3.5. Inhaltlicher Vergleich der Studien

Grosse Variationen bezüglich Trainingsfrequenz, Intensität und Tempo bei der Durchführung der Übungen in den Studien erschweren Vergleiche zwischen den untersuchten Studien. Zudem sind die Teilnehmerinnen in einigen Studien mit Hormonen, bzw. Kalzium unterstützt worden, auch dies muss beim Gegenüberstellen berücksichtigt werden.

In einer Gegenüberstellung der Resultate der Studien von Bocalini et al. (2009) und Brentano et al. (2008) lässt sich ein Erhalt der Knochendichte während einer Interventionszeit von 24 Wochen feststellen. Die Teilnehmerinnen bei Bocalini et al. (2009) nahmen keine Hormone ein, während in der Studie von Brentano et al. (2008) die Hälfte der Teilnehmerinnen mit Hormonen unterstützt wurden. Die Resultate bezüglich der Knochendichte wurden jedoch laut der Studie (Brentano et al., 2008) von der Hormontherapie nicht beeinflusst, es waren in der Analyse keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Die Interventionszeit war mit 24 Wochen bei beiden Studien identisch, auch die Trainingsfrequenz (dreimal wöchentlich) war gleich. Die nicht signifikante Demineralisation bei Bocalini et al. (2009), respektive die unveränderte Knochendichte bei Brentano et al. (2008) in der STG-Gruppe zeigt auf, dass das Krafttraining nicht zu einer Verbesserung der Knochendichte führte. Es war aber in keiner Trainingsgruppe ein signifikanter Verlust an Dichte festzustellen.

Ein ähnliches Resultat zeigt sich auch in der Studie von Maddalozzo et al. (2006). In der Krafttrainingsgruppe ohne Hormontherapie konnte bei den Teilnehmerinnen sogar ein Anstieg der Knochendichte festgestellt werden.

Die Intensität der Trainings variierte in den drei erwähnten Studien zwischen 45-85% des 1-RM. Es wurden jeweils drei Serien, bei Brentano et al. (2008) zwei bis vier Serien à zwischen sechs bis 20 Repetitionen durchgeführt.

Eine weitere Gegenüberstellung zwischen Judge et al. (2005) und Bocalini et al. (2009) macht die Erhaltung respektive die Zunahme der Knochendichte durch Training deutlich. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die Teilnehmerinnen bei Judge et al. (2005) hormonunterstützt waren. Das Krafttraining war in der Frequenz (dreimal wöchentlich) und in der Serienanzahl respektive der Repetitionsanzahl identisch. Während bei Bocalini et al. (2009) die Knochendichte der Trainingsgruppe erhalten

blieb, wurde bei Judge et al. (2005) eine signifikante Zunahme festgestellt. Die Zunahme der Knochendichte wurde nicht der Hormontherapie zugesprochen, da die Teilnehmerinnen bei einer Beobachtungszeit vor Beginn der Studie nur unter Hormontherapie ohne Training an Knochendichte verloren haben.

Die Studie von Von Stengel et al. (2007) lässt keine direkten Vergleiche zu, da nebst dem Krafttraining auch Gymnastikstunden und beispielsweise Sprungsequenzen Bestandteil des Trainings waren. Diese Tatsache macht es schwierig, die Resultate anderen gegenüberzustellen und lässt keinen eindeutigen Schluss zu, ob die Erhaltung der Dichte ausschliesslich oder hauptsächlich dem Krafttraining zuzuschreiben ist.

3.6. Fragestellung: Hat Krafttraining einen Effekt auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase?

Die Studie von Bocalini et al. (2009) zeigt, dass Krafttraining ohne Hormontherapie vor Knochendemineralisation schützt. Die Resultate der Studien von Maddalozzo et al. (2006) und Judge et al. (2005) zeigen allesamt einen Anstieg der Knochendichte. Erwähnenswert ist dabei, dass diese beiden Studien eine Langzeitintervention beinhalten (mindestens ein Jahr). In der Studie von Von Stengel et al. (2007) wurde der Fokus auf das Belastungsausmass gelegt. Das Powertraining ist aufgrund der Resultate dem „klassischen“ Krafttraining überlegen. Die Stabilisierung der Knochendichte in der PT-Gruppe deutet auf einen positiven Effekt hin.

Die Resultate der in dieser Arbeit untersuchten randomisierten, kontrollierten Studien sprechen im Durchschnitt für einen positiven Effekt auf die Knochendichte von postmenopausalen Frauen. In der Diskussion werden zentrale Punkte im Bezug auf die Fragestellung kritisch diskutiert und die Resultate interpretiert.

4. Diskussion

4.1. Antwort auf zentrale Fragen

- *Wird mit der derzeit vorhandenen Literatur die Fragestellung vollumfänglich zu klären sein, oder sind vor allem die Samples in den aktuellen Studien zu klein, um auf die Population zu schliessen?*

In drei der untersuchten Studien (Bocalini et al. (2009), Brentano et al. (2008) und Von Stengel et al. (2007)) bewegt sich das Sample zwischen 28 und 53 Frauen. In der Datenanalyse sind die Samples noch deutlich kleiner, da die Dropout Quote teilweise sehr hoch ist. Diese geringe Anzahl an Teilnehmerinnen lässt keinen Schluss auf alle postmenopausalen Frauen zu. Wichtig sind das Bewusstsein über das kleine Sample und die noch fehlende Evidenz durch Studien im grösseren Rahmen. Trotz dieses Schwachpunktes liefern diese Studien einen wichtigen Teil zur Weiterforschung in diesem Themenbereich. Sie regen mit ihren vielversprechenden Resultaten zur Durchführung weiterer Studien in umfangreicherem Rahmen an.

In den anderen beiden Studien dieser Arbeit (Maddalozzo et al. (2006) und Judge et al. (2005)) bewegt sich das Sample zwischen 141 und 189. Dies ist eine Grössenordnung, die aussagekräftiger ist und somit Anhaltspunkte für einen Praxistransfer liefert.

Generell muss festgestellt werden, dass es sicherlich schwieriger ist, postmenopausale Frauen zu rekrutieren als beispielsweise junge Alltagssportlerinnen. Dies könnte mit ein Grund sein, warum es keine Literatur zu diesem Thema gibt, in der Frauen mit einer manifesten Osteoporose untersucht wurden. Sobald Frakturen vorhanden sind und Schmerzen zunehmen, dürfte es noch schwieriger werden, Teilnehmerinnen für ein regelmässiges Training zu rekrutieren.

- *Kann Krafttraining den Knochenabbau stabilisieren oder führt es sogar zu einer Zunahme der Knochendichte?*

Die Idee des Stabilisierens wird von Bocalini et al. (2009) und von Von Stengel et al. (2007) unterstützt. Auch bei Brentano et al. (2008) blieb die Knochendichte unverändert stabil. Maddalozzo et al. (2006) und Judge et al. (2005) unterstützen mit

ihren Ergebnissen die Hypothese, dass Krafttraining zu einer Steigerung der Knochendichte führt.

In diesen zwei Studiengruppen ist auffällig, dass in der ersten Gruppe die Teilnehmerinnen nicht hormonunterstützt waren, während in der zweiten, oben erwähnten Gruppe, die Probandinnen sich einer Hormontherapie unterzogen.

- *Führt Hormontherapie in Kombination mit Krafttraining zu den besten Resultaten?*

Diese Frage kann aufgrund der untersuchten Literatur nicht ganz geklärt werden. Es gibt Widersprüche innerhalb der Studien. Wenn die Studien global verglichen werden, kann festgestellt werden, dass bei Bocalini et al. (2009), Von Stengel et al. (2007) und Brentano et al. (2008) die nicht hormonunterstützten Teilnehmerinnen keine Zunahme der Knochendichte verzeichnen konnten. In den Studien mit Hormontherapie, sprich bei Judge et al. (2005) und Maddalozzo et al. (2006), konnte in den Trainingsgruppen jeweils eine Zunahme verzeichnet werden. Ähnliches stellten Zehnacker und Dougherty (2007) fest. Sie haben 20 Studien (alle zwischen 1990 und 2005 erschienen) untersucht, bei denen die Gruppen mit der Kombination Hormontherapie plus Krafttraining jeweils die grösste Zunahme an Knochendichte verzeichneten.

Bei genauerem Vergleich der Resultate wird die Hypothese, dass Hormontherapie zu noch besseren Ergebnissen führt, teilweise widerlegt. Brentano et al. (2008) konnten bei der Datenanalyse keine Unterschiede feststellen (bezüglich der Teilnehmerinnen mit oder ohne Hormontherapie). Für Bocalini et al. (2009) und Von Stengel et al. (2007) kann dazu keine Aussage gemacht werden; es waren keine Gruppenvergleiche möglich, da keine Teilnehmerinnen unter Hormontherapie standen. Die Studie von Maddalozzo et al. (2006) lässt die Schlussfolgerung zu, dass Krafttraining ebenso effektiv ist wie Hormontherapie. Im Vergleich mit der Kontrollgruppe hat das Krafttraining den Verlust an Knochendichte deutlich vermindert. Krafttraining war im Gruppenvergleich effektiver als Hormontherapie alleine. Die Effektivität des Krafttrainings ohne Hormontherapie muss jedoch durch weitere Forschungsliteratur bestätigt werden. Das Resultat bei Judge et al. (2005), sprich eine signifikante Verbesserung der Dichte, verliert durch die fehlende Kontrollgruppe an Aussagekraft.

Es waren alle Frauen hormonunterstützt, daher gibt diese Studie keine Information darüber, ob Krafttraining in Kombination mit Hormontherapie zu noch besseren Resultaten führt. Das Ziel der Studie wurde zwar durch eine fehlende Kontrollgruppe nicht beeinflusst, es ist aber mit diesen Resultaten schwierig, einen Schluss zu ziehen, ob Krafttraining einen Effekt hat oder nicht. Die Autoren können zwar in der Analyse eine Aussage machen, ob die Teilnehmerinnen an Dichte gewannen oder nicht, ohne die Kontrollgruppe ist aber kein Zwischengruppenvergleich möglich.

Um diese zentrale Frage abschliessend klären zu können, sind noch weitere Studien nötig, bei denen nur ein Teil der Teilnehmerinnen zusätzlich zum Training Hormone einnehmen, damit Zwischengruppenvergleiche Aufklärung bringen können.

4.2. Interpretation der Resultate

4.2.1. Trainingsintensität

Die Intensität des Krafttrainings ist in den untersuchten Studien sehr unterschiedlich. Sie variiert zwischen 45-92.5% des 1-RM. Mit Wiederholungsanzahlen zwischen acht und 20 bewegt sich das Training zwischen Kraftausdauer intensiv und Hypertrophie Training. Im Kraftausdauerbereich und im Hypertrophiebereich ist eine Erholungszeit von 48 Stunden wichtig, vor allem damit sich der durch das Training verminderte Energiespeicher (Glykogen) wieder aufladen kann (Weineck, 2010).

Ausser in der Studie von Judge et al. (2005) basiert die Intensität in allen fünf untersuchten Studien auf dem One-Repetition-Maximum. Um im Training maximal belasten zu können, ist die Kenntnis eines Repetitionsmaximums unumgänglich.

Maddalozzo et al. (2006) und Bocalini et al. (2009) beschreiben im Trainingsaufbau, wie sie das 1-RM mit den Teilnehmerinnen ermittelt haben. Sie haben den Teilnehmerinnen ein Startgewicht gegeben, mit dem sie die Übung in guter Qualität ausführen konnten. Nach einer korrekten Ausführung wurde das Gewicht gesteigert, bis die Übung nicht mehr ausgeführt werden konnte. Laut Maddalozzo et al. (2006) waren meist vier bis sechs Steigerungen nötig. An diesem Punkt wurde dann das Gewicht, mit dem als letztes die Übung qualitativ gut ausgeführt werden konnte, als 1-RM festgelegt. Auch bei Von Stengel et al. (2007) wurde das 1-RM anhand dieses 1-RM-Tests wie oben beschrieben ermittelt.

Die Autorin steht der genauen Ermittlung des One-Repetition-Maximum bei Frauen in der postmenopausalen Phase, die in der hier untersuchten Literatur zwischen 52 und 78 jähig sind, eher skeptisch gegenüber. Es fragt sich, ob es sinnvoll ist, mit den betroffenen Frauen den Maximalkrafttest durchzuführen, oder ob es nicht sogar eine Gefahr birgt, die Frauen mit eher tieferen Knochendichtenwerten solchen Belastungsspitzen auszusetzen. Weineck (2010) beschreibt die mögliche Problematik der Steuerung der Wiederholungsanzahl über das 1-RM (Kraftmaximum). Bei älteren, untrainierten Menschen ist die genaue Bestimmung dieses One-Repetition-Maximum oftmals unmöglich. Weil das 1-RM selten bekannt ist, ist es sinnvoller, „dass die Steuerung der Belastung über die Wiederholungsanzahl in der Serie erfolgt“ (Weineck, 2010, S. 477).

Bei Bocalini et al. (2009), Judge et al. (2005), Maddalozzo et al. (2006) und Von Stengel et al. (2007) wurde im Bereich des Muskelaufbautrainings trainiert, also mit acht bis zwölf Repetitionen. Diesem Ziel entsprechend kann in der Praxis als Alternative zum 1-RM-Test die Belastung, welche die geforderten acht bis zwölf Repetitionen zulässt, durch Ausprobieren getestet werden. Der Vorteil bei dieser Ermittlung ist, dass das 1-RM nicht bekannt sein muss, jedoch trotzdem ein Wert vorhanden ist (hier zum Beispiel 10-RM), um die Progression zu messen und um eine maximale Belastung sicher zu stellen.

Die Intensität kann auch zusätzlich über die Steigerung des mechanischen Inputs auf die Sehnen und Knochen erhöht werden. Von Stengel et al. (2007) haben in ihrer Studie erstmals zwei unterschiedliche Trainingsarten mit Fokus auf den mechanischen Input bezüglich der Knochendichte an Menschen ausgewertet. Im Powertraining wurde der konzentrische Teil der Übung so schnell wie möglich ausgeführt, um mehr Stress und somit mehr Input auf die Strukturen zu generieren.

An Tieren wurden mehr Studien durchgeführt, die zeigen, dass ein höheres Belastungsausmass auf die Strukturen mit einer höheren Anpassung des Knochens korreliert. Die Hypothese, dass höhere Belastung die mechanosensiblen Knochenrezeptoren mehr stimuliert, wird von Von Stengel et al. (2007) durch die positiven Resultate beim Powertraining gefestigt. Es wäre jedoch verfrüht, Powertraining als optimales Training bei postmenopausalen Frauen zu definieren, dazu sind weitere Untersuchungen nötig.

Die Mehrheit der Studien hat gezeigt, dass ein Krafttraining mit hoher Intensität, im Bereich von 70-90% des 1-RM, durch eine Zunahme oder durch Stabilisieren der Knochendichte bei postmenopausalen Frauen einen positiven Effekt hat.

4.2.2. Trainingsfrequenz

Die Trainingsfrequenz liegt in den untersuchten Studien zwischen zwei und drei Trainings wöchentlich. Interessante Resultate bezüglich der Frequenz liefert die Studie von Cussler, Going, Houtkooper, Stanford, Blew, Flint-Wagner, Metcalfe, Choi und Lohman (2005). Bei der Analyse nach vier Jahren Krafttraining im Bereich von rund 70% des 1-RM wurden die Daten in drei Dritteln bezogen auf die Trainingsfrequenzen ausgewertet. Die Frauen im höchsten Drittel haben die meisten Trainings absolviert (zwei pro Woche). Bei ihnen konnte ein Anstieg der Dichte in der lumbalen Wirbelsäule und am Trochanter festgestellt werden ($p < 0.01$). Die Werte am Femurhals zeigten einen ähnlichen Verlauf, jedoch nicht signifikant. Bei den Frauen im untersten und im mittleren Drittel, die weniger trainierten (minimal zweimal pro Monat), wurde im Vergleich zu den Basisdaten ein signifikanter Verlust an Knochendichte festgestellt ($p < 0.01$). Verglichen mit dem tiefsten Drittel konnte die höchste Trainingsfrequenz mit geringerem Verlust an Knochendichte (TB= total body) in Verbindung gebracht werden ($p < 0.1$).

Die Frequenz von dreimal pro Woche führte in der untersuchten Literatur durchschnittlich zu guten Resultaten. Diese Dosierung lässt sich also basierend auf die aktuelle Forschungsliteratur auf die Praxis übertragen.

Als physiologischer Hintergrund ist es in der Praxis wichtig, dass die Relation von Belastung und Erholung stimmt. Eine Belastung führt generell zu einer vorübergehenden Abnahme der Leistungsfähigkeit. Danach folgt der Wiederanstieg sogar über das Ausgangsniveau heraus. Dieser Zustand wird als Superkompensation bezeichnet. Stoffwechselprozesse brauchen viel Energie, so wird beispielsweise nach dem Training sofort der Glykogenspeicher wiederhergestellt. Wenn nach der Superkompensation in sinnvoller Folge weitertrainiert wird, steigt die Leistungsfähigkeit stetig. Erfolgen die Trainings in zu kurzen Abständen, kann es zu einem Übertraining kommen und somit zu einem Leistungsabfall (Weineck, 2010).

Auch mit diesem physiologischen Hintergrund kann ein Training von zwei bis dreimal pro Woche (mit jeweils 24-48h Regenerationszeit), wie es in allen untersuchten Studien durchgeführt wurde, als empfehlenswert bezeichnet werden.

4.2.3. Trainingsort – Verbindung mit hoher Dropout Quote?

Die Studie von Bocalini et al. (2009) weist mit 25% eine hohe Dropout Quote aus. Fünf Frauen verpassten mehr als 10% des Trainings und wurden darum ausgeschlossen. Die Teilnehmerinnen trainierten unter Supervision vor Ort. Einen Vergleich mit Studien, in denen die Teilnehmerinnen zu Hause trainieren konnten, ergibt keine eindeutige Aussage darüber, ob Training zu Hause, also unter einfacheren Umständen ohne Anfahrtsweg, somit mit weniger Zeitaufwand, mit einer geringeren Dropout Quote einhergeht. Beispielsweise Judge et al. (2005), bei dem die Probandinnen grösstenteils zu Hause trainierten, haben eine Dropout Quote von 18% beschrieben. Die Autoren haben jedoch die genauen Umstände der Ausschlüsse der Frauen nicht festgehalten. Die Teilnehmerinnen bei Brentano et al. (2008) trainierten unter Supervision, die Untersucher haben keine Dropout Quote erwähnt. Bei Von Stengel et al. (2007) wurde das Krafttraining ebenfalls unter Supervision ausgeführt, 20 Minuten Heimprogramm gehörte bei beiden Trainingsgruppen dazu. Die Dropoutquote lag bei rund 13%, es werden persönliche Gründe und Krankheiten genannt.

Anhand der untersuchten Literatur kann keine Praxisempfehlung für oder gegen Heimprogramme abgegeben werden, ob dies die Dropout Quote beeinflusst, ist nicht beantwortbar. Die Aussagen in den Studien sind zu ungenau.

4.2.4. Interventionszeit

Die Interventionszeit variiert in der untersuchten Literatur stark. Brentano et al. (2008) legen selbstkritisch die Theorie nahe, dass ihre Interventionszeit von 24 Wochen für das gewählte Training zu kurz war. Die Autoren äussern die Hypothese, dass eine längere Trainingszeit wohl auch zur Verbesserung der Knochendichte führen würde. Diese Annahme bestätigen einige der untersuchten Studien. Der Trainingsaufbau war vergleichbar mit dem Aufbau bei Maddalozzo et al. (2006) und Judge et al. (2005). Diese erzielten positive Resultate und hatten beide eine massiv längere Interventionszeit mit einem respektive zwei Jahren. Bocalini et al. (2009) hatten die gleich kurze Interventionszeit wie Brentano et al. (2008). Möglicherweise würde

sich dort die Erhaltung der Knochendichte nach 24 Wochen zu einer Zunahme der Dichte entwickeln, wenn die Interventionszeit länger wäre. Diese Hypothese wird auch von Zehnacker und Dougherty (2007) unterstützt. Sie untersuchten zwanzig Studien zum Thema Krafttraining und dessen Wirkung auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase. Alle Studien mit einem positiven Outcome hatten eine Interventionszeit von 11 Monaten oder länger.

4.3. Ausblick: Forschungsansätze bezüglich Krafttraining und Osteoporose

4.3.1. Fragestellung

Aus Recherchegründen musste zu Beginn dieser Arbeit die Fragestellung abgeändert werden. Die ursprüngliche Fragestellung lautete: „Worin besteht der Effekt von Krafttraining auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase mit einer dokumentierten und klinisch manifestierten Osteoporose?“ Es gibt keine Interventionsstudien, die einen Effekt von Training auf die Frakturrate zeigen. Bei manifestierter Osteoporose sollten nach Empfehlung der deutschsprachigen Osteoporose-Leitlinie (2006) Bewegungsübungen und Trainingsprogramme zur Steigerung der Knochenstabilität individuell in Abhängigkeit vom Alter, Gesundheitszustand und Belastbarkeit des Patienten geplant und unter professioneller Betreuung durchgeführt werden.

4.3.2. Wirkungsmechanismus auf den Knochen

Der durch das Krafttraining steigende mechanische Stress auf die Sehnen und Knochen wird als kausaler Faktor für die Osteogenese bezeichnet (Bocalini et al nach Nelson et al.). Der Piezoelektrische Effekt im Knochen wird als Ursache für den Erhalt respektive für den Zuwachs an Knochendichte definiert. Der mechanische Stress führt zu Biegungen im Knochen, diese verursachen wiederum Veränderungen im kollagenen Netzwerk und in der Grundsubstanz des Knochens. Es resultiert eine Änderung der elektrischen Spannung, piezoelektrischer Effekt genannt. Die Knochenzellen werden so zum Knochenauf- respektive Abbau stimuliert (Frans van den Berg, 2003).

4.4. Schlussfolgerung

Die Kernfrage dieser Bachelorarbeit, ob Krafttraining einen positiven Effekt auf die Knochendichte bei Frauen in der postmenopausalen Phase hat, kann durch die verglichene Literatur nicht abschliessend beantwortet werden. Tendenziell lautet die Antwort aufgrund der Resultate „ja“. In keiner Studie wurde beschrieben, dass Krafttraining negative Auswirkungen auf die Knochendichte hatte. Da die Trainingsfrequenz, Intensität und Anzahl Repetitionen des Krafttrainings in den Studien stark variieren, werden direkte Vergleiche erschwert. Die Intensität variiert zwischen 45% bis 92.5% des One-Repetition-Maximum.

Welches Training die Knochendichte am besten beeinflussen konnte, lässt sich aus den untersuchten Studien nicht bestimmen. Die Empfehlung für die Praxis beim derzeitigen Forschungsstand wäre sicherlich, mit den Frauen im hohen Intensitätsbereich zu trainieren, sprich zwischen 70 und 90% des One-Repetition-Maximum. Die Frequenz von zwei bis drei Trainings pro Woche ist ratsam, um eine optimale Regenerationszeit zu gewährleisten.

4.5. Literaturverzeichnis

- Bartl, R. (2008). *Osteoporose, 3. Auflage*. Stuttgart: Thieme.
- Bocalini, D. S., Serra, A. J., dos Santos, L., Murad, N., & Levy, R. F. (2009). Strength Training Preserves the Bone Mineral Density of Postmenopausal Women Without Hormone Replacement Therapy. *Journal of Aging and Health, 21(3)*, 519-27.
- Brentano, M. A., Cadore, E. L., Da Silva, E. M., Ambrosini, A. B., Coertjens, M., Petkowicz, R.,...Kruel, L. F. M. (2008). Physiological Adaptations to Strength and Circuit Training in Postmenopausal Women With Bone Loss. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22(6)*, 1816-1825.
- Cussler, E. C., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Stanford, V. A., Blew, R. M., Flint-Wagner, H. G.,...Lohman, T. G. (2005). Exercise frequency and calcium intake predict 4-year bone changes in postmenopausal women. *Osteoporosis International, 16*, 2129-2141.
- Dachverband der Deutschsprachigen Wissenschaftlichen Osteologischen Gesellschaft (2006). *S3 Leitlinie* [On-Line]. Available: <http://www.dv-osteologie.org/uploads/leitlinien/Langfassung%20DVO%20Leitlinie%2011-05-06.pdf> (04.02.2010)
- Dachverband Osteologie (2008). *Leitlinie Physiotherapie und Bewegungstherapie bei Osteoporose* [On-Line]. Available: http://www.dv-osteologie.org/uploads/leitlinien/Kurzfassung_Physiotherapie-Leitlinie.pdf (01.05.2010)
- Hegenscheidt, S., Harth, A., Scherfer, E. (2008). *PEDro Scale German Translation* [On-Line]. Available: http://www.pedro.fhs.usyd.edu.au/media/downloads/PEDro_scale/PEDroscale_german.pdf (13.05.2010).
- International Osteoporosis Foundation (2009). *What is osteoporosis?* [On-Line]. Available: <http://www.iofbonehealth.org/patients-public/about-osteoporosis/what-is-osteoporosis.html> (18.09.2009).
- International Osteoporosis Foundation (2009). *Diagnosis* [On-Line]. Available: <http://www.iofbonehealth.org/patients-public/about-osteoporosis/diagnosis.html> (18.09.2009).

- International Osteoporosis Foundation (2009). *Diagnosis and Follow-up* [On-Line]. Available: <http://www.iofbonehealth.org/health-professionals/about-osteoporosis/diagnosis.html> (18.09.2009).
- Judge, J. O., Kleppinger, A., Kenny, A., Smith, J., Biskup, B. & Marcella, G. (2005). Home-based resistance training improves femoral bone mineral density in women on hormone therapy. *Osteoporosis International*, 16, 1096-1108.
- Krankheitsbild: Wirbelkörper-Sinterungsfrakturen (2009). [On-Line]. Available: <http://www.st-vinzenz-hospital.de/medizinische-fachabteilungen/unfallchirurgie/krankheitsbilder/wirbelkoerper-sinterungsfraktur.php> (24.04.2010).
- Lippuner, K., Johansson, H., Kanis, J.A., Rizzoli, R. (2009). Remaining lifetime and absolute 10-year probabilities of osteoporotic fracture in Swiss men and women. *Osteoporosis International*, 2010, 21, 381-3898.
- Maddalozzo, G. F., Widrick, J. J., Cardinal, B. J., Winters-Stone, K. M., Hoffman, M. A. & Snow, C. M. (2006). The effects of hormone replacement therapy and resistance training on spine bone mineral density in early postmenopausal women. *Bone*, 40, 1244-1251.
- Nelson, M., Fiatarone, M., Morganti, C., Trice, I., Greenber, R., & Evans, W. (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *Journal of the American Medical Association*, 272, 1909-1914.
- PD Dr. med. Christian Meier (2009). Osteoporose: Abklärung und medikamentöse Behandlung. *Zeitschrift Physioactive*, 4/2009, 8-12.
- Schweizerische Vereinigung gegen die Osteoporose (2003). *Empfehlungen zur Diagnostik, Prävention und Behandlung* [On-Line]. Available: <http://www.svggo.ch/empfehlungen2003.pdf> (04.03.2010).
- Schweizerische Vereinigung gegen die Osteoporose (2010). *Empfehlungen zur Diagnostik, Prävention und Behandlung* [On-Line]. Available: http://www.svggo.ch/SVGO_Empfehlungen2010_V19April2010.pdf (01.05.2010).
- Van den Berg, F. (2003). *Angewandte Physiologie*, 2. Auflage. Stuttgart: Thieme.

Von Stengel, S., Kemmler, W., Lauber, D., Kalender, W. A. & Engelke, K. (2007). Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 649-655.

Weineck, J. (2010). *Optimales Training*, 16. Auflage. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

Zehnacker, C. H., Dougherty, A. B. (2007). Effect of Weighted Exercises on Bone Mineral Density in Post Menopausal Women. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 30, 79-88.

4.6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: International Osteoporosis Foundation (2010) [On-Line]. Available: <http://www.iofbonehealth.org/pio/> (12.05.2010).

Abbildung 2: Bartl, R. (2008). *Osteoporose* [On-Line]. Available: http://bilder.buecher.de/zusatz/23/23530/23530388_lese_1.pdf (1.5.2010).

Abbildung 3: Krankheitsbild: Wirbelkörper-Sinterungsfrakturen (2009) [On-Line]. Available: <http://www.st-vinzenz-hospital.de/medizinische-fachabteilungen/unfallchirurgie/krankheitsbilder/wirbelkoerper-sinterungsfraktur.php> (16.04.2010).

Abbildung 4: International Osteoporosis Foundation (2009). *What is osteoporosis?* [On-Line]. Available: http://www.iofbonehealth.org/osteofound/cache/img/c022e5a15db6cec597cd56f606b91419/low_bmd-326x186.jpg (29.04.2010).

4.7. Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau Barbara Köhler für die Betreuung während dem Verfassen dieser Arbeit, Dr. med. Peter Osterwalder für die genaue Kontrolle und die wertvolle und konstruktive Kritik, Annette Anthamatten und Oliver Bieri für das Korrekturlesen und meinen Eltern für die investierte Zeit und ihre Anregungen. Meinen Freunden, ganz besonders Manuela Zehnder, danke ich für ihre mir entgegengebrachte Geduld.

4.8. Anhang

„Die Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) Kriterien bilden nur therapeutische Studien angemessen ab. Die Oxford Kriterien sind hier differenzierter, sind aber zur Bewertung von Therapiestudien bisher weniger gebräuchlich.“ (DVO-Leitlinie, 2006)

4.8.1. Kriterien des Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)

Evidenzgrade	
1 ⁺⁺	Meta-Analyse <i>oder</i> systematischer Überblick randomisierter kontrollierter Studien <i>oder</i> randomisierte kontrollierte Studien mit sehr guter Qualität
1 ⁺	Gut durchgeführte Meta-Analysen <i>oder</i> systematische Überblick randomisierter kontrollierter Studien <i>oder</i> randomisierte kontrollierte Studien mit sehr niedrigem Risiko für Verzerrung (Bias)
1 ⁻	Meta-Analyse <i>oder</i> systematischer Überblick randomisierter kontrollierter Studien <i>oder</i> randomisierte kontrollierte Studien mit hohem Risiko für Bias der Studienergebnisse
2 ⁺⁺	Guter systematischer Überblick von Kohortenstudien oder Fall-Kontroll-Studien Gute Kohortenstudien oder Fall-Kontroll-Studien mit einem niedrigen Risiko einer Verfälschung (confounding, bias) und einer hohen Wahrscheinlichkeit einer kausalen Beziehung
2 ⁺	Gute Kohortenstudien oder Fall-Kontroll-Studien mit einem niedrigen Risiko einer Verfälschung (confounding, bias) und einer mäßigen Wahrscheinlichkeit einer kausalen Beziehung
2 ⁻	Gute Kohortenstudien oder Fall-Kontroll-Studien mit einem hohen Risiko einer Verfälschung (confounding, bias) und einer niedrigen Wahrscheinlichkeit einer kausalen Beziehung
3	Nicht-analytische Beobachtungsstudien wie z.B. Fallserien, Fallbeschreibungen
4	Expertenmeinung, Konsensuskonferenz

Empfehlungsgrad SIGN	Grundlage der wissenschaftliche Evidenz
A	Mindestens eine Studie des Evidenzgrad 1^{++} mit direkter Anwendbarkeit auf die Zielpopulation <i>oder</i> mehrere Studien des Evidenz-Levels 1^+ mit konsistenten Ergebnissen und direkter Anwendbarkeit auf die Zielpopulation.
B	Studien bis zum Evidenzgrad 2^{++} mit konsistenten Ergebnissen und direkter Anwendbarkeit auf die Zielpopulation <i>oder</i> Extrapolation von Studien mit Evidenz-Level 1^{++} oder 1^+
C	Studien bis zum Evidenzgrad 2^+ mit konsistenten Ergebnissen und direkter Anwendbarkeit auf die Zielpopulation <i>oder</i> Extrapolation von Studien mit dem Evidenzgrad 2^{++}
D	Evidenzgrad 3 oder 4 <i>oder</i> Extrapolation von Studien mit dem Evidenzgrad 2^+

4.8.2. Oxford Kriterien (DVO- Leitlinie Osteoporose, 2006)

Evidenzgrad	Therapie/Prävention/Ätiologie/Schaden	Prognose	Diagnose	Differential Diagnose/Symptom Prävalenz
1a	Systematischer Review von RCTs (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von Kohortenstudien mit Validierung in verschiedenen Populationen (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von diagnostischen Studien des Evidenzgrads 1; Klinische Entscheidungsregeln von 1b-Studien aus verschiedenen klinischen Zentren (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von prospektiven Kohortenstudien (mit Homogenität der Studienergebnisse)
1b	Individuelle RCTs (mit kleinem Konfidenzintervall)	Individuelle prospektive Kohortenstudien mit $\geq 80\%$ Follow-up; Klinische Entscheidungsregeln, die in nur in einer Population validiert wurden	Validierende Kohortenstudie mit guten Referenzstandards; Klinische Entscheidungsregeln, die nur innerhalb eines klinischen Zentrums evaluiert wurden	Prospektive Kohortenstudien mit gutem Follow-Up
1c	Alles oder Nichts	Alles oder Nichts Fallserien	Absolute SpPins and SnNouts++	Alles oder Nichts Fallserien
2a	Systematischer Review von Kohortenstudien (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von retrospektiven Kohortenstudien oder unbehandelten Kontrollgruppen aus RCTs (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von diagnostischen Studien mit einem Evidenzgrad > 2 (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von 2b und besseren Studien (mit Homogenität der Studienergebnisse)
2b	Einzelne Kohortenstudien (einschließlich RCTs mit niedriger Studienqualität, z.B. $< 80\%$ Follow-up)	Retrospektive Kohortenstudie oder Follow-Up von unbehandelten Patienten einer RCT, Ableitung von klinischen Entscheidungsregeln oder Validierung nur aufgrund von „Split-Sample“	Explorative Kohortenstudie mit guten Referenzstandards; Klinische Entscheidungsregeln unter Ableitung oder Validierung aus „Split-Sample“ oder	Retrospektive Kohortenstudien mit schlechtem Follow-up
2c	„Outcomes“ Forschung, Ökologische Studien	„Outcomes“ Forschung		Ökologische Studien
3a	Systematischer Review von Fall-Kontroll-Studien (mit Homogenität der Studienergebnisse)		Systematischer Review von 3b und besseren Studien (mit Homogenität der Studienergebnisse)	Systematischer Review von 3b und besseren Studien (mit Homogenität der Studienergebnisse)
3b	Einzelne Fall-Kontrollstudien		Nicht-konsequente Studien, oder ohne konsistente Anwendung eines Referenzstandards	Nicht-konsequente Kohortenstudien, oder sehr limitierte Population
4	Fallserien (und Kohorten und Fall-Kontrollstudien von schlechter Studienqualität)	Fallserien (und prognostische Kohortenstudien von schlechter Studienqualität)	Fall-Kontrollstudie mit schlechtem oder nicht-unabhängigem Referenzstandard	Fall-Serien oder abgelöste Referenzstandards
5	Expertenmeinung ohne explizite kritische Bewertung, oder basierend auf Physiologie oder Laborergebnissen	Expertenmeinung ohne explizite kritische Bewertung, oder basierend auf Physiologie oder Laborergebnissen	Expertenmeinung ohne explizite kritische Bewertung, oder basierend auf Physiologie oder Laborergebnissen	Expertenmeinung ohne explizite kritische Bewertung, oder basierend auf Physiologie oder Laborergebnissen

RCT = Randomisierte, kontrollierte Studie

++ SpIN bedeutet, dass die Spezifität eines diagnostischen Befunds so hoch ist, dass ein positiver Befund die Diagnose belegt.

SnOut bedeutet, dass die Sensitivität eines diagnostischen Befunds so hoch ist, dass ein negativer Befund die Diagnose widerlegt.

Empfehlungsgrad Oxford	Grundlage der wissenschaftliche Evidenz
A	Konsistente Studien des Evidenzgrads 1
B	Konsistente Studien des Evidenzgrads 2 oder 3 <u>oder</u> Extrapolationen von Studien des Evidenzgrads 1
C	Studien des Evidenzgrads 4 <u>oder</u> Extrapolationen von Studien des Evidenzgrads 2 oder 3
D	Studien des Evidenzgrads 5 <u>oder</u> sehr inkonsistente oder widersprüchliche Studien jeden Evidenzgrads

„Extrapolationen“ bezieht sich auf die Anwendung von Daten auf eine Situation, die sich klinisch deutlich von der originalen Studiensituation unterscheidet.

4.9. Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst habe.“

Binz, den 21. Mai 2010

Corina Hürzeler