

Aktive Physiotherapie bei prämenopausalen Frauen mit Osteopenie

Welche Auswahl von Übungen soll in der aktiven Physiotherapie bei prämenopausalen Frauen mit Osteopenie getroffen werden, um einen positiven Effekt auf die Knochendichte zu erhalten?

Autorin: Sterren Sarina
Matrikelnummer: 17668435

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie

Studienjahr: 2017
Eingereicht am: 18.04.2020
Begleitende Lehrperson: Tomovic Sara

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	5
1.1 EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK	5
1.2 RELEVANZ FÜR DIE PRAXIS	5
1.3 EINGRENZUNG DES THEMAS	6
1.4 ZIELSETZUNG	7
1.5 FRAGESTELLUNG	7
2 THEORETISCHER HINTERGRUND	8
2.1 BEGRIFFSERKLÄRUNG	8
2.1.1 <i>Osteopenie</i>	8
2.1.2 <i>Prämenopausale Frauen</i>	8
2.1.3 <i>Aktive Physiotherapie</i>	9
2.1.4 <i>Knochendichtemessung</i>	9
2.2 DAS UNGLEICHGEWICHT IM KNOCHEN	10
2.2.1 <i>Knochenaufbau und seine Struktur</i>	11
2.2.2 <i>Knochenzellen</i>	12
2.2.3 <i>Biomechanik des Knochens</i>	13
2.2.4 <i>Knochenauf- und abbau</i>	15
2.2.5 <i>Ungleichgewicht im Knochen bei Osteopenie</i>	16
3 METHODE	18
3.1 SUCHSTRATEGIE	18
3.2 ZULASSUNGSKRITERIEN	19
3.3 LITERATURESELEKTIONSPROZESS UND WAHL DER VIER HAUPTSTUDIEN	20
3.4 STUDIENBEWERTUNG	21
4 ERGEBNIS	22
4.1 STUDIE VON GREENWAY ET AL. (2015)	22
4.1.1 <i>Inhaltliche Zusammenfassung</i>	22
4.1.2 <i>Qualitätsbeurteilung</i>	25
4.2 STUDIE VON WINTERS-STONE UND SNOW (2006)	26
4.2.1 <i>Inhaltliche Zusammenfassung</i>	26
4.2.2 <i>Qualitätsbeurteilung</i>	28
4.3 STUDIE VON VAINIONPÄÄ ET AL. (2005)	29
4.3.1 <i>Inhaltliche Zusammenfassung</i>	29
4.3.2 <i>Qualitätsbeurteilung</i>	30
4.4 STUDIE VON SINGH ET AL. (2009)	31
4.4.1 <i>Inhaltliche Zusammenfassung</i>	31

4.4.2	Qualitätsbeurteilung	32
5	DISKUSSION	34
5.1	VERGLEICH DER STUDIEN	34
5.2	BEZUG ZUR FRAGESTELLUNG	39
6	THEORIE-PRAXIS TRANSFER	41
7	SCHLUSSTEIL	42
8	AUSBLICK	43
	LITERATURVERZEICHNIS	44
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	48
	TABELLENVERZEICHNIS	49
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	49
	DANKSAGUNG	50
	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	50
	DEKLARATION DER WORTANZAHL	50
	ANHANG	51

Abstract

Darstellung des Themas:

Osteopenie, die Vorstufe von Osteoporose, ist in der Bevölkerung unterdiagnostiziert und untertherapiert. Als positiven Einfluss auf die Knochendichte gelten aktive Therapieübungen. Gerade in der Physiotherapie wird der Grundpfeiler für Prävention und Behandlung gelegt.

Ziel:

Das Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, welche aktiven Übungen bei prämenopausalen Frauen mit Osteopenie einen positiven Effekt auf die Knochendichte bewirken. Mit den neugewonnenen Erkenntnissen wurde ein Handout erstellt, um in der Physiotherapie Betroffene zielorientierter therapieren zu können.

Methode:

Mittels einer systematischen Literaturrecherche wurde in den Datenbanken CINAHL, Cochrane, PEDro und PubMed nach randomisierten Studien gesucht. Für die Beantwortung der Fragestellung konnten nach definierten Ein- und Ausschlusskriterien vier Studien herbeigezogen werden. Die Qualitätsbeurteilung erfolgte durch CASP.

Resultate:

Die Ergebnisse zeigen auf, dass die höchste Wirksamkeit einbeinige Springübungen von der Höhe haben. Signifikante Veränderungen der Knochendichte (3,9%) im distalen Radius bestätigt die Reaktion auf ortsspezifische Belastungsreize. Für einen Knochenanstieg in der Wirbelsäule braucht es Oberextremitätenübungen. Die Compliance hat einen starken Zusammenhang mit dem Knochendichtewachstum.

Schlussfolgerung:

Es braucht spezifische Übungen für die betroffene Körperregion, um einen positiven Effekt auf die Knochendichte zu erhalten.

Keywords:

Premenopausal women, osteopenia, bone density, prevention, active exercise

Background:

Osteopenia, the pre-stage of osteoporosis, is underdiagnosed and undertreated in the population. Active exercises are regarded as having a positive impact on bone density. Physiotherapy in particular is the cornerstone of prevention and treatment.

Aim:

The aim of this work was to investigate which exercises have a positive effect on bone density in premenopausal women with osteopenia. Another goal was to create a handout, which helps physiotherapists to treat patients based on evidence.

Methods:

On CINAHL, Cochrane, PEDro and PubMed randomized studies were searched. After a systematic literature research, four studies were examined to answer the question. The study quality was judged with CASP.

Results:

Results present that one-legged jumping exercises from height have the highest effectiveness. Significant changes in bone density (3,9%) in the distal radius confirm the response to site-specific loading stimuli. Upper extremity exercises are required for a bone increase in the spinal column. The compliance of the intervention group is strongly related to the bone density growth.

Conclusions:

Specific exercises for the selected body region are needed to achieve a positive effect on bone density.

Keywords:

Premenopausal women, osteopenia, bone density, prevention, active exercise

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

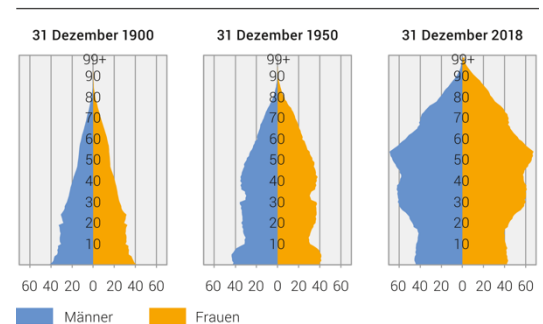
Die demographische Entwicklung zeigt: Die Bevölkerung in der Schweiz wird immer älter (Bundesamt für Statistik [BFS], 2019). Osteoporose ist die häufigste Knochenerkrankung im Alter und zählt somit als Volkskrankheit (Fischli & Ziegler, 2018, S. 810). Bei Osteoporose handelt es sich um einen zunehmenden Verlust von Knochenmasse, Knochenstruktur und Knochenfunktion (Oldhafer, Otto, & Zager, 1994, S. 1). Die Erkrankung an Osteoporose wurde als behandelbar erkannt und die frühzeitige Diagnose und Therapie haben, laut der Schweizerischen Vereinigung gegen Osteoporose (SVGO), aus medizinischer und ökonomischer Sicht grosse Relevanz. Einerseits, weil Osteoporose zu den führenden Hospitalisationsgründen bei den über 45-Jährigen in der Schweiz zählt, und andererseits, weil damit hohe Kosten für das Gesundheitssystem verursacht werden (Lippuner, 2012, S. 139, 141). Doch häufig ist es schwierig, Osteoporose zu diagnostizieren, weil der Abbau der Knochenmasse keine Beschwerden verursacht. Somit verläuft die Krankheit zunächst unbemerkt, bis dann oft erst ein verdächtiger Knochenbruch Hinweise zur Diagnose liefert (Bundesamt für Gesundheit [BAG], 2018).

1.2 Relevanz für die Praxis

Die Schweizer Bevölkerung wird immer älter und mit der steigenden Lebenserwartung wächst auch der Stellenwert der Osteoporose im Gesundheitssystem (Lippuner, 2012, S. 1). Die Vorstufe von Osteoporose nennt sich Osteopenie. Das Bundesamt für Gesundheit nimmt an, dass 420'000 Frauen, respektive 326'000 bis 435'000 Männer, in der Schweiz Osteopenie haben, was Schätzungen aus dem Jahr 2000 entspricht (Schwenkgenks, 2004, zitiert nach Lippuner, 2012, S. 137). Die Rheumaliga Schweiz nennt in ihrer Broschüre, dass ein Drittel der Frauen und Männer über 50 Jahren an Osteopenie leidet (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 4). Es gibt keine exakten Zahlen bezüglich der Anzahl Osteopenie-Diagnostizierter. Gemäss internationalen Studien werden effektiv 2,5 – 27% als Osteoporose-Fälle

Altersaufbau der Bevölkerung

Anzahl Personen in 1000



Quellen: BFS – STATPOP.VZ

© BFS 2019

Abbildung 1: Demografische Entwicklung in der Schweiz (Bundesamt für Statistik [BFS], 2019)

diagnostiziert, womit die Zahlen im Widerspruch zur Häufigkeit von Osteoporose stehen (Elliott et al., 2003; Kiebzak et al., 2002). Bereits in einer Physioleitlinie vom Jahr 2004 wurde die Problematik genannt, dass Frauen unterdiagnostiziert und somit untertherapiert sind (Trommer, 2004, S. 28). Sieben Jahre später wurde dieselbe Problematik im Artikel von Stute (2011, S. 16) nochmals bemängelt. Dies zeigt, dass in der Zwischenzeit nicht viel in der Diagnostik und in den Behandlungsmassnahmen geschehen ist. Stute (2011, S. 16) ist der Meinung, dass durch das geringe Krankheitsbewusstsein der Bevölkerung die Betroffenen untertherapiert und unterdiagnostiziert sind. Im Hinblick darauf, dass der Anteil an betagten Personen steigt, Hospitalisierungen zunehmen und die damit verbundenen Kosten steigen (Lippuner, 2012, S. 1), liegt es nahe, sich in dieser Arbeit bereits mit der Vorstufe dieser Erkrankung näher zu befassen. Als Primärprävention gilt es, Osteoporose so gut es geht zu verhindern (Stute, 2011, S. 16). Gemäss der Zeitschrift Physiopraxis (Trommer, 2004) sind Physiofachkräfte die Grundpfeiler für Prävention und Behandlung von Osteoporose. Und gerade deshalb hält die Verfasserin dieser Arbeit es für wichtig, über gewinnbringende Massnahmen bei Personen mit Osteopenie Bescheid zu wissen, um eine optimale, evidenzbasierte Therapie planen zu können. Gerade weil die Physiotherapierenden eine Relevanz bei der Prävention und Behandlung haben, kann durch das Aufgreifen der Thematik die Bevölkerung im näheren Umkreis sensibilisiert und so im Kleinen eine Veränderung in der Gesellschaft bewirkt werden.

1.3 Eingrenzung des Themas

Zahlreiche Studien und Organisationen legten ihren Fokus in den vergangenen Jahren auf die postmenopausale Patientengruppe, bei denen schon Osteoporose diagnostiziert wurde. Es gibt bereits Vorlagen für Behandlungsinterventionen, welche als Ziel die Sturzprophylaxe haben. Im Osteogym, welches die Rheumaliga oder Physiotherapiepraxen anbieten, werden Haltung, Beweglichkeit, Koordination, Kraft und Gleichgewicht trainiert. Damit sind die Frauen im mittleren Alter jedoch unterfordert, da sie nicht die Zielgruppe des Programms sind. Nun geht es darum, einen Schritt vorher einzugreifen – nämlich bei den prämenopausalen Frauen mit Osteopenie. In dieser Arbeit wird hauptsächlich auf die aktive Physiotherapie eingegangen, weil bereits zahlreiche Studien (Bilek et al., 2016; Tabor et al., 2016;

Wolff et al., 1999) belegen, dass aktive Therapie die Knochendichte positiv beeinflusst. Deshalb werden bei dieser Arbeit Vibrationstraining, Trampolin, Hormontherapie oder medikamentöse Therapie ausgegrenzt.

1.4 Zielsetzung

Mit Hilfe von Studien, Reviews, Leitlinien und Fachbüchern soll herausgefunden werden, welche Therapieübungen am besten für die Stimulation der Knochenstruktur geeignet sind, so dass es im besten Fall gar nicht zu Osteoporose führt. Es wird besonders auf die aktiven Übungen eingegangen, welche wissenschaftlich untersucht worden sind und einen aufbauenden Effekt auf den Knochen bewirken. Ein weiteres Ziel ist das Erstellen eines Handouts für die Praxis, um dadurch die Berufsfachleute mit evidenzbasierten Übungen für Osteopenie-Betroffene zu schulen. In erster Linie richtet sich daher die Arbeit an Physiotherapierende, jedoch sollten auch Interessierte den Inhalt verstehen und nachvollziehen können.

1.5 Fragestellung

Die Fragestellung lautet demzufolge: Welche Auswahl von Übungen soll in der aktiven Physiotherapie bei prämenopausalen Frauen mit Osteopenie getroffen werden, um einen positiven Effekt auf die Knochendichte zu erhalten?

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Begriffserklärung

2.1.1 Osteopenie

Osteopenie kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie Knochenarmut oder Mangel (Amshoff, Bader-Johansson, Balk, Becker, & Bertram, 2010, S. 631). Amshoff et al. (2010, S. 631) definiert Osteopenie als einen physiologischen, altersbedingten Abbau von Knochensubstanz, welcher durch eine normale Resorption bei gleichzeitigem geringem Aufbau entsteht. Der OSD (Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband, 2019c) erklärt Osteopenie als eine mögliche, aber nicht zwingende Vorstufe von Osteoporose – dem Knochenschwund. Laut dem OSD ist es eine Minderung der Knochendichte und wird gekennzeichnet durch eine im Vergleich zum Altersschnitt niedrige Knochenmasse. Der T-Wert bei Osteopenie, welcher mittels Knochendichtemessung diagnostiziert werden kann, liegt zwischen -1 und -2,5 Standardabweichung vom Mittelwert der Knochendichte bei einem gesunden, jungen Erwachsenen, und wird als Stadium Null der Osteoporose bezeichnet (Fischli & Ziegler, 2018, S. 813). Somit beschreibt der Begriff Osteopenie ein Zwischenstadium zwischen dem gesunden Knochen und dem Krankheitsbild Osteoporose (OSD, 2019c). Es wird in der Literatur auch der Begriff präklinische Osteoporose verwendet (Fischli & Ziegler, 2018, S. 813). Wie Osteoporose gehört Osteopenie ebenfalls zu der systemischen Erkrankung des Skeletts (OSD, 2019c). Eine Systemerkrankung betrifft den ganzen Körper und nicht nur einen Teil davon (Antwerpes, 2019e).

2.1.2 Prämenopausale Frauen

Mit dieser Bezeichnung sind Frauen gemeint, welche sich vor der letzten Menstruation befinden (Antwerpes, 2019d). Da in der Regel die letzte Menstruation um das fünfzigste Lebensjahr eintritt (Kurth & Lange, 2018, S. 89), grenzt die Autorin die prämenopausalen Frauen im mittleren Alter zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr ein. Der Datensatz für die untere Grenze dieser Altersgruppe ist im Artikel von Krebs und Thiel-Kummer (2017) zu finden.

2.1.3 Aktive Physiotherapie

Aktive Physiotherapie ist eine selbständig ausgeführte Bewegung des Menschen (Deutscher Verband für Physiotherapie, 2019). Die Autorin versteht unter aktiver Physiotherapie folgendes: In der aktiven Physiotherapie ist die zu behandelnde Person selbst aktiv in Bewegung und kann die Übungen oder die Tätigkeit selber ausführen. Der Therapierende ist lediglich als Fachperson dabei. Es ist die Aufgabe der Physiofachkraft, die zu behandelnden Personen individuell zu beraten, anzuleiten und sie im Selbstmanagement zu fördern (Physioswiss, 2020).

2.1.4 Knochendichtemessung

Die nicht-invasive Knochendichtemessung, ebenfalls bekannt unter dem Begriff Osteodensitometrie, kommt in der Diagnostik und in der Verlaufskontrolle von Osteopenie respektive Osteoporose zum Einsatz (Fischli & Ziegler, 2018, S. 813). Der Goldstandard für die Bestimmung der Knochendichte ist die DXA-Messmethode (Doppelröntgenabsorptiometrie), weil sie schnell, einfach und ungefährlich durchzuführen ist (OSD, 2019a). Anhand der Strahlenmenge, die durch den Knochen gelangt, kann die Knochendichte berechnet und anschliessend der T-Wert bestimmt werden (OSD, 2019a). Dafür hat die WHO (Weltgesundheitsorganisation) eine einheitliche Klassifizierung erstellt (Stute, 2011, S. 18). Als Referenzwert hat diese den Mittelwert eines jungen, knochengesunden Erwachsenen genommen. Ein -1 T-Wert bedeutet einen 10%-igen Knochendichteverlust (Stute, 2011, S. 18). Ein Wert bis -1 entspricht noch einem Normalbefund. Bei Werten zwischen -1 bis -2,5 liegt eine Osteopenie vor, bei - 2,5 und tiefer liegt eine präklinische Osteoporose vor und wenn zusätzlich Frakturen dazukommen, spricht man von einer manifesten Osteoporose (Kurth & Lange, 2018, S. 48).

Tabelle 1: Einteilung der Osteoporose in Schweregrad (Kurth & Lange, 2018, S.48)

Stadium	Schweregrad	DXA-Messung
	Normalbefund	T-Wert bis -1 SD
0	Osteopenie	T-Wert -1 bis -2,5 SD
1	Osteoporose	T-Wert ab -2,5 SD
2	Manifeste Osteoporose	T-Wert ab -2,5 SD mit Frakturen

SD = Standardabweichung

Nun stellt sich die Frage, ob in der Schweiz die Kosten einer Knochendichtemessung mittels DXA-Messung von den Krankenkassen übernommen werden. Unter bestimmten Voraussetzungen (Eidgenössischen Departement des Innern [EDI], 2019):

- Klinisch manifeste Osteoporose
- nach Knochenbruch durch inadäquates Trauma
- Steroidlangzeitbehandlung
- Hypogonadismus
- Erkrankungen des Verdauungssystems mit Malabsorptionssyndrom (Morbus Crohn, Colitis ulcerosa, Zöliakie)
- Nebenschilddrüsenüberfunktion
- Osteogenesis imperfecta
- HIV
- Verlaufskontrolle bei einer medikamentösen Therapiebehandlung höchstens alle zwei Jahre

Die Kassenpflichtigkeit für die Messung der Knochendichte ab einem bestimmten Alter und im Risikofall wurde 2008 durch eine Motion von Heim verlangt (Bundesrat, 2008). Seitens des Bundesrates wurde es jedoch abgelehnt mit der Begründung, dass einerseits die Wirksamkeit, die Zweckmässigkeit und die Wirtschaftlichkeit gegenwärtig unklar sind und andererseits die gesetzlichen Grundlagen zur Durchführung von Informationskampagnen nicht gegeben sind (Bundesrat, 2008). Bis auf weiteres bezahlt die obligatorische Krankenpflegeversicherung unter den obengenannten Voraussetzungen. Jedoch kann es sein, dass die Zusatzversicherung die Kosten abdeckt (Osteoporose Vorsorge, 2019). Offen bleibt die Fragestellung, ob es gerechtfertigt ist, dass die Krankenkasse die Kosten bei Osteopenie-Betroffenen nicht übernimmt. Nachdem nun die wichtigsten Begriffe erklärt wurden, wird anschliessend auf die Physiologie und Biomechanik des Knochens eingegangen.

2.2 Das Ungleichgewicht im Knochen

Um das Krankheitsbild Osteopenie besser verstehen zu können, ist es zunächst hilfreich, den Aufbau, die Struktur und die Bestandteile eines Knochens kennenzulernen. Für das leichtere Verständnis lässt es sich gut an einem

Röhrenknochen erklären, wie beispielsweise am Oberschenkelknochen. Um später in den Studien die Wahl der aktiven Interventionen besser nachvollziehen und beurteilen zu können, ist es sinnvoll, die Biomechanik des Knochens zu verstehen. Anschliessend wird beschrieben, wie das Knochenwachstum und der Knochenabbau funktioniert, und am Ende des Kapitels wird auf die Knochensituation bei Osteopenie eingegangen.

2.2.1 Knochenaufbau und seine Struktur

Die Diaphyse, das Rohr in der Mitte des Knochens, besteht aus dem stabilen Knochengewebe, welches Kompakta oder Kortikalis genannt wird (Van den Berg, 2016, S. 85). Wenn man das Knochengewebe näher betrachtet, sind die einzelnen Knochengewebsschichten, welche Lamellen genannt werden, zu sehen. Diese verlaufen parallel zur Knochenlängsachse und in sich verlaufen die kollagenen Fasern der Lamellen entgegengesetzt spiralförmig (Van den Berg, 2016, S. 87). Durch diese spezielle Ausrichtung können Biege- und Rotationskräfte aus verschiedenen Richtungen abgefangen werden (Van den Berg, 2016, S. 86). Die kollagenen Typ 1 Fasern geben dem Knochen die notwendige Elastizität, um Druckbelastungen standhalten zu können (Van den Berg, 2016, S. 94). Diese Art von Materialverwendung und die spezielle Ausrichtung machen den Knochen bei Belastung stabil und elastisch zugleich.

Im Unterschied zur Spongiosa ist die Kortikalis deutlich steifer und verformt sich daher schlechter (Buckwalter & Cooper, 1987, zitiert nach Van den Berg, 2016, S. 85). Zudem weist die Kortikalis einen tieferen Stoffwechsel auf (Van den Berg, 2016, S. 85). Die Metaphyse, in welcher die Epiphysenfuge liegt, spielt nur während des Wachstums eine zentrale Rolle und deswegen wird in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen. Die Enden eines Röhrenknochens nennt man Epiphysen. Dieses Knochengewebe besteht hauptsächlich aus der schwammartigen Spongiosa und nur die oberste Schicht aus Kompakta (Van den Berg, 2016, S. 85). Der Grund für diesen Aufbau ist die dort vermehrt herrschende Druckbelastung. Die herrschenden Kräfte in der Epiphyse werden auf den Gelenkknorpel verteilt, der nur gering belastbar ist und somit ein einschränkender Faktor für die Kraftbelastbarkeit der Knochen ist. Anders als in der Diaphyse verlaufen die kollagenen Fasern entlang der Kraft und Belastung, welche sich besonders gut an veränderten Belastungen

anpassen können (Van den Berg, 2016, S. 87). Dadurch entsteht eine Trabekelstruktur, die Ähnlichkeiten mit der Konstruktion eines Baukrans zeigt (Van den Berg, 2016, S. 88). Dank dieser Trabekelbauart kann Knochengewicht eingespart werden und gleichzeitig bleibt die Knochenstabilität erhalten. Dies wird auch Leichtbauprinzip genannt (OSD, 2019b). Beim Krankheitsbild Osteopenie ist einerseits die Knochenmasse und andererseits die Knochenstruktur vermindert (OSD, 2019c), was folglich eine schlechte Knochenstabilität bedeutet. Im nächsten Unterkapitel werden die wichtigsten Bestandteile eines Knochens erläutert. Dazu gehören Zellen, Matrix und ein hoher Anteil an Mineralien (Van den Berg, 2016, S. 91).

2.2.2 Knochenzellen

- Osteoblasten: Diese Zellen sind primär für den Aufbau und Erhalt des Knochens zuständig (Kurth & Lange, 2018, S. 2). Grösstenteils halten sie sich in Gruppen auf der Aussenseite des Knochens auf (Van den Berg, 2016, S. 92). Sie haben nur eine kurze Lebensdauer und machen einen geringen Zellanteil mit weniger als 5% im Knochen aus (Bonewald, 2007, S. 282).
- Osteozyten: Diese Zellen sorgen für den Erhalt des Knochens und passen sich den Belastungen an. Nennenswert ist, dass sie unter normalen Umständen nur so viel Material produzieren, wie für den Erhalt der Knochen notwendig ist. Zum Unterschied zu den Osteoblasten leben sie viele Jahre bis mehrere Dekaden, liegen im Innern des Knochens und haben mit ca. 90-95% einen hohen Zellanteil im Knochen (Van den Berg, 2016, S. 92). Ungeachtet dessen, dass Osteoblasten und Osteoklasten sich an der Inneren oder Äusseren Knochenoberfläche aufhalten, sind die Osteozyten komplett im Knochen eingebettet (Kurth & Lange, 2018, S. 3). Aktiviert und stimuliert werden sie durch mechanische Belastungsänderungen. Die Signale geben sie weiter an die Osteoklasten und Osteoblasten (Van den Berg, 2016, S. 93). Je nachdem, ob der Knochenabbau angestrebt wird, werden die Botenstoffe Sklerostin oder andernfalls beim Wunsch für Knochenbildung das Prostaglandin E2 respektive Adenosintriphosphat freigesetzt (Kurth & Lange, 2018, S. 4).

- Osteoklasten: Diese Zellen überwachen die Dicke des Knochens und setzen Kalzium und Phosphate durch den Abbau des Knochens frei. Ein Osteoklast kann vergleichsweise so viel Knochen abbauen, wie 100 bis 150 Osteoblasten den Knochen wiederaufbauen. Sie haben eine kurze Lebensdauer und können sich aufgrund der Aktinfilamente mobil bewegen (Van den Berg, 2016, S. 93).
- Knochendeckzellen: Bei Bedarf werden diese Zelle in aktive Osteoblasten umgewandelt. Sie liegen an der Oberfläche des Knochens auf (Van den Berg, 2016, S. 92).

2.2.3 Biomechanik des Knochens

Die Tragfähigkeit eines Knochens wird durch seine Materialeigenschaft (Elastizität und Festigkeit) und Struktureigenschaft (Grösse und Form) bestimmt. So ist etwa das mechanische Verhalten des Knochengewebe als Material und als Struktur zu differenzieren (Kurth & Lange, 2018, S. 5).

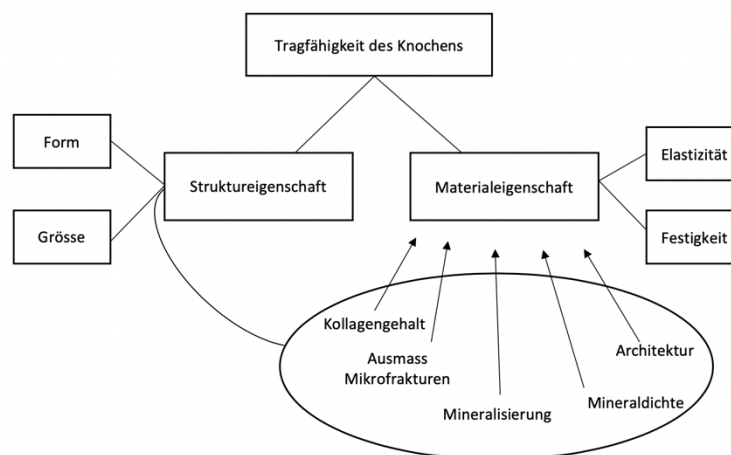


Abbildung 2: Material- und Struktureigenschaft eines Knochens (Kurth & Lange, 2018, eigene Darstellung, 2019)

Die Knochen sind einerseits viskoelastische Materialien, da die Dauer und Geschwindigkeit der einwirkenden Kräfte einen Einfluss auf das Knochenmaterial haben. Andererseits wird von einem anisotropen Material gesprochen, aufgrund dessen das Knochenmaterial im Allgemeinen von der Belastungsrichtung abhängig ist. Und als Drittes kann gesagt werden, dass der Knochen ein heterogenes Material ist, weil er aus Kortikalis und Spongiosa besteht (Kurth & Lange, 2018, S. 7). Die Aufzählung der Faktoren Minereraldichte, Mineralisierung, Architektur, Kollagengehalt und Anhäufung von Mikrofrakturen stehen in absteigender Reihenfolge ihrer

Beeinflussung auf die Materialeigenschaft. Für das Strukturverhalten ist nicht nur die Grösse und Form des Knochens entscheidend, sondern auch die intrinsischen Materialeigenschaften wie Knochendichte, Mineralisierung, Architektur und Kollagengehalt bedeutend (Kurth & Lange, 2018, S. 5).

Abendroth (Kurth & Lange, 2018, S. 10) schreibt über die funktionelle Einheit der Knochen mit der Muskulatur und erklärt, dass es bei Kontraktion eines Muskels entweder zur Bewegung oder zur Stabilisierung der Haltung kommt. Die quergestreifte Skelettmuskulatur agiert mit dem Knochen mindestens an zwei Punkten (Kurth & Lange, 2018, S. 10). Im Artikel von Trommer (2004, S. 3) wird für die Physiotherapie empfohlen, die Muskelgruppen, welche am betroffenen Knochen ansetzen, unter Rücksichtnahme der Schwerkraft zu stärken. Der Knochen- und Knorpelbereich zwischen Ursprung und Ansatz erfahren durch die Muskelkontraktion eine kraftabhängige Druckbelastung. Durch die Belastung baut sich ein physiologischer Reiz für Entwicklung, Wachstum und Stabilität des Skeletts auf. Infolge der mechanischen Beanspruchung wird die Knochenmasse, -qualität und -geometrie entsprechend verändert (Kurth & Lange, 2018, S. 11). Sie hängt stark von der Art und Weise der Belastung ab, welche sich zwischen schneller und langsamer Belastung, sowie Zug, Dehnung und Scherung unterscheiden (Kurth & Lange, 2018, S. 8). Die These von Van den Berg (2016, S. 108), dass erhöhte Belastung, wie zum Beispiel Krafttraining eine höhere Mineralisierung des Knochens zur Folge hat, wird dadurch glaubwürdig. Das Ausmass und die Art des Umbaus werden durch das Verhalten im Alltagsleben bestimmt (Kurth & Lange, 2018, S. 11).

Die Meinungen gehen auseinander, wenn es darum geht, wann ungefähr die Aufbauphase abgeschlossen ist und der Maximalwert der Knochenmineraldichte, den sogenannten «peak bone mass», erreicht wurde. Der OSD (2019c) und die Rheumaliga (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 7) vertreten die Ansicht, dass bis etwa zum 25. Lebensjahr der Knochenaufbau überwiegt. Anders heisst es im Artikel Stopp dem Knochenschwund (Trommer, 2004), dass die Aufbauphase zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr abgeschlossen ist. Diese fachliche Uneinigkeit spielt für diese Arbeit keine Rolle, da die Fokusgruppe zwischen 40 und 50 Jahre alt sind. Nach einer Plateauphase überwiegt ab etwa dem Alter von 40 Jahren altersbedingt leicht der Abbau von ca. 1% Knochenmasse pro Jahr (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 8). Im fortgeschrittenen Alter geht es deshalb darum, den natürlichen Knochenabbau

möglichst niedrig zu halten (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 23). Welche Faktoren einen Einfluss auf den Knochenaufbau und -abbau haben, wird im nächsten Unterkapitel thematisiert.

2.2.4 Knochenauf- und abbau

Zu wissen ist, dass der Knochen ein lebendes Gewebe ist, welches dauernd auf-, ab- und umgebaut wird (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 3). Bewegungen, die Zug und Druck am Knochen ausüben, bewirken einen positiven Effekt auf den Knochenstoffwechsel, laut Trommer (2004, S. 2). Die Schwerkraft hat eine entscheidende Rolle beim Knochenaufbau, da im Weltall Schwerelosigkeit herrscht, nimmt dort die Muskelmasse und die Knochendichte rasant ab (Trommer, 2004, S. 3). Ebenfalls ist Van den Berg der Meinung, dass der Knochen für eine physiologische Entwicklung Be- und Entlastung braucht: «Die Regulation des Mineralgehalts und damit der Stabilität des Knochens ist jedoch nicht nur von Belastungsreizen, sondern ebenfalls von Hormonen, Vitaminen und damit von der Ernährung abhängig» (Van den Berg, 2016, S. 107). Verschiedenste Hormone haben einen Einfluss auf das Knochenwachstum, wie etwa die Wachstumshormone, Schilddrüsenhormone, Geschlechtshormone und Nebennierenmarkshormone (Van den Berg, 2016, S. 103). Aufgrund des Testosteronhormons besitzen die Männer dickere und festere Knochen als Frauen (Van der Berg, 2016, S. 103). Das Hormon Östrogen bewirkt, dass weniger Osteoklasten gebildet werden und zusätzlich führt es zu einem schnelleren Zelltod der Osteoklasten (Van den Berg, 2016, S. 104), wodurch der Knochenabbau gehemmt wird. Wenn über längere Zeit die Östrogenproduktion ausbleibt, wird die Empfindlichkeitsschwelle des Knochens für den Aufbau angehoben (Kurth & Lange, 2018, S. 11), was in der Praxis bedeuten würde, dass die Frauen in der Menopause ihre körperliche Aktivität deutlich steigern müssten, um die Knochenmasse zu erhalten. Zudem ist nach Van den Berg (2016, S. 92) das Knochenwachstum abhängig von einer guten Durchblutung für die Herstellung der Knochengrundsubstanz bei Osteozyten.

Der Knochenabbau ist ebenso wichtig wie der Aufbau. Denn ohne den Abbau wäre der Knochen zu dick, zu schwer, eine Knochenheilung wäre unmöglich und der Knochen könnte nicht als Kalzium- und Phosphatspeicher dienen (Van den Berg, 2016, S. 93). Der Knochen speichert diese Mineralien, weil sie dadurch direkt an den

unterschiedlichsten Stellen im Körper bereitgestellt werden können (Van den Berg, 2016, S. 84). So wird Kalzium bei der Muskelkontraktion, bei der Blutgerinnung, für die Nervenreizbarkeit und für die Funktionen von Enzymen benötigt (Van den Berg, 2016, S. 84). Ein weiterer nennenswerter Punkt für die Bedeutsamkeit von Kalzium und Phosphat ist die starke Stabilität der kollagenen Fasern, welche durch die Kalziumphosphatkristalle erfolgt, die sich parallel an die kollagenen Fasern anlegen (Van der Berg, 2016, S. 94).

Wie der Aufbau, so ist auch der Abbau hormonell gesteuert. Durch die hormonelle Steuerung wird das System genau überwacht (Van den Berg, 2016, S. 93). Das Nebenschilddrüsenhormon, Parathormon, aktiviert die Osteoklasten (Van der Berg, 2016, S. 109). Andererseits werden die Osteoklasten durch den piezoelektrischen Effekt, wenn es aufgrund der mangelhaften Bewegungsreize weniger negative Teilchen im betroffenen Knochenbereich hat, angeregt (Van der Berg, 2016, S. 107). Anders ausgedrückt: Liegt die Beanspruchung dauerhaft unter der Verformungsschwelle, wird der Knochen abgebaut (Kurth & Lange, 2018, S. 11). Mit der fehlenden Muskelaktivität ändert sich das Stoffwechsellmilieu, was eine gute Blutversorgung im Knochenmark behindert, zum Mineralverlust führt und so kommt es am Ende zum Knochenabbau (Kurth & Lange, 2018, S. 13). Zusammengefasst kann gesagt werden, dass das Knochenwachstum abhängig ist von Hormonen, einer guten Durchblutung, einer kalziumreichen Ernährung und einer regelmässigen, ausreichenden Belastung.

2.2.5 Ungleichgewicht im Knochen bei Osteopenie

Grundsätzlich ist eine leichte Abnahme der Knochendichte im Alter normal (Fischli & Ziegler, 2018, S. 811), führt es jedoch zu einem vermehrten Ungleichgewicht, entwickelt sich Osteopenie. Im Hinblick auf das Thema dieser Arbeit stellt sich die Frage, wie der Knochen bei Osteopenie im Unterschied zum Gesunden aussieht. Laut der OSD beginnt der Knochenschwund im Innern - nämlich am schwammartigen Knochengewebe, der Spongiosa (OSD, 2019b). Und dadurch schreitet der Angriff auf die Knochensubstanz unbemerkt voran. Diese Trabekelstruktur im Innern wird porös, dünner und dadurch weniger stabil. Mit zunehmendem Abbau der Knochenmasse nimmt die Stabilität und die Tragfähigkeit des Knochens ab (OSD, 2019b). Jedoch ist die Architektur und Mineraleichte des

Knochens entscheidend für eine gute Knochenstabilität (OSD, 2019b). Anhand der Risikofaktoren kann angenommen werden, wie es zu diesem vermehrten Abbau der Knochensubstanz kommen kann. Es sind die gleichen Risikofaktoren wie für Osteoporose, mit der Überlegung, dass Osteopenie zu Osteoporose führen kann.

Tabelle 2: Risikofaktoren für Osteopenie (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 2, 7, 8, 10)

Nicht beeinflussbare Risikofaktoren	Wenig beeinflussbare Risikofaktoren	Beeinflussbare Risikofaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alter ▪ Geschlecht ▪ Veranlagung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hormonmangel ▪ Medikamente ▪ Krankheiten (z.B. Darmerkrankung) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlernährung ▪ Rauchen, Alkohol ▪ Bewegungsmangel

Um überhaupt zu wissen, in welchen Bereichen physiotherapeutisch einen Einfluss genommen werden kann, ist diese Einteilung eine essentielle Überlegung.

3 Methode

Einerseits soll die Fragestellung mit dem erarbeiteten theoretischen Hintergrund im zweiten Kapitel und andererseits mit Hilfe von Literatur beantwortet werden können. Für das Grundlagenwissen wurde Literatur von der Hochschulbibliothek der ZHAW in Winterthur und der Medizinbibliothek Careum hinzugezogen. Die Herangehensweise an die Literaturrecherche wird im folgenden Kapitel detailliert beschrieben.

3.1 Suchstrategie

Verschiedene medizinische Datenbanken wie CINAHL, Cochrane, PEDro und PubMed wurden mittels systematischer Literaturrecherche durchsucht. Anfangs wurde ein Versuch gewagt, «*premenopausal*» und «*osteopenia*» mit der erweiterten Eingrenzung «Volltext» und dem Publikationsjahr 2004 miteinander zu verknüpfen.

Table 3: Literaturrecherche «*premenopausal and osteopenia*»

Datenbank	CINAHL	Cochrane	PEDro	PubMed
Suchergebnisse	4	5	1	568

Die Suchergebnisse waren ungenügend, weil es beispielsweise um Medikamenteneinnahme ging oder sich um eine andere Personengruppe handelte. Deswegen war eine Überlegung, auch «*postmenopausal*» hinzuzunehmen. Jedoch hat sich die Autorin dagegen entschieden, weil postmenopausalen Frauen einen anderen Hormonhaushalt haben und dies den Vergleich mit den anderen Studien erschweren würde. Deshalb wurden weitere Suchbegriffe hinzugenommen und miteinander verknüpft, um ein zufriedenstellendes Resultat zu erhalten. Im Verlauf des Suchprozess hat die Autorin festgestellt, dass «*bone density*» ein besseres Keyword als «*Osteopenia*» ist. Der mögliche Grund könnte daran liegen, dass es leichter ist, eine grössere Stichprobe an Frauen mit einer altersentsprechenden Knochendichte zusammenzustellen, als prämenopausale Frauen mit Osteopenie zu finden. Es musste für jede weitere Studie komplett neue Wörterkombinationen zusammengestellt werden. Somit konnte nicht ein einziger Suchpfad verfolgt werden. Zusammenfassend wurden folgende Keywords häufig in den obengenannten Datenbanken mit den entsprechenden Bool'schen Operatoren AND und OR in der multi-field search kombiniert: «*Premenopausal*», «*middle-aged*», «*osteopenia*», «*pre-stage of osteoporosis*», «*type of exercise*», «*impact exercise*», «*active exercise*

therapy» und «*low bone density*». Die vollständige Übersicht der Suchbegriffe befindet sich im Anhang.

3.2 Zulassungskriterien

Für die Wahl der Studien wurden einige Kriterien mitberücksichtigt, um qualitativ gute Studien für die Beantwortung der Fragestellung zu finden.

1. So müssen die Studien in deutscher oder englischer Sprache verfasst sein, da nur diese Sprachen von der Autorin genügend verstanden werden.
2. Zwingend sollte die Studie in einem Industriestaat durchgeführt worden sein, um einen annähernd gleichen Lebensstandard zu schaffen.
3. Eine Metaanalyse oder eine randomisierte, kontrollierte Studie wären ein wünschenswertes Studiendesign, da diese Arbeiten aufgrund ihrer obersten Position in der Evidenzpyramide Stärke aufweisen.
4. Das Publikationsjahr der Studie sollte nicht länger als fünfzehn Jahre zurückliegen, um den aktuellen Forschungsstand zu garantieren.
5. Einfachheitshalber sollte die Studie gratis als Volltext erhältlich sein.
6. Um sich von anderen Studien abzugrenzen, werden Probanden mit einer juvenilen oder manifesten Osteoporose, gynäkologische Erkrankungen, Multimorbidität, sowie anderen Nebenerkrankungen wie Diabetes, Arthritis, HIV, Tumore etc. ausgeschlossen.
7. Studien, die als Therapieform Hormone oder Medikamente einsetzen, werden in dieser Arbeit ausgeschlossen, weil dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.
8. Für die Beantwortung der Fragestellung und Zusammenstellung des Handouts notwendig, dass die aktiven Interventionsübungen konkret genannt werden und ausführlich beschrieben werden. Dieses Kriterium setzt automatisch voraus, dass eine Trainingsgruppe ein Bestandteil der Untersuchungsstudie sein muss.
9. Das Verständnis von Prävention muss genauer untersucht werden, welche Absicht genau gemeint ist. So sind beispielsweise Studien mit dem Präventionsziel Sturzprophylaxe auszuschliessen, da diese nicht für die Beantwortung der Fragestellung gebraucht werden können.

3.3 Literaturselektionsprozess und Wahl der vier Hauptstudien

In der Datenbank Cochrane konnten keine relevanten Studien für die Beantwortung der Fragestellung gefunden werden. Für die anderen Datenbanken PEDro, CINAHL complete und Pubmed sind die Literaturrecherchen tabellarisch im Anhang aufgeführt. Erst als die Trefferanzahl kleiner als 40 war, lohnte es sich über die Titel und Abstracts zu schweifen. So wurden einige Studien in die engere Auswahl gewählt und mittels der Kriterien, welche unter 3.2 erwähnt wurden, überprüft. Im nächsten Schritt wurden die Studien durch das strategische Lesen, hauptsächlich mit Punkt acht und neun der Zulassungskriterien kontrolliert. Am Ende blieben nur wenige Studien übrig. Der Literaturselektionsprozess der Hauptstudien ist tabellarisch im Anhang aufgelistet. Nachfolgend sind die vier Hauptstudien mit anschließender Begründung aufgelistet, für welche sich die Autorin entschlossen hat.

- 1) Impact exercise and bone density in premenopausal women with below average bone density for age (Greenway, Walkley, & Rich, 2015)

Diese Studie zeigt die beste Übereinstimmung mit der Fragestellung. Die Studie schaute zusätzlich die Compliance der Teilnehmer mit dem Resultat an. Potentiell könnte dies für die Diskussion ein gewinnbringender Faktor sein. Das genannte Heimprogramm klingt für das Erstellen des geplanten Handouts ebenfalls interessant.

- 2) Site-specific response of bone to exercise in premenopausal women (Winters-Stone & Snow, 2006)

Diese Studie legte den Fokus nicht wie üblich auf die Verbesserung der Knochendichte im Allgemeinen, sondern spezifisch auf die Hüfte respektive die Wirbelsäule. Womöglich könnten die Resultate einen wichtigen Einfluss für die Zusammenstellung des Handouts haben.

- 3) Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women (Vainionpää, Korpelainen, Leppäluoto, & Jämsä, 2005)

Die Studie wirbt, dass aktives Training effizienter, sicherer und günstiger ist, um Osteoporose im Alter vorzubeugen. Es wird auch ein Heimprogramm erwähnt.

- 4) Effect of resistance exercise on bone mineral density in premenopausal women (Singh, Schmitz, & Petit, 2009)

Diese Studie wurde ausgewählt, weil mittels Krafttraining ein anderer Blickwinkel der aktiven Therapie untersucht wird. Somit kann die Fragestellung breiter beantwortet werden.

3.4 Studienbewertung

Die Hauptstudien werden mit AICA (Arbeitsinstrument für ein critical appraisal) zusammengefasst (Ris & Preusse-Bleuer, 2015). Damit wird einerseits bezweckt, dass die Studien inhaltlich verstanden werden und andererseits kann leichter nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Hauptstudien gesucht werden. Im zweiten Schritt wird die Güte mittels dem CASP (critical appraisal skills programme) geprüft und beurteilt (CASP, 2018).

4 Ergebnis

In diesem Abschnitt werden die vier Hauptstudien jeweils einzeln dargestellt. Zu Beginn wird jeweils die Studie kurz zusammengefasst und anschliessend wird eine kurze Qualitätsbeurteilung vollzogen. Zu erwähnen ist, dass ausschliesslich Ergebnisse aufgeführt werden, die für diese Fragestellung von Bedeutung sind.

4.1 Studie von Greenway et al. (2015)

Impact exercise and bone density in premenopausal women with below average bone density for age

4.1.1 Inhaltliche Zusammenfassung

Diese Studie hatte zum Ziel, den Effekt zweier Heimprogramme auf die Knochendichte bei prämenopausalen Frauen mit verminderte Knochendichte für ihr Alter zu untersuchen. Die Studie weist ein pair-matched und randomisiertes Design auf. Graebisch und Burkhardt (2015) verstehen unter pair-matched die Bildung von Zwillingspaaren, die sich im Hinblick auf einige Merkmale ähneln, um sie anschliessend bewusst zu trennen. 107 freiwillige, erwachsene, prämenopausale Frauen aus Australien wurden in die Studie als Stichprobe eingeschlossen. Während von den Teilnehmerinnen nur drei Frauen bereits mit Osteoporose diagnostiziert wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die übrigen Teilnehmerinnen aufgrund der Knochendichte Osteopenie haben. In der Studie wurden drei Gruppen (Unterarm, Hüfte und Wirbelsäule) gebildet. Nach der vorhergehenden Pilotstudie wurden zwei Trainingsprogramme, sowie die Trainingsdosierung ausgearbeitet. Das erste Programm wurde für die Hüfte und Wirbelsäule erstellt und das Zweite für den Unterarm. In der Tabelle werden anfangs die beiden Interventionen näher beschrieben und anschliessend wird die Trainingsdosierung aufgeführt sein.

Tabelle 4: Interventionsprogramme

Gruppe	Beschreibung	Sonstiges
<p>Hüft- und Wirbelsäule Trainings- programm</p>  <p><i>Abbildung 3: Falltrittübung (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020)</i></p>	<p>Zu Beginn wird auf dem Tritt gestanden. Das Bein, auf welchem gelandet werden soll, soll extendiert werden und horizontal ab dem Tritt in die Luft geführt werden. Nachdem die Hüfte und das Knie des tragenden Fusses vom Tritt gebeugt werden, wird mit dem anderen Fuss flach und mit wenig Dämpfung gelandet.</p>	<p>Die Teilnehmenden wurden angewiesen, die Übung barfuss und ohne Teppichboden zu absolvieren. Falls die Übung auf diese Weise nicht durchgeführt werden kann, soll die Art des Schuhwerks und des Untergrunds im Trainingsprotokoll notiert werden.</p>
<p>Unterarm Trainings- programm</p>  <p><i>Abbildung 4: Einarmiges Fallen gegen die Wand (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020)</i></p>	<p>Für die Ausgangsstellung wird mit beiden Füßen zusammenstehend in 90° Schulterflexion und Ellbogenextension mit den Fingerspitzen beider Hände die Wand berührt. Anschliessend wird der eine Fuss hinter die Ferse des vorderen liegenden Fuss gelegt. Der vordere Fuss wird ebenfalls zum anderen Fuss nach hinten positioniert. Für die Übung wird nun von diesem Standpunkt entweder die linke oder rechte Schulter 90° flektiert. Der Sturz wird mit gestrecktem Ellbogen und dem Handballen aufgefangen.</p>	<p>Der Abstand zur Wand bleibt über die ganze Zeit derselbe.</p>

Tabelle 5: Trainingsdosierung (Greenway et al., 2015, S.2462)

			Wiederholungen für jeden Fuss oder Hand auf die aufeinanderfolgenden Wochen							
Wochenblock	Tritthöhe (cm)	Trainings-einheiten	1	2	3	4	5	6	7	8
1-8	1 (18,5)	4	2x3	2x4	2x5	3x4	3x5	3x6	2x10	3x8
9-16	2 (28,5)	4	3x9	4x7	3x10	4x8	3x11	4x9	3x12	4x10
17-24	3 (36,0)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
25-32	4 (43,5)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
33-40	5 (48,5)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
41-48	6 (53,5)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
49-56	7 (58,5)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
57-64	8 (63,5)	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8

Zu Beginn der Studie und nach einem Jahr wurde die Knochendichte des gesamten Körpers, sowie der Lendenwirbel L2-L4, der Hüfte und des distalen Radius gemessen. Greenway et al. (2015) präsentieren als Ergebnis, dass das Knochenwachstum in jedem der drei Körperregionen stark mit der Compliance zusammenhängt. Daraus schliessen sie, dass regelmässiges Trainieren belohnt wird. Auch habe ohne Rücksicht der Compliance niemand von der Interventionsgruppe Knochendichte im Zielgebiet verloren. Die Ergebnisse zeigen auf, dass es in jeder Trainingsgruppe zu einem signifikanten Knochendichtezuwachs gegenüber der Kontrollgruppe gekommen ist (Greenway et al., 2015). Die meiste positive Veränderung im Vergleich zum Startpunkt sei im Unterarm mit 3,9% Knochendichtewachstum zu finden. In der Lendenwirbelsäule (LWS) mit 2,8% Steigerung und in der Hüfte mit 2% Gewinn sind auch ihre Ergebnisse deutlich über denen anderer Studien. Laut Greenway et al. (2015) lässt sich diese grosse Differenz mit der Stichprobe begründen, welche bereits eine verminderte Knochendichte aufweist. Dieselbe Erklärung gelte für den schnellen Knochenverlust in der Kontrollgruppe. Da sich jeweils ein ähnlich hoher Verlust an Knochendichte in der Kontrollgruppe zeigt, deutet dies auf einen starken Trainingseffekt hin (Greenway et al., 2015). Weiter erwähnen sie, dass in jeder Gruppe die grösste Effektgrösse in der zu trainierenden Körperregion liegt. Zusammenfassend ist diese Trainingsart eine

effektive und sichere Methode, um die Knochendichte zu Hause mit wenig Gebrauchsmaterial zu verbessern. Die alleinige Verwendung von Knochendichtemessung ist, gemäss Greenway et al. (2015), zu bemängeln, da dadurch keine geometrischen Veränderungen im Knochen aufgedeckt werden können. Als Letztes kritisieren sie die zu kleine Stichprobe, wozu es zu Überlappungen von Probandinnen in den Übungsgruppen kam.

4.1.2 Qualitätsbeurteilung

Es gibt viele Faktoren, die diese Studie wertvoll machen für den Gebrauch in dieser Arbeit. Zum einen ist das eine klare Einleitung mit einer Forschungsfrage und einem definierten Ziel, sowie die genaue Begriffsdefinition von prämenopausalen Status. Sehr treffend ist auch, dass Frauen mit einer tieferen Knochendichte für ihr Alter rekrutiert wurden. Die Populationsgruppe dieser Literaturarbeit wird damit genauer repräsentiert, was eine höhere Aussagekraft der Ergebnisse bezweckt. Auch sind der genaue Ausführungsbeschrieb der beiden Heimprogrammen sowie der detaillierte Dosierungsplan sehr hilfreich und deutet auf eine hohe Reliabilität hin. Ausserdem wurde der Trainingserfolg ohne Supervision erreicht, was für den Alltag ein gewinnbringender Vorteil ist, unabhängig von einer Aufsichtsperson das Training durchzuführen. Zusätzlich wird die Effektgrösse genannt – eine Seltenheit bei den untersuchten Studien – welche die klinische Relevanz ausdrückt und welche die Ergebnisse wertvoller für die Analyse in dieser Arbeit macht. Zur Qualitätsbeurteilung bezüglich Datenerhebung der Knochendichte kann gesagt werden, dass alle Messungen durch einen Autor ausgeführt worden sind und über die Studienzeit keine signifikante Abweichung von Messungengenauigkeit erkannt wurde.

Doch die Studie offenbart auch Schwächen. Die non-probability Stichprobenerhebung ist zu kritisieren, weil die Teilnehmerinnen nur über zwei Quellen rekrutiert wurden, was die Ergebnisse für die Allgemeinheit fragwürdig erscheinen lässt. Ein weiterer Punkt ist die unübersichtliche Schilderung der Gruppenzuweisung. Zum Startpunkt sind die Gruppen zwar in der Knochendichte und Körpergewicht gleich gewesen, jedoch fehlen Informationen zum Alter, Sozialstatus und Gleichheit der körperlichen Aktivitäten.

Insgesamt liefert diese Studie einige nützliche Informationen, zum Beispiel, dass Knochen mit einer verminderten Dichte besser auf die Übungen reagieren als

Knochen mit einer normalen Dichte. Eine zweite nennenswerte Information ist, dass es eine körperregionsspezifische Übung für eine klinische Relevanz braucht.

4.2 Studie von Winters-Stone und Snow (2006)

Site-specific response of bone to exercise in premenopausal women

4.2.1 Inhaltliche Zusammenfassung

Winters-Stone und Snow (2006) stellen die These auf, dass ein gezieltes Programm effektiver für eine ortsspezifische Verbesserung der Knochenmineraldichte ist. Die Annahme von ihnen lautet, dass ein spezifisches Training für prämenopausale Frauen, welche ein Ober- und Unterextremitätentraining absolvieren, die Knochendichte bei der Wirbelsäule und Hüfte steigern würde. Dagegen sei bei Frauen, welche nur Unterkörpertraining absolvieren, lediglich eine Verbesserung der Knochendichte an der Hüfte festzustellen. Diese Studie weist ein nicht randomisiertes Design auf. Bei der Studie haben 84 prämenopausale Frauen teilgenommen, die alle eine normale Knochendichte aufwiesen. Davon hatten sich 42 Frauen zuvor freiwillig für die Trainingsgruppe gemeldet. Passend zum Alter und der Knochendichte an der Hüfte und Wirbelsäule wurde daraufhin die Kontrollgruppe rekrutiert. Die Interventionsgruppe wurde durch das Forschungsteam Winters-Stone und Snow randomisiert in zwei Untergruppen (Unterextremitätentraining sowie Unter- und Oberextremitätentraining) eingeteilt. Als dritte Gruppe zählt die Kontrollgruppe. Dreimal pro Woche wurde während eines Jahres auf dem Gelände der Universität von Oregon in den beiden Gruppen trainiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Aufwärmen, die Sprungeinheit und das Cool down zusammengemacht wurde. Der Hauptteil fand in der jeweiligen Gruppe parallel statt. Um zeitgleich mit der ersten Gruppe zum Cool down überzugehen, wurden in der zweiten Trainingsgruppe die Übungen für die Unterextremität mit der Oberextremität kombiniert. Falls jemand mehr als zwölf Wiederholungen in der Oberextremitätengruppe ausführen konnte, wurde das nächsthöhere Theraband genommen, um die Übungsschwierigkeit zu steigern. Für die Übungen der Unterextremität wurde progressiv die Intensität durch eine Gewichtsjacke relativ zum Körpergewicht gesteigert. Die beiden Trainingspläne werden in der Tabelle 6 und 7 ausführlicher erläutert.

Tabelle 6: Trainingsplan der Unterextremitätengruppe

Übung	Dosierung	Pause	Spezielles
100 Sprünge a) Vom Boden aus b) Von einer ca. 20cm hohen Holzkiste aus c) Nach vorne und seitlich d) Ein- oder zweibeinig	9x 10-12	15-30s zwischen Sets	Barfuss Landung auf einer 5cm Gymnastikmatte mit einer Knieflexion von ungefähr 30°
Squats	3x10-12	2-3min zwischen Sets	
Lunges	4x10-12	2-3min zwischen Sets	
Calf raises	2x10-12	2-3min zwischen Sets	

Tabelle 7: Trainingsplan der Unter- und Oberextremitätengruppe

Übung	Dosierung	Pause	Spezielles
100 Sprünge a) Vom Boden aus b) Von einer ca. 20cm hohen Holzkiste aus c) Nach vorne und seitlich d) Ein- oder zweibeinig	9x 10-12	15-30s zwischen Sets	Barfuss Landung auf einer 5cm Gymnastikmatte mit einer Knieflexion von ungefähr 30°
Biceps curl / upright row mit Squat	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart
Triceps extension / one-arm row mit Side-Lunges	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart
Latissimus dorsi pull-down / chest press / fly mit front Lunges	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart

Die Knochenmineraldichte wurde von der Hüfte, vom Trochanter, vom Femurhals, von der LWS (L2-L4) und vom ganzen Körper mittels Röntgenabsorptiometrie

gemessen, und zwar zu Beginn, nach sechs und nach zwölf Monaten. In beiden Trainingsgruppen wurde, gemäss Winters-Stone und Snow (2006), die Knochendichte am Trochanter, verglichen mit der Kontrollgruppe, signifikant verbessert. Mittels der post hoc Analyse am Trochanter sei die Knochendichteveränderung in der Trainingsgruppe verglichen zur Kontrollgruppe ($p < 0,01$) grösser. Weiter sei die Knochendichte in der Wirbelsäule der Ober- und Unterextremitätengruppe gestiegen, wohingegen bei der Kontroll- und Unterextremitätengruppe die Knochendichte gesunken sei. In der LWS konnte dieser Unterschied zwischen den Trainingsgruppen beinahe signifikant ($p = 0,07$), zwischen Ober- und Unterextremitätengruppe und Kontrollgruppe signifikant ($p = 0,03$) und zwischen der Unterextremitätengruppe und Kontrollgruppe nicht signifikant ($p = 0,9$) nochmals untermauert werden. Die post hoc Analyse der LWS hat ergeben, dass der Unterschied zwischen der Ober- und Unterextremitätengruppe gegenüber der Unterextremitätengruppe $p < 0,05$ sei.

An der eigenen Untersuchung haben Winters-Stone und Snow (2006) einzuwenden, dass ihnen eine dritte Interventionsgruppe gefehlt habe, welche nur ein Oberextremitätentraining durchführt. Als weiteren Kritikpunkt nennen Winters-Stone und Snow (2006) die Wahl des nicht randomisierten Designs. Die Erwartung einer höheren Adherence, bei freiwilliger Wahl der Trainingsgruppe, wurde nicht erfüllt. Doch insgesamt konnte die Hypothese bestätigt werden, dass durch das Ober- und Unterextremitätentraining die Knochendichte in der Wirbelsäule und Hüfte gestiegen ist. Diese Studie verdeutlicht, dass der Knochen auf ein ortsspezifisches Training reagiert. Damit haben Winters-Stone und Snow (2006) recht, dass ein gezieltes und individuelles Programm die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass jede einzelne Person profitiert, wenn die Knochendichte in einer bestimmten Region verbessert wird.

4.2.2 Qualitätsbeurteilung

Positiv zu bewerten ist, dass in dieser Studie das Forschungsziel, wie auch die Populationsgruppe verständlich beschrieben wurden. Ein signifikanter Gruppenunterschied durch das Alter war nur zu Beginn zu messen, bis die gering-compliant Personen bei der Analyse weggelassen wurden. Auch die Begriffserklärung von prämenopausalem Status ist sehr hilfreich. Die Datenerhebung der Knochenmineraldichte wurde durch dieselbe Person gemessen. Durch die

Verwendung des post hoc Analyseverfahren, bei dem die Gruppen einander gegenübergestellt werden, um signifikante Unterschiede zu bestimmen, wurde dadurch der entstandene Selektionsbias, dass die Gruppen nicht rein zufällig zusammengestellt worden sind, behoben. Zu kritisieren ist die Ungenauigkeit beim Trainingsbeschrieb über das Einwärmen oder Cool down. Eine Tabelle zum Trainingsablauf über die Hauptübungen mit Anzahl Wiederholungsserien hätte Textmissverständnisse bei den Lungen weggeräumt. Abschliessend kann gesagt werden, dass diese Studie sich vor allem durch die Erkenntnis hervortut, dass körperregionsspezifische Übungen auf den Knochen signifikante Effekte haben.

4.3 Studie von Vainionpää et al. (2005)

Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women

4.3.1 Inhaltliche Zusammenfassung

Das Forschungsteam von Vainionpää hat sich zum Ziel gesetzt, eine präventive Strategie gegen Osteoporose zu entwickeln, indem die Effekte von high-impact Übungen auf die Knochendichte von der LWS, der Hüfte und dem distalen Unterarm bei prämenopausalen Frauen untersucht wurden. Unter dem Begriff *high-impact* verstehen Felsenberg und Dietzel (2007), dass es Übungen sind, bei denen jeweils gleichzeitig beide Füße vom Boden abgehoben werden, wie beispielsweise beim Rennen oder Springen. Die Studie wurde im Design einer randomisierten, kontrollierten Studie erarbeitet. Am Ende des Auswahlverfahrens 2002 seien es 120 finnische, prämenopausale Frauen zwischen 30 und 40 Jahre alt gewesen, welche keinen Knochendichtemangel aufweisen (Vainionpää et al., 2005). Es wurde eine Kontroll- und Trainingsgruppe durch den Computer generiert. Die Trainingsgruppe à 60 Teilnehmerinnen wurde dreimal wöchentlich über ein Jahr jeweils für 60 Minuten durch eine Fachperson der Physiotherapie unterrichtet. Gestartet wurde mit einem zehnminütigen Einlaufen, gefolgt von high-impact Übungen wie stampfen, springen, rennen, Treppenstufen laufen. Am Schluss wurde das Training durch ein zehnminütiges Cool down und Dehnen abgerundet. Zweimal monatlich wurde das Trainingsprogramm angepasst. Daneben wurden die Teilnehmenden ermutigt, täglich während zwölf Monaten ein zehnminütiges Heimprogramm auszuführen. Die Kontrollgruppe wurde gebeten, mit ihrem normalen Alltag weiterzufahren. Die

Knochendichtemessungen wurden zu Beginn und nach einem Jahr von derselben Person bei der LWS, dem linken proximalen Femur, beim distalen Radius und der distalen Ulna gemessen. Zusätzlich wurde einzeln der Femurhals, der Trochanter, die Intertrochanterregion und die Wirbelkörper L1-4 berechnet. Um die körperliche Aktivität zu messen, wurde den Teilnehmerinnen ein Aufzeichnungsgerät abgegeben, welches auf Taillenhöhe getragen wird. Vainionpää et al. (2005) betonen im Ergebnisteil, dass sich in den meisten Regionen der Unterextremität ein signifikanter Gewinn zeigte. So sei ein nennenswerter Unterschied zwischen der Kontroll- und Trainingsgruppe im Femurhals ($p=0,003$), in der Intertrochanterregion ($p=0,029$) und im gesamten Femur ($p=0,006$) über die zwölf Monate zu messen. Gemäss Vainionpää et al. (2005) konnten keine signifikanten Veränderungen in den Wirbelkörper L2-4 zwischen oder innerhalb der Gruppen festgestellt werden, dafür aber im ersten Lendenwirbelkörper ($p=0,002$). Zudem sei bei der nicht lasttragenden Körperregion des distalen Unterarms keine bedeutsamen Veränderungen zwischen und innerhalb der Gruppe festzustellen. Die Aussteigerate, nach Vainionpää et al. (2005), sind mit 33% grösser gewesen als erwartet (17%), wodurch die Powergrösse nicht erreicht werden konnte. Hingegen sei sie ähnlich verglichen mit anderen Studien, was auf nicht weniger motivierte Teilnehmende hindeutet. Aus Sicht von Vainionpää et al. (2005) braucht es noch weitere Studien, um den gewichtstragenden Effekt auf andere Wirbelkörper zu bestimmen. Hierzu ist anzumerken, dass Messungen einzelner Wirbelkörper gemäss Vainionpää et al. (2005) weniger reliabel sind als einige zusammen. Schlussfolgernd nennen Vainionpää et al. (2005), dass high-impact Übungen eine sichere und effektive Methode ist, um die Knochenmineraldichte im Femur und im ersten Lendenwirbel bei gesunden prämenopausalen Frauen zu verbessern. Weiter behaupten Vainionpää et al. (2005), dass diese Art von Training ein effizienter, sicherer und günstiger Weg ist, um später Osteoporose vorzubeugen.

4.3.2 Qualitätsbeurteilung

Einleitend kann gesagt werden, dass die Messsituation ausführlich beschrieben worden ist. So wurde erläutert, dass immer dieselbe Person die Knochendichtemessung ausführte und dass das Gerät täglich kalibriert wurde. Qualität zeigt die Studie auch dadurch, dass das Trainingsprogramm auf einer

Pilotstudie und auf frühere Literatur zurückzuführen ist. Zudem wurden die Teilnehmenden randomisiert kontrolliert durch den Computergenerator in die beiden Gruppen eingeteilt. Auch wurde das Konfidenzintervall berechnet, womit gezeigt wird, wie die Stichprobe die Population repräsentiert.

Negativ zu erwähnen ist eine mangelhafte Beschreibung der Übungen und eine dazu fehlende Dosierung. Dadurch wird es schwierig, das Trainingsprogramm standardisiert zu wiederholen. Die Begrifflichkeiten wie etwa *high-impact* werden in der Studie nicht ausreichend erklärt, damit ist die Objektivität der Studie als niedrig zu werten. Widersprüchlich ist die Aussage, dass signifikante Veränderung im ersten Lendenwirbelkörper gemessen wurden, wenn Messungen einzelner Wirbelkörper wenig reliabel sind.

Diese Studie ist schwach im Bezug auf Anwendung der Übungen im Alltag, weil sie keine Angaben zu Serien, zu Pausen und zur Ausführung macht.

4.4 Studie von Singh et al. (2009)

Effect of resistance exercise on bone mineral density in premenopausal women

4.4.1 Inhaltliche Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie ist es, den Effekt auf die Knochendichte in einem neunmonatigen Krafttraining bei prämenopausalen Frauen zu untersuchen. Die Studie weist ein randomisiertes, kontrolliertes Design auf. Zur Stichprobe wurden 58 prämenopausale Frauen aus Minnesota zwischen 30 und 50 Jahre alt gezählt, welche eine altersentsprechend, normale Knochendichte aufweisen. 54 Frauen beendeten die Studie. Die Teilnehmenden wurden randomisiert in eine Kontroll- und Behandlungsgruppe eingeteilt. Zuvor fand eine blockierte Randomisierung für 30-39 und 40-50 Jahre alt statt, um den menopausalen Einfluss auf die Schlussergebnissen nachvollziehen zu können. Die neunmonatige Behandlung wurde in ein 15-wöchiges, überwachtes Training und 24 Wochen selbstständiges Trainieren aufgeteilt. Während den 15 Wochen musste die Behandlungsgruppe zweimal wöchentlich für fünfzig Minuten ein Krafttraining an der Universität in Minnesota absolvieren. Die Stärke des Gewichts wurde so gewählt, dass die Teilnehmenden über drei Serien acht bis zehn Wiederholungen durchführen konnten. Folgende Übungen gehörten zum Trainingsprogramm:

1. Squats

2. Leg press
3. Leg extension
4. Seated leg curl
5. Lat pulldowns
6. Bench press
7. Overhead press
8. Biceps curls
9. Triceps extension

Nachdem die Teilnehmenden über zwei Lektionen dasselbe Gewicht während zehn Wiederholungen in allen drei Serien bestreiten konnten, wurde das Gewicht um die kleinstmögliche Schrittgrösse erhöht. Nach den 15 Wochen durften sie die Anlage weiterhin für die selbständigen Trainingseinheiten nutzen. Als Auftrag galt pro Übung mindestens zwei Serien mit acht bis zehn Wiederholungen zu bewältigen. Die Knochendichte (Hüfte, Arm, Bein und Wirbelsäule) wurde durch die Doppelröntgenabsorptiometrie zu Beginn der Studie sowie nach 15 und 39 Wochen gemessen. Singh et al. (2009) zeigen im Ergebnissteil auf, dass in der Wirbelsäule die Knochendichte im Verlaufe der Zeit signifikant angestiegen ist ($p < 0,05$). In den übrigen Körperregionen ist die Knochendichte ebenfalls gestiegen. Jedoch seien in allen Körperregionen die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant. Demgemäss haben sich beide Gruppen verbessert. Singh et al. (2009) betonen, dass die hohe Trainingsadherance eine Stärke dieser Studie ist. Wie zuvor auch in anderen recherchierten Studien kritisiert, bemängeln Singh et al. (2009) ebenfalls die alleinige Wahl der Knochendichte für die Beurteilung der Knochenstärke. Dadurch könne die geometrischen Knochenveränderungen nicht untersucht werden. Als Limitation könnten die neun Monaten aus ihrer Sicht für eine signifikante Veränderung zu kurz sein. Singh et al. (2009) verlangen eine genauere Untersuchung für die Art von Krafttraining und Dosierung, welche einen klinischen Effekt auf den Knochen haben.

4.4.2 Qualitätsbeurteilung

Die Studie beschreibt nachvollziehbar das Setting, ausser, dass die Pausen zwischen den Serien nicht genannt werden. Ein Qualitätszeichen, welches diese Studie aufweist, ist die Blindheit des Personals über den Behandlungsstatus der

Teilnehmenden. Weiter waren die Gruppen gut auf Alter, Grösse, Bodimassindex (BMI) abgestimmt. Zudem weist das Knochendichtemessgerät während der Studienzeit keine signifikanten Abweichungen auf. Es wurde nicht geschildert, ob jeweils dieselbe Person die Datenerhebung gemacht hat. Zu kritisieren ist, dass Singh et al. (2009) die Stichprobe von einer Fakultät rekrutiert haben, was ein Selektionsbias ist. Die Studie konnte kein post hoc Korrekturverfahren aufweisen. Damit ist die interne Validität der Studie zu bezweifeln. Eine weitere Schwäche ist das fehlende Aufgreifen in der Diskussion, wie es in der 39. Woche zu einem kleinen Knochendichteabfall an der Hüfte kam. Denn im Ergebnisteil schildern Singh et al. (2009), dass in allen Körperregionen der Trainingsgruppe die Knochendichte gestiegen ist, ausser bei der Hüfte nach der 39. Woche. Zudem ist unklar, weshalb es in beiden Gruppen, jeweils innerhalb der Gruppe, zu einer Verbesserung in der Knochendichte gekommen ist. Diese Studie lässt viele Fragen ungeklärt. Ausserdem sind die Ergebnisse der Interventionsgruppe nicht signifikant unterschiedlich zu der Kontrollgruppe. Aufgrund der Studienergebnisse und der lückenhaften Diskussion ist diese Studie als schwach einzustufen. Nichtsdestotrotz liefert sie wichtige Erkenntnisse: Die Resultate zeigen, dass Krafttraining alleine nicht den gewünschten Effekt im Knochen bewirkt. Für weitere Überlegungen, wie das Krafttraining mit Belastungsimpulsen, zum Beispiel durch high-impact Übungen, kombiniert und ergänzt werden kann, ist die Bezugnahme auf diese Studie wertvoll.

5 Diskussion

Osteoporose zählt allgemein zu den führenden Hospitalisationsgründen (Lippuner, 2012, S.139). Dadurch haben Medizin und Ökonomie Interesse an einer frühzeitigen Diagnose und Therapie (SVGO, 2019). Mit der Sekundärprävention wird die Früherkennung der Erkrankung beabsichtigt (Antwerpes, 2020), so dass es bei Behandlung von Osteopenie im besten Fall gar nicht zu Osteoporose kommt. Daraus entwickelte sich die Fragestellung, welche Auswahl von Übungen in der aktiven Physiotherapie bei prämenopausalen Frauen mit Osteopenie getroffen werden soll, um einen positiven Effekt auf die Knochendichte zu erhalten. Mittels der Knochendichtemessung wird die signifikante Wirksamkeit der Übungen auf die Knochen beurteilt. Die Ergebnisse der vier Studien werden in diesem Kapitel zusammengetragen und kritisch einander gegenübergestellt, um nachfolgend Bezug auf die Fragestellung nehmen zu können.

5.1 Vergleich der Studien

In der untenstehenden Tabelle werden anhand der CASP Kriterien die vier Hauptstudien miteinander verglichen. Einige Kriterien werden in der Diskussion nicht noch einmal aufgegriffen, da sie bereits zuvor in der Qualitätsbeurteilung behandelt wurden.

Tabelle 8: Vergleich der Studien

Studie	Greenway et al., 2015	Winters-Stone und Snow, 2006	Vainionpää et al., 2005	Singh et al., 2009
CASP Kriterien				
Klar genannte Fragestellung	Ja	Ja	Ja	Ja
Zuweisung der Teilnehmenden randomisiert stattgefunden	Ja	Nein	Ja	Ja
Alle Teilnehmenden wurden ordnungsgemäss behandelt	Ja	Ja	Ja	Ja
Mitarbeiter der Studie wurden blind behandelt	wurde nicht erwähnt	wurde nicht erwähnt	wurde nicht erwähnt	Ja
Gruppen waren ähnlich zu Beginn	Ja	Ja	Ja	Ja
Gruppen wurden gleich behandelt	Ja	Ja	Ja	Ja
Behandlungseffekt vorhanden	Ja	Ja	Ja	Ja, nicht signifikant
Genauigkeit der Bewertung Behandlungseffekt	Teilweise mangelnde Erklärungen	Ausführlich	Ausführlich	Teilweise mangelnde Erklärungen
Resultate sind für diese Arbeit anwendbar	Ja, Dosierungsplan, Unterarmübung,	Ja, spezifisches Training für LWS und Hüfte	Ja, Übungen für Unterextremität	Ja, nicht alleine Kraftübungen für LWS
Vorteile überwiegen Nachteile	Ja, wenig Material, zu Hause, ohne Verletzung	Ja, effizient	Ja, sichere und effektive Methode	Ja, ohne Verletzung, kosteffektiv

Bei allen Studien ist die Stichprobengrösse nicht sonderlich gross. Als Grund dafür nennen Vainionpää et al. (2005), dass prämenopausale Frauen verglichen zu postmenopausalen Frauen eine Altersgruppe mit vielen familiären und beruflichen Verpflichtungen sind. Die Qualität der Stichprobengrösse ist von der Repräsentativität abhängig (De With Hirsig, 2018). Demzufolge ist es positiv zu werten, dass Vainionpää et al. (2005) das Konfidenzintervall berechnet haben, um eine Aussage über die Gesamtpopulation machen zu können. Die Kritik der zu kleinen Stichprobengrösse wird durch das Gegenargument von Singh et al. (2009) entkräftet, dass die Glaubwürdigkeit des Studienergebnis nicht allein von der Stichprobengrösse abhängt. Sie erläutern ihre Schlussfolgerung, dass bei den bisherigen, thematisch ähnlichen Studien die Stichprobengrösse bei positiven Studien ähnlich zu den negativen Studien waren.

Eine andere Beobachtung ist, dass nur Greenway et al. (2015) prämenopausale Frauen mit einer verminderten Knochendichte in ihrer Stichprobe untersuchten. Die anderen drei Studien haben in ihrer Stichprobe prämenopausale Frauen, welche eine altersentsprechend, normale Knochendichte aufweisen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass es schwierig ist, eine grosse Anzahl prämenopausale Frauen mit Osteopenie für eine Studie zu finden, da Osteopenie in der Gesellschaft unterdiagnostiziert ist.

Greenway et al. (2015) und Singh et al. (2009) verdeutlichen, dass Knochenarchitekturveränderungen nicht mittels Doppelröntgenabsorptiometrie erkannt werden können. Auch die Meta-Analyse von Zhao, Zhao, und Zhang (2014) weist auf diese Problematik hin. Zhao et al. (2014) erklären, dass schon kleine Veränderungen in der Knochenarchitektur und -struktur zu signifikanter Verbesserung der Knochenstärke führen. Wie bereits im theoretischen Hintergrund dargestellt, ist die Architektur für eine gute Knochenstabilität genauso entscheidend wie die Mineraleichte (OSD, 2019b). Aufgrund dessen, dass die Knochenarchitektur bei der Doppelröntgenabsorptiometrie nicht bewertet werden kann, ist die Validität der Ergebnisse in den Studien kritisch zu betrachten, da es laut Zhao et al. (2014) umstritten ist, ob die LWS letztendlich von Sprungübungen profitieren kann oder nicht, weil nur die materielle und nicht die strukturelle Veränderung beurteilt wurde (Zhao et al., 2014). Für diese Arbeit hat diese Problematik keine Konsequenz, weil

die Fragestellung sich ebenfalls nur auf die positiven Knochendichteergebnisse bezieht.

Über alle vier Studien hinweg haben die Trainingsgruppen in Bezug auf die Knochendichte besser abgeschnitten als die Kontrollgruppe. Daraus lässt sich schliessen, dass der Knochen auf die Belastungsreize während der Intervention reagiert. Daneben ist den Forschenden bekannt, dass die Compliance einen Einfluss auf das Ergebnis hat. So konnte Greenway et al. (2015) zeigen, dass das Knochenwachstum stark mit der Compliance zusammenhängt. Das Ausmass der Knochendichteveränderung an der Wirbelsäule und Hüfte kann durch das regelmässige Trainieren beeinflusst werden (Winters-Stone & Snow, 2006). Demzufolge lohnt es sich, die Übungen gewohnheitsmässig durchzuführen.

Wirbelsäule

Die Ergebnisse von Greenway et al. (2015), Winters-Stone und Snow (2006) und Singh et al. (2009) sind vergleichbar in Bezug auf signifikante Verbesserung der Knochendichte in der gesamten LWS. Die drei Studien weisen alle ein Interventionsprogramm für die Oberextremität auf. Deswegen ist die Aussage von Winters-Stone und Snow (2006) nachvollziehbar, dass für einen signifikanten Knochendichteanstieg in der LWS zusätzlich Oberextremitätenübungen notwendig sind. Bestärkt wird die Aussage durch das andere Ergebnis von Winters-Stone und Snow (2006), welches zeigt, dass die Knochendichte in der LWS bei der Unterextremitätengruppe sowie bei der Kontrollgruppe nicht verbessert wurde. Ein diskussionsbedürftiger Punkt ist, dass in den Studien die Knochendichte in unterschiedlich vielen Wirbelkörpern gemessen worden ist. Die Einzigen, welche zusätzlich zu L2-L4 die Knochendichte des ersten Lendenwirbelkörpers untersuchten, waren Vainionpää et al. (2005). Sie erwähnen, dass Messungen einzelner Wirbelkörper weniger reliabel seien. Weiter bemängeln sie, dass es zu wenig Daten für die Bewertung der Sensitivität an der Wirbelsäule gäbe. Demzufolge ist die Frage, ob Springübungen einen Effekt auf den ersten Lendenwirbel haben, schwierig zu beantworten. Hinsichtlich der unklaren Wirksamkeit werden Springübungen für die Verbesserung der Knochendichte in der Wirbelsäule nicht in das Handout aufgenommen.

Hüfte:

Die Meta-Analyse von Zhao et al. (2014) präsentiert als Endergebnis, dass Springübungen eine hohe Sensitivität am Femurhals und Trochanter aufweisen. Dieselbe Ansicht wie Zhao et al. (2014) vertreten Winters-Stone und Snow (2006) in Anlehnung an Basseby et al. (1998).

Winters-Stone und Snow (2006) beziehen sich auf die These von Basseby et al. (1994, 1998), die besagt, dass der grösste Knochenstimulus an der Hüfte bei der Bodenreaktion und durch die exzentrische Muskelaktivität beim Landen geschieht. Greenway et al. (2015) vergleichen die ihrigen Hüftergebnisse mit denen von Winters-Stone und Snow (2006) und Vainionpää et al. (2005). Dabei sind die Resultate von Greenway et al. (2015) vergleichbar mit denen von Winters-Stone und Snow (2006). Anders sieht es bei Vainionpää et al. (2005) aus, bei welchen der Übungseffekt halb so hoch ist als bei Greenway et al. (2015). Daraus lässt sich erschliessen, dass einbeinigen Springübungen von der Höhe eine höhere Wirksamkeit auf die Knochendichte haben, da dies der Hauptunterschied zwischen den beiden letztgenannten Studien ist.

Die Erkenntnis, dass Sprungübungen effektiv für die Verbesserung der Knochengesundheit sind, ist gemäss Cummings et al. (1993) klinisch signifikant. Da durch eine Verbesserung der Knochendichte am Femurhals und Trochanter das Risiko, an einer Hüftfraktur zu leiden, vermindert werde. Weitere Faktoren, die das Frakturrisiko zusätzlich reduzieren, seien der Zuwachs an Muskelmasse, Kraft und Gleichgewichtssinn.

Unterarm:

Eine Intervention für den Unterarm führten lediglich Greenway et al. (2015) durch. Die Resultate zeigen, dass am Unterarm mit 3,9% die meiste positive Veränderung im Vergleich zur Hüfte (2,9%) und Wirbelsäule (2,8%) erzielt werden kann. Diese Unterarmübung spiegelt damit die Meinung von Turner und Robling (2003) sowie Kohrt, Barry, und Schwartz (2009), die besagen, dass die wirksamste Übung zur Förderung der Knochenstärke ungewohnte, spezifisch gerichtete Belastungen benötigt. Aus physiologischer Sicht lässt sich damit erklären, dass der Knochen Zug und Druck braucht, um den Knochenstoffwechsel anzuregen (Trommer, 2004, S.2), sowie Be- und Entlastung (Van den Berg, 2016, S.107). Wenn der distale Radius

keinen Belastungsreiz bekommt, wie bei der Intervention in der Studie von Vainionpää et al. (2005), sind keine bedeutsamen Veränderungen zwischen und innerhalb der Trainings- und Kontrollgruppe festzustellen.

5.2 Bezug zur Fragestellung

Im folgenden Abschnitt werden die Erkenntnisse dieser Studien in ein wirksames und praxistaugliches Training integriert. Zu Beginn wird erklärt, welche Art von Übungen einen signifikanten Effekt haben, anschliessend werden die ausgewählten Übungen begründet und am Schluss wird die empfohlene Dosierung genannt.

In Anlehnung an Wallace und Cumming (2000) sowie Wolff, Van Croonenborg und Kemper et al. (1999), vertreten Singh et al. (2009) die Ansicht, dass es durch eine Kombination von Ausdauer und Kraft zu einem signifikanten Knochendichtewachstum in der LWS kommt. Diese Ansicht unterstützen Vainionpää et al. (2005) und Winters-Stone und Snow (2006). Daher sind für die Verbesserung der Knochendichte an der Wirbelsäule die Kraftübungen aus der Ober- und Unterextremitätengruppe der Studie von Winters-Stone und Snow (2006) geeignet. Die Auflistung der Übungen sind unter dem Kapitel 4.2.1 in der Tabelle 7 zu finden. Zu einem Knochenwachstum in der Unterextremität kommt es durch regelmässiges high-impact Training (Vainionpää et al., 2005). Die Treppenübung von Greenway et al. (2015) hat zwar das beste Resultat in der Hüfte ergeben, aber empfiehlt sich nicht für das Handout, da in der Praxis eine verstellbare Treppe fehlt. Dagegen ist das Trainingsprogramm der Unterextremitätengruppe von Winters-Stone und Snow (2006) qualifiziert, da sich die Resultate mit denen von Greenway et al. (2015), bezüglich Signifikanz, gleichen. Dieses Trainingsprogramm ist im Kapitel 4.2.1 in der Tabelle 6 zu finden.

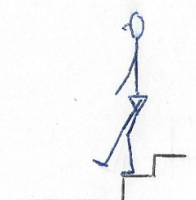


Abbildung 5:
Falltrittübung
(Greenway et al.,
2015, eigene
Darstellung, 2020)

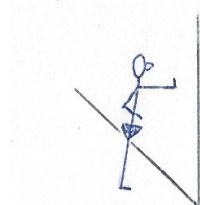


Abbildung 6:
Einarmiges Fallen
gegen die Wand
(Greenway et al.,
2015, eigene
Darstellung, 2020)

Bei einem Knochendichtemangel im Unterarm liegt es nahe, die Unterarmübung von Greenway et al. (2015) durchzuführen, weil sie eine hohe Wirksamkeit zeigt.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass körperregionsspezifische Übungen für ein Knochendichtewachstum notwendig sind. Obwohl die Fragestellung beantwortet werden kann, ist die klinische Relevanz

dieser Übungen aufgrund fehlender Langzeitstudien noch nicht vollständig geklärt. Nun wird auf die Trainingsregelmässigkeit und Wiederholungsanzahl der Übungen eingegangen, um zu wissen, welche Dosierung es braucht, damit ein positiver Effekt auf die Knochendichte erzielt werden kann.

Nach Vainionpää et al. (2005) ist ein Training von ein bis zwei Stunden und zwei zusätzliche Heimtrainings genügend. Diese Aussage belegen sie damit, dass trotz des tiefen Complianceanteils ein Trainingserfolg stattgefunden hat. Daneben wird in der Studie von Greenway et al. (2015) viermal wöchentlich mit kurzem Zeitaufwand trainiert. Laut Zhao et al. (2014) ist ein Heimprogramm von kurzer Dauer und von niedriger Frequenz eine realisierbare Strategie für die Verbesserung der Knochengesundheit bei prämenopausalen Frauen. Demzufolge soll die Physiofachkraft Betroffenen raten, lieber regelmässig und kürzer als selten und lange zu trainieren.

Wie oft eine Übung wiederholt werden soll, ist von der Tabelle im Kapitel 4.1.1 und 4.2.1 abzulesen. Ein wissenswerter Aspekt für Physiofachkräfte ist, dass die Knochenantwort nicht vom Umfang der Sprünge alleine abhängt. So schreiben Rubin und Lanyon (1984), dass 36 Zyklen für die maximale Knochenantwort ausreichen. Sie heben hervor, dass der Anpassungsprozess im Knochen eher durch seltene Belastungsereignisse stattfindet als durch lange wiederholende Aktivitäten. Wissenswert ist, dass die Studie von Greenway et al. (2015) sich mit dem Dosierungsplan auf die Arbeit von Rubin und Lanyon (1984) anlehnen. Folglich kann als Physiofachperson auf den Trainingsplan im Kapitel 4.1.1 zurückgegriffen werden, da dieser evidenzbasiert ist.

6 Theorie-Praxis Transfer

Prävention von Osteoporose ist ein wichtiges Thema, das noch nicht in der breiten Öffentlichkeit angekommen ist. Um die positiven Effekte der untersuchten Studien transparent zu machen, braucht es Werbung und Kommunikation auf verschiedenen Ebenen. Einen Weg, wie die Bevölkerung sensibilisiert werden könnte, wäre durch ein nationales Präventionsprojekt der Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA). Eine weitere Möglichkeit wäre, wenn der OSD Informationsbroschüren drucken und diese bei einem Ärztesymposium präsentieren würde, welche daraufhin im Wartezimmer aufgelegt würden. Aufgrund dessen, dass die potentielle Personengruppe ohne eine Untersuchung unwissend ist, könnte ein Pilotprojekt entworfen werden, in dem bei allen Frauen ab fünfzig Jahren eine Knochendichtemessung obligatorisch wird. Letzten Endes kann durch eine gemeinsame Zusammenarbeit stärker Einfluss genommen werden als alleine. Doch bereits mit dem neugewonnenen Wissen kann auch als einzelne Physiofachkraft das nahe Umfeld beeinflusst werden. Eine entsprechende Anleitung ist im Anhang unter Handout zu finden. In der Praxis ist es die physiotherapeutische Aufgabe, prämenopausale Frauen mit Osteopenie evidenzbasiert anzuleiten. Um gezielt die Intervention in der Therapie planen zu können, werden zuerst die Untersuchungsergebnisse einer Knochendichtemessung gebraucht. Diese zeigen auf, in welcher Körperregion ein Knochendichtemangel vorliegt. Entsprechend wird das passende Programm im Handout gewählt und in der Physiotherapie erarbeitet. Es kann durchaus sein, dass die zu therapierende Person an zwei Regionen einen Knochendichtemangel aufweist. Dann werden die Übungen der Programme individuell kombiniert.

7 **Schluss**teil

Zusammenfassend lässt sich sagen: es kann etwas für die Knochengesundheit bewirkt werden. Zwar ist es noch unklar, ob letztendlich Osteoporose verhindert werden kann, weil noch zu wenig Langzeitstudien vorhanden sind. Klar ist, dass sich der Knochen ohne einen Belastungsreiz abbaut. Deshalb gilt: «use it or lose it!» Dieses englische Sprichwort («benutze etwas oder verliere es») bringt ganz gut das Ergebnis dieser Arbeit auf den Punkt. Es hat sich in der Studie von Greenway et al. (2015) im Vergleich zu anderen Studien gezeigt, dass die Kontrollgruppe der prämenopausalen Frauen mit Osteopenie einen schnelleren Knochenverlust erlitten als prämenopausalen Frauen mit normaler Knochendichte. Wer seinen Knochen fordert und benutzt, der kann sich gegen diesen Verfallprozess der Knochen wehren. Nützlich erscheint dazu ein spezifisches Heimprogramm, das von kurzer Dauer ist und regelmässig durchgeführt wird. Dabei helfen Übungen ohne Zusatzmaterial, denn sie sind jederzeit und überall durchführbar. In den Studien wird deutlich aufgezeigt, dass es körperregionsspezifische Übungen braucht, um einen positiven Effekt auf die Knochendichte in der entsprechenden Körperregion zu erzielen. In der Physiotherapie kann mit evidenzbasierten Übungen für die Verbesserung der Knochendichte bei prämenopausalen Frauen eine kostengünstige Präventionsmassnahme bezweckt werden. Besonders, wenn dadurch zukünftig Spitalaufenthalte reduziert werden können. Denn letztendlich hilft Prävention nicht nur dem Einzelnen, sondern der Gesellschaft. Damit sind Physiofachkräfte für die Prävention in einer bedeutenden und verantwortungsvollen Position.

8 Ausblick

Wie bereits in der Diskussion erwähnt, fehlen in diesem Gebiet noch Langzeitstudien. So befürworten Winters-Stone und Snow (2006) in ihrer Studie, dass erst noch der steigende Anstieg der Knochendichte über ein Jahr hinaus in Langzeitstudien bestätigt werden muss. Weitere Forschung verlangen Singh et al. (2009) in der Intensität und Dauer von Krafttraining bezüglich Knochenveränderung. Auch hinsichtlich der Messmethodik braucht es noch weitere Forschung für präzise Daten von der Wirbelsäule. Während des Schreibprozesses ist die Frage aufgetaucht, wie förderlich Springübungen für Personen mit einer Inkontinenz tendenz sind. Diese Frage ist berechtigt und sollte untersucht werden, da Inkontinenz bei älteren Menschen weit verbreitet ist.

Bei einer nächsten Literatuarbeit über dieses Thema sollten vermehrt Studien eingeschlossen werden, welche nicht nur die Signifikanz ausrücken, sondern auch die klinische Relevanz. Denn mithilfe der klinischen Relevanz kann eine Aussage über den klinischen Nutzen von aktiven Übungen im Alltag gemacht werden. Ein weiterer Hinweis ist die Begrenzung auf eine Körperregion, um sich in der Literatuarbeit damit differenzierter und vertiefter auseinander setzen zu können. Als Nächstes sollten Studien gewählt werden, welche zusätzlich zur Knochendichtemessung die Computertomographie und Magnetresonanztomographie als Messmethode aufweisen, damit die Knochenveränderungen auf allen Ebenen erfasst werden können.

Zuletzt müsste im Rahmen einer Masterarbeit das Handout auf die Validität in der Praxis überprüft werden. Doch im Moment ist es der beste Vorschlag für prämenopausale Frauen mit Osteopenie und kann deshalb als erste Starthilfe gebraucht werden.

Literaturverzeichnis

- Amshoff, T., Bader-Johansson, C., Balk, M., Becker, K., & Bertram, A. (2010). *Physiolexikon*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Antwerpes, F. (2019a). *Aktinfilament*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Aktinfilament>
- Antwerpes, F. (2019b). *Goldstandard*. Abgerufen am 9. November 2019 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Goldstandard>
- Antwerpes, F. (2019c). *Knochenmatrix*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Knochenmatrix>
- Antwerpes, F. (2019d). *Prämenopause*. Abgerufen am 24. August 2019 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Pr%C3%A4menopause>
- Antwerpes, F. (2019e). *Systemerkrankung*. Abgerufen am 4. August 2019 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Systemerkrankung>
- Antwerpes, F. (2020). *Sekundärprävention*. Abgerufen am 12. März 2020 von <https://flexikon.doccheck.com/de/Sekundärprävention>
- BAG Bundesamt für Gesundheit. (2018). *Erkrankungen des Bewegungsapparats*. Abgerufen am 21. Juli 2019 von <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/krankheiten/krankheiten-im-ueberblick/erkrankungen-bewegungsapparat.html>
- BFS Bundesamt für Statistik. (2019). *Alter, Zivilstand, Staatsangehörigkeit*. Abgerufen am 9. November 2019 von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/stand-entwicklung/alter-zivilstand-staatsangehoerigkeit.html>
- Bilek, L. D., Waltman, N. L., Lappe, J. M., Kupzyk, K. A., Mack, L. R., Cullen, D. M., ... Lang, M. (2016). Protocol for a randomized controlled trial to compare bone-loading exercises with risedronate for preventing bone loss in osteopenic postmenopausal women. *BMC Women's Health*, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12905-016-0339-x>
- Bonewald, L. F. (2007). Osteocytes as Dynamic Multifunctional Cells. *New York Academy of Sciences*, 281–290. <https://doi.org/10.1196/annals.1402.018>
- Bundesrat. (2008, Dezember 5). *Früherkennung und Prävention der Osteoporose*. Abgerufen am 16. November 2019 von <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia->

- vista/geschaeft?AffairId=20083515
- CASP. (2018). *CASP-Randomised-Controlled-Trial-Checklist*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/>
- Cummings, S., Black, D., Nevitt, M., Browner, W., Cauley, J., Ensrud, K., ... Vogt, T. (1993). Bone density at various sites for prediction of hip fractures. *Lancet*, 341(8837), 72-75.
- Das Schweizer Parlament. (2019). *Parlamentswörterbuch*. Abgerufen am 17. November 2019 von <https://www.parlament.ch/de/%C3%BCber-das-parlament/parlamentsw%C3%B6rterbuch/parlamentsw%C3%B6rterbuch-detail?WordId=146>
- Deutscher Verband für Physiotherapie. (2019). *Definition Physiotherapie*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://www.physio-deutschland.de/patienten-interessierte/physiotherapie/definition.html>
- De With Hirsig, A. (2018). *Population und Stichprobe*. Gehalten auf der IP12 Quantitative Methoden, Statistik und Epidemiologie, ZHAW.
- EDI Eidgenössischen Departement des Innern. (2019). *Krankenpflege-Leistungsverordnung*. Abgerufen am 24. August 2019 von <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19950275/index.html>
- Elliott, M. E., Binkley, N. C., Carnes, M., Zimmerman, D. R., Petersen, K., Knapp, K., ... Kieser, M. A. (2003). Fracture Risks for Women in Long-Term Care: High Prevalence of Calcaneal Osteoporosis and Hypovitaminosis D. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 23(6), 702–710. <https://doi.org/10.1592/phco.23.6.702.32182>
- Felsenberg, D., & Dietzel, R. (2007). *Leitlinie Physiotherapie und Bewegungstherapie bei Osteoporose*. Berlin.
- Fink, B. (2018). *Morbus Crohn*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von https://flexikon.doccheck.com/de/Morbus_Crohn
- Fischli, S., & Ziegler, R. (2018). Weitere metabolische Knochenerkrankungen. *Innere Medizin* (4. Auflage, S. 810–815). Stuttgart: Georg Thieme.
- Graebisch, C. M., & Burkhardt, S.-U. (2015). *Vergleichsweise menschlich?* (1. Aufl.). Springer.
- Greenway, K. G., Walkley, J. W., & Rich, P. A. (2015). Impact exercise and bone density in premenopausal women with below average bone density for age.

- European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2457–2469.
<https://doi.org/10.1007/s00421-015-3225-6>
- Hippold, I. (2018, April). *Problemlösungsprozess Teil 1*. Gehalten auf der IP21 Kommunikation, ZHAW.
- IG Zöliakie. (2019). *Was ist Zöliakie? - Eine kurze Beschreibung der Glutenunverträglichkeit*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://www.zoeliakie.ch/de/zoeliakie/was-ist-zoeliakie.html>
- Inselspital Bern. (2019). *Colitis ulcerosa*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://www.darmzentrum-bern.ch/de/medizinisches-angebot-darm/chronisch-entzuendliche-darmerkrankungen-ibd/colitis-ulcerosa.html>
- Kiebzak, G. M., Beinart, G. A., Perser, K., Ambrose, C. G., Siff, S. J., & Heggeness, M. H. (2002). Undertreatment of Osteoporosis in Men With Hip Fracture. *Archives of Internal Medicine*, 162(19), 2217–2222.
<https://doi.org/10.1001/archinte.162.19.2217>
- Kohrt, W. M., Barry, D. W., & Schwartz, R. S. (2009) Muscle forces or gravity: What predominates mechanical loading on bone? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(11), 2050-2055. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a8c717
- Krebs, A., & Thiel-Kummer, C. (2017). Osteoporose. *Rheumaliga Schweiz*, 44.
- Kurth, A., & Lange, U. (2018). *Fachwissen Osteologie* (1. Aufl.). Elsevier.
- Lippuner, K. (2012). Epidemiologie und Stellenwert der Osteoporose in der Schweiz. *Therapeutische Umschau*, 69(3), 137–144. <https://doi.org/10.1024/0040-5930/a000266>
- Nonnenmacher, W. A. (2018). *Steroide - Wirkung, Anwendung & Risiken*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://medlexi.de/Steroide>
- Oldhafer, M., Otto, A., & Zager, A. (1994). *Krankengymnastische Behandlung der Osteoporose*. Stuttgart - New York: Georg Thieme.
- OSD Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband. (2019a). *Knochendichtemessung bei Osteoporose*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://www.osd-ev.org/osteoporose/knochendichtemessung/>
- OSD Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband. (2019b). *Knochenstruktur— Was geschieht im Inneren der Knochen?* Abgerufen am 23. August 2019 von <https://www.osd-ev.org/osteoporose/knochen/struktur>
- OSD Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband. (2019c). *Osteopenie—Was ist*

- das? Definition | Therapie | Behandlung | Ursachen. Abgerufen am 23. August 2019 von <https://www.osd-ev.org/osteoporose/osteopenie/>
- Osteoporose Vorsorge. (2019). *Diagnose der Osteoporose*. Abgerufen am 23. August 2019 von <http://www.osteoporose-vorsorge.ch/diagnose-osteoporose.html>
- Physioswiss. (2020). *Berufsbild Physiotherapie*. Abgerufen am 4. April 2020 von <https://zs.physioswiss.ch/de/berufsbild/ziele>
- Ris, I., & Preusse-Bleuer, B. (2015). *AICA: Arbeitsinstrument für ein Critical Appraisal eines Forschungsartikels*. Schulunterlagen Bachelorstudiengänge Departement Gesundheit ZHAW.
- Rubin, C. T., & Lanyon, L. E. (1984). Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *Bone and joint surgery*, 66(33), 397-402.
- Schneider, K.-J., & Wormuth, R. (2016). *Anisotropes Werkstoffverhalten—Baulexikon* (3. Auflage). Abgerufen am 30. November 2019 von <https://baulexikon.beuth.de/ANISOTROPES.HTM>
- Selch, C. (2019). *Osteogenesis imperfecta*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von https://flexikon.doccheck.com/de/Osteogenesis_imperfecta
- Singh, J. A., Schmitz, K. H., & Petit, M. A. (2009). Effect of resistance exercise on bone mineral density in premenopausal women. Elsevier Enhanced Reader. *Joint Bone Spine*, 76, 273–280.
<https://doi.org/doi:10.1016/j.jbspin.2008.07.016>
- Stute, P. (2011). Postmenopausale Osteopenie und Osteoporose. *Gynäkologie*, (2), 16–22.
- SVGO Schweizerische Vereinigung gegen Osteoporose. (2019). *Über die SVGO*. Abgerufen am 21. Juli 2019 von <https://www.svggo.ch/>
- Tabor, E., Zagórski, P., Martela, K., Glinkowski, W., Kuźniewicz, R., & Pluskiewicz, W. (2016). The role of physical activity in early adulthood and middle-age on bone health after menopause in epidemiological population from Silesia Osteo Active Study. *International Journal of Clinical Practice*, 70(10), 835–842.
<https://doi.org/10.1111/ijcp.12874>
- Trommer, K. (2004). Stopp dem Knochenschwund! *Thieme - Physiopraxis*, (2), 28–32.
- Turner, C. H., & Robling, A. G. (2003). *Design exercise regimes to increase bone*

strength. 31(1), 45–50.

USZ Universitätsspital Zürich. (2019). *Hypogonadismus*. Abgerufen am 5. Oktober 2019 von <https://www.endokrinologie.usz.ch:80/fachwissen/Keimdruesen/Seiten/hypgonadismus.aspx>

Vainionpää, A., Korpelainen, R., Leppäluoto, J., & Jämsä, T. (2005). Effects of high-impact exercise on bone mineral density: A randomized controlled trial in premenopausal women. *Osteoporosis International*, 16(2), 191–197. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1659-5>

Van den Berg, F. (2016). *Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen* (4. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme.

Winters-Stone, K. M., & Snow, C. M. (2006). Site-specific response of bone to exercise in premenopausal women. *Bone*, 39, 1203–1209. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.06.005>

Wolff, I., van Croonenborg, J. J., Kemper, H. C. G., Kostense, P. J., & Twisk, J. W. R. (1999). The Effect of Exercise Training Programs on Bone Mass: A Meta-analysis of Published Controlled Trials in Pre- and Postmenopausal Women. *Osteoporosis International*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s001980050109>

Zhao, R., Zhao, M., & Zhang, L. (2014). Efficiency of Jumping Exercise in Improving Bone Mineral Density Among Premenopausal Women: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(10), 1393–1402. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0220-8>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Demografische Entwicklung in der Schweiz (Bundesamt für Statistik [BFS], 2019)	5
Abbildung 2: Material- und Struktureigenschaft eines Knochens (Kurth & Lange, 2018, eigene Darstellung, 2019).....	13
Abbildung 3: Falltrittübung (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020).....	23
Abbildung 4: Einarmiges Fallen gegen die Wand (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020).....	23
Abbildung 5: Falltrittübung (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020).....	39

Abbildung 6: Einarmiges Fallen gegen die Wand (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020).....	39
Abbildung 7: Vorgang der Programmwahl bei Osteopenie-Betroffenen (eigene Darstellung, 2020).....	58
Abbildung 8: Einarmiges Fallen gegen die Wand (Greenway et al., 2015, eigene Darstellung, 2020).....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Osteoporose in Schweregrad (Kurth & Lange, 2018, S.48).9	
Tabelle 2: Risikofaktoren für Osteopenie (Krebs & Thiel-Kummer, 2017, S. 2, 7, 8, 10).....	17
Tabelle 3: Literaturrecherche «premenopausal and osteopenia».....	18
Tabelle 4: Interventionsprogramme	23
Tabelle 5: Trainingsdosierung (Greenway et al., 2015, S.2462).....	24
Tabelle 6: Trainingsplan der Unterextremitätengruppe.....	27
Tabelle 7: Trainingsplan der Unter- und Oberextremitätengruppe	27
Tabelle 8: Vergleich der Studien.....	35
Tabelle 9: Literaturrecherche in der Datenbank CINAHL complete.....	56
Tabelle 10: Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed	56
Tabelle 11: Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed	57
Tabelle 12: Literaturrecherche in der Datenbank PEDro	57
Tabelle 13: Wiederholungen von der Unterarmübung (Greenway et al., 2015)	59
Tabelle 14: Trainingsprogramm für die LWS	60
Tabelle 15: Trainingsprogramm für die Hüfte	61

Abkürzungsverzeichnis

ASTE	Ausgangsstellung
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFS	Bundesamt für Statistik
BMI	Bodimassindex
CASP	Critical appraisal skills programme
DXA	Doppel Röntgenenergieabsorptiometrie
EDI	Eidgenössischen Departement des Innern

LWS	Lendenwirbelsäule
OSD	Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
SVGO	Schweizerische Vereinigung gegen Osteoporose
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Betreuerin für die fachliche Beratung bedanken. Auch möchte ich mich besonders bei meiner Mutter bedanken, die mich ermutigt hat über dieses Thema zu schreiben und meine Texte korrigiert hat. Zudem danke ich Miriam Grün für die sprachlichen und formalen Ratschläge sowie Andrea Lehner für das Feedback zum Referenzieren.

Selbstständigkeitserklärung

«Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe.»

Brig-Glis, 18.04.2020

Sarina Sterren

Deklaration der Wortanzahl

Das Abstract umfasst 189 Wörter.

Die vorliegende Arbeit - exklusive Tabellen, Abbildungen, Literaturverzeichnis, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung und Anhänge - umfasst 9284 Wörter.

Anhang

A) Glossar

Aktinfilamente	Ein wichtiger Teil einer Zelle, welche ermöglicht, dass die Zelle beweglich ist (Antwerpes, 2019a).
Anisotropes Material	Zum Beispiel sind Knochen oder faserverstärkte Kunststoffe anisotropes Material (Kurth & Lange, 2018). Ein Material weist ein anisotropes Verhalten auf, wenn seine physikalischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften richtungsabhängig sind (Schneider & Wormuth, 2016).
ATP	Adenosintriphosphat ist ein Energielieferant für Prozesse im Körper.
Colitis ulcerosa	Die chronisch entzündliche Erkrankung betrifft nur die innerste Schicht des Dickdarms. Im Gegensatz zum Morbus Chron kommt es nicht so häufig zu einer verminderten Resorption der Nährstoffe, weil der Dünndarm intakt ist (Inselspital Bern, 2019).
Compliance	Die Compliance beschreibt die Einwilligung oder Bereitschaft des Patienten sich in der Therapie zu fügen (Hippold, 2018).
Goldstandard	Es ist ein Standardverfahren, das in der Medizindiagnostik die bewährteste und beste Lösung mit sich bringt (Antwerpes, 2019b).
High-impact Übungen	Unter dem Begriff high-impact verstehen Felsenberg und Dietzel (2007), dass es Übungen sind, bei denen immer beide Füße gleichzeitig vom Boden abheben, wie beispielsweise rennen oder springen. Im Gegensatz zu low-impact Übungen, bei welchen ein Fuss immer Bodenkontakt behält (Felsenberg & Dietzel, 2007).
Hypogonadismus	Es ist eine Keimdrüsenunterfunktion (Universitätsspital Zürich [USZ], 2019).

Juvenile Osteoporose	Während dem Jugendalter taucht die Erkrankung auf. Die Ursache ist unklar (Fischli & Ziegler, 2018, S. 811, 813).
Kollagene Fasern	Es sind Bindegewebsfasern, welche gegen Zugkräfte resistent wirken. Sie sind fast undehnbar und doch lassen sie wenig Bewegung zu.
Lamellen	Das sind einzelne Knochengewebschichten (Van den Berg, 2016, S. 87).
Manifeste Osteoporose	Von einer manifesten Osteoporose spricht man, wenn die Knochenmineraldichte um mehr als 2,5 vermindert ist und der Patient bereits einen Bruch hatte (Fischli & Ziegler, 2018, S. 813).
Matrix	Die Matrix des Knochens besteht zu 95% aus kollagenen Fasern, der Rest aus Vernetzungsproteinen, Wasser und Grundsubstanz (Glykosaminoglykanen und Proteoglykanen) (Van den Berg, 2016, S. 91, 94). Diese Knochensubstanz ist nicht mineralisiert, was ihn druckelastisch macht (Antwerpes, 2019c).
Morbus Chron	Es ist eine chronisch-entzündliche Erkrankung, die mehrheitlich das Ende des Dünndarms und den Dickdarm befällt. Selten die Speiseröhre und den Mund. Weil Darmabschnitte verkleben, kann weniger gut lebensnotwendige Nährstoffe und Vitamine aufgenommen werden (Fink, 2018).
Motion	Es ist ein Auftrag an den Bundesrat eine Massnahme zu treffen oder ein Entwurf für den Erlass einer Bundesversammlung vorzulegen (Das Schweizer Parlament, 2019).
Osteogenesis imperfecta	Die erbliche Erkrankung führt zu brüchigen Knochen aufgrund des Syntheseherstellungsfehler beim Knochenbindegewebe. Im Volksmund ist die Krankheit

	unter dem Begriff «Glasknochenerkrankung» bekannt (Selch, 2019).
Pair-matched Design	Anfangs werden Zwillingspaare gebildet, die sich im Hinblick auf einige Merkmale ähneln, um sie dann anschliessend bewusst für die Gruppen zu trennen (Graebisch & Burkhardt, 2015).
piezoelektrischen Effekt	Diese Art von Effekt erzeugt elektrische Ladung an der Oberfläche (Van den Berg, 2016, S. 107).
Prostaglandin E2	Es ist ein Botenstoff, welcher die Knochenbildung fördert (Kurth & Lange, 2018, S. 4).
Sekundärprävention	Die Sekundärprävention richtet sich an Personen mit Risikofaktoren, welche noch nicht erkrankt sind. Alle Massnahmen, die zur Früherkennung beitragen, werden der Sekundärprävention zugeordnet (Antwerpes, 2020).
Sklerostin	Ein Protein, das die Knochenbildung hemmt (Kurth & Lange, 2018, S. 4).
Steroide	Natürliche Steroide sind in Tieren, Pflanzen und Menschen zu finden. Beispiele sind Cortisol, Cholesterin, Sexualhormone. Für medizinische Zwecke können künstlich hergestellte Steroide zum Einsatz genommen werden (Nonnenmacher, 2018).
Viskoelastisches Material	Das sind Materialien, die elastische und visköse Eigenschaften zeigen. (Kurth & Lange, 2018)
Zöliakie	Zöliakie ist eine Glutenunverträglichkeit. Durch den Verzehr von Gluten (Weizen, Dinkel, Hafer etc.) wird die Dünndarmschleimhaut gereizt und entzündet, was zum Absterben der Darmzotten führt. Damit kann der Körper wichtige Nährstoffe und Vitamine nur noch vermindert aufnehmen (IG Zöliakie, 2019).

B) Suchbegriffe

Schlüsselbegriffe	Synonyme, verwandte Begriffe, Ober-/ Unterbegriffe (Deutsch)	Keywords (Englisch)	Schlagwörter (angeben, welcher Thesaurus)
Übungen	Übungsauswahl Übungsprogramm Behandlungsmassnahmen Trainingselemente Heimübungen Aufgabe Training	Exercise, drill, practice Type of exercise Intervention program training element Treatment task training	CINAHL Headings: "Aerobic exercises" "Exercise" "Jumping" "Muscle Strengthening" MeSH terms: "Exercise*"
Physiotherapie	Bewegungstherapie Krankengymnastik Aktive Therapie	Therapy / physiotherapy, physical therapy (active), remedial gymnastics Therapist Therapeutic Active exercise therapy, exercise therapy, kinesitherapy	CINAHL Headings: "Therapeutic Exercise – Methods" "Therapeutic Exercise – Utilization"

prälimakterisch	Prämenopausal Middle-aged	Pre-menopausal, premenopause	CINAHL Headings: "Premenopause"
Osteopenie	Vorstufe von Osteoporosen, Vorstufe von Knochenschwund, präklinische Osteoporose Knochenarmut, Minderung Knochendichte Knochenmassenverlust Rheumaerkrankung, Knochenerkrankung Knochendichtemessung	Osteopenia, pre-stage of osteoporosis bone atrophy bone density pre-clinical Osteoporosis low bone density bone densitometry	CINAHL Headings "Bone and Bones - Physiology" "Bone and Bones – Radiography" "Bone density – Physiology" MeSH terms: "bone density" "Osteoprosis/prevention & control"
Effekt	Einfluss Auswirkungen Beeinflussung Wirkung	influence impact effect relevance outcome	CINAHL Headings "Dose-Response Relationship" "Training Effect (Physiology)"

C) Suchpfad

Tabelle 9: Literaturrecherche in der Datenbank CINAHL complete

Suchschritte	Treffer/ engere Auswahl/ ausgewählte Studie
Osteopenia and premenopausal women and type of exercise	0
(osteopenia or bone density or pre-stage of osteoporosis) and premenopausal women and (type of exercise or physical activity or training)	74
(osteopenia or bone density or pre-stage of osteoporosis) and premenopausal women and (type of exercise or training)	26/6/1 Singh et al. (2008)

Tabelle 10: Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed

Suchschritte	Treffer/ engere Auswahl/ ausgewählte Studie
Osteopenia and (premenopausal women or middle-aged women) and exercise for bone mineral density	585
Osteopenia and (premenopausal women or middle-aged women) and exercise for low bone mineral density	183
Osteopenia and adult premenopausal women and exercise for low bone mineral density	32/2/1 Winters-Stone & Snow (2006)

Tabelle 11: Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed

Suchschritte	Treffer/ Engere Auswahl/ Ausgewählte Studie
Premenopausal women and low bone density and exercise	79
Premenopausal women and low bone density and active exercise	4/-/
Premenopausal women and low bone density and impact exercise	14/1/1 Greenway et al. (2015)

Tabelle 12: Literaturrecherche in der Datenbank PEDro

Suchschritte	Treffer/ engere Auswahl/ ausgewählte Studie
Exercise and positive effect on bone density	45
Exercise and positive effect on bone density and premenopausal	3/2/1 Greenway et al. (2015)
Type of exercise and premenopausal	8/3/1 Vainionpää et al. (2004)

D) Handout

Problematik:

- Schätzungen aus dem Jahr 2000 haben 420'000 Frauen in der Schweiz Osteopenie.
- Betroffene sind unterdiagnostiziert und untertherapiert.

Relevanz:

- Physiofachkräfte sind Grundpfeiler für Prävention und Behandlung.
- Die aktiven Übungen in den Programmen 1-3 dienen prämenopausalen Frauen mit Osteopenie

Hintergrundwissen:

- Osteopenie = Knochenarmut / -mangel.
- Osteopenie mögliche, aber nicht zwingende Vorstufe von Osteoporose
- Durch Be- und Entlastung baut sich ein physiologischer Reiz für Knochenwachstum auf.

Zweck des Handouts:

- Diese Anleitung dient als Hilfestellung für Physiofachkräfte, damit Osteopenie-Betroffene bestmöglichst und evidenzbasiert therapiert werden können.
- Die untenstehende Graphik zeigt den Ablauf für die Wahl des passenden Programms.

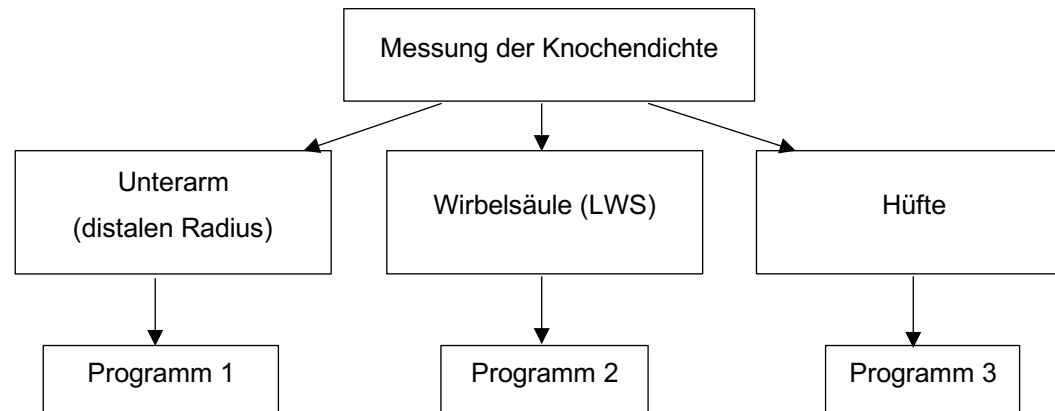


Abbildung 7: Vorgang der Programmwahl bei Osteopenie-Betroffenen (eigene Darstellung, 2020)

Fazit:

- Es kann durch körperregionsspezifische Übungen einen Beitrag für die Knochengesundheit geleistet werden.
- Förderung der Knochenstärke durch ungewohnte, spezifisch gerichtete Belastungen
- «Use it or loose it»
- Empfehlung: kurzes Heimprogramm ohne Zusatzmaterial, dafür regelmässig durchführen!

Programm 1:

ASTE: Für die Ausgangsstellung wird mit beiden Füßen zusammenstehend in 90° Schulterflexion und Ellbogenextension mit den Fingerspitzen beider Hände die Wand berührt. Anschliessend wird der eine Fuss hinter die Ferse des vorderen liegenden Fuss gelegt. Der vordere Fuss wird ebenfalls zum anderen Fuss nach hinten positioniert.

Ausführung: Für die Übung wird nun von diesem Standpunkt entweder zuerst die linke oder rechte Schulter 90° flektiert, danach wird gewechselt. Den Sturz wird mit gestrecktem Ellbogen und dem Handballen aufgefangen. Der Abstand zur Wand bleibt immer derselbe.

Material: keines

Häufigkeit: jeden zweiten Tag

Wiederholungen: siehe in der nachfolgenden Tabelle

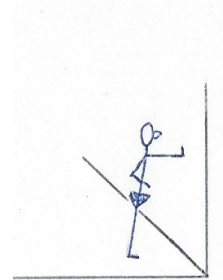


Abbildung 8:
Einarmiges Fallen
gegen die Wand
(Greenway et al.,
2015, eigene
Darstellung, 2020)

Tabelle 13: Wiederholungen von der Unterarmübung (Greenway et al., 2015)

		Wiederholungen auf die aufeinanderfolgenden Wochen							
Wochenblock	Trainings-einheiten	1	2	3	4	5	6	7	8
1-8	4	2x3	2x4	2x5	3x4	3x5	3x6	2x10	3x8
9-16	4	3x9	4x7	3x10	4x8	3x11	4x9	3x12	4x10
17-24	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
25-32	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
33-40	4	4x8	4x9	4x10	5x8	4x10	5x8	4x10	5x8
usw.									

Programm 2:

Ausführung: Bevor mit den spezifischen Übungen gestartet werden kann, ist ein kurzes Aufwärmen der Extremitäten empfohlen. Anschliessend werden die Übungen ausgeführt. Am Ende wird ein kurzes Cool down zur Regeneration durchgeführt. Falls über drei Serien jeweils zwölf Repetitionen problemlos absolviert werden konnte, darf mit der Stärke des Therabandes gesteigert werden.

Material: Theraband, Holzkiste

Häufigkeit: dreimal pro Woche

Wiederholungen: siehe in der nachfolgenden Tabelle

Tabelle 14: Trainingsprogramm für die LWS

Übung	Dosierung	Pause	Spezielles
100 Sprünge a) Vom Boden aus b) Von einer ca. 20cm hohen Holzkiste aus c) Nach vorne und seitlich d) Ein- oder zweibeinig	9x 10-12	15-30s zwischen Sets	Barfuss Landung auf einer 5cm Gymnastikmatte mit einer Knieflexion von ungefähr 30°
Biceps curl / upright row mit Squat	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart
Triceps extension / one-arm row mit Side-Lunges	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart
Latissimus dorsi pull-down / chest press / fly mit front Lunges	3x 8-12	1-2 min zwischen Sets	Pro Training eine Übungsart

Programm 3:

Ausführung: Bevor mit den spezifischen Übungen gestartet werden kann, ist ein kurzes Aufwärmen der Extremitäten empfohlen. Anschliessend werden die Übungen ausgeführt. Am Ende wird ein kurzes Cool down zur Regeneration durchgeführt. Die Intensität kann durch progressives Hinzunehmen von Gewichten gesteigert werden.

Material: Holzkiste (ca. 20cm hoch), evtl. Zusatzgewicht

Häufigkeit: dreimal pro Woche

Wiederholungen: siehe in der nachfolgenden Tabelle

Tabelle 15: Trainingsprogramm für die Hüfte

Übung	Dosierung	Pause	Spezielles
100 Sprünge a) Vom Boden aus b) Von einer ca. 20cm hohen Holzkiste aus c) Nach vorne und seitlich d) Ein- oder zweibeinig	9x 10-12	15-30s zwischen Sets	Barfuss Landung mit einer Knieflexion von ungefähr 30°
Squats	3x10-12	2-3min zwischen Sets	
Lunges	4x10-12	2-3min zwischen Sets	
Calf raises	2x10-12	2-3min zwischen Sets	

→ Hinweis: Einbeiniges Hinunterspringen von einer 20-60 cm hohen Stufe zeigte eine grosse Wirksamkeit auf die Knochendichte in der Hüfte.