

Diplomarbeit

**„Einfluss von Vibration auf die Muskulatur in der Rehabilitation
durch Verwendung von Power-Plate“**

Anna Maria Trimmel
Jahrgang 00/03

Danksagung

An dieser Stelle sei allen gedankt, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ganz besonderen Dank gilt meinem Onkel, der es mir ermöglichte, meine Ausbildung ohne Unterbrechung zu beenden.

Ein Dankeschön gebührt meiner Betreuerin, Brigitte Swonar dipl. PT der Akademie für Physiotherapie LKH Graz. Sie stand mir bei Fragen jederzeit mit Rat und Tat zur Seite.

Bei der Physiotherapie der I. Chirurgie bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit.

Ebenso danke ich der Firma Power-Plate, die mir das Trainingsgerät zur Verfügung gestellt hat.

Ich möchte vor allem Helmut danken, der mir geholfen hat, dass diese Arbeit überhaupt zustande kam und mir bei meinen Kommunikationsproblemen mit dem Computer zur Seite stand.

Nicht weniger dankbar bin ich den Personen, die es verstanden haben meine Stilblüten auszubügeln. Danke Conny, Doris und Tim.

Zu guter Letzt noch danke an alle die an dieser Studie teilgenommen haben.

Vielen Dank!

Kurzfassung

In unserer schnelllebigen Gesellschaft ist alles darauf ausgerichtet, innerhalb kurzer Zeit vieles zu erreichen. Dieser Trend setzt sich auch in der Physiotherapie fort. Ständig wird nach neuen Techniken und Trainingsmethoden gesucht, um die Physiotherapie so zu gestalten, dass die Patienten in kürzerer Zeit gesund werden. Gerätehersteller versuchen, diesem Trend zu folgen und entwickeln neue Geräte, die eine schnellere Leistungssteigerung ermöglichen.

Zu diesem Thema findet man in der Literatur immer öfter die Verwendung von Vibrationen zur Steigerung des Muskelaufbaus in kürzerer Zeit. Zu Beginn wurde diese Methode im Leistungssport eingesetzt und findet nun vermehrt den Einzug in die Physiotherapie.

In meiner Diplomarbeit möchte ich den Einfluss von Vibrationen auf die Muskulatur in der Rehabilitation untersuchen und herausfinden, ob sich daraus eine schnellere Steigerung des Muskelaufbaus ergibt.

Zu Beginn meiner Arbeit wird zum näheren Verständnis auf die Begriffe Muskelatrophie, Vibration, Hypertrophietraining und Maximalkraftmessung eingegangen. Danach wird das zum Einsatz kommende Trainingsgerät Power-Plate vorgestellt.

Im Studienverlauf werden der Trainingsverlauf, der Aufbau der Therapieeinheiten, die Messmethoden und die Probandenprofile genau beschrieben. Die Studie lief über einen Zeitraum von fünf Wochen. Die zwölf Probanden, die für meine Studie ausgewählt wurden, waren unterschiedlichen Alters und Geschlechts, alle hatten das Symptombild der Atrophie nach einer Knieproblematik. Die Probanden wurden durch Losung in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe, die nach der herkömmlichen konventionellen Methode und eine weitere, die mit dem Trainingsgerät Power-Plate trainierte. Die beiden Gruppen absolvierten ein gleichwertiges Training und durften während der Studie kein zusätzliches Muskelaufbautraining betreiben, um nicht das Studienergebnis zu verfälschen.

Bei der Erstmessung hatte die Power-Plate Gruppe eine durchschnittliche Maximalkraft von 51,6 kg und die konventionelle Gruppe eine durchschnittliche Maximalkraft von 63,6 kg. Verglichen mit der konventionellen Gruppe war die durchschnittliche Maximalkraft der Power-Plate Gruppe um 12 kg niedriger. Bei der Abschlussmessung erreichte die Power-Plate Gruppe eine durchschnittliche Maximalkraft von 116,6 kg und die konventionelle Gruppe 113,2 kg. Im Gegensatz zur Erstmessung, wo die Power-Plate Gruppe 12 kg zurück lag, hatte sie bei der Abschlussmessung einen Vorsprung von 3,4 kg.

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich ist, konnten die Probanden der Power-Plate Gruppe einen durchschnittlichen Maximalkraftzuwachs von 65 kg erreichen. Die Probanden der konventionellen Gruppe erreichten mit 49,6 kg einen um 15,4 kg niedrigeren Maximalkraftzuwachs als die Power-Plate Gruppe.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, dass mit Hilfe des Trainingsgerätes Power-Plate ein deutlich besseres Trainingsergebnis gegenüber der konventionellen Methode erzielt wurde.

Bei den Umfangsmessungen konnten keine so großen Veränderungen festgestellt werden. Auf die Gründe für die geringen Änderungen beim Muskelumfang und über den Maximalkraftzuwachs wird in der Diskussion im Kapitel 5 noch genau eingegangen.

Die Probanden der Power-Plate Gruppe berichteten zu Beginn der Studie von einem „Kitzeln“ und „Kribbeln“ im gesamten Körper während der Vibrationen, gewöhnten sich aber schnell daran. Ein großes Problem in der Gruppe des konventionellen Trainings war das große Gewicht der Langhantel. Die Probanden klagten über Schulter- und Rückenschmerzen während und nach der Einheit.

Probleme gab es bei der Literatursuche, da es auf dem Sektor der Vibrationen sehr schwierig war geeignete Quellen zu finden. Als wichtiger Informationslieferant stellte sich das Internet heraus. Die Grundprinzipien der Trainingslehre konnte ich im Buch von Dr. J. Weineck „Optimales Training“ 2002 (12. Auflage) aus dem Spitta-Verlag finden. Weiters habe ich zahlreiche Informationen zu diesem Thema aus zwei Diplomarbeiten von niederländischen Universitäten und von diversen Artikeln aus sportmedizinischen Zeitschriften. Das Ergebnis war für mich sehr überraschend, da nicht mit einem so großen Unterschied zwischen den beiden Methoden zu rechnen war.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Muskelatrophie	1
1.2	Ursachen der Atrophie	1
1.3	Maßnahmen	1
1.4	Forschungsfrage	1
2	GRUNDLAGEN	2
2.1	Vibrationen	2
2.1.1	Generelles	2
2.2	Einfluss von Vibrationen	3
2.2.1	Die Wirkung auf das Kreislauf- und Lymphsystem	3
2.2.2	Die Wirkung auf das Nervensystem	3
2.2.3	Die Wirkung auf die Muskulatur	4
2.3	Anwendungsgebiete	4
2.3.2	Nebenwirkungen	5
2.3.3	Negative Auswirkungen	5
2.4	Krafttraining in der Rehabilitation	6
2.4.1	Kraft und Muskulatur	6
2.4.2	Hypertrophietraining, Zweck und Wirkungsmechanismus	6
2.4.3	Maximalkraftmessung	8
2.5	Power-Plate	10
2.5.1	Beschreibung des Trainingsgerätes Power-Plate	10
2.5.2	Angaben des Herstellers	11
2.5.3	Technische Daten	11
3	STUDIENVERLAUF	12
3.1	Probandenprofil	12
3.2	Messmethoden	13
3.3	Trainingsverlauf	14
3.4	Aufbau der Therapieeinheiten	14
4	ERGEBNISSE	17
4.1	Einzelergebnisse der Probanden	17
4.1.1	Probanden der Power-Plate Gruppe	18
4.1.2	Probanden der Gruppe mit konventioneller Trainingsmethode	25
4.2	Ergebnisse bei der Maximalkraft	30
4.2.1	Maximalkraft bei der Erstmessung	30
4.2.2	Maximalkraft und Veränderungen bei der Zwischenmessung	31

4.2.3	Maximalkraft und Veränderungen bei der Abschlussmessung.....	35
4.2.4	Veränderungen der Maximalkraft während der Studie	38
4.3	Ergebnisse Muskelumfang.....	41
4.3.1	Muskelumfang bei der Erstmessung.....	41
4.3.2	Muskelumfang bei der Abschlussmessung	42
4.3.3	Änderungen des Muskelumfangs zwischen Erst- und Abschlussmessung	43
5	DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	46
5.1	Gegenüberstellung der Ergebnisse	46
5.1.1	Maximalkraft.....	46
5.1.2	Muskelumfang	48
5.2	Auswirkungen der Vibration auf Schmerzen	49
5.3	Muskelkater	50
5.4	Probleme der Patienten während der Studie	53
6	SCHLUSSFOLGERUNG	54
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	54
8	LITERATURVERZEICHNIS	I
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	III
10	TABELLENVERZEICHNIS.....	V
11	ANHANG	VI
11.1	Probandenausschreibung	VI
11.2	Testprotokoll.....	VII
11.3	Resonanzen der Patienten.....	VIII

1 Einleitung

1.1 Muskelatrophie

Eine Muskelatrophie ist die Abnahme von Muskelmasse infolge von Verkleinerung des Durchmessers oder der Zahl von Muskelfasern. (vgl. Pschyrembel)

1.2 Ursachen der Atrophie

Eine der möglichen Ursachen der Atrophie ist die bei Frakturen vor und nach Operationen notwendige Schonhaltung oder Ruhigstellung. Durch diese Inaktivität wird der Muskel geringer oder auch vorübergehend gar nicht aktiviert und es kommt zur Abnahme von Muskelmasse. Nach Knieverletzungen ist der M. quadriceps davon besonders betroffen.

Die Atrophie ist meist größer als vorerst angenommen, da der Raum des subkutanen Gewebes zunimmt und die Umfangsmessung verfälscht. (vgl. Ludwig, Köcher, 1999, S. 16)

Von der Atrophie sind nicht alle Muskelfasern gleich betroffen. In erster Linie sind hier die roten ST-Muskelfasern atrophieanfälliger (slow twitch, das sind langsam kontrahierende Muskelfasern).

1.3 Maßnahmen

Durch ein Kraft- und Muskelaufbautraining nach der Schonhaltung oder Ruhigstellung kann man der Muskelatrophie entgegenwirken. Dabei können der ursprüngliche Umfang und die ursprüngliche Kraft wieder erreicht werden.

Das Ziel neuer Trainingsgeräte ist es, das Training immer schonender, einfacher und effizienter zu machen. Im Rahmen meiner Diplomarbeit möchte ich die konventionelle Methode des Hypertrophietrainings mit einer neuen, in Österreich noch nicht gängigen Methode, vergleichen und diskutieren. Bei dieser Methode wird mit Vibrationen gearbeitet und es kommt dafür ein in den Niederlanden entwickeltes Gerät zum Einsatz. Dieses Gerät wird im Kapitel 2.5 kurz vorgestellt und kritisch betrachtet.

1.4 Forschungsfrage

In meiner Studie möchte ich den Einfluss von Vibrationen auf die Muskulatur in der Rehabilitation untersuchen und herausfinden, ob sich daraus eine schnellere Steigerung des

Muskelaufbaus ableiten lässt. Dabei kommt das neu entwickelte Trainingsgerät Power-Plate zum Einsatz.

2 Grundlagen

2.1 Vibrationen

2.1.1 Generelles

Es ist bereits erwiesen, dass am lebenden Körper die Muskelfasern ständig mit unterschiedlicher Frequenz vibrieren (Muskeltonus). Erstmals nachgewiesen wurden diese muskulären Mikrovibrationen im Jahre 1943 vom österreichischen Neuropathologen Rohrer. Die Muskelfasern in unserem Körper vibrieren ständig mit wechselnder Frequenz. Diese Bewegungen erzeugen an den Sehnen einen Schwingungsprozess, durch Längenveränderung des tendomuskulären Systems (Kontraktion oder Dehnung) mit einem breiten Frequenzbereich, der auch im völligen Ruhezustand nachweisbar ist. Diese Schwingungen sind auch als „Zittern“ zu erkennen. Bei der Betrachtung dieser Zitterbewegung zeigt sich ein unregelmäßiger Schwingungsprozess. Verstärkt man die Spannung bis zur maximalen Muskelkontraktion werden die Schwankungen regelmäßiger und sinusförmig. Es kommt zu einer Synchronisation der Schwingungen der einzelnen Muskelfasern (Aktivitätstremor). Diese Schwingungen sind bei jedem Menschen lebenslang vorhanden und können von ihm nicht bewusst gesteuert werden. Bei Frauen sind sie geringer als bei Männern und im Schlaf werden die Schwingungen um etwa ein Drittel niedriger, steigen aber im Reizzustand bis auf das Zehnfache (1-5mm) an.

Die Zentralfrequenz der Muskulatur in Ruhe beträgt zwischen 7 und 13 Hz und geht bei angespannter Muskulatur bis zu einem Maximalwert von 30 Hz (physiologischer Tremor). Daraus entstand die Idee der Biomechanischen Muskel-Stimulation BMS. Dabei werden die Eigenschwingungen der angespannten Muskulatur durch sinusförmige Fremdschwingungen verstärkt. Das führt zu einer Längsvibration der Muskelfasern wie bei einer maximalen Belastung. (vgl. www.bms-muskelstimulation.com/bms.htm)

Vibrationen wurden zuerst nur im Leistungssport und erst später in der Medizin eingesetzt. Im Laufe der Jahre wurden aufgrund all dieser neuen Erkenntnisse und Untersuchungsergebnisse verschiedene Geräte entwickelt, welche sinusförmige Schwingungen erzeugen, die für die Fremdstimulation notwendig sind. Sie imitieren den physiologischen Tremor und ihre Einwirkung erfolgt längs der Muskelfasern in Richtung der

normalen Muskelkontraktion. Dies fördert einen intensiven Reiz der Mechanorezeptoren in den Muskelfasern. (vgl. Marianne Walter, 1998)

2.2 Einfluss von Vibrationen

Einige Wirkungen von Vibrationen auf den Organismus sind bereits erwiesen und werden hier kurz erläutert.

2.2.1 Die Wirkung auf das Kreislauf- und Lymphsystem

Wie man heute weiß, sind auch die Kapillaren im venösen Teil des Blutgefäßsystems mit so genannten „Klappen“ ausgestattet, womit ein venöser Rückfluss verhindert werden soll. Durch die Kontraktion eines Muskels werden das Gewebe um die Kapillaren und die Kapillare selbst komprimiert und es entsteht eine vorübergehende Ischämie.

In weiterer Folge ist, sobald sich die Muskulatur wieder entspannt hat, die Durchblutung der Kapillaren wieder gewährleistet. Durch die Klappe wird das Nachfließen von venösem Blut verhindert und durch den erzeugten Unterdruck fließt arterielles Blut in die Kapillaren nach. Es kommt somit zu einer Pumpfunktion in der Kapillare. Versuche am Muskel zeigten, dass es durch die Vibrationen zu einer erhöhten Pumpfunktion kommt und die Durchblutung im stimulierten Gewebe signifikant besser wurde. (vgl. Marianne Walter, 1998)

Durch Querfriktionen bei einer Massage kann eine Hautrötung hervorgerufen werden, da sie für die Haut einen mechanischen Reiz darstellt.

Auch Vibrationen wirken auf die Haut wie eine Friktion bei der Massage. Diese Friktion der Cutis ist eine lokale Reizung der Haut und verursacht eine Hautrötung aufgrund von Dilatation der Hautkapillaren. Kurz danach kann eine diffuse, unregelmäßige Verfärbung entstehen (Axon-Reflex). Als weitere Reaktion könnte eine leichte Hautschwellung auftreten, welche durch den Austritt von Flüssigkeit aus der Blutbahn aufgrund erhöhter Permeabilität der Kapillaren entsteht. Beim Training auf dem Power-Plate kommt es in diesem Fall zu keinem lokalen Reiz, sondern zu einer großflächigen Friktion der Cutis. Dies verursacht eine meist großflächige Hautrötung. (vgl. Janneke Kelderman, 2001, S. 23)

2.2.2 Die Wirkung auf das Nervensystem

Eine weitere Auswirkung auf den menschlichen Organismus ist die Reizung der Mechanorezeptoren im neuromuskulären System. Informationen über Positions- oder

Belastungsveränderungen aus der Peripherie von Gelenken, Muskeln oder Sehnen gelangen über die Nervenbahnen in das ZNS. Durch die Vibrationen werden Muskelfasern, Sehnen, Fascien und Kapseln in einem schonenden Ausmaß beansprucht und es kommt zu einer Reizung der Mechanorezeptoren bzw. Propriozeptoren. Dadurch werden viele Signale an das ZNS gesendet. In Folge dessen werden systemische Reaktionen im gesamten Organismus hervorgerufen und es kommt zu einem besseren Zusammenspiel zwischen zentralem und peripherem Nervensystem. (vgl. Marianne Walter, 1998)

2.2.3 Die Wirkung auf die Muskulatur

Durch die Vibrationen kommt es zu reflektorisch provozierten Kontraktionen, die einen Zuwachs an Muskelquerschnitt, Kraft und Leistung zur Folge haben. (vgl. Marianne Walter) „Experimenteller Nachweis: US-Flowmetrie (Paraplegiker mit denervierter Muskulatur) Laser-Doppler Flowmetrie (Haut)“ (vgl. Univ. Doz. Dr. Eugen Gallasch)

2.3 Anwendungsgebiete

2.3.1.1 Indikationen

- Kraft- u. Leistungsverlust durch Immobilisation
- Balancestörungen
- Wahrnehmungsstörungen
- Kraft- u. Leistungsverlust nach Unfällen und Operationen
- Sturzsyndrom und altersassoziierte multifunktionelle Gehstörungen
- Stressinkontinenz
- Muskelatrophie
- Rückenbeschwerden
- Osteoporose (vgl. www.residenz-hotel-winterstein.de)

2.3.1.2 Kontraindikationen

- Schwangerschaft
- Akute Entzündungen
- Malignome
- Akute Thrombosen

- Prothesen
- Implantate
- Frische Frakturen
- Frische Wunden
- Akute Tendinopathien
- Steinleiden von ableitenden Harnwegen und Gallenwegen
- Diabetes
- Herzschrittmacher
- Schwere Herz und/oder Arterienprobleme
- Akute Migräne (vgl. www.residenz-hotel-winterstein.de)

2.3.2 Nebenwirkungen

Die Vibration führt am Beginn zu deutlichem Juckreiz an den trainierten Körperteilen. Dies ist ein Zeichen für die starke vegetative Wirkung. Selten reagieren Patienten bei zu großer Frequenz- oder Intensitätssteigerung mit Kreislaufproblemen. Das kann ein Symptom einer Gefäßregulationsschwäche sein und muss nicht auf eine Unverträglichkeit hinweisen, da diese Schwäche gerade durch die Vibrationen verbessert werden kann. (vgl. www.residenz-hotel-winterstein.de)

2.3.3 Negative Auswirkungen

Vibrationen können auch Gesundheitsrisiken darstellen und sind an vielen Arbeitsplätzen verschiedener Branchen zu finden. Als Ursachen kommen hier Teil- oder Ganzkörperschwingungen zum Tragen. Es stellt sich das Problem, dass der Mensch ihnen nicht ausweichen, beziehungsweise sie noch nicht zur Gänze verhindern kann. Hauptsächlich betroffen sind Berufsgruppen wie Bauarbeiter, die durch die Arbeit am Winkelschleifer, Schlagschrauber, Meißelhämmer, Druckluftstamper sowie Druckluft- und Niethämmer ständig und über lange Zeit starken Vibrationen ausgesetzt sind. Durch Arbeiten über lange Zeit ohne Ruhepausen kommt es zu Überlastungssymptomen am Bewegungsapparat.

(vgl. http://www.mmbg.de/PRESSE/SA01_00/sicher_arbeiten_aktuell3.htm)

2.4 Krafttraining in der Rehabilitation

2.4.1 Kraft und Muskulatur

Kraft ist die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktion Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) oder sie zu halten (statische Arbeit). (vgl. <http://www.issw.uni-heidelberg.de/downloads/vkraft.pdf>)

Die Muskelfasern eines Muskels bestehen aus einer Vielzahl von (Myo-)Fibrillen. Die Fibrillen bestehen aus Aktinfilamenten, die an den Z-Linien miteinander verbunden sind und den dazwischen liegenden Myosinfilamenten. Diese Strukturen sind die eigentlichen Akteure bei der Muskelkontraktion. Die Wechselwirkung miteinander wird mit der Gleit-Filament-Theorie beschrieben. (Pschyrembel)

Grundsätzlich sind alle Myofibrillen identisch aufgebaut und haben die gleiche Anzahl von Fibrillen pro cm^2 Muskelquerschnitt. Jedoch werden bei willkürlicher Aktivierung des Muskels nie alle motorischen Einheiten gleichzeitig innerviert, das heißt, in der Praxis ist die verfügbare Kraft nicht direkt proportional zum Querschnitt des Muskels. Normalerweise beläuft sich die maximale Innervation auf 30% der motorischen Einheiten. Jedoch kann dieser Wert durch effektives Training gesteigert werden. (vgl. Weineck, 2002, S. 259)

Eine gut ausgebildete und trainierte Muskulatur bietet den effizientesten Schutz der Gelenke vor Verletzungen. (vgl. Weineck, 2002, S. 246)

2.4.2 Hypertrophietraining, Zweck und Wirkungsmechanismus

Ein Ziel des Hypertrophietrainings ist es, den Querschnitt zu vergrößern und somit die Kraft der Muskulatur zu steigern. Um eine Hypertrophie des Muskels zu erreichen wird eine Belastung von 75-80 % der Maximalkraft benötigt. Durch die Myofibrillenvermehrung und die –durchmesserzunahme kommt es zur Verdickung der einzelnen Muskelfaser und zum Dickenwachstum der Muskulatur. (vgl. Weineck, 2002, S. 255)

Das Prinzip der optimalen Relation zwischen Belastung und Regeneration ist, dass es nach einer Belastung zu einer vorübergehenden Abnahme der Leistungsfähigkeit des Patienten kommt. Danach erfolgt wieder ein Anstieg über das Ausgangsniveau hinaus. Dieses Phänomen erhöhter Leistungsfähigkeit wird in der Trainingslehre als die „Superkompensation“ bezeichnet. (vgl. Weineck, 2002, S. 32)

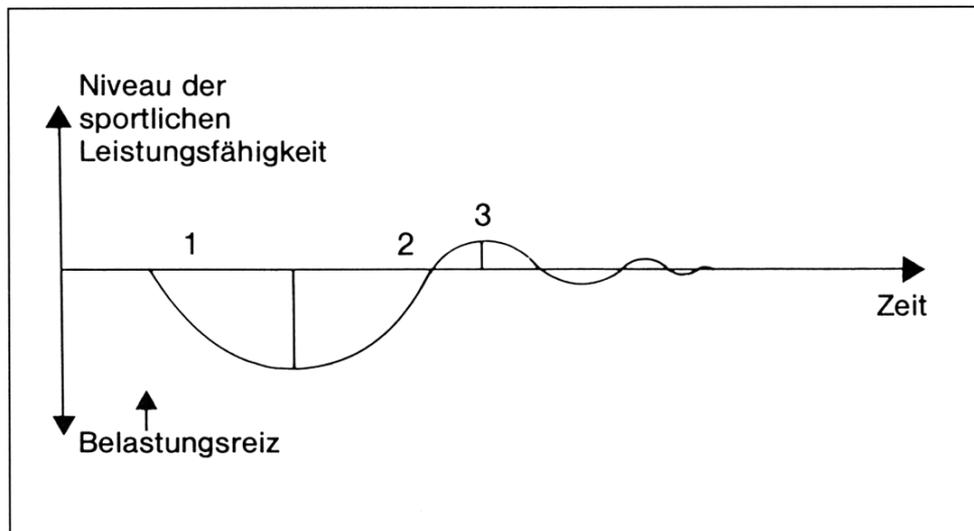


Abb. 1 Phasen der Veränderung der Leistungsfähigkeit nach einem Belastungsreiz (vgl. Weineck, 2002, S. 33, Abb. 6)

- 1 = Phase der Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit**
- 2 = Phase des Wiederanstiegs der sportlichen Leistungsfähigkeit**
- 3 = Phase der Superkompensation bzw. der erhöhten sportlichen Leistungsfähigkeit**
(vgl. Weineck, 2002, S. 33, Abb. 6)

Folgen nach der Regenerationszeit keine weiteren Trainingsreize, dann erreicht die Leistungsfähigkeit wieder ihren Ausgangswert. (vgl. Weineck, 2002, S. 32)

In den meisten Trainingslehrbüchern wird dem Anfänger nach einer Kraftbelastung eine Regenerationszeit von 48-72 Stunden vorgeschlagen. Dem Fortgeschrittenen empfiehlt man eine Regenerationszeit von 24-48 Stunden. Diese Zeiten sind dabei nur als Richtwerte anzusehen.

Es muss daher für jeden Patienten seine individuelle Belastung und Regenerationszeit gefunden werden. Sicher ist, dass Fehler nicht nur durch falsche Belastung im Training, sondern auch durch unzureichende Berücksichtigung der Regenerationsphase entstehen können. Bei zu geringen Abständen zwischen den Trainingseinheiten kommt es zum „Übertraining“ beziehungsweise zur Abnahme der Leistungsfähigkeit. (vgl. Weineck, 2002, S. 33)

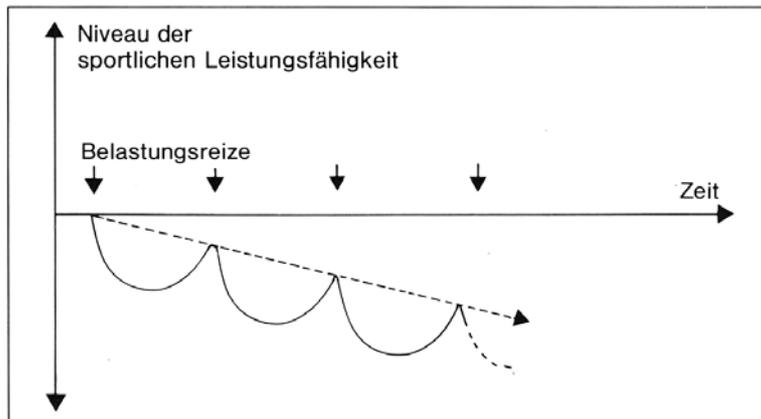


Abb. 2 Abnahme der Sportlichen Leistungsfähigkeit durch zu schnell aufeinander folgende Belastungen (vgl. Weineck, 2002, S. 34, Abb. 9)

2.4.3 Maximalkraftmessung

Eine Möglichkeit der Ermittlung der Maximalkraft geschieht durch ein dynamisches Testverfahren der 1-er Wiederholung. Dabei wird mittels einer Formel jenes Gewicht ermittelt, mit dem gerade noch eine Wiederholung möglich wäre. Da die Verletzungsgefahr bei nicht exakter Ausführung sehr hoch ist, wird dieses Verfahren im Sportbetrieb nicht eingesetzt. Die einzige Ausnahme ist die Testung des M. quadriceps mit Hilfe der Langhantel. (vgl. Weineck, 2002, S. 317)

Bei der Anwendung der Maximalkraftmethode im Fitness-, Freizeit- oder Rehabilitationsbereich sind folgende medizinische Fakten zu beachten:

- Sehnen, Bänder, Muskeln, Gelenkscapseln, Knochen und Knorpel sind durch die Testung einer ungewohnt hohen Belastung ausgesetzt, so dass diese Strukturen Schädigungen erleiden können.
- Durch die hohen Druckbelastungen beim Test und bei falsch ausgeführten Bewegungen können bereits bestehende Wirbelsäulenschäden hervorgerufen oder verstärkt werden.
- Die maximale Kraftbelastung kann eine Pressatmung (Valsalver-Mechanismus) zur Folge haben. Dieser physiologische Reflex kann bei organischen Herz- Kreislauferkrankungen zu gefährlichen Kreislaufbeschwerden führen. Sportler und Patienten ohne organische Herz- Kreislauferkrankung haben jedoch keinerlei Beschwerden zu befürchten. (vgl. Marc Zimmer, 1999)

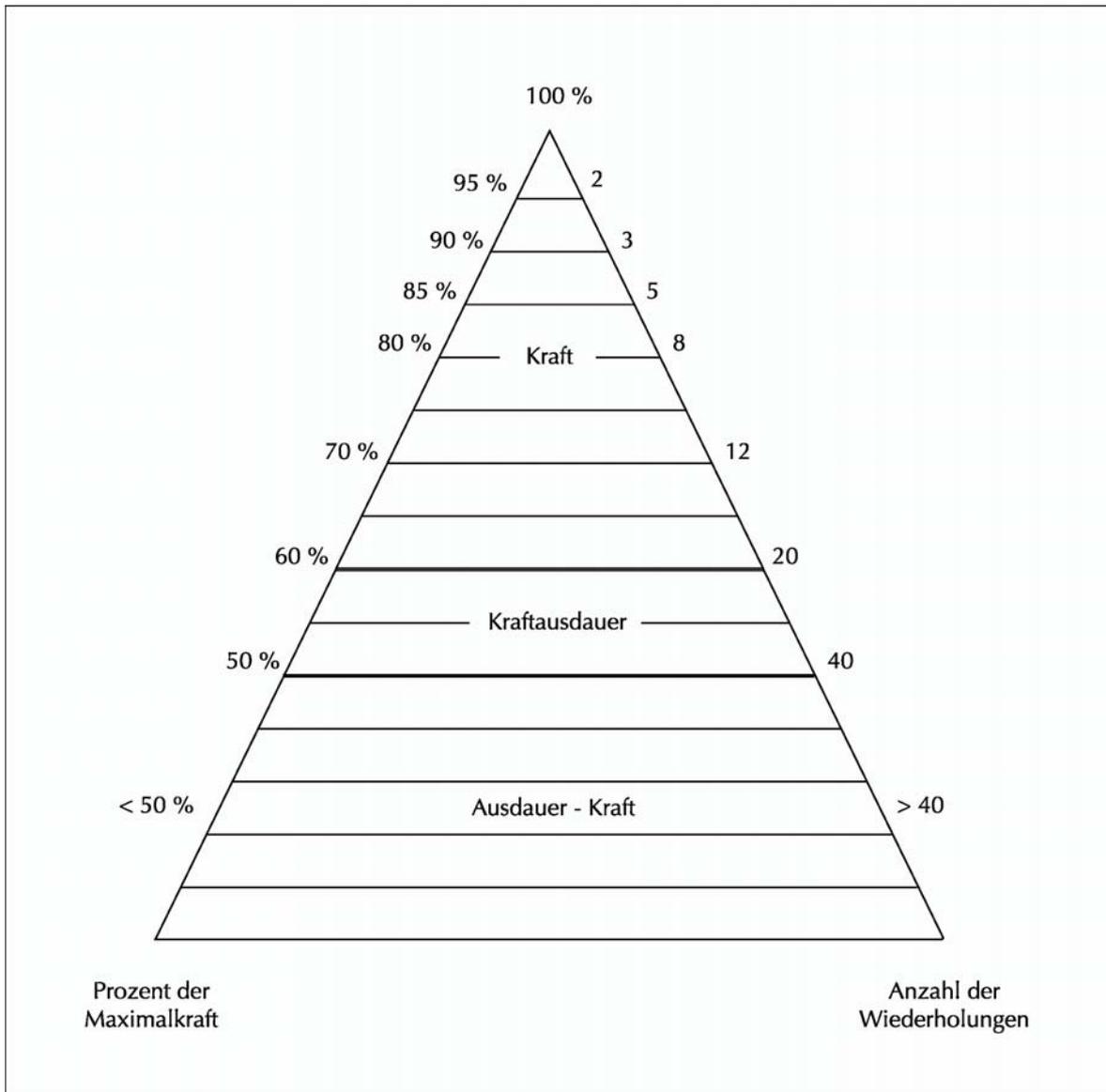


Abb. 3 Normogramm der Wiederholungen in Bezug zur Belastungsintensität (nach Schmidtbleicher 1994 Trainingslehreskriptum)

Zur Ermittlung der Maximalkraft verwendete ich das oben dargestellte Normogramm aus dem Trainingslehreskriptum. Mit der maximal absolvierten Anzahl der Wiederholungen erhält man aus dem Normogramm den Prozentsatz der Maximalkraft.

Setzt man diesen Prozentsatz und das Gewicht, mit dem die Wiederholungen absolviert wurden, in die folgende Formel ein, erhält man die Maximalkraft des Probanden in kg.

Formel für die Maximalkraft:

$$M_k = 100 \cdot \frac{A}{p} [\text{kg}]$$

M_k ... Maximalkraft [kg]

A Testgewicht [kg]

p Prozentsatz aus dem Normogramm [%]

2.5 Power-Plate

2.5.1 Beschreibung des Trainingsgerätes Power-Plate



Abb. 4 Das Trainingsgerät Power-Plate

Mit Power-Plate kann laut Hersteller der gesamte Körper trainiert werden. Die Vibrationen, welche von zwei Motoren ausgehen, sind auf der ganzen Platte gleichmäßig zu spüren und werden auf den Körper des Trainierenden übertragen. Es wird sowohl die obere als auch die untere Extremität in der geschlossenen Kette trainiert, wobei das Training der unteren geschlossenen Kette funktioneller ist.

Laut Hersteller ist das Gerät für alle Leistungs- und Altersklassen gleichermaßen gut geeignet, da man die Intensität gut variieren und somit individuell anpassen kann. Dies ist durch die drei verstellbaren Parameter Level, Frequenz und Zeit möglich. Die Amplitude der Vibrationen beträgt ca. 2 mm. (vgl. Janneke Kelderman, 2001, S. 7)

Die vom Gerät erzeugten Vibrationen sind dreidimensional. Die Frequenz kann in Fünferschritten von 30 bis 50 Hz variiert werden. Als Vibrationszeit stehen 30, 45 oder 60 Sekunden zur Auswahl. Nach Ablauf der gewählten Zeit stoppt das Gerät automatisch. Über den am Fuß der Stange montierten Repeat-Knopf kann man einen neuen Durchgang mit den zuvor gewählten Einstellungen starten. (vgl. Diplomarbeit v. Janneke Kelderman, 2001, S. 7)

Es gibt zwei Möglichkeiten, auf diesem Gerät zu trainieren: Zum einen die statische und zum anderen die dynamische Methode. Für den Untrainierten empfiehlt der Hersteller

statische Übungen mit dem Level „Low“ (kleine Amplitude), einer Frequenz von 30 Hz und einer Vibrationsdauer von 30 Sekunden. Zu Beginn sollte die Gesamttrainingszeit von zehn Minuten nicht überschritten werden. Zur Steigerung des Trainings kann die Zeitdauer verlängert und der Gelenkwinkel verändert werden. Eine zusätzliche Steigerung ist durch das dynamische Training möglich. Bei der Steigerung des Trainings ist immer auf die Verfassung der Patienten zu achten. Das Training mit Power-Plate beansprucht immer die geschlossenen Muskelketten und daher können Muskeln nicht isoliert trainiert werden, wodurch ist das Training physiologischer, funktioneller und sicherer ist. (vgl. www.power-plate.de)

2.5.2 Angaben des Herstellers

Bei konventionellem Krafttraining wird durch Erhöhung des Trainingsgewichtes eine Hypertrophie des Muskels erlangt. Diese erreicht man auf dem Gerät Power-Plate durch eine höhere Frequenz. Dabei werden Beschleunigungen bis zum 3,2-fachen der Erdanziehungskraft erreicht. Bei einer Person von 80 kg Körpergewicht entspricht dies einem theoretischen Zusatzgewicht von 176 kg! Laut Hersteller sollte im Anfängerstadium eine Einheit ungefähr 10 Minuten dauern, die Pausen zwischen den Übungen sind dabei berücksichtigt. Durch die Vibration wird eine Längenveränderung von der Muskelspindel registriert, die dann das Signal zur Anspannung des Muskels mittels Reflex sendet. (vgl. www.power-plate.de)

2.5.3 Technische Daten

Elektro-Anschluss	200-240 VAC 50 Hz
Gemessene Leistung	500 Watt
Stromstärke (Beim Starten)	2,1 A
Stromstärke (Nennwert)	1,0 A
Maße	800x1200x500 mm (BxHxT)
Tritthöhe	200 mm
Gewicht	90 Kg
Farbe	silbergrau
Bedienung	manuell
Max. Belastung	120 Kg

(vgl. www.power-plate.de)

3 Studienverlauf

3.1 Probandenprofil

Es nahmen sieben Männer und fünf Frauen an der Studie teil. Das durchschnittliche Alter der Probanden betrug 35,75 Jahre. Das Trauma oder die Operation lag im Durchschnitt zwei bis drei Monate zurück. Der Großteil der Probanden hatte ihre postoperative beziehungsweise posttraumatische Physiotherapie abgeschlossen, so dass nur mehr die Probleme der Atrophie und des Kraftdefizits bestanden. Die Probanden wurden in zwei Gruppen eingeteilt, wobei eine Gruppe mit sieben Probanden auf konventionelle Art, die andere Gruppe, ebenfalls mit sieben Probanden, am neuen Trainingsgerät Power-Plate trainierte. Zwei Probanden der konventionellen Gruppe beendeten das Training vorzeitig. Einer der beiden konnte aufgrund von Schmerzen nach der zweiten Einheit nicht mehr weitertrainieren und dem anderen war der Zeitaufwand für das Training zu groß. Dadurch konnten die Ergebnisse von nur fünf Probanden herangezogen werden.

Bei der Gruppe mit der konventionellen Trainingsmethode waren zwei Frauen und drei Männer, bei der Gruppe mit dem neuen Trainingsgerät waren drei Frauen und vier Männer. Die Gruppeneinteilung wurde vor der ersten Therapieeinheit durch das Los entschieden.

Alle Probanden hatten innerhalb des letzten Jahres eine Knieproblematik, welche meist auf operativen und selten auf konventionellen Weg therapiert wurde. Als Folge dieser Problematik litt jeder Proband unter einer Atrophie und deutlichem Kraftverlust am betroffenen Bein. Die detaillierten Diagnosen sind bei den Probandendaten in der Auswertung Kapitel 4.1 angeführt.

Da Schmerzen ein Ausschlusskriterium für meine Studie waren, versuchte ich durch die Erstbefundung die Qualität und die Quantität der Schmerzen zu erfassen.

Als Ausschlusskriterien galten:

- Die Schmerzquantität war mehr als 5/10
- Schmerzqualität war stechend, bohrend oder brennend
- Der Schmerz war konstant
- Der Schmerz war nach S.I.N. einzuteilen

Einige Probanden beider Gruppen klagten anfangs über Knieschmerzen. Diese Schmerzen erfüllten aber nicht die zuvor genannten Kriterien und die betroffenen Personen nahmen an der Studie weiterhin teil.

3.2 Messmethoden

Bei den Probanden wurden von mir die Maximalkraft und der Muskelumfang gemessen. Die Messung des Muskelumfangs erfolgte 10 cm proximal und 10 cm distal des Kniegelenkspaltes.

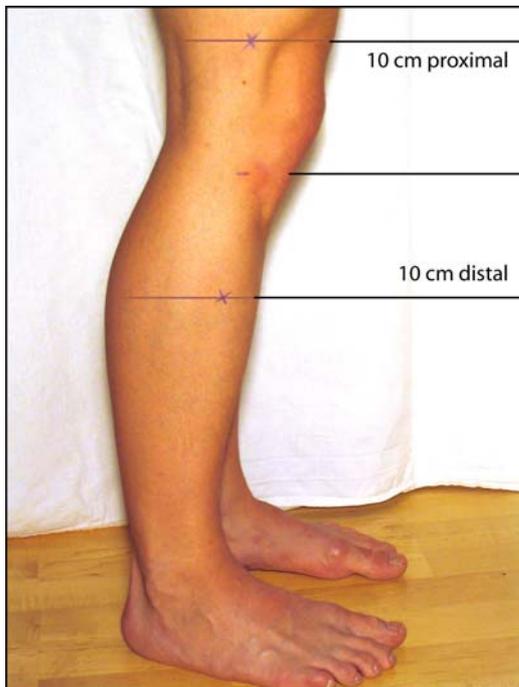


Abb. 5 Messpunkte für Muskelumfangmessung

Die Vorgehensweise der Maximalkraftmessung wurde bereits im Kapitel 2.4.3 erläutert. Durch diese beiden Größen kann ein zuverlässiger Vergleich getroffen werden und die dafür verwendeten Messverfahren erfüllen die grundlegenden Voraussetzungen eines Messbeziehungsweise Testverfahrens. (vgl. Brigitte Swonar, 2001)

Darunter versteht man die Einhaltung der allgemeinen Gütekriterien wie Objektivität, Reliabilität und Validität. Eine Meßmethode wird als objektiv bezeichnet, wenn sie frei von subjektiven Beurteilungen ist. Die Reliabilität beschreibt die Zuverlässigkeit einer Meßmethode. Im gleichen Atemzug kann der Begriff Reproduzierbarkeit genannt werden. Dieser besagt, dass der Test unter vergleichbaren äußeren Bedingungen bei einer Wiederholung zum gleichen Ergebnis führt. Daher gilt, dass keine Messung dem Einfluss des Untersuchers unterliegt. Die Validität beschreibt die Gültigkeit einer Meßmethode. Sie gibt an, ob die Testresultate tatsächlich das erfassen, was der Test bestimmen soll. Weitere Kriterien, die ein Test erfüllen soll, sind eine kurze Durchführungszeit und die schnelle Auswertbarkeit des Testverfahrens. Ebenso ist darauf zu achten, dass der Geräteaufwand

nicht zu groß wird, um wiederum die Reproduzierbarkeit zu ermöglichen. (vgl. Brigitte Swonar, 2001)

3.3 Trainingsverlauf

Die Dauer der gesamten Studie betrug fünf Wochen, in denen jeder Proband neun Einheiten absolvierte. In der ersten Einheit wurden die Rahmenbedingungen und der Verlauf der Studie besprochen sowie die Gruppeneinteilung ausgelost.

Es wurde darauf geachtet, dass die Regenerationszeiten zwischen den Einheiten genau eingehalten wurden, um den zuvor schon erläuterten Trainingseffekt der Superkompensation nutzen zu können.

Um die Studie nicht zu verfälschen und die Erholungsphasen der Patienten zu gewährleisten durfte von den Probanden kein zusätzliches Muskelaufbautraining betrieben werden.

Ebenso erfolgte in der ersten Einheit die Erstbefundung, bestehend aus der Anamnese, Maximalkraft- und Umfangsmessung.

Nach der vierten Einheit wurde neuerlich eine Maximalkraft- und Umfangsmessung durchgeführt, um dann das Trainingsniveau dementsprechend anzugleichen.

In der neunten und letzten Einheit wurde eine abschließende Maximalkraft- und Umfangsmessung durchgeführt, um einen genauen Aufschluss über die Maximalkraft- und Umfangssteigerung zu erhalten.

Die einzelnen Ergebnisse sind im Kapitel 4 festgehalten und werden im Kapitel 5 diskutiert.

3.4 Aufbau der Therapieeinheiten

Zu Beginn wurde fünf Minuten lang mittels Squats mit einer 10 kg schweren Langhantelstange aufgewärmt, danach erfolgte für zwanzig Minuten das eigentliche Krafttraining. In den letzten fünf Minuten fuhren die Teilnehmer, zur Auslockerung der stark beanspruchten Muskulatur auf dem Fahrradergometer.

Die Probanden beider Gruppen absolvierten zwei Übungen. Die erste war ein abgewandelter „Lunge“, wobei der Patient das betroffene Bein nach vorne stellte und im Ausfallschritt verweilte. Der Unterschied bei der Ausführung zwischen den beiden Gruppen war, dass die Power-Plate Gruppe keine zusätzlichen Bewegungen und die konventionelle Gruppe ein Beugen und Strecken des Kniegelenkes durchführte (Abb. 6a).

Die zweite Übung war eine tiefe therapeutische Kniebeuge und wurde von der Power-Plate Gruppe wiederum nur statisch durchgeführt (Abb. 6b).



Abb. 6 (a) Abgewandelter statischer „Lunge“ (b) tiefe Kniebeuge am Power-Plate

Die Gruppe mit dem konventionellen Training trainierte nach den offiziellen Richtlinien der Trainingslehre. Sie absolvierten die Übungen mit einer Langhantelstange zu fünf Sätzen mit zwölf Wiederholungen und jeweils ein bis zwei Minuten Pause. Als Richtwert für das Gewicht diente der aus der Maximalkraft ermittelte Wert.



Abb. 7 Abgewandelter statischer „Lunge“ nach der konventionellen Methode



Abb. 8 Tiefe therapeutische Kniebeuge nach der konventionellen Methode

Erreichten die Probanden nach fünf Sätzen mit zwölf Wiederholungen nicht die Belastungsgrenze, erfolgte auch zwischen den Maximalkraftmessungen eine Steigerung des Gewichtes, die individuell an den Probanden angepasst war.

Im Unterschied dazu wurden die Übungen am Trainingsgerät Power-Plate statisch und ohne Langhantel ausgeführt, da dies genügend Herausforderung für die Probanden darstellte. Die Probanden absolvierten zu Beginn fünf Wiederholungen mit dem Level Low, einer Frequenz von 30 Hz, der Zeitdauer von 30 Sekunden und einer Pause von ein bis zwei Minuten.

Hier erfolgte die Intensitätssteigerung durch eine höhere Frequenz, so dass die Probanden bis zu ihrer Belastungsgrenze trainierten.

4 Ergebnisse

Die Dauer der Studie betrug fünf Wochen, in denen jeder Proband neun Einheiten absolvierte. Dabei wurde bei den Probanden bei der ersten, vierten und neunten Trainingseinheit die Maximalkraft und der Muskelumfang gemessen.

Bei den Probanden der Power-Plate Gruppe wurden zusätzlich die gesteigerten Werte wie Level, Frequenz und Zeit des Trainingsgerätes mitprotokolliert.

Zuerst werden die Messwerte der einzelnen Probanden angeführt. Im Anschluss daran werden die Daten in Diagrammen dargestellt und gruppenweise verglichen. Dadurch erhält man einen einfacheren Vergleich der Probanden und der Gruppen.

In der Power-Plate Gruppe waren sieben Probanden, die in weiterer Folge mit Proband 1 bis Proband 7 bezeichnet werden. Die fünf Probanden der Gruppe mit der konventionellen Methode werden in weiterer Folge mit Proband 8 bis Proband 12 bezeichnet.

Um die Gruppenzugehörigkeit der dargestellten Daten besser zu erkennen, werden in den Diagrammen dafür zwei unterschiedliche Farben verwendet.



In Orange werden Werte der Gruppe Power-Plate dargestellt.



In Dunkelbraun sind die Werte der Gruppe mit der konventionellen Methode

4.1 Einzelergebnisse der Probanden

Hier werden die Daten zu den Probanden und ihre Messwerte während des Studienverlaufs festgehalten. Darunter sind die Angaben zur Person, wie das Geburtsdatum, das Geschlecht, die Diagnose, OP und die Gruppenzugehörigkeit angegeben, und im Weiteren sind alle Messwerte der Probanden zu finden.

4.1.1 Probanden der Power-Plate Gruppe

Proband 1

Angaben zur Person

Geboren am	22.01.1964
Geschlecht	männlich
Diagnose	veraltete Ruptur des Ligamentum cruciatum anterius sin., incarcerierter med. Meniscus, chron. Synovitis
OP	Semitendinosus Gracilis Plastik
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	7.1.2003	22.1.2003	3.2.2003
Maximalkraft [kg]	64	100	140
Umfang 10 cm prox. des Knies (Gesund/Verletzt) [cm]	43,0 / 42,5	43,0 / 43,0	42,0 / 44,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	37,5 / 34,5	37,0 / 35,0	38,0 / 35,3

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	36	76
Umfang 10 cm prox. des Knies (Gesund/Verletzt) [cm]	0,0 / 0,5	-1,0 / 1,5
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / 0,5	0,5 / 0,8

Tab. 1 Angaben und Messwerte von Proband 1

Bemerkungen

Zu Beginn spürte der Proband ein leichtes Ziehen in der rechten Wade, sonst gab es keine Probleme. Am 20.1. gab der Patient an, dass er keine Schmerzen hatte und sich beim Spazieren sichererer fühlte (mehr Stabilität im Knie).

Proband 2**Angaben zur Person**

Geboren am	11.9.1970
Geschlecht	männlich
Diagnose	Hämarthros gen. sin. mit ACL Ruptur, Korbhenkel-Läsion med. gen. sin. mit Horizontalriss der Randleiste, Läsion men. lat. mit Lattenbildung
OP	Meniskusresektion und Stumpfresektion ohne Plastik
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	9.1.2003	23.1.2003	5.2.2003
Maximalkraft [kg]	46	70	110
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	55 / 55	54 / 53	53,2 / 53,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	42 / 42	45 / 44	44,7 / 44,3

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	24	64
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-1,0 / -2,0	0,5 / 1,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	3,0 / 2,0	2,7 / 2,3

Tab. 2 Angaben und Messwerte von Proband 2**Bemerkungen**

Der Proband hatte zu Beginn einen dumpfen, retropatellären Schmerz bei der Durchführung von Kniebeugen.

Es waren kaum Umfangsdifferenzen, dafür eine deutliche Kraftdifferenz bei den Beinen festzustellen. Der Proband ist Bauarbeiter und war durch sein Kraftdefizit in seinem Beruf schwer beeinträchtigt.

Im Verlauf der Studie war beim Probanden eine große Kraftzunahme zu erkennen. Er fühlte sich zunehmend sicherer bei der Ausübung seines Berufes und traute sich und seinem Knie erstmals nach der Operation mehr zu.

Auch der zu Beginn bestehende Schmerz im betroffenen Knie war bis zum Ende der Studie vollkommen verschwunden.

Proband 3**Angaben zur Person**

Geboren am	30.7.1962
Geschlecht	weiblich
Diagnose	med. Meniskusläsion sin., vordere Kreuzbandruptur
OP	Juni 2002 arthroskopischer Meniskusglättung u. ST/G Plastik
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	10.1.2003	23.1.2003	5.2.2003
Maximalkraft [kg]	43	58	95,3
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	47,5 / 46,5	49 / 48	47,7 / 47,7
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	42,8 / 41,8	42,2 / 42,0	43 / 43

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	15	52,3
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	1,5 / 1,5	0,2 / 1,2
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,6 / 0,2	0,2 / 1,2

Tab. 3 Angaben und Messwerte von Proband 3**Bemerkungen**

Die Probandin ist eine berufstätige, alleinerziehende Mutter zweier Kinder und psychisch labil.

Zudem hatte sie im linken Knie eine Schwellung über der Patella und leichte Schmerzen bei der Extension. Während des Studienverlaufs nahmen die Schmerzen sehr schnell ab, jedoch die Schwellung ging nur sehr langsam zurück.

Proband 4**Angaben zur Person**

Geboren am	15.3.1975
Geschlecht	weiblich
Diagnose	1997 Vordere Kreuzbandruptur und athroskopischer Stumpfbandresektion dext., 13.10.2002 St. p. St/G ACL Ersatz und Miniskusnaht, med. Reruptur und incarcerierter Korbhenkel
OP	Athroskopie Korbhenkelextirpation re.
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	8.1.2003	20.1.2003	5.2.2003
Maximalkraft [kg]	44	66,7	95
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	43,5 / 42,0	44,0 / 43,2	46,5 / 44,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	38,5 / 37,0	38,0 / 37,7	37,0 / 37,5

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	22,7	51
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	0,5 / 1,2	3,0 / 2,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / 0,7	-1,5 / 0,5

Tab. 4 Angaben und Messwerte von Proband 4**Bemerkungen**

Die Probandin hat seit dem Jahr 1997 durchgehend Probleme mit ihrem rechten Knie. Nach einem Kreuzbandriss mit Meniskusauriss folgte eine Reihe von Eingriffen am Knie. Ebenso eine Kreuzbandplastik, welche jedoch zu weiteren Problemen führte, so dass das Kreuzband ein Jahr später gespalten und eine Wucherung entfernt werden musste. Nach dem April 1998 konnten trotz massiver Physiotherapie die Instabilität und das massive Streckdefizit im rechten Knie nicht behoben werden. Die Probandin war eine der wenigen, die im Bereich des M. Quadrizeps, vastus med. im Verlauf der Studie an Umfang zugenommen hatte.

Durch das Training mit dem Power-Plate erlangte die Probandin deutlich mehr Sicherheit im Knie beim Bergabgehen. Jedoch ein gelegentliches „Schnappen“ im Knie konnte nicht vollkommen behoben werden.

Daher empfahl ich der Probandin weiterhin ein koordinatives Training durchzuführen.

Proband 5

Angaben zur Person

Geboren am	8.6.1971
Geschlecht	männlich
Diagnose	Vorderer Kreuzbandriss
OP	Athroskopische St/G Plastik dext.
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	7.1.2003	21.1.2003	7.2.2003
Maximalkraft [kg]	59	100	130
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	46 / 43	46 / 43	46,5 / 44
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	37 / 36	37,8 / 37,0	37,7 / 37,5

Zuwachs

Maximalkraft [kg]		41	71
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]		0 / 0	0,5 / 1
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]		0,8 / 1,0	0,7 / 1,5

Tab. 5 Angaben und Messwerte von Proband 5

Bemerkungen

Der Proband bewältigte das Programm während der ganzen Studie problemlos und schmerzfrei.

Er bemerkte den Kraftzuwachs im Alltag vor allem beim Stiegen hinaufgehen.

Proband 6**Angaben zur Person**

Geboren am	21.6.1971
Geschlecht	männlich
Diagnose	Hämarthros gen. dext., Patellaluxation mit Abriss des M. vastus med., incipiente medialbetonte Gonarthrose
OP	Lateraler Release Bridiebohrung der Patella dext., Synovektomie, M. vastus med., Osteophytenabtragung
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	22.1.2003	29.1.2003	7.2.2003
Maximalkraft [kg]	60	98	136
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	43,5 / 41,5	44,0 / 43,0	44,5 / 44,5
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	38,0 / 38,4	38 / 38	38 / 37,8

Zuwachs

Maximalkraft [kg]		38	76
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]		0,5 / 1,5	1,0 / 3,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]		0,0 / -0,4	0,0 / -0,6

Tab. 6 Angaben und Messwerte von Proband 6**Bemerkungen**

Das Hauptproblem dieses Probanden war, dass er im Laufe seiner Sportlerkarriere bereits neun operative Eingriffe an seinem Knie hatte. Daraus resultierte die massive Schwellung proximal und lateral der Patella. Ebenso die anhaltenden Schmerzen bei der endgradigen Flexion resultierten aus dem palpierbaren Narbengewebe im Knie.

Dem Proband wurde nahegelegt, für die nächste Zeit weniger Sport zu betreiben und somit sein Knie zu schonen. Die Compliance war zu Beginn der Therapie sehr gering, jedoch mit Fortlauf der Studie stieg die Einsicht des Patienten und er hielt sich an den Vorschlag der Trainingspause. Der Patient erhielt begleitend zur Therapie eine Lymphdrainage, die sich positiv auf die Schwellung des Knies auswirkte.

In der zweiten Hälfte der Therapie bemerkte der Patient im Alltag eine Kraftzunahme beim Stiegen hinaufgehen.

Proband 7

Angaben zur Person

Geboren am	19.7.1965
Geschlecht	weiblich
Diagnose	vordere Kreuzbandinsuffizienz dext., Korbhenkelriss des men. med.
OP	August 2002, Arthroskopische Korbhenkelresektion, ST/G Plastik dext.
Gruppe	Power-Plate

Messungen

	8.1.2003	22.1.2003	6.2.2003
Maximalkraft [kg]	45	64	110
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	36,6 / 36,0	36,4 / 36,5	36,4 / 37,5
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	32,5 / 31,5	32,2 / 31,5	33 / 32,2

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	19	65
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,2 / 0,5	-0,2 / 1,5
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,3 / 0,0	0,5 / 0,7

Tab. 7 Angaben und Messwerte von Proband 7

Bemerkungen

Bei dem guten Ergebnis ist auf jeden Fall hinzuzufügen, dass die Probandin vor ihrer Verletzung über mehrere Jahre hindurch intensiv Leichtathletik betrieben hat.

Die Probandin hatte keine Schmerzen und verspürte nur nach der Maximalkraftmessung einen Muskelkater im M. quadrizeps.

Die Probandin bemerkte vor allem beim Stiegen hinuntergehen einen deutlichen Kraftzuwachs und fühlte sich auch im unwegsamen Gelände bzw. in Schnee und Matsch viel sicherer und traute sich und ihrem Knie nach dem Training viel mehr zu.

4.1.2 Probanden der Gruppe mit konventioneller Trainingsmethode

Proband 8

Angaben zur Person

Geboren am	25.3.1966
Geschlecht	männlich
Diagnose	ACL Ruptur, laterale Miniskuszysten
OP	Juni 2002 ST/G Plastik dext.
Gruppe	Konventionelles Krafttraining

Messungen

	7.1.2003	24.1.2003	7.2.2003
Maximalkraft [kg]	75	95,2	125
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	43 / 41	42,5 / 40,3	41,3 / 40
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	36,5 / 36,0	36,4 / 36,0	35,7 / 35,9

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	20,2	50
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / -0,7	-1,7 / -1,0
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,1 / 0,0	-0,8 / -0,1

Tab. 8 Angaben und Messwerte von Proband 8

Bemerkungen

Der Proband gab an, nach jeder Einheit einen Muskelkater zu haben.

Am 5.2.2003 erzählte der Proband, dass er zwei Tage zuvor starke Kreuzschmerzen hatte, so dass er über einen längeren Zeitraum weder schmerzfrei sitzen noch liegen konnte (Schmerzausmaß: 8/10).

In den darauf folgenden Einheiten kam ein geringeres Trainingsgewicht zum Einsatz, so dass der Schmerz nicht mehr ausgelöst wurde. Das heißt statt 71 kg wurden 50 kg für die Squats und statt 35 kg wurden 20 kg für die Lunges verwendet.

Am letzten Tag des Trainings, und somit dem Tag der letzten Maximalkrafttestung, war der Proband schmerzfrei.

Proband 9**Angaben zur Person**

Geboren am	21.3.1964
Geschlecht	männlich
Diagnose	Ruptur des ligamentum cruciatum ant. dext.
OP	Oktober 2002 ST/G Plastik
Gruppe	Konventionelles Krafttraining

Messungen

	7.1.2003	16.1.2003	6.2.2003
Maximalkraft [kg]	75	100	140
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	42,5 / 40,5	42,0 / 40,5	43,0 / 42,7
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	37 / 36	38 / 37	38,7 / 37

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	25	65
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / 0,0	0,5 / 2,2
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	1,0 / 1,0	1,7 / 1,0

Tab. 9 Angaben und Messwerte von Proband 9**Bemerkungen**

Der Proband betrieb seit seiner Kindheit intensives Bodybuilding und spielte bis zu seiner Verletzung regelmäßig Fußball.

Während der Studie am 22.1.2003 stürzte der Patient am Glatteis und hatte dadurch leichte Schmerzen an der Tub. tibiae. und an der Entnahmestelle der ST/G Plastik. (Schmerzausmaß: 2/10)

Das Training wurde weiterhin normal ausgeführt mit besonderer Vorsicht, den Schmerz nicht zu reproduzieren. In weiterer Folge traten keine weiteren Schmerzen auf.

Proband 10**Angaben zur Person**

Geboren am	11.3.1979
Geschlecht	weiblich
Diagnose	ACL Ruptur und dissloc. Korbhenkelriss sin.
OP	Dezember 2002 ST/G ACL Ersatz
Gruppe	Konventionelles Krafttraining

Messungen

	14.1.2003	24.1.2003	7.2.2003
Maximalkraft [kg]	54	66	111
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	41,3 / 37,2	41,7 / 38,5	42 / 40
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	35,2 / 33,0	35,2 / 34,0	35,5 / 34,5

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	12	57
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	0,4 / 1,3	0,7 / 2,8
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	0,0 / 1,0	0,3 / 1,5

Tab. 10 Angaben und Messwerte von Proband 10**Bemerkungen**

Erst eine Woche vor Beginn der Therapie durfte die Probandin laut ärztlicher Anordnung ihr Bein wieder voll belasten, daher waren zu Beginn der Therapie die Umfangsdifferenz und die Belastungsdifferenz der beiden Beine besonders deutlich.

Das gute Ergebnis der Probandin war darauf zurückzuführen, dass sie eine sehr gute Compliance hatte und auch vor der Verletzung ein intensives Training durchführte.

Die Probandin hatte während der Therapie keine Schmerzen im Gelenk, jedoch klagte sie nach jeder Einheit über einen starken Muskelkater.

Proband 11**Angaben zur Person**

Geboren am	23.3.1966
Geschlecht	weiblich
Diagnose	ACL Insuffizienz gen. dext. Riss des Seitenbandes med. und Riss vorderes Kreuzband, Hinterhorn-Läsion med. men.
OP	November 2002 arthroskopische Hinterhornmeniskektomie med. ST/G Plastik
Gruppe	Konventionelles Krafttraining

Messungen

	8.1.2003	23.1.2003	6.2.2003
Maximalkraft [kg]	54	73	80
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	43 / 41	44,0 / 43,5	45,0 / 44,2
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	37 / 37	37,2 / 37,9	38,0 / 38,5

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	19	26
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	1,0 / 2,5	2,0 / 1,2
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	0,2 / 0,9	1,0 / 1,5

Tab. 11 Angaben und Messwerte von Proband 11**Bemerkungen**

Die Probandin hatte während der gesamten Therapie keine Schmerzen, klagte jedoch nach jeder Therapie über starken Muskelkater, der erst nach zwei bis drei Tagen besser wurde.

Proband 12**Angaben zur Person**

Geboren am	8.9.1954
Geschlecht	männlich
Diagnose	med. Meniskushinterhornläsion sin., Knorpeldefekt med. Femurcondyl, chron. hypertrophe Synovialitis
OP	Oktober 2002 arthroskopische Hinterhornmenisektektomie
Gruppe	Konventionelles Krafttraining

Messungen

	8.1.2003	23.1.2003	6.2.2003
Maximalkraft [kg]	60	70	110
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	45,0 / 42,7	44,5 / 43,7	46,5 / 44
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	40,0 / 38,6	39,5 / 39,0	40 / 39

Zuwachs

Maximalkraft [kg]	10	50
Umfang 10 cm prox. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / 1,0	1,5 / 1,3
Umfang 10 cm dist. des Knies (Ges./Verl.) [cm]	-0,5 / 0,4	0,0 / 0,4

Tab. 12 Angaben und Messwerte von Proband 12**Bemerkungen**

Der Proband hatte während des gesamten Trainings keinerlei Probleme und Schmerzen, jedoch klagte er über Muskelkater nach den Trainingseinheiten.

Die Kraftzunahme machte sich beim Probanden dadurch bemerkbar, dass er sich beim Gehen im Gelände sicherer fühlte und in weiterer Folge das Lauftraining wieder aufnehmen konnte.

4.2 Ergebnisse bei der Maximalkraft

In diesem Abschnitt werden die Maximalkraftwerte und deren Veränderungen während der Studie dargestellt.

4.2.1 Maximalkraft bei der Erstmessung

In der ersten Trainingseinheit wurden die Maximalkraftwerte der Probanden ermittelt, welche als Vergleichsbasis für die weiteren Messungen dienen. Die ermittelten Ergebnisse sind hier in einem Diagramm zusammengestellt.

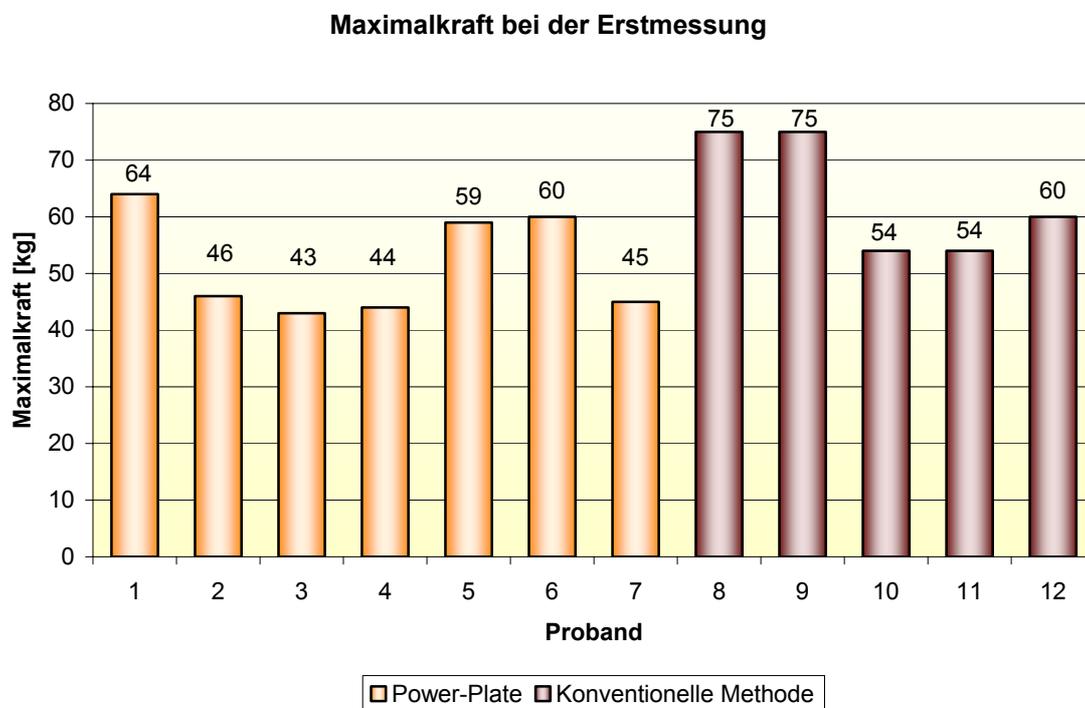


Abb. 9 Maximalkraft der Probanden bei der Erstmessung (in kg)

Bei der Maximalkraft sind zwischen den Gruppen starke Unterschiede bei den Minima und Maxima zu erkennen. Diese ergeben sich teils aus den unterschiedlichen Geschlechtern und der präoperativen Trainingszustände. Zu Beginn herrschte also ein inhomogenes Ausgangsniveau.

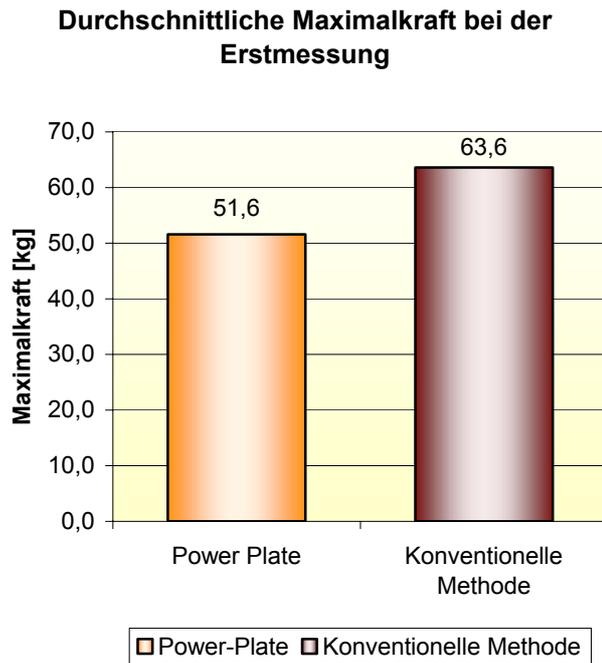


Abb. 10 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Erstmessung (in kg)

Vergleicht man die im oben dargestellten Diagramm durchschnittlichen Maximalkraftwerte der beiden Gruppen, so kann man erkennen, dass die Probanden der Power-Plate Gruppe ein um 12 kg niedrigeres Ausgangsniveau hatten.

4.2.2 Maximalkraft und Veränderungen bei der Zwischenmessung

Um einen genaueren Verlauf der Veränderung der Maximalkraft zu erhalten, wurde in der Mitte der Studie eine Zwischenmessung vorgenommen. Die in der Zwischenmessung ermittelten Maximalkraftwerte sind im folgenden Diagramm dargestellt.

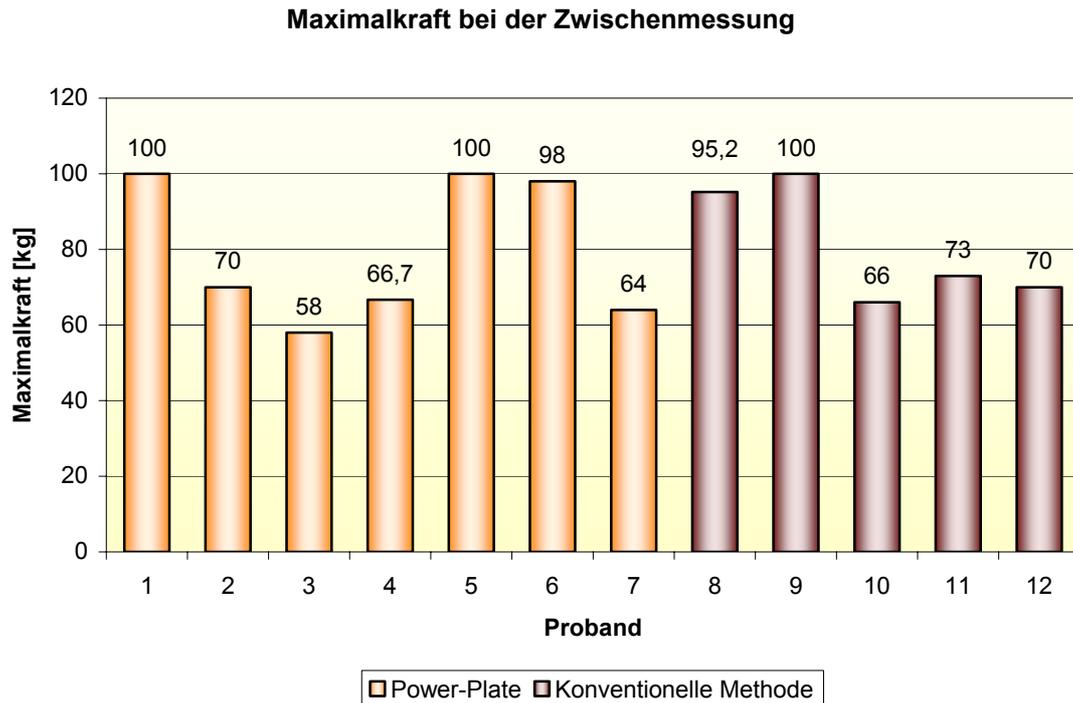


Abb. 11 Maximalkraft der Probanden bei der Zwischenmessung (in kg)

Man sieht, dass sich die minimalen und maximalen Kraftwerte zwischen den Gruppen angeglichen hatten und es keine großen Unterschiede mehr gab. Bei der Zwischenmessung hatte sich also ein homogenes Maximalkraftniveau eingestellt.

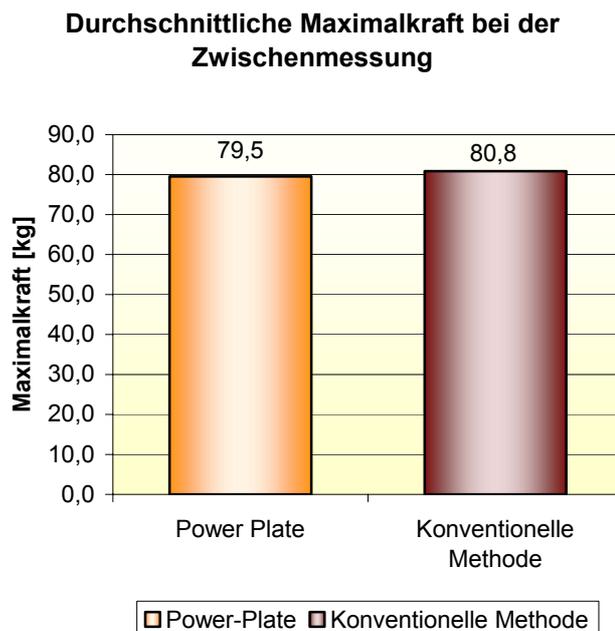


Abb. 12 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Zwischenmessung (in kg)

Wie man erkennen kann, hatte sich der Maximalkraftdurchschnitt der beiden Gruppen bereits angeglichen. Die Power-Plate Gruppe hatte den Rückstand von 12 kg bei der Erstmessung nach zwei Wochen auf 1,3 kg verringert.

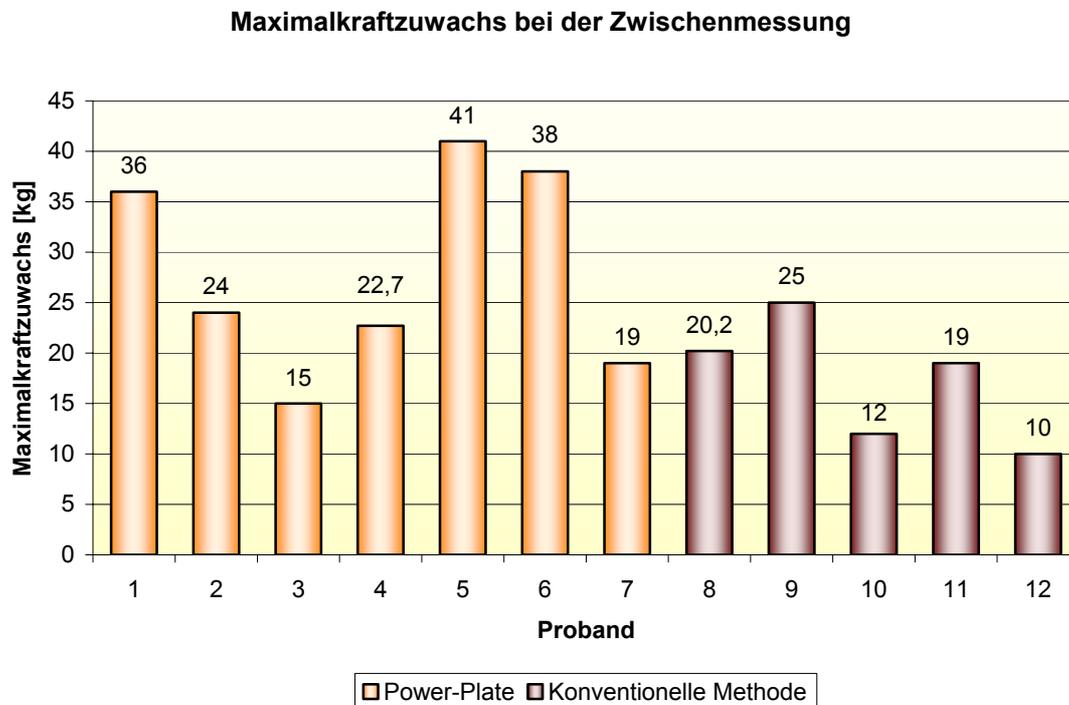


Abb. 13 Maximalkraftzuwachs der Probanden bei der Zwischenmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung

Man sieht hier den Maximalkraftzuwachs der einzelnen Probanden zwischen der Erst- und der Zwischenmessung. Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Probanden der Power-Plate Gruppe einen deutlich höheren Muskelzuwachs erreichten. Allgemein kann gesagt werden, dass Probanden, die bereits ein höheres Ausgangsniveau hatten, einen größeren Muskelzuwachs erzielten.

Es wird noch der durchschnittliche Muskelzuwachs der beiden Gruppen zwischen der Erst- und der Zwischenmessung gezeigt.

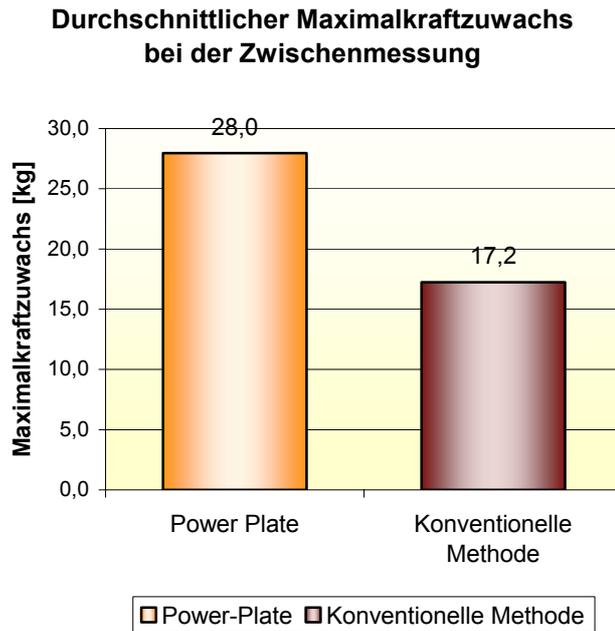


Abb. 14 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Zwischenmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.

Der Maximalkraftzuwachs betrug bei der Power-Plate Gruppe 28 kg und bei der konventionellen Gruppe 17,2 kg. Daraus ergibt sich ein um 10,8 kg größerer Maximalkraftzuwachs für die Power-Plate Gruppe.

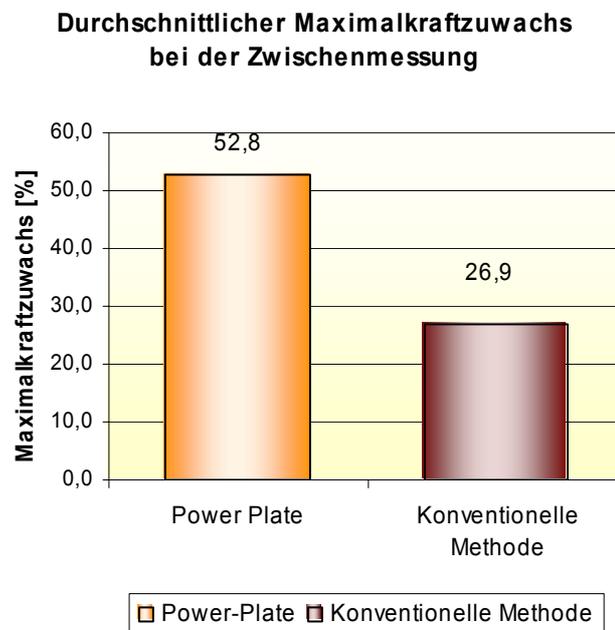


Abb. 15 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Zwischenmessung (in %), verglichen mit der Erstmessung.

Aus den Diagrammen geht der höhere Muskelzuwachs der Power-Plate Gruppe noch einmal deutlich hervor.

4.2.3 Maximalkraft und Veränderungen bei der Abschlussmessung

Hier sind die Maximalkraftwerte der einzelnen Probanden bei der Abschlussmessung dargestellt.

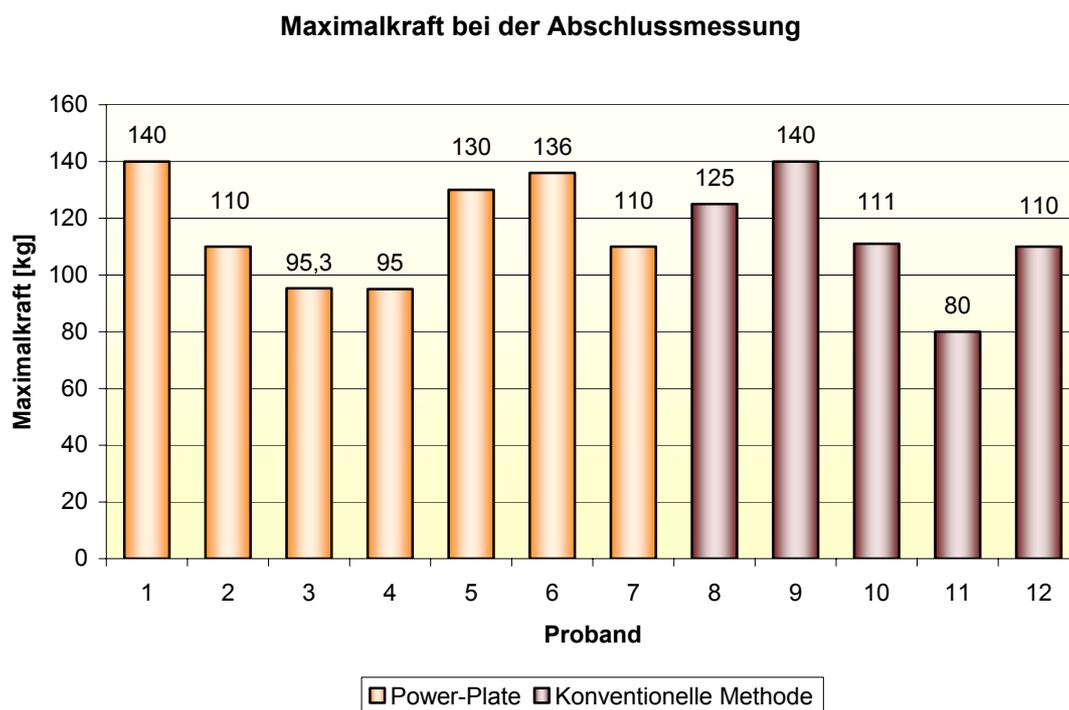


Abb. 16 Maximalkraft der Probanden bei der Abschlussmessung (in kg)

Es lässt sich hier erkennen, dass der Maximalwert der beiden Gruppen gleich, aber der Minimalwert der konventionellen Gruppe niedriger war.

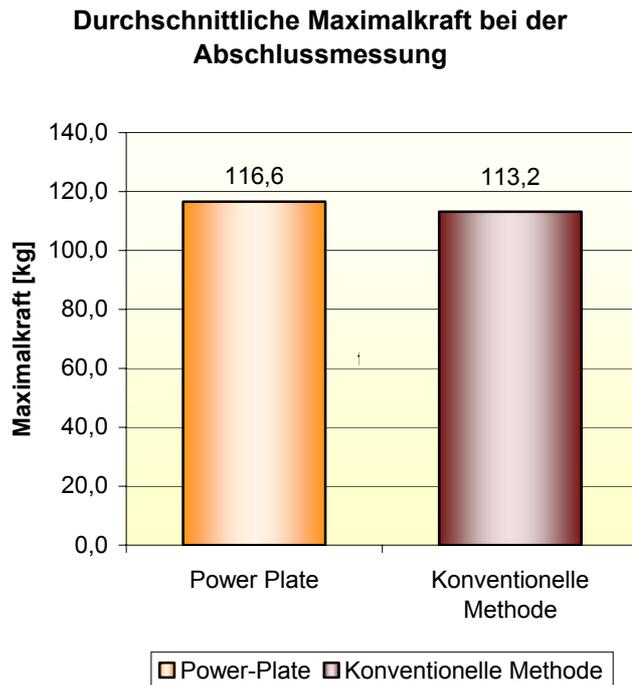


Abb. 17 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Abschlussmessung (in kg)

Die Power-Plate Gruppe erreichte mit 116,6 kg eine um 3,4 kg größere durchschnittliche Maximalkraft als die konventionelle Gruppe mit 113,2 kg.

Die Abschlussmessung zeigt, dass die Probanden der Power-Plate Gruppe einen deutlich höheren Maximalkraftzuwachs aufwiesen.

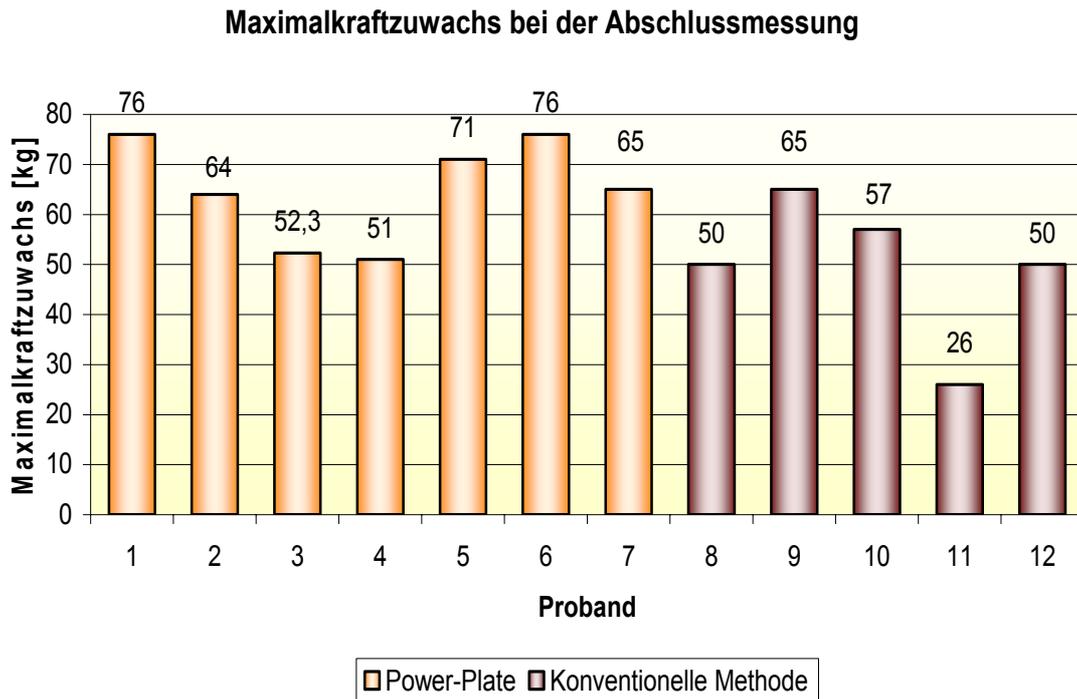


Abb. 18 Maximalkraftzuwachs der Probanden bei der Abschlussmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung

Der höhere Muskelzuwachs der einzelnen Probanden der Power-Plate Gruppe spiegelt sich im Gruppenvergleich wider.

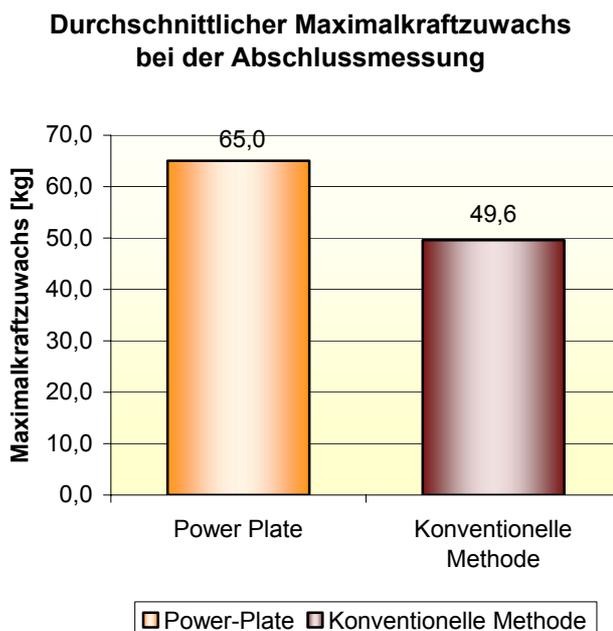


Abb. 19 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Abschlussmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.

Die Power-Plate Gruppe erzielte einen Maximalkraftzuwachs von 65 kg, bei der konventionellen Gruppe wurden 49,6 kg erzielt. Die Power-Plate Gruppe hatte einen um 15,4 kg größeren Zuwachs.

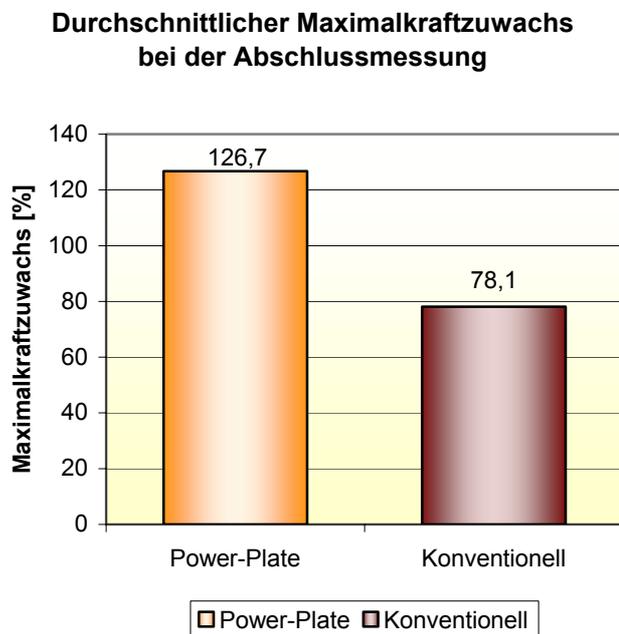


Abb. 20 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Abschlussmessung (in %), verglichen mit der Erstmessung.

Die Power-Plate Gruppe hatte einen durchschnittlichen Muskelzuwachs von 126,7 % und die konventionelle Gruppe 78,1 %. Es ist daraus ersichtlich, dass die Power-Plate Gruppe eine um 48,6 % größere Steigerung erzielte.

4.2.4 Veränderungen der Maximalkraft während der Studie

Zum Schluss sei noch der Verlauf des durchschnittlichen Maximalkraftzuwachses bei den einzelnen Messungen dargestellt.

Bei der Erstmessung lag die Power-Plate Gruppe mit der durchschnittlichen Maximalkraft um 12 kg zurück. Bis zur Zwischenmessung hatte sich der Rückstand auf 1,3 kg verringert und letztendlich stellte sich bei der Abschlussmessung ein Vorsprung von 3,2 kg ein.

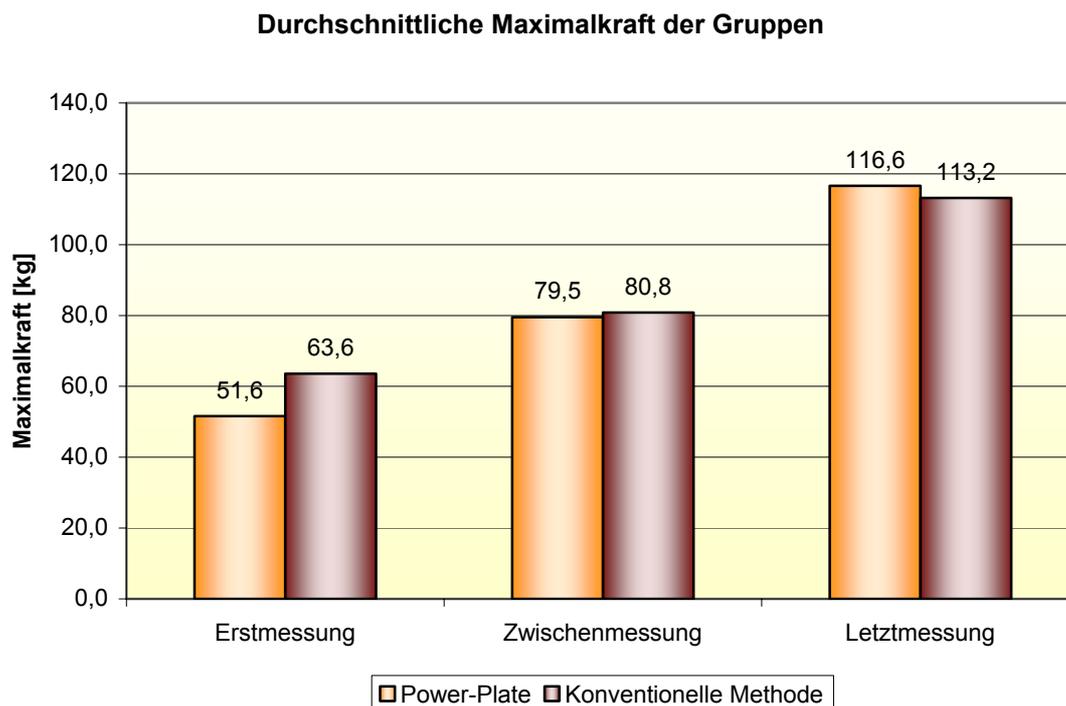


Abb. 21 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei Erst-, Zwischen und Abschlussmessung (in kg).

Bei der Erstmessung wurden die Maximalkraftwerte der einzelnen Probanden gemessen. Die dabei ermittelten Werte lagen im Bereich von 43 kg bis 75 kg. Um die beiden Gruppen besser vergleichen zu können, wurden die Gruppendurchschnittswerte der Maximalkraft berechnet. Diese lag für die Power-Plate Gruppe bei 51,6 kg und für die konventionelle Gruppe bei 63,6 kg. Verglichen mit der konventionellen Gruppe war die durchschnittliche Maximalkraft der Power-Plate Gruppe um 12 kg niedriger.

Die Zwischenmessung wurde zur Studienmitte durchgeführt, um den Verlauf der Werte während der Studie besser dokumentieren zu können. Die Maximalkraftwerte der Probanden in der Power-Plate Gruppe lagen im Bereich von 58 kg (Minimalwert) bis 100 kg (Maximalwert) und bei der konventionellen Gruppe im Bereich von 66 kg bis 100 kg. Vergleicht man die durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen, hatte die Power-Plate Gruppe mit 79,5 kg auf die konventionelle Gruppe mit 80,8 kg aufgeschlossen. Bei der Zwischenmessung hatte sich also ein homogenes Maximalkraftniveau eingestellt. Betrachtet man den durchschnittlichen Maximalkraftzuwachs, dann hatte die Power-Plate Gruppe mit 28 kg einen um 10,2 kg höheren Zuwachs als die konventionelle Gruppe mit einem Zuwachs von 17,2 kg. Der minimale und maximale Maximalkraftzuwachs der Probanden in der Power-Plate Gruppe waren 15 kg und 41 kg und in der konventionellen Gruppe 10 kg und 25 kg.

Bei der Abschlussmessung wurden folgende Werte ermittelt: Die Maximalkraftwerte der Probanden in der Power-Plate Gruppe lagen im Bereich von 95 kg (Minimalwert) bis 140 kg (Maximalwert) und bei der konventionellen Gruppe im Bereich von 80 kg bis 140 kg.

Die durchschnittliche Maximalkraft der Gruppe Power-Plate lag bei 116,6 kg und für die konventionelle Gruppe bei 113,2 kg. Die Power-Plate Gruppe hatte am Ende die konventionelle Gruppe überholt, obwohl sie einen um 12 kg niedrigeren Ausgangswert hatte. Beim durchschnittlichen Maximalkraftzuwachs hatte die Power-Plate Gruppe mit 65 kg einen um 15,4 kg höheren Zuwachs als die konventionelle Gruppe mit 49,6 kg. Gegenüber der Zwischenmessung hatte sich die Differenz zwischen den Gruppen um weitere 5,2 kg zu Gunsten der Power-Plate Gruppe vergrößert. Die Minimal- und Maximalwerte für den Maximalkraftzuwachs der Power-Plate Gruppe waren 51 kg und 76 kg und in der konventionellen Gruppe 26 kg und 65 kg.

4.3 Ergebnisse Muskelumfang

Als Vergleich dienten die Muskelumfangswerte für das gesunde und für das verletzte Bein. Dabei wurden die Werte gruppenweise zusammengefasst. In den Diagrammen sieht man die durchschnittlichen Muskelumfangswerte für das gesunde und verletzte Bein.

4.3.1 Muskelumfang bei der Erstmessung

Zu Beginn sind die Werte von der Erstmessung, 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes, dargestellt.

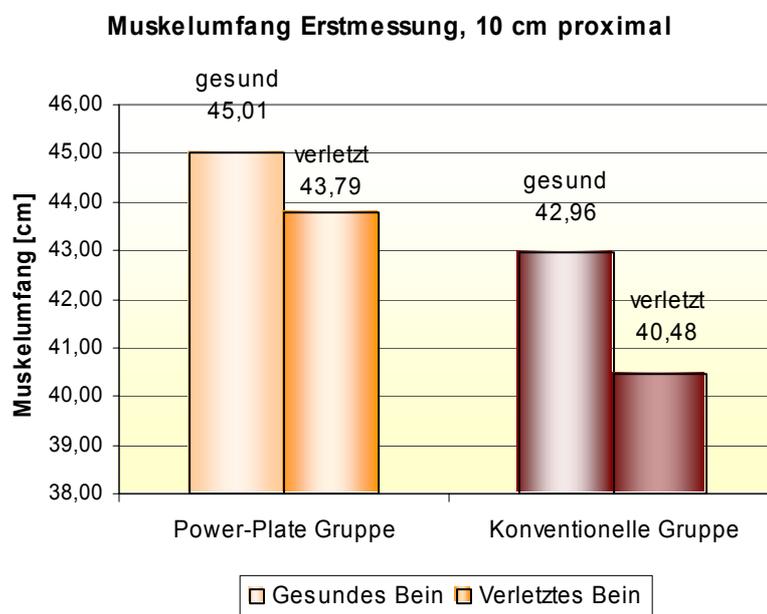


Abb. 22 Muskelumfang bei der Erstmessung (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes

Beim durchschnittlichen Muskelumfang der Power-Plate Gruppe betrug die Differenz zwischen dem gesunden und verletzten Bein 1,22 cm und bei der konventionellen Gruppe 2,48 cm.

Als nächstes sind die durchschnittlichen Muskelumfangswerte von der Erstmessung, 10 cm distal des Kniegelenkspaltes, dargestellt.

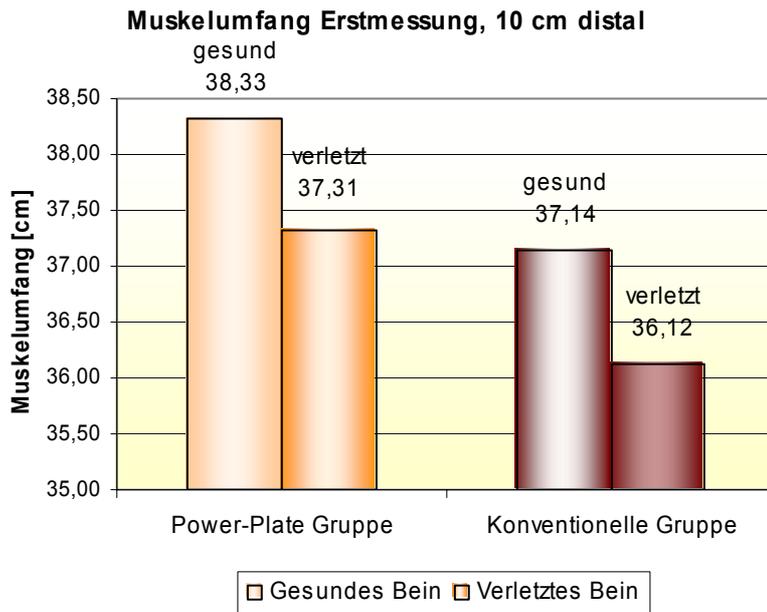


Abb. 23 Muskelumfang bei der Erstmessung (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes

Hier lagen die Differenzen für beide Gruppen bei 1,02 cm.

4.3.2 Muskelumfang bei der Abschlussmessung

Als erstes sind die Werte von der Abschlussmessung, 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes, dargestellt.

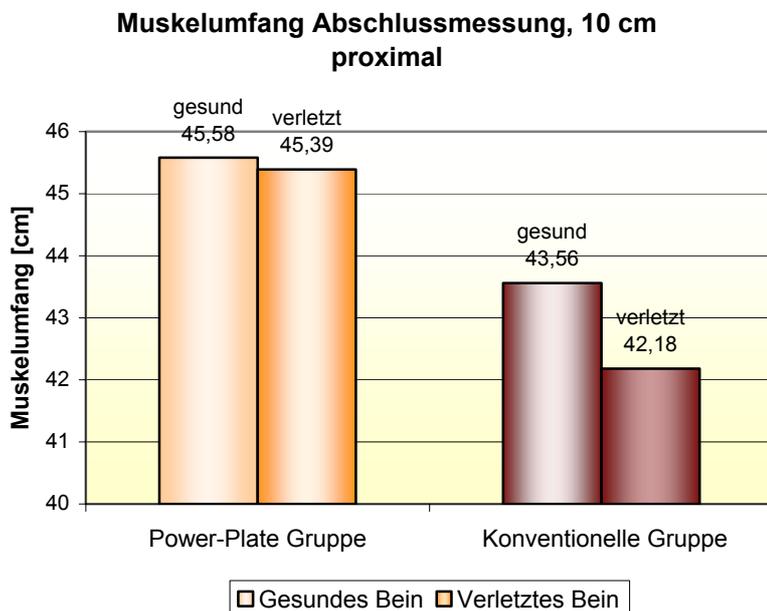
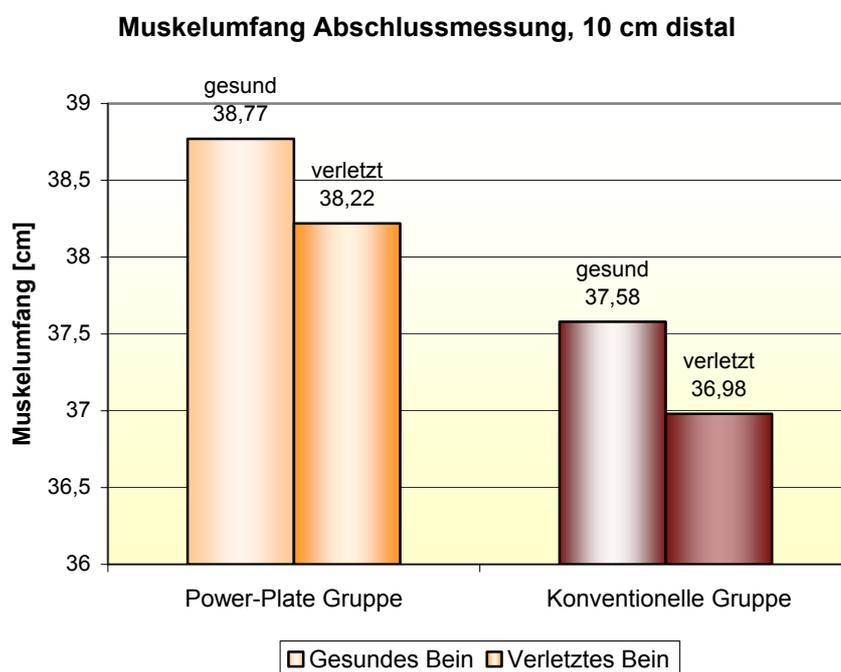


Abb. 24 Muskelumfang bei der Abschlussmessung (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes

Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist betrug die Differenz bei der Abschlussmessung des durchschnittlichen Muskelumfangs zwischen dem gesunden und verletzten Bein für die Power-Plate Gruppe 0,19 cm und für die konventionelle Gruppe 1,38 cm.

Als nächstes sind die durchschnittlichen Muskelumfangswerte der Abschlussmessung, 10 cm distal des Kniegelenkspaltes, dargestellt.

**Abb. 25 Muskelumfang bei der Abschlussmessung (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes**

Distal betrug die Differenz des durchschnittlichen Muskelumfangs zwischen dem gesunden und verletzten Bein für die Power-Plate Gruppe 0,55 cm und für die konventionelle Gruppe 0,6 cm.

4.3.3 Änderungen des Muskelumfangs zwischen Erst- und Abschlussmessung

Hier werden die Änderungen des Muskelumfangs zwischen der Erst- und der Abschlussmessung dargestellt. Dabei wurden die Werte für das gesunde und für das verletzte Bein gruppenweise zusammengefasst.

Generell konnten bei den Umfangsmessungen keine großen Veränderungen festgestellt werden. Die möglichen Gründe dafür werden noch ausführlich diskutiert.

Als Erstes sind die Veränderungen des Muskelumfangs, 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes, dargestellt.

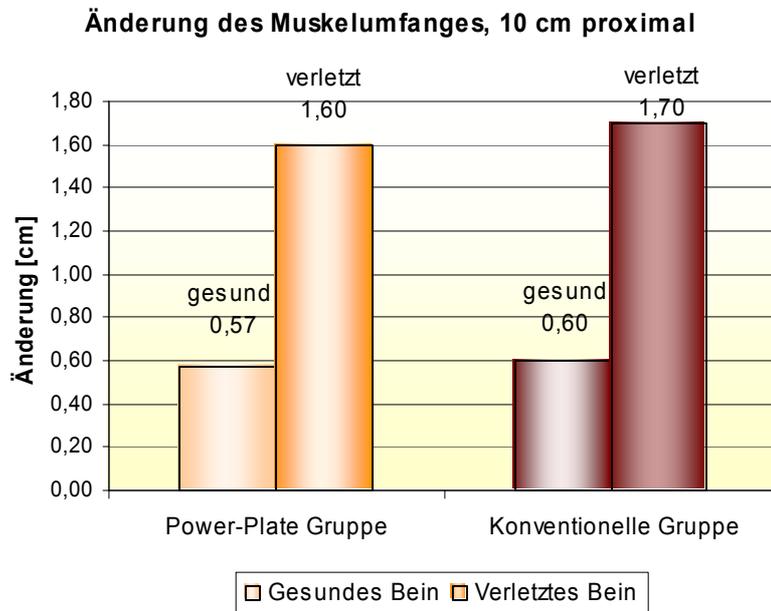


Abb. 26 Änderung des Muskelumfanges (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes

Bei beiden Gruppen ergaben sich ähnliche Werte, wobei zu erkennen ist, dass das verletzte Bein einen größeren Zuwachs des Muskelumfangs aufweist. Die Differenz beim Zuwachs des Muskelumfangs war bei der Power-Plate Gruppe 1,03 cm und bei der konventionellen Gruppe 1,1 cm.

Abschließend sind noch die Werte 10 cm distal des Kniegelenkspaltes dargestellt.

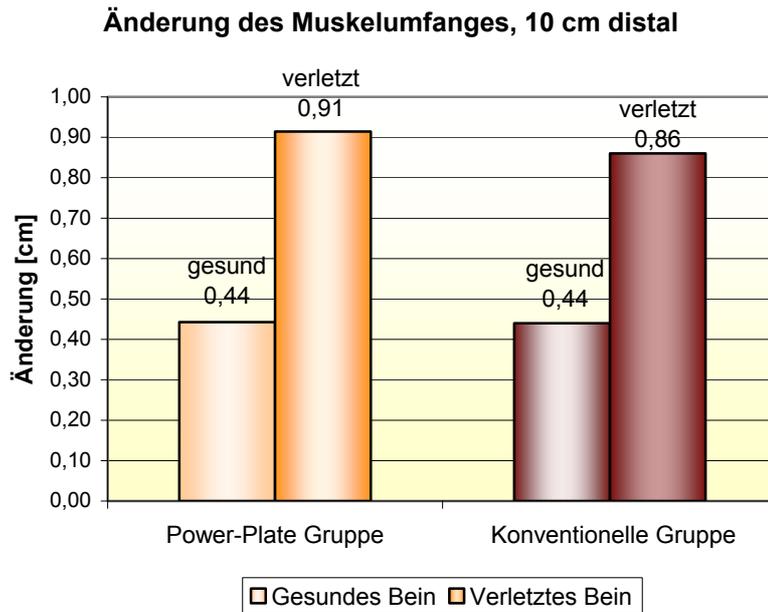


Abb. 27 Änderung des Muskelumfanges (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes

Wie bei den Werten vorher, zeigt auch hier das verletzte Bein einen höheren Zuwachs des Muskelumfanges. Die Veränderungen waren jedoch geringer als bei den Werten 10 cm proximal. Die Differenzen der Muskelumfänge zwischen gesunden und verletzten Bein waren bei der Power-Plate Gruppe 0,47 cm und bei der konventionellen Gruppe 0,42 cm.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Im vorigen Kapitel 4 wurden die ermittelten Ergebnisse aufbereitet und zur einfacheren Bewertung in Form von Tabellen und Diagrammen dargestellt.

Die von mir gestellte Frage, ob der Einsatz von Vibrationen in der Physiotherapie eine Steigerung des Hypertrophietrainings bewirkt, soll nun anhand der Ergebnisse untersucht und diskutiert werden.

Wie schon oben erwähnt, führten beide Gruppen ein gleichwertiges Training durch. Dabei hatten beide Gruppen grundsätzlich die gleichen Übungen. Diese Übungen absolvierten sie aber unter unterschiedlichen Bedingungen, wobei die Probanden beider Gruppen immer an ihre Belastungsgrenze gingen. Auffallend dabei war, dass die Probanden der Power-Plate Gruppe eine viel kürzere Erholungszeit zwischen den Sätzen benötigten.

Alle zwölf Teilnehmer absolvierten die vorgegebenen neun Trainingseinheiten. Aufgrund dessen konnte ich alle Werte der Probanden zur Untersuchung heranziehen.

5.1.1 Maximalkraft

Betrachtet man die Steigerung der durchschnittlichen Maximalkraft der Probanden aus der Power-Plate Gruppe, sieht man eine Maximalkraftsteigerung um 65 kg. Die Probanden der Gruppe mit der konventionellen Methode kamen auf eine durchschnittliche Maximalkraftsteigerung von 49,6 kg. Wie daraus ersichtlich ist, konnte die Power-Plate Gruppe eine um 15,4 kg größere Steigerung erzielen. Die möglichen Gründe, die zu diesen Ergebnissen führten, werden im Folgenden noch genau diskutiert.

Man kann aufgrund der ermittelten Werte den Rückschluss ziehen, dass der Einsatz von Vibrationen, das Krafttraining im positiven Sinne beeinflusst.

Vibrationen lösen Reflexe aus, welche die Ia-Fasern der Muskelspindel erregen. Dadurch kommt es zu reflexartigen, tonischen Muskelkontraktionen, die den Muskeltonus erhöhen.

Diesen Reflex nennt man den tonischen Vibrationsreflex (TVR). (vgl. Jan Scherzer, S. 13)

Je nach Frequenz erfolgt der Reflex zwischen 30- und 60-mal pro Sekunde. Dadurch wird die Muskulatur isometrisch kontrahiert. Der Reflex wird nicht vom Körper bewusst und

willentlich, sondern durch die Vibration gesteuert, dadurch ist keine zusätzliche Anstrengung des Probanden notwendig. (vgl. www.magicvibe.nl)

Die Vibration wirkt sich auch positiv auf die Ausschüttung von Hormonen aus, das hat unter anderem Carmelo Bosco in seinen Veröffentlichungen im Jahre 2000 dargelegt. Er fand heraus, dass durch die Vibrationen vermehrt Testosteron gebildet wird. Der Testosteronspiegel steigt dabei reaktiv signifikant an und es kommt in Folge dessen zu einem schnelleren Muskelwachstum. (vgl. Jan Scherzer, S. 16)

Weiters kommt es durch Vibrationen zu einer vermehrten Ausschüttung der muskelwachstumsfördernden Hormone HGH und IGF. Das dabei im Hypophysenvorderlappen gebildete Wachstumshormon HGH regt die Proteinbiosynthese an und steigert die DNA Synthese. Das Hormon IGF (Somatomedine) ist als Wachstumsfaktor an der normalen körperlichen Entwicklung beteiligt und ein weiterer angenehmer Nebeneffekt ergibt sich durch die Ausschüttung des Hormons Serotonin, welches im ZNS Einfluss auf die Stimmung und die Körpertemperatur nimmt. (vgl. Pschyrembel)

Eine weitere mögliche Erklärung für das bessere Ergebnis der Power-Plate Gruppe ist, dass Vibrationen nachweislich die Durchblutung der Muskulatur steigern. Die durch den TVR ausgelöste Kontraktion bewirkt, dass die Kapillaren zusammengedrückt werden und es zu einer Ischämie kommt. In der darauf folgenden Entspannungsphase wird die Kapillare wieder entspannt und es kann reaktiv wieder Blut nachfließen.

Durch die kurz aufeinander folgenden Phasen der An- und Entspannung entsteht ein Pumpeffekt, der die Durchblutung steigert. Je nach gewählter Frequenz wird die Muskulatur in einer Sekunde 30- bis 50-mal angespannt und wieder gelockert. Dadurch wird sowohl das sauerstoffarme Blut und das Lactat schneller abtransportiert, als auch die Glukose als Energieträger und das sauerstoffreiche Blut schneller zugeführt. (vgl. Janneke Kelderman, Hochschule, 2001, S. 23)

Beim konventionellen Krafttraining kontrahiert sich der Muskel einige Sekunden maximal, so werden die Kapillaren auch einige Sekunden komprimiert. Die Durchblutung nimmt eher ab, da die Lockerungsphase meist zu kurz ist, um genügend Blut nachfließen zu lassen und so entsteht während des Trainings oft eine Minderversorgung. (vgl. Janneke Kelderman, 2001, S. 23)

5.1.2 Muskelumfang

Bei der Abschlussmessung des Muskelumfangs konnte gegenüber der Erstmessung festgestellt werden, dass beide Gruppen einen ähnlich großen Zuwachs des Muskelumfangs aufwiesen. Dabei erreichte die Power-Plate Gruppe proximal einen Muskelumfangszuwachs von 0,57 cm für das gesunde und 1,6 cm für das verletzte Bein. Distal lagen die Zuwächse bei 0,44 cm für das gesunde und 0,91 cm für das verletzte Bein. Die konventionelle Gruppe erzielte einen proximalen Zuwachs von 0,6 cm für das gesunde und 1,7 cm für das verletzte Bein. Die distalen Werte lagen bei 0,44 cm für das gesunde und 0,86 cm für das verletzte Bein.

Der höhere Muskelumfangszuwachs des verletzten Beins resultierte auch daraus, dass bei einer der beiden Übungen nur das verletzte Bein trainiert wurde.

Die maximale Steigerung des Muskelumfangs war 3,2 cm und beim minimalen Wert kam es sogar zu einer Abnahme von 1,7 cm. Der Grund für die unterschiedlichen Veränderungen des Muskelumfangs liegt darin begründet, dass die Probanden verschiedene Ausgangsniveaus hatten. Sportlich aktive Probanden hatten einen deutlich schnelleren Zuwachs als sportlich inaktive. Die Abnahme ist dadurch zu erklären, dass zu Beginn eines jeden Trainings mehr subkutanes Fettgewebe abgebaut als Muskelmasse aufgebaut wird.

Im Verlauf der Studie war zu beobachten, dass die Kraftsteigerung nicht im direkten Verhältnis zur Zunahme des Muskelumfangs stand. Aus der Trainingslehre ist bekannt, dass sich die Maximalkraft wesentlich schneller als der Muskelumfang steigert.

Einen Grund dafür beschreibt Dr. med. Dr. phil. habil. Jürgen Weineck in seinem Buch „Optimales Training“ (12. Auflage). Zu Beginn eines Krafttrainings kommt es schon nach kurzer Zeit zu einer Kraftzunahme, um jedoch einen Muskelquerschnittszuwachs zu erreichen, muss die Trainingsdauer über mehrere Wochen gehen.

„Erst im weiteren Verlauf eines entsprechenden Trainings erfolgt der Anstieg der Kraft durch die Vergrößerung der Muskelfaser und damit auch des Muskelquerschnitts. Bei gleicher Muskelmasse bzw. gleichem Muskelquerschnitt wird der Sportler mit der besseren intra- und intermuskulären Koordination die größere Kraft entwickeln können.“ (vgl. Weineck, 2002, S. 249)

Das heißt, durch eine verbesserte Innervation der Muskulatur kann die intramuskuläre Koordinationsleistung gesteigert werden. In anderen Worten: Bei einer Muskelkontraktion werden mehr Fasern synchron angesteuert, was gleichzeitig eine größere Kraftentwicklung

bei der Kontraktion bedeutet. Auch im Laufe des Hypertrophietrainings kommt es zuerst zu einer Verbesserung der intramuskulären Koordination und in Folge dessen zu einer verbesserten Rekrutierung der motorischen Einheiten. (vgl. Weineck, 2002, S. 249)

Erst bei einem über längeren Zeitraum durchgeführten Hypertrophietraining kommt es zu einer messbaren Zunahme des Muskelumfangs.

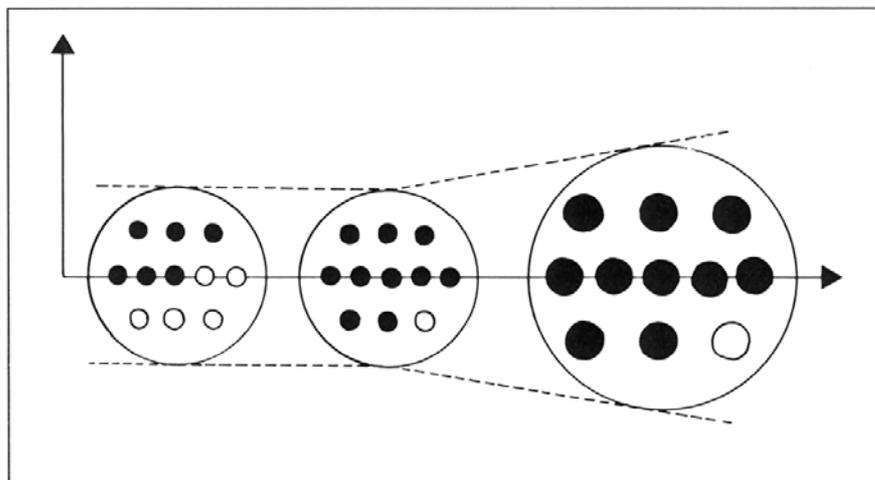


Abb. 28 Mechanismus des Krafttrainings: (vgl. Weineck, 2002, S. 251, Abb. 138)

Zuerst kommt es zu einer verbesserten intramuskulären Innervation, dann erst folgt die Muskelfaserhypertrophie, • kontrahierte Muskelfaser, o nicht kontrahierte Muskelfaser

Probanden die nach der Studie noch immer eine Umfangsdifferenz aufwiesen, habe ich ein weiterführendes Hypertrophietraining angeraten.

5.2 Auswirkungen der Vibration auf Schmerzen

Da nicht jede Art von Schmerz ein Ausschlusskriterium für meine Studie bedeutete, differenzierte ich bei der ersten Befundung die Quantität und Qualität des angegebenen Schmerzes. Die genauen Ausschlusskriterien wurden bereits im Kapitel 3.1 erläutert.

Zu Beginn jeder Trainingseinheit wurden die einzelnen Probanden neuerlich über das Schmerzverhalten befragt. Dabei stellte ich fest, dass bei den Probanden der Power-Plate Gruppe die Schmerzen geringer wurden und bis zur Zwischenmessung vollkommen verschwunden waren. Jedoch bei den Probanden der konventionellen Methode konnte ich keine so schnelle Verbesserung beobachten.

Die Tatsache, dass der Schmerz durch Vibrationen abnimmt, ist in der Physiotherapie schon hinlänglich bekannt und daher werden sie schon seit längerer Zeit erfolgreich eingesetzt. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz in der klassischen Massage.

Eine Erklärungsmöglichkeit für die Schmerzreduktion wäre die Gate Control. Durch das Phänomen der Gate Control Theorie (vgl. Dr. Melzack und Dr. Wall, 1965) kommt es während der Vibrationen zu einem kurzzeitigen Ausbleiben der Schmerzen. Die Gate Control Theorie besagt, dass der mechanische Reiz weitaus schneller als der Schmerzreiz geleitet wird und so früher den Thalamus (Tor zum Bewusstsein) erreicht. Der Grund dafür ist, dass die Schmerzen über myelinisierte A δ -Fasern und unmyelinisierte C-Fasern langsamer und die Empfindungen der Vibrationen durch die myelinisierten A β -Fasern schneller zum Rückenmark geleitet werden. Dadurch wird der Schmerzreiz von den mechanischen Reizen der Vibrationen überlagert und kaum wahrgenommen.

Sobald die Vibration wegfällt stellt sich auch der Schmerz wieder ein, wenn auch in abgeschwächter Form. (vgl. Birgit Fink, 2000)

Eine weitere Erklärung für den Rückgang der Schmerzen ist die durch Vibrationen angeregte Durchblutung. Es kommt dadurch zu einem vermehrten Austausch der intra- und interzellulären Flüssigkeiten. (vgl. Janneke Kelderman, 2001, S. 24)

5.3 Muskelkater

Ein sehr auffälliger Aspekt meiner Untersuchung war die unterschiedliche Ausprägung eines Muskelkaters. Die Probanden der konventionellen Gruppe klagten nach jeder Trainingseinheit über Muskelkater. Hingegen verspürten die Probanden der Power-Plate Gruppe nur nach der Maximalkraftmessung einen Muskelkater.

Das Symptombild des Muskelkaters tritt meistens erst ein bis zwei Tage nach der sportlichen Tätigkeit auf, ist während der nächsten zwei Tage am stärksten und klingt danach wieder ab. Symptome sind dabei harte, geschwollene, steife und schmerzempfindliche Muskeln.

Wie zahlreiche Untersuchungen zeigen ist der Muskelkater auf eine muskuläre Überforderung zurückzuführen. (vgl. Weineck, 2002, S. 334)

Eine Überforderung des Muskels entsteht dadurch, dass zu große Kräfte in den Muskelfasern auftreten. Gründe dafür sind:

1. Die Muskulatur ist die Belastung beziehungsweise die Bewegung nicht gewohnt.

2. Die Muskulatur ist nach einer Trainingspause nicht optimal auf die Belastung vorbereitet.
3. Die inter- und intramuskuläre Koordination ist mangelhaft.
(vgl. Weineck, 2002, S. 334)

Dabei kommt es zu Mikrotraumen in der muskulären Struktur, vor allem im exosarkomeren Filamentsystem und im Bereich der Z-Scheiben, welche die Sarkomere der Muskelfasern miteinander verbinden. Hierbei ist zu beachten, dass ein starker Muskelkater keine „Banalität“ darstellt, sondern die Vorstufe zu einer Muskelzerrung oder eines Muskeleinrisses bedeuten kann. Aus diesem Grund sollte während eines starken Muskelkaters nicht in der gleichen Intensität weitertrainiert werden. Eine Möglichkeit, das Symptombild des Muskelkaters zu lindern, bietet ein regeneratives Training, wie langsames auslockerndes Laufen oder Radfahren, begleitend mit durchblutungsfördernden Maßnahmen wie Sauna oder warme Bäder. (vgl. Weineck, 2002, S. 334)

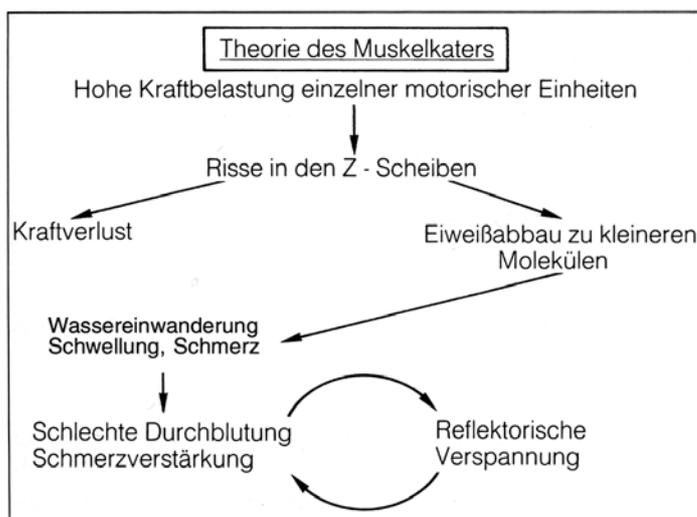


Abb. 29 Schematische Darstellung der Muskelkaterentstehung (vgl. Weineck, 2002, S. 335, Abb. 213)

Der Muskelkater hat aber nicht nur negative Auswirkungen auf die Muskulatur. Im Anschluss an die Mikroläsionen im muskulären System kommt es zu Reparationen der Z-Scheiben. Dadurch wird ihre Festigkeit auf ein erhöhtes Niveau gebracht, es werden neue Muskelfasern gebildet und die Muskulatur erfährt einen Kraftzuwachs. (vgl. Weineck, S. 258)

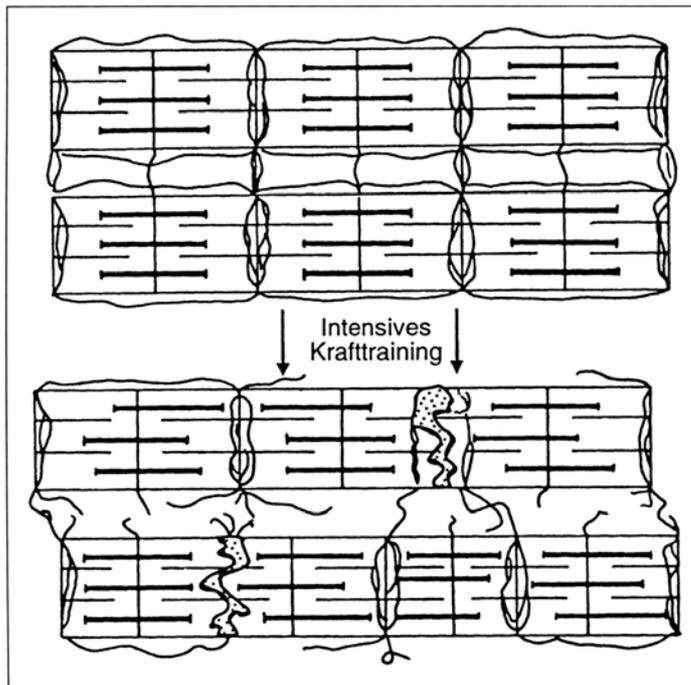


Abb. 30 Schematische Darstellung der Auswirkungen eines intensiven Krafttrainings

oder starker exzentrischer Belastungen auf das exosarkomere (außerhalb des Sarkomers [kleinste Funktionseinheit der Muskelfaser]) bindegewebige Zwischenfilament-System. Durch ungewohnt starke Belastungen kommt es zu Mikroläsionen dieser Strukturen, die anschließend wieder repariert und in ihrer Festigkeit auf ein erhöhtes, auf die Belastung hin adaptiertes Niveau, gebracht werden. (vgl. Weineck, 2002, S. 258, Abb. 148)

Ein sehr interessantes Faktum beim Symptombild des Muskelkaters ist, dass die Zerreißung der Z-Scheiben an sich noch keine Schmerzen verursacht, da im Muskelfaserinneren keine Rezeptoren vorhanden sind. Die Zerreißungen setzen jedoch die Kontraktionskraft herab. Durch den körpereigenen Abbau der zerstörten Anteile kommt es zur Schwellung und zum Austritt schmerzauslösender Substanzen in den Extrazellulärraum. Erst dort erfolgt die Reizung der Schmerznervenendigungen. Durch die reflektorische Verspannung wird der Schmerz verstärkt. Bei einem Muskelkater kommt es zu einem erhöhten intramuskulären Druck in Ruhe und während der Kontraktion, was die Folge eines Ödems sein dürfte. (vgl. D. Böning, S. 39, 1988)

Wie eingangs schon erwähnt, ist der Muskelkater ein Phänomen, das vor allem im Zuge des exzentrischen Trainings auftritt und genau dieses Faktum dürfte dafür verantwortlich sein, dass die Gruppe auf dem Power-Plate keinen Muskelkater verspürte. Die Testpersonen führten die Übungen rein statisch, also isometrisch, durch, da diese Herausforderung für den Zeitraum von acht Einheiten groß genug war.

5.4 Probleme der Patienten während der Studie

Ein großes Problem in der Gruppe des konventionellen Trainings war das große Gewicht der Langhantel. Die Probanden klagten über Schulter- und Rückenschmerzen während und nach der Therapieeinheit. Einer der Teilnehmer klagte gegen Ende der Studie über starke Schmerzen im Lendenwirbelsäulenbereich, wodurch das Training in der nächsten Einheit deutlich reduziert wurde. In der darauf folgenden Einheit war der Proband jedoch wieder beschwerdefrei und die Endtestung konnte schmerzfrei durchgeführt werden. Aufgrund dieser Tatsache beschloss ich den Probanden nicht aus der Studie zu nehmen. In anderen Studien wurde von Erythemen (Hautrötungen) als Folge von Vibrationen berichtet, die jedoch im Verlauf meiner Studie nicht auftraten. Die Ursachen dieses Phänomens wurden bereits im Kapitel 2.2.1 erläutert.

6 Schlussfolgerung

Die grundsätzliche Forschungsfrage meiner Studie kann eindeutig bejaht werden. Es kann somit festgehalten werden, dass durch den Einsatz von Vibrationen eine schnellere Leistungssteigerung erzielt werden kann. Ein weiterer Vorteil ist, dass es verglichen mit der konventionellen Methode zu keinen zusätzlichen Belastungen des Rückens und der Schulter kommt. Deshalb ist eine vermehrte Anwendung von Vibrationen in der Physiotherapie anzuraten. Die Anschaffungskosten für ein Trainingsgerät belaufen sich auf etwa 8000 €, wobei in diesem Betrag die Aufstellung, die Einschulung am Gerät und die Wartung des Gerätes inkludiert sind.

Für das Gerät sprechen sicherlich die Ergebnisse der Studie und die Überlegung, dass der Patient nach einer Einschulung am Gerät alleine trainieren kann, wodurch sich wiederum enorme Zeit- und Kostenersparnisse ergeben.

7 Zusammenfassung

In meiner Studie habe ich den Einfluss von Vibrationen auf die Muskulatur in der Rehabilitation untersucht und wollte herausfinden, ob sich daraus eine schnellere Steigerung des Muskelaufbaus ableiten lässt. Dabei kam das neu entwickelte Trainingsgerät Power-Plate zum Einsatz. Um einen Vergleich anstellen zu können, gab es zwei Gruppen. Die Versuchsgruppe trainierte mit dem Trainingsgerät Power-Plate und die Kontrollgruppe nach der herkömmlichen konventionellen Trainingsmethode.

Aus den Ergebnissen und dessen Vergleich ist ersichtlich, dass die Probanden der Power-Plate Gruppe eine wesentlich größere Steigerung der Maximalkraft hatte als die Gruppe mit der konventionellen Trainingsmethode. Bei den Umfangsmessungen beider Gruppen konnten keine großen Unterschiede festgestellt werden.

8 Literaturverzeichnis

- Böning D.: deutsche Zeitung für Sportmedizin, Nr.39 1988 (Sonderheft)
- Fink Birgit dipl. PT: Elektrotherapieskriptum 2000 der Akademie für Physiotherapie LKH Graz
- Gallasch Eugen Univ. Doz. Dr.: Universität Graz, Institut für Physiologie, biomechanische Stimulation mit dem Power-Plate Wirkhypothesen, Forschungs- und Anwendungspotentiale (Kontakt: Univ. Doz. Dr. Eugen Gallasch Universität Graz, Institut für Physiologie, Harrachgasse 21/5 A-8010 Graz E-mail: eugen.gallasch@uni-graz.a)
- Kelderman Janneke: Diplomarbeit an der Hochschule (HvG) Fakultät Gamma Studium Physiotherapie Groningen, Oktober 2001
- Köcher Ludwig: Dissertation zur Erlangung des sozialwissenschaftlichen Doktorgrades der Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen
- Pschyrembel: CD-ROM der 258. Auflage 1999
- Scherzer Jan: Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaften in Bayreuth Universität Bayreuth, Sportökonomie, AD Uwe-Wendt Boeckh-Behrens
- Swonar Brigitte dipl. PT: Trainingslehreskriptum 2001 der Akademie für Physiotherapie LKH Graz
- Walter Marianne: Vortrag der Jahrestagung des Physiotherapieverbandes; Therapie und Praxis, München 1997 [offizielles Organ des VDB-Physiotherapieverbandes]
- Weineck Jürgen, Dr. med. Dr. phil. habil.: Optimales Training; Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings 2002

Zimmer Marc: Entwicklung und Erprobung eines Mehrwiederholungstests zur Erfassung der Kraftleistung im Fitness-Training 1999

Internet:

www.bms-muskelstimulation.com/bms.htm

Biomechanische Muskelstimulation by SZK, Kufstein, Austria

www.residenz-hotel-winterstein.de

Internetessay zur Biomechanische Muskelstimulation

http://www.mmbg.de/PRESSE/SA01_00/sicher_arbeiten_aktuell3.htm

Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft

www.power-plate.de

Sports & Therapie - Wellness & Beauty

www.magicvibe.nl

Trainieren unter Anwendung des Dehnungsreflexes

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Phasen der Veränderung der Leistungsfähigkeit nach einem Belastungsreiz (vgl. Weineck, 2002, S. 33, Abb. 6).....	7
Abb. 2 Abnahme der Sportlichen Leistungsfähigkeit durch zu schnell aufeinander folgende Belastungen (vgl. Weineck, 2002, S. 34, Abb. 9)	8
Abb. 3 Normogramm der Wiederholungen in Bezug zur Belastungsintensität (nach Schmidtbleicher 1994 Trainingslehreskriptum)	9
Abb. 4 Das Trainingsgerät Power-Plate	10
Abb. 5 Messpunkte für Muskelumfangsmessung	13
Abb. 6 (a) Abgewandelter statischer „Lunge“ (b) tiefe Kniebeuge am Power-Plate.....	15
Abb. 7 Abgewandelter statischer „Lunge“ nach der konventionellen Methode.....	15
Abb. 8 Tiefe therapeutische Kniebeuge nach der konventionellen Methode	16
Abb. 9 Maximalkraft der Probanden bei der Erstmessung (in kg)	30
Abb. 10 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Erstmessung (in kg)	31
Abb. 11 Maximalkraft der Probanden bei der Zwischenmessung (in kg)	32
Abb. 12 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Zwischenmessung (in kg)...	32
Abb. 13 Maximalkraftzuwachs der Probanden bei der Zwischenmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.....	33
Abb. 14 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Zwischenmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.	34
Abb. 15 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Zwischenmessung (in %), verglichen mit der Erstmessung.	34
Abb. 16 Maximalkraft der Probanden bei der Abschlussmessung (in kg).....	35
Abb. 17 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei der Abschlussmessung (in kg) ..	36
Abb. 18 Maximalkraftzuwachs der Probanden bei der Abschlussmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.....	37
Abb. 19 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Abschlussmessung (in kg), verglichen mit der Erstmessung.	37
Abb. 20 Durchschnittlicher Maximalkraftzuwachs der Gruppen bei der Abschlussmessung (in %), verglichen mit der Erstmessung.	38
Abb. 21 Durchschnittliche Maximalkraft der Gruppen bei Erst-, Zwischen und Abschlussmessung (in kg).	39

Abb. 22 Muskelumfang bei der Erstmessung (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes	41
Abb. 23 Muskelumfang bei der Erstmessung (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes ..	42
Abb. 24 Muskelumfang bei der Abschlussmessung (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes	43
Abb. 25 Muskelumfang bei der Abschlussmessung (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes	43
Abb. 26 Änderung des Muskelumfangs (in cm), 10 cm proximal des Kniegelenkspaltes.....	44
Abb. 27 Änderung des Muskelumfangs (in cm), 10 cm distal des Kniegelenkspaltes	45
Abb. 28 Mechanismus des Krafttrainings: (vgl. Weineck, 2002, S. 251, Abb. 138).....	49
Abb. 29 Schematische Darstellung der Muskelkaterentstehung (vgl. Weineck, 2002, S. 335, Abb. 213)	51
Abb. 30 Schematische Darstellung der Auswirkungen eines intensiven Krafttrainings	52

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Angaben und Messwerte von Proband 1	18
Tab. 2 Angaben und Messwerte von Proband 2	19
Tab. 3 Angaben und Messwerte von Proband 3	20
Tab. 4 Angaben und Messwerte von Proband 4	21
Tab. 5 Angaben und Messwerte von Proband 5	22
Tab. 6 Angaben und Messwerte von Proband 6	23
Tab. 7 Angaben und Messwerte von Proband 7	24
Tab. 8 Angaben und Messwerte von Proband 8	25
Tab. 9 Angaben und Messwerte von Proband 9	26
Tab. 10 Angaben und Messwerte von Proband 10	27
Tab. 11 Angaben und Messwerte von Proband 11	28
Tab. 12 Angaben und Messwerte von Proband 12	29

11 Anhang

11.1 Probandenausschreibung

Nutzen sie die Möglichkeit einer kostenlosen Physiotherapie.

PROBANDEN FÜR STUDIE GESUCHT

Für die Studie im Rahmen meiner Diplomarbeit über den Einfluss von Vibration auf die Muskulatur in der Rehabilitation, suche ich, Anna Maria Trimmel, Studentin der physiotherapeutischen Akademie im 3. Jahrgang, Probanden.

Ihre Therapiedauer ist vom 7.1.2003 bis 7.2.2003 und beinhaltet für sie 3 Einheiten pro Woche zu je einer halben Stunde unter physiotherapeutischer Aufsicht. Ziel und Nutzen der Therapie besteht für sie darin, dass die geschwächte Muskulatur in ihrem Problembereich gekräftigt wird und wieder voll einsetzbar ist.

Durchgeführt werden die Therapieeinheiten in der Physiotherapie der Universitätsklinik für Chirurgie.

Die Therapie ist für sie vollkommen kostenlos (ohne jegliche Ambulanzgebühr) und findet auf freiwilliger Basis ihrerseits statt. Von Vorteil wäre es in dieser Zeit keine zusätzlichen sportlichen Aktivitäten zu betreiben da diese das Studienergebnis verfälschen würden.

In der Studie möchte ich den Vibrationseinfluss auf die Muskulatur in der Rehabilitation und bei funktioneller Kräftigung der Muskulatur untersuchen.

Meine Untersuchung soll den Vergleich zwischen konventioneller Rehabilitation und vibrationsgestützter Rehabilitation mit dem Trainingsgerät Power Plate zeigen.

Sie werden in zwei Gruppen eingeteilt, eine mit herkömmlicher Therapie und eine mit Power Plate. Die Einteilung der Gruppen ist zufällig und es erfolgt eine gleichwertige Gestaltung der Therapie.

**Bei Interesse wenden sie sich bitte direkt an mich.
Tel. 0699 19156190**

Ich freue mich auf die Mitarbeit, herzlichen Dank im Voraus.

Universitätsklinik für Chirurgie Graz

11.2 Testprotokoll

Befund

Name:

Geb:

Diagnose:

Anamnese:

Gruppeneinteilung:

Power – Plate

konventionelles Krafttraining
nach P.R.T.

Messungen

1.

Maximalkraft (lt. Tabelle):

Umfangmessung 10 cm prox. des Knies:

10 cm dist. des Knies:

2.

Maximalkraft (lt. Tabelle):

Umfangmessung 10 cm prox. des Knies:

10 cm dist. des Knies:

3.

Maximalkraft (lt. Tabelle):

Umfangmessung 10 cm prox. des Knies:

10 cm dist. des Knies:

11.3 Resonanzen der Patienten

Um ein Feedback von den Probanden zu erhalten, führte ich am Ende der Studie Interviews durch. Auf der beigelegten CD-ROM sind diese Interviews zu finden.