

Durch das linear mixed effects model der Zeit des 15-Meter-Sprinttests konnte gezeigt werden, dass es keine signifikanten Veränderungen über die Zeit gibt, auch konnten keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen berechnet werden.

## **5. Diskussion**

Seit Mitte der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts sind mechanische Schwingungsvorgänge (synonym findet auch der Begriff "Vibration" Verwendung) vermehrt Gegenstand und Mittel im konditionellen Training. Parallel dazu hat sich das Forschungsinteresse vor allem im Bereich der Trainingswissenschaften erheblich gesteigert.

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie waren die Langzeit- und Längsschnitteffekte, welche die Applikation zweier unterschiedlicher mechanischer Ganzkörperschwingungsreize auf den Menschen ausübt. Outcomevariablen dieser Studie waren, neben morphologischer Veränderungen der Zielmuskulatur gemessen im MRT, physikalische Parameter verschiedener Sprungtests. Im Folgenden sollen die gefundenen Ergebnisse in Kontext zur vorhandenen wissenschaftlichen Literatur gestellt werden.

### **5.1. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse des Beidbeinsprungs**

Anhand der statistischen Auswertung des Beidbeinsprungs auf Mechanographie-Messplatte lässt sich zeigen, dass es über die Trainingszeit von 10 Wochen mit insgesamt 20 Trainingseinheiten zu einem Anstieg der erbrachten relativen Kraft [N/kg] kam. Dies konnte sowohl für die Galileo-Gruppe mit einer prozentualen Steigerungsrate von 1,202 %, als auch für die Power-Plate-Gruppe mit einer Steigerungsrate von 4,428 % gezeigt werden. Diese Aussage muss jedoch relativiert werden, da es in einer während der Interventionszeit inaktiven Kontrollgruppe ebenfalls zu einer Steigerungsrate der erbrachten relativen Kraft von 4,137 % kam.

Nach der Durchführung eines Wilcoxon-Tests ließ sich lediglich die Veränderung der relativen Kraft um 4,428 % der Power-Plate-Gruppe statistisch absichern. Die errechnete Irrtumswahrscheinlichkeit (P-Wert: 0,04944) liegt bei 4,944 % und damit unter dem zuvor festgelegten Konfidenzintervall von 95 %.

Zum Vergleich liegt der P-Wert der Galileo-Gruppe im Wicoxontest im Längsschnitt von Prä zu Post bei 0,6387, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 63,83 % entspricht. Der P-Wert der Kontrollgruppe lag bei 0,2958 und zeigt ebenfalls keine Tendenz dafür, dass der Zeiteffekt bedeutsam sein könnte.

Ein Kruskal-Wallis-Test, der die Effekte zwischen den Gruppen (Galileo vs. Power Plate vs. Kontrollgruppe) bezüglich der relativen Kraft bewerten sollte, konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen zeigen (P-Wert: 0,5267).

Bezüglich der erbrachten physikalischen Leistung zeigt sich in der Auswertung der Effekte jedoch ein anderes Bild. Die Power-Plate-Gruppe konnte über die 10 Wochen ihre Leistung um 2,684 % steigern, die Galileo-Gruppe um 3,881 %. Beide Effekte sind mit einem P-Wert für die Power-Plate-Gruppe von 0,1353 und einem P-Wert der Galileo-Gruppe von 0,1688 nicht bedeutsam im Sinne des festgelegten Konfidenzintervalls.

Die signifikante relative Kraftsteigerung konnte in der Power-Plate-Gruppe nicht in Leistung umgesetzt werden. Leistung ist definiert als Energie pro Zeit. Da Energie gleich Kraft mal Weg, konnte die Power-Plate-Gruppe den Gewinn an maximaler relativer Kraft nicht in der für den Sprung benötigten Zeit über den Weg generieren. Dies ist interessant im Hinblick auf die korrelationsstatistischen Analysen der Prä-Messungen aller drei Gruppen. Hier wurde für den Beidbeinsprung zwischen relativer Kraft und relativer Leistung ein Pearson´scher Korrelationskoeffizient von 0,6 ermittelt (mittlerer positiver Zusammenhang), beim Einbeinsprung des dominanten Beines ein Korrelationskoeffizient von 0,75, was einem hohen positiven Zusammenhang entspricht.

Zu gleichen Ergebnissen führte die statistische Analyse mit Linear mixed effects models. Hierbei wurden zur statistischen Analyse einige Veränderungen von, in der Studie gemessenen, Hauptparametern des Beidbeinsprungs benutzt. Gezeigt werden konnte, dass es signifikante Veränderungen über die Zeit gibt, jedoch ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen. Bezüglich der Entwicklung der Sprunghöhe kommt es in der Power-Plate-Gruppe sogar zur Abnahme der Sprunghöhe um 1,197 %, was jedoch nicht signifikant ist. (P: 0,4263)

In der Galileo-Gruppe kam es in der gleichen Zeit zu einem Anstieg der registrierten Sprunghöhe von 3,629 %. Diese Veränderung ist aber statistisch nicht bedeutsam (P: 0,5614).

Diese gefundenen Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Beschreibungen von Issurin et al. [1994] und Bosco et al. [1998]. In der Studie von Issurin et al. [1994] wird von einer Steigerung der Maximalkraft um bemerkenswerte 49,8 % nach nur drei Trainingswochen berichtet. Auch Bosco et al. [1998] fanden Verbesserungen in der Sprungkraft nach 10 Trainingseinheiten. In einer anderen Studie von Delecluse, Roelants und Verschueren [2003] kam es zu einer 3 bis 10 %igen Verbesserung der isometrischen und statischen Maximalkraft. Als Erklärungsansatz für die Steigerungen wird von Weber [1997] in diesem Zusammenhang ein reduzierter Reibungswiderstand in der Muskulatur infolge des Vibrationstrainings genannt. Spitzenpfeil et al. [1999] gehen davon aus, dass bereits ermüdete motorische Einheiten "re-rekruiert" werden können.

In Übereinstimmung mit den in der vorliegenden Studie gefundenen Ergebnissen liegen auch verschiedene Evidenzen vor, die nach einem mehrwöchigen Vibrationstraining keine oder nur geringe Anzeichen für eine Leistungsverbesserung feststellten.

So wurden in mehreren Studien u.a. von Sarabon et al. [2003], von Löberbauer et al. [2003] und von Torvinen et al. [2003] keine markanten Veränderungen in den Kraftwerten nach mehrwöchigem Vibrationstraining registriert.

Ein 8-wöchiges Training mit Ganzkörpervibrationen führte auch bei Künnemeyer et al. [1997] zu keinen Verbesserungen im Hinblick auf verschiedene Sprungtests (Counter Movement Jumps und Drop Jumps) .

Auch de Ruiten et al. [2003] haben nach einem zweiwöchigen Training mit einer Frequenz von 30 Hz und einer Amplitude von 8 mm keine Verbesserung in der Maximal- oder Explosivkraft registriert.

## 5.2. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse des Drop-Jumps

Beim Drop Jump handelt es sich um einen Test zur Bestimmung der Bodenkontaktzeit/ Schnelligkeit. Aus einer definierten Fallhöhe (Stuhl) ließ sich der Proband auf den Boden "fallen" und sollte mit möglichst geringer Bodenkontaktzeit wieder abspringen. Die Bodenkontaktzeit ist die Zeit zwischen dem ersten Auftreffen und dem unmittelbar folgenden Absprung. Hierbei gilt: Je kürzer die Kontaktzeit, desto leistungsstärker ist der Proband. Der Drop Jump machte eine Aussage über die Schnelligkeitsvoraussetzungen und dient somit der Beurteilung der intra- und intermuskulären Koordination. Der Drop Jump ist eine Sprungform zum Testen der Kraftfähigkeit inklusive der reaktiven Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur. Er wurde aus definierter Fallhöhe ausgeführt, was eine standardisierte Auftreffgeschwindigkeit auf den Boden zur Folge hat. Die Geschwindigkeit der Beugung in der exzentrischen Phase sowie die Tiefe der Beugung beeinflussen die Spannung in der Muskulatur und den reaktiven Anteil an den Absprungkräften. Die Power-Plate-Gruppe zeigt eine Verlängerung der Bodenkontaktzeit nach 10-wöchigem Vibrationstraining.

Die Bodenkontaktzeit erhöhte sich bei dieser Interventionsgruppe um 3,684 %, was mit 6,763 % Irrtumswahrscheinlichkeit nahe der Signifikanzgrenze von 5 % lag und einen klaren Trend anzeigt. Das bedeutet, dass sich die Schnelligkeitsvoraussetzungen verschlechtert haben.

In der Galileo-Gruppe reduziert sich im Gegensatz zur Power-Plate-Gruppe der Bodenkontakt um 0,3153 %, was bei einem P von 0,5614 statistisch unbedeutend ist.

Auch die Kontrollgruppe zeigte keine statistisch bedeutsame Veränderung (P-Wert:0,8552) über die Zeit.

Ein Erklärungsansatz für die Verschlechterung der Bodenkontaktzeit der Power-Plate-Gruppe könnte, so Hass et al. [2004], darin liegen, dass mechanische Schwingungen generell auf sehr multiplen biologischen Ebenen wirksam werden. Dementsprechend wäre auch denkbar, dass eine gegenläufige Veränderung der Parameter erzeugt werden kann.

Wenn die hemmenden inhibierenden Einflüsse der Vibrationen überwiegen, dann wird insgesamt eine Reduktion der motorischen Leistungsfähigkeit registriert, wenn die potenzierenden Einflüsse überlegen sind (bspw. Biochemische), wird man dementsprechend eine Verbesserung feststellen können, ohne dass gleichzeitig gegenläufige Effekte identifiziert werden. Für Ergebnisdivergenzen und Verschlechterungen in der Bodenkontaktzeit der Power-Plate-Gruppe können auch zeitlich verzögerte Erholungsprozesse verantwortlich sein.

Carferelli [1990] fand jedoch in seinen Untersuchungen keine Unterschiede in der Regeneration von Muskeln, welche einem Vibrationstraining oder einem herkömmlichen konventionellem Krafttraining unterzogen wurden.

Gemessen wurde eine Woche nach dem letzten Treatment. Aus diesem Grunde wurde vier Wochen nach dem letzten Training eine Follow-Up-Messung initiiert.

Kontrastierende Ergebnisse zu den in der vorliegenden Studie gefundenen Ergebnissen fand Haleva [2005]. Er verglich ein identisches Training, einerseits mit Vibrationseinfluss andererseits ohne. Trainiert wurde vier Wochen lang mit 12 Trainingseinheiten der Beinmuskulatur mittels Kniebeugen 30 s, ca. 12 bis 15 Wiederholungen - 60 Sekunden Pause und 6 Serien mit einem Gewicht von 40 % des 1 RM. Die Probanden der Vibrationsgruppe wurden während der Ausführung der Kniebeugen zusätzlich einer Vibrationsbelastung von 30 bis 40 Hz und einer 2 oder 4 mm Amplitude ausgesetzt. Beim Drop Jump steigerten sich in dieser Studie nur die beiden Vibrationsgruppen, während beim traditionellen Training keine Verbesserung eintrat.

### **5.3. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse des Landetests**

Der Landetest diente der Beurteilung der Koordination der Bewegung und der Bewertung der Fähigkeit zur koordinierten, gleichmäßigen Energieabsorption. Der Proband sprang aus definierter Höhe auf die Kraftmessplatte, mit dem Ziel, so leise und weich wie möglich zu landen. Minimale Maximalkräfte zeigten möglichst gleich bleibende Energieabsorption.

Die größte Veränderung der relativ aufs Körpergewicht bezogenen Kraft zeigte über die 10 Wochen die Power-Plate-Gruppe. Sie reduzierte die relative Kraft um 7,417 %. Diese Veränderung ist allerdings mit einem ermittelten P-Wert im Wilcoxon-Test von 0,2412 nicht signifikant.

Die Galileo-Gruppe zeigte einen Rückgang der registrierten Bodenreaktionskraft von 1,833 %, die Kontrollgruppe einen Rückgang um 1,114 %. Auch diese beiden Veränderungen sind statistisch unbedeutend.

In vielen neurophysiologisch orientierten Studien „wird aufgezeigt, dass mechanische Schwingungsreize die Ausführung von Zielbewegungen bzw. die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts massiv beeinflussen können. Dieses Phänomen wird allgemein als kinästhetische Illusion bezeichnet.“, so Haas et al [2004].

Dies könnte auch verantwortlich sein für eine bessere Einstellung der Stiffness des Muskels durch entsprechende Vorinnervation der Muskulatur. Die weiche Landung des Landetests mit gleichmäßiger Energieabsorption erfordert eine entsprechende Koordinierung einer optimalen Muskelstiffness. Muskelstiffness bezieht sich im Grunde auf die Härte des gesamten tendomuskulären Systems. Sie errechnet sich aus dem Verhältnis aus notwendiger Kraft und Längenzunahme bei Dehnung des Muskels.

Der Körper reagiert auf Vibrationstraining als frequenzselektiver Filter bezüglich des endogenen Schwingungstransfers. In der Regel trachtet der Körper danach, die Körperhaltung möglichst konstant zu halten.

Dadurch könnte der Körper durch Vibrationstraining lernen, seine Stiffness besser auf Bedingungsvariationen, wie z.B. unterschiedliche Fallhöhen beim Landetest, zu reagieren.

#### **5.4. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse des mehrfachen Einbeinsprungs**

Dieser Test diente zur Bestimmung der willentlichen Maximalkräfte. Der Proband sprang wiederholt auf dem Vorfuß auf einem Bein, ohne dass die Ferse den Boden berührte. Es handelt sich um einen allgemeinen Leistungstest zur Erfassung der Maximalkraft und Energiespeicherung (Gesamtkörpersteifigkeit). In der Studie wurden die Probanden zunächst befragt, welches ihr dominantes Bein sei. Die statistische Auswertung der relativ auf das Körpergewicht bezogenen Kraft [N/kg] und Leistung [W/kg] erfolgte dann selektiert nach dominant und nicht dominant.

In der Interventionsgruppe, welche über 10 Wochen auf der Power Plate trainierte, kam es für das dominante Bein und das nicht dominante Bein im Mittel insgesamt zu einer Verringerung von relativer Kraft und relativer Leistung über die Zeit. Für das dominante Bein reduzierte sich hierbei die relative Leistung um 1,397 %, die relative Kraft um 3,025 %. Diese Ergebnisse sind allerdings nicht signifikant. Noch stärker fällt die Abnahme von relativer Kraft und Leistung auf der nicht dominanten Seite aus. Hier reduziert sich die relative Leistung der Power-Plate-Gruppe um 3,547 %, die relative Kraft verringert sich im Vergleich zur Baseline um 4,264 %. Auch diese Ergebnisse sind mit einem P-Wert von 0,1667 (relativen Leistung) und einem P-Wert von 0,1465 (relative Kraft) statistisch nicht bedeutsam. Ein anderes Bild zeichnet sich in der Galileo-Gruppe ab. Hier kommt es auf der dominanten Seite zur Verbesserung der relativen Kraft über die Zeit um 1,267 %. Die relative Leistung kann um 3,915 % gesteigert werden. Auf der nicht dominanten Seite reduziert sich die Kraft um 0,6385 %, die relative Leistung der Galileo-Gruppe nimmt um 0,3417 % ab. Auch die Veränderungen der Galileo-Gruppe sind nicht signifikant.

Die Fähigkeit Energie wieder zu benutzen, was dieser Test bestimmte, hängt nach Bossco [1998] von den folgenden drei Faktoren ab:

- Die Kopplungszeit: Es gibt keine konkreten Angaben, wie kurz diese Zeit sein soll. Es gilt jedoch: je kürzer die Zeit, desto weniger elastische Energie kann verloren gehen (Erhöhung des Leistungsoutput während der konzentrischen Phase);
- Die Dehnungsbelastung und/ oder Dehnungsamplitude: Wenn die Dehnungsbelastung des Muskels zu groß ist, dann bleiben wegen der starken Dehnungsbelastung weniger Querbrücken befestigt. Diese Tatsache hätte dann zur Folge, dass weniger elastische Energie in den Querbrücken gespeichert werden kann;
- Die Dehnungsgeschwindigkeit: Bei hohen Dehnungsgeschwindigkeiten und niedrigen Dehnungsamplituden reagiert der Muskel mit einem initialen hohen Kraftanstieg. Die Stiffness des tendomuskulären Systems kann mit der Erhöhung der Dehnungsgeschwindigkeit gesteigert werden. Hohe Muskelstiffness trägt zur Speicherung höherer Energiebeträge bei.

Runge [2006] beschreibt die Wirkung von Vibrationstraining auf die oben beschriebene Fähigkeit, Energie zu speichern wie folgt: „Wenn wir vor einem Sprung in die Knie gehen [...] arbeiten wir mit der elastischen Energiespeicherung und benutzen in der Ausholbewegung unsere Muskeln und Sehnen/ Faszien wie eine Bogensehne. Dieses System wird mit der Vibration geübt. Neuronale Koordination ist in dieser mathematisch-physikalischen Betrachtungsweise die kontinuierliche Anpassung der Steifigkeit des Körpers an die Resonanzbedingungen. Nach diesem Gesetz optimiert das Galileosystem die Schwingungen des menschlichen Körpers.“

Die im mehrfachen Einbeinsprung beschriebenen nicht signifikanten Ergebnisse werden ausdrücklich nicht als Nachweis der Ineffektivität des von Runge beschriebenen Wirkmechanismus des Vibrationstrainings gewertet. Nach der vorliegenden Untersuchung ist davon auszugehen, dass die Frage nach der Effektivität verschiedener Formen von Ganzkörpervibrationen nicht durch eine Studie endgültig und annähernd abschließend beantwortet werden kann.

### **5.5. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse der MRT-Messungen**

In dieser Längsschnittuntersuchung wurde die Magnetresonanztomographie als nicht invasives Verfahren zur Verlaufskontrolle eingesetzt. Das MRT erlaubt hierbei durch die sehr gute Kontrastgebung eine hervorragende Darstellung der Muskulatur. So konnte in mehreren Untersuchungen z.B. von Engstrom et al. [1991] eine hohe Korrelation zwischen den anatomischen Muskelquerschnitten und den zugehörigen MR-Messungen des gleichen Muskel-Areals gefunden werden. Jedoch ist kein bildgebendes Verfahren frei von Artefakten und damit von Fehlern.

Magnetfeldinhomogenitäten, uneinheitliche Anregungen oder Signalempfänge können Ursache für Geometrische Verzerrungen sein, so Köchli et al [1994].



Bei der Auswertung der ermittelten MRT-Daten konnte, wie bereits dargestellt, ein Effekt beider Interventionsgruppen während des Interventionszeitraums festgestellt werden. Prozentual betrachtet nahmen beide Vibrationsgruppen betrachtet an Muskelfläche (obere, untere slice, beide Seiten) um 3,0788 % zu. In der Kontrollgruppe kam es während dieser Zeit zu einer Abnahme der Muskelfläche (obere, untere slice, beide Seiten) um 0,35805 %.

Ein Post-hoc-Wilcoxon-Test konnte zeigen, dass die Unterschiede der Veränderungen der Vibrationsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe statistisch bedeutsam sind.

Betrachtet man die einzelnen Interventionsgruppen, so kam es in der Galileo-Gruppe zu einer Zunahme an Muskelfläche (obere, untere slice, beide Seiten) von 3,379 % und in der Power-Plate-Gruppe zu einer Zunahme von 2,778 %. Diese Unterschiede sind jedoch statistisch unbedeutend. Dies konnte im Post-hoc-Test zwischen den Effekten der Power-Plate-Gruppe und der Galileo-Gruppe gezeigt werden. Intention dieser Studie war es, Unterschiede in den Effektstärken bezüglich der Muskelhypertrophie zu ermitteln. Die Hypothese, dass es Unterschiede gibt, muss an dieser Stelle verneint werden.

Die gefundenen Ergebnisse sollen nun in den Kontext zu anderen Resultaten gestellt werden.

Bereits 1956 stellte Hettinger an 10 Ratten einen Hypertrophieeffekt aufgrund der Einwirkung von Schwingungsreizen fest. Auf einem Schwingungstisch wurden die Ratten in 5 Serien innerhalb von 5 bis 8 Monaten 250 bis 500 Stunden lang Schwingungen von etwa 50 Hz und einer Amplitude von 1 bis 1 1/2 mm ausgesetzt.

Die histologische Untersuchung der Skelettmuskulatur ergab, unabhängig von der Schütteldauer, eine 13%ige Vergrößerung des Faserquerschnittes. Gleichzeitig ergab die chemische Untersuchung einen Fettverlust der Muskulatur um 14% gegenüber 10 Kontrolltieren jeweils des gleichen Wurfs. Die Schwingungen haben also für die Muskulatur als Trainingsreiz gewirkt und eine Muskelhypertrophie hervorgerufen.

Um die vorliegenden Effektstärken einordnen zu können, soll nun aufgezeigt werden, welche Hypertrophieeffekte durch herkömmliches Krafttraining erzielt werden können.

Wirth et al. führten 2007 eine Krafttrainingsstudie durch und validierten die Effekte mit einer kernspintomographischen Untersuchung. Ziel dieser Untersuchung war es, eine optimale Trainingshäufigkeit zur Erzeugung von Hypertrophieeffekten der Skelettmuskulatur zu ermitteln.

60 Probanden, davon 30 Anfänger und 30 Fortgeschrittene nahmen an der Studie teil. Vor Beginn und zwei Wochen nach Beendigung des achtwöchigen Hypertrophietrainings für die Armbeuger wurde mittels Kernspintomographie (MRI) der Zuwachs an Muskelmasse analysiert. Hierfür wurden pro Person 96 Querschnitte mit einer Schichtdicke von jeweils 1,67 mm zur Auswertung herangezogen und somit der Oberarm auf einer Länge von 16,03 cm untersucht.

Der geringste Zuwachs wurde in der Anfängergruppe mit einer Trainingseinheit pro Woche ermittelt 3,9 % ( $\pm 5,2$  %). Deutlich darüber lagen die beiden anderen Anfängergruppen mit einer Trainingsfrequenz von zwei ( $6,6 \pm 1,9$  %); und drei Einheiten pro Woche ( $7,4 \pm 4,7$  %).

Die ermittelten Effekte der Studie von Wirth et al. zum herkömmlichen Krafttraining lagen bei einer Trainingshäufigkeit von zwei Trainingseinheiten bei Untrainierten nach 8 Wochen damit höher als die in der vorliegenden Studie gefundenen Ergebnisse von 3,379 % der Galileo-Gruppe und 2,778 % Steigerung in der Power-Plate-Gruppe.

Es handelt sich allerdings in der Studie von Wirth um eine andere Muskelgruppe weshalb dieser Vergleich methodisch strittig ist.

### **5.6. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse des 15-Meter-Sprinttests**

Der Sprinttest über 15 Meter diente zur Bestimmung der Effekte von unterschiedlichen Vibrationsreizen auf die lokomotorische Schnelligkeit. In beiden Vibrationsgruppen kam es nach 10 Wochen nur zu minimalen Veränderungen in der Sprintfähigkeit. So verbesserte sich die Galileo-Gruppe im Mittel lediglich um 4/1000 Sekunden, was einem prozentualen Anstieg von 0,1835 % entspricht. Die Power-Plate-Gruppe verbesserte sich in der gleichen Zeit um 0,5575 %.

Die Veränderungen sind statistisch unbedeutsam. Dieses Ergebnis wird auch im linear mixed effects models der Zeit des 15-Meter-Sprinttests bestätigt. Hier konnte gezeigt werden, dass

es keine signifikanten Veränderungen über die Zeit gibt und auch keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen vorliegen.

Berschin, Schmiedeberge und Sommer [2003] fanden bezüglich der Entwicklung der Sprintfähigkeit dazu divergierende Ergebnisse. Sie trainierten 24 Leistungssporttreibende Rugbyspieler über einen Zeitraum von sechs Wochen. Die Spieler wurden in zwei Gruppen je 12 Probanden randomisiert. Die erste Gruppe führte ein Vibrationskrafttraining durch, die zweite ein herkömmliches Krafttraining. Als Trainingsmittel dienten zyklische dynamische Kniebeugen mit Zusatzlast. Die Vibrationsgruppe trainierte zweimal die Woche mit fünf Serien (3 Minuten Seriedauer und 2 bis 3 Minuten Serienpause).

Ein Gruppenvergleich der Testverbesserung in einem 30-Meter-Sprinttest (Differenz der Testwerte zwischen Beginn des Trainings und nach Abschluss) zeigte eine wesentlich deutlichere Leistungsverbesserung der Sprintleistung der Vibrationsgruppe im Vergleich zur herkömmlichen Krafttrainingsgruppe.

Dass die beschriebene Studie zu anderen Ergebnissen als die eigene Studie kommt, könnte mehrere Ursachen haben. Ein Punkt, welcher einen direkten Vergleich der erwähnten Studien erschwert, ist die unterschiedliche Probandenklientel. Die Umsetzung von Bewegungsabläufen und die Motivation sportlicher Probanden ist in der Regel besser, als von sportlich Ungeübten.

Auch kann der Einfluss von anderen Trainingsmitteln als die Vibration während der Interventionszeit die interne und externe Validität der oben beschriebenen Studie beeinflussen. Diese Kennzeichen könnten unterschiedliche Ergebnisse zwischen dieser Untersuchung und der eigenen begründen. Zudem wurde in der eigenen Studie ohne Zusatzlast gearbeitet, bei den Rugbyspielern mit Zusatzlasten.

## **5.7. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse Follow Up Messung des Beidbeinsprungs**

Um langfristige oder zeitverzögerte Effekte der Trainingsinterventionen zu erfassen, wurden 4 Wochen nach dem letzten Training bei 13 Probanden der Interventionsgruppen Follow-Up-Messungen von Kraft und Leistung beim Beidbeinsprung durchgeführt. Dabei waren sieben Probanden ursprünglich der Galileo-Gruppe zugeordnet, sechs Probanden ehemals der Power-Plate-Gruppe. Im Ergebnis der Auswertung ergibt sich folgende Tendenz:

Beide Gruppen konnten ihre relative Kraft im Mittel von Post zu Follow Up steigern. Die Galileo-Gruppe um 2,244 %, die Power-Plate-Gruppe um 2,927 %. Beides war nicht signifikant.

In der relativen Leistung jedoch kam es in der Galileo-Gruppe zu einem Anstieg zwischen Post und Follow Up von 3,063 %. Dieses Ergebnis erwies sich nach Durchführung eines Wilcoxon-Tests als signifikant. Die Irrtumswahrscheinlichkeit dieser Aussage lag bei 3,125 % und lag damit deutlich unter dem zuvor festgelegten Konfidenzintervall von 95 %.

In der Power-Plate-Gruppe kam es im gleichen Zeitraum bezüglich der relativen Leistung zu einem Rückgang der Werte um 1,306 %. Diese Veränderung ist über die Zeit jedoch nicht signifikant.

Im Kruskal-Wallis-Test jedoch erwies sich der Gruppenmittelwertunterschied der Veränderung zwischen den ehemaligen Power-Plate-Probanden und den Galileo-Probanden als bemerkenswert. Das Signifikanzniveau lag sogar unter 1 % mit einem P-Wert von 0,008159.

Diese Aussagen zeigen insgesamt nur einen Trend an und sind jedoch nur mit Bedacht zu interpretieren und. In der Follow-Up-Messung fehlte einerseits die Kontrollgruppe und andererseits nahmen an der Messung nur 13 der 29 Probanden der Interventionsgruppen teil. Das sind lediglich 44,83 % der Probanden der Interventionsgruppen.

## **5.8. Abschließendes Resümee zu den Ergebnissen**

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass es zu unterschiedlichen, teils divergenten Ergebnissen im Vergleich zwischen verschiedenen Formen von vibrationsgestütztem Krafttraining (Platte versus Wippe) kommt. Häufig zeigte sich über die Zeit bei beiden Gruppen kein signifikanter Effekt, wie die Analyse darstellt. Diese Befunde werden allerdings nicht als Nachweis der Ineffektivität des Vibrationstrainings gewertet. So reichen auch bei anderen Studien wie Haas et al. [2004] konstatiert, „die Resultate bezüglich der Effekte von Schwingungsreizen auf Maximal- und Schnellkraft von leicht negativ bis außerordentlich positiv. Der physiologische Hintergrund des breiten Ergebnisspektrums ist zum einen darin zu sehen, dass mechanische Schwingungsreize auf multiplen physiologischen Ebenen wirksam werden, zum anderen in einer nichtlinearen Interaktionsstruktur zwischen Schwingungsreiz und biologischer Reaktion.“

Diese Aussage manifestiert sich auch in den hier dargestellten Ergebnissen dieser Vergleichsstudie.

Auch bezüglich der Effekte auf die Morphologie der Muskulatur gibt es zwar deutliche Effekte mit Zunahmen der Muskelquerschnitte der Zielmuskulatur von 3,379 % in der Galileo-Gruppe und 2,778 % in der Power-Plate-Gruppe. Die Unterschiede zwischen den Vibrationsgruppen sind jedoch nicht signifikant.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist festzustellen, dass die Frage nach der Effektivität des jeweiligen Trainingsgerätes in der vorgestellten Form durch eine Untersuchung nicht endgültig beantwortet werden kann.

Abschließend ist festzustellen, dass die Ankündigungen der Effekte von Vibrationstraining häufig äußerst werbewirksam dargestellt werden und die Erwartungshaltung der Nutzer dementsprechend groß sind.

So gilt, nach der Studie ist vor der Studie und die übliche Schlusstendenz „further research is needed“ wird die Forschung auf dem Gebiet des Vibrationstrainings noch viele Jahre begleiten.