



Deutsche Sporthochschule Köln - 50933 Köln

Platinit AG

Herr Rudolph

Dr. Heinz Kleinöder

Leiter Abteilung Kraftdiagnostik und
Bewegungsforschung

Telefon: (0221) 4982-7690

Telefax: (0221) 4982-8180

E-Mail: kleinoeder@dshs-koeln.de

Kleinöder, H; Wortmann, L.; Behringer, M., Mester, J.

Abschlussbericht zur Vibrationskurzhantel BodyVib D1

1 Einleitung

Verschiedenen Formen des Krafttrainings kommt vor den Hintergrund eines gesellschaftlichen Gesundheitsproblems eine große Bedeutung zu. Daher ist es grundsätzlich wichtig, geeignete Belastungsnormative für Breiten- und Leistungssportler wissenschaftlich zu untersuchen (Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S. et al. (2002); Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Fry, A. C., & French, D. N. (2006). Erkenntnisse über verschiedene Belastungen auf den aktiven und passiven Bewegungsapparat, endokrinologische Parameter etc. und daran orientierte Trainingsprogramme liegen vor (Conroy, B. & Earle, R.W. 2000; Crewther, B., Cronin, J., & Keogh, J. 2005). Moderne Trainingsmethoden, wie die mechanische Vibration werden im Sport in unterschiedlichen Bereichen angewendet. Diese umfassen vor allem das Kraft-, das Beweglichkeitstraining und die Regeneration. Mechanische Vibrationen verursachen nicht-willentliche Muskelkontraktionen, die auch willkürlich schwer erreichbare Muskelgruppen stimulieren (Issurin, 2005; Eklund & Hagbarth, 1966). Eklund und Hagbarth (Eklund et al., 1966) bezeichnen die kontinuierliche mechanische Muskelstimulation als tonischen Vibrationsreflex. Die Applikation des Vibrationsreizes erfolgt dabei in Form einer Ganzkörper- oder Teilkörperstimulation.

Studien zum Vibrationstraining weisen auf physische, neuromuskuläre, hormonelle und metabolische Effekte hin (Mester, Spitzenfeil, Schwarzer, & Seifriz, 1999; Bosco et al., 1999; Rittweger, Beller, Felsenberg, 2000). Es konnten Steigerungen der Maximal- und Explosivkraft, der dynamischen Leistungsfähigkeit sowie Muskelhypertrophie durch Vibrationstraining festgestellt werden (Delecluse, Roelants, & Verschueren, 2003; Issurin & Tenenbaum, 1999; Roelants, Delecluse, & Verschueren, 2004; Luo, McNamara, & Moran, 2005; Haleva 2005). Effekte innerhalb der intra- und intermuskulären Koordination mit einer erhöhten neuromuskulären Rekrutierung konnten ebenfalls belegt werden (Luo et al., 2005; Cardinale &

Bosco, 2003; Delecluse et al., 2003). Weiterhin soll durch Vibrationstraining eine gesteigerte Durchblutung und Temperatur der Muskulatur bewirkt werden, so dass eine bessere Versorgung und Regeneration gewährleistet ist (Issurin et al., 1999; Hopson, Conviser, & Van der Meer, 2007). Eine erhöhte hormonelle Sekretion und schmerzreduzierende Effekte konnten ebenfalls nachgewiesen werden (Luo et al., 2005; Rittweger et al., 2000; Hopson et al., 2007). Generell ist jedoch festzustellen, dass die Ergebnisse der unterschiedlichen Studien variieren. Signifikanten Ergebnissen in den o.g. Bereichen stehen Studien gegenüber, die keine positiven Effekte für Kraft- und Flexibilitätsparameter hervorgerufen haben. Gleichsam schwankt auch die Höhe der Effekte deutlich (z.B. im Kraftbereich zwischen 0-50%). Diese Unterschiede sind einerseits durch variierende Trainingsprotokolle (Trainingstyp, Intensität, Volumen etc.) und Stimulationsmethoden (Methode der Applikation, Amplitude, Frequenz etc.) zu erklären. Andererseits sind auch der unterschiedliche Trainingsstatus und eine unterschiedliche Trainingserfahrung der Probanden, das Test- und Re-Test Design und fehlende Kontrollgruppen dafür verantwortlich (Luo et al., 2005; Jordan, Norris, Smith, & Herzog, 2005). Ein Mangel an exakt kontrollierten und standardisierten Studien ist festzustellen (Luo et al., 2005). Um den neuromuskulären Benefit des Vibrationstrainings zu nutzen, wird des Weiteren empfohlen, dynamisches Vibrationstraining, Vibrationstraining mit Zusatzlast oder in Kombination mit klassischen Krafttrainingsmethoden in den Fokus zukünftiger Untersuchungen zu stellen (Luo et al., 2005; Kvorning, Bagger, Caserotti, & Madsen, 2006). Außerdem werden direkte Vergleiche zu klassischen Trainingsmethoden gefordert, um leistungssteigernde Effekte des Vibrationstraining genauer einordnen zu können (Torvinen et al., 2002). Trotz der bislang eröffneten Möglichkeiten der Leistungsentwicklung durch Vibration sieht Jordan et al. (2005) diese moderne Trainingsform in einem frühen Stadium der Entwicklung (vgl. Issurin 2005). In diesem Zusammenhang ist eine Untersuchung von Sicherheitsaspekten die Grundvoraussetzung für die Nutzung von Vibrationstrainingsgeräten (Mester, J., Kleinöder, H., & Yue, Z. 2006; Kleinöder, H., Ziegler, J., Bosse, C., & Mester, J. 2004).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die wesentlichen Effekte von Vibrationstraining in erster Linie auf neuronale Faktoren zurückgeführt werden können (Luo et al., 2005; Cardinale & Bosco, 2003; Delecluse et al., 2003). Allerdings ist dabei anzumerken, dass in vielen Studien kein reines Beschleunigungstraining zum Einsatz kam, sondern mit Zusatzlasten zwischen 10 und 100 % des 1RM trainiert wurde (Mester, Spitzenfeil, Schwarzer, & Seifriz, 1999; Bosco et al., 1999; Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000). Bei der nachfolgenden Studie geht es um lokale Stimulation in Form einer gleichzeitigen Kopplung von klassischem Krafttraining und Vibrationstraining in Form einer Vibrationshantel. Untersucht werden sollen der Einfluss des Vibrationshanteltrainings auf Kraft- und Leistungsparameter, auf die Durchblutung und das Wohlbefinden. Darüber hinaus wird eine Abschätzung der Belastungsnormative unter Sicherheitsaspekten durchgeführt.

2 Zielstellung

In der nachfolgenden Studie wurden die Auswirkungen eines Kurzhanteltrainings mit und ohne Vibration auf mechanische und medizinische Parameter untersucht. Im Rahmen einer

differenzierten Kraftdiagnostik wurden verschiedener Muskelgruppen mit isometrischen und dynamischen Messungen gegen variable Widerstände gemessen. Dadurch kann neben der isometrischen Kraft die Leistung und deren Komponenten Geschwindigkeit und Kraft differenziert bestimmt werden. Darüber hinaus wurden der Blutfluss (ml Blut pro Sekunde pro 100g Gewebe) und die Beschleunigungen der Hantel und der beteiligten Körpersegmente diagnostiziert um die entstehende Belastung beurteilen zu können.

An der geplanten Studie nahmen 30 Personen teil, die in 2 Trainingsgruppen und eine Kontrollgruppe randomisiert worden sind. Die Trainingsgruppe 1 absolvierte das Kurzhanteltraining mit Vibrationsreiz, die Trainingsgruppe 2 dasselbe Training ohne Vibration. Bei den Trainingsgeräten handelt es sich um 2,8 kg schwere Kurzhanteln (Vibro Hantel VH 100, Platinit AG). Die Trainingsphase dauerte 4 Wochen (3 TE/Woche), wobei das Training durch die Erhöhung der Serienanzahl in den Trainingswochen progressiv gesteuert wurde. Beim Eingangstest vor der Trainingsphase und dem Ausgangstest nach 1 Woche Pause wurden eine differenzierte isometrische und dynamische Kraftdiagnostik der Schulter-, Trizeps-, Bizeps- und Unterarmmuskulatur durchgeführt. Die Messung erfolgte an mit Kraft- und Wegaufnehmern ausgestatteten Kraftmaschinen (GYM 80/mechatronic) für die o.g. Muskulatur. Damit können Schnellkraft- und Maximalkraftparameter (Fmax, RFD, Pmax, Impuls) bestimmt werden. Des Weiteren wurde in den Trainingsgruppen vor und nach der Durchführung des Trainings die Durchblutung in der Unterarmmuskulatur erhoben. Um den Vibrationsreiz weiter quantifizieren zu können, wurden Beschleunigungsmessungen an der Hantel, der Schulter und am Kopf durchgeführt.

3 Methodik

3.1 Studiendesign

Der Gesamtzeitraum der Studie betrug fünf Wochen. Innerhalb dieser Zeit wurden zwei Kraftdiagnostiken durchgeführt (siehe Abbildung 1).

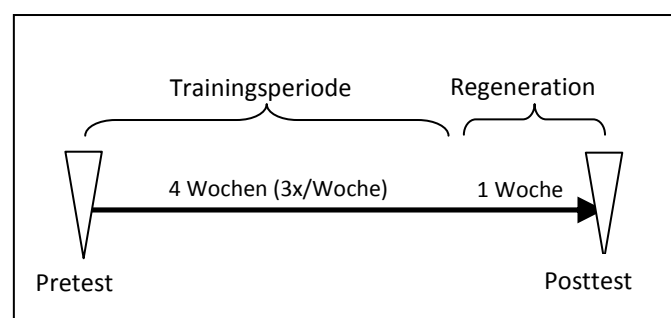


Abbildung 1: Studiendesign

Das vier Wochen lang andauernde Training wurde mit einer Trainingshäufigkeit von drei Einheiten pro Woche durchgeführt. Die Kraftdiagnostik fand vor dem ersten Training (Pretest) und nach einwöchiger Pause nach der letzten Trainingseinheit (Posttest) statt.

Das Probandenkollektiv (n=28) setzte sich aus 17 weiblichen und 11 männlichen Angestellten der Deutschen Sporthochschule Köln zusammen und wurde in drei verschiedene Trainingsgruppen

randomisiert, wobei eine Gleichverteilung der männlichen und weiblichen Probanden angestrebt wurde. Hierbei handelte es sich um eine Trainingsgruppe mit Kurzhantel ohne Vibration, eine Trainingsgruppe mit Kurzhantel und mit Vibration und eine Kontrollgruppe (kein Training). Die Probanden gaben an, wenige bis keine Erfahrungen im Oberkörperkrafttraining zu haben.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der teilnehmenden Probanden

Trainingsgruppe	n	Alter [Jahren]	Größe [cm]	Gewicht [kg]
Vibrationsgruppe	11	37,82 ± 15,20	1,72 ± 0,11	71,55 ± 15,27
Klassische Trainingsgruppe	11	33,00 ± 10,87	1,74 ± 0,06	66,55 ± 8,59
Kontrollgruppe	6	33,21 ± 12,41	1,76 ± 0,12	68,00 ± 11,92

3.2 Trainingsgerät

Für das Vibrationstraining wurden die Vibrationshanteln D1 von BodyVib verwendet.

Die BodyVib Vibrationshantel D1 hat folgende technische Spezifikationen:

- Frequenz: 26 Hz
- Amplitude: 1,3 mm
- Gewicht: 2800g



Abbildung 2: Vibrationshanteln D1 von BodyVib

3.3 Trainingsdesign

Das Training fand dreimal in der Woche statt mit einem Tag Pause zwischen den Einheiten. Trainiert wurden die Bizeps-, Trizeps- und Schultermuskulatur. Die Belastungsnormative wurde mit einer vorgegebenen Bewegungsgeschwindigkeit (3 kon – 0,5 iso – 3 exz – 0,5 iso) und einem festen Gewicht von 2,8kg festgelegt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Belastungsnormative der Vibrationsgruppe für die Trizeps-, Bizeps- und Schultermuskulatur (kon = konzentrisch; iso = isometrisch; exz = exzentrisch)

Zusatzlast	2,8 kg
Anzahl der Wiederholungen	10
Anzahl der Serien	2/3/4/4 (Trainingswoche)
Pause zwischen den Serien	30 sec
Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche	3
Dauer des Trainings	4 Wochen
Zergliederung einer einzelnen Wiederholung in die Kontraktionsformen und deren zeitliche Dauer in Sekunden	kon 3 iso 0,5 exz 3 iso 0,5
Pause zwischen den Wiederholungen	-
Zeit der Spannung (TUT)	140-280 sec
Bewegungsausmaß (ROM)	Bizeps: 180° - 40° Schulter: 90°-30° Trizeps: 40°-180°
Trainingspause	Mind. 24-48h
Übungsauswahl/ Reihenfolge	Bizeps/ Schulter/ Trizeps
Frequenz	26 Hz
Amplitude	1,3 mm

1 Serie jeder Übung dauerte ca. 70 s, wobei die Trainingshäufigkeit im Verlaufe der Studie progressiv von 2 über 3 auf 4 Serien je Übung (Bizeps, Trizeps, Schulter) gesteigert wurde. Dies bedeutet eine Gesamtdauer der Belastung von anfangs 70 s * 2 Serien * 3 Übungen = 420 s Gesamtexpositionsdauer. Diese wurde bis zum Studienende auf 840 s verlängert.

Es wurden folgende Übungen für die Bizeps-, Schulter- und Trizepsmuskulatur absolviert.

1. Übung: Bizepsmuskulatur

- Startposition: schulterbreiter Stand, nach unten nicht ganz gestreckte Arme leicht hinter dem Körper
- Bewegung: Arme werden nach vorne bewegt (bis zur Körperachse), dabei bleibt der Ellenbogen fixiert und die Unterarme werden nach oben geführt und nach innen gedreht
- Endposition: der Ellenbogenwinkel beträgt ca. 40° und die Handflächen zeigen zum Körper

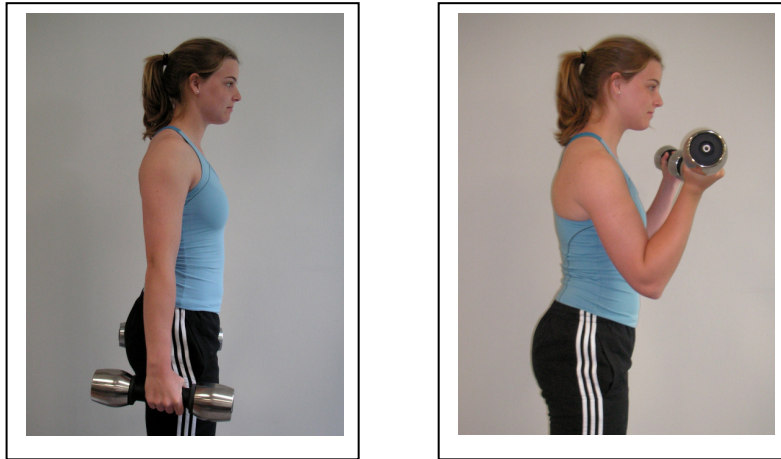


Abb. 3: Ausgangs- und Endposition Bizepscurl

2. Übung: Trizepsmuskulatur

- Startposition: schulterbreiter Stand, der Oberkörper ist leicht nach vorne gebeugt, die Arme sind im Ellenbogen angewinkelt und an den Oberkörper herangezogen
- Bewegung: Rückführung der Hanteln, der Ellenbogen bleibt fixiert, die Unterarme werden nach außen gedreht
- Endposition: die Arme sind (nahezu) gestreckt hinter dem Rücken



Abb. 4: Ausgangs- und Endposition Trizepskickbacks

3. Übung: Schultermuskulatur

- Startposition: schulterbreiter Stand, die Arme werden waagrecht auf Schulterhöhe gehalten, der innere Ellenbogenwinkel beträgt 90°
- Bewegung: Die Arme werden senkrecht nach oben gestreckt
- Endposition: Arme befinden sich (nahezu) senkrecht über den Kopf gestreckt

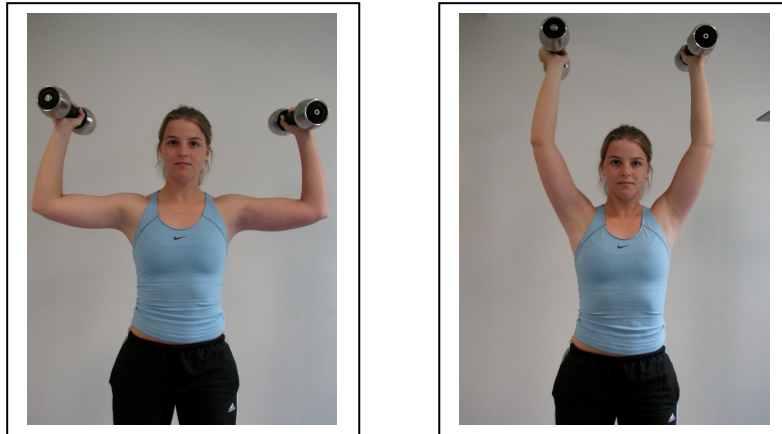


Abb. 5: Ausgangs- und Endposition Schulterpresse

3.4 Diagnostik

Bei jedem Test fanden drei Versuche statt, von denen nur derjenige mit den besten Werten in die Auswertung einging. Des Weiteren wurde die Durchblutung mit Hilfe eines optischen Diagnosegerätes O2C am Unterarm einmal vor dem Training und einmal nach dem Training ermittelt. Außerdem wurden die Transmissionen an 3 verschiedenen Positionen (am Griff der Hantel, an der Schulter und im Mund) gemessen. Alle Probanden füllten einen modifizierten Fragebogen (Quality of Life, SF 36)) vor und nach dem 4wöchigen Training aus.

3.4.1 Kraftdiagnostik

Es wurden in der Kraftdiagnostik isometrische und dynamische Krafttests an verschiedenen Geräten Edition Line der Firma *gym80* International (Gelsenkirchen) durchgeführt (Biceps Curl, Triceps Curl, Shoulder Press), Alle Geräte sind mit einem Kraft- und einem Wegsensor ausgestattet. Die Kraftsensoren messen die auftretenden Kräfte anhand von Dehnungsmessstreifen mit der Abtastrate von 100 Hz bei einer Messgenauigkeit von 0,01N. Die translatorischen Wegsensoren messen die Geschwindigkeit bis zu 2 m/s ebenfalls mit einer Abtastrate von 100 Hz. Die isometrische Handkraft wurde mit einem mobilen Gerät der Firma *mechaTronic* (Hamm) ermittelt.

Die Kraftdiagnostik verlief anhand eines standardisierten Protokolls:

- Lokales Aufwärmen am Gerät mit leichter Zusatzlast und 15 Wiederholungen
- 3 isometrische Tests in einer definierten Winkelstellung
- 1 isometrischer Test (in der Ausgangsstellung der dynamischen Diagnostik) zur Bestimmung der Zusatzlast für die dynamischen Tests
- 3 dynamische Tests aus einer definierten Winkelstellung mit verschiedenen Zusatzlasten (50 % bzw. 25 % Fmax) über das volle Bewegungsausmaß

Die Pausenzeit zwischen den Versuchen betrug 30 Sekunden.

3.4.1.1 Isometrische Kraftdiagnostik

Die isometrischen Messungen bestanden aus drei isometrischen Tests in der Winkelstellung, in der die Probanden maximale Kraftwerte erreichen können. Bei der Trizepsmuskulatur wurde dafür der innere Ellenbogenwinkel bei 140° festgelegt, bei der Schultermuskulatur der innere Schulterwinkel bei 30° und bei der Bizepsmuskulatur der innere Ellenbogenwinkel bei 120°. Die Probanden hatten die Aufgabe, so fest wie möglich gegen den Widerstand zu drücken bzw. zu ziehen. Dabei sollte die Maximalkraft so schnell wie möglich erreicht werden.

Bei einer isometrischen Messung wurden die Maximalkraft und das RFD (Rate of Force Development) ermittelt (siehe Abb. 6). Das RFD bildet einen Parameter der Schnellkraft und beschreibt die Fähigkeit, die Kraft möglichst schnell zu entfalten, und wird durch die Steigung der Kraft-Zeit-Kurve bestimmt.

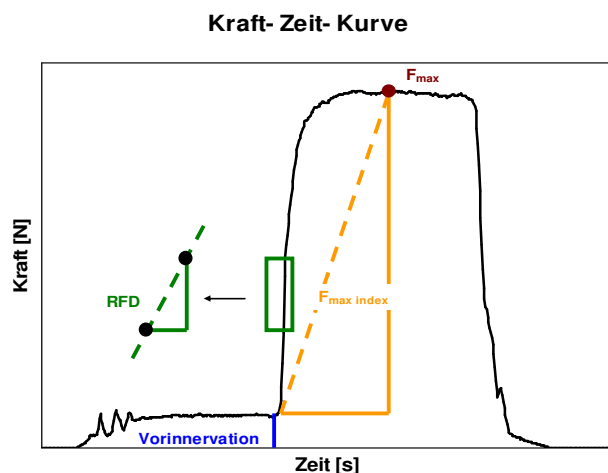


Abb. 6: Parameter RFD [N/s] und Maximalkraft [N]

Im Anschluss an die isometrischen Krafttests wurde zur Bestimmung der Zusatzlast für die dynamischen Versuche ein vierter isometrischer Test durchgeführt. Die Winkelstellungen entsprachen hierbei denen der Ausgangsstellung der dynamischen Tests.

3.4.1.2 Dynamische Kraftdiagnostik

Die maximale Leistung ist das Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit. Die Leistung kann demnach durch die Steigerung dieser beiden Parameter beeinflusst werden. Als weiterer Parameter wurde das RPD (Rate of Power Development) ermittelt (siehe Abbildung 7). Das RPD beschreibt die Fähigkeit einen schnellen Leistungsanstieg zu produzieren.

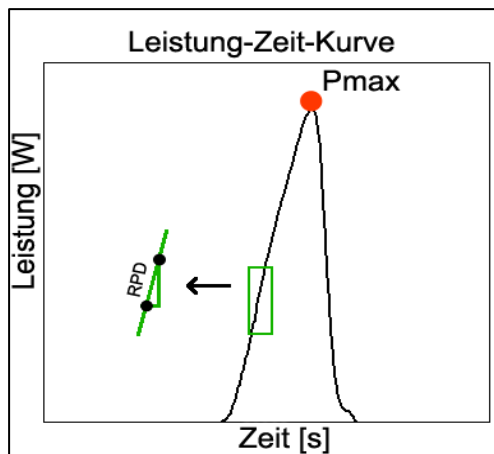


Abb. 7: Parameter PFD [W/s] und maximale Leistung Pmax [W]

Bei den dynamischen Messungen absolvierten die Probanden jeweils drei Versuche mit einer Zusatzlast von 50% der Maximalkraft für die Armmuskulatur bzw. mit 25% der Maximalkraft für die Schultermuskulatur. Damit wurden insgesamt 9 dynamische Messungen durchgeführt. Die Zusatzlasten wurden im vierten Versuch der isometrischen Messung mit Gelenkwinkelstellungen der dynamischen Tests ermittelt (s.o.). Um eine möglichst hohe Leistung zu erzielen, hatten die Probanden die Aufgabe die definierten Zusatzlasten maximal konzentrisch zu beschleunigen. Hierbei wurde ein innerer Armwinkel von 70° bei der Trizepsmuskulatur, ein innerer Schulterwinkel von 10° bei der Schultermuskulatur und 170° bei der Bizepsmuskulatur als Ausgangsstellungen fest definiert.

3.4.1.3 Ergebnisse der isometrischen und dynamischen Kraftdiagnostik

In den nachfolgenden Darstellungen werden tabellarisch alle prozentualen Veränderungen zwischen Pre- und Posttest dargestellt (siehe Tabelle 3). Die Werte, die einen signifikanten Mittelwertunterschied aufweisen, wurden farblich markiert (grün = signifikante Verbesserung, rot = signifikante Verschlechterung). Im Rahmen der analytischen Statistik wurde eine elementare Statistik mit dem gepaarten t-Test für die jeweiligen Trainingsgruppen durchgeführt. Paarweise Differenzen zwischen den Mittelwerten können so lokalisiert und gruppeninterne Muster erkannt werden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde für alle Parameter auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

Tabelle 3: Prozentuale Veränderungen zwischen Pre- und Posttest

		Trizeps				Schulter			
		F _{rel}	RFD	P _{rel}	RPD	F _{rel}	RFD	P _{rel}	RPD
Trainingsgruppe	Vibration	6,56%	19,66%	20,35%	11,94%	3,29%	14,46%	2,61%	45,19%
	klassisch	6,79%	10,08%	14,97%	27,61%	2,02%	16,80%	1,24%	40,26%
	Kontrolle	-15,85%	-28,79%	1,48%	-28,29%	-5,57%	-15,60%	-10,03%	4,41%

		Bizeps				Handkraft	
		F _{rel}	RFD	P _{rel}	RPD	rechts	links
Trainingsgruppe	Vibration	5,21%	36,82%	20,58%	19,21%	3,99%	-1,18%
	klassisch	-4,72%	-24,51%	-1,58%	10,33%	-0,15%	-6,43%
	Kontrolle	-0,14%	0,18%	-14,39%	-19,53%	4,60%	1,07%

Nachfolgend werden die signifikanten, absoluten Werte in Diagrammform in den nachfolgenden Unterkapiteln dargestellt. Die statistischen Signifikanzen der Ergebnisse sind in den Abbildungen wie folgt gekennzeichnet (* = signifikante Verbesserung).

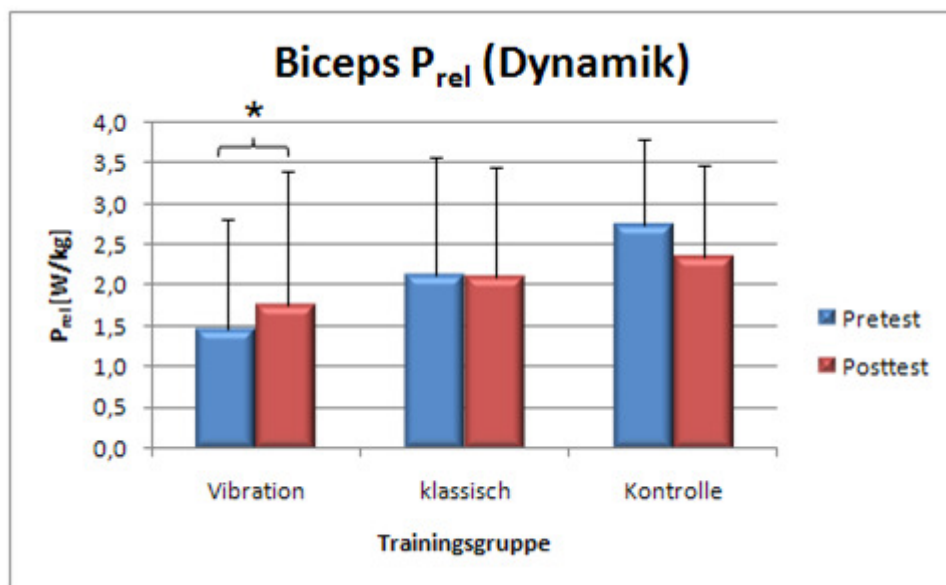


Abbildung 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen, relativen Leistung des Armbeugers aller Gruppen zum Eingangs- und Ausgangstest

Bei der relativen Leistung der Bizepsmuskulatur kommt es zu einer signifikanten Verbesserung von 20,58% in der Vibrationsgruppe. Sie steigerte sich von $1,46 \pm 1,37$ auf $1,77 \pm 1,65$ W. Die beiden anderen Gruppen haben sich um -1,58% bzw. -14,39% verschlechtert. Die klassisch

trainierende Gruppe verringerte ihre relative Leistung geringfügig von $2,14 \pm 1,44$ auf $2,11 \pm 1,36$ W (n.s.). Bei der Kontrollgruppe kam es zu einer Verschlechterung von $2,75 \pm 1,05$ auf $2,35 \pm 1,13$ W (n.s.).

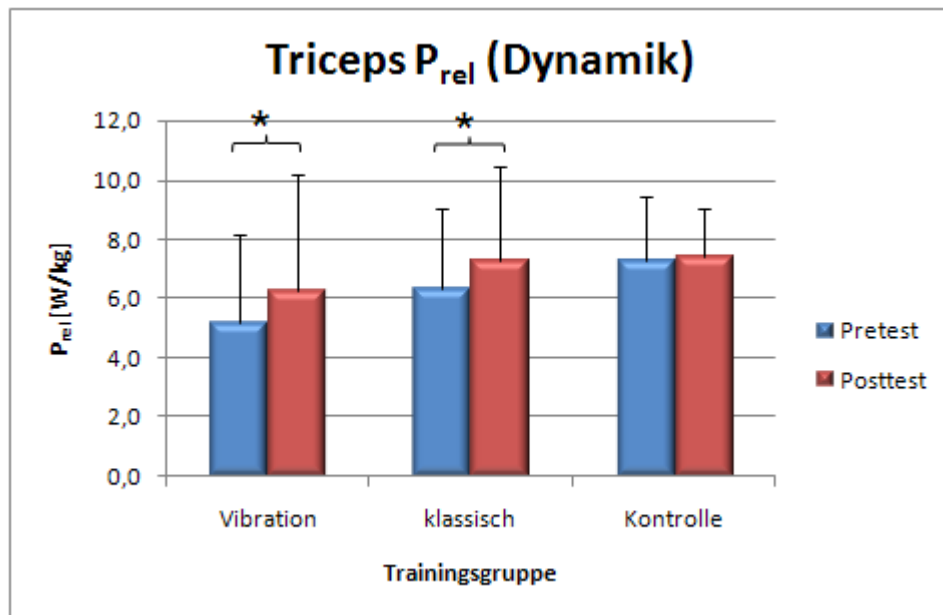


Abbildung 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen, relativen Leistung des Armstreckers aller Gruppen zum Eingangs- und Ausgangstest

Bei der relativen Leistung der Trizepsmuskulatur kommt es zu signifikanten Verbesserungen in beiden Trainingsgruppen. Die Vibrationsgruppe steigert sich von $5,20 \pm 2,99$ auf $6,25 \pm 3,95$ W, das entspricht einer prozentualen Verbesserung von 20,35%. Die klassische trainierende Gruppe kann sich um 14,97% verbessern: von $6,32 \pm 2,73$ auf $7,27 \pm 3,17$ W. In der Kontrollgruppe kam es zu fast keiner Veränderung. Es wurde eine geringfügige Steigerung von 1,48% ($7,28 \pm 2,15$ – $7,39 \pm 1,63$ W) festgestellt.

4 Durchblutung

In folgenden Diagrammen ist der Blutfluss von den drei Messungen dargestellt. Die Zeitpunkte der Messung zeigt Tabelle 4. Während der Vibration war keine Messung aufgrund der Messmethodik möglich.

Tabelle 4: Zeitpunkte der Durchblutungsmessung

Marke1	Ruhezustand, Halten der Hanteln
Marke2	Halten der Hanteln nach Training ohne Vibrationsreiz
Marke3	Halten der Hanteln nach Vibrationstraining

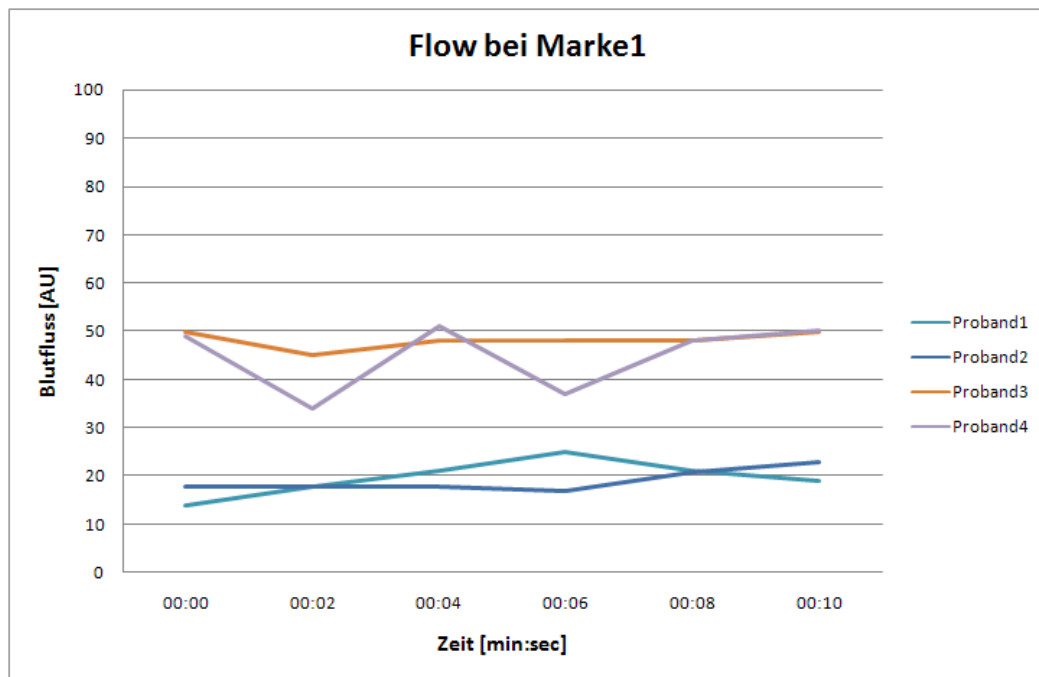


Abbildung 10: Blutfluss von 4 Probanden im Ruhezustand

Beim ersten Messpunkt blieb der Blutfluss innerhalb der 10sec konstant auf einem Level. Der Mittelwert über die 10sec aller Probanden beträgt $34,08 \pm 16,94$.

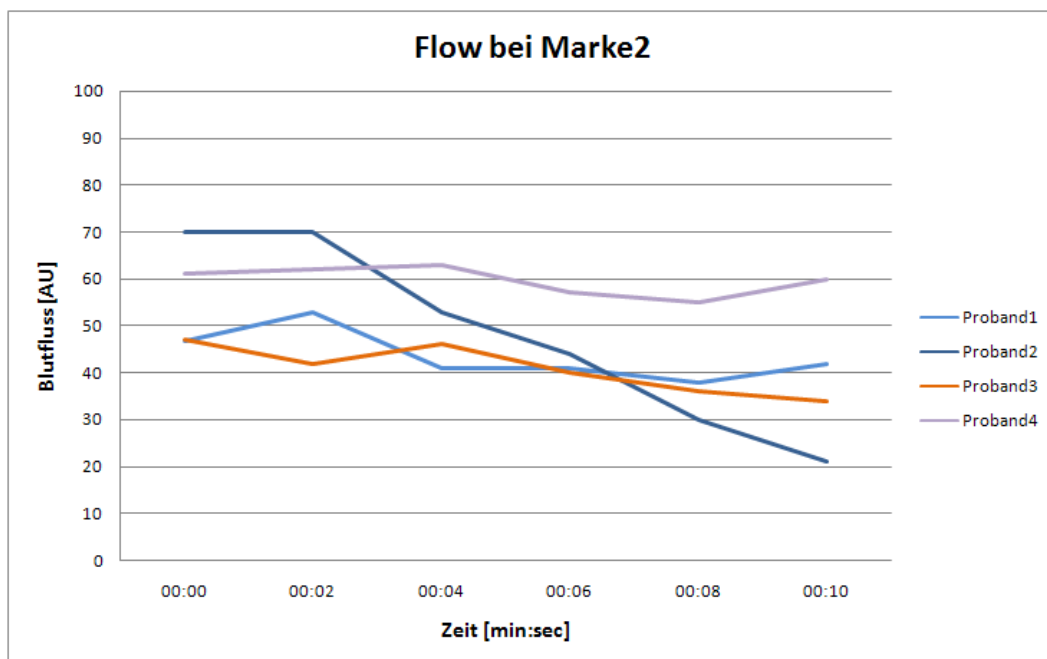


Abbildung 11: Blutfluss von 4 Probanden nach 10 Wiederholungen der Bizepsübung mit Vibration

Nach den 10 Wiederholungen der Bizepsübung ist der Blutfluss erhöht. Der Mittelwert über die 10sec aller Probanden beträgt $48,71 \pm 9,55$.

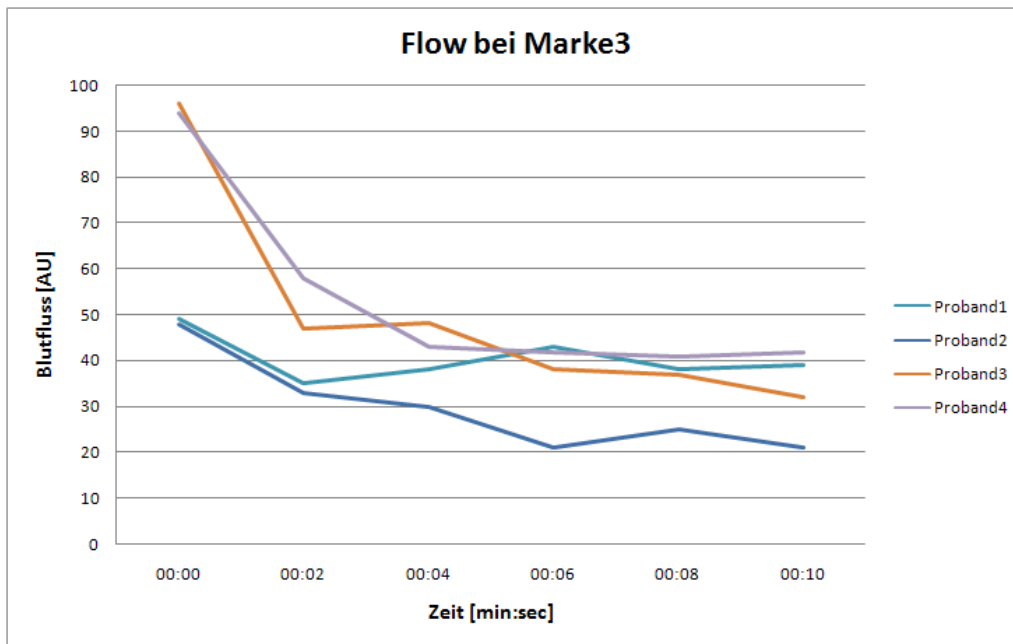


Abbildung 12: Blutfluss von 4 Probanden nach 10 Wiederholungen der Bizepsübung mit Vibration

Nach 10 Wiederholungen der Bizepsübung mit Vibrationsreiz ist der Blutfluss in den ersten 2sec stark erhöht, danach normalisieren sich die Werte wieder. Der Mittelwert über die gesamten 10 sec von allen Probanden beträgt $47,63 \pm 17,49$. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Trainingsgruppen liegen nicht vor.

5 Fragebogen

Zu Beginn des vierwöchigen Kurzhanteltrainings beschreiben die Probanden ihren Gesundheitszustand als gut. Diese Einschätzung erfolgt ebenfalls nach Beendigung des Trainings. Im Vergleich zum letzten Jahr verbesserten fünf Probanden ihren subjektiven Gesundheitszustand.

Durch das Kurzhantel- Training kam es zu *keinen* Einschränkungen von mittelschweren oder anstrengenden Tätigkeiten, sowie zu *keinen* Schwierigkeiten bei alltäglichen Tätigkeiten durch körperliche Gesundheitsprobleme. Positive Effekte sind der Rückgang von Schulter- oder Rückenschmerzen, die vorher im Alltag zu leichten Einschränkungen geführt hatten. Innerhalb des vierwöchigen Kurzhantel- Trainings konnten ebenfalls *keine* Änderungen der Gefühlslage der Trainingsgruppe festgestellt werden.

Das vierwöchige Kurzhantel- Training wurde jedoch subjektiv mit *positiven* Auswirkungen auf das Allgemeinbefinden der Teilnehmer belegt. Sie konnten subjektiv durch das Kurzhantel- Training die konditionellen Fähigkeiten erhalten bzw. verbessern. Die Trainingsintensität wurde größtenteils als moderat bis sehr leicht eingeschätzt. Auffällig ist hier, dass die klassische Trainingsgruppe das Training als intensiver beschreibt als die Vibrationsgruppe. Eine mögliche Erklärung dafür ist in der veränderten Kinästhetik durch den tonischen Vibrationsstimulus zu sehen. Als Muskelgruppen, die während des Trainings am meisten trainiert wurden, wurden die

Arm- und Schultermuskulatur (m. triceps brachii, m. biceps brachii und m. deltoideus) angegeben.

Als mögliche Einsatzgebiete für die Kurzhanteln wurden von den Probanden folgende genannt: gute Einsatzmöglichkeit für den Freizeitsport; Krafttraining für die Arme; Betriebliches Gesundheitsmanagement; Rehabilitation; Kräftigung der Hand/ Armmuskulatur bei fortgeschrittener Arthrose.

In folgender Abbildung werden die Häufigkeiten der Angaben über das Training dargestellt. Die erste Zahl (grün markiert) ist die Anzahl der Antworten der Vibrationsgruppe, die zweite Zahl (rot markiert) ist die Anzahl der Antworten der klassisch trainierenden Gruppe.

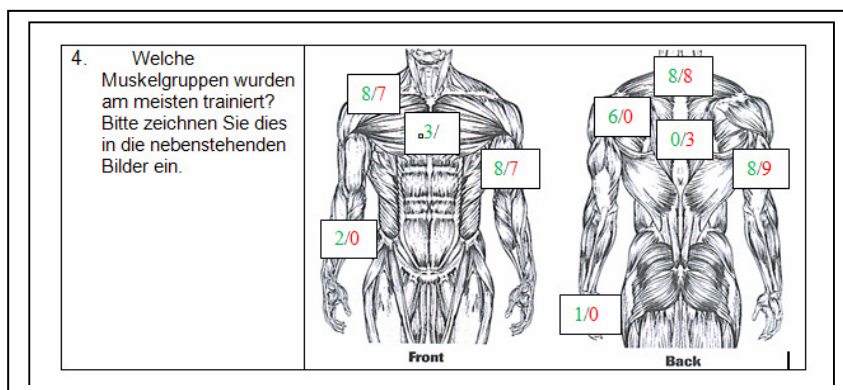


Abb. 13: Trainierte Muskelgruppen nach Einschätzung der Gruppen (grün mit, rot ohne Vibration)

6 Beschleunigung und Transmission

Bei allen drei Übungen wurden jeweils in der Endposition an 3 verschiedenen Messpunkten (Hantel, Schulter, Mund) die auftretenden Beschleunigungen (3D bzw. 2D) gemessen. Auf die z-Richtung wurde beim Mundstück verzichtet, da keine Beschleunigungen dort auftreten (Ergebnis Vortest). In den nachfolgenden Diagrammen werden die Richtungen an den verschiedenen Messpunkten (Hantel, Schulter, Mund) übereinander gelegt. Die Richtungen werden in Abb. 14 dargestellt:

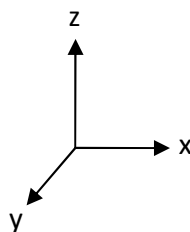


Abbildung 14: Messrichtungen

Bei den Messungen wurde der A/D-Wandler LabJack UE9 eingesetzt (16bit Auflösung und 100 Hz Abtastrate). Die Beschleunigungssensoren an der Hantel waren ein 3-D-Accelerometer (+10 g), an der Schulter ein 3-D-Accelerometer (+6 g) und am Mund ein 2-D-Accelerometer (+5 g). Als Aufnahmesoftware wurde DAQFactory Express von Azeotech verwendet.

Im Rahmen des ROM (range of motion, Bewegungsausmaß) wurden die Endstellung beim Bizepscurl, die Streckung beim Trizeps-Kickback und die Streckung im Schultergelenk untersucht, da diese bedingt durch die Muskelkontraktion und die Gelenkendstellung die geringsten Dämpfungsmöglichkeiten und damit die höchste Belastung innerhalb des Bewegungsablaufes darstellen.

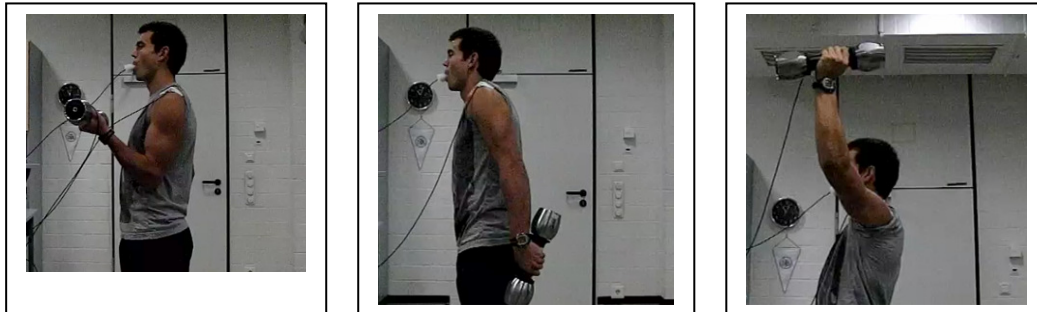


Abb. 15: Untersuchte Positionen der verschiedenen Muskelgruppen

Die Bewegungsrichtungen wurden mit Markern protokolliert und festgelegt. In eine Hartplastikhülse wurde der Beschleunigungsaufnehmer für den Mund integriert und mit den Zähnen fest fixiert (siehe Abb. 15 und 16).

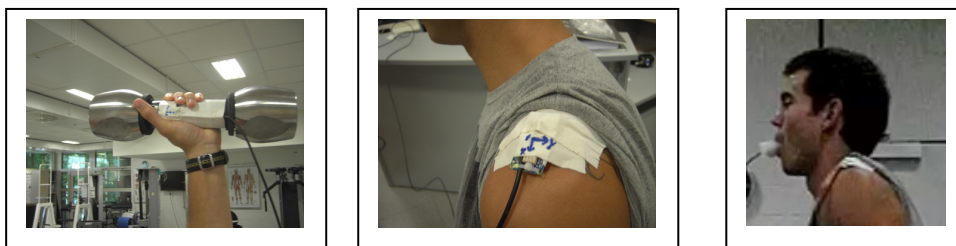


Abb. 16: Positionierung der Beschleunigungsgeber

Nachfolgend werden exemplarisch relevante Messergebnisse vorgestellt. Abbildung 16 zeigt wesentliche Parameter zur Beurteilung von Vibrationen. Von jedem Probanden und jeder Übung wurde der root mean square (r.m.s) errechnet, dann der Mittelwert von den r.m.s-Werten an der Hantel auf 1 (dimensionslos) gesetzt und die Transmissionsfaktoren für Schulter und Mund berechnet.

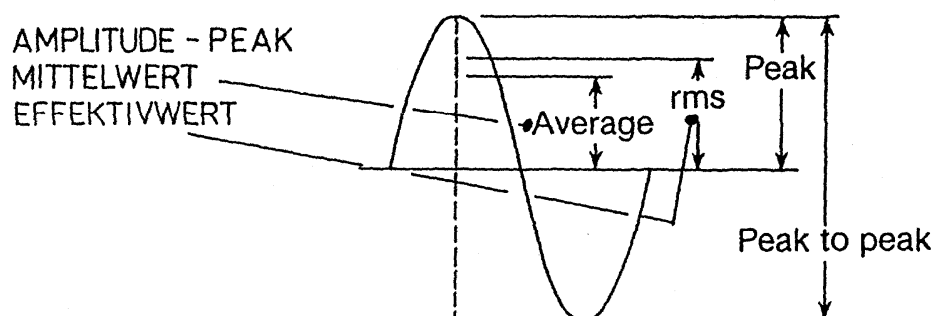


Abbildung 17: Vergleich von Spitzen- und Effektivwerten (rms) bei einer Sinusschwingung (nach: ENDEVCO 1992, S. 24).

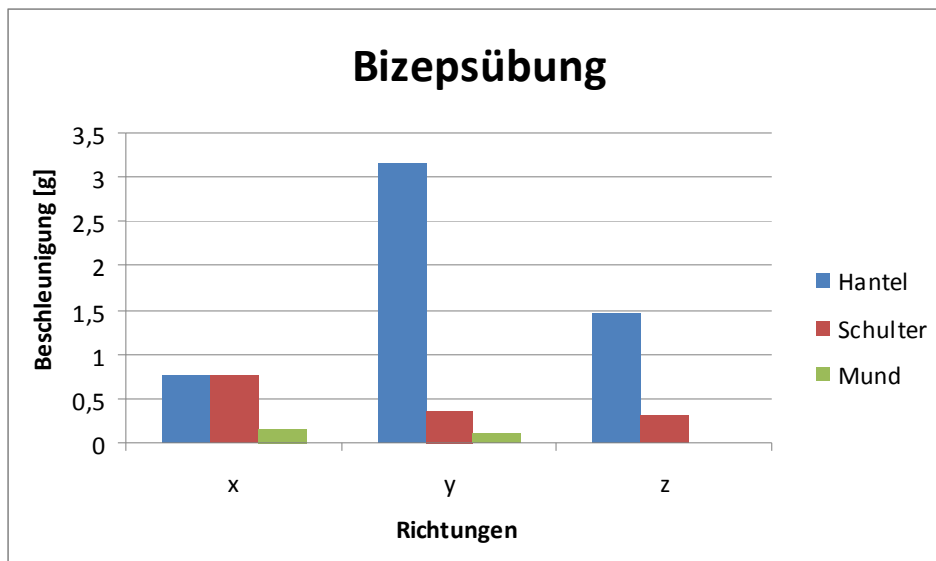


Abbildung 18: Beschleunigung von Hantel, Schulter und Mund (Bizepscurl)

Abb. 18 zeigt, dass die maximale Beschleunigung der Hantel bei ca. 3 g liegt. Die Werte für Schulter und Mund fallen mit Ausnahme für die x-Richtung deutlich geringer aus. Die gilt auch für die Transmission, die in Abb. 20-22 dargestellt sind. Vergleichbare Beschleunigungen anderer Vibrationsgeneratoren liegen deutlich höher, z.B. bei Power Plate zwischen 2 und 6 g.

Vergleicht man die vorliegenden Befunde mit der EU-Direktive „Vibration“ (2002/44/EG) für Hand-Arm-Vibration, so können die vorliegenden Werte beim Vibrationshanteltraining mit den dort festgelegten Expositionsgrenzwerten und den Auslösewerten verglichen werden. Da ein Training in der Regel eine punktuelle Belastung im Gegensatz zu den meist lang andauernden Belastungen in der Arbeitswelt darstellt, erlaubt der Vergleich nur eine Abschätzung des Gefahrenpotentials und eine Empfehlung für die Trainingsdauer. Bei der Ermittlung der Vibrationsdauer (A8) geht nur die reine Expositionsdauer in die Auswertung ein. Die Tagesvibrationsexposition hängt sowohl vom Ausmaß der Vibration als auch von der Dauer der Vibration ab. Abb. 19 zeigt ein Nomogramm zur Bestimmung des A(8) Wertes. Das Management der Vibrationsexposition lässt sich auch durch die Verwendung von Expositionspunkten vereinfachen. Diese sind in Abb. 19 in der Mitte rechts eingezeichnet. Für jeden Prozess lässt sich die Anzahl der in einer Stunde gesammelten Expositionspunkte über den Vibrationsgesamt看wert berechnen. Die den Auslöse- und Expositionsgrenzwerten entsprechenden Expositionspunkte sind der Auslösewert ($2,5 \text{ m/s}^2$), der 100 Punkten entspricht. Der Expositionsgrenzwert (5 m/s^2) wird mit 400 Punkten angezeigt. Für die Vibrationshantel D1 BodyVib liegt bei einer 10minütigen Belastung im gelben Bereich zwischen Auslöse- und Expositionsgrenzwert.

In der vorliegenden Studie wurde eingangs mit 420 s (7 min) belastet und dann auf 840 s (14 min) gesteigert. Keiner der Probanden gab an, dass damit unangenehme Empfindungen oder Schmerzen oder Unwohlsein verbunden waren. Als Empfehlung aus arbeitswissenschaftlicher Sicht wird daraus abgeleitet, dass das Vibrationskurzhanteltraining mit BodyVib kurz gestaltet werden sollte (ca. 10 min) und ggf. ein Tag Pause zwischen den Trainingseinheiten liegen sollte (siehe Abb. 19).

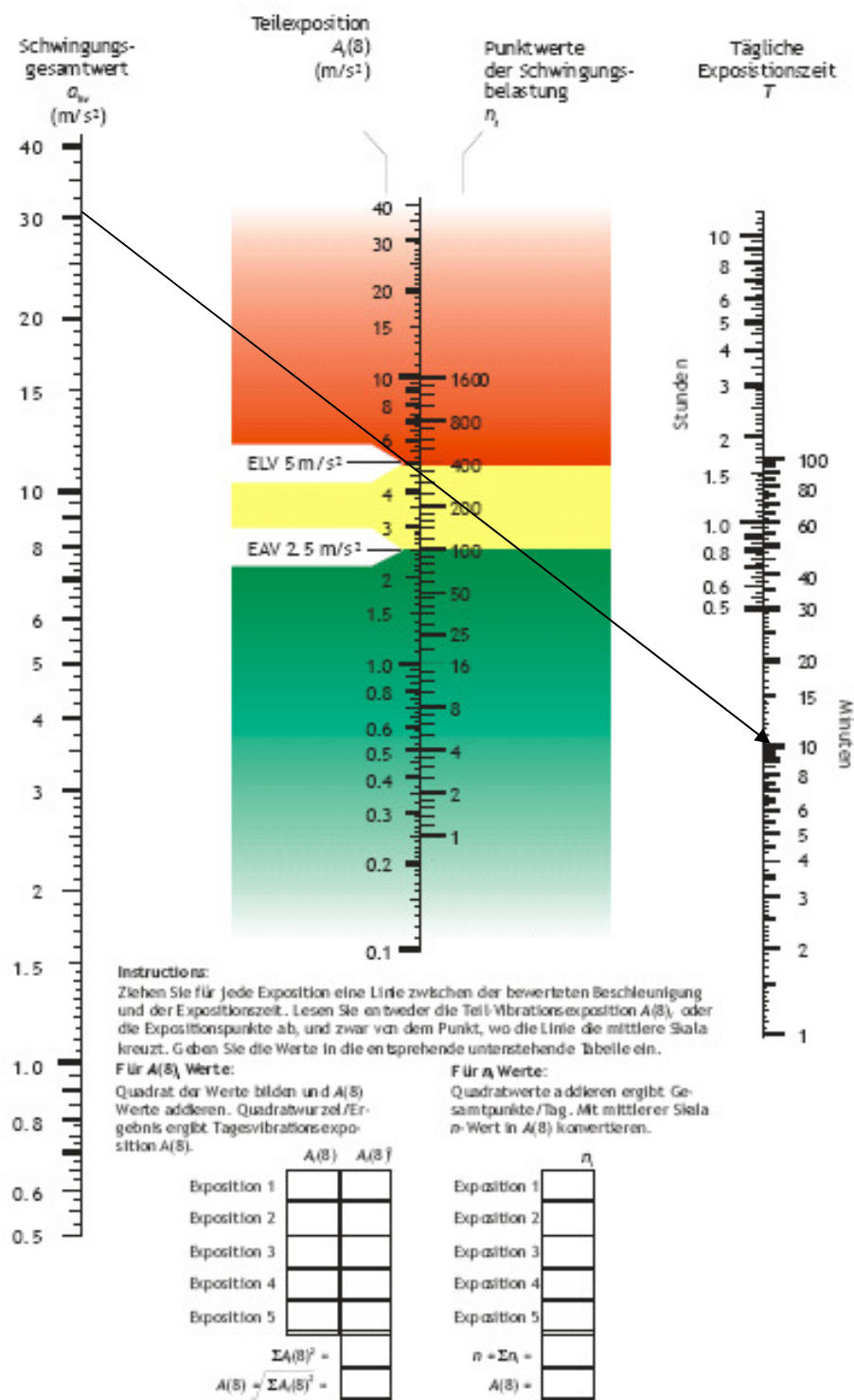


Abbildung 19: Nomogramm zur Bestimmung des $A(8)$ Wertes bei Hand-Arm-Vibrationen

Aus sicherheitstechnischen Gründen sind ebenfalls die Transmissionsfaktoren von der Hantel zum Körper und insbesondere zum Kopf bzw. Gehirn relevant. Ein Transmissionsfaktor von 1 bedeutet, dass die Beschleunigung ungedämpft übertragen wird. Nachfolgend werden die Transmissionsfaktoren für die verschiedenen Übungen dargestellt.

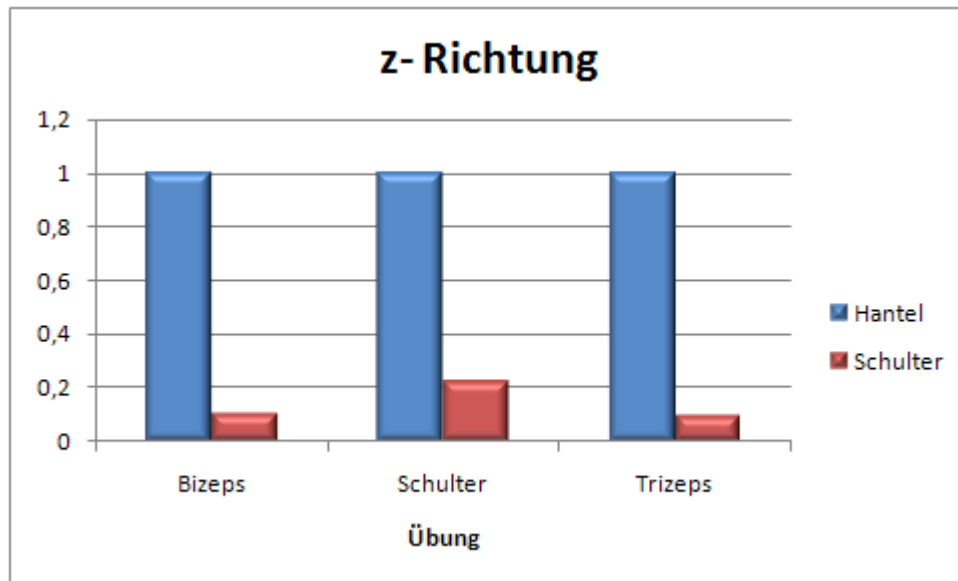


Abb. 20: Transmissionsfaktoren bei den unterschiedlichen Übungen in z-Richtung

Abb. 20 zeigt, dass nur eine geringe Übertragung (zwischen 0,1 bis 0,2) von der Hantel auf die Schulter in z-Richtung (nach oben/unten) vorliegt. Ein Vortest ergab, dass eine Beschleunigung in dieser Richtung zum Mundstück nicht vorlag und somit keine Übertragung gegeben war. Die Beschleunigungswerte in z-Richtung (r.m.s) lagen bei den verschiedenen Übungen für die Schulter zwischen 0,3 und 0,5 g.

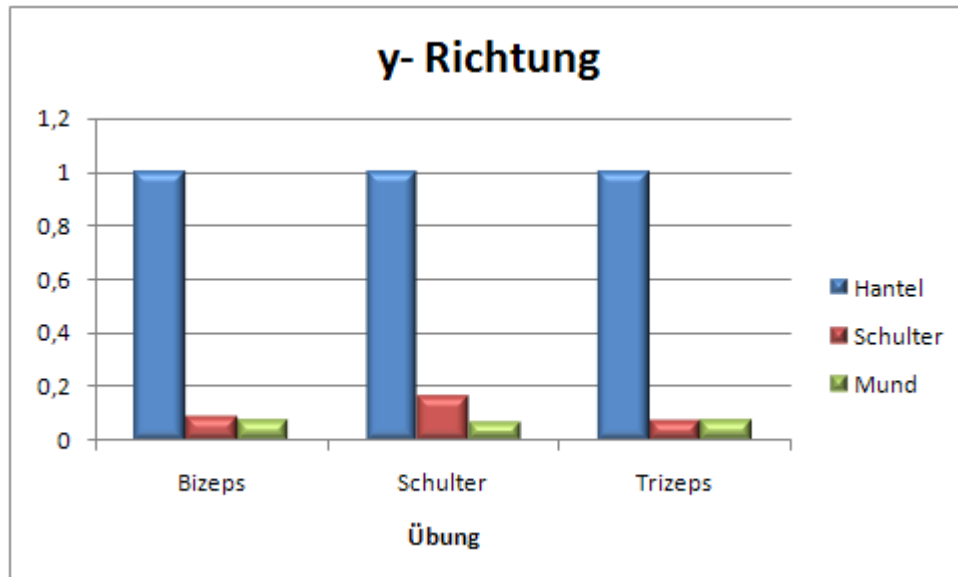


Abb. 21: Transmissionsfaktoren bei den unterschiedlichen Übungen in y-Richtung

Abb. 21 zeigt, dass nur eine geringe Übertragung von der Hantel auf die Schulter und das Mundstück in y-Richtung (0,1 bzw. niedriger) vorliegt. Die Beschleunigungswerte in y-Richtung (r.m.s) lagen bei den verschiedenen Übungen für die Schulter zwischen 0,2 und 0,5 und für das Mundstück bei ca. 1 g (r.m.s).

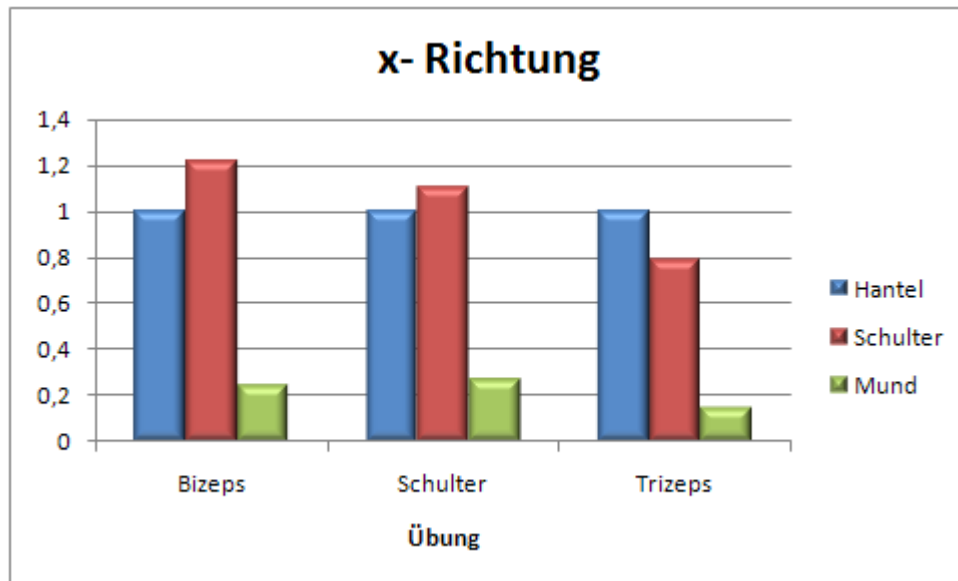


Abb. 22: Transmissionsfaktoren bei den unterschiedlichen Übungen in x-Richtung

Abb. 22 zeigt, dass die Übertragung von der Hantel auf die Schulter (TF 1,2) nicht gedämpft wird. Der TF für das Mundstück in x-Richtung fällt wiederum mit ca. 0,2 und darunter gering aus. Die hohe Transmission für die Schulter kann durch die Anbringung des Sensors auf der Haut erklärt werden (wobbling mass) oder auf eine Anregung im Resonanzbereich zurückgeführt werden. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die damit verbundenen Beschleunigungen niedrig ausfallen und nicht auf den Kopf übertragen werden. Insofern lässt sich eine gesundheitliche Gefährdung aus diesem Befund nicht ableiten. Die Beschleunigungswerte in x-Richtung (r.m.s) lagen bei den verschiedenen Übungen für die Schulter zwischen 0,6 und 0,8 g und für das Mundstück unter 0,2 g (r.m.s).

Vergleicht man die trainingsbedingte Vibrationsexposition der Probanden mit den bislang international veröffentlichten Richtlinien zur Vermeidung des Hand-Arm-Syndroms, so zeigt sich, dass die Werte unter den empfohlenen Grenzwerten lagen. So beschreibt die American Conference of Government Industrial Hygienist (ACGIH) eine Belastungsgrenze von vier bis acht Stunden bei einer Beschleunigung von $4 - 6 \text{ m/s}^2$ (siehe Tabelle 5). Eine Gesundheitsgefährdung im Sinne eines M. Raynaud oder einer digitalen Polyneuropathie ist damit als eher gering einzustufen, auch wenn sie nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Tabelle 5: ACGIH Grenzwerte für die Exposition von Handvibrationen

The ACGIH Threshold Limit Values (TLVs) for exposure of the hand to vibration in X, Y, or Z direction	
Total Daily Exposure Duration (hours)	Maximum value of frequency weighted acceleration (m/s^2) in any direction
4 to less than 8 hours	4
2 to less than 4 hours	6
1 to less than 2 hours	8
Less than 1 hour	12

7 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die Auswirkungen eines Kurzhantel-Vibrationstrainings mit der BodyVib D1 herauszufinden. Dabei wurde der Trainingseffekt gegenüber einer klassisch trainierenden Gruppe und einer Kontrollgruppe überprüft. Die Effekte des Krafttrainings wurden im Rahmen einer differentiellen Kraftdiagnostik erfasst. Diese bezog sich auf isometrische Kraftparameter (relative Maximalkraft; RFD), auf dynamische Kraftparameter (maximale relative Leistung und deren Komponenten Kraft und Geschwindigkeit) und auf die isometrische Handkraft. Als ein Hauptergebnis ist festzustellen, dass sich das Training positiv auf die Leistung auswirkt und bei der Vibrationsgruppe sich die Kraftansteuerung verbessert.

Die *Vibrationsgruppe* erzielte signifikante Verbesserungen in der maximalen und relativen Leistung bei der Trizeps- und Bizepsmuskulatur. Ebenso konnte ein signifikanter Anstieg beim RPD der Schultermuskulatur erreicht werden. Außerdem wurden prozentuale Steigerungen (n.s.) im Bereich des RFDs in allen Muskelgruppen festgestellt und beim Armbeuger konnte das RPD verbessert werden (n.s.). Es kam bei allen erhobenen Parametern zu keinen Verschlechterungen, die auf ein Übertraining hätten schließen lassen. Die *klassisch trainierende Gruppe* konnte signifikante Verbesserungen in der relativen maximalen Leistung bei der Trizepsmuskulatur und beim RPD der Trizeps- und Schultermuskulatur erreichen. Des Weiteren kam es beim RFD der Schultermuskulatur zu Steigerungen (n.s.).

Hinsichtlich der Durchblutung vor und nach dem Training (mit und ohne Vibration) kam es zur erhöhten Durchblutung direkt nach dem Training. Es gab aber keine signifikanten Unterschiede zwischen der klassischen Training und dem Vibrationstraining. Eine über ca. 2 Sekunden nach

dem Vibrationsreiz erhöhte Durchblutung in der Vibrationsgruppe weist aber auf Effekte während der Vibrationseinwirkung hin.

Das allgemeine Wohlbefinden, das mit Hilfe eines modifizierten Fragebogens (Quality of Life SF36) abgefragt wurde, veränderte sich positiv innerhalb der 4 Wochen des Trainings. Die Teilnehmer gaben an, deutlich geringere Rücken- und Nackenschmerzen zu haben. Des Weiteren wurden subjektiv durch das Training die konditionellen Fähigkeiten erhalten bzw. verbessert. Die Trainingsintensität wurde von der klassischen Trainingsgruppe als intensiver beschrieben als von der Vibrationsgruppe. Eine Erklärung dafür ist in der veränderten Kinästhetik durch die permanent einwirkende Vibration zu sehen.

Die Beschleunigungsmessungen fanden in den Endpositionen der Bizeps-, Trizeps- und Schulterübung statt. Dabei werden aufgrund der beinahe gestreckten Position die höchsten Werte erzielt, welche die höchste Belastung innerhalb des Bewegungsablaufes repräsentieren. Die Beschleunigungsmessungen (r.m.s) ergaben insgesamt niedrige Transmissionsfaktoren für die Schulter und das Mundstück mit Ausnahme für die Schulter in x-Richtung, die aber nicht auf den Kopf übertragen wurden. Keiner der Probanden klagte vor, während oder nach dem Vibrationstraining über Beschwerden.

8 Literaturverzeichnis

American Conference of Government Industrial Hygienist (ACGIH):
<http://www.ergoworkinggroup.org/ewgweb/SubPages/ProgramTools/Publications/2005Pubs/55DoDEWGNews.pdf> (Stand 20.7.2009)

Bosco, C., Colli, R., Intorini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A. et al. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin.Physiol*, 19, 183-187.

Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc.Sport Sci.Rev.*, 31, 3-7.

Conroy, B. & Earle, R. W. (2000). Bone, muscle, and connective tissue adaptations to physical activity. In T.R.Baechle & W. E. Roger (Eds.), *Essentials of strength training and conditioning* (2nd ed., pp. 57-73). Champaign, IL: Human Kinetics.

Crewther, B., Cronin, J., & Keogh, J. (2005). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Med.*, 35, 967-989.

Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 35, 1033-1041.

ENDEVCO, Deutschland (Hrsg.) (1992): Handbuch der Schock- und Vibrationsmesstechnik. Ein Leitfaden für die praktische Anwendung. Heidelberg.

Eklund, G. & Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Exp.Neurol.*, 16, 80-92.

EU-Direktive „Vibration“ (2002/44/EG): http://bb.osha.de/docs/EU_HAV_Handbuch.pdf (Stand 20.7.2009)

Haleva, Y. (2005). Mögliche Einflussfaktoren eines Vibrationskrafttraining auf die Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer. Unveröff. Dissertation DSHS Köln.

Hopson, S., Conviser, J., & Van der Meer, G. (2007). *Handbook of acceleration training*. Monterey: Healthy Learning.

Issurin, V. B. (2005). Vibrations and their applications in sport - A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45, 324-336.

Issurin, V. B. & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J.Sports Sci.*, 17, 177-182.

Jordan, M. J., Norris, S. R., Smith, D. J., & Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J.Strength Cond.Res.*, 19, 459-466.

Kleinoeder, H., Ziegler, J., Bosse, C., & Mester, J. (2004). Safety considerations in vibration training. Van Praagh, E. 9. Cologne, Sportverlag Strauss. Book of abstracts of the 9th annual congress of the European College of Sport Science.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S. et al. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 34, 364-380.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Fry, A. C., & French, D. N. (2006). Strength training: development and evaluation of methodology. In P.J.Maud & C. Foster (Eds.), *Physiological assessment of human fitness* (2nd ed. ed., pp. 119-149). Champaign: Human Kinetics.

Kvorning, T., Bagger, M., Caserotti, P., & Madsen, K. (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur.J.Appl.Physiol*, 96, 615-625.

Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med.*, 35, 23-41.

Mester, J., Kleinöder, H., & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *J.Biomech.*, 39, 1056-1065.

Mester, J., Spitzenfeil, P., Schwarzer, J., & Seifriz, F. (1999). Biological reaction to vibration--implications for sport. *J.Sci.Med.Sport*, 2, 211-226.

Rittweger, J., Beller, G., & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin.Physiol*, 20, 134-142.

Roelants, M., Delecluse, C., & Verschueren, S. M. (2004). Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J.Am.Geriatr.Soc.*, 52, 901-908.

Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S. et al. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 34, 1523-1528.