

Einfluss von serial stretch loading auf die Effektivität des isokinetischen Krafttrainings

Jan Cvecka (1), Dusan Hamar (1), Lukas Trimmel (2), Michael Vogelauer (3), Walter Bily (2), Stefan Löffler (3), Philipp Drewniak (3), Martina Grim-Stieger (2), Helmut Kern (2,3)

(1)Faculty of Physical Education and Sport, Comenius University, Bratislava, Slovakia; (2) Department of Physical Medicine, Wilhelminenspital, Vienna, Austria; (3) Ludwig Boltzmann Institute of Electrostimulation and Physical Rehabilitation, Vienna, Austria

Abstract

The influence of serial stretch loading on the effectiveness of isokinetic strength training

We evaluated strength capabilities change by 33 well trained sport students after 8 weeks of isokinetic eccentric overload strength training with integrated proprioceptive stimulation (= serial stretch loading) on computer controlled linear isokinetic leg press. Experimental – proprioceptive stimulation was applied by fast counter movements with amplitude of 5 mm and frequency of 9 Hz. In both, experimental (VIB) and control group (ISOK) there were highly significant ($p \leq 0,01$) increases of parameters of strength capabilities, namely: maximal isometric contraction from 3146 ± 766 N to 4658 ± 1813 N (VIB) and from 3565 ± 898 N to 4450 ± 1377 N (ISOK), jump height in counter movement jump from $0,457 \pm 0,058$ m to $0,490 \pm 0,051$ (VIB) and from $0,441 \pm 0,062$ m to $0,463 \pm 0,056$ m (ISOK), maximal force in concentric phase of maximal isokinetic contraction ($v = 0,5\text{m.s}^{-1}$) from 2314 ± 528 N to 3365 ± 1368 N (VIB) and from 2457 ± 404 N to 3613 ± 1320 N (ISOK), mean force in concentric phase of maximal isokinetic contraction ($v = 0,5\text{m.s}^{-1}$) from 2207 ± 481 N to 2960 ± 1135 N (VIB) and from 2252 ± 401 N to 2879 ± 915 N (ISOK), maximal force in eccentric phase of maximal isokinetic contraction ($v = 0,5\text{m.s}^{-1}$) from 4071 ± 1198 N to 5846 ± 1588 (VIB) resp. from 4580 ± 951 N to 5710 ± 1196 N (ISOK), mean force in eccentric phase of maximal isokinetic contraction ($v = 0,5\text{m.s}^{-1}$) from 3188 ± 1450 N to 4575 ± 1582 N (VIB) and from 3693 ± 1065 N to 4614 ± 1005 N (ISOK), force gradient in 200ms from $7,30 \pm 2,01$ N/ms to $10,06 \pm 4,41$ N/ms (VIB) and from $7,97 \pm 3,31$ N/ms to $10,47 \pm 4,21$ N/ms (ISOK). It can be concluded that 8 weeks of systematic isokinetic eccentric overload strength training with integrated proprioceptive stimulation improves the speed-strength capabilities.

Key Words: vibration training, isokinetic training, strength training, muscle, proprioceptive stimulation, young sportsmen

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

Zusammenfassung. In der vorliegenden Studie wurden 33 gut trainierte Sportstudenten hinsichtlich der Veränderungen von unterschiedlichen Kraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten durch ein 8-wöchiges isokinetischen Krafttraining mit integrierter vibrierend-propriozeptiver Stimulation auf einer computerkontrollierten Beinpresse (Legpress), untersucht. In der Vibrations-Propriozeptiven (=serial stretch loading) Stimulations Gruppe (VIB) wurden zusätzlich Schwingungen mit 9 Hz und einer Amplitude von 5 mm integriert. In der Kontrollgruppe (ISOK) wurde ein rein isokinetisches Training durchgeführt. Sowohl in der VIB-Gruppe, als auch in der ISOK-Gruppe fanden sich signifikante Verbesserungen der Kraft- und Schnelligkeits-

fähigkeiten: Die isometrische Maximalkraft stieg von 3146 ± 766 N auf 4658 ± 1813 N in der VIB-Gruppe und von 3565 ± 898 N auf 4450 ± 1377 N in der ISOK.-Gruppe an. Im Counter movement jump verbesserte sich die Sprunghöhe von $0,457 \pm 0,058$ m auf $0,49 \pm 0,051$ m in der VIB-Gruppe und von $0,441 \pm 0,062$ m auf $0,463 \pm 0,056$ m in der ISOK.-Gruppe. Die Isokinetische Maximalkraft stieg in der konzentrischen Phase ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) von 2314 ± 528 N auf 3365 ± 1368 N (VIB) und von 2457 ± 404 N auf 3613 ± 1320 N (ISOK). Die Isokinetische Durchschnittskraft stieg in der konzentrischen Phase ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) von 2207 ± 481 N auf 2960 ± 1135 N (VIB) und von 2252 ± 401 N auf 2879 ± 915 (ISOK). Die Isokinetische Maximalkraft in der exzentrischen Phase ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) stieg von 4071 ± 1198 N auf 5846 ± 1588 N (VIB) und von 4580 ± 951 N auf 5710 ± 1196 N (ISOK). Die Isokinetische Durchschnittskraft in der exzentrischen Phase ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) stieg von 3188 ± 1450 N auf 4575 ± 1582 N (VIB) und von 3693 ± 1065 N auf 4614 ± 1005 N (ISOK). Die Kraftsteigerung in 200ms stieg von $7,30 \pm 2,01$ N/ms auf $10,06 \pm 4,41$ N/ms (VIB) und von $7,97 \pm 3,31$ N/ms auf $10,47 \pm 4,21$ N/ms (ISOK). Es kann geschlossen werden, dass 8 Wochen systematisches isokinetisches exzentrisches Überlastungs-Krafttraining mit integrierter propriozeptiver Stimulation die Geschwindigkeits-Kraftfähigkeiten verbessert.

Serial stretch loading and to isokinetic strength training

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

1) stieg von 4071 ± 1198 N auf 5846 ± 1588 N (VIB) und von 4580 ± 951 N auf 5710 ± 1196 N (ISOK). Der Kraftgradient verbesserte sich in den ersten 200ms von $7,30 \pm 2,01$ N/ms auf $10,06 \pm 4,41$ N/ms (VIB) und von $7,97 \pm 3,31$ N/ms auf $10,47 \pm 4,21$ N/ms (ISOK). Die vibrierend-propriozeptive Stimulation (=serial stretch loading) im Rahmen eines isokinetischen Krafttrainings stellt eine wirksame Methode zur effektiven Verbesserung der Kraft- und Schnelligkeitsparameter dar.

Einleitung

Die Effekte eines Vibrationstrainings werden schon seit Jahren dokumentiert [1,19]. In letzter Zeit wird vermehrt der Einsatz von Vibration zur Effizienzsteigerung des Trainings bei Sportlern untersucht [6,19,21]. Bosco et al. zeigten eine Verbesserung der Kraft der Ellbogenflexoren nach mechanischer Vibration und eine erhöhte neuronale Aktivität des M. biceps brachii nach der Vibrationstraining bei Boxern². Dieselbe Studiengruppe zeigte auch eine Verbesserung der Muskelkraft der unteren Extremität durch Vibration bei Volleyballspielerinnen [3]. Als theoretischer Hintergrund wird eine neuronale Adaptation angenommen, die in Beziehung mit der erhöhten Muskelaktivierung steht[4,5]. Durch den vermehrten stimulierenden Input der Vibration auf die Muskelspindeln wird über aktivierte alpha-Motoneurone eine Muskelkontraktion hervorgerufen, vergleichbar mit dem „tonic vibration reflex“ [7,16,20]. Ziel der vorliegenden Studie war ein Effizienzvergleich eines achtwöchigen isokinetischen Krafttrainings ergänzt mit vibrierend-propriozeptive Stimulation mit einem äquivalenten isokinetischen Krafttraining.

Material und Methoden

An der Studie nahmen 33 Studenten der Fakultät für Körpererziehung und Sport der Komenius Universität in Bratislava teil. Die Probanden wurden randomisiert entweder einer propriozeptiven Vibration (VIB) oder einer isokinetischen (ISOK) Trainingsgruppe zugeteilt. Sie absolvierten acht Wochen dreimal pro Woche ein Krafttraining mit einer isokinetischen Legpress. Im isokinetischen Modus werden die Pedale der Legpress mit einer konstanten, vordefinierten Geschwindigkeit in die Kniestreckung nach vorne (konzentrische Phase) und zurück (exzentrische Phase) bewegt. Eine konstante Geschwindigkeit wurde durch computergesteuerte Linearmotoren gewährleistet. Das Steuersystem erhält Informationen über die Geschwindigkeit, die Position sowie die Richtung der Bewegung der Pedale und überprüft die Übereinstimmung mit den vorprogrammierten Parametern. Nach Feststellung einer Abweichung der Geschwindigkeit, im Vergleich zu einem Vorgabewert (meistens durch Einwirkung von Kräften der

trainierenden Person) kommt es unmittelbar zu einer Anpassung der aktuellen Geschwindigkeit auf den vordefinierten Wert. Das Trainingssystem ermöglicht die Registrierung, die online Darstellung und Auswertung der Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Leistung der Versuchsperson sowie der Position der Pedale [17]. Durch den Einsatz von Gegenbewegungen in der exzentrischen Phase und Beschleunigungen in der konzentrischen Phase (=serial stretch loading) (Abb. 1) wurden kurze Kraftspitzen hervorgerufen. Diese bedingen im Vergleich zum konventionellen isokinetischen Training (Abb. 2) eine zusätzliche propriozeptive Stimulation der Beinstreckermuskulatur [6].

a) Vibration - Propriozeptive (VIB) Gruppe

17 Probanden ($23,3 \pm 2,6$ Jahre, $182,9 \pm 6,3$ cm, $77,4 \pm 9,8$ kg) absolvierten das isokinetische Training welches durch vibration - propriozeptive Stimulation (=serial stretch loading) ergänzt wurde. Die Probanden wurden aufgefordert mit vollem Einsatz während der gesamten Bewegung gegen die Pedale zu drücken.

Die Trainingsbelastung wurde durch folgende Parameter charakterisiert:

Extension (konzentrische Phase)	
Schwingungsfrequenz Extension (ausgewertet vom Diagramm)	9 Hz
Schwingungsamplitude Extension	5mm
Schwingungsamplitude Flexion	5mm
Hub Extension	20mm
Hub Flexion	5mm
Isokinetische Geschwindigkeit Extension	0,3 m/s
Isokinetische Geschwindigkeit Flexion	0,2 m/s

Flexion (exzentrische Phase)

Schwingungsfrequenz Flexion (ausgewertet vom Diagramm)	9 Hz
Hub 1	25mm
Isokinetische Geschwindigkeit	0,2 m/s
Hub 2	5mm
Isokinetische Geschwindigkeit	0,5 m/s
Zahl der Wiederholungen pro Serie	6
Zahl der Serien / Trainingseinheit	6
Pause	2min

b) Isokinetische (ISOK) Gruppe

16 Probanden ($22,6 \pm 3,9$ Jahre, $180,8 \pm 5,9$ cm, $80,1 \pm 10,3$ kg) absolvierten folgendes isokinetisches Krafttraining:

Isokinetische Geschwindigkeit konzentrisch	0,3 m/s
Isokinetische Geschwindigkeit exzentrisch	0,2 m/s
Zahl der Wiederholungen pro Serie	9
Zahl der Serien / Trainingseinheit	6
Pause	2min

Auch die Probanden dieser Gruppe waren instruiert jede Wiederholung mit maximalem willkürlichem Einsatz durchzuführen. Eine kontinuierliche Anhebung der Trainingsbelastung wurde mit dem steigenden

Serial stretch loading and to isokinetic strength training

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

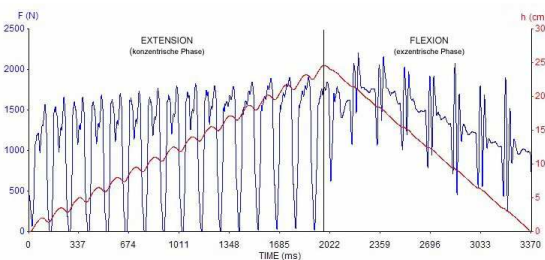


Abb. 1 Zeigt den Kraftverlauf (blaue Kurve) während einer Wiederholung (konzentrische Phase-Streckung / exzentrische Phase-Beugung) eines Probanden bei vibrierender-propriozeptiver Stimulation mit 9 Hz, (SSL). Die rote Linie stellt den Weg des Pedals während einer Wiederholung dar.

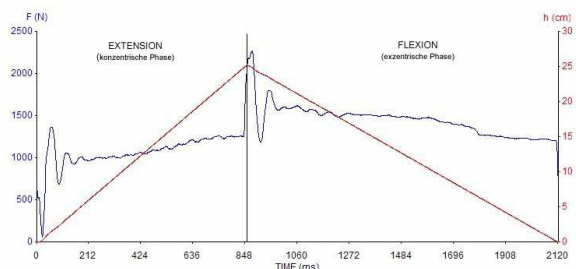


Abb. 2 Zeigt den Kraftverlauf (blaue Kurve) während einer Wiederholung (konzentrische Phase-Streckung / exzentrische Phase-Beugung) eines Probanden beim isokinetischen Training, (ISOK). Die rote Linie stellt den Weg des Pedals während einer Wiederholung dar.

Niveau der Kraftfähigkeiten innerhalb des Trainingsprozesses gewährleistet. Vor und nach der Krafttrainingsphase wurden Tests der isometrischen Maximalkraft, der isokinetischen Maximalkraft, der Durchschnittskraft in der konzentrischen und exzentrischen Phase, des Kraftgradient (isometrischer Kraftanstieges in den ersten 200 ms) und der Sprungkraft (Counter-Movement-Jump = Senkrechter Hochsprung aus Kniebeuge mit Gegenbewegung) durchgeführt.

Die isometrische Maximalkraftmessung erfolgte auf der Legpress in einer aufrechten Sitzposition (Lehnenwinkel 85°), der Kniewinkel betrug 90°. Bei zwei aufeinander folgenden Messungen (Pausenzeit 60 s) sollte der Sportler eine maximale statische Kontraktion gegen einen starren Widerstand erzeugen. Die Messdauer der einzelnen Versuche betrug 4 Sekunden. Die Isometrische Maximalkraft (N) des linken und des rechten Beines wurde getrennt gemessen. Ausgewertet wurde die Summe für das linke und rechte Bein. Es ist allgemein angenommen dass der Kraftanstieg (Kraftgradient) auf der Legpress die Explosivkraft charakterisiert. Explosivkraft wird durch den maximalen Kraftanstieg innerhalb einer Kraft-Zeitkurve bestimmt, der bei maximal schneller Kontraktion gegen einen Widerstand erzeugt wird. Die Messung erfolgte in einer aufrechten Sitzposition (Lehnenwinkel 85°), der Kniewinkel betrug 90°. Die Aufgabe für den Sportler war bei zwei aufeinander folgenden Messungen (Pausenzeit 60 s) so schnell wie möglich die maximale Kraft gegen die starren Pedale zu erzeugen. Die Messdauer der einzelnen Versuche betrug 4 Sekunden. Gemessen wurde der Kraftanstieg in dem Zeitsegment von 0-200 ms Das linke und das rechte Bein wurden getrennt erfasst. Die isokinetischen Messungen auf der Legpress wurden in der gleichen Sitzposition durchgeführt. Der Sportler hatte die Aufgabe in zwei aufeinander folgenden Messungen (Pausenzeit 2min.) mit maximaler Kraft gegen die sich

mit konstanter Geschwindigkeit bewegenden Pedale zu drücken. Die Geschwindigkeit des Legpressschlitten betrug 0,5 m/s. Die Messdauer der einzelnen Versuche betrug 1,2 s. Die Daten für das linke und das rechte Bein wurden getrennt erfasst, ausgewertet wurde deren Summe.

Als funktioneller motorischer Test wurde die Sprungkraft auf einer Fitronic Kraftmessplatte bestimmt (Counter-Movement-Jump). Beim Counter-Movement-Jump, oder Sprung mit eingeleiteter Gegenbewegung (counter movement), wird aus der aufrechten Standposition (Kniewinkel 180°) mit einer vorbereitenden schnellen Ausholphase (vorgeschaltetes Absenken des Körpers), (Kniewinkel 90°) ein maximaler Vertikalsprung realisiert. Somit wird durch Speicherung und nachfolgender Ausnutzung von kinetischer Energie aus den elastischen Muskelkomponenten eine größere Sprunghöhe ermöglicht (Kampmiller, Vanderka, 2002). Der Übergang von der Ausholbewegung zur Streckbewegung sollte möglichst flüssig und ohne Pause erfolgen (maximale Übergangszeit entsprechend dem Stretch-shortening cycle sollte max. 200 ms betragen). Es werden zwei aufeinander folgende Versuche (Pausenzeit 2 min.) durchgeführt. Es wurde die Flugzeit (ms), Sprunghöhe (cm) und Leistung (W) gemessen und ausgewertet.

Die statistische Analyse wurde mittels des Student's t-Test durchgeführt. Die Daten sind als Durchschnitt $\pm$ Standardabweichung dargestellt.

Ergebnisse

Neunundzwanzig (14 VIB, 15 ISOK Gruppe) der rekrutierten Probanden führten das Training wie geplant durch. Zwei Probanden (je 1 Proband der VIB und der ISOK Gruppe) fielen wegen Pflichten in der Fußballnationalmannschaft aus und zwei Probanden (beide aus der VIB Gruppe) wurden ausgeschlossen, da sie ihr sportspezifisches Training während der Studie geändert hatten. Vor Trainingsbeginn gab es zwischen

Serial stretch loading and to isokinetic strength training

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

Tab. 1

Isometrische Maximalkraft [N]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	3146 ± 766	4658 ± 1813	48,1	p ≤ 0,01
ISOK	3565 ± 898	4450 ± 1377	24,8	p ≤ 0,01
Kraftgradient in 200ms [N/ms]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	7,30 ± 2,01	10,06 ± 4,41	37,9	p ≤ 0,05
ISOK	7,97 ± 3,31	10,47 ± 4,21	31,4	p ≤ 0,05
Isokinetische Maximalkraft in der konzentrischen Phase [N]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	2314 ± 528	3365 ± 1368	45,4	p ≤ 0,01
ISOK	2457 ± 404	3613 ± 1320	47,0	p ≤ 0,01
Isokinetische Durchschnittskraft in der konzentrischen Phase [N]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	2007 ± 481	2960 ± 1135	47,5	p ≤ 0,01
ISOK	2252 ± 401	2879 ± 915	27,8	n.s.
Isokinetische Maximalkraft in der exzentrischen Phase [N]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	4071 ± 1198	5846 ± 1588	43,6	p ≤ 0,01
ISOK	4580 ± 951	5710 ± 1196	24,7	p ≤ 0,01
Isokinetische Durchschnittskraft in der exzentrischen Phase [N]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	3188 ± 1450	4575 ± 1582	43,5	p ≤ 0,01
ISOK	3693 ± 1065	4614 ± 1005	24,9	p ≤ 0,05
Counter Movement Jump [m]				
	vor Training	nach Training	Diff. %	stat. Sig.
VIB	0,457 ± 0,058	0,490 ± 0,051	7,2	p ≤ 0,05
ISOK	0,441 ± 0,062	0,463 ± 0,056	5,0	n.s.

den 2 Studiengruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied in den gemessenen Zielparametern. Nach 8 Wochen Training zeigten die Ergebnisse (Tab. 1) in beiden Gruppen Verbesserungen. Nach 8-wöchigem isokinetischen Krafttraining mit zusätzlichem vibrierend-propriozeptiven Input konnte in allen Zielparametern eine signifikante Verbesserung nachgewiesen werden. Durch isokinetisches Krafttraining allein waren die Verbesserungen im „Counter movement jump“ und in der „isokinetischen Durchschnittskraft in der konzentrischen Phase“ nicht signifikant, in allen anderen untersuchten Kraftbereichen ebenfalls signifikant.

Der Vergleich der 2 Studiengruppen hinsichtlich der Verbesserungen in den einzelnen Outcome Measures zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied, obwohl in allen Zielparametern durch vibrierend – propriozeptives Training größere Verbesserungen erzielt wurden. Die maximale isometrische Kontraktion

(Abb. 3) hat sich signifikant ($p \leq 0.01$) von 3146 ± 766 N auf 4658 ± 1813 N (VIB) und von 3565 ± 898 N auf 4450 ± 1377 N (ISOK) verbessert.

Der Kraftanstieg im Zeitsegment 0 - 200ms hat sich signifikant ($p \leq 0,05$) von $7,30 \pm 2,01$ auf $10,06 \pm 4,41$ N/ms (VIB) und von $7,97 \pm 3,31$ auf $10,47 \pm 4,21$ N/ms (ISOK) verbessert.

Die Maximalkraft in der konzentrischen Phase der isokinetischen Kontraktion ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) hat sich signifikant ($p \leq 0,01$) von 2314 ± 528 N auf 3365 ± 1368 N (VIB) resp. von 2457 ± 404 N auf 3613 ± 1320 N (ISOK) verbessert.

Die Durchschnittskraft der konzentrischen isokinetischen Kontraktion ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) hat sich ebenfalls von 2007 ± 481 N auf 2960 ± 1135 N (VIB) signifikant ($p \leq 0,01$) und von 2252 ± 401 N auf 2879 ± 915 N (ISOK) (Abb. 6) nicht signifikant verbessert.

Die Maximalkraft in der exzentrischen Phase der isokinetischen Kontraktion ($v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) hat sich

Serial stretch loading and to isokinetic strength training

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

signifikant ($p \leq 0,01$) von 4071 ± 1198 N auf 5846 ± 1588 (VIB) resp. von 4580 ± 951 N auf 5710 ± 1196 N (ISOK) verbessert.

Die Durchschnittskraft in der exzentrischen Phase der isokinetischen Kontraktion ($v = 0.5$ m.s-1) hat sich signifikant ($p \leq 0,01$) von 3188 ± 1450 N auf 4575 ± 1582 N (VIB) und signifikant ($p \leq 0,05$) von 3693 ± 1065 N auf 4614 ± 1005 N (ISOK) (Abb. 6) verbessert. Die Sprunghöhe im counter-movement jump hat sich signifikant ($p \leq 0,05$) von $0,457 \pm 0,058$ m auf $0,490 \pm 0,051$ (VIB) und nicht signifikant von $0,441 \pm 0,062$ m auf $0,463 \pm 0,056$ m (ISOK) verbessert.

Diskussion

Die Effekte von Krafttraining auf neuromuskuläre Eigenschaften der Skelettmuskulatur sind gut untersucht [8,11]. Die Muskelkraft hängt nicht nur von morphologischen Eigenschaften, sondern auch vom Ausmaß der neuronalen Aktivierung ab. Trainingsinduzierte Veränderungen im Nervensystem (neuronale Adaptation) erlauben eine komplettere Aktivierung der Hauptmuskeln einer spezifischen Bewegung und eine bessere Koordination der Aktivierung der relevanten Muskeln [2,3,10]. Es wird angenommen das Explosivkrafttraining neuroregulative Eigenschaften verbessern kann. Dafür gibt verschiedene Erklärungen. Der durch die Vibration verursachte „tonic vibration reflex“ inkludiert die Stimulierung von Muskelspindeln, die Übertragung der neuralen Signale durch Ia Afferenzen und die unwillkürliche Aktivierung von Muskelfasern über große alpha- Motoneurone [9,13,14]. Durch die Aktivierung der Muskelspindel und polysynaptischen Verbindungen wird zusätzlich eine Erhöhung der Motorunits bewirkt [12,15].

Eine signifikante Verbesserung der isometrischen Maximalkraft um 48,1% in der vibrierend – isokinetischen Gruppe (VIB) sowie 24,8% in der isokinetischen Gruppe (ISOK) bestätigt die Hypothese über die hohe Effizienz des isokinetischen Krafttraining auf die isometrische Maximalkraft.

Einen großen Einfluss auf die Verbesserung der isometrischen Maximalkraft hat die isokinetische exzentrische Phase. In Experimenten von Brandenburg et al., Hortobagyi et al. sowie Friedman et al. waren Verbesserungen in den Kraftfähigkeiten deutlicher, wenn das isokinetische Krafttraining auch eine exzentrische Phase enthalten hat [8,12,18]. Aufgrund von höheren Kräften die in der exzentrischen Phase auftreten kann man nach dem „Henneman Prinzip“ annehmen, dass alle Fasern (I,IIa,IIb) rekrutiert werden¹⁰. Aufgrund des hohen Aktivierungsgrades der vorhandenen Muskelfasern, kann eine hohe Anpassung stattfinden.

Ein regelmäßiges Training mit höheren Lasten verursacht eine neurale Adaptation. Vor allem die Synchronisation und Erhöhung der Ansteuerfrequenz

der motorischen Einheiten, spiegelt sich im erhöhten Niveau der isometrischen Maximalkraft wieder.

Eine signifikante Verbesserung des Kraftanstieges im Zeitsegment 0 – 200 ms in der vibrierend – propriozeptiven (VIB) Gruppe um 37,9% und in der isokinetische (ISOK) Gruppe um 31,4% - ohne statistischen Unterschied zwischen den Gruppen - bestätigt die Theorie über eine spezifische lokale Wirkung dieses Stimulus.

Der Vergleich der Verbesserungen zwischen den Gruppen in der isokinetischer Durchschnittskraft in der exzentrischen Phase ist zwar statistisch nicht signifikant, kann aber eine Tendenz über die höhere Effizienz des vibrierend – propriozeptiven Modi im Training der exzentrischen Kraft andeuten.

Auch diese Tendenz weist auch auf eine spezifische Adaptation hin. Allein in der reinen exzentrischen isokinetischen Phase sind die Kräfte gegenüber der konzentrischen isokinetischen Phase aufgrund der Hill – Kontraktionsprinzipen ungefähr doppelt so hoch. Die exzentrische Phase des vibrierend – propriozeptiven Zyklus hat zusätzlich noch exzentrische Beschleunigungen enthalten. Diese Beschleunigungen haben gegenüber der reinen exzentrischen isokinetischen Phase ungefähr zweifach und gegenüber der reinen konzentrischen isokinetischen Phase bis zu fünffach höhere Kraftspitzen verursacht. Ein weiterer Mechanismus, der bei solchen Belastungen eine Rolle spielt, ist die Aktivierung von Abwehrmechanismen (neuro-muskuläre sowie hormonale) des Körpers [18]. Der statistisch nicht signifikante Unterschied zwischen der vibrierend – propriozeptiven (VIB) Gruppe und der isokinetischen (ISOK) Gruppe in der Sprunghöhe beim Stand-Hochsprung mit Gegenbewegung (Counter Movement Jump), kann mit der komplizierten koordinativen Struktur des Bewegungsablaufs dieses Tests begründet werden. Auch hier spielt der Kraftanstieg eine Rolle. Eine allerdings wichtigere Determinante der Leistung ist die Umsetzung der elastischen Energie im Dehnungs-Verkürungszyklus. Die signifikante Verbesserung der Sprunghöhe kann als ein Beweis des Transfers einer relativ isolierten Kraftfähigkeit (Kraftanstieg) in eine komplexe Bewegung (Counter-Movement-Jump) interpretiert werden.

Die erstaunlich hohe Compliance (nur vier Dropouts) kann mit hoher Motivation der Probanden begründet werden. Es handelte sich um Sportstudenten, die das Krafttraining auf der Legpress als eine positive Ergänzung zum spezifischen Training in den eigenen Sportarten angenommen haben. Mit der hohen Motivation kann sowohl die ausgezeichnete Anwesenheit als auch der maximale Einsatz beim Training begründet werden.

Die gewonnenen Ergebnisse stellen eine wichtige Grundlage für weitere, spezifischer gerichtete, Experimente dar. In Hinsicht auf die konkrete

Serial stretch loading and to isokinetic strength training

Basic Applied Myology 19 (4): 175-180, 2009

Anwendung in der Praxis können solche Experimente generelle Empfehlungen zum Einsatz dieser neuartigen Trainingsmethode aussprechen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein achtwöchiges isokinetisches Training mit zusätzlicher vibrierender-propriozeptiver Stimulation (=serial stretch loading) zur signifikanten Verbesserung von Kraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten führt.

Danksagung

Die Studie wurde mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur (bm:bwk) und dem Europäischen Fonds für Regionalentwicklung (EFRE, Interreg IIIa) durchgeführt.

Kontaktadresse

Helmut Kern, Institut für Physikalische Medizin, Wilhelminenspital der Stadt Wien, A-1160, Montleartstraße 37, Austria.

E-mail: helmut.kern@wienkav.at

References

- [1] Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med* 2005; 35: 841-851.
- [2] Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tarpela O, Madelka A, Tihanyi J, Von Duvillard SP, Viru A: Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin. Physiol* 1999; 19: 183-187.
- [3] Bosco C, Cardinale M, Tarpela, Colli R, Tihanyi J, Von Duvillard S, Viru A: The Influence of whole body vibration on jumping performance. *Biol Sport* 1998; 15: 157-164.
- [4] Cochrane DJ. - Stannard SR: Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine* 2005; 39: 860-865.
- [5] Dovalil J: Kondiční příprava. In: Dovalil et al.: Výkon a trénink ve sportu. Praha: Olympia 2002. *Eur Medicophys*, 2003; 39: 19-25.
- [6] Fleck JS, Kraemer JW: Designing resistance training Programs. USA: Human Kinetics 1997.
- [7] Francheschini M: Mechanical vibration in the rehabilitation of patients with reconstructed anterior cruciate ligament.
- [8] Friedmann B: Neuere Entwicklungen im Krafttraining. Muskuläre Anpassungsreaktionen bei verschiedenen Krafttrainingsmethoden: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2007; 58: 12-18.
- [9] Güllich A, Schmidtbleicher D: Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Dtsch Z Sportmed* 1999; 50: 223-234.
- [10] Hamar D, Zemkova E, Böhmerova L, Schickhofer P: Effect of proprioceptive stimulation on motor capabilities in elderly women: *Med Sport Boh Slov* 2005; 14: 166 – 174.
- [11] Hollmann W, Hettinger T: *Sportmedizin*, Stuttgart 2000.
- [12] Hortogayi T et al.: Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1997, 1, pp. 107-112.
- [13] Johnstone RM, Bishop B, Coffey GH: Mechanical vibration of skeletal muscles: *Physical Therapy* 1970; 50: 499-505.
- [14] Kampmiller T, Vanderka M: Silové schopnosti a ich rozvoj. In: MORAVEC et al.: *Teória a didaktika športu*. Bratislava: FTVŠ UK 2007.
- [15] Kraemer WJ, Ratames NA: Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sport Exerc* 2003; 36: 88-94.
- [16] Lastayo PC: Eccentric Muscle Contractions: Their Contribution to Injury, Prevention, Rehabilitation, and Sport. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 557-571.
- [17] Měkota K, Blahuš P: *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: SPN 1983, pp 355.
- [18] Paradisis G, Zacharogiannis E: Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance. *J Sports Science Med* 2007; 6: 44-49.
- [19] Ronnestad B: Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 839-845.
- [20] Sale, G: Neural Adaptation to Strength Training. In: Komi, P.V. (ed): 1. *Strength and power in sports*. London, 2003, pp. 184-202.
- [21] Verschueren S: Effect of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint – trained athletes. In: 4th International Conference on Strength Training. November 4/2004. Budapest 2004.