
Optimierung der inter- und intramuskulären Koordination bei maximaler Kraftentfaltung durch Imagination von Muskelkontraktionen

Mathias Reiser¹, Dirk Büsch² & Jörn Munzert¹ (Projektleiter)

¹ Universität Gießen, Institut für Sportwissenschaft

² Universität Bremen, Studiengang Sport

1 Problem

Im Leistungssport und insbesondere in Sportarten mit Gewichtsklassen wird vielfach eine Erhöhung der Maximalkraft angestrebt, ohne dass es dabei zu einer Zunahme der Muskel- und damit der Körpermasse kommt. Über eine Verbesserung der inter- bzw. der intramuskulären Koordination kann ein entsprechender Maximalkraftgewinn erreicht werden. Dieser wird typischerweise mit hochintensivem Krafttraining (IK-Training) angezielt, das auf die Optimierung der neuronalen Aktivierung der an der Kraftentfaltung beteiligten Muskulatur abstellt. In jüngster Zeit wurde mehrfach gezeigt, dass die Verbesserung der muskulären Aktivierung, die letztlich einen zentral verankerten Lerneffekt darstellt (Saltin & Gollnick, 1983), nicht nur durch ein IK-Training, sondern auch durch ein spezifisches Vorstellungstraining erreicht werden kann. Durch Imagination maximaler Muskelkontraktionen (IMC-Training) werden zum Teil beträchtliche Leistungszugewinne erreicht (Ranganathan, Siemionow et al., 2004; Yue & Cole, 1992; Zijdwind et al., 2003), die als Verbesserung der intramuskulären Koordination verstanden werden. Diese Interpretation wird durch neurophysiologische Daten gestützt, die zeigen, dass es nach einem IMC-Training zu Anstiegen des EEG-Signals über dem supplementär-motorischen Areal und dem kontralateralen sensomotorischen Areal kommt, die mit der Zunahme der Maximalkraft korrelieren (Ranganathan et al., 2004).

In einer kontrollierten Trainingsuntersuchung (Reiser, 2005) mit einer sportnahen Übung (Bankdrücken) konnte dieser signifikante Vorstellungseffekt bestätigt werden. Allerdings zeigte sich auch, dass das durch IMC-Training zu erschließende Kraftpotential im Vergleich mit einem physischen Training früher erschöpft ist. Bezugnehmend auf Periodisierungsmodelle des Krafttrainings ist zu erwarten, dass die Wirkung eines IMC-Trainings gesteigert werden kann, wenn es mit einem physischen Training kombiniert wird. Die Entwicklung und Implementierung effektiver IMC-Trainingsprozeduren hat für das leistungssportliche Krafttraining (KT) hohe praktische Relevanz, weil zum einen der zeitliche und organisatorische Aufwand zur Steigerung bzw. zum Erhalt der maximalen muskulären Aktivierung verringert und zum anderen die Beanspruchung des Bewegungsapparates

reduziert werden kann (präventiver Aspekt). Unter leistungssportlicher Perspektive interessiert vor allem, ob ein IK-Training durch IMC-Training (zumindest teilweise) ersetzt werden kann. Die Trainingsstudie verfolgte daher das Ziel, verschiedene Kombinationen von physischem und mentalem KT zu untersuchen und mit „klassischem“ KT sowie einer Kontrollbedingung zu vergleichen. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, ob hierbei Unterschiede zwischen ein- und mehrgelenkigen Kraftübungen bzw. zwischen den oberen und unteren Extremitäten bestehen.

2 Methode

An der neunwöchigen Trainingsstudie nahmen insgesamt 44 Versuchspersonen (Vpn; 21 w, 23 m) im Alter zwischen 20 und 30 Jahren ($M = 22.7$ Jahre, $SD = 2.3$ Jahre) teil. Die Probanden waren überwiegend Sportstudierende, die in der Mehrzahl mindestens schon einmal über einen längeren Zeitraum ein sportliches Krafttraining durchgeführt hatten. Entsprechend einer leistungssporttypischen Periodisierung wurde dem eigentlichen Treatment eine 4-wöchige Hypertrophiephase vorangestellt. Alle Vpn waren in der Lage, kinästhetische Aspekte von Bewegungshandlungen zuverlässig vorzustellen. Es wurden vier Bedingungen miteinander verglichen, die sich im prozentualen Anteil mentaler Ausführungen (M75, M50, M25, M0) unterschieden. Die Vpn absolvierten über vier Wochen (12 Einheiten) ein Training mit maximalen isometrischen Kontraktionen. Beim physischen Training wurden in jeder Trainingseinheit mit beiden Übungen vier Serien mit zwei maximalen Kontraktionen (5 s Dauer) durchgeführt. Die Pause zwischen den einzelnen Kontraktionen betrug 10 s und zwischen den Serien 90 s. Beim IMC-Training wurden die Kraftentfaltungen mit gleicher Wiederholungszahl aus der Erste-Person-Perspektive (kinästhetische Vorstellung) lebhaft imaginiert. Die Gruppen wurden anhand der Vortestleistung parallelisiert. Als abhängige Variable wurde die isometrische Maximalkraft in einem Vortest und zu zwei Nachtests (nach einem Tag; nach einer Woche) erhoben. Es wurden vier im sportlichen Krafttraining verwendete Übungen getestet, die sich hinsichtlich der trainierten Extremität (oben vs. unten, o/u) und dem Komplexitätsgrad (ein- vs. mehrgelenkig, e/m) unterscheiden: Armstrecken [o,e], Bankdrücken [o,m], Fersenheben [u,e], Beinpresse [u,m]. Jeweils die Hälfte jeder Gruppe trainierte die beiden mehrgelenkigen, die andere Hälfte die beiden eingelenkigen Übungen. Die nicht trainierten Übungen wurden ebenfalls getestet und dienten als Kontrollbedingung (CO). In der Hypertrophiephase wurden die identischen Übungen allerdings mit dynamischen Ausführungen trainiert, wobei mit submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung gearbeitet wurde.

Das Training und die Erfassung der isometrischen Maximalkraft erfolgten an Standardkraftgeräten, bei denen über ein Zugsystem isometrische Arbeitsbedingungen realisiert

werden können. Der maximale Kraftwert wurde aus den mit einem Dehnungsmessstreifen aufgezeichneten Kraft-Zeit-Verläufen bestimmt. Zu den Testterminen wurden im Anschluss an ein standardisiertes Aufwärmen bei jeder der vier Übungen zwei maximale Kontraktionen von 5 s Dauer erfasst, wobei die Pause zwischen den Kontraktionen 90 s betrug. Die Reliabilität der Maximalkrafttestungen war sehr gut. Die Korrelationen zwischen den Testzeitpunkten sind allesamt sehr hoch ($r \geq .937$, $n \geq 34$).

3 Ergebnisse

43 Vpn absolvierten Vortest und ersten Nachtest, von 34 Vpn liegen auch Ergebnisse zum zweiten Nachtest vor. In Abbildung 1 sind die prozentualen Zugewinne der Maximalkraft für die Gruppen sowie die Kontrollbedingung (CO) dargestellt, wobei die Werte für die einfachen und komplexen Testübungen aus Übersichtsgründen zusammengefasst sind. Die Standardabweichungen innerhalb der Gruppen liegen zwischen 8.4 % (M75) und 10.5 % (M0).

Die rein physisch trainierende Gruppe (M0) erreicht zu beiden Nachtests die größten Kraftgewinne. Vom Vor- zu den Nachtests steigert M0 die Maximalkraft um 5.1 % bzw. 9.4 %. Bei den Gruppen mit mentalen Trainingsanteilen (M25, M50, M75) sind die Zugewinne geringer (von 2.6 % bis 4.4 %), jedoch größer als unter der Kontrollbedingung (-0.2 % bzw. 1.0 %). Einfaktorielle Varianzanalysen (Faktor „Bedingung“) werden sowohl bezogen auf die Differenz zwischen Vor- und Nachtest 1 ($F(4,168) = 2.66$, $p = .034$) als auch auf die Differenz zwischen Vor- und Nachtest 2 ($F(4, 134) = 3.45$, $p = .010$) signifikant. Kontrastiert man die Gruppen mit mentalen Anteilen (M25, M50, M75) gegen die Gruppe M0, so finden sich bezogen auf die Veränderung vom Vortest zum ersten Nachtest keine signifikanten Unterschiede ($p > .41$). Die entsprechenden Kontraste gegen die Kontrollbedingung werden dagegen für die Gruppen M0, M25 und M50 signifikant ($p = .018$, $p = .038$ bzw. $p = .050$). Bezogen auf den Vergleich zwischen Vortest und zweiter Nachtest zeigen die Kontraste mit der Gruppe M0 signifikante (M25: $p = .028$) sowie tendenzielle Veränderungen (M50: $p = .075$; M75: $p = .060$).

Der Vergleich der Kraftzugewinne zwischen ein- und mehrgelenkigen Übungen zeigt zu keinem der beiden Nachtests bedeutsame Unterschiede ($p = .92$ bzw. $p = .56$). Gleiches gilt für die Gegenüberstellung von oberer und unterer Extremität ($p = .50$ bzw. $p = .92$).

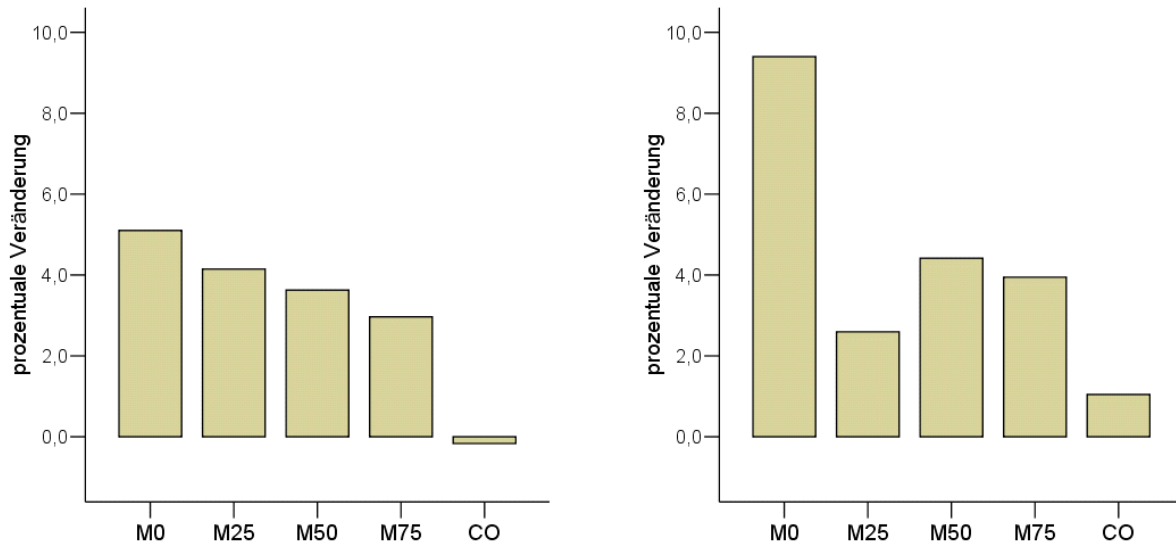


Abb. 1: Prozentuale Veränderung der isometrischen Maximalkraft vom Vortest zum ersten Nachtest (links) bzw. zum zweiten Nachtest (rechts)

4 Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse dieser Krafttrainingsstudie sind differenziert zu betrachten. Vergleicht man die Gruppen unmittelbar nach dem Training (Nachtest 1), so wird die Erwartung gestützt, dass mit einem Training, das „hochintensiv“ mentale und physische Krafttrainingseinheiten kombiniert, bedeutsame Zugewinne der Maximalkraft zu erzielen sind. So werden mit relativ hohen Anteilen imaginierter Muskelkontraktionen annähernd so große Verbesserungen erreicht, wie durch ein rein physisches Krafttraining. Obgleich mit dem zugrunde liegenden Versuchsplan der Beitrag der mentalen Einheiten zur Maximalkraftsteigerung nicht exakt zu bestimmen ist, kann daher die Erwartung aufrecht erhalten werden, dass ein IMC-Training grundsätzlich geeignet ist, die muskuläre Aktivierung zu steigern. Auch ist die Zunahme der Maximalkraft ohne physisches Training kein unbekanntes Phänomen: Der beim unilateralen Krafttraining beobachtete kontralaterale Transfer (u. a. Shima et al., 2002) wird gleichfalls als zentrale Anpassung der neuromuskulären Aktivierung verstanden. Zu den zusätzlichen und zeitlich verzögerten Zugewinnen der rein physisch trainierenden Gruppe tragen neben einer verbesserten intramuskulären Koordination möglicherweise auch muskuläre Anpassungen bei.

Zwei – durchaus praxisrelevante – Aspekte sind bei der Interpretation zu berücksichtigen: Zum einen deuten die relativ großen Streuungen innerhalb der Gruppen darauf hin, dass Versuchspersonen sehr unterschiedlich an das durchgeführte Training adaptieren. Dies kann zum einen an der personenspezifisch unterschiedlichen Antwort auf physische Belastungen liegen. Möglicherweise wird aber auch der Vorstellungseffekt durch weitere

Einflussgrößen, u. a. Qualität der Vorstellung, Krafttrainingserfahrung, Trainingszustand moderiert. Dem wird gegenwärtig in systematischen Replikationen nachgegangen.

5 Literatur

- Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J. Z., Sahgal, V. & Yue, G. H. (2004). From mental power to muscle power - gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, 42, 944-956.
- Reiser, M. (2005). Kraftgewinne durch Vorstellung maximaler Muskelkontraktionen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12, 11-21.
- Saltin, B. & Gollnick, P. D. (1983). Skeletal muscle adaptability: Significance for metabolism and performance. In L. Peachy, R. Adrian & S. R. Gerzer (Eds.), *Handbook of Physiology* (Sec. 10, Skeletal Muscle, pp. 555-631). Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Shima, N., Ishida, K., Morotome, K., Sato, Y. & Miyamura, M. (2002). Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 287-294.
- Yue, G. & Cole, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, 67, 1114-1123.
- Zijdewind, I., Toering, S. T., Bessem, B., van der Laan, O. & Diercks, R. L. (2003). Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve*, 28, 168-173.

