

A. Schlumberger, D. Schmidtbleicher

Effekte eines Krafttrainings mit explosiv-isometrischen Kontraktionen

Effects of strength training with fast isometric contractions

Institut für Sportwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Arbeitsbereich 1: Sport und Bewegung

Zusammenfassung

Mit dieser Untersuchung wurde das Ziel verfolgt, Erkenntnisse über die Wirkung eines Krafttrainings mit explosiv-isometrischen Kontraktionen zu gewinnen.

19 krafttrainierte Sportstudenten wurden hierzu auf eine Trainingsgruppe mit explosiv-isometrischen Kontraktionen ($n=10$, Alter $23,5 \pm 3,0$ Jahre, Körperhöhe $178,6 \pm 7,2$ cm, Gewicht $77,4 \pm 5,6$ kg) und eine Kontrollgruppe ($n=9$, Alter $24,0 \pm 3,0$ Jahre; Körperhöhe $179,1 \pm 6,5$ cm; Gewicht $78,8 \pm 8,0$ kg) verteilt. Das explosiv-isometrische Training wurde an zwei Tagen in der Woche über einen Zeitraum von sechs Wochen durchgeführt. Pro Trainingseinheit waren bei der Übung Bankdrücken in zwei verschiedenen Gelenkwinkeln (80° und 120° Ellbogenwinkel) 3 Serien mit 3 Wiederholungen zu absolvieren. Dabei sollte im Rahmen einer Kontraktionszeit von 0,75-1,0 sec die Kraft so schnell wie möglich entfaltet werden. Vor dem Training, nach drei Wochen Training sowie drei Tage nach der letzten Trainingseinheit wurden die isometrische Maximal- und Explosivkraft erfasst.

Das explosiv-isometrische Training führte weder zu den erhofften Explosivkraftgewinnen noch zu nennenswerten Steigerungen der Maximalkraft. Eingehendere Analysen der Trainingsdaten weisen darauf hin, dass den Probanden keine progressive Intensitätssteigerung innerhalb des sechswöchigen Trainingszeitraums gelang. Möglicherweise ist dies auf nicht-maximale Aktivierungsstrategien bei schnellen isometrischen Kontraktionen zurückzuführen.

Schlüsselwörter: Explosivkraft, Explosiv-isometrische Kontraktionen, Krafttraining

Einleitung

Krafttraining wird in schnellkraftorientierten Sportarten häufig nach folgendem Periodisierungsschema in die Trainingsgestaltung integriert: in einer ersten Vorbereitungsphase wird mit den Methoden der wiederholten submaximalen Krafteinsätze eine Muskelhypertrophie angestrebt (Zeitraum 8-12 Wochen). In den letzten 4 bis 6 Wochen vor dem Wettkampf erfolgt dann der Einsatz der Methoden mit maximalen Kontraktionen. Als Ergebnis dieses Krafttrainingsprogramms werden insgesamt nennenswerte Steigerungen der Maximalkraft und der Explosivkraft erwartet. Da ein Training mit maximalen Kontraktionen nach neueren Beobach-

Summary

This work evaluates the effects of a strength training program with fast isometric contractions. Nineteen trained physical education students were divided into an experimental group (fast isometric contractions, $n=10$ [age 23.5 ± 3.04 years, height 178.6 ± 7.22 cm, body weight 77.4 ± 5.62 kg]) and a control group ($n=9$, age 24.0 ± 2.95 years; height 179.1 ± 6.54 cm; body weight 78.8 ± 7.95 kg). Fast isometric training was performed two times per week for 6 weeks. In each training session the subjects conducted 3 sets of 3 repetitions two elbow angles (80° and 120°). Within a contraction time of 0.75-1.0 sec force had to be developed in the fastest possible manner. Prior to, after three weeks of training and three days after the last training session rate of force development and maximum strength were measured.

Fast isometric training had no significant influence on rate of force development and maximum strength. A detailed analysis of training values showed that the subjects were not able to increase strength values in the course of the six week training period. The reason could be that subjects had difficulties reaching a maximal neural command in the fast isometric contraction task.

Keywords: rate of force development, fast isometric contractions, strength training

tungen allerdings nicht immer zu den gewünschten Erhöhungen der Explosivkraft führt (18, 19, 21), wurde in jüngerer Vergangenheit vorgeschlagen, nach dem Training mit maximalen Kontraktionen eine weitere, explosivkraftfördernde Phase einzuplanen (12, 19, 20).

Neben dem Einsatz eines Krafttrainings mit dynamisch explosiven Bewegungen, wie sie z.B. beim ballistischen Krafttraining vorkommen (13), könnte eine weitere methodische Alternative für diese dritte Krafttrainingsphase in der Anwendung explosiv-isometrischer Kontraktionen liegen (19). Diese Idee gründet sich aus physiologischer Sicht auf Beobachtungen, wonach die Absicht, einen möglichst explosiven Krafteinsatz zu realisieren, zum gleichen Entla-

ungsverhalten der motorischen Einheiten führt, unabhängig davon, ob darauffolgend eine Bewegung erfolgt oder nicht (4, 11). Entsprechend konnten Behm/Sale (1) nach einem dreizehnwöchigen Krafttraining mit explosiv-isometrischen Kontraktionen signifikante Erhöhungen der Explosivkraft feststellen. Allerdings überprüften sie diese Trainingsmethode nur bei der für die Trainingspraxis wenig bedeutenden Dorsalflexionsbewegung im Fußgelenk.

Der Vorteil der Einbindung einer explosiven Kraftentfaltung in eine kurz andauernde isometrische Kontraktion (Dauer < 1sec) im Rahmen eines wettkampfnahen Krafttrainings wäre des weiteren unter verletzungsprophylaktischen Aspekten zu sehen. So bestehen beim explosiv-isometrischen Training zum einen relativ geringe Gelenkbelastungen und zum anderen eine deutlich reduzierte Wahrscheinlichkeit von Mikrotraumatisierungen des Muskelgewebes auf Grund der fehlenden exzentrischen Anteile gegenüber dynamischen Krafttrainingsreizen. Letzteres ist in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung von Bedeutung, da in dieser Phase längere Muskelregenerationszeiten durch ausgeprägtere Mikroverletzungen nicht gewünscht sind.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte daher überprüft werden, ob sich mit einem Krafttraining mit explosiv-isometrischen Kontraktionen Explosivkraftgewinne bei einer in der Trainingspraxis von Schnellkraftathleten häufig angewendeten Krafttrainingsübung mit komplexem Muskeleinsatz (Bankdrücken) erzielen lassen. Die Studie sollte damit zeigen, ob sich ein isometrisches Krafttraining mit schnellstmöglicher Kraftentfaltung bei kurzer Kontraktionszeit als Trainingsmethode für die letzte Phase der Wettkampfvorbereitung bei Schnellkraftathleten eignet.

Methodik

Untersuchungsdesign und -ablauf, Probanden

Innerhalb eines sechswöchigen Trainingszeitraumes wurden an zehn Sportstudenten (Alter $23,5 \pm 3,0$ Jahre, Körperhöhe $178,6 \pm 7,2$ cm, Gewicht $77,4 \pm 5,6$ kg) die Effekte eines Krafttrainings mit explosiv-isometrischen Kontraktionen überprüft. Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe (n=9 Sportstudenten, Alter $24,0 \pm 3,0$ Jahre; Körperhöhe $179,1 \pm 6,5$ cm; Gewicht $78,8 \pm 8,0$ kg) gebildet, die untersuchungsbegleitend kein Krafttraining für die oberen Extremitäten durchführen durfte. Alle Versuchsteilnehmer mussten in den der Untersuchung vorangehenden sechs Monaten regelmäßiges Krafttraining betrieben haben. Im Mittel betrug der Zeitaufwand für sportliches Training (in den meisten Fällen leistungsorientiert) zusätzlich zur Untersuchung 9,0 Stunden pro Woche.

Vor Beginn der Trainingsphase nahmen alle Probanden an einer Testeinheit zur Gewöhnung an die Testprozeduren teil. Drei Tage vor Trainingsbeginn fand der Eingangstest statt. Darauffolgend wurde über einen Zeitraum von sechs Wochen an zwei Tagen in der Woche trainiert (Tagekombination Montag/Donnerstag oder Dienstag/Freitag). Nach dreiwöchigem Training wurde ein Zwischentest durchge-

führt. Drei Tage nach Beendigung der sechswöchigen Trainingsphase fand die Ausgangsmessung statt.

Test- und Trainingsgerät, Messverfahren und Kontrollvariablen

Bei allen Kontrolltests wurden die isometrische Maximal- und Explosivkraft bestimmt. Die Kraftmessungen erfolgten an einem selbstkonstruierten Bankdrückmessplatz mit Hilfe von an der Messstange angebrachten Dehnmessstreifen (DMS). Die von den DMS erfasste Verbiegung der Stange wurde über Verstärker (Fa. Biovision, Wehrheim) via A/D-Wandlerkarte an den PC weitergegeben (Abtastfrequenz 1000Hz). Mit Hilfe der Software DASyLab (Fa. DATALOG, Mönchengladbach) wurde die isometrische Maximalkraft (höchster Punkt der Kraft-Zeit-Kurve) und die Explosivkraft (höchste Steigung im linearen Anstiegsbereich der tiefpassgefilterten Kurve [10Hz]) berechnet.

Um die beim Bankdrücken beteiligten Muskeln differenziert zu erfassen, wurde die Maximal- und Explosivkraft in 80° und 120° Ellbogenwinkel gemessen. Die bilaterale Kraftentfaltung erfolgte bei jeder Testeinheit aus konstanter, durch Markierungen gekennzeichneten Griffweite. Die Probanden sollten über eine Kontraktionsdauer von 1,5 bis 2sec die Kraft so explosiv und maximal wie möglich entfalten.

Trainingsprogramm

Um die beim Bankdrücken beteiligten Muskeln (M. pectoralis major, M. deltoideus p.c. und M. triceps brachii) über ein breiteres Winkelspektrum zu belasten, wurde das isometrische Training in zwei unterschiedlichen Gelenkwinkeln durchgeführt (80° und 120° Ellbogenwinkel). In beiden Gelenkwinkeln wurden jeweils 3x3 explosiv-isometrische Kontraktionen absolviert (Pause zwischen den Wiederholungen 3-5 Sekunden und zwischen den Serien 6 Minuten). Die Probanden hatten die Aufgabe, innerhalb einer Kontraktionszeit von 0,75 bis 1,0 Sekunden die Kraft so explosiv und maximal wie möglich zu entfalten. Nach jeder Wiederholung erhielten die Teilnehmer eine Rückmeldung über die Qualität des Versuchs (Kontraktionsdauer sowie Maximal- und Explosivkraftwert). Mit der Kontraktionsdauer von 0,75 bis 1,0 Sekunden sollte sichergestellt werden, dass bei der Ausführung der explosiven Aktionen auch die nötigen hohen Kraftwerte erreichbar sind. Bei wesentlich kürzeren Kontraktionszeiten muss damit gerechnet werden, dass die erzielten Kraftwerte unterhalb der zur Erzielung allgemeiner Kraftanpassungen erforderlichen Reizschwelle liegen (vgl. auch 22).

Datenverarbeitung und Statistik

Nach Prüfung auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und Varianzhomogenität (Mauchly-Sphäritäts-Test) wurde der Gruppen- und Testzeitpunktvergleich der abhängigen Variablen mit Hilfe zweifaktorieller Varianzanalysen mit Messwiederholung zur Beurteilung der Haupteffekte und der Interaktion vorgenommen. Das Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Verfahren auf $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Nach explosiv-isometrischem Training treten im Ellbogenwinkel von 80° minimale Explosivkraftrückgänge (Zwischentest -2,8%, nach Trainingsende -0,1%) und im 120°-Winkel geringe Steigerungen der Explosivkraft (Zwischentest +4,6%, nach Trainingsende +10,3%) auf (siehe Tab.1). Keine dieser Veränderungen stellt ein statistisch signifikantes Ergebnis dar. Auch bei der isometrischen Maximalkraft ergeben sich bei der explosiv-isometrischen Gruppe im Gelenkwinkel von 80° (Zwischentest +1,3%, Trainingsende +2,6%) und 120° (Zwischentest +7,0%, nach Trainingsende +4,8%) keine statistisch bedeutsamen Veränderungen (siehe Tab.1). Erwartungsgemäß zeigt die Kontrollgruppe im Zwischen- und Nachtest keine nennenswerten Veränderungen von Explosivkraft und isometrischer Maximalkraft.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der isometrischen Explosiv- (Ex) und Maximalkraft (Max) in 80° und 120° Ellbogenwinkel vor Training (vT), im Zwischentest (ZT) und nach Trainingsende (nT)

Gruppe	Testtermin	Ex 80° [N/ms]	Ex 120° [N/ms]	Max 80° [N]	Max 120° [N]
Explosiv- Isometrisch	vT	8,4±1,6	9,8±2,0	912±239	991±198
	ZT	8,1±1,6	9,9±1,6	912±214	1064±203
	nT	8,4±1,7	10,5±2,0	931±263	1034±236
Kontrolle	vT	8,0±1,5	10,2±2,7	849±177	980±112
	ZT	7,7±1,9	10,3±2,8	860±159	1017±116
	nT	8,2±1,5	10,4±2,3	857±160	1045±122

Diskussion

Die wichtigste Erkenntnis dieser Untersuchung ist, dass weder nach drei- noch nach sechswöchigem Training mit explosiv-isometrischen Kontraktionen Verbesserungen in der Explosivkraft in den beiden getesteten Gelenkwinkeln (80° und 120° Ellbogenwinkel) auftreten. Dieser Befund ist insbesondere vor dem Hintergrund überraschend, dass bekanntlich jeder spezifische Trainingsreiz eine spezifische Anpassung induziert (10, 15). Ein Training, das, wie in der vorliegenden Längsschnittuntersuchung, ausschließlich die Betonung auf einen schnellstmöglichen Kraftanstieg legt, sollte diesem Konzept der Spezifik der Anpassungen zufolge auch den Kraftanstieg verbessern. Dies erscheint insbesondere insofern wahrscheinlich, als die Vortestwerte in der Explosivkraft bei den teilnehmenden Sportstudenten keine maximalen Ausprägungen aufwiesen. Anpassungsreserven sollten also in der Explosivkraft durchaus vorhanden gewesen sein. Zudem waren Test- und Trainingsgerät sowie trainierte und getestete Muskelaktionsform identisch, so dass auch keine Transferverluste auf Grund nichtspezifischer Testung zu erwarten gewesen wären (6, 10).

Aus physiologischer Sicht konnte angenommen werden, dass die Absicht, einen schnellstmöglichen Kraftanstieg auszuführen, unter isometrischen Bedingungen zum gleichen maximalen Innervationsbefehl wie bei schnellstmöglichen dynamischen Bewegungen führt (1, 4, 11). Prinzipielle Unterschiede im Rekrutierungs- und Frequenzierungsverhalten

im Kraftanstiegsbereich zwischen explosiv-dynamischen und explosiv-isometrischen Kontraktionen scheinen damit nicht als Ursache für das Gleichbleiben der Explosivkraft in Frage zu kommen.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit für das unveränderte Explosivkraftniveau nach explosiv-isometrischem Training könnte im Zusammenhang mit der speziellen Charakteristik der Trainingsaufgabe zu sehen sein. Es ist denkbar, dass die Probanden Schwierigkeiten bei der erfolgreichen Bewältigung der gestellten Anforderung hatten, indem sie, bewusst oder unbewusst, keinen maximal-explosiven Krafteinsatz realisieren konnten. Das Problem beim isometrischen Training besteht grundsätzlich darin, dass, insbesondere während der Phase der explosiven Kraftentfaltung, keine direkte Erfolgskontrolle wie beim dynamischen Training (durch Bewältigung bzw. Bewegen der Last) möglich ist. Aus diesem Grund bekamen die Probanden nach jeder Wiederholung eine Rückmeldung über die Ausführungsqualität. Eine solche Maßnahme sollte höhere Kraftwerte erzeugen als ohne Rückmeldung (14). Um einschätzen zu können, ob die Probanden im Verlauf der Trainingsperiode dennoch Schwierigkeiten hatten, das notwendige Kraftniveau zur Erzeugung neuronaler und muskulärer Anpassungen zu produzieren, soll eine nähere Betrachtung der Trainingsdaten erfolgen.

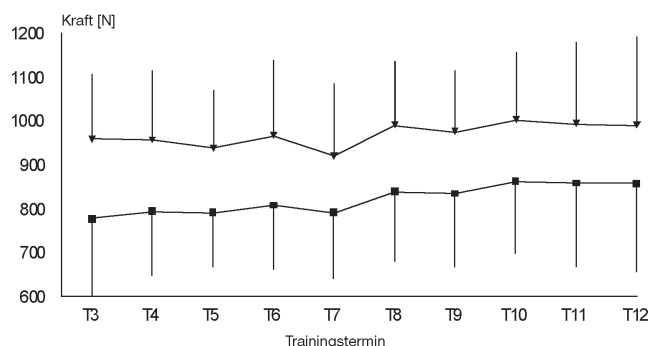


Abbildung 1: Entwicklung der mittleren maximalen Kraftwerte [in N] bei den Trainingswiederholungen der explosiv-isometrischen Gruppe in den beiden trainierten Gelenkwinkeln (80° [■] und 120° [▼]); vertikale Linien = Standardabweichungen [T3 bis T12 = Trainingseinheiten 3 bis 12];

In Abbildung 1 ist die Entwicklung der erzielten maximalen Kraftwerte bei den explosiv-isometrischen Kontraktionen dargestellt. Dabei wurden für jeden Trainingstermin die Mittelwerte aller 9 Trainingswiederholungen pro Gelenkwinkel (3x3 Wiederholungen) bei den 10 Probanden der explosiv-isometrischen Gruppe berechnet. Allerdings wird nur auf die Daten der Trainingseinheiten 3-12 zurückgegriffen, da in den ersten beiden Trainingseinheiten sehr variable maximale Kraftwerte auftraten. Zumeist lagen diese deutlich höher als in den späteren Trainingseinheiten, da sich die Probanden erst an die kurze Kontraktionsdauer gewöhnen mussten und damit in den ersten beiden Trainingseinheiten häufig zu lange Kraftentfaltungszeiten aufwiesen.

Die Entwicklung der Trainingsintensitäten zeigt, dass die Kraftwerte in den ersten drei Trainingswochen in den beiden

trainierten Gelenkwinkeln relativ unverändert bleiben (bis Trainingseinheit 7). Erst ab der achten Trainingseinheit steigen diese leicht an, um in der Folge bis Trainingsende relativ stabil zu bleiben.

Dieser Verlauf ist für ein mehrwöchiges Krafttraining eher atypisch, da normalerweise in den ersten Trainingseinheiten stetige Erhöhungen der Trainingsintensitäten realisiert werden können. Dies scheint prinzipiell nicht am Trainiertheitszustand der Probanden (Sportstudenten) zu liegen, da eine im gleichen Zeitraum dynamisch trainierende Gruppe¹ (3x3 Wiederholungen mit 90% der Maximalkraft) mit vergleichbaren Vortestwerten der Maximal- und Explosivkraft eine

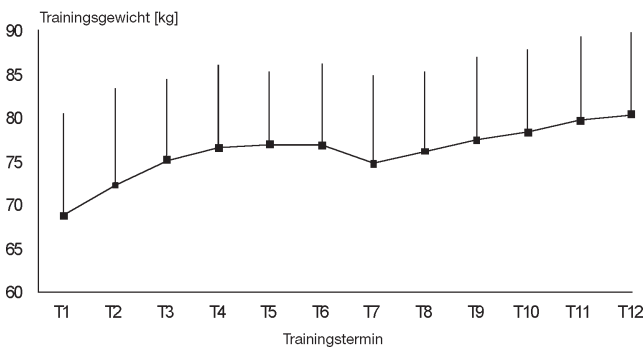


Abbildung 2: Entwicklung der mittleren Trainingsgewichte [in kg] bei dynamischem Krafttraining mit maximalen Kontraktionen; vertikale Linien = Standardabweichungen; [T1 bis T12 = Trainingseinheiten 1-12]

kontinuierliche Intensitätssteigerung erreichte. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt. Es zeigt sich, dass den Probanden dieser dynamisch trainierenden Gruppe die typische progressive Steigerung der Trainingslast während eines sechs-wöchigen Trainingszeitraumes gelang.

Bezieht man die Entwicklung der Trainingsdaten der dynamisch trainierenden Gruppe in die Überlegungen mit ein, scheint der explosiv-isometrischen Gruppe keine nennenswerte progressive Intensitätssteigerung zu gelingen. Dies kann als eine Ursache für das beobachtete Gleichbleiben der Explosivkraftwerte nach dem Training sein. Dennoch muss festgestellt werden, dass die Trainingswiederholungen durch hohe Intensitäten gekennzeichnet waren, da die Kraftwerte deutlich über der für nennenswerte Kraftverbesserungen angenommenen Schwelle von 60% der Maximalkraft liegen (im Mittel aller Trainingseinheiten ca. 90%).

Weitere Aufschlüsse zur Frage nach der Qualität des Trainingsreizes sind der Analyse der während des Trainings erzielten Explosivkraftwerte zu entnehmen. Diese Entwicklung ist in Abbildung 3 dargestellt.

¹ Die dynamisch trainierende Gruppe setzte sich ebenfalls aus zehn Sportstudenten zusammen und hatte im Rahmen dieses Projekts die Aufgabe, ergänzende Fragestellungen zu beantworten. Mit Ausnahme einer aktiven Kontrollgruppenfunktion standen diese Fragestellungen nicht in direktem Zusammenhang mit der Überprüfung der Effekte des explosiv-isometrischen Trainings. Ausführliche Informationen zu dieser Trainingsgruppe sind bei Schlumberger (17) zu finden.

Es zeigt sich, dass im Verlauf des Trainings keine nennenswerten Veränderungen der Explosivkraftwerte auftreten. Die Unterschiede zwischen den Trainingseinheiten liegen ausnahmslos im Bereich der Merkmalsfluktuation der Explosivkraft. Die Trainingsdaten bestätigen damit die mit den Testdaten ermittelten Resultate.

Die Analyse der Trainingsdaten der explosiv-isometrischen Gruppe erbringt zusammenfassend betrachtet weitere Anhaltspunkte für die These, dass die Probanden Schwierigkeiten mit der Bewältigung der Aufgabe hatten. Das Wissen, dass keine Bewegung stattfinden wird, könnte demnach im Trainingsverlauf bis zu einem gewissen Grad hemmend gewirkt haben.

Aus physiologischer Sicht sind im Hinblick auf die Bewältigungsstrategien bei schnellen isometrischen Kontraktionen die Ergebnisse von Grabiner et al. (8) aufschlussreich. Sie erbringen Hinweise darauf, dass der zentrale Befehl des Nervensystems in Abhängigkeit von der eingesetzten Muskelaktionsform variabel, also möglicherweise nicht immer maximal eingestellt wird. Diesen Befunden zufolge ist die zentrale Voreinstellung allerdings gleich, wenn die Probanden nicht wissen, welcher Kontraktionsmodus folgt. Nach diesen Resultaten könnte es durchaus möglich sein, dass das Wissen um den nicht zu überwindenden Widerstand die Aktivierungsstrategie im Verlauf der Trainingsuntersuchung negativ beeinflusst hat.

Die Explosivkraftbefunde dieser Arbeit stehen im Widerspruch zu den von Behm/Sale (1) ermittelten Ergebnissen. Sie fanden nach einem 13-wöchigen Training mit explosiv-isometrischen Kontraktionen signifikante Zuwachsraten in der Explosivkraft von 25-30%. Unterschiede in der Kontrak-

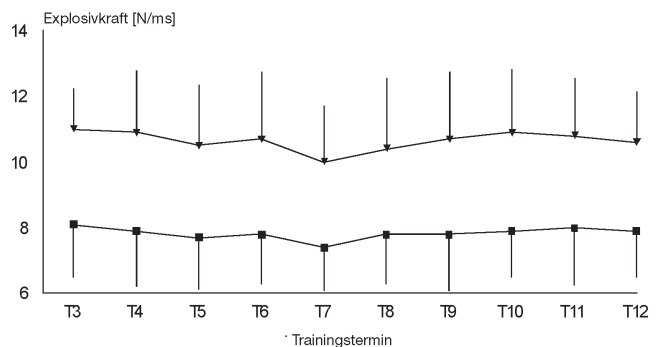


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren höchsten Explosivkraftwerte [in N/ms] in den trainierten Ellbogengelenkwinkeln (80° [■] und 120° [▼]); vertikale Linien = Standardabweichungen; [T3 bis T12 = Trainingseinheiten 3-12]

tionszeit scheinen nicht als Erklärung in Frage zu kommen, da sich die Kontraktionszeiten im Verlauf der Untersuchung bei allen Probanden bei 0,7-0,8 s einpendelten und damit nur geringfügig höher liegen als die von Behm/Sale (1) angegebenen 0,5-0,7s Kontraktionszeit. Es wäre denkbar, dass sich die unterschiedlichen Befunde auf die höhere Trainingsfrequenz (3 Einheiten pro Woche) und die höhere Anzahl der Trainingswiederholungen (3-5 Serien mit 10 Wiederholungen) zurückführen lassen. Des weiteren könnten die Ergebnisse

von den untersuchten Muskeln und deren Trainierbarkeit beeinflusst worden sein. So benutzten *Behm/Sale* (1) mit der Dorsalflexionsbewegung im Fußgelenk eine, vor allem im Hinblick auf explosive Aktionen, ungewohnte Bewegung. Möglicherweise verursacht diese Konstellation eine leichtere Ansteuerbarkeit der explosiven Kraftentfaltung. Einschränkend ist noch zu erwähnen, dass *Behm/Sale* (1) ein „within-subject“-Modell anwendeten, bei dem ein Bein mit explosiv-isometrischen Kontraktionen und das andere mit schnellen, isokinetischen Aktionen trainiert wurde. Den Erkenntnissen zum kontralateralen Transfer zufolge (Übersicht bei *Enoka* [5]) wäre eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Anwendung dieses Versuchsdesigns denkbar. Dies erschwert insgesamt die Einschätzung der Bedeutung der Ergebnisse von *Behm/Sale* (1).

Nicht ganz erwartungsgemäß verhält sich auch die Entwicklung der isometrischen Maximalkraft. Zunächst wäre auf Grund der bereits erwähnten Spezifik der Anpassungen zu vermuten, dass bei der isometrischen Gruppe, neben einer potentiellen Explosivkrafterhöhung, vor allem Verbesserungen in der isometrischen Maximalkraft auftreten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Analyse der Trainingsdaten (siehe Abb. 1) zeigt jedoch, dass die Probanden der isometrischen Gruppe im Mittel 90% des isometrischen Maximums bei den Trainingswiederholungen erreichten. Diese Intensität dürfte prinzipiell für Maximalkraftverbesserungen bei isometrischem Training ausreichen, da bereits mit Intensitäten von 80% des Maximums isometrische Maximalkraftverbesserungen ausgelöst werden können (2, 3). Diese Befunde bestätigen, dass die Kenntnis der isometrischen Situation per se kein Hinderungsgrund für Kraftverbesserungen ist.

Daraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten: zum ersten ist zu vermuten, dass die Kontraktionszeit, trotz Überschreitung der erforderlichen Intensitätsschwelle, zu kurz war. Bei den explosiv-isometrischen Kontraktionen wurden zwar im Mittel 90% des isometrischen Maximums erreicht. Die Zeitdauer, über die die bei diesen Kraftwerten auftretenden hohen Muskelspannungen eingewirkt haben, dürfte, angesichts der Gesamtkontraktionszeiten von 0,75-1s, im Bereich von 500 ms oder niedriger gelegen haben. Diese Interpretation ist allerdings im Widerspruch zu den Befunden von *Behm/Sale* (1). Sie fanden in ihrer Studie bei geringfügig niedrigerer Kontraktionszeit signifikante Maximalkraftgewinne. Möglicherweise liegt die Ursache für die auch bei der Maximalkraft differierenden Befunde ebenfalls in einer leichteren Ansteuerbarkeit des Kraftmaximums bei der ungewohnten Dorsalflexionsbewegung im Fußgelenk.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass bei einer praxisüblichen, mehrgelenkigen Krafttrainingsübungen mit komplexer Muskelbeteiligung die bloße Absicht, eine schnelle Bewegung auszuführen, nicht zu den gewünschten Schnellkraftverbesserungen durch Anhebung von Explosiv- und Maximalkraft führt. Damit dürfte ein explosiv-isometrisches Training als wettkampfnaher Krafttrainingsmethode für Sportler aus schnellkraftorientierten Sportarten eher eine untergeordnete Bedeutung haben. Dies bestätigt mittlerweile auch trainingspraktische Erfahrun-

gen bei Athleten aus verschiedenen Schnellkraftsportarten. Unter der Annahme, dass das Gleichbleiben der Explosivkraft nicht ausschließlich von den inadäquaten Bewältigungsstrategien verursacht wird, lassen unsere Befunde nun weitere interessante Spekulationen zu. Die Vorstellung, dass der explosivkraftfördernde Effekt im wesentlichen vom maximal-initialen Kontraktionsbefehl und weniger vom mechanischen Folgeereignis abhängt, scheint nicht allgemein zutreffend zu sein. Regelmechanismen während der Muskelverkürzung bei dynamischer Bewegungsausführung, wie z.B. das sensorische Feedback via Muskelspindel, scheinen somit eine nicht zu vernachlässigende Rolle für den Trainingseffekt zu spielen. Darauf weisen auch Beobachtungen von *Hagbarth et al.* (9) hin, denen zufolge die Generierung initial hoher Innervationsfrequenzen von der optimalen Voreinstellung der Muskelspindel, also letztlich einer adäquaten α - γ -Koaktivierung, abhängt. Demnach könnte angenommen werden, dass Explosivkraftverbesserungen partiell an eine Trainingsreizsetzung für die γ -Schleife gebunden sind. So stellte z.B. *Gollhofer* (7) fest, dass ein propriozeptives Training, neben einer Verbesserung der monosynaptischen Reflex-Sensitivität, zu einer Erhöhung der Explosivkraft führen kann.

Möglicherweise können explosiv-isometrische Kontraktionen allerdings im Rahmen der medizinischen Trainingstherapie eine wichtigere Bedeutung haben, wenn explosive Kraftsätze bei möglichst geringer Belastung für den passiven Bewegungsapparat und stark defizitären muskulären Ausgangsbedingungen zum Einsatz kommen (vgl. auch 16).

Literatur

1. *Behm D.G., Sale D.G.*: Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* 74 (1993) 359-368.
2. *Davies J., Parker D.F., Rutherford O.M., Jones D.A.*: Changes in strength and cross-sectional area of the elbow flexors as a result of isometric strength training. *Eur J Appl Physiol* 57 (1988) 667-670.
3. *De Koning F.L., Binkhorst R.A., Vissers A.C.A., Vos J.A.*: Influence of static strength training on the force-velocity relationship of the arm flexors. *Int J Sports Med* 3 (1982) 25-28.
4. *Desmedt J.E., Godaux E.*: Voluntary motor commands in human ballistic movements. *Ann Neurol* 5 (1979) 415-421.
5. *Enoka R.M.*: Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med.* 6 (1988) 146-168.
6. *Fleck S.J., Kraemer W.J.*: Designing resistance training programs. Human Kinetics, Champaign, 1972.
7. *Gollhofer A.*: Functional importance of proprioceptive activation on neuromuscular properties. Proceedings of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science, Rome 1999, 183.
8. *Grabiner M.D., Owings T.M., George M.R., Enoka R.M.*: Eccentric contractions are specified a priori by the CNS. Proceedings of the XVth ISB Congress. Jyväskylä 1995, 338-339.
9. *Hagbarth K.E., Kunesch E.J., Nordin M., Schmidt R., Wallin E.U.*: γ loop contributing to maximal voluntary contractions in man. *J Physiol* 380 (1986) 575-591.
10. *Morrissey M.C., Harman E.A., Johnson M.J.*: Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sports Exerc* 27 (1995) 648-660.
11. *Müller K.-J.*: Statische und dynamische Muskelkraft. Harri Deutsch, Frankfurt 1987.
12. *Newton R.U., Kraemer W.J.*: Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *J Strength and Cond Res.* 16 (1994) 20-31.

13. *Newton R.U., Kraemer W.J., Häkkinen K.*: Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 31 (1999) 323-330.
14. *Pierson W.R., Rasch P.J.*: Effect of knowledge of results on isometric strength scores. *Res Q* 35 (1964) 313-315.
15. *Sale D.G., MacDougall J.D.*: Specificity in strength training; a review for the coach and the athlete. *Can J Appl Sports Sci* 6 (1981) 87-92.
16. *Schlumberger A., Klopp J., Schmidtbleicher D.*: Trainingstherapeutische Aspekte der Rehabilitation nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei Leistungssportlern. *Sportverl Sportschad* 11(1997) XVII-XIX.
17. *Schlumberger A.*: Optimierung von Trainingsstrategien im Schnellkrafttraining. Sport und Buch Strauß, Köln 2000.
18. *Schlumberger A., Schmidtbleicher D.*: Anpassungen nach Krafttraining mit maximalen Lasten. *Sportwissenschaft* 30 (2000), 3, 249-261.
19. *Schmidtbleicher D., Hemmling G.*: Die Auswirkungen eines Trainings mit einer Kombination von maximalen Muskelaktionen auf die Explosiv- und Maximalkraft. *Leistungssport* 24 (1994) 6, 4-9.
20. *Tidow G., Wiemann K.*: Zur Interpretation und Veränderbarkeit von Kraft-Zeit-Kurven bei explosiv-ballistischen Kräfteinsätzen, Teil I: Physiologische Grundlagen. *Dtsch Z Sportmed* 44 (1993) 92-103.
21. *Wilson G.J., Newton R.U., Murphy A.J., Humphries B.J.*: The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 25(1993) 1279-1286.
22. *Zatsiorsky V.M.*: Krafttraining. Praxis und Wissenschaft. Meyer+Meyer, Aachen 1996.

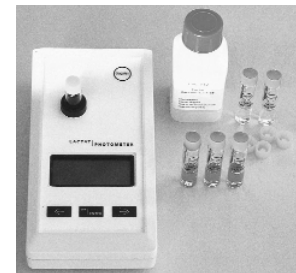
Korrespondenzadresse:

Dr. Andreas Schlumberger
EDEN Reha

Klinik für Sport- und Unfallverletzte
Lessingstr. 39-41, 93093 Donaustauf
e-mail: schlmb@aol.com

Mobiles Kleinphotometer für die Vor-Ort-Bestimmung von Lactat, direkt aus Blut

Das ideale Gerät zur Trainingssteuerung sowie zur Beurteilung der Fitness und körperlichen Leistungsfähigkeit, gleichermaßen für den Hochleistungs- und Breitensport geeignet. Mobilität, Netzunabhängigkeit und einfache



Bedienung ermöglichen den Einsatz vor Ort. Pro Bestimmung werden lediglich 10 µl Blut (aus dem Ohrläppchen) benötigt. Es kann zwischen Einzel- und Serienmessungen gewählt werden. Die Testdurchführung ist denkbar einfach und wird auch von Trainern und Sportlern schnell beherrscht. Der dazugehörige Lactat-Kit ist ebenfalls bei der Diaglobal GmbH erhältlich. Die „im Feld“ gemessenen Lactat-Werte können, differenziert nach Person und Belastungsstufe, im Gerät abgespeichert und online auf einen PC übertragen werden. Eine ergänzende Software liefert die Lactat-Leistungskurve und ermöglicht einen Datenaustausch mit anderen Programmen.



Weitere Informationen:

Diaglobal GmbH

Innovationspark Wuhlheide

Köpenicker Str. 325, 12555 Berlin

Phone 0 30/ 65 76 25 97, Fax 0 30/65 76 25 17

Mail: diagalen@aol.com, <http://www.diaglobal.de>