
Auswirkung eines exzentrischen Krafttrainings mit supramaximalen Lasten auf Maximal-, Schnell-, und Explosivkraftverhalten¹

Klaus Wirth & Dietmar Schmidtbleicher

Universität Frankfurt/Main
Institut für Sportwissenschaften

1 Einleitung

Die Entwicklung der Maximalkraft stellt für eine Vielzahl sportlicher Aktivitäten im Leistungs- und Hochleistungsbereich einen leistungslimitierenden Faktor dar. Zum einen handelt es sich hierbei um Sportarten, bei denen ein hohes Maximalkraftniveau das zentrale Ziel des Trainings darstellt und im Wettkampf direkt abgefragt wird, wie dies zum Beispiel im Gewichtheben oder dem Kraftdreikampf der Fall ist. In anderen Sportarten wiederum stellt die Entwicklung der Maximalkraft eine konditionelle Basisgröße dar, die für die Leistungsfähigkeit im Wettkampf mitentscheidend ist. So ist in allen Sportarten, in denen ein hohes Schnell- und Explosivkraftniveau gefordert wird ein hohes Maximalkraftniveau unabdingbar (Deiß & Pfeifer, 1991; Martin et al., 1991; Schnabel et al., 1997). Da langfristige Maximalkraftverbesserungen vor allem an Muskelquerschnittszunahmen gebunden sind, hat im Grundlagentraining zunächst ein Hypertrophietraining stattzufinden. Da mit dem Hypertrophietraining in der Regel keine unmittelbare Schnellkraftverbesserung erzielt werden kann, müssen in der Folge Trainingsmethoden eingesetzt werden, die eine verbesserte Ansteuerung des zur Verfügung stehenden Muskelmassepotenzials erzeugen. Eine Erhöhung des Maximalkraftniveaus, erzielt durch ein Training mit maximalen Kontraktionen, führt zu einer verbesserten intramuskulären Koordination und fördert auf diese Weise die Entwicklung von Schnell- und Explosivkraft (Schmidtbleicher, 1980; Schmidtbleicher, 1984).

In diesem Zusammenhang hat sich in den letzten Jahrzehnten das Training mit exzentrischen Muskelaktionen und supramaximalen Lasten als eine effektive Methode zur Entwicklung der Maximalkraft herausgestellt (Schmidtbleicher & Bührle, 1979). Auch bei dieser Trainingvariante kommt es zu einer Verbesserung der neuronalen Ansteuerung der Muskulatur. Im Gegensatz zu einem Training mit maximalen Kontraktionen, bei dem die Kontraktionsform explosiv sein sollte (Güllich & Schmidtbleicher, 1999), kommt es bei rein exzentrischen Belastungen in Abhängigkeit vom gewählten Gewicht zu geringeren

¹ VF 0407/05/49/2003

Kraftanstiegen, da das Gewicht in der Regel zuerst fixiert und dann kontrolliert abgelassen werden sollte, sofern es sich um das Training mit freien Gewichten handelt. Ausnahmen hiervon stellen reaktive Belastungen dar, bei denen es in der exzentrischen Phase zu einer abrupten und schnellen Verlängerung des Muskel-Sehnenapparates kommt, die wiederum reflektorische Verschaltungen nach sich zieht und das exzentrische Arbeiten an einer Iso-kinetik, sofern mit hohen Winkelgeschwindigkeiten gearbeitet wird. Unklar ist in diesem Zusammenhang, wie sich ein Training mit exzentrischer Muskelaktion und der Verwendung von supramaximalen Lasten auf Schnell- und Explosiv- und Maximalkraft bzw. die Muskelaktivität im Rahmen von isometrischen, konzentrischen und exzentrischen Maximalkraftversuchen auswirkt.

Untersuchungsziele des Projekts:

- a) Wirkung eines exzentrischen Krafttrainings mit supramaximalen Lasten auf die Entwicklung der isometrischen, konzentrischen und exzentrischen Maximalkraft.
- b) Ermittlung der Veränderungen der Muskelaktivität mittels Elektromyographie bei den unter a) aufgeführten Parametern.
- c) Ermittlung der Auswirkungen eines exzentrischen Krafttrainings mit supramaximalen Lasten auf das Schnell- und Explosivkraftverhalten (Kraftanstiegsverhalten der isometrischen Kraft-Zeit-Kurve).
- d) Effekte des exzentrischen Krafttrainings auf das Kraftverhalten nach Absetzen des Trainings in der Detrainingsphase.
- e) Ermittlung der Wirkungen eines Trainings mit supramaximalen Lasten auf das Kraftverhalten im submaximalen Wiederholungsbereich.

2 Methodik

Für die Durchführung der Studie wurden 30 Probanden rekrutiert. Hiervon dienten 15 Personen als Trainings- und 10 Personen als Kontrollgruppe. Als objektives Kriterium für die Trainiertheit der Probanden der Trainingsgruppe wurde ein 1RM (Einer-Wiederholungsmaximum) von mindestens 100 kg vorausgesetzt.

Tab.1: Mittelwerte und Standardabweichung der anthropometrischen Daten der Experimental- und Kontrollgruppe zu Beginn der Untersuchung.

	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Alter (Jahren)
Experimentalgruppe	88,05 ± 16,13	180,87 ± 6,52	25,3 ± 4,0
Kontrollgruppe	80,83 ± 10,33	184,30 ± 6,04	24,7 ± 3,6

Vor und nach dem sechswöchigen Training wurden das isometrische Maximum (MVC), das dynamisch-exzentrisch-konzentrische Maximum (1RM), das dynamisch-exzentrische Maximum (EXM), die Schnellkraft, die Explosivkraft bei isometrischer Kontraktion und

die Muskelaktivität via EMG (Elektromyographie) gemessen. Die Messtermine für die Experimentalgruppe lagen vor dem Beginn des Trainings (T1), drei (T2) bzw. zehn Tage (T3) nach der letzten Trainingseinheit. Die Kontrollgruppe wurde an zwei Terminen im Abstand von sechs Wochen getestet.

Da die Analyse der EMG-Daten und der Explosivkraft bei isometrischer Kontraktion zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts noch nicht abgeschlossen waren, wird im Folgenden die Erhebung der übrigen getesteten Parameter beschrieben.

Dynamisch exzentrisch-konzentrisches Maximum (1RM): Die dynamische Maximalkraft wurde mit Hilfe der Last des Einer-Wiederholungsmaximums abgeschätzt. Als Kriterium für einen gelungenen Versuch galt das komplette Durchstrecken der Arme. Es wurde hierbei nicht auf eine rein konzentrische, sondern auf eine exzentrisch-konzentrische Übungsausführung zurückgegriffen. Zwischen den einzelnen Versuchen lagen vier Minuten Pause.

Isometrisches Maximum (MVC): Die isometrische Kraftbestimmung erfolgte mit Hilfe von Dehnmessstreifen (DMS), die an den beiden inneren Enden der Messstange angebracht waren. Die von den DMS erfasste Verbiegung der Stange wurde über Verstärker (Fa. Biovision, Wehrheim) via A/D-Wandlerkarte an den PC weitergegeben. Die Einzugsfrequenz betrug 500Hz. Mit Hilfe der Software DASyLab (Fa. DATALOG, Mönchengladbach) wurden die isometrische Maximalkraft (höchster Punkt der Kraft-Zeit-Kurve) und die Explosivkraft (höchste Steigung im linearen Anstiegsbereich der tiefpassgefilterten Kurve [10Hz]) berechnet. Die bilaterale Kraftentfaltung erfolgte bei jeder Testeinheit aus definierter, durch Markierungen gekennzeichnete Griffweite. Jeder Proband erhielt drei Maximalversuche, zwischen denen jeweils zwei Minuten Pause liegen.

Dynamisch-exzentrisches Maximum (EXM): Nach der Bestimmung des 1RM wurde der erste exzentrische Maximalversuch mit 100% desselben durchgeführt. Dem auf der Flachbank liegenden Probanden wurde hierbei die Scheibenhantel mit der zu bewältigenden Last übergeben. Aus gestreckter Armposition war die Hantel langsam und kontrolliert auf die Brust herabzulassen. Während des kompletten Versuchs standen zwei Helfer zur Sicherung an den beiden Enden der Hantel. Während der exzentrischen Phase durfte eine Winkelgeschwindigkeit von 20°/s nicht überschritten werden, die mittels eines am Ellebogengelenk befestigten Goniometers kontrolliert wurde, damit der Versuch als gültig akzeptiert wurde. Konnte der Proband ein schnelleres Absinken der Hantel nicht vermeiden, so wurde der Versuch als ungültig bewertet. Zwischen den Einzelversuchen lagen vier Minuten Pause.

Messung der Schnellkraftfähigkeiten (SK): Die Bestimmung der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit erfolgte mit Hilfe eines von Fichte et al. (1994) vorgestellten und für die vorliegenden Untersuchungen modifizierten Messsystems. Dabei wird ein an der Hantelstange befestigter Kontrasttaster über eine mit Farbmarken (schwarz-weiß-alternierend, 4mm Rastermaß) versehene, am Rahmen der Multipresse angebrachten Schiene bewegt. Das Erkennen einer Farbmarke durch den Kontrasttaster wird per Rechtecksignal dem Computer übermittelt. Dort werden die Zeiten für jede 4mm-Farbmarke als Einzelzeiten festgehalten und daraus die maximale Bewegungsgeschwindigkeit (v_{max}) errechnet. Die räumliche und die zeitliche Auflösung betragen 4mm und 1/50000s. Die Aufgabe bei der Bestimmung der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit ist, die Messstange (16.9 kg) mit höchstmöglicher Geschwindigkeit auszustößen. Um eine komplette Impulsenfaltung zu erhalten und zur Annäherung an sportartspezifische Bedingungen erfolgte der Ausstoß mit Loslassen der Stange.

Innerhalb des sechswöchigen Trainings wurden drei Trainingseinheiten pro Woche durchgeführt. Jede Trainingseinheit bestand aus fünf Serien mit drei Wiederholungen bei einer interseriellen Pause von fünf Minuten. Als Trainingsübung diente das freie Bankdrücken mit der Langhantel. Das Trainingsgewicht wurde so festgelegt, dass es gerade noch kontrolliert abgelassen werden konnte. Wann immer der Proband dazu in der Lage war, wurden die Lasten gesteigert.

Neben der deskriptiven Statistik wurde für die schließende Analyse der Daten eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ($p < 0.05$) und dem Scheffé-Test als post-hoc Test durchgeführt. Der Test auf Normalverteilung erfolgte über Shapiro-Wilks-Test, der auf Varianzhomogenität über den Levene-Test.

3 Ergebnisse

Bei der Experimentalgruppe zeigten sich keine signifikanten Veränderungen der isometrischen oder exzentrisch-konzentrischen Maximalkraft bzw. der maximalen Ausstoßgeschwindigkeit zwischen den Testterminen. Die exzentrische Maximalkraft der Trainingsgruppe veränderte sich jedoch zwischen T1 und T2 um 15,3 % ($p < 0,05$) und zwischen T1 und T3 um 17,1 % ($p < 0,05$). In der Detrainingsphase zwischen T2 und T3 konnten für keinen der erhobenen Parameter signifikante Veränderungen festgestellt werden.

Tab. 3: Mittelwerte und Standardabweichung der exzentrischen, isometrischen und exzentrisch-konzentrischen Maximalkraft der Experimentalgruppe zu den drei Testzeitpunkten.

	T1	T2	T3
EXM (kg)	136,33 ± 23,94	156,68 ± 27,17*	159,33 ± 29,63*
1RM (kg)	119,67 ± 22,36	121,67 ± 20,26	122,0 ± 21,24
MVC (N)	1012,2 ± 151,2	998,5 ± 167,8	1027,0 ± 195,1
SK (m/s)	3,26 ± 0,29	3,33 ± 0,29	3,33 ± 0,30

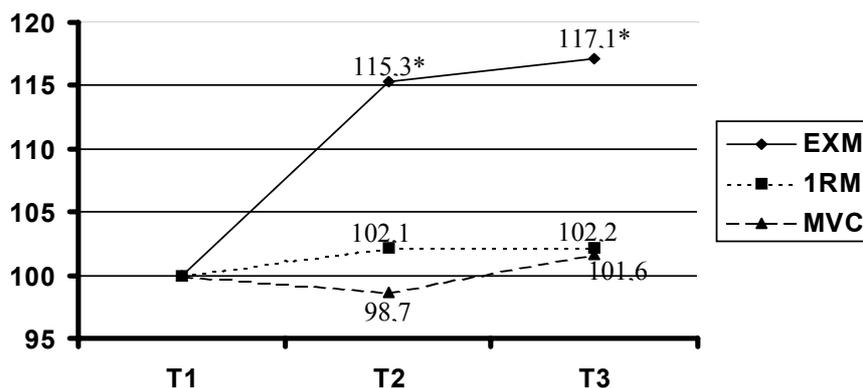


Abb. 1: Prozentuale Veränderung der exzentrischen (EXM), isometrischen (MVC) und exzentrisch-konzentrischen (1RM) Maximalkraft der Experimentalgruppe zu den drei Messzeitpunkten.

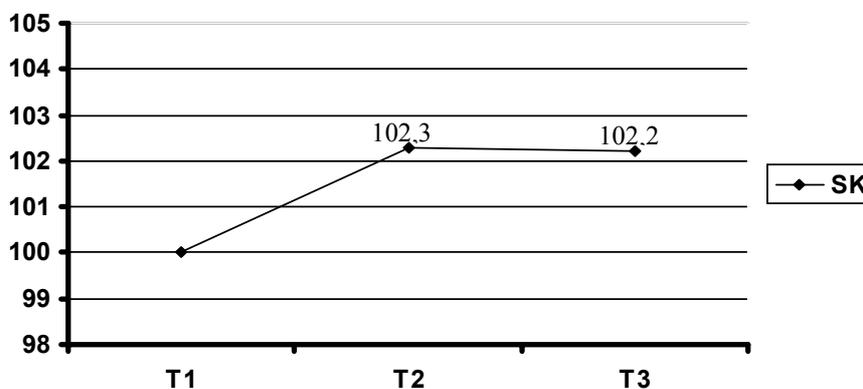


Abb. 2: Prozentuale Veränderung der Schnellkraft (SK) der Experimentalgruppe zu den drei Messzeitpunkten.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichung der exzentrischen, isometrischen und exzentrisch-konzentrischen Maximalkraft der Kontrollgruppe zu den drei Testzeitpunkten.

	T1	T2
EXM (kg)	78,5 ± 9,44	85,5 ± 12,57
1RM (kg)	68,75 ± 7,19	71,00 ± 9,94
MVC (N)	727,5 ± 143,9	634,4 ± 133,4*
SK (m/s)	2,82 ± 0,31	2,82 ± 0,29

Bis auf die isometrische Maximalkraft blieben alle getesteten Parameter für die Kontrollgruppe innerhalb des Untersuchungszeitraums ohne Veränderung. Die isometrische Maximalkraft verschlechterte sich jedoch innerhalb der sechs Wochen signifikant ($p < 0.05$).

4 Diskussion

Durch ein Training mit maximalen Kontraktionen soll in der Regel eine Verbesserung der intramuskulären Koordination (hier vor allem Rekrutierung, Frequenzierung, Synchronisation) hervorgerufen werden. Grundlegend ist zu erwarten, dass diese Adaptationsmechanismen bei allen maximalen bzw. maximal explosiven Muskelaktionen zu einer positiven Leistungsentwicklung führen. Demnach sollte sich eine verbesserte intramuskuläre Koordination auf sämtliche Maximalkrafttests leistungssteigernd auswirken. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedoch sehr spezifische Anpassungen an ein Training mit supramaximalen exzentrischen Muskelaktionen. Während die isometrische und die exzentrisch-konzentrische Maximalkraft unverändert bleiben, kommt es zu einem signifikanten Anstieg der exzentrischen Maximalkraft. Der besonders in den ersten zwei Wochen der Untersuchung auftretende Muskelkater verdeutlicht die hohe Belastung bzw. die im Training auftretenden hohen Spannungen auf den Muskelfasern, was eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der Maximalkraft und/oder morphologischer Anpassungen ist. Während der Studie konnte jedoch kein Transfer des Anstiegs der exzentrischen Maximalkraft auf die beiden anderen Maximalkrafttest festgestellt werden, was dafür spricht, dass ein Großteil Anpassungen im Bereich der intermuskulären Koordination zu finden sind.

5 Literatur

- Deiß, D. & Pfeiffer, U. (1991). *Leistungsreserven im Schnellkrafttraining*. Berlin: Sportverlag.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Dt. Zschr. f. Sportmed.*, 50, 7/8, 223-234.

- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Schmidtbleicher, D. (1980). *Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit*. Bad Homburg: Limpert.
- Schmidtbleicher, D. (1984). Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. *Die Lehre der Leichtathletik*, 30 (Beilage zur Zeitschrift Leichtathletik 35), 1785-1792.
- Schmidtbleicher, D. & Bührle, M. (1979). *Vergleich von konzentrischem und exzentrischem Maximalkraftverhalten*. Abschlussbericht zur Versuchsreihe I des Projekts „Exzentrisches Krafttraining“.
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (1997). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.

