
Auswirkungen eines desmodromischen Maximalkrafttrainings auf Krafteigenschaften, Struktur und Genexpression des Skelettmuskels

Birgit Friedmann (Projektleiterin)¹,
Timm Bauer¹, Judith Schönith¹, Helmut Müller², Ralf Kinscherf³,
Silke Vorwald³, Hans-Ulrich Kauczor⁴, Marc-André Weber⁴, Konstanze Klute¹,
Dirk Bischoff¹, Peter Bärtsch¹ & Rudolf Billeter⁵

¹ Medizinische Universitätsklinik Heidelberg, Abteilung Innere Medizin VII: Sportmedizin

² Olympiastützpunkt Rhein-Neckar

³ Universität Heidelberg, Abteilung für Anatomie und Zellbiologie III

⁴ Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Abteilung Radiologie

⁵ University of Leeds (England), School of Biomedical Sciences

1 Problem

Ein über mindestens mehrere Wochen regelmäßig ausgeübtes Krafttraining bewirkt morphologische Anpassungsreaktionen des Skelettmuskels mit Entwicklung einer Muskelhypertrophie und Zunahme des Anteils schneller Typ II-Fasern an der Muskelquerschnittsfläche. Die Ergebnisse einer von unserer Arbeitsgruppe durchgeführten Studie zu den Auswirkungen eines vierwöchigen Kraftausdauertrainings bei untrainierten Probanden (Friedmann et al., 2004) wiesen darauf hin, dass ein computergesteuertes Krafttraining mit erhöhter exzentrischer Belastung (desmodromisches Krafttraining) eine Transformation hin zu einem schnelleren Muskelphänotyp fördern und diesbezüglich einem konventionellen konzentrisch-exzentrischen Krafttraining möglicherweise überlegen sein kann (Friedmann, 2005). Damit wurden Beobachtungen aus der Trainingspraxis bestärkt.

In dem vorliegenden Forschungsprojekt wurde untersucht, ob ein sechswöchiges desmodromisches Maximalkrafttraining der Beinstrecker bei krafttrainierten Sportlern die Ausbildung eines schnellen Muskelphänotyps fördert und größere Verbesserungen der Maximal- und Sprungkraft bewirkt als ein äquivalentes konventionelles Krafttraining.

2 Methode

Von Januar 2004 bis Juli 2005 wurden 39 gesunde Probanden rekrutiert, die seit mindestens einem Jahr regelmäßig wenigstens einmal pro Woche ein Krafttraining der Beinstrecker durchgeführt hatten und die Einnahme von anabolen Steroiden sowie von Kreatin glaubhaft verneinten. Die Probanden wurden randomisiert entweder einer desmodromischen (DES) oder einer konventionellen (KON) Trainingsgruppe zugeteilt und absolvier-

ten sechs Wochen lang drei mal pro Woche entweder fünf Sätze à acht Wiederholungen an einem desmodromischen Trainingsgerät (Motronik, Fa. Schnell) oder sechs Sätze à acht Wiederholungen an einer konventionellen Beinstreckmaschine (m3, Fa. Schnell) mit jeweils vier Minuten Serienpause. Um eine gleiche Arbeitsleistung in beiden Gruppen bei im Mittel ca. 1.9-fach höherer exzentrischer Belastung in DES zu gewährleisten, führte DES aufgrund von Vorversuchen einen Satz pro Trainingseinheit weniger durch als KON. Im Anschluss an die sechswöchige Krafttrainingsphase absolvierten die Probanden ein dreiwöchiges überwachtes Sprungkrafttraining (Bounces, zweimal pro Woche).

Vor und nach der Krafttrainingsphase wurde der Querschnitt des M. quadriceps femoris mittels Magnetresonanztomographie (MRT) bestimmt. Maximalkraft (konzentrisches Einwiederholungsmaximum) und Sprungkraft (Countermovement-, Squat- und Drop-Jump) wurden unmittelbar und eine Woche nach Ende der Krafttrainingsphase sowie unmittelbar nach Ende des Sprungkrafttrainings gemessen. Biopsien aus dem M. vastus lateralis erfolgten vor, ein, drei und sieben Tage nach Ende des Krafttrainings zur Ermittlung der Muskelfasertypverteilung, des Faserquerschnitts (ATPase-Färbung) und der Expression ausgewählter Gene (mRNA-Expression mittels Polymerasekettenreaktion).

Zur statistischen Analyse wurden multifaktorielle und einfaktorielle Varianzanalysen, der Student's t-test für abhängige und unabhängige Stichproben, der Wilcoxon Vorzeichen-Test und der Mann-Whitney-Rangsummentest durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei $p \leq 0.05$ festgesetzt. Die Daten sind als Mittelwerte \pm Standardabweichung dargestellt.

3 Ergebnisse

33 der rekrutierten Probanden führten das Training wie geplant durch, vier Probanden fielen wegen Muskel- oder Sprunggelenksverletzungen, ein Proband wegen gehäufter grippaler Infekte und ein Proband wegen Annahme eines auswärtigen Jobs ganz oder im Sprungkrafttraining aus. Bei 26 Probanden (15 DES, 11 KON) konnten qualitativ gute Muskelbiopsien vor und nach dem Training gewonnen werden. Die Untersuchungsergebnisse dieser Probanden (DES 24.1 ± 3.6 Jahre, 185 ± 7 cm, 80.0 ± 8.4 kg, KON 24.5 ± 4.2 Jahre, 184 ± 7 cm, 80.5 ± 7.8 kg) werden nachfolgend dargestellt.

Während die Maximalkraft und der Querschnitt des M. quadriceps femoris in beiden Gruppen vergleichbar signifikant um maximal 16.3 ± 8.4 kg (DES) und 16.4 ± 6.7 kg (KON) bzw. 6.0 ± 6.1 cm² (DES) und 8.0 ± 5.9 cm² (KON) zunahmen, verbesserte sich die Sprungkraft nur in DES (in allen drei durchgeführten Tests) signifikant.

Tab. 1: Sprungkraft (am Beispiel der Sprunghöhe im Squatjump [cm])

	vor Krafttraining	Ende Krafttraining	1 Wo. nach Krafttraining	1 Wo. nach Sprungtraining
DES	42.5 ± 6.5	43.4 ± 5.4	43.0 ± 5.9	43.7 ± 5.9*
KON	43.1 ± 4.8	44.0 ± 6.7	43.6 ± 5.5	43.5 ± 6.0

*: $p < 0.05$ im Vergleich zum Ausgangswert vor Krafttraining

Bereits vor dem Training wies KON mit 38.1 ± 13.0 % einen tendenziell höheren Anteil an Typ IIA-Fasern auf als DES mit 28.3 ± 7.1 %, nach dem Training war der Unterschied signifikant (43.1 ± 14.8 gegenüber 30.1 ± 7.5 %). Für die Typ I- und Typ IIX-Fasern sowie für die Typ IIAX-Hybridfasern, die Querschnitte aller Fasertypen und den aus Fasertypverteilung und Faserquerschnitt errechneten relativen Fasertypanteil an der Muskelquerschnittsfläche bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Weder Fasertypverteilung noch Faserschnitte änderten sich signifikant. Der Anteil Typ IIA-Fasern an der Muskelquerschnittsfläche nahm nur in KON signifikant zu.

Tab. 2: Fasertypanteil am Muskelquerschnitt [%] vor und nach Krafttraining

	Typ I		Typ IIA		Typ IIX	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach
DES	49.4 ± 12.5	47.4 ± 14.2	35.4 ± 9.4	38.2 ± 11.5	15.2 ± 11.6	14.3 ± 9.5
KON	37.8 ± 18.7	38.4 ± 15.6	39.3 ± 11.5	45.6 ± 13.4*	14.3 ± 13.7	13.0 ± 6.5

*: $p < 0.05$ im Vergleich zum Ausgangswert vor Krafttraining

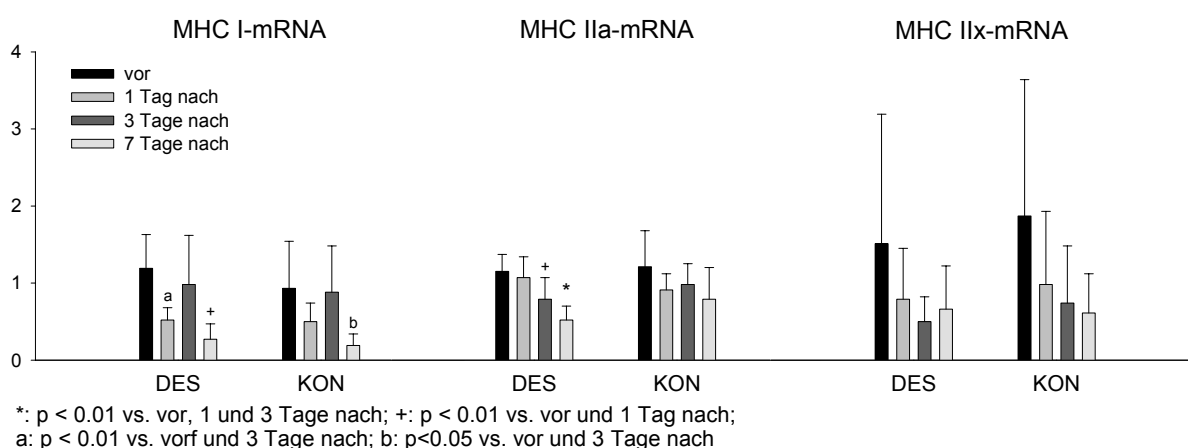


Abb. 1: Genexpression der schweren Myosinketten (Myosin Heavy Chain, MHC)

Die mRNA-Expression der die kontraktiven Eigenschaften der einzelnen Fasertypen wesentlich bestimmenden schweren Myosinketten (Myosin Heavy Chain, MHC) zeigte in DES und KON gleichgerichtete Veränderungen mit einer signifikanten, progredienten

Abnahme der relativen mRNA-Konzentration für alle MHCs in der Nachtrainingsphase. In den beiden Trainingsgruppen wurde das Signifikanzniveau nur vereinzelt erreicht.

4 Diskussion

Die nur in DES beobachtete signifikante Verbesserung der Sprungkraft und eine vermehrte Rekrutierung schneller Muskelfasern im Training dieser Gruppe (Bauer et al., 2005) weisen darauf hin, dass auch bei krafttrainierten Sportlern ein desmodromisches Maximalkrafttraining der Beinstrecker mehr als ein äquivalentes konventionelles Training die Ausbildung eines schnellen Muskelphänotyps fördern könnte. Allerdings war – im Unterschied zu den bei untrainierten Probanden erhobenen Ergebnissen – der Anteil der schnellen Typ IIA-Fasern am Muskelquerschnitt nach dem konventionellen Maximalkrafttraining signifikant vergrößert, nicht jedoch nach dem desmodromischen Maximalkrafttraining. Weiterhin steht die Abnahme der mRNA-Konzentrationen aller MHC-Isoformen im Gegensatz zu den bei untrainierten Probanden erhobenen Befunden [signifikanter Anstieg von MHC IIA- (und MHC IIX-) mRNA in DES]. Derzeit wird das Verhalten 40 weiterer Marker mRNAs analysiert, um Aufschluss darüber zu erlangen, welchen Einfluss die unterschiedlichen Krafttrainingsformen DES und KON auf die Genexpression von Stoffwechsellenzymen, myogenen Wachstumsfaktoren und Strukturproteinen haben.

5 Literaturverzeichnis

- Bauer, T., Klute, K., Kinscherf, R., Vorwald, S., Billeter, R., Müller, H., Bärtsch, P. & Friedmann, B. (2005). Auswirkungen eines desmodromischen Maximalkrafttrainings auf den Glykogengehalt der Muskelfasern und die Laktatmobilisation. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 281.
- Friedmann, B. (2005). Neue Entwicklungen im Krafttraining. (2005). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 222.
- Friedmann, B., Kinscherf, R., Vorwald, S., Müller, H., Kucera, K., Borisch, S., Richter, G., Bärtsch, P. & Billeter, R. (2004). Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiologica Scandinavica*, 182, 77-88.