„time under tension“

Die Bedeutung der Dauer der Muskelspannung für das Muskelaufbau-Training

In der F&G-Ausgabe 1/2017 hatte Prof. Dr. Theodor Stemper aktuelle Studien zur Effektivität unterschiedlicher Trainingsprinzipien für die Muskel-Hypertrophie untersucht. Dabei hatte sich herausgestellt, dass niedrig-intensive und bis zum gewollten Muskelversagen andauernde Belastungen effizienter sein können als die klassisch für das stärkste Muskelwachstum verantwortlich gemachten hoch intensiven Belastungen. Im folgenden Artikel stellt Prof. Stemper eine Studie vor, die diese Erkenntnisse untermauert und prüft, welche Empfehlungen für die Trainingspraxis daraus abgeleitet werden können.

Eine einzelne Krafttrainingsübung kann bereits die Synthese von Muskelproteinen stimulieren. Werden solche Übungen dauerhaft durchgeführt, z.B. in Form von Krafttraining an Geräten im Fitness-Studio, kann der Muskel wachsen und größer werden, was als Muskel-Hypertrophie bezeichnet wird.

Klassisch galt bisher für das Hypertrophie-Training die weit verbreitete Annahme, dass hoch intensive Belastungen („high-load contractions“) mit ca. 70-85% des 1 WM (repetition maximum, RM) den größten Nutzen hinsichtlich der Muskel-Hypertrophie (Massenzunahme) versprechen. Das dazu passende Trainingsregime ist dann ein Mehrsatz-Training mit Wiederholungszahlen von 8–12 erschöpfenden Wiederholungen je Satz (vgl. Ratamess et al., 2009).

Länger niedrig-intensiv vs. kurz hoch-intensiv

In der F&G-Ausgabe 1/2017 (S. 80–82) konnte schon ausführlich dargestellt werden, dass diese vorrangige Ausrichtung auf ein hochintensives Training durchaus zum beabsichtigten Ziel führen kann (vgl. dazu auch Phillips et al., 1997). Diese Empfehlung darf aber einerseits nicht exklusiv gelten und andererseits könnten niedrig-intensive, aber möglicherweise länger andauernde Belastungen bis zum gewollten Muskelversagen sogar noch effizienter und für Untrainierte auch geeigneter sein (Burd et al., 2010).

Als Erklärung dafür gilt die physiologische Annahme, dass der Hauptstimulus für die Proteinsynthese im Muskel die möglichst maximale Rekrutierung (Beteiligung) und Erschöpfung/Ermüdung aller Fasern eines Muskels bei der Kontraktion ist. Das würde dann eine Belastung bis zur gewollten Erschöpfung bzw. vorübergehenden Ermüdung des Muskels erfordern. Das genau aber gelingt auch durch niedrig-intensive Belastungen – doch diese

führen erst nach längerer Belastungszeit zu dieser Ermüdung – aber sie ermöglichen damit ggf. eine noch bessere Rekrutierung und u.U. auch eine höhere Gesamtlast pro Übung, was ggf. entscheidend für den angestrebten Effekt ist.

Die Anschlussfrage dazu lautet nun, ob und wie sich der Effekt dieser niedrig-intensiven Belastungen, in diesem Falle mit 30 % des 1 WM, bei einer Veränderung der „time under tension", also der Anspannungsdauer pro vorgegebener Wiederholung, verändert. Lässt sich der Hypertrophie-Stimulus dadurch eventuell noch optimieren?

Studie zu „time under tension"

Burd et al (2012) gingen dieser Frage in einer Studie nach, in der acht trainingserfahrene (> 2 Jahre) aber nur mäßig trainierte Männer (Alter 23,5 +/– 1 Jahre) zwei Trainingsprogramme absolvierten, die vergleichbar hinsichtlich der dabei verrichteten Arbeit (Belastungsumfang) waren. Als Übung diente eine einbeinige Kniestreckung, die in drei Sätzen mit einer Intensität von 30 % des 1 WM und je 2 Minuten Satzpause absolviert wurde.

In einem Versuch, „SLOW", musste die Übung mit einem Tempo von jeweils 6 Sekunden für die konzentrische (Streckung) und exzentrische (Rückführung, ‚Beugung') Phase ausgeführt werden.

Im Versuch „CTL" wurde dagegen die Übung in einem Standard-Tempo von jeweils 1 Sekunde für die beiden Phasen durchgeführt. Bezogen auf das 1 RM der Probanden, das ca. 100 kg betrug, wurde dann in beiden Versuchen mit vergleichbaren Lasten gearbeitet, SLOW (31 ± 2 kg) und CTL (30 ± 2 kg). Die Wiederholungszahl betrug für den 1., 2. bzw. den 3. Satz jeweils 12 ± 1, 7 ± 1 bzw. 6 ± 1 Wdh.

Wichtig für die Bewertung der Studie ist nun noch die Information, dass sich diese Wiederholungsvorgaben im SLOW-Modus ergaben, und zwar dann, wenn die Probanden wegen der einsetzenden lokalen Muskelermüdung/-erschöpfung keine korrekte Wiederholung der Übung mehr absolvieren konnten. Die so ermittelte maximale Wiederholungszahl wurde dann genau so für den CTL-Modus übernommen, dessen Sätze dann deutlich kürzer waren und somit auch nicht mehr unbedingt bis zur „gewollten Erschöpfung" durchgeführt wurden, sondern nur mit der im Vergleich zu SLOW identischen Gesamt-Arbeit (Last x Wiederholungen). Damit bestand der Unterschied der Versuche ausschließlich in der für SLOW im Vergleich zu CTL erheblich längeren „time under tension", wie die folgende Gegenüberstellung zeigt:

	Satz 1 (sek) (ca. 12 Wdh.)	**Satz 2 (sek)** (ca. 7 Wdh.)	**Satz 3 (sek)** (ca. 6 Wdh.)
SLOW (6 s – 6 s)	198 ± 10	119 ± 9	90 ± 7
CTL (1 s – 1 s)	25 ± 2	14 ± 1	11 ± 1

Die gesamte „time under tension" für die 3 Sätze war für SLOW (407 ± 23 sek) im Vergleich zu CTL (50 ± 3 sek) also erheblich und hoch signifikant länger! Das Verhältnis zwischen den Kontraktionszeiten von SLOW und CTL betrug damit etwa 8 : 1.

Proteinsynthese im Fokus

Die Nahrungsaufnahme und die körperliche Aktivität wurden im Umfeld der Studie kontrolliert und die Eiweißzufuhr wurde durch die Aufnahme von jeweils 20 g Molkenprotein direkt nach Belastung und nach 24 Stunden Erholung gesichert.

Nadelbiopsien, also Entnahme von Muskelgewebe aus dem Oberschenkelmuskel (hier: vastus lateralis) erfolgten vor der Übung und 6, 24 und 30 Stunden nach der Trainingsübung. Zusätzlich wurden Blutproben entnommen.

Im Fokus der Untersuchung stand im Folgenden die Proteinsynthese des Muskels.

Ein ganz besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Myofibrillen in den Muskelfasern gelegt. Die Myofibrillen bzw. Muskel-

© Restyler - Fotolia.com

Prof. Dr. Theodor Stemper
Sportwissenschaftler an der Bergischen Universität Wuppertal, 1. Stellvertretender Vorsitzender des Bundesverbandes Gesundheitsstudios Deutschland e.V. (BVGSD) und Ausbildungsdirektor des DFAV e.V.

fibrillen bestehen aus Hunderten hintereinander geschalteter ‚Sarkomere', die wiederum die Eiweiße für die Muskelkontraktion, speziell Aktin und Myosin, beinhalten.

In der folgenden Analyse wurde daher dann nicht nur ein Gesamtwert für die Proteinsynthese des Muskels ermittelt (MIX), sondern die einzelnen Fraktionen der Muskelzelle wurden mit aufwendigen Verfahren ausgewertet, also die Proteinsynthese separat für Myofibrillen, Mitochondrien (den ‚Kraftwerken' der Muskelzelle) und Sarkoplasma (der Flüssigkeit der Muskelzelle) errechnet.

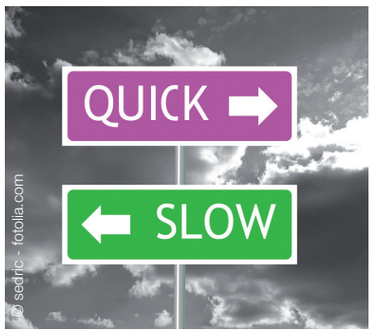
Stärkere Effekte bei SLOW

Die Untersuchung ergab, dass die SLOW-Übung mit längerer „time under tension" (Anspannungszeit) einen deutlich stärkeren Reiz als die CTL-Variante für die nachfolgende Proteinsynthese darstellte. Sowohl im Sarkoplasma als auch in den Mitochondrien war in den ersten 6 Stunden nach Belastung nur in der Gruppe SLOW, nicht aber in der Gruppe CTL, die Proteinsynthese signifikant erhöht, da nur das SLOW-Training einen trainingsbedingten Anstieg der Proteinsynthese in Höhe von 114 % bzw. 77 % in den Mitochondrien bzw. im Sarkoplasma aufwies.

Nach 24–30 Stunden waren zwar für beide Versuchsanordnungen noch die Syntheseraten erhöht, jedoch signifikant nur noch im Mitochondrien-Stoffwechsel und nur nach SLOW-Training und zwar um 175 %. Die jetzt auch um 126 % erhöhte Syntheserate nach CTL-Belastung galt dagegen nicht mehr als signifikant.

Erst mit Verzögerung erfolgte auch die Stimulierung der Synthese der Proteine in den Myofibrillen, die erst 24–30 Stunden nach Belastung spürbar erhöht war. Hier gab es einen starken, hoch signifikanten Effekt wiederum nur für die SLOW-Variante, während der leichte Anstieg bei CTL statistisch wiederum nicht bedeutsam war.

Nach beiden Programmvarianten gab es aber in ähnlicher Weise auch noch eine nachweisliche Stimulierung der wesentlichen intramuskulären Marker für die Signalwege der Proteinsynthese. Und auch das PGC-1 (Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator), dem u.a. eine wichtige Rolle beim Mitochondrien-Aufbau und dem Zellstoffwechsel zukommt, war für beide Trainingsvarianten erhöht.



Fazit

Der Vergleich einer Trainingsbelastung bis zur gewollten Muskelerschöpfung am Kniestrecker mit 30 % des 1 WM (was zu Satzbeginn relativ „leicht" ist) führte in der langsamen Ausführung (6 sek. Strecken und 6 sek. ‚Beugen'/Nachgeben) zu einem größeren Anstieg der Proteinsynthese im Muskel als in der schnellen mit 1 sek zu 1 sek.

Dieses beachtliche Ergebnis, obwohl an nur wenigen Probanden, so doch mit aufwendiger wissenschaftlicher Akribie ermittelt, legt nahe, dass die längere „time under tension" mit abschließender Muskelermüdung eine äußerst wichtige Größe für die Anregung des Proteinstoffwechsels und das nachfolgende Muskelwachstum (Hypertrophie) ist. Dieses Ergebnis entspricht auch dem aus F&G 1/2017, wo bei 30% Trainingsintensität die Gruppe, die bis zur Erschöpfung trainierte (30FAIL), die größten Effekte aufwies.

Konsequenzen für die Trainingspraxis

Die Erkenntnisse dieser Studie sollten zur Konsequenz haben, älteren und/oder bereits gebrechlichen oder vorgeschädigten Personen ein für sie besser geeignetes, leichter zugängliches bzw. umsetzbares und dabei gleichsam sehr effizientes Trainingsprogramm zum Aufbau oder auch nur zum Erhalt ihrer Skelettmuskeln und damit zur Vorbeugung vor Sarkopenie (Muskelabbau) empfehlen zu können.

Geht es nur um den Erhalt von Muskulatur, könnten ggf. sogar auch schon die Effekte durch die gering intensive und sehr zeitsparende CTL-Variante ausreichend sein, vor allem, wenn diese Variante mit leicht erhöhten Wiederholungszahlen von etwa 15 Wiederholungen, oder alternativ/ergänzend etwas längerer „time under tension" von je 2–3 Sekunden con-exz, ausgeführt würde. Das muss dann noch nicht unbedingt zur gewollten Erschöpfung führen, die vielleicht von Einigen ja auch als unangenehm empfunden wird.

Nicht zuletzt haben diese Studie und die berichteten Zusammenhänge aus F&G 1/2017 auch grundsätzlich Konsequenzen für die Erstellung von Trainingsplänen. Wenn die „time under tension" eine so große Rolle für den Trainingseffekt spielt, dann reicht es nicht aus, wie in den Plänen üblich, lediglich die Last (Gewicht) und die Wiederholungszahl vorzugeben. Die Art der Ausführung, hier vor allem das Bewegungstempo, ist dann offenbar auch wichtig, wenn nicht sogar noch wichtiger.

Last but not least ist zudem auch nicht ganz auszuschließen, dass in der Ausführungsgeschwindigkeit auch ein Grund für die teilweise sehr unterschiedlichen Effekte (response) bei (vermeintlich) gleichen Programmen liegt. Und zwar immer dann, wenn sie zwar mit der gleichen Gesamtlast, aber de facto doch recht unterschiedlich, da mit verschiedenen Anspannungszeiten („time under tension"), ausgeführt werden.

Zukünftig sollten Trainerinnen und Trainer daher standardmäßig auch darauf achten.

Prof. Dr. Theodor Stemper

Literatur
Burd, N.A., West, D.W.D., Staples, A.W., Atherton, P.J., Baker, J.M. et al. (2010). Low-Load High Volume Resistance Exercise Stimulates Muscle Protein Synthesis More Than High-Load Low Volume Resistance Exercise in Young Men. PLoS ONE 5 (8): e12033. doi:10.1371/journal.pone.0012033.
Burd, N.A., Andrews, R.J., West, D.W.D., Little, J.P., Andrew J.R., Cochran, A.J.R. et al. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein subfractional synthetic responses in men. J Physiol, 590 (2), 351–362. DOI: 10.1113/jphysiol. .2011.221200.
Phillips, S.M., Tipton, K.D., Aarsland, A., Wolf, S.E. & Wolfe, R.R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. Am J Physiol Endocrinol Metab, 273, E99–E107.
Ratamess, N.A., Alvar, B.A., Evetoch, T.K., Housh, T.J., Kibler, W.B. et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc, 41, 687–708.