



The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis.

Schoenfeld Brad J, Aragon Alan A, Krieger James W. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10:53 (2013)

Hintergrund Krafttraining ist ein starker körperlicher Reiz, der in den Muskelzellen (auch Muskelfasern genannt) den Aufbau neuer Proteinstrukturen (je nach Intensität und Trainingszustand z.B. Mitochondrien, Sarkoplasma oder kontraktile Elemente) stimuliert, wodurch diese an Größe zunehmen (Hypertrophie) oder – was allerdings noch umstritten ist – die Bildung neuer Muskelfasern anregt (Hyperplasie). Durch das Training kommt es jedoch auch zu einem verstärkten Abbau von Muskelproteinen, dessen Rate die Proteinsyntheserate übersteigen kann, insbesondere wenn sich der Körper in einem “Hungerzustand” befindet. Deshalb achten viele Kraftsportler vor, während und/ oder nach dem Training darauf, sich Proteine bzw. Aminosäuren zuzuführen. Diese als “Protein Timing” bezeichnete Strategie beruht auf der Annahme, es existiere ein “anaboles Fenster” von begrenzter Dauer (bis ca. 1 Std) nach dem Training, innerhalb dessen Aminosäuren besonders gut und schnell von den Muskelzellen aufgenommen werden und so eine schnellere muskuläre Proteinsynthese und Regeneration ermöglichen. Aus ähnlichen Gründen werden zusätzlich oft auch schnell ins Blut gelangene Kohlenhydrate zugeführt um die Glykogenspeicher schnell wieder aufzufüllen und durch den Insulinstieg dem Proteinabbau entgegenzuwirken. Obwohl viele Studien den Mechanismus einer verstärkten Proteinsynthese durch Aminosäuren direkt nach dem Training betätigt haben, ist es immer noch unklar ob daraus relevante und messbare Resultate in Bezug auf Muskel-

wachstum oder Kraftentwicklung zu erwarten sind. Schoenfeld, Aragon und Krieger liefern die erste Arbeit, die die Studienlage zu dieser Frage quantitativ (also durch Berücksichtigung der gemessenen Effekte) zusammenfasst.

Material und Methoden Nur qualitativ gute¹ randomisierte Studien mit je einer Behandlungs- und Kontrollgruppe (Crossover-Design war erlaubt) wurden für die Meta-Analyse berücksichtigt. Voraussetzung für die Untersuchung des Protein Timings war, dass die Kontrollgruppe mindestens 6 g essentielle Aminosäuren innerhalb eines Zeitfensters von 1h vor und nach dem Training bekam, während die Kontrollgruppe mindestens 2 h vor und 2 h nach dem Training kein Eiweiß zu sich genommen haben durfte. Der Krafttrainingszeitraum musste mindestens 6 Wochen umfassen, und primäre Endpunkte (Variablen, die auf Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hin untersucht wurden) mussten entweder dynamische Muskelkraft oder Hypertrophie gewesen sein. Für jeden dieser Endpunkte wurde eine Effektgröße (EG) berechnet als die Änderung der entsprechenden Messgröße (also Hypertrophie oder Kraft) zwischen Vortest und Nachtest der Studien geteilt durch die Standardabweichung der Messgröße beim Vortest. Positive EGs bedeuten also eine Zunahme der entsprechenden Messgröße durch die Intervention. Die EGs wurden anschließend mittels linearer Regression modelliert, wobei verschiedenen Modelle zum Einsatz kamen um die

¹Die Qualität von randomisierten Kontrollstudien lässt sich durch die sogenannte PEDro-Skala messen; hier wurde ein Wert von mindestens 5 auf der Skala verlangt.

Effekte bestimmter Einflussfaktoren zu untersuchen. Das Basismodell enthielt nur die Gruppenzugehörigkeit (Behandlung oder Kontrolle) als Einflußvariable, während das vollständige Modell folgende Einflußvariablen berücksichtigte: Gruppenzugehörigkeit, Gleiche Proteinzufuhr zwischen den Gruppen (Ja oder Nein), Trainingserfahrung (Anfänger oder Fortgeschritten), Verblindung (doppelt, einfach oder keine), Geschlecht (m, w oder gemischt), Alter (jung oder alt), Körpergewicht in kg, Dauer der Studie in Wochen. Um nur die wirklich relevanten Einflussvariablen herauszufiltern, wurden nach und nach so lange Variablen aus dem vollständigen Modell entfernt, bis sich das "optimale" reduzierte Modell – im Sinne eines möglichst kleinen Akaike'sche Informationskriteriums² – ergab, welches sich von der Vorhersagegenauigkeit nicht signifikant vom vollständigen Modell unterschied (diesen Vorgang der Variablenauswahl nennt man auch *Feature Backwards Selection*).

Ergebnis Insgesamt schafften es 25 Studien in die Analyse, wobei 20 Studien die Veränderung der Muskelkraft untersuchten (mit insgesamt 478 Probanden und 96 EGs) und 23 Studien die Hypertrophie (mit 525 Probanden und 132 EGs). Die mittlere Muskelkraft-EG betrug $1,39 \pm 0,24$, die mittlere Hypertrophie-EG $0,47 \pm 0,08$.³ Anhand des Basismodells, in welchem außer der Gruppenzugehörigkeit ja keine Einflußvariablen berücksichtigt wurden, ergab sich kein Unterschied zwischen Behandlungs- und Kontrollgruppen in Bezug auf Kraftzuwachs; allerdings hatten die Behandlungsgruppen einen signifikant größeren Muskelmassezuwachs als die Kontrollgruppen. Bei Berücksichtigung aller Einflußvariablen (also im vollständigen Modell) verschwand dieser Unterschied jedoch. Das reduzierte Modell für den Kraftzuwachs enthielt nur noch

die Trainingserfahrung und Verblindung der Studien als Einflußvariablen, das heißt diese Größen reichten aus, um den Kraftzuwachs zu beschreiben. Das reduzierte Modell für die Hypertrophie enthielt die Gesamtproteinzufuhr, Studiendauer und Verblindung als Variablen, wobei nur die Gesamtproteinzufuhr einen signifikanten Einfluß auf die Vorhersagekraft des Modells hatte. Dabei führte eine Erhöhung der Gesamtproteinzufuhr um 0,5g/kg Körpergewicht pro Tag zu einer EG-Zunahme von ungefähr 0,2. Auch die Vorhersagen der reduzierten Modelle zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen Behandlungs- und Kontrollgruppen in Bezug auf Kraftzuwachs oder Hypertrophie.

Sponsoren Keine.

Kommentar Der Proteinstoffwechsel während des Krafttrainings wurde 1998 von Tipton & Wolfe folgendermaßen beschrieben (siehe auch Fleck & Kraemer, 2004, Kapitel 3): (1) Krafttraining stimuliert die muskuläre Proteinsynthese; (2) intrazelluläre Aminosäurekonzentrationen sinken ab; (3) verringerte Aminosäurekonzentrationen stimulieren Eiweißabbau und den Transport von Aminosäuren in die Muskelzellen; (4) ein größeres Angebot an Aminosäuren erhöht die Proteinsynthese weiter; (5) Gewebeumbau findet statt. Daraus würde sich theoretisch ergeben, dass die regelmäßige schnelle Verfügbarkeit von Aminosäuren im Blut nach dem Training für ein schnelles Muskelwachstum und Kraftzunahme von Vorteil ist. Doch Schoenfeld und seine Kollegen, die hier erstmals quantitativ untersuchten, ob daraus in der Realität wirklich messbare Resultate folgen, kommen zu dem Ergebnis, dass offenbar nicht das Timing der Proteinzufuhr, sondern die gesamte über den Tag aufgenommene Menge entscheidend ist

²Das Akaike'sche Informationskriterium ist ein Maß für die Genauigkeit eines Modells und kann zum Modellvergleich benutzt werden. Die Anzahl der Modellparameter wird dabei durch einen Term "bestraft", so dass Modelle mit weniger Parametern, die die Daten gleich gut beschreiben wie komplexere Modelle, bevorzugt werden.

³Zur Einschätzung: Effektgrößen von 0,2 gelten als klein, 0,5 als moderat und ab 0,8 als groß.

wenn es darum geht, Muskeln aufzubauen. Und genau das führt uns schon zu dem Kernproblem der meisten Studien, die in die Metaanalyse eingingen: Es wurde nicht darauf geachtet, dass die Kontrollgruppe über den Tag verteilt auf die gleiche Proteinmenge kam wie die Interventionsgruppe. In diesen Studien war die durchschnittliche Eiweißaufnahme der Kontrollgruppe mit 1,33 g/kg/Tag nicht nur 0,33 g/kg/Tag geringer als die der Interventionsgruppe, sondern lag auch unter der von Lemon (2000) ausgegebenen Empfehlung von 1,6 g/kg/Tag für Kraftsportler. Nur 3 der insgesamt 25 Studien hatten darauf geachtet, dass die Probanden in beiden Gruppen über den Tag die gleiche Proteinmenge verzehrten; zwei von ihnen fanden interessanterweise keinen Vorteil durch "Protein Timing" (und hierbei entsprach die Eiweißzufuhr der Empfehlung von mindestens 1,6 g/kg/Tag). Statistisch gesehen ist es deshalb nicht möglich, die Existenz eines anabolen Fensters nach dem Training auszuschließen, denn offenbar ist eine höhere Proteinzufuhr in fast allen Studien eng mit der Intervention des Protein Timing verknüpft, was dessen Einfluss in einer linearen Regression verringert⁴. Unabhängig davon könnte auch eine generell zu niedrige Proteinmenge zu einem schlechteren Abschneiden der Kontrollpersonen in den meisten Studien geführt haben und so die Existenz eines anabolen Fensters verschleiern. Weiterhin könnte es auch sein, dass ein anaboles Fenster für Proteinaufnahme zwar existiert, sich aber über mehr als zwei Stunden nach dem Training erstreckt und die Autoren somit von einer falschen Annahme ausgingen. Und schließlich war es den Autoren aufgrund fehlender Studien mit Fortgeschrittenen auch nicht möglich, einen eventuellen Einfluss des Trainingszustandes auf die Effekte des Protein Timing zu erfassen. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass Fortgeschrittene zusätzlich zu einer ausreichend hohen Proteinzufuhr auch vom richtigen Timing derselben profi-

tieren. Selbst kleinste, nur schwer messbare Effekte, könnten in manchen Sportarten wie Bodybuilding immerhin schon einen großen Unterschied machen.

Man könnte einwenden, dass der Zusammenhang zwischen Hypertrophie bzw. Kraftzuwachs und den verschiedenen getesteten Einflußfaktoren komplizierter ist als durch eine multivariate lineare Regression modelliert werden kann. Immerhin wurden auch mögliche Interaktionen zwischen Trainingsstatus und Behandlungsgruppe sowie Behandlungsgruppe und gleicher Proteinzufuhr berücksichtigt (alle nicht signifikant). Dennoch hat die lineare Regression den Vorteil, dass die Modellparameter leicht interpretiert und Signifikanztests leicht durchgeführt werden können. Da das Ziel nicht eine möglichst genaue Vorhersage der EG war, sondern den Einfluß der verschiedenen Variablen auf diese zu bestimmen, ist an der Statistik meiner Meinung nach nichts auszusetzen.

Deshalb können wir für die Praxis auf jeden Fall festhalten, dass für Trainierende eine angemessene Proteinzufuhr (von mindestens ca. 1,6 g pro kg Körpergewicht pro Tag Lemon, 2000) an erster Stelle steht, noch bevor man sich Gedanken über den besten Zeitpunkt der Einnahme macht. Ähnliches scheint für die Zufuhr von Kohlenhydraten zu gelten, was Aragon und Schoenfeld schon in einem Vorgängerartikel zusammengefasst haben (Aragon & Schoenfeld, 2013). Im Prinzip ist das auch klar, denn der Verzehr einer kompletten Mahlzeit kann lange anhalten was die Erhöhung von Aminosäuren-, Glukose- und Insulinkonzentrationen betrifft. Für Leute, die gerne nüchtern trainieren (wie beim Intermittierenden Fasten), könnte es allerdings schon Sinn machen, möglichst schnell nach dem Training schnell verfügbares Eiweiß (z.B. Wheyprotein), evtl. zusammen mit schnellen Kohlenhydraten, einzunehmen um damit dem Muskelabbau entgegenzuwirken und die Proteinsynthese zu stimulieren. Da aber beim Intermit-

⁴Man spricht hier von Kollinearität; leider wurden die verschiedenen getesteten Einflußvariablen offenbar nicht auf Kollinearität getestet.

tierenden Fasten sowie nur ein kürzeres Training vermutlich sowieso gegeben wenn zeitfenster für die Nahrungsaufnahme zur man diesen wichtigen Punkt versucht zu Verfügung steht (klassisch ca. 8 Stunden) berücksichtigen: Achte auf eine ausreichende wäre eine zeitnahe Aufnahme nach dem dem Tagesproteinbilanz!

Literatur

Aragon AA, Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? *J Int Soc Sports Nutr*, 10:5 (2013)

Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing Resistance Training Programs. 3rd Edition, *Human Kinetics* (2004)

Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr*, 19(5 Suppl): 513S-521S (2000)

Tipton KD, Wolfe RR. Exercise-induced changes in protein metabolism. *Acta Physiol Scand*, 162: 377-387 (1998)