

# Proteine + Aminosäuren

## Baustoff des Lebens

Proteine sind die Bausteine unseres Körpers, die wesentlich mitbestimmen, wie gesund, muskulös, leistungsfähig wir sind und in welchem biologischen Alter sich unser Körper befindet.

Unser Körper besteht aus hunderten von Körper- bzw. Gewebsproteinen, sie bilden z.B. Muskeln, Knochen, Haut, Bindegewebe, Haare, Fingernägel, aber es gibt auch viele sogenannte "Stoffwechselsteuerungsproteinen", wie z.B. Enzyme, Co-Enzyme, Hormone, Antioxidantien usw., die alle lebensnotwendig sind.

Diese Proteine werden ständig ab-, um- und aufgebaut und je optimaler diese Bauprozesse in unserem Organismus ablaufen, desto junger, stärker, vitaler und gesunder sind wir.

Alle Proteine und zwar nicht nur die o.g. menschlichen Körperproteine, sondern auch die tausende in Tieren und Pflanzen vorkommenden Proteine, bestehen aus miteinander verknüpften Aminosäuren.

Sobald wir solche tierischen oder pflanzlichen Proteine durch unsere Nahrung aufnehmen, werden diese in unserem Verdauungssystem zu den einzelnen Aminosäuren zerlegt und vom Blut zu den sog. Ribosomen transportiert. In den Ribosomen (Proteinfabriken) unserer Zellen werden die aus der Nahrung stammenden Aminosäuren dann zu menschlichen Körperproteinen zusammengesetzt.

Zu einem optimalen Proteinstoffwechsel gehört aber nicht nur die ausreichende Zufuhr von Nahrungsprotein, sondern wir müssen auch darauf achten, dass die Ribosomen ihre Arbeit möglichst optimal erfüllen können.

## Wie jede industrielle Fabrik benötigen auch die Ribosomen unserer Körperzellen folgende Ressourcen:

1. Baumaterial, also Proteine bzw. Aminosäuren
2. Hilfsbaustoffe, sprich Vitamine, Mineralien, Spurenelemente, Pflanzenstoffe usw.
3. Energie aus Kohlenhydraten und Fetten

Um ein ausreichende "Körperproteinfabrikation" zu gewährleisten, müssen alle drei Ressourcen zum RICHTIGEN Zeitpunkt UND in ausreichender Menge vorhanden sein.

Im Folgenden geht es nicht um eine NUR AUSREICHENDE, sondern um eine möglichst IDEALE Produktion von Körperproteinen, die uns gesund, leistungsfähig, muskulös und biologisch jung halten sollen.

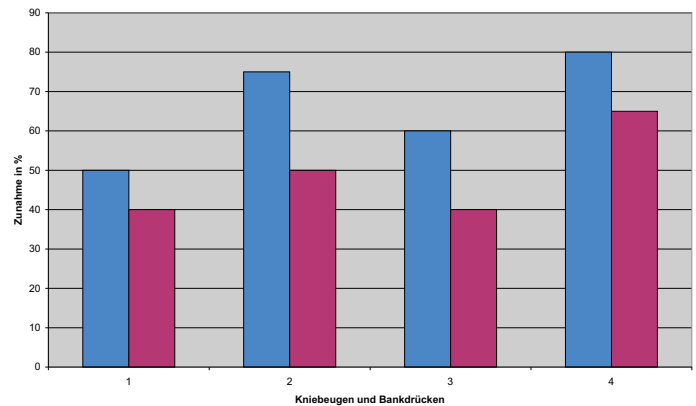
Folgende Checklisten sind die Essenz aus einer Vielzahl von Studien und praktischen Erfahrungen die sich über den Zeitraum von 1930 bis zum Jahr 2005 erstrecken. Im Anhang sind exemplarisch nur die wichtigsten Arbeiten angegeben.

Eine Meta-Analyse von *Rand et al* weist nach, dass der normale Erwachsene bei normalem Körpergewicht und normaler (Arbeits-) Aktivität mit 0,8 Gramm Protein pro kg Körpergewicht pro Tag ausreichend versorgt ist.

Der Proteinbedarf bei Sportlern war Jahrzehnte lang umstritten, was vor allem an widersprüchlichen Studien, die allesamt über eine nur relativ kurze Zeit durchgeführt wurden, lag. So konnte unter anderem zwar nachgewiesen werden, dass eine hohe Proteinzufuhr von 2,77 g Protein pro kg Körpergewicht bei Kraftsportlern zu einer besseren Stickstoffbilanz als die Zufuhr von 1,2 Gramm pro kg Körpergewicht pro Tag führt, aber es wurde kein signifikanter Unterschied beim Aufbau von purer Muskelmasse (Lean Body Mass) festgestellt. Gleichzeitig konnte man feststellen, dass Sportler sich an eine hohe Proteinzufuhr gewöhnen und ihr Organismus Protein verstärkt als Energiesubstrat aber nicht zu sehr zum Muskelaufbau nutzt. Solche und ähnliche Erkenntnisse haben die Frage nach dem optimalen Proteinkonsum von Sportlern offen gelassen, man konnte eine hohe Proteinzufuhr genau so befürworten als eine moderate Proteinzufuhr.

Neuere Langzeitstudien von *Falvo et al* und *Vukovich et al* sowie *Burke et al* zeigen jedoch eindeutig, dass eine hohe Proteinzufuhr bei Kraftsportlern LANGFRISTIG zu signifikant mehr Kraft und Muskelmasse führt. (was übrigens Praktiker schon lange bemerkten)!

Kraftzuwachs in 6 Monaten



Reihe 1 (blau) zeigt Leistungszuwächse bei hoher Proteinzufuhr und Reihe 2 (violett) die Zuwächse bei niedrigerer Proteinzufuhr.

Säulenpaar 1 zeigt Maximalleistung im Bankdrücken bei 3 Wiederholungen und Säulenpaar 2 zeigt Bankdrücken bei 6 Wiederholungen.

Säulenpaar 3 zeigt Maximalleistung im Kniebeugen bei 3 und Säulenpaar 4 bei 6 Wiederholungen (Vucovich Studie)

Ähnlich umstritten wie der Proteinbedarf bei Sportlern war die Frage, ob die Proteinverdauungsrate oder anders ausgedrückt ob schnell verdauliche Proteine wie Whey Protein und Soja Protein Isolate oder langsam verdauliche Proteine wie Casein für die Nettoproteinbilanz (also den Unterschied zwischen der Proteinsynthese und der Proteindegradation im Organismus) besser sind.

Ältere Studien verglichen hierbei Whey Protein mit Casein und unterschiedlichen Mengen und beobachteten die Aminosäurewerte und zusätzlich die L-Leucinewerte im Blutpool. Weiterführende Nachfolgestudien verglichen zusätzlich Mixturen freier Aminosäuren mit Whey Protein und Casein und darüber hinaus auch den Unterschied wenn Whey Protein und die freien Aminosäuren auf einmal oder in mehreren kleinen Mahlzeiten über 3 Stunden verzehrt wurden.

Nach heutigen Erkenntnissen hat sowohl die Verdauungsgeschwindigkeit von Proteinen als auch die Aminosäurezusammensetzung (sprich die Proteinqualität) einen signifikanten Einfluss auf die Nettoproteinbilanz.

Dabei ist es am Vorteilhaftesten schnell verdauliche bzw. schnell resorbierbare Proteine oder Aminosäuremixturen mit hohem EEA, BCAA- und vor allem mit hohem L-Leucineanteil (also qualitativ hochwertige Proteine) in vielen kleineren Mengeneinheiten konstant über längere Zeiträume zu verzehren. In diesem Fall ist die Proteinsynthese am höchsten und gleichzeitig die Proteindegradation genau so niedrig wie bei dem Verzehr von Casein, was insgesamt die beste Nettoproteinbilanz ergibt.

Die BCAAs und besonders L-Leucine spielen hierbei eine bedeutende Rolle. Die BCAAs werden, anders als die restlichen Aminosäuren, nicht im Verdauungstrakt degradiert und in der Leber nochmals modifiziert, sondern sie kommen direkt in den Blutpool, wo sie die Fähigkeit der sich dort befindlichen Aminosäuren die Muskelproteinsynthese zu stimulieren, erhöhen. Darüber ist L-Leucine ein Signalgeber an den Organismus, dass eine bedeutende Menge hochwertiges Protein zugeführt wurde, was die Proteinsynthese anregt (an späterer Stelle wird noch ausführlicher darauf eingegangen):

Eben gemachte Betrachtungen gelten für eine Proteinzufuhr OHNE zusätzliche Energielieferanten in Form von Kohlenhydraten und Fetten. Auch hier zeigten sich schnelle Proteine wie Whey Protein und Soja Protein Isolate dem langsameren Casein überlegen. Die zusätzlichen Energieträger hatten zwar steigernden keinen Effekt auf die Proteinsynthese (sie hängt also offensichtlich wirklich in erster Linie von der reinen Proteinqualität, d.h. dem Aminogramm des Proteins ab), aber die Proteindegradation sank bei Whey Protein durch zusätzlich verzehrte Kohlenhydrate und Fett drastisch, bei Casein jedoch nur leicht. Auch hierzu wird später im Text noch ausführlicher eingegangen.

## Proteine + Aminosäuren

Neu sind auch die Erkenntnisse wie Krafttraining (Exercise) den Reaktionsablauf (Kinetik) von schnell und langsam verdaulichem Protein sowie von freien Aminosäuren beeinflusst.

Das ideale Timing für Protein- bzw. Aminosäuresupplementierung im Bezug zum Training ist daraus ableitbar.

In den entsprechenden Studien wurde teils die Gesamtkörperproteinsynthese (WBPS) und auch direkt die Muskelproteinsynthese (MPS) beobachtet. Als Ergebnisse aus diesen Studien ist festzuhalten, dass die Gesamtkörperproteinsynthese durch das Krafttraining stimuliert wird und dieser Effekt mit zunehmender Zeitdauer nach dem Training abfällt.

Weiterhin ist zwar die Aminosäurekonzentration im Blut nach dem Verzehr oder der Infusion von Aminosäuren direkt nach dem Training oder kurze Zeit nach dem Training genau so hoch wie viele Stunden nach dem Training; aber der Zufluss des Blutes zu den Muskelzellen ist direkt und kurze Zeit nach dem Training 645 +/-5% höher als im Ruhezustand. Als Folge davon ist der Aminosäuretransport zu den Muskelzellen in der Zeit nach dem Training zwischen 30 und 100% höher als im Ruhezustand und die reine Muskelproteinsynthese ist doppelt so hoch nach dem Training wie im Ruhezustand.

Wie kritisch die Zeit nach dem Training sein dürfte, kann aus der Estmark et al Studie, die allerdings an älteren Männern, die erst mit dem Krafttraining begannen, durchgeführt wurde. Die Supplementierung von nur 10 g Protein plus 7 g Kohlenhydraten plus 3 g Fett direkt nach dem Training brachte den älteren Herren einen Zuwachs von dynamischer Kraft um 46% und von Isokinetischer Kraft um 15%, während wenn die selbe Supplementierung 2 Stunden nach dem Training verzehrt wurde nur ein Zuwachs von dynamischer Kraft und auch nur um 36% erzielt wurde.

Auch *Levenhagen et al* haben mit 10 g Protein plus 8 g Kohlenhydraten plus 3 g Fett, die sofort nach moderatem Krafttraining und alternativ 3 Stunden danach supplementiert wurden, sehr interessante Ergebnisse erzielt.

Hier war die Proteinsynthese in der vorderen Beinmuskulatur bei der frühen Supplementierung 3-mal höher als bei der späten Supplementierung. Insgesamt war auch die Gesamtkörperproteinsynthese bei der frühen Supplementierung deutlich höher als bei der späten Supplementierung. Zudem war die Blutplasmakonzentration von L-Glutamin bei der frühen Supplementierung um 19% höher als bei der späten Supplementierung. Die Glucoseaufnahme in die Muskulatur war direkt nach dem Training 3,5 mal höher als 3 Stunden nach dem Training und während der restlichen (noch späteren) Zeit, also im Ruhezustand war sie genau so hoch (bzw. niedrig) wie 3 Stunden nach dem Training. Für Kohlenhydrate scheint also die Zeit in der nach dem Training supplementiert wird, noch kritischer als für Aminosäuren.

Letzteres Ergebnis ist nicht nur für Ausdauersportler, sondern auch für Kraftsportler hochinteressant. Es ist bekannt, dass pro Gramm Glycogen zusätzlich 2,7 g Wasser in den Muskeln gespeichert werden. Weiterhin ist bekannt, dass die zelluläre Hydratation ein potenter Regulator für die Muskelproteinsynthese ist. Es ist davon auszugehen, dass auch dieser Effekt zu der oben beschriebenen besseren Muskelproteinsynthese bei der Supplementierung direkt nach dem Training beigetragen hat.

Protein und Aminosäuren vorm Training sind nach neuesten Erkenntnissen fast genau so zuträglich für den Kraftsportler als die Nachtrainingsversorgung.

Üblicherweise, d.h. wenn vor dem Training keine spezielle (Pre-) Trainingssupplementierung verzehrt wird und erst nach dem Training eine (POST-) Trainingssupplementierung stattfindet, ist während des Trainings die Nettoproteinbilanz negativ. Auch die Proteinsynthese sinkt, in Folge der durch das Training erhöhten Proteindegradation, meistens während dem Training unter Ruhezustandsniveau ab um erst nach dem Training stark über das Ruhezustandsniveau anzusteigen.

Die Ergebnisse von *Tipton et al* zeigen, dass eine geeignete (PRE-) Trainingssupplementierung vor dem Training diese Effekte nicht nur umdrehen kann, sondern einige weitere interessante Vorteile hinsichtlich des Blutzufusses zu den Muskeln mit sich bringt.

In dieser Studie wurde eine Mixtur aus 6 Gramm essentiellen freien Aminosäuren mit 35 g Zucker zum einem kurz vor dem Training (PRE) und zum anderen direkt nach dem Training (POST) supplementiert.

Der Blutzufuss zu den Beinmuskeln während dem Training stieg bei der PRE-Supplementierung um 324% und bei der POST-Supplementierung nur um 201% an. Daraus resultierte eine Zunahme der Phenylalaninezufuhr (diese Aminosäure wurde als Trigger gemessen) um 650% bei der POST- gegenüber einer Zunahme um 250% bei der POST-Supplementierung. Die Phenylalaninaufnahme der Beinmuskulatur war 160% höher bei der PRE- als bei der POST-Supplementierung. Die Proteinbilanz erhöhte sich bei der PRE-Supplementierung schon während dem Training und blieb auch nach dem Training hoch, während sie bei der POST-Supplementierung erst nach dem Training anstieg.

Die Tipton Studie wird allerdings häufig fehlinterpretiert und der Athlet bekommt empfohlen statt einer Nachtrainings-Supplementierung besser eine Supplementierung vor dem Training durchzuführen, was nicht unbedingt falsch, aber keineswegs richtig ist.

Die Meta Analyse der zu diesem Thema existierenden Studien zeigt, dass nach einem intensiven Krafttraining die Proteinsynthese (am Anfang stark, später schwächer) für 48 Stunden erhöht ist und dass dabei gleichzeitig die Proteindegradation ebenfalls erhöht ist.

Um nicht in eine negative Proteinbilanz zu geraten, müssen in dieser Zeit unbedingt Nährstoffe im Besonderen Protein zugeführt werden. Vor allem Protein und Kohlenhydrate sollten direkt und auch in den 2 Stunden nach dem Training verstärkt zugeführt werden, weil in dieser Zeit die höchste anabole Response auf diese Versorgung stattfindet. Nach dieser Zeit (die oft als das "anabole Fenster" bezeichnet wird) kann man auf eine normale Nährstoffversorgung übergehen, wobei allerdings insgesamt eine hohe Proteinversorgung zuträglich für Kraft und Muskelaufbau ist.

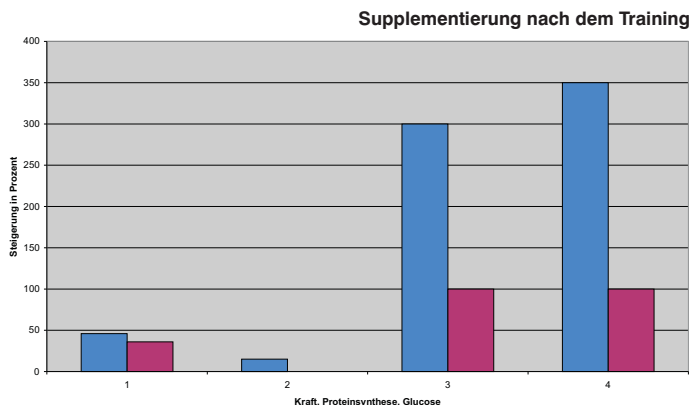
Eine PRE-Trainingssupplementierung vor dem Training ist dazu keine Alternative sondern eine Möglichkeit, die anabole Stoffwechsellage nicht erst nach dem Training herbeizuführen, sondern schon während dem Training. Es ist sogar davon auszugehen, dass für etwa 3 Stunden (meist wird übersehen, dass Tiptons Ergebnisse nur für 3 Stunden aussagekräftig sind, nämlich für die Trainingszeit und zwei Stunden nach dem Training) die Stoffwechsellage sogar stärker anabol ist, als es nach dem Training möglich wäre. Zudem ist durch eine geeignete Vortrainings-Supplementierung auch ein intensiveres Training möglich, was allerdings die Nachtrainings-Supplementierung eher noch wichtiger macht als dass es sie hin-fällig machen würde.

Säulenpaar 1 zeigt dynamischer Kraftzuwachs und isokinetischer Kraftzuwachs bei sofortiger Supplementierung nach dem Training.

Säule 2 zeigt den dynamischen Kraftzuwachs bei Supplementierung 3 Stunden nach dem Training. (keine isokinetische Steigerung)

Säulenpaar 3 zeigt die Muskelproteinsynthese bei sofortiger Supplementierung (blau) und bei Supplementierung nach 3 Stunden.

Säulenpaar 4 zeigt Glucoseaufnahme bei sofortiger Supplementierung nach dem Training (blau) und bei Supplementierung nach 3 Stunden.



## Proteine + Aminosäuren

Die Frage, wie oft, wann und welches Protein man über den Tag verteilt am besten nehmen sollte um die maximale anabole Response zu erzielen, dürfte mittlerweile auch gelöst sein.

In mehreren Studien wurde nachgewiesen, dass die außereinträge Konzentration der essentiellen Aminosäuren (EEA) die Proteinsynthese steuert. Grundsätzlich signalisiert eine niedrige EEA Konzentration dass keine Muskelprotein-synthese stattfinden soll und kann, weil eben zu wenige Aminosäuren im Organismus vorhanden sind. Eine hohe EEA Konzentration ist jedoch nicht unbedingt der Trigger für eine verstärkte Proteinkonzentration, denn bei einer durch EEA Infusion gleichmäßig hoch gehaltener EEA Konzentration steigt die Proteinsynthese am Anfang der Infusion zwar an, sinkt dann aber binnen 2 Stunden auf das Ausgangsniveau ab, obwohl die EEAs gezielt und genau definiert hoch gehalten werden.

Durch weitere Studien ist mittlerweile belegt, dass nicht die absolute Höhe der extrazellulären EEA Konzentration, sondern vielmehr Steigungen in der Konzentration die Proteinsynthese für ca. 2 Stunden anheben.

Es ist also sinnvoll für eine Mindestkonzentration von EEA zu sorgen, diese anzuheben und wieder absinken zu lassen um sie wieder und wieder anzuheben.

Wiederum sind diese Schwankungen in der EEA Konzentration weniger durch ein langsames Protein zu erreichen, als durch ein schnelles Protein oder durch freie Aminosäuren. Ein langsames Protein wie Casein könnte allenfalls zur Erhaltung der Mindestkonzentration dienen, aber das tut in der Regel auch das Protein welches man über reguläre Mahlzeiten aufnimmt.

*Paddon-Jones et al* konnten in diesem Zusammenhang mit der Supplementierung von 15 g freien EEA plus 30 g Maltodextrin zwischen den Mahlzeiten (die allerdings ausgewogen sein müssen) die Stickstoffbilanz um 25% gegenüber nur Mahlzeiten ohne Supplementierung steigern.

Diese Erkenntnisse führen auch zu einer ganz neuen Qualitätsdefinition von Proteinen. Herkömmliche Qualitätskriterien wie biologische Wertigkeit (BV); Chemical Score, Protein Efficiency Ration (PER); Protein Digestibility-Corrected Amino Acide Score (PDCAAS) sind für den Kraft- und Schnellkraftsportler eher uninteressant, es zählt hauptsächlich der, bzw. ein möglichst hoher Anteil sowie eine gute Verteilung der EEA, wobei besonders auf die BCAAs bzw. L-Leuine zu achten ist, also der essentiellen Aminosäuren im Protein und daneben das ausgewogene Vorhandensein der nichtessentiellen Aminosäuren, wobei vor allem Arginin und Glutamin wichtig ist.

Durch die Mixtur verschiedener Proteinarten und mit freien Aminosäuren oder aus Kombinationen von beidem kann man solche EEA reichen und gleichzeitig ausgewogenen idealen Wachstums-Aminosäurebilanzen Maßschneidern, wobei allerdings die nötigen Fachkenntnisse vorhanden sein müssen und auch nicht in erster Linie auf den Preis geschaut werden darf, sonst baut man Aminosäurebilanzen, die gar nichts für die Muskelproteinsynthese sondern nur mehr Protein in den Organismus bringen.

Diese neuen Erkenntnisse bringen auch die, hauptsächlich wegen des relativ hohen Preises und der Negativpropaganda interessierter Kreise, vor Jahren verschwundenen Mixturen freier EEA wieder ins Blickfeld. Diese Produkte waren bei vielen Athleten und Heilpraktikern sehr beliebt, aber sie wurden zum Teil falsch eingesetzt (Infusionen) und sie wurden auch von diversen Proteinlobbys als weniger gut für den Kraft- und Muskelaufbau als Proteine dargestellt. Die heutigen Erkenntnisse und auch die mittlerweile dramatisch gesunkenen Preise für solche Produkte werden aber in Kürze sicher ein Comeback bewirken.

Die Kombinationen von Protein und Aminosäuren mit Kohlenhydraten und/oder Fett wurde in einigen Versuchen ebenfalls näher untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass bei einer kalorienarmen Diät ein hoher Fettanteil der Nahrung sogar eine bessere Stickstoffbilanz erzielt als ein hoher Kohlenhydratanteil. Sobald allerdings von einer Karenzdiät auf eine Ernährung mit ausgeglichener Nährstoffbilanz über-

gegangen wird, spielt es keine Rolle ob mehr Kohlenhydrate oder mehr Fett darin enthalten ist, in beiden Fällen sinkt die Proteindegradation gleich ab, während sich bei der Proteinsynthese weder bei Fett noch Kohlenhydraten nennenswerte Änderungen zeigen.

Dennoch ist zu beachten, dass Kohlenhydrate bezüglich hochintensiven Trainings deutlich wichtiger als Fett sind. *Jacobs et al* konnten nachweisen, dass ein Glycogenmangel sowohl in "slow" – als auch in "fast contracting" Muskelzellen nicht nur eine muskulären Ermüdung nach sich ziehen, sondern auch die Intensität der dynamischen Muskelkontraktionen herabsetzt (als Kraft- und Schnellkraftverlust bedeutet). Dies ist durchaus ernst zu nehmen, denn langfristig nur submaximale Trainingsintensität durch zu geringen Kohlenhydratverzehr kann zu bei austrainierten Athleten zu Muskelmasseverlust, und bei Anfängern zumindest zu mangelndem Muskel- und Kraftaufbau führen.

*Koopman et al* beobachteten den Effekt von Kohlenhydraten (0,3 g per kg Körpergewicht pro Stunde); Kohlenhydraten plus schnellem Protein (0,2 g per kg Körpergewicht pro Stunde) und Kohlenhydraten plus schnellem Protein plus L-Leucine (0,1 g per kg Körpergewicht pro Stunde) auf die Gesamtkörper-Netto-Proteinbilanz, Plasmainsulin, Proteinsynthese und die Aminosäureoxidation bzw. Proteindegradation.

Bei der reinen Kohlenhydratzufuhr war die Nettoproteinbilanz negativ, Aminosäureoxidation bzw. Proteindegradation war entsprechend hoch, Proteinsynthese gleich 0 und das Plasmainsulin normal. Bei der Kohlenhydrat- plus Proteinzufuhr war die Nettoproteinbilanz positiv, die Aminosäureoxidation/Proteindegradation gering, die Proteinsynthese positiv und das Plasmainsulin signifikant höher als bei der reinen Kohlenhydratzufuhr (obwohl deutlich weniger Kohlenhydrate verzehrt wurden).

Die Kohlenhydrat- plus schnelles Protein- plus L-Leucine-Zufuhr hatte in allen Werten die deutlich besten Ergebnisse OBWOHL hier nur 0,1 g, statt bei den anderen 0,2 und 0,3 g pro kg Körpergewicht pro Stunde supplementiert wurde.

Diese Studie bestätigt andere Arbeiten, bei denen der super-signifikante Effekt von Leucine auf Insulinsekretion, Proteinbilanz und Proteinsynthese bei geringer Proteinoxidation schon früher manifestiert wurde.

Obwohl eine neuere (allerdings etwas unglückliche geplante Studie) von *Biolio et al* die Frage ob hohe Insulinwerte Protein bzw. Aminosäuren ähnlich wie z.B. Kohlenhydrate und Creatine verstärkt im Organismus einlagert, nicht unbedingt mit ja beantwortet, ist diese Frage auf Grund mehrere anderer grundsätzlich Studien zu bejahen.

*Biolio et al* fanden das Insulin im Ruhezustand die Proteinsynthese verbessert, dies jedoch nicht in einer gewissen Zeit nach dem Training tun kann. Allerdings wurde in der Studie versäumt, den Probanden im Training oder wenigstens kurz danach ein Aminosäure- bzw. ein entsprechendes Proteinpräparat zu geben, so dass aller Wahrscheinlichkeit nach der Aminosäurepool zu gering belegt war und ganz einfache keine Aminosäuren von der insulogenen Zelltransportwirkung profitierten. *Hiller et al* fanden z.B., dass eine Hyperinsulemia (also hohe Insulinkonzentration im Plasma) bei entsprechend hohem Vorkommen von Aminosäuren im Organismus die Proteinsynthese "greatly" verbesserte.

*Ivy et al* konnten nachweisen, dass die Kombination von Kohlenhydraten mit Protein die endogene Insulinsekretion deutlich stärker erhöhen als Protein oder Kohlenhydrate alleine.

Dieser insulogene Effekt verdient im Bezug die von Athleten gewünschte höhere Proteinanlagerung in Form von Muskelmasse genau die gleiche besondere Beachtung wie sie bei Creatine und Kohlenhydraten hat.

Die Protein- bzw. Aminosäurezufuhr durch normale Nahrung wurde mit der durch Supplements verglichen.

*Paddon-Jones et al* verglichen in der schon oben erwähnten Studie auch ein Supplement aus 30 g Maltodextrin plus 15 g essentiellen freien Aminosäuren (EEA) was 180 kcal ergibt mit einer Mahlzeit die ebenfalls 15 g EEAs plus nichtessentielle Aminosäuren (NEEA) bei 850 kcal hinsichtlich der anabolen

## Proteine + Aminosäuren

Response des Organismus. Dabei erwies sich das Supplement überdeutlich effektiver als die Mahlzeit. Die Forscher vermuten, dass einige den Lebensmitteln innewohnenden Substrate die anabole Response der EAAs reduzieren. Logischerweise dürfte das vor allem mit der langsameren Absorption der EEA aus Lebensmitteln zusammenhängen, wobei u.a. die langsame Übergabe der EAAs an den Blutpool bewirken könnte, dass sie vom Darm, Leber etc. in höherem Maße aufgenommen werden und weniger für das Peripherale Muskelgewebe übrig bleibt. Jedenfalls scheinen die schnell absorbierbaren freien EEA vermehrt im extrazellulären Muskelgewebe aufzutauen und dort entsprechend die Proteinsynthese anzukurbeln.

Herauszustellen ist bei der Studie auch der Kalorienaspekt. Offensichtlich kann ein Supplement die Proteinanlagerung in Form von Muskelprotein signifikant steigern ohne eine all zu hohe Kalorienzufuhr nach sich zu ziehen.

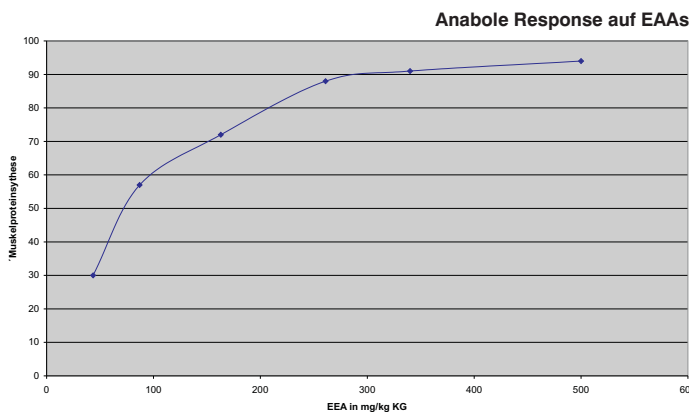
Ein weiterer Vorteil von Supplements ist die Möglichkeit des Herstellers – vorausgesetzt er verfügt über das notwendige Know How – die Proteinfraktionen, die Molekulargewichte der Fraktionen und die Aminosäurezusammensetzung der Produkte zu kontrollieren. Solche Fraktionen können aus verschiedenen Proteinen, sie können aus Peptiden oder freien Aminosäuren bestehen. Zusätzlich können Zusätze wie Beta Ecdysteron, 3-O-Methyl-D-Chiro-Inositol, Enzyme und andere Substrate in das Produkt eingebaut werden, welche die anabole Response des Proteins noch mal verbessern.

Will ein Hersteller ein gutes Produkt machen (was leider meistens nicht der Fall ist, denn oft ist ein billiges Produkt, welches für den Laien gut aussieht, also Hydrolysat, Peptide, Isolate etc. auf dem Etikett stehen hat, obwohl nur eine verschwindend geringe Menge davon im Produkt ist, das Ziel der Bemühungen) dann stehen ihm eine Vielzahl von technologischen Möglichkeiten zur Verfügung.

Anfangen von der geeigneten Auswahl von Proteinen, über Hydrolysate, Proteinfraktionen, maßgeschneiderte Peptide und oben erwähnte Zutaten, können die Aminosäurebilanz und das Molekulargewicht (das ausschlaggebend für die Schnelligkeit der Protein- bzw. Aminosäureabsorption ist) zu beeinflusst werden, so dass mit dem Produkt eine möglichst hohe anabole Response zu erzielen.

Der Effekt der Protein- bzw. Aminosäuremenge pro Zufuhr auf die Proteinsynthese wurde untersucht.

Wie schon oben beschrieben zeigen mehrere Studien, dass die Muskelproteinsynthese durch eine Erhöhung der essentiellen Aminosäuren (EEA) stimuliert wird. Die Studienlage zeigt, dass die anabole Response auf die zugeführte EEA-Menge logarithmisch verläuft. Sechs Gramm EAAs bringen bei einem 70 kg schweren Mann noch den doppelten Effekt wie 3 Gramm, aber bei höheren EEA-Mengen nimmt dann die Effektivität ab.



Die Tabelle zeigt dass bei einer EAA-INFUSION von 100 mg pro kg Körpergewicht, was 10 Gramm EAAs bei einem 100 kg schweren Athleten entspricht die Nutzeffizienz der EAAs knickt.

Spätestens ab 300 mg pro kg Körpergewicht, was bei einem 100 kg Athleten 30 g bedeuten würde, wird eine höhere Infusionsmenge von EAAs völlig unwirtschaftlich.

Diese Infusions-Studie von *Bornsheim et al* muss zumindest mit Studien von *Tipton et al* und *Dangin et al* quer verglichen werden um zu realistischen Schlussfolgerungen bei oral verzehrten EAAs zu kommen. Bei oral verzehrten EAAs werden je nach Darreichungsform (freie Form, Peptideform, Proteinform, langsames oder schnelles Protein) zwischen 20 und 90% der EAAs von Darm und Leber aufgenommen und nur der Rest gelangt ins peripherale Muskelgewebe.

Tipton und seine Kollegen stellten fest, dass 40 g oral verzehrte EAAs keinen stärkere anabole Response als 20 g EAAs plus 20 g NEEAs hatten, wobei in dieser Studie allerdings die Aminosäuren in zahlreichen kleinen Mahlzeiten eingenommen wurde, was in Anbetracht der neuesten Erkenntnisse über die anabole Response als Folge von EEA-Steigerungen im extrazellulären Gewebe, nicht die optimale Darreichungsform war.

Dangin und seine Kollegen verglichen 22 g Whey Protein mit 33 g Casein und 33 g Whey Protein bezüglich der Gesamtkörperproteinbilanz. Dabei zeigte sich die besten Resultate bei 33 g Whey Protein, wobei allerdings dies für 70 kg schwere Männer zutrif, während ein 100 kg schwerer Athlet entsprechend schon um die 50 g Whey Protein braucht.

Die in diesem Bereich gemachten Studien reichen nicht aus, um die Frage nach der idealen Protein- bzw. EEA-Menge mit Sicherheit zu beantworten.

Dabei ist noch völlig ungeklärt, in wie weit ergogene Substanzen wie Beta Ecdysteron, Creatine, 3-O-Methyl-D-Chiro-Inositol, Enzyme und sogar wie die häufige Gabe von EAAs und insbesondere Leucine zur Steigerung der Muskelproteinsynthese den Bedarf an Protein bzw. Aminosäuren erhöhen. Allerdings dürfte bei Gebe von EAAs kein Problem mit Gesamtproteinversorgung bestehen, das diese ja selbst Stickstoff liefern.

Zusammenfassender Verzehrsvorschlag zu Protein und Aminosäuren für Athleten gegeben von Peak Performance Products S.A unter Vorbehalt auf Berichtigung im Laufe des Jahres 2007 (nach dem Eingang neuer Studien aus USA und dem Abschluss einer eigenen Studie im Juni 2007).

1. Der Athlet sollte mindestens 2 g Protein pro kg Körpergewicht pro Tag zu sich nehmen.
2. Bei gezielter Anregung der Muskelproteinsynthese mit Ergogenics, EAAs, BCAAs, Leucine, Beta Ecdysteron, 3-O-Methyl-D-Chiro-Inositol, Enzymen, Insulinmodulatoren etc. empfehlen wir den oben genannten 2 g Wert auf 3,5 g zu erhöhen, wobei freie Aminosäuren als Protein gerechnet werden können.
3. Dabei sollte 1 g Protein pro kg Körpergewicht pro Tag konstant zur so verzehrt werden, dass es möglichst gleichmäßig eine positive Stickstoffbilanz erhält, also in Form von Protein aus normalen Mahlzeiten und/oder Proteinsupplements die langsam und lang anhaltend bzw. timereleased ihre Aminosäuren an den Blutpool abgeben und...
4. Vor, während, direkt nach und in dem Zeitraum von 2 Stunden nach dem Training sollten 0,8 bis 1 Gramm schnelles Protein (Whey Protein oder Whey-Soja Protein) und/oder freie essentielle Aminosäuren (EAAs) mit hohem BCCA und besonders hohem L-Leucineanteil zusammen mit etwa der gleichen Menge schnellen Kohlenhydraten (Maltodextrin) verzehrt werden, und...
5. Morgens, direkt nach dem Aufstehen, sollte 0,5 g schnelles Protein und/oder freie EAAs mit derselben Menge schneller Kohlenhydrate (genau wie in der Vor- und Nachtrainingszeit) verzehrt werden und...
6. Zwischen den 3 üblichen Mahlzeiten (die proteinreich sein sollen, da sie ja hauptsächlich die in Punkt 3 beschriebenen Aminosäure Langzeitversorgung sichern sollen) empfehlen wir je eine Supplementierung von 0,3 bis 0,5 g (je nachdem wie hoch der L-Leucine Anteil ist) schnellem Protein und oder freien EAAs pro kg Körpergewicht:
7. Der Fett- und Kohlenhydratverzehr sollte so ausfallen, das mindestens 60 g gutes Fett mit Omega 3 Fettsäuren pro Tag

## Proteine + Aminosäuren

verzehrt werden, während die Kohlenhydratmenge so gewählt werden sollte, dass sie möglichst hoch ist, so dass aber noch keine Körperfett aus den überschüssigen Kohlenhydraten gebildet werden kann.

8. Auf eine adäquate Versorgung mit Mikronährstoffen ist, ungeachtet der Tatsache, dass sie in Proteinkonzentraten, Aminosäurekonzentraten und normalen Lebensmitteln enthalten sind, zu achten.
9. Bei dem hohen Proteinverzehr muss unbedingt ausreichend Wasser getrunken werden. Für Athleten deren Nieren nicht (kern-)gesund sind, empfehlen wir auf keinen Fall hohe Mengen an Protein zu verzehren, in diesem Fall kann man über hohe EEA- und BCAA-Supplementierung bei relativ geringen Proteinverzehrmengen gute Resultate bezüglich der Muskelproteinsynthese erreichen.

Mit einer Aussage, ob eine Proteinmahlzeit oder eine Protein/Aminosäuresupplementierung am späten Abend vor dem zu Bett gehen, sinnvoll ist, möchten wir uns noch zurückhalten, da widersprüchliche Erfahrungen vorliegen. Der engagierte Athlet sei an dieser Stelle aufgefordert, diesbezüglich selbst zu testen, ob eine spezielle Nachtversorgung für ihn hilfreich ist. Wir würden uns freuen, wenn wir entsprechende Erfahrungen zur Vervollständigung unsere Statistiken mitgeteilt bekommen.

Aufgrund der am Ende aufgeführten Studien, welche auch die Grundlage zu diesem Artikel sind, haben wir zusätzlich zu den früheren 7 Proteinvarianten noch 5 weitere Varianten mit hohem EEA, BCAA und Leucineanteil sowie Ergogenics entwickelt. Diese Proteine haben eine Zusammensetzung, die nach dem derzeitigen sicheren Stand der Wissenschaft, als ideal gelten kann. Ab Februar 2007 wurde auf Basis dieser Proteine in Kombination mit dem BCAA Produkt "Amino Anabol" und mehreren neu entwickelten EEA-Kombinationen, sowie einem Leucinesupplement in einem Feldversuch ermittelt, ob sich die o.g. neuen Proteine durch Änderungen im Aminogramm nochmals optimieren lassen.

Bevor die endgültigen Resultate dieser Versuche vorhanden sind, gehen wir davon aus, dass die o.g. neuen Proteine das derzeitige Non-Plus-Ultra im Proteinbereich sind.

### Optimale Hilfsbaustoffe

Die Bedeutung der Hilfsstoffe wird allgemein extrem unterschätzt. Man muss sich ganz klar machen, dass die Aminosäuren in den Ribosomen nicht zu Körperproteinen zusammengesetzt werden können, wenn die Hilfsstoffe fehlen. Die unten beschriebenen Substanzen sollten daher möglichst zusammen mit jeder Proteinmahlzeit zugeführt werden.

Nahezu alle klassischen Mikronährstoffe, also Vitamine (vor allem Vitamin B-Komplex), Mineralien, Spurenelemente werden als Hilfsstoffe bzw. Reglerstoffe für die Proteinsynthese benötigt. Kohlenhydrate und Fette liefern zwar in erster Linie die Energie bzw. den Brennstoff für unsere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, aber zusätzlich sind auch sie für die Proteinsynthese und damit den Aufbau aller Körperzellen notwendig. Die Ribosomen brauchen als Zellaufbaufabriken (genau wie jede Fabrik in der Industrie) Energie aus den eben genannten Energielieferanten, um aus den Rohstoffen (verzehrt Protein und Aminosäuren) die gewünschten Fertigprodukte (Gewebsproteine, Muskeln, Zellen, Steuerungsproteine wie Enzyme und Hormone etc.) herzustellen. Nur wenn über diese beiden Nährstoffe genug Energie geliefert wird, ist sichergestellt, dass verzehrtes Protein bzw. dessen Aminosäuren nicht als Brennstoff für allgemeine Körpervorgänge zweckentfremdet, sondern wirklich als Zellaufbaustoff benutzt werden. Natürlich muss die Energie zusammen mit dem zu verarbeitenden Rohmaterial zugeführt werden, d.h. gemeinsam mit Proteinen und Aminosäuren sollten vor allem so viele Kohlenhydrate zugeführt werden, dass die Ribosomen genug Energie für ihre Aufbauarbeit haben.

So wichtig die Kohlenhydrate und Fette auch für die optimale Aufbaufunktion des Organismus sind, sollten sie jedoch nicht in zu großer Menge zugeführt werden, da überschüssige Energie als unerwünschtes Fettgewebe am Körper gespeichert wird.

### Optimale Proteinversorgung in der täglichen Praxis

#### Regel 1:

Die Basis ist eine ABWECHSLUNGSREICHE, AUSGEWOGENE und VOLLWERTIGE Ernährung aus Getreideprodukten, Gemüse, Obst, Milch- und Milcherzeugnissen, magerem Fleisch und Fisch. Eine solche Ernährung liefert ganz natürlich hochwertiges Protein mit den notwendigen Hilfsbaustoffen und Energielieferanten. Für den Normalbürger, der keine außergewöhnlichen Ansprüche an sein Aussehen, seine Gesundheit und Vitalität stellt, dürfte diese Ernährung ideal sein.

#### Regel 2:

Wenn Ihr Aussehen, Figur, Muskulatur, Gesundheit, Leistungsfähigkeit, Vitalität usw. zu wünschen übrig lässt, oder wenn Sie alt oder sogar älter aussehen als Sie wirklich sind, dann sollten Sie zusätzlich zu einer guten Ernährung zu Proteinkonzentraten greifen.

#### Regel 3:

Wenn Sie verstärkt Körperproteine (Muskulatur, Gewebe, Enzyme, Hormone etc.) aufbauen wollen, sollten Sie sich gemäß Regel 2 verhalten und zusätzlich ein körperliches Training in Verbindung mit geeigneten "Sport-Supplements" anfangen (im folgenden Literaturverzeichnis finden Sie Literatur mit entsprechenden Ratschlägen).

### Soja-Whey-Protein ist beim Muskelaufbau reinem Whey-Protein überlegen.

*D. Kalman et. al*, zeigen im J. of the Int. Soc. of Sports Nutrition, Juli 2007, dass im Bezug auf den Aufbau von "lean body mass" (fettfreier Muskelmasse) kein Unterschied zwischen Soja-Protein und Whey-Protein oder Mischungen aus beiden Proteinarten besteht. Eine Soja-Whey-Proteinmischung ist den Einzelproteinen hinsichtlich des Estradiol-/Testosteron-Ratios überlegen...

Weiter...

Diese Studie belegt, das Ernährungswissenschaftler wie z.B. Prof. Tsvetkov, Sofia u. a. welche nicht von der Whey-Lobby beeinflusst sind und sich schon seit Jahren für den verstärkten Gebrauch von Soja-Protein in der Sporternährung aussprechen, richtig liegen. Soja-Protein ist für die meisten Athleten mindestens genau so gut wie Whey-Protein oder generell Milchprotein für den Muskelaufbau. Ideal ist aber eine Mischernährung aus Soja-Protein und Whey-Protein bzw. Milchprotein, denn sie verbindet die Vorteile beider Proteinarten (was sich u.a. in dem Estradiol-/Testosteronspiegel, welcher bei einer Soja-Whey-Proteinmischung besser als bei Whey-Protein oder Soja-Protein alleine ist, zeigt).

Das Ergebnis der Studie besagt, dass Soja-Protein, Whey-Protein und eine Mischung aus beiden Proteinen für den Muskelaufbau gleich gut sind. Die Probanden der Studie hatten unter den gleichen Standardbedingungen nach 12 Wochen mit allen drei Proteinsorten 0,9 kg mehr fettfreie Muskelmasse aufgebaut. Bei den Hormonwerten wurden bei Testosteron und freiem Testosteron keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt, während bei der Whey-Protein-Gruppe Estradiol am weitesten absank, dafür aber bei der Soja-Whey-Protein-Gruppe der Estradiol-/Testosteron-Ratio (der Unterschied zwischen beiden Hormonen) am höchsten war.

Folglich hat eine Soja-Whey-Proteinmischung die Eigenschaft Estradiol abzusenken (zwar nicht so stark wie Whey-Protein alleine) und gleichzeitig Testosteron hoch zu halten bzw. hoch zu treiben, wobei diese letztere Eigenschaft beim Soja-Whey-Protein stärker ausgeprägt ist, als bei Whey-Protein alleine.

Die Taktik der Whey-Industrie, ihre Produkte als für den Muskelaufbau anderen Proteinen überlegen erscheinen zu lassen und dementsprechend jetzt, wo die meisten Sportler an dieses Märchen glauben, die Preise für Whey dramatisch hochzutreiben, dürfte durch diese neue Studie einen herben Rückschlag erhalten haben.

## Proteine + Aminosäuren · Lern-Kontrollfragen

1. Woraus bestehen Proteine?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Wofür braucht der Körper Proteine?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Was brauchen die Ribosomen, um optimal funktionieren zu können?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Was macht die Qualität eines Proteins aus?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Welche Proteinmenge täglich würden Sie einem Kraftsportler mit einem Körpergewicht von 103 kg empfehlen?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. In welchem Zeitabstand und in welcher Menge sollte ein Sportler seine Proteinportionen täglich ca. zu sich nehmen?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Was ist die Bedeutung von Hilfsbaustoffen im Zusammenhang mit einer Proteinsupplementierung?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
8. Welche Proteinsorten werden im Allgemeinen für die Herstellung von Proteinsupplementen verwandt?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
9. Welche Mischung aus verschiedenen Proteinfractionen ist nach dem neuesten Stand der Sporternährungswissenschaft am effektivsten für den Muskelaufbau?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
10. Was sind EAAs und wofür werden sie benötigt?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
11. Was ist der Unterschied zwischen essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Proteine + Aminosäuren • Literaturquellen / Referenzen

1. Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci*. 2004; 22(1):65-79.
2. Esmark, J. L., Andersen, S., Olsen, E. A., Richter, M., Mizuno, and M. Kjaer. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *Physiol (Lond)* 2001, 535:301-311.
3. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, et al. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001, 280:E982-E993.
4. Rennie MJ. Granddaddy, it ain't what you eat, it depends when you eat it—that's how muscles grow! *J Physiol*. 2001, 535(Pt 1):2-2.
5. Layman DK, Baum JI. Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *J Nutr*. 2002, 132:32285-335.
6. Dangin M, Boirie Y, Guillet C, Beaufrere B. Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *J Nutr*. 2002, 132:32285-335.
7. Phillips SM, Hartman JW, Wilkinson SB. Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr*. 2005, 24:1345-1395.
8. Rand, W. M., Pellett, P. L., & Young, V.R. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr*. 2003, 77:109-127.
9. Brody T. *Nutritional Biochemistry*. 2nd ed. San Diego: Academic Press; 1999
10. Tome D, Bos C. Dietary protein and nitrogen utilization. *J Nutr*. 2000, 130:18685-18735
11. Always SE, Grumbt WH, Stray-Gundersen J, Gonyea WJ. *J Appl Physiol*. 1992, 72:1512-21.
12. McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. *Sports and exercise nutrition*. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams, & Wilkins Publishing Co; 1999.
13. Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Chesley A, Phillips S, Schwarz HP. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol*. 1992, 73:1986-95.
14. Lemon PW, Proctor DN. Protein intake and athletic performance. *Sports Med*. 1991, 12:313-25.
15. Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol*. 1988, 64:187-93.
16. Hegsted DM. Assessment of nitrogen requirements. *Am J Clin Nutr*. 1978, 31:1669-77.
17. Waterlow JC. The mysteries of nitrogen balance. *Nutr Res* 1999, 12:25-54.
18. Wolfe, R.R. Protein supplements and exercise. *Am J Clin Nutr*. 2000, 72 (Suppl):551S-75S.
19. Tome D, Bos C. Dietary protein and nitrogen utilization. *J Nutr*. 2000, 130:18685-735.
20. Wolfe RR, Wolfe MH, Nadel ER, Shaw JH. Isotopic determination of amino acid-urea interactions in exercise in humans. *J Appl Physiol*. 1984; 56:221-9.
21. Carraro F, Hartl WH, Stuart CA, Layman DK, et al. Whole body and plasma protein synthesis in exercise and recovery in human subjects. *Am J Physiol*. 1990, 258(5 Pt 1):E821-31.
22. Carraro F, Kimbrough TD, Wolfe RR. Urea kinetics in humans at two levels of exercise intensity. *J Appl Physiol*. 1993, 75:1180-5.
23. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr*. 2000, 19(Suppl):513S-521S.
24. Lemon PW. Protein requirements of strength athletes. In *Sports Supplements*. Edited by Antonio, J., Stout, J. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams, & Wilkins Publishing Co.
25. Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., et al. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci USA* 1997, 94:14930-14935
26. Dangin M, Boirie Y, Garcia-Rodenas C, Gachon P, et al. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol*. 2001, 280:E340-E348.
27. Lemon PW, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J Appl Physiol* 1992, 73:767-775.
28. Falvo, M. J., Hoffman, J. R., Rataness, N. A., Kang, J. et al. Effect Of Protein Supplementation On Strength, Power And Body Composition Changes In Experienced Resistance Trained Men. *Med Sci Sports Exercise* 2005, Suppl 37:545
29. Vukovich, MD.; Tausz, SM.; Ballard, TL.; Stevermer, CL.; et al. Effect of Protein Supplementation During a 6-month Strength and Conditioning Program on Muscular Strength. *Med Sci Sports Exercise* 2004, Suppl 36:5193.
30. Burke DG, Chilibeck PD, Davidson KS, Candow DG, Farthing J, Smith-Palmer T. The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001 11(3):349-64.
31. Batheja, and Stout Food: The Ultimate Drug. In *Sports Supplements*. Edited by Antonio, J., Stout, J. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams, & Wilkins Publishing Co.; 2001: 18-42.
32. Kreider, R. Effects of protein and amino acid supplementation on athletic performance. *Sports Science* 1999, 3: sportsjournal/9901/rbk.html
33. Phillips SM. Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*. 2004 Jul-Aug; 20(7-8):689-95. Review.
34. Millward DJ. Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy. *Nutr*. 2004, 134(Suppl):1588S-1596S.
35. Munro, H. N. Carbohydrate and fat as factors in protein utilization and metabolism. *Physiol. Rev*. 1951, 31:449-488.
36. Consolazio, C.F., H. L. Johnson, R.A., Nelson, J.G. Dramise, et al. Protein metabolism during intensive physical training in the young adult. *Am J Clin Nutr*. 1975, 28:29-35.
37. Ingwall JS. Creatine and the control of muscle-specific protein synthesis in cardiac and skeletal muscle. *Circ Res*. 1976, 38(Suppl 1):115-23.
38. Millar, I.D. Mammary protein synthesis is acutely regulated by the cellular hydration state. *Biochem. Biophys. Res Commun*. 1997, 230:351-355.
39. Waldegger, S. Effect of cellular hydration on protein metabolism. *Miner. Electrolyte Metab*. 1997, 23:201-205.
40. Wolfe RR. Regulation of muscle protein by amino acids. *J Nutr*. 2002, 132:3219S-24S.
41. Hakkinen, K., and M. Kallinen. Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes. *Electromyography Clin Neurophysiol*. 1994, 34:117-124.
42. Wilson, JM, G.W. Wilson Specificity Part VI: The effect of Practice Distribution & Contextual Interference on Performance & Learning. *Journal of Hyperplasia Research*. 2005, 5: <http://www.abcbodybuilding.com/taper2.php>
43. Wilson, JM, G.W. Tapering Part 2 - Manipulation of Load for Peak Performance. *Journal of Hyperplasia Research*. 2005, 5: <http://www.abcbodybuilding.com/taper2.php>
44. Dangin, M., Y. Boirie, C. Garcia-Rodenas, P. Gachon, J. Fauquant, P. Callier, O. Bellevre, and B. Beaufrere. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001, 280:E340-E348.
45. Bohe J, Low A, Wolfe RR, and Rennie MJ. Human muscle protein synthesis is modulated by extracellular, not intramuscular amino acid availability: a dose-response study. *J Physiol* 2003, 552:315-324.
46. Layman DK, and Baum JI. Dietary Protein Impact on Glycemic Control during Weight Loss. *The American Society for Nutritional Sciences J Nutr*. 2004, 134:968S-973S
47. Daniel, H., Vohwinkel, M., & Rehner, G. Effect of casein and  $\beta$ -casomorphins on gastrointestinal motility in rats. *J Nutr*. 1990, 120:252-257.
48. Fouillet H, Mariotti F, Gaudichon C, Bos C, Tome D. Peripheral and splanchnic metabolism of dietary nitrogen are differently affected by the protein source in humans as assessed by compartmental modeling. *J Nutr* 2002, 132:125-33
49. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004, 36:2073-81.
50. Nair KS, Halliday D & Griggs RC. Leucine incorporation into mixed skeletal muscle protein in humans. *Am J Physiol* 1988, 254, E208-213
51. Daenzer, M., Petzke, K. J., Bequette, B. J. & Metges, C. C. Whole-body nitrogen and splanchnic amino acid metabolism differs in rats fed mixed diets containing casein or its corresponding amino acid mixture. *J Nutr*. 2001, 131:1965-1972
52. De Feo P, Volpi E, Lucidi P, Cruciani G, Reboldi G, Siepi D, Mannarino E, Santeusano F, Brunetti P, and Bolli GB. Physiological increments in plasma insulin concentrations have selective and different effects on synthesis of hepatic proteins in normal humans. *Diabetes* 42:995-1002, 1993.
53. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, et al. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*. 1997, 273:E99-107.
54. Biolo G, Tipton KD, Klein S, Wolfe RR. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol*. 1997, 273:E122-9.
55. Di Pietro L, Dziura J, Yeckel CW, Neuffer PD. Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol*. 2006, 100:142-9.
56. Poehlman ET, Dvorak RV, DeNino WF, Brochu M, et al. Effects of resistance training and endurance training on insulin sensitivity in non-obese, young women: a controlled randomized trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2000, 85:2463-2468.
57. Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, Wolf SE, Wolfe RR. An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Appl Physiol*. 2000, 88(2):386-92.
58. Wilson, G.J. Glutamine—The Conditionally Essential Amino Acid. *The Journal of Hyperplasia Research* 2003, 4: <http://www.abcbodybuilding.com/glutamine.php>
59. Knowlden, A.P. A Scientific Investigation into the Rationality of Post Workout Carbohydrate Consumption. *The Journal of Hyperplasia Research* 2003, 4: <http://www.abcbodybuilding.com/scientific.php>
60. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrin BE, and Wolfe RR. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001, 281: E197-E206.
61. Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolfe RR: Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003, 35:449-455. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 3(1):7-27. 2006. ([www.theissn.org](http://www.theissn.org)) 26
62. Borsheim E, Tipton KD, Wolf SE, Wolfe RR. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002, 283:E648-57.
63. Bohe J, Low JF, Wolfe RR, Rennie MJ. Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids. *J Physiol*. 2001, 15:532:575-9.
64. Paddon-Jones D, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR, Ferrando AA. Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005, 288(4):E761-7.
65. Ha E, Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *J Nutr Biochem*. 2003, 14:251-8.
66. Gertjan Schaafsma The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score J Nutr., 2000 130: 1865S-1867S.
67. Reeds P, Schaafsma G, Tome D, Young V. Criteria and significance of dietary protein sources in humans. Summary of the workshop with recommendations. *J Nutr*. 2000, 130:1874S-6S.
68. Block RJ, Mitchell HH. The correlation of the amino-acid composition of protein with their nutritive value. *Nutr. Abstr. Rev*. 1946; 16:429-278.
69. Munaver SM, Harper AE. Amino acid balance and imbalance. II. Dietary level of protein and lysine requirement. *J Nutr*. 1959 Sep; 69:58-64.
70. Mitchell GV, Jenkins MY, Grundel E. Protein efficiency ratios and net protein ratios of selected protein foods. *Plant Foods Hum Nutr*. 1989; 39:53-8.
71. Chiang AN, Huang PC. Excess energy and nitrogen balance at protein intakes above the requirement level in young men. *Am J Clin Nutr*. 1988, 48:1015-22.
72. Campbell WW, Barton ML Jr, Cyr-Campbell D, Davey SL, et al. Effects of an omnivorous diet compared with a lactoovo vegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *Am J Clin Nutr*. 1999, 70:1032-9.
73. De Feo, P., Horber, F. F. & Haymond, M. W. Meal stimulation of albumin synthesis: a significant contributor to whole body protein synthesis in humans. *Am J Physiol*. 1992, 263:E794-E799
74. Stoll, B., Burrell, D. G., Henry, J., Yu, H., Jahoor, F. & Reeds, P. J. Dietary amino acids are the preferential source of hepatic protein synthesis in piglets. *J Nutr*. 1998, 128:1517-1524
75. Scornik, O. A., Howell, S. K. & Botbol, E. Protein depletion and replenishment in mice: different roles of muscle and liver. *Am J Physiol*. 1997, 273:E1158-E1167.
76. Lecavalier L, De Feo P, Haymond MW. Isolated hypoalbuminemia impairs whole body but not hepatic protein synthesis in humans. *Am J Physiol*. 1991, 261:E578-86.
77. Bos C, Metges CC, Gaudichon C, Petzke KJ, et al. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr*. 2003, 133:1308-15.
78. Martinez, J. A., Goena, M., Santidrian, S. & Larralde, J. Response of muscle, liver and whole-body protein turnover to two different sources of protein in growing rats. *Ann Nutr Metab*. 1987, 31:146-153
79. Biolo G, Tessari P. Splanchnic versus whole-body production of alpha-ketoglutarate from leucine in the fed state. *Metabolism*. 1997, 46:164-7.
80. Millward, DJ, and Rivers JP. The nutritional role of indispensable amino acids and the metabolic basis for their requirements. *Eur J Clin Nutr* 1988, 42:367-393
81. Wolfe RR, & Miller SL. Amino acid availability controls muscle protein metabolism. *Diabetes Nutr Metab* 1999, 12, 322-328
82. Tipton, KD, Gurkin BE, Matin S, and Wolfe RR. Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *J Nutr Biochem* 1999, 10:89-95.
83. Volpi E, Sheffield-Moore M, Rasmussen BB, and Wolfe RR. Basal muscle amino acid kinetics and protein synthesis in healthy young and older men. *JAMA* 2001, 286:1206-1212.
84. McCargar, L. J., Clandinin, M. T., Belcastro, A. N. & Walker, K. Dietary carbohydrate-to-fat ratio: influence on whole-body nitrogen retention, substrate utilization, and hormone response in healthy male subjects. *Am J Clin Nutr*. 1989, 49:1169-1178.
85. Jacobs, L., P. Kaiser, and P. Tesch. Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers. *Eur J Appl Physiol*. 1981, 46:47-53.
86. Hickson RC, Rosenkoeffer MA. Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1981, 13:13-16.
87. Hickson RC, Kanakis C Jr, Davis JR, Moore AM, Rich S. Reduced training duration effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth. *J Appl Physiol*. 1982, 53:225-229.
88. Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM, Rich S. Reduced training intensities and loss of aerobic power. *J Appl Physiol*. 1985, 58:492-9.
89. Shepley B, MacDougall JD, Cipriano N, Sutton JR, Tarnopolsky MA, Coates G. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J Appl Physiol*. 1992, 72:706-11. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 3(1):7-27. 2006. ([www.theissn.org](http://www.theissn.org)) 27
90. Koopman R, Wagenmakers AJ, Manders RJ, Zorenc AH et al. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005, 288:E645-53.
91. Crozier, J. Scot R. Kimball, Sans W. Emmert, Joshua C. Anthony, and Leonard S. Jefferson Oral Leucine Administration Stimulates Protein Synthesis in Rat Skeletal Muscle. *J Nutr*. 2005 135:376-382.
92. Garlick J. The Role of Leucine in the Regulation of Protein Metabolism. *J Nutr*. 2005, 135:1553S-1556S.
93. Biolo, G., Williams, B. D., Fleming, R. Y. & Wolfe, R. R. Insulin action on muscle protein kinetics and amino acid transport during recovery after resistance exercise. *Diabetes* 1999, 48:949-957
94. Airhart J, Arnold JA, Stirewalt WS, Low RB. Insulin stimulation of protein synthesis in cultured skeletal and cardiac muscle cells. *Am J Physiol*. 1982, 243(1):C81-C86.
95. Manchester KL, Young FG. The effect of insulin on incorporation of amino acids into protein of normal rat diaphragm in vitro. *Biochem J*. 1958, 70:353-358.
96. Jefferson LS, Koehler JO, Morgan HE. Effect of Insulin on Protein Synthesis in Skeletal Muscle of an Isolated Perfused Preparation of Rat Hemiscorpus. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1972 69:816-820.
97. Hillier T. A., Fryburg, D. A., Jahn, L. A. & Barrett, E. J. Extreme hyperinsulinemia unmasks insulin effect to stimulate protein synthesis in the human forearm. *Am J Physiol*. 1998, 274:E1067-E1074
98. Biolo, G., Fleming, R. Y. & Wolfe, R. R. Physiological hyperinsulinemia stimulates protein synthesis and enhances transport of selected amino acids in human skeletal muscle. *J. Clin. Invest.* 1995, 95:811-819.
99. Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR, et al. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol*. 2002, 93:1337-44.
100. Zawadzki KM, Yaspelkis BB 3rd, Ivy JL. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol*. 1992, 72:1854-9.
101. Tarnopolsky MA, Bosman M, Macdonald JR, Vandeputte D, Martin J, Roy BD. Postexercise protein-carbohydrate and carbohydrate supplements increase muscle glycogen in men and women. *J Appl Physiol*. 1997, 83:1877-83.
102. Silk DB, Grimble GK, Rees RG. Protein digestion and amino acid and peptide absorption. *Proc Nutr Soc*. 1985, 44:63-72.
103. Manninen, A.H. Protein hydrolysates in sports and exercise: a brief review. *J Sports Sci & Med*. 2004, 3: 60-63
104. Collin-Vidal C, Cayol M, Obled C, Ziegler F, Bommelaer G, Beaufrere B. Leucine kinetics are different during feeding with whole protein or oligopeptides. *Am J Physiol*. 1994, 267(6 Pt 1):E907-14.
105. Craft IL, Geddes D, Hyde CW, Wise IJ, Matthews DM. Absorption and malabsorption of glycine and glycine peptides in man. *Gut*. 1968, 9:425-37.
106. Calbet JA, MacLean DA. Plasma glucagon and insulin responses depend on the rate of appearance of amino acids after ingestion of different protein solutions in humans. *J Nutr*. 2002, 132:2174-82.