

SPORT UND ERNÄHRUNG: ÜBERSICHT ÜBER AUSGEWÄHLTE NAHRUNGSERGÄNZUNGEN FÜR BODYBUILDER UND KRAFTSPORTLER

Von Gregory S. Kelly, N.D.

Der folgende Beitrag ist die Übersetzung des amerikanischen Originals "Sports Nutrition: A Review of Selected Nutritional Supplements For Bodybuilders and Strength Athletes", erschienen in: *Alternative Medicine Review. A Journal of Clinical Therapeutics* 1997; 2(3):184-201. Zahlenverweise mit dem Zusatz IR beziehen sich auf **Anmerkungen von Dr. Ivan Ramsak**, Arzt und lizenziertes Fußballtrainer in Klagenfurt, Österreich, der aufgrund seiner langjährigen sportärztlichen Tätigkeit eigene Erfahrungswerte zu einigen Angaben bereitgestellt hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Da viele Athleten überzeugt sind, ihre Wettkampfleistungen durch gezielte Ernährungsmaßnahmen steigern zu können, ist die Anwendung von Nährstoffergänzungen im Leistungssport heute allgemein üblich geworden. Das wachsende Interesse von Sportlern an der Praxis der Supplementation geht einher mit einer entsprechenden Zunahme übertriebener oder falscher Behauptungen über die Wirksamkeit einschlägiger Produkte. Der vorliegende Beitrag wird einige der bei Bodybuildern und anderen Kraftsportlern derzeit populären Nahrungsergänzungen einer Prüfung unterziehen, um die Frage zu klären, von welchen Produkten tatsächlich positive Resultate zu erwarten sind. Untersucht werden Kreatinmonohydrat, β -Hydroxy- β -methylbutyrat (HMB), Molkeeiweiß, Phosphatidylserin sowie ausgewählte Aminosäuren und Mineralien.

Einleitung

Der verstärkte Wunsch nach Fitness und entsprechende Forschungen auf dem Gebiet der Sportmedizin haben dazu geführt, dass die Ernährung heute eine zentrale Rolle als leistungsfördernder Faktor spielt. Da viele Sportler glauben, ihre Wettkampferfolge durch gezielte nutriologische Maßnahmen verbessern zu können, ist die Anwendung von Nährstoffsupplementen weithin üblich geworden. Zwar haben sich einige dieser Supplemente tatsächlich als sinnvoll erwiesen, doch sind die Aussagen über die Wirksamkeit von Produkten häufig auch irreleitend oder übertrieben. Am besten ist dies sicherlich für die Produkte belegt, die für Bodybuilder und andere Sportler angeboten werden, deren Interesse den Parametern Volumen, Kraft und Körperzusammensetzung gilt. Im Folgenden werden einige der Nährstoffsupplemente diskutiert, die derzeit für diese Zielgruppe auf dem Markt sind. Die Fragestellung lautet, welche dieser Präparate tatsächlich zur Leistungsmaximierung beitragen. Im Mittelpunkt der Diskussion stehen Kreatinmonohydrat, β -Hydroxy- β -methylbutyrat (HMB), Molkeeiweiß, Phosphatidylserin sowie ausgewählte Aminosäuren und Mineralien.

Kreatinmonohydrat

Kreatinmonohydrat ist zu einem der beliebtesten Nahrungsergänzungstoffe in der Geschichte des Bodybuilding geworden. Die Substanz wird vor allem zur Kraftsteigerung und zur Vermehrung der fettfreien Körpermasse eingesetzt und konnte bei Versuchspersonen diese Wirkungen schlüssig unter Beweis stellen. Beim Menschen sind mehr als 95% des Gesamtkörperbestands an Kreatin in der Skelettmuskulatur enthalten, etwa ein Drittel davon in Form von freiem Kreatin (auch als Methylguanidinessigsäure bezeichnet), der Rest in phosphorylierter Form als Kreatinphosphat (auch Phosphokreatin genannt). Kreatinphosphat dient dem Skelettmuskel als Speicher für energiereiche Phosphatverbindungen. Bildungsort von Kreatin sind Leber, Nieren und Pankreas. Zunächst verbinden sich Arginin und Glyzin zu Guanidinoacetat. Aus diesem entsteht dann Kreatin durch Übertragung einer Methylgruppe von S-Adenosylmethionin (SAM). Nebenprodukt dieser Reaktion ist S-Adenosylhomocystein, das anschließend zu Homocystein und Adenosin hydrolysiert wird. Zur Optimierung der endogenen Kreatinproduktion müssen die Aminosäuren Arginin, Glyzin und Methionin als Substrate vorhanden sein. Daneben werden Magnesium als Kofaktor für die Bildung von SAM aus Methionin sowie Vitamin B₁₂, Folsäure und Betain für die Methylierung von Homocystein zu Methionin benötigt, das dann in Form von SAM weiterverwendet wird.

Kreatin kann, wie beschrieben, endogen synthetisiert werden, doch ist die Substanz - in unterschiedlicher Konzentration - auch in verschiedenen Nahrungsmitteln zu finden. Wildfleisch gilt als kreatinreichstes Nahrungsmittel. Beim Fleisch von Haustieren hat mageres rotes Rindfleisch den höchsten Kreatingehalt: 1,1 kg frisches, rohes Steakfleisch enthält ca. 5 g Kreatin.(1) Auch Fisch ist eine gute Kreatinquelle, insbesondere Hering, Lachs und Thunfisch. Allerdings wird angenommen, dass in Nahrungsmitteln enthaltenes Kreatin beim

Kochen zerstört oder zumindest erheblich reduziert wird.

Kreatin wird in das Muskelgewebe transportiert, wo sich ein Gleichgewicht zwischen freiem Kreatin und Kreatinphosphat einstellt. Kreatinphosphat wandelt sich spontan in Kreatinin um (bei einem Mann von ca. 70 kg Körpergewicht geschieht dies mit einer Rate von ca. 2 g pro Tag) (2) und wird dann mit dem Harn ausgeschieden. Ein Teil dieses Umsatzes kann durch exogenes Kreatin, insbesondere aus Fleisch und Fisch, ersetzt werden, der Rest muss endogen synthetisiert werden. Dies bedeutet, dass kontinuierlich Arginin, Glyzin, Methionin sowie mit der Nahrung aufgenommene Kofaktoren verbraucht werden, damit ausreichende Mengen Kreatin und Kreatinphosphat gebildet werden können. Bei Vegetariern muss der tägliche Bedarf ausschließlich über die endogene Synthese gedeckt werden. Umgekehrt wird bei hoher Kreatinzufuhr mit der Nahrung die endogene Synthese entsprechend gedrosselt.(3) Neben der Skelettmuskulatur benötigt auch der Herzmuskel eine gewisse Menge Kreatin. Bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz sind die Kreatinvorräte möglicherweise vermindert. Jedenfalls konnte nachgewiesen werden, dass sich die körperliche Leistungsfähigkeit durch Kreatingaben erhöhen lässt.(4) Eine einwöchige Supplementierung mit Kreatin (20 g/die) bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz erhöhte den Gehalt der Skelettmuskulatur an energiereichen Phosphatverbindungen und steigerte sowohl die Kraft- als auch die Ausdauerleistung der Patienten.(4)

In der Muskelzelle produziert Kreatinphosphat Energie in Form von ATP für eine Belastung von ca. 10 Sekunden Dauer (IR 1). Sind die Vorräte erschöpft, muss der Muskel zur Energiegewinnung durch anaerobe Glykolyse übergehen. Vermutlich kann die Skelettmuskulatur erheblich mehr Kreatin speichern, als ihr normalerweise durch Nahrung und endogene Synthese zur Verfügung gestellt wird. Aus diesem Grund wird bei erhöhter Kreatinkonzentration im

Serum nach oraler Zufuhr von Kreatinmonohydrat mehr Kreatin im Muskelgewebe gespeichert. Im Laufe der Zeit führt die erhöhte Zufuhr mit der Nahrung dann zu einer Sättigung der Muskulatur mit Kreatin.

Die zusätzliche Versorgung mit Kreatin müsste theoretisch dazu führen, dass der Muskel später ermüdet und dass unter körperlicher Kurzzeitbelastung mit hoher Intensität die Energievorräte rascher wieder aufgefüllt werden. Es ist folglich eine Steigerung der muskulären Leistung zu erwarten. Bei der Resorption von Kreatin, so die Hypothese, gelangt auch Wasser in die Muskelzellen, so dass der Muskel stärker hydriert wird. Dies führt, da Muskelgewebe schätzungsweise zu etwa 70% aus Wasser besteht, zu einer Zunahme des Muskelvolumens. Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass in einer gut hydrierten Zelle die Proteinneogenese rascher abläuft und der Proteinabbau gedrosselt wird.(5)

Die Zufuhr von bis zu 1g Kreatinmonohydrat in wässriger Lösung bewirkt nur einen moderaten Anstieg der Kreatinkonzentration im Plasma. Dagegen konnte nachgewiesen werden, dass eine orale Dosis von 5 g die Kreatinkonzentration im Plasma signifikant erhöht. Durch wiederholte orale Gabe von 5 g Kreatinmonohydrat in zweistündigen Intervallen lässt sich die Plasmakonzentration bei rund 1000 mmol/l konstant halten.

Im Rahmen weiterer Studien führten hohe Kreatindosen (meist 20-30 g/die über fünf Tage) zu einem Anstieg des muskulären Gesamtbestands an Kreatin (und Phosphokreatin).(1,6) Das Ausmaß dieses Anstiegs korreliert normalerweise umgekehrt mit dem Kreatin-Ausgangswert vor Supplementationsbeginn.(1,6) Da Vegetarier mit der Nahrung nur geringe Kreatinmengen aufnehmen und ihre Gesamtkreatinwerte im unteren Normbereich liegen,(1) ist bei ihnen ein starker Anstieg zu erwarten. Die Aufnahme von Kreatin in den Muskel scheint sich bei Personen, die ein Trainingsprogramm mit wiederholten hochintensiven Belastungen

absolvieren, unter der Supplementierung deutlich zu verstärken.(1) Zur Optimierung der Kreatinaufnahme ist auch eine ausreichende Versorgung mit Vitamin E erforderlich.(7) Bei mit Kreatin supplementierten Probanden ist eine erhöhte Phosphokreatin-Resyntheserate nach einminütiger Erholung von einer intensiven Muskelkontraktion zu beobachten.(6)

Von acht Versuchspersonen wurden nach fünftägiger oraler Kreatinzufuhr (20 g/die) Gewebeproben entnommen. Bei fünf der acht Probanden waren das muskuläre Gesamtkreatin und die Kreatinphosphat-Resyntheserate in der Erholungsphase deutlich erhöht. Bei den übrigen Probanden stieg die Kreatin-Gesamtkonzentration nur leicht an, ohne dass sich die Umsatzrate der Kreatinphosphat-Resynthese veränderte.(6) In drei Fällen wurde in den ersten zwei Tagen der Supplementierung die höchste Kreatinaufnahme in den Muskel gemessen: 32% der Gesamtmenge von 30 g Kreatinmonohydrat, die pro Tag oral verabreicht wurde. Bei diesen Probanden betrug die renale Ausscheidung während der ersten drei Tage 40%, 61% bzw. 68% der Kreatindosis. Von der aufgenommenen Kreatinmenge lag ein Anteil von mindestens ca. 20% in Form von Phosphokreatin vor. Dagegen konnten hinsichtlich der ATP-Vorräte im Muskel keine Veränderungen festgestellt werden.(1)

Bei einem Patienten mit extrapyramidalen Bewegungsstörungen und extrem niedriger Kreatininkonzentration in Serum und Urin war nach oraler Supplementierung mit Kreatinmonohydrat ein signifikanter Anstieg der Kreatinspiegel im Gehirn festzustellen. Mit einer Phosphor-Magnetresonanzspektroskopie des Gehirns war vor der oralen Kreatinsubstitution kein Kreatinphosphat nachgewiesen worden. Nach der Substitution stieg die Konzentration signifikant an. Die partielle Wiederherstellung der zerebralen Kreatinkonzentration war von einer Besserung der neurologischen Symptome begleitet. Durch orale Gabe von Arginin, einem Substrat für die Kreatinsynthese,

konnte der zerebrale Kreatinspiegel nicht angehoben werden. (8)

Die Kreatin-Supplementation wirkt nachweislich leistungssteigernd in Situationen, in denen die Verfügbarkeit von Kreatinphosphat wichtig ist; das heißt, die Erfolge im Hochleistungssport nehmen zu, insbesondere bei Sportarten mit wiederholten Phasen höchsten Energiebedarfs und kurzen Erholungsphasen. (9-13) Mehrere Studien dokumentieren die Auswirkungen von Kreatinmonohydrat auf Muskelvolumen und Muskelkraft. Meist ist nach einer fünf- bis siebentägigen Ladephase eine Leistungssteigerung bei wiederholten Maximalbelastungen und eine Zunahme der Körpermasse um 0,5 bis 1,0 kg zu beobachten. (10,12) Earnest et al. berichteten über eine Zunahme der fettfreien Körpermasse um 1,7 kg nach 28-tägiger Supplementation (20 g/die). (9)

Während sich durch Kreatin-Supplementation bei Radsprintern eine Leistungssteigerung erzielen ließ, ist eine Verbesserung der Ausdauerleistung auf diese Weise offenbar nicht möglich. (14) Balsom und Mitarbeiter berichteten über eine Leistungsverschlechterung während einer kontinuierlichen Langzeitbelastung nach Kreatin-Supplementation. Eine Erklärung für diesen Befund steht bis dato aus. Die Autoren sehen allerdings in der Zunahme der Körpermasse infolge der Supplementation eine der möglichen Ursachen. (15) Untersuchungen ergaben, dass die Kreatin-Supplementation weder unter schrittweise intensivierter submaximaler Belastung noch während der Erholungsphase einen messbaren Effekt auf den Gasaustausch in der Lunge oder auf die Laktatkonzentration im Blut hat. Dies spricht dafür, dass durch Kreatinphosphat in den Muskelzellen Energie in Form von ATP für eine Belastungsdauer von etwa 10 Sekunden (IR 1) bereitgestellt wird. Ist dieser Energiespeicher erschöpft, muss der Muskel seine Energieversorgung auf die anaerobe Glykolyse umstellen. Eine Kreatin-Supplementation hat keinen Einfluss auf die

Substratutilisation während und nach Belastungen dieses Typs. (16)

Einer unveröffentlichten klinischen Studie zufolge lässt sich möglicherweise durch Insulin die Aufnahmefähigkeit des Muskels für Kreatin erheblich steigern. Aus diesem Grund kombinieren viele Anwender die Supplementation von Kreatinmonohydrat mit einem Kohlenhydrat wie z.B. Glukose, Dextrose oder Maltose, um auf diese Weise gleichzeitig die Insulinfreisetzung auszulösen. In einer vierwöchigen Studie wurde bei den Probanden, die Kreatin in einer Dosierung von 20 g/die während der ersten fünf Tage und 10 g/die vom sechsten Tag bis zum Ende der vierten Woche erhielten, eine starke Zunahme an Schnellkraft, anaerober Kraft und fettfreier Körpermasse bei gleichzeitiger Abnahme des Körperfettes erzielt. Ein noch stärkeres Ansprechen dieser Parameter wurde von Sportlern berichtet, die eine Kreatin/Kohlenhydrat-Mixtur aus Kreatinmonohydrat, Dextrose, Taurin, Dinatriumphosphat, Magnesiumphosphat und Kaliumphosphat einnahmen.

Typischerweise besteht die Supplementation mit Kreatinmonohydrat aus einer Ladephase und einer Erhaltungsphase. Während der fünf- bis siebentägigen Ladephase werden höhere Dosen Kreatinmonohydrat eingenommen. (IR 2) Personen mit einem Körpergewicht von weniger als 100 kg erhalten gewöhnlich 5 g viermal täglich, schwerere Personen können bis zu sechs Dosen pro Tag zuführen (IR 3). Die Erhaltungsdosis beträgt 0,03 g/kg Körpergewicht. (17,18) Von höheren Dosen ist kein zusätzlicher Nutzen zu erwarten, da die Fähigkeit des Muskels, Kreatin aufzunehmen und zu speichern, begrenzt ist. (1) Möglicherweise übersteigt bereits dieses Dosierungsschema bei den meisten Personen die Aufnahme- und Speicherkapazität der Muskulatur. Dies zeigt sich an der Rate der renalen Kreatinausscheidung (40-68% der zugeführten Dosis) bei Personen, die mit 30 g Kreatin pro Tag supplementiert wurden. (1) Eine jüngere Studie spricht für die Anwendung niedrigerer oraler Dosen. So stellten Hultman et al. fest, dass bei Zufuhr von 3 g/die über

28 Tage die muskulären Kreatin- und Kreatinphosphatvorräte in ähnlichem Ausmaß ansteigen wie während einer Ladephase.(17)

Die Volumen- und Kraftzunahme erfolgt zum größten Teil im ersten Monat, danach ist die Muskulatur in der Regel mit Kreatin gesättigt. Die Studienergebnisse zeigen, dass die erzielten Effekte unter fortgesetzter Supplementation erhalten bleiben, nach Beendigung der Substitution aber wieder verloren gehen. Meist kommt es innerhalb eines Monats nach dem Absetzen der Supplementation zu einem Abfall der Kreatinspiegel auf die vor Beginn der Supplementation gemessenen Ausgangswerte. Auch die Größen- und Kraftzunahme infolge der besseren Hydrierung der Muskelzellen bildet sich während dieses Zeitraums zurück. Eine echte Zunahme der Muskelmasse, die infolge höherer Leistungen unter der Kreatin-Supplementation erzielt wird, bleibt dagegen bestehen.

Einzelnen Berichten zufolge sprechen 20-30% der Personen, die Kreatin einnehmen, nicht mit einer Zunahme der Muskelmasse oder -kraft an. Eine Erklärung für diesen Befund fehlt bislang. Gesichert scheint jedoch, dass bei Personen mit niedrigem Ausgangsspiegel ein Nutzen am wahrscheinlichsten ist.(1) Der Erfolg von Kreatinmonohydrat hat dazu geführt, dass heute eine Reihe verwandter Präparate auf dem Markt erhältlich sind, darunter Kreatinphosphat und Kreatinzitrat. Angeblich führen sie zu ähnlichen Resultaten. Bislang wurde jedoch nur für Kreatinmonohydrat nachgewiesen, dass es eine Zunahme an Kraft und fettfreier Körpermasse sowie eine erhöhte Kreatinphosphatkonzentration im Gewebe bewirkt.

Als Nebenwirkungen der Kreatin-Supplementation wurden bislang Magenbeschwerden, Kopfschmerzen, Verspannungen der Kiefermuskulatur und die Wahrnehmung ohrnaher Blutströmungsgeräusche genannt. (IR 4) Möglicherweise führt die Kreatin-Supplementation zu einem Anstieg des

Kreatinin-Serumspiegels, da nach dem Anstieg der muskulären Kreatinphosphatkonzentration eine spontane Umwandlung in Kreatinin stattfindet. Da in den meisten Studien die Kreatin-Supplementation nur kurze Zeit durchgeführt und in der einzigen Langzeitstudie nur eine Tagesdosis von 1 g verabreicht wurde,(19) ist bislang noch ungeklärt, ob eine langfristige hochdosierte Supplementation unerwünschte Nebenwirkungen mit sich bringt.

Möglicherweise kann Koffein (0,5 mg/kg/die) die Wirksamkeit von Kreatin negativ beeinflussen. Die Ergebnisse zumindest einer Studie sprechen jedoch gegen diese Annahme: Die Probanden wurden angewiesen, das Kreatinmonohydrat in Tee oder Kaffee aufgelöst zu trinken. Dennoch wurde bei sieben der acht Probanden eine Gewichtszunahme und bei allen acht ein Anstieg des Gesamtkreatins im Muskel sowie eine verstärkte Resynthese von Phosphokreatin beobachtet.(6) Obwohl es angesichts dieser Ergebnisse unwahrscheinlich ist, dass Koffein die Wirkung der Kreatin-Supplementation aufhebt, dürfte es bis zur endgültigen Klärung dieser Frage ratsam sein, zu Gunsten optimaler Resultate weitgehend auf koffeinhaltige Getränke und Speisen zu verzichten oder zumindest einen mehrstündigen Abstand zu der Supplementation einzuhalten.

Die Kreatin-Supplementation wird von vielen Athleten in den verschiedensten Sportarten praktiziert und stellt keine Verletzung der gültigen Dopingregeln dar.(3) Da sie bei Ausdauersportarten keine Leistungssteigerung erzielt und es hier sogar Hinweise auf eine Leistungsminderung gibt, rate ich Ausdauerathleten von einer Kreatin-Supplementation ab. Bei Sportlern, die ihre Muskelkraft, ihre Körperzusammensetzung oder ihre Leistungen bei wiederholten hochintensiven Kurzzeitbelastungen verbessern wollen, kann Kreatinmonohydrat in jedes Supplementationprotokoll integriert werden. Zwar werden nach einer Ladedosis raschere Erfolge erzielt, doch könnte die 3g/die-Dosierung aufgrund ihrer höheren

Kosteneffizienz für viele Athleten eine attraktivere Option darstellen.

HMB

HMB (β -Hydroxy- β -methylbutyrat) ist ein neues Produkt, das seit Ende 1995 in begrenzten Mengen erhältlich ist. Das Patent für den Einsatz von HMB als Nahrungsergänzung zur Stickstoffretention wurde der Iowa State University Research Foundation erteilt, die Lizenz wurde an die Firma Metabolic Technologies vergeben.

HMB ist ein Leuzin-Metabolit. Es ist noch nicht geklärt, auf welchem Wege beim Menschen aus Leuzin HMB entsteht. Bei Tieren wurde allerdings nachgewiesen, dass der größte Teil des zirkulierenden HMB durch Transaminierung von Leuzin zu Alpha-Ketoisocaproat und anschließende Oxidation zu HMB gebildet wird.(20) Unklar ist bislang, in welchem Umfang HMB normalerweise in vivo produziert wird und welche spezifischen Kofaktoren an diesem Prozess beteiligt sind.

Der Wirkmechanismus von HMB ist noch nicht vollständig geklärt, doch wird vermutet, dass HMB den muskulären Proteinumsatz reduziert und dass seine Wirkung hauptsächlich auf der Hemmung des Proteinabbaus beruht. Vieles spricht dafür, dass der antikatabole Effekt von HMB auf seine Fähigkeit zurückzuführen ist, die Urinkonzentration von 3-Methylhistidin (einem Marker des Muskelabbaus) und die Plasmaspiegel von Kreatinphosphokinase und Laktatdehydrogenase zu senken.(21)

Einzelnen Berichten zufolge werden die besten Resultate mit HMB bei Personen erzielt, die häufig und sehr intensiv trainieren. Dies ist insofern von Bedeutung, als der Muskelkatabolismus i.d.R. mit der Trainingshäufigkeit und -intensität zunimmt. Ab einem bestimmten Punkt werden also die aus der trainingsbedingten Muskelstimulation resultierenden anabolen Gewinne durch die katabolen Effekte der hochfrequenten und hochintensiven Belastung zunichte gemacht. Durch die antikatabole Wirkung von HMB verschiebt sich dieses Gleichgewicht zu Gunsten des anabolen Wachstums, so dass die

betreffende Person häufiger trainieren und dennoch positive Resultate im Sinne eines Zugewinns an Kraft und Masse erzielen kann.

In einer dreiwöchigen klinischen Studie wurde nachgewiesen, dass eine HMB-Supplementation mit einer oralen Dosierung von 3 g/die zu einer Abnahme des Körperfetts, einer Zunahme von fettfreier Körpermasse und Kraft und zu einer geringeren Muskelschädigung bei Personen führt, die ein Widerstandstraining neu aufnehmen. In dieser Studie erhielten die Teilnehmer zusätzlich entweder 117 g/die oder 175 g/die Protein. Die Proteinsubstitution schien zwar die Kraft nicht zu beeinflussen, doch wurde bei den Teilnehmern mit höherer Proteinzufuhr unabhängig von der HMB-Supplementation eine stärkere Zunahme der fettfreien Körpermasse gemessen.(21) Da die Teilnehmer dieser Studie zuvor noch kein Gewichtstraining absolviert hatten, bestanden Zweifel, ob die Ergebnisse auf Bodybuilder oder andere Athleten übertragbar seien, die bereits ein längeres Widerstandstraining hinter sich hatten. Jedoch weisen die Autoren einer späteren, noch nicht vollständig veröffentlichten Studie darauf hin, dass die HMB-Zufuhr bei trainierten und untrainierten Personen zu denselben positiven Veränderungen hinsichtlich Kraft, Körperzusammensetzung und Körperfettanteil führte.(22)

Als Argument gegen die HMB-Supplementation sind bis dato hauptsächlich die Ergebnisse vereinzelter Studien anzuführen, in denen ein Großteil der Probanden mit dieser Maßnahme nicht die erhofften Ergebnisse erzielen konnte. Da HMB als hauptsächlich antikatabol wirkende Substanz gilt, erscheint es möglich, dass die Trainingsintensität bei den betreffenden Personen nicht für eine optimale Nutzung dieses Effekts ausreichte. Die andere Möglichkeit besteht darin, dass HMB - ähnlich wie Kreatinmonohydrat - bei manchen Personen unwirksam sein könnte. Da es sich um ein relativ neues Supplement handelt, liegen hinsichtlich seiner Langzeitsicherheit noch keine Ergebnisse vor.

Für Sportler, die dieses Produkt testen wollen, beträgt die empfohlene HMB-Dosis 3 g/die. Da in der Studie, die die Wirksamkeit von HMB bestätigte, relativ hohe Proteinmengen zugeführt wurden und da nicht bekannt ist, ob sich dieselben Resultate auch bei proteinarmer Ernährung erzielen lassen, empfehle ich Athleten, die eine HMB-Supplementation durchführen, eine ähnliche Proteinzufuhr von 120-175 g/die.

Molkeeiweiß

Molkeeiweiß - häufig auch als Laktalbumin bezeichnet - ist heute für viele Bodybuilder und Kraftsportler das Protein-Supplement der ersten Wahl. Molkeeiweiß enthält die wichtigsten Proteine der menschlichen Muttermilch; im Gegensatz dazu enthält Kuhmilch vor allem Casein und nur relativ geringe Mengen Molke. Molke besteht aus Alpha-Laktoglobulin, Beta-Laktoglobulin, bovinem Serumalbumin (BSA) und Immunglobulinen (IgG1, IgG2, sekretorischem IgA und IgM). Weitere Bestandteile der Laktalbuminfraktion sind: Enzyme, eisenbindende Proteine, Kalzium, Kalium, Natrium, Phosphor sowie die Vitamine A, C, B₁, B₂, B₃, B₅, B₁₂, Folsäure und Biotin. Molkeeiweiß ist eine ausgewogene Quelle von essentiellen Aminosäuren und Peptiden mit einem hohen Protein/Effizienz-Quotienten. Es gilt als hervorragende Quelle von schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Zystein) sowie von verzweigtkettigen Aminosäuren (Leuzin, Isoleuzin und Valin) und von Glutamin. (Zum potenziellen Nutzen der verzweigtkettigen Aminosäuren und Glutamin siehe die entsprechenden Abschnitte.)

Molkeeiweiß passiert den Magen rasch und wird im menschlichen Darm gut resorbiert. Der Beta-Laktoglobulin-Anteil verliert seine Löslichkeit im Magen nicht und verlässt diesen in kurzer Zeit als intaktes Protein, das erst durch die Pankreasenzyme hydrolysiert wird. Die Magenpassage von Casein erfolgt im Gegensatz dazu nur langsam.(23)

Die Skelettmuskulatur ist der größte Speicher für stoffwechselaktive Proteine und ein wichtiger Faktor der Gesamtstickstoffbilanz

des Körpers. Durch alleinige Zufuhr von Energielieferanten (in Form von Kohlenhydraten und Lipiden) lässt sich weder bei Tieren noch bei Menschen eine negative Stickstoffbilanz verhindern (Netto-Proteinkatabolismus). Nur eine ausreichende Versorgung mit Eiweiß bzw. Aminosäuren ermöglicht die Aufrechterhaltung des Stickstoffgleichgewichts.

Zwar gibt es keine Vergleichsstudien zu den Auswirkungen verschiedener Proteinquellen auf Stickstoffbilanz, Körperzusammensetzung und Leistungsfähigkeit von trainierten Sportlern, doch wurde für Molkeeiweiß der Beweis geführt, das es bei Versuchstieren, untergewichtigen Neugeborenen und Verbrennungsoffern das Wachstum fördert und die Stickstoffbilanz günstig beeinflusst.(24-26)

Molkeeiweiß ist reich an Substraten, die für die Glutathion-Synthese benötigt werden.(27) Im Vergleich zu Casein enthält es erheblich mehr Zystein, das als geschwindigkeitslimitierender Faktor der Glutathion-Synthese gilt. Molkeeiweiß enthält zudem große Mengen Glutamin und Glyzin.

Glutathion ist ein hochwirksames Antioxidans und nimmt an metabolischen Entgiftungsreaktionen teil. Die Bedeutung der freien Radikale für die Entstehung belastungsinduzierter Gewebeschädigungen und die protektive Rolle von Antioxidantien in diesem Zusammenhang bleibt noch vollständig aufzuklären. Untersuchungen ergaben, dass die Bildung freier Radikale und die anschließende Lipidperoxidation als normale Folge des erhöhten Sauerstoffverbrauchs unter physischer Belastung zu betrachten ist.(28) Andererseits wurde dokumentiert, dass körperliches Training eine Expansion des antioxidativen Systems und eine Verminderung der Lipidperoxidation bewirkt. Eine Supplementierung mit Antioxidantien kann die Lipidperoxidation weiter reduzieren, eine gleichzeitige Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit konnte jedoch nicht belegt werden.(29)

Nachgewiesen wurde dagegen, dass körperliche Belastung den Glutathionspiegel senkt.(30) Darüber hinaus bewirkt z.B. ein Marathonlauf einen starken Anstieg des Gewebespiegels an oxidiertem Glutathion (189%) auf Kosten von reduziertem Glutathion (-18%).(31) Über die Auswirkungen eines Widerstandstrainings auf den Glutathionspiegel liegen zwar keine Informationen vor, doch wurde die Hypothese aufgestellt, dass eine vermehrte Zufuhr von Antioxidantien sportlich aktiven Personen Schutz vor kleineren Muskeltraumata bieten kann.(32)

Mit Molkeeiweiß lässt sich wirksamer als mit einer Zystein-angereicherten Casein-Diät ein Anstieg des Glutathionspiegels auf supranormale Werte induzieren.(33) Eine molkeeiweißreiche Ernährung erhöhte bei Ratten den Glutathiongehalt von Herz- und Lebergewebe. Zu Beginn des Alterungsprozesses verabreicht, schien sie auch die Lebenserwartung zu erhöhen.(33) Produkte auf Molkeeiweißbasis fördern die Zysteinretention und führen zu einer verstärkten Taurinausscheidung. Dies wird als Ausdruck erhöhter Taurinvorräte gewertet.(34) Bei drei HIV-seropositiven Patienten bewirkte die Gabe von Molkenprotein über einen Zeitraum von drei Monaten in schrittweise von 8,4 g/die bis 39,2 g/die aufsteigenden Dosen eine progrediente Gewichtszunahme und einen Anstieg des Glutathionspiegels in allen drei Fällen.(35)

Experimentelle Untersuchungen ergaben, dass der Molkeeiweißanteil der Milch möglicherweise die Entwicklung verschiedener Tumorarten inhibiert. Vermutlich trägt die reichliche Zufuhr von Substraten für die Glutathion-Synthese zu diesem Hemmeffekt bei.(36) Bei Versuchstieren konnte nachgewiesen werden, dass die Gabe von 20 g Molkeeiweiß pro 100 g Futter wirksamer vor Dimethylhydrazin-induzierten Darmkarzinomen schützte als ähnliche Diäten mit Casein, Sojaeiweiß oder rotem Fleisch.(37) Ebenso konnte gezeigt werden, dass Peptide aus Molkeeiweiß

antithrombotisch(38) und immunstimulierend wirken.(38,39)

Der Haupteinwand gegen die Supplementation mit Molkeeiweiß betrifft die Möglichkeit von Nahrungsmittelallergien sowie den Laktosegehalt und eventuelle Zusammenhänge mit dem insulinabhängigen Diabetes mellitus (IDDM). Die Möglichkeit einer Nahrungsmittelallergie muss zwar beachtet werden, doch weist Molkeeiweiß wahrscheinlich keine stärkere, sondern eher eine schwächere antigene Wirkung auf als Protein-Supplementationen auf der Basis von Soja, Casein oder Hühnereiweiß. Berechtigte Bedenken könnte es im Zusammenhang mit dem gewählten Verarbeitungsverfahren für Molkeeiweiß geben, da hohe Temperaturen beim Erhitzen und Trocknen infolge kovalenter Wechselwirkungen zwischen Proteinen und Laktose zur Bildung von Bräunungsprodukten führen können. Durch Bräunungsreaktionen modifizierte Proteine sind schlechter verdaulich und haben vermutlich eine vermehrte Aufnahme intakter Proteine durch die Darmschleimhaut zur Folge. Alle verfügbaren Molkeeiweißprodukte enthalten eine gewisse Menge Laktose, häufig ist dieser Anteil jedoch sehr gering.

Der BSA-Anteil von Molkeeiweiß wurde als potenzieller Auslöser eines IDDM bei Kindern in Betracht gezogen. Zwischen BSA und der Aminosäuresequenz des Betazellproteins auf den Insulin-sezernierenden Betazellen des Pankreas besteht eine gewisse Ähnlichkeit. Erhöhte Anti-BSA-Antikörpertiter im Serum von Kindern mit IDDM gaben Anlass zu der Vermutung, die Resorption von BSA oder partiell verdauten BSA-Fragmenten könnte das Immunsystem stimulieren, das dann in einer fehlgeleiteten Reaktion die Betazellen zerstört.(40) Pardini et al. untersuchten die Prävalenz von Anti-BSA-Antikörpern bei Kindern mit IDDM; sie betrug 52% bei Kindern mit einer Erkrankungsdauer von weniger als einem Jahr und 47% bei Kindern mit einer Diabetesdauer von mehr als einem Jahr, verglichen mit 28% bei der Kontrollgruppe. Sie schlossen daraus, dass die Prävalenz von Anti-BSA-Antikörpern bei IDDM-Patienten höher ist

als bei gesunden Kontrollpersonen; wegen der großen Überschneidungen der Antikörpertiter bei Patienten und Kontrollen waren jedoch die Anti-BSA-Antikörper weder sensitive noch spezifische Marker einer IDDM-Erkrankung.(41) Ivarsson et al. stellten fest, dass die IgG-Antikörper gegen BSA zu Beginn einer IDDM-Erkrankung nicht signifikant erhöht waren.(42) Der genaue Zusammenhang zwischen BSA und IDDM ist derzeit noch nicht geklärt.

Das regelmäßige Trinken eines Protein-Shakes nach dem Training dürfte die wichtigste Angewohnheit zur Nahrungsergänzung sein, wenn man seine Körperzusammensetzung verbessern will. Wahrscheinlich können Sportler, die ihre fettfreie Körpermasse und ihre Kraft maximieren wollen, das Molkeeiweiß auf diese Weise am besten verwerten.

Die Synthese und der Abbau von Proteinen werden durch die Verfügbarkeit von Aminosäuren nach dem Training gesteuert. Wegen der anabolen Wirkung von Insulin auf beide Prozesse ist eine rasche synergistische Reaktion zu beobachten, wenn sowohl der Aminosäuren- als auch der Insulinspiegel nach einer proteinhaltigen Mahlzeit ansteigt.(43) Es wird vermutet, dass die Insulinempfindlichkeit des Organismus in der Nachbelastungsphase erhöht ist und Kohlenhydrate und Eiweiß vorzugsweise in die Muskelzellen und nicht in die Fettzellen transportiert werden. Nach Expertenmeinung nimmt die Insulinsensitivität nach dem Training graduell ab, bis sie nach etwa zwei Stunden wieder normale Werte erreicht.

Durch eine Kohlenhydrat-Molkeeiweiß-Supplementation während der Erholungsphase nach längerem erschöpfendem Training lässt sich wirksamer eine Reaktion des Insulin-Plasmaspiegels auslösen als durch eine Kohlenhydrat- oder Protein-Supplementation allein. Auch die Geschwindigkeit der Glykogenspeicherung im Muskel erhöhte sich nach Kohlenhydrat-Protein-Zufuhr signifikant. Die Teilnehmer an dieser Studie erhielten

unmittelbar nach jeder Trainingseinheit 112,0 g Kohlenhydrate und 40,7 g Protein.(44)

Molkeeiweiß stellt eine hervorragende Proteinquelle für das Shake nach dem Training dar, weil es rasch vom Magen in den Dünndarm gelangt und einen hohen Anteil an verzweigt-kettigen Aminosäuren und an Glutamin enthält. Glukose-Polymere oder Maltodextrine gelten als beste Form der Kohlenhydrat-Zufuhr, weil sie die Insulinfreisetzung stimulieren. Fett sollte nicht beigegeben werden, da es die Magenpassage verzögert und die Insulinantwort beeinträchtigt.

Phosphatidylserin

Bei Sportlern, die ein Widerstandstraining betreiben, wird Phosphatidylserin heute immer gebräuchlicher. Der Hauptgrund hierfür ist die Annahme, dass diese Substanz den Abbau von Muskelgewebe verhindern kann. Die Wirkung von Phosphatidylserin auf die körpereigene Glukokortikoidproduktion ist durch medizinische Studien belegt. Der genaue Wirkmechanismus ist noch unbekannt, doch wurde vermutet, dass Phosphatidylserin die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse beeinflusst.(45)

Zur Synthese von Phosphatidylserin wird ein Serin-Molekül an eine Phosphatidylgruppe angehängt. Diese Reaktion, für die Pyridoxal-5?-phosphat (aktives Vitamin B₆) erforderlich ist, ist in denselben biochemischen Zyklus eingebunden wie der Phosphatidylcholin-, Cholin-, Betain- und Dimethylglycine-Stoffwechsel.

Körperliche Belastung löst einen deutlichen Anstieg von Adrenalin, Noradrenalin, ACTH, Kortisol, Wachstumshormon und Prolaktin im Plasma aus. Theoretisch könnte ein übermäßiger Abbau von Muskelgewebe nach intensivem Training verhindert werden, wenn es gelänge, den Anstieg des Kortisolspiegels zu unterbinden. Bei acht gesunden Männern konnte durch intravenöse Applikation von 50 oder 75 mg Phosphatidylserin aus Hirnrindengewebe innerhalb von 10 Minuten nach Trainingsbeginn die Reaktion der ACTH-

und der Kortisolkonzentration auf den Belastungsstress abgeschwächt werden.(46) Auch nach oraler Verabreichung von Phosphatidylserin aus Hirnrinde in einer Dosierung von 800 mg/die für 10 Tage reagierten der ACTH- und der Kortisolspiegel signifikant schwächer auf die körperliche Belastung ($p = 0,003$ bzw. $p = 0,03$). Der Wachstumshormon- und Prolaktinanstieg im Plasma wurde nicht beeinflusst. Zwar stieg die Kortisol-Plasmakonzentration auch nach Einnahme von 400 mg/die Phosphatidylserin signifikant schwächer an, doch war die Fläche unter der Konzentration/Zeit-Kurve für Plasmakortisol nach der höheren Dosis von 800 mg/die signifikant kleiner.(45)

Die Studienergebnisse von Monteleone et al. erscheinen vielversprechend. Bislang liegen jedoch noch keine Untersuchungen vor, in denen nachgewiesen werden konnte, dass die Supplementation mit Phosphatidylserin zu einer Kraftzunahme oder einer Verbesserung der Körperzusammensetzung führt. Solange solche Resultate ausstehen, muss die Behauptung, Phosphatidylserin könne den Katabolismus des Muskelgewebes vermindern, als unbegründet zurückgewiesen werden.

Arginin

Arginin ist eine Aminosäure, die gelegentlich von Bodybuildern eingesetzt wird, um die Sekretion von Wachstumshormon zu stimulieren. Mitte der 80er Jahre war Arginin sehr populär; seither hat das Interesse an dieser Substanz jedoch stark abgenommen. In mehreren Studien wurde nachgewiesen, dass Arginin nach intravenöser Applikation in der Lage ist, die Sekretion von Wachstumshormon und Insulin-ähnlichem Wachstumsfaktor I zu stimulieren und die Stickstoffbilanz zu verbessern. Nach oraler Supplementation wurden jedoch keine eindeutigen Ergebnisse erzielt.

Corpas et al. stellten fest, dass eine langfristige Stimulation der Wachstumshormonsekretion bei älteren Männern durch orale Zufuhr von Arginin/Lysin

(je 3 g pro Tag) nicht möglich ist.(47) Kontrovers diskutiert wird auch, ob die Anhebung des Wachstumshormonspiegels bei Personen ohne vorbestehenden Hormonmangel überhaupt zu einem anabolen Effekt führt.

Arginin wird für die Kreatinsynthese benötigt. Diese kann nach Meinung einiger Autoren durch eine Arginin-Supplementation gefördert werden. Bei Ratten führte die Supplementation mit Arginin und Glyzin zu einem Anstieg der Kreatinkonzentration in der Muskulatur.(48)

Elam et al. berichteten über Athleten, die fünf Wochen lang an fünf Tagen pro Woche Arginin und Ornithin erhielten und unter dieser Supplementation stärker an Kraft und fettfreier Körpermasse gewannen als die Kontrollprobanden. Die Probanden der Verumgruppe erhielten L-Arginin und L-Ornithin in einer oralen Dosis von jeweils 2 g bzw. 1 g, die der Kontrollgruppe 600 mg Kalzium und 1 g Vitamin C als Placebos. Bei den Probanden, die Arginin und Ornithin erhielten, war auch die Urinkonzentration von Hydroxyprolin, einem Marker für den Gewebeabbau, signifikant niedriger als bei den Probanden der Placebogruppe. Die Autoren folgerten, dass sich Arginin und Ornithin in Verbindung mit einem hochintensiven Krafttraining positiv auf Kraft und fettfreie Körpermasse auswirken und den Gewebeabbau reduzieren.(49) Die Ergebnisse von Elam et al. lassen den Schluss zu, dass eine Kombination von Arginin und Ornithin offenbar einen positiven Einfluss auf Körperzusammensetzung und Kraftentwicklung ausüben. Jedoch wurden diese Befunde bislang nicht durch weitere Forschungsergebnisse bestätigt.

Verzweigtkettige

Aminosäuren

Leuzin, Isoleuzin und Valin werden in die Gruppe der verzweigtkettigen Aminosäuren zusammengefasst, da sie eine ähnliche chemische Struktur und zwischengeschaltete Methylgruppen aufweisen. Unter körperlicher

Belastung kommt es zu ausgeprägten Veränderungen des Aminosäurenstoffwechsels. Die Aminosäuren mit verzweigten Ketten, vor allem Leuzin, sind dabei von besonderer Bedeutung, da sie als energiereiche Substrate und als Stickstoffdonatoren zur Bildung von Alanin, Glutamin und Aspartat beitragen. Berechnungen ergaben, dass die empfohlene Leuzin-Menge in der Nahrung nicht ausreicht, da sie unter der Leuzin-Oxidationsrate im Gesamtorganismus liegt. Bei körperlich aktiven Personen ist diese Unterversorgung noch stärker ausgeprägt. (50)

Studienergebnissen zufolge kann eine erhöhte Zufuhr von verzweigtkettigen Aminosäuren während des Trainings zu Einsparungseffekten beim muskulären Glykogenabbau führen. (51) Kurzinfusionen (3-4 Stunden) von verzweigtkettigen Aminosäuren supprimieren den Abbau von Muskelprotein. (52) Bei parenteral ernährten Personen führt die Zufuhr von ausgewogenen Aminosäurelösungen für einige Tage zu einer ähnlichen Verbesserung der Stickstoffbilanz wie die Zufuhr der drei verzweigtkettigen Aminosäuren allein. (43)

Durch Verabreichung verzweigtkettiger Aminosäuren lässt sich deren Konzentration im Plasma stark anheben und ihre anschließende Aufnahme in den Muskel während des Trainings verstärken. (51) Die Gabe von Aminosäuren mit verzweigten Ketten führt während einer anschließenden Dauerbelastung zu einer signifikant vermehrten Bildung von NH_3 , Alanin und Glutamin und zu einer Verminderung der muskulären Milchsäureproduktion im Vergleich zu nicht supplementierten Kontrollpersonen. (53)

Zwar konnte nachgewiesen werden, dass die verzweigtkettigen Aminosäuren signifikante Wirkungen im Sinne einer Verstärkung der Proteinbiosynthese oder einer Reduzierung des Proteinabbaus aufweisen, doch führt die Supplementation mit diesen Aminosäuren nicht zu signifikanten Veränderungen der Körperzusammensetzung. Ich würde daher

neben einem Protein-Drink keine zusätzliche Supplementation empfehlen. Getränke auf der Grundlage von Molkeeiweiß oder einer anderen hochwertigen Proteinrezeptur gewährleisten eine ausreichende Versorgung mit verzweigtkettigen Aminosäuren.

Glutamin

Glutamin ist die Aminosäure, die im Blut und im freien Aminosäurenpool der Skelettmuskulatur am reichlichsten vorhanden ist. Glutamin stimuliert die Synthese und hemmt den Abbau von Proteinen und stellt ein wichtiges Vehikel für den Stickstoff- und Kohlenstofftransport im Gewebeinneren dar. Es fördert die Glykogensynthese in der Leber und dient als Energiequelle für die Zellteilung. (54) Da in Zeiten verstärkter Stoffwechselbelastung ein Glutaminmangel auftreten kann, wurde Glutamin als bedingt essentielle Aminosäure neu eingestuft. (55) Glutamin bildet zudem eine Ausgangssubstanz für die Synthese von Aminosäuren, Proteinen, Nucleotiden, Glutathion und weiteren biologisch relevanten Molekülen.

Der Aminosäure Glutamin wird eine anabole Wirkung auf die Skelettmuskulatur zugeschrieben. Sie stimuliert die Proteinbiosynthese und hat einen hemmenden Effekt auf den Proteinabbau. Experimente mit verschiedenen Tiermodellen ergaben, dass eine Glutamin-Supplementation die Stickstoffhomöostase verbessert und die Skelettmuskulatur vor Abbau schützt. (55) Der Mechanismus, mit dessen Hilfe Glutamin den Proteinumsatz im Skelettmuskel und damit auch die Muskelproteinbilanz beeinflusst, ist unbekannt. Jedoch hat Glutamin eine anabole Wirkung im Sinne einer Förderung der Proteinneogenese und kann auch den Proteinabbau reduzieren. (56)

Glutamin erhöht nachweislich das Zellvolumen. Mit Insulin wirkt es synergistisch zusammen und verstärkt die zelluläre Hydrierung. Auf die Skelettmuskulatur wirkt Glutamin u.a. durch die Stimulation der Eiweißbiosynthese. Diese Wirkung ist sowohl in Abwesenheit als auch in Anwesenheit von Insulin zu beobachten. Allerdings ist sie unter

Anwesenheit von Insulin stärker ausgeprägt. (57)

Katabole Zustände, z.B. im Zusammenhang mit Infektionen, chirurgischen Eingriffen, Verbrennungen und Traumata, gehen mit einer erhöhten Belastung der Glutamin-Homöostase und einer Entleerung der Glutamin-Reserven der Skelettmuskulatur einher. Unter diesen Bedingungen benötigt der Körper mehr Glutamin, als im Muskel gespeichert ist, so dass ein Verlust an Muskelmasse eintritt. (58) Bei schwer kranken Personen reduziert parenterales Glutamin den Stickstoffverlust und senkt die Mortalität. (54)

Sportinduzierte Belastungen wirken sich auf den Glutamin-Stoffwechsel ähnlich aus wie andere katabole Stresssituationen. Die Glutamin-Konzentration im Plasma nimmt unter Langzeitbelastungen mit hoher Intensität zu. Während der Erholungsphase nach dem Training fällt die Plasmakonzentration jedoch signifikant ab. Erst nach mehrstündiger Erholungszeit erreichen die Plasmaspiegel wieder die vor Trainingsbeginn gemessenen Ausgangswerte. Ist die Erholungszeit zwischen den Trainingseinheiten zu kurz bemessen, können sich die akuten belastungsinduzierten Effekte auf die Glutamin-Plasmakonzentration akkumulieren. Bei übertrainierten Sportlern wurden über die Dauer von Monaten oder sogar Jahren erniedrigte Glutaminspiegel beobachtet. (59) Einige Spezialisten sehen in einem reduzierten Glutamin-Plasmaspiegel einen guten Indikator für hohen Belastungsstress. (60)

Die erhöhte Verfügbarkeit von Glutamin nach körperlicher Aktivität fördert die Anreicherung von Glykogen im Muskel. Zu den Mechanismen, die dabei zum Tragen kommen, gehört möglicherweise die Bereitstellung von Kohlenstoff aus Glutamin für die Glykogensynthese. (61)

Traumata führen zu einem Stickstoffverlust bei gleichzeitiger Reduktion der Eiweißsynthese im Skelettmuskel. Parallel dazu nehmen die Muskelreserven an freiem Glutamin ab. Es konnte nachgewiesen

werden, dass eine nutriologische Unterstützung mit Glutamin oder mit dessen Kohlenstoffgerüst, Alpha-Ketoglutarat, postoperativ einem Abfall des freien Glutamins im Muskel und einer Verminderung der Muskelproteinsynthese entgegenwirkt. (62)

Ebenso liegen Beweise dafür vor, dass eine orale Glutamin-Supplementation zur verstärkten Freisetzung von Wachstumshormon führt. Um die Wirkung auf die Plasmaspiegel von Glutamin, Bikarbonat und zirkulierendem Wachstumshormon zu bestimmen, erhielten neun gesunde Probanden einmalig 2g orales Glutamin. Acht der neun Probanden reagierten mit einem Anstieg des Plasmaglutamins nach 30 und nach 60 Minuten, bevor der Spiegel nach 90 Minuten wieder auf das Ausgangsniveau zurückkehrte. Neunzig Minuten nach der Glutamin-Gabe war die Plasmakonzentration sowohl von Bikarbonat als auch von zirkulierendem Wachstumshormon erhöht. (63)

Einige Autoren empfehlen die Zufuhr von bis zu 30 g Glutamin, doch wird bei einer Supplementierung mit mehr als 2-3 g pro Tag wahrscheinlich nur ein marginaler zusätzlicher Nutzen erzielt.

Ornithin-alpha-ketoglutarat (OKG)

Ornithin-alpha-ketoglutarat (OKG) ist ein Salz, das aus zwei Molekülen Ornithin und einem Molekül Alpha-Ketoglutarat gebildet wird. Es wird mit Erfolg enteral oder parenteral bei Patienten mit Verbrennungen, Traumata oder Operationen sowie bei Personen mit chronischer Fehl-/Mangelernährung eingesetzt. Je nach Stoffwechselsituation vermindert OKG den Abbau von Muskelprotein und/oder verstärkt dessen Synthese. Darüber hinaus unterstützt OKG die Wundheilung. Der Wirkmechanismus der Substanz ist nicht vollständig geklärt, vermutlich spielt jedoch die Sekretion anaboler Hormone (Insulin, humanes Wachstumshormon) und die Synthese von Metaboliten (Glutamin, Polyamine, Arginin, Ketosäuren) dabei eine Rolle. (64)

Für die Supplementationsbehandlung steht OKG seit mehreren Jahren zur Verfügung. Bei hospitalisierten Verbrennungspatienten wird es erfolgreich zur Verzögerung des Eiweißverlustes eingesetzt. In einer Studie zu den Auswirkungen von OKG auf die physische Leistungsfähigkeit erhielten die Probanden über einen Zeitraum von sechs Wochen OKG (10 g/die zusammen mit 75 g Kohlenhydraten). Die OKG-Gruppe zeigte im Test eine signifikante Kraftsteigerung beim Bankdrücken sowie eine signifikante Zunahme des Bizepsumfangs. Hinsichtlich Körpergewicht und Körperfettanteil bestand kein Unterschied zwischen den Gruppen. Auch der Wachstumshormonspiegel der Gruppen war gleich. Bei mehreren Probanden der OKG-Gruppe wurden Veränderungen der Körperzusammensetzung beobachtet, doch konnten hier weder innerhalb der Gruppen noch zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede festgestellt werden.(64) In einzelnen Berichten von Personen, die eine Supplementierung mit OKG durchführten, wurde auf einen gesteigerten Appetit und eine verbesserte Trainingsdisposition hingewiesen. In einigen Fällen wurden angeblich eindrucksvolle Resultate erzielt, in anderen blieben Erfolge aus. Wenn OKG als Supplement eingesetzt wird, beträgt die empfohlene Dosierung 10 g zusammen mit einem Sportgetränk, das 75 g Kohlenhydrate enthält.

Vitamin C

In den vergangenen 40 Jahren wurden in mehreren Studien die potentiellen Wirkungen von hochdosiertem Vitamin C auf die körperliche Leistungsfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse waren jedoch nicht eindeutig. In der Mehrzahl der Studien konnte kein Effekt nachgewiesen werden. Andererseits führt ein suboptimaler Vitamin-C-Status zu einer Beeinträchtigung der sportlichen Leistungsfähigkeit, die sich durch eine Regeneration der körpereigenen Vitamin-C-Vorräte korrigieren lässt.(65)

Als potentes Antioxidans, das für die Kollagensynthese benötigt wird, trägt

Ascorbinsäure zum Schutz der Muskulatur vor übermäßiger Schädigung durch Training oder Verletzungen bei. Die vorliegenden Daten weisen auf die Möglichkeit hin, dass eine vorangehende Vitamin-C-Supplementation vor trainingsinduzierten Muskelschäden schützt.(66)

Ascorbinsäure reduziert möglicherweise die Kortisolproduktion.(67) Darüber hinaus wird vermutet, dass es die Stressverarbeitung erleichtert.(68)

Da Ascorbinsäure Muskelschäden und einen Kortisol-induzierten Muskelabbau minimieren kann, wird eine routinemäßige Supplementation mit 1-3 g täglich empfohlen.

Spurenelemente

Es gibt mindestens 60 Spurenelemente, von denen in tierexperimentellen Studien nachgewiesen werden konnte, dass sie gewisse Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Die Bedeutung für den menschlichen Organismus sind für viele dieser Spurenelemente noch nicht ausreichend untersucht; ein noch kleinerer Teil wurde auf seine Wirkungen auf die Leistung von Sportlern geprüft. Jedes dieser Spurenelemente kann im Falle einer Unterversorgung die Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen. In der folgenden Übersicht werden wir uns auf Bor, Chrom, Selen, Vanadium und Zink beschränken.

Bor

Zahlreiche borhaltige Nahrungsergänzungen für Sportler werden heute mit der Behauptung beworben, Bor sei als ergogenes Substrat in der Lage, den Testosteronspiegel anzuheben. Bei manchen Populationen mag dies unter bestimmten Bedingungen der Fall sein, doch sind die Auswirkungen von Bor auf den Testosteronspiegel keinesfalls eindeutig geklärt.

Bei Ratten scheint Bor tatsächlich den Testosteronspiegel in zeit- und dosisabhängiger Weise zu erhöhen.(69) Bei postmenopausalen Frauen führte die orale

Gabe von Bor in aufsteigender Dosierung (von 0,25 mg/die bis 3,25 mg/die) zu einem Anstieg des Testosteron-Plasmaspiegels auf mehr als das Doppelte.(70) In einer weiteren Studie an gesunden Männern führte die Bor-Supplementation zu einem Anstieg sowohl des Östrogenspiegels als auch des Testosteronspiegels im Plasma.(71) Jedoch berichteten Beattie und Peace, dass eine Veränderung der Bor-Zufuhr bei postmenopausalen Frauen keine Auswirkungen auf den Testosteronspiegel hatte(72)

Die Auswirkungen einer Bor-Supplementation wurden bei 19 männlichen Bodybuildern im Alter von 20-27 Jahren untersucht. Sieben Wochen lang erhielten zehn der Probanden täglich 2,5 mg Bor, die übrigen neun erhielten ein Placebo. Beide Gruppen zeigten einen signifikanten Anstieg des Gesamttestosterons, der fettfreien Körpermasse und der gemessenen Maximalkraftwerte bei Kniebeugen und Bankdrücken mit einmaliger Wiederholung. Die Varianzanalyse ergab jedoch, dass sich die Bor-Supplementation auf keine der abhängigen Variablen in signifikantem Ausmaß ausgewirkt hatte. Die Autoren folgerten, dass die Zugewinne auf das siebenwöchige Bodybuilding-Training, nicht aber auf die Bor-Supplementation zurückzuführen waren.(73)

Als Prophylaxe gegen Bordefizite scheint eine Nahrungsergänzung mit 3 mg Bor pro Tag sinnvoll zu sein. Die Erwartung erhöhter Kraftentwicklung und besserer Körperzusammensetzung ist dagegen unrealistisch.

Chrom

Chrom gilt bei Bodybuildern als Supplement, das die Fettverbrennung fördert und zur Vermehrung der fettfreien Körpermasse beiträgt. Keine dieser Behauptungen wird durch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse belegt.

Bei 59 jüngeren Studenten, die an einem zwölfwöchigen Trainingsprogramm im Gewichtheben teilnahmen, wurden die während dieser Zeit eingetretenen Veränderungen hinsichtlich des

Körpergewichts, der Summe von drei Körperrumfangen, der Summe von drei Hautfaltendicken und der maximalen Kraft (Kniebeuge und Bankdrücken mit einmaliger Wiederholung) untersucht. Die Hälfte der Studenten erhielt täglich 200 mcg elementares Chrom in Form von Chrom-Picolinat, die andere Hälfte Placebo. Bei den Kraftmessungen wurden keine Veränderungen infolge der Behandlung festgestellt. Der einzige signifikante Behandlungseffekt bestand in einer Gewichtszunahme bei den Frauen der Chrom-Gruppe.(74)

In einer Doppelblindstudie an Fußballspielern wurden während des Frühjahrstrainings die Wirkungen einer neunwöchigen Chrom-Supplementation (täglich 200 mcg Chrom als Picolinat) untersucht. Die Supplementation bewirkte keine Veränderungen hinsichtlich Körperzusammensetzung oder Kraftentwicklung.(75)

Hallmark et al. stellten fest, dass eine Supplementation mit 200 mcg Chrom bei untrainierten Männern (23 ± 4 Jahre) im Rahmen eines Widerstandstrainingsprogramms zunehmender Intensität weder zu einem signifikanten Zugewinn an Kraft und fettfreier Körpermasse noch zu einer signifikanten Reduzierung des Körperfettanteils führte.(76)

Trent et al. führten eine plazebokontrollierte Doppelblindstudie mit einer Studiendauer von 16 Wochen durch. Die Teilnehmer erhielten entweder Chrom in Form von Picolinat (400 mcg) oder Placebo. Am Ende der 16 Wochen zeigte die Verumgruppe weder eine signifikant stärkere Abnahme des Körperfettanteils oder des Körpergewichts noch eine stärkere Zunahme der fettfreien Körpermasse als die Placebogruppe. Es wurde gefolgert, dass Chrom-Picolinat bei dieser Gruppe kein wirksames Mittel zur Körperfettreduktion darstellte.(77)

Lukaski et al. untersuchten in einem doppelblinden Studiendesign die Wirkungen einer achtwöchigen täglichen Chrom-Supplementation bei 36 Männern. Kraft, Muskelvolumen, fettfreie Masse und Muskelmasse nahmen während eines

Widerstandstrainings unabhängig von der Chrom-Supplementation zu ($p < 0,0001$). Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die routinemäßige Chrom-Supplementation bei Männern keine positiven Auswirkungen auf Körperzusammensetzung oder Kraftentwicklung hat. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass auch die Placebogruppe Chrom in sehr geringen Mengen erhielt.(78)

Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass die Supplementation mit Chrom keinen Einfluss auf Kraft oder Körperzusammensetzung hat. Ähnlich wie bei Bor sollte einem Chrommangel durch eine Ernährung mit ausreichendem Chromgehalt oder durch chromhaltige Supplemente vorgebeugt werden. Die Erwartung einer Kraftsteigerung oder einer Verbesserung der Körperzusammensetzung ist jedoch unrealistisch.

Selen

Selen ist ein Spurenelement, das verschiedenen Enzymen als Kofaktor dient. Wegen seiner Rolle als Kofaktor des Enzyms Glutathionperoxidase ist es häufiger Bestandteil von Antioxidantien-Rezepturen. Es gibt Belege dafür, dass die Verabreichung von organischem Selen den oxidativen Stress bei Sportlern partiell ausgleicht und dessen Intensität vermindert.(79) Während eine optimale Versorgung des Körpers mit Antioxidantien für Sportler generell von entscheidender Bedeutung ist, könnte Selen zusätzlich eine Rolle als Determinante der Körperzusammensetzung spielen. Selen-defizite können den Schilddrüsenhormonstoffwechsel beeinträchtigen. Das Enzym Jodthyronin-5'-dejodinase, das vor allem für die periphere T₃-Bildung verantwortlich ist, hat sich als selenhaltiges Enzym erwiesen.(80) Bei Ratten, an die selenarme Nahrung verfüttert wurde, ging die hepatische Jodthyronin-5'-dejodinase um 47% zurück. Bei Tieren mit Selenmangel wurden auch erniedrigte T₃- und T₄-Konzentrationen gemessen.(81) Eine verminderte periphere

Umwandlung von T₄ zu T₃ infolge eines Selenmangels könnte zu einer funktionellen Hypothyreose führen, von der wiederum ein negativer Einfluss auf die Körperzusammensetzung zu erwarten wäre.

Vanadium (Vanadylsulfat)

Vanadium in Form von Vanadylsulfat wird häufig von Sportlern eingesetzt, die ihre Körperzusammensetzung verbessern wollen. Vanadylsulfat wird in der Regel als anabol wirkende Substanz beschrieben, die den Aminosäuretransport in die Zellen fördert. Mehrere Studien legen den Schluss nahe, dass Vanadium in der Lage ist, den Nüchternblutzucker zu senken und die hepatische und periphere Insulinsensitivität bei nicht-insulinabhängigen Diabetikern zu erhöhen.(82-84) Bei Nicht-Diabetikern scheint Vanadylsulfat dagegen keinen Einfluss auf die Insulinempfindlichkeit zu haben.(84) In einer zwölfwöchigen, placebo-kontrollierten Doppelblindstudie wurden die Auswirkungen von oralem Vanadylsulfat (0,5 mg/kg/die) auf Körpermaße, Körperzusammensetzung und Leistungsfähigkeit von 31 mit Gewichten trainierenden Probanden untersucht. Es wurden keine signifikanten Behandlungseffekte auf die anthropometrischen Parameter und die Körperzusammensetzung registriert. Beide Gruppen zeigten bei den meisten Übungen ähnliche Leistungssteigerungen, jedoch wurde in der Verumgruppe eine signifikante Verbesserung der Maximalkraft beim Beinstrecken mit einmaliger Wiederholung festgestellt. Die Autoren schlossen daraus, dass Vanadylsulfat bei Kraftsportlern keine Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung hat, dass seine leistungssteigernde Wirkung jedoch weiter untersucht werden muss.(85) Vereinzelt weisen Berichte darauf hin, dass Bodybuilder häufig eine Supplementation mit dreimal täglich 15 mg durchführen, doch ist von dieser Praxis abzuraten, da die Wirksamkeit einer solchen Supplementation nicht nachgewiesen ist und Informationen über die

Langzeittoxizität hoher Vanadiumdosen bis dato fehlen.

Zink

Ernährungsbedingte Zinkdefizite sind ein weit verbreitetes Phänomen. Deshalb wird für Sportler häufig eine Zinksupplementation empfohlen. Während eine ungezielte Verabreichung von Zink nicht sinnvoll sein dürfte, gibt es deutliche Hinweise darauf, dass Zink aufgrund seiner Wechselwirkungen mit einer Vielzahl von Hormonen Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung hat.

Vermutlich verändert intensives Training den Zinkstoffwechsel. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei trainierten jugendlichen Turnern der Zinkspiegel erniedrigt war. Noch niedriger lag er bei Frauen in der Allgemeinbevölkerung. Brun et al. äußerten die Vermutung, dass Zinkmangel bei Puberitäts- und Wachstumsstörungen oder bei Störungen der Muskelleistung eine Rolle spielen könnte. (86)

Einige Autoren zogen den Schluss, dass Zink bei gesunden Männern ein wichtiger Modulator des Testosteronspiegels im Serum ist. Prasad et al. stellten fest, dass eine diätetische Zinkrestriktion bei gesunden jungen Männern mit einem signifikanten Absinken der Testosteron-Serumkonzentration assoziiert ist. Sie berichteten auch, dass eine Zink-Supplementation bei gesunden älteren Männern mit marginalem Zinkmangel zu einem Anstieg des Testosteronspiegels im Serum von $8,3 \pm 6,3$ nmol/l auf $16,0 \pm 4,4$ nmol/l führte

($p = 0,02$).⁸⁷ Dabei gilt es zu bedenken, dass zwar eine Unterversorgung mit Zink die Testosteronproduktion beeinträchtigen kann, dass andererseits aber nicht nachgewiesen ist, dass eine Zink-Supplementation bei Personen mit adäquaten Zinkspiegeln zu einer überschießenden Testosteronproduktion führt.

Als Folge eines Zinkmangels kann es zu einer verminderten Produktion von Wachstumshormon und/oder Insulin-ähnlichem Wachstumsfaktor I (IGF-I; Somatomedin C) kommen.⁽⁸⁸⁾ Die orale Zinksubstitution normalisiert den Wachstumshormonspiegel und beschleunigt das Körperwachstum von Jugendlichen mit Mangel an Wachstumshormon.⁽⁸⁹⁾ Die Zink-Supplementation verursacht einen signifikanten Anstieg der IGF-I-Synthese in der Leber. Bei chronischem Zinkmangel ist die Abnahme der IGF-I-Produktion in der Leber für das verminderte Körperwachstum verantwortlich; darüber hinaus wurde nachgewiesen, dass in dieser Situation eine Rezeptorresistenz gegenüber IGF-I (und gegenüber Wachstumshormon) besteht. Durch eine Zink-Supplementation kann die Rezeptorsensitivität wieder normalisiert werden. Auch bei der Erhöhung der Rezeptorzahl kann Zink eine Rolle spielen.⁽⁹⁰⁾

Zinkmangel kann sich auch auf den Schilddrüsenhormonstoffwechsel auswirken. Die Struktur der kernständigen Schilddrüsenhormonrezeptoren enthält Zinkionen, die für die funktionellen Eigenschaften des Proteins von entscheidender Bedeutung sind.⁽⁸⁰⁾ Bei Versuchstieren mit Zinkmangel liegt die Serumkonzentration von Trijodthyronin (T₃) und freiem Thyroxin (fT₄) um etwa 30% unter den Werten von Kontrolltieren mit normalem Zinkstatus. Die Serumkonzentration von Thyroxin (T₄) wurde durch ein Zinkdefizit nicht beeinflusst. Dagegen verminderte der Zinkmangel bei diesen Tieren auch die Aktivität der hepatischen Jodthyronin-5'-deiodinase um 67%.⁽⁸¹⁾ Wegen der multiplen Wechselwirkungen zwischen Zink einerseits und für Kraft und Körperzusammensetzung relevanten Hormonen andererseits wird Sportlern empfohlen, ihren Zinkstatus bestimmen zu lassen und bei Bedarf eine Supplementation durchzuführen.

Fazit

Aus den vorliegenden Informationen ist zu schließen, dass Kraftsportler bessere Ergebnisse erwarten können, wenn sie eine routinemäßige Supplementation mit Kreatinmonohydrat (mindestens 3 g/die), einem Protein-Drink nach dem Training (40 g Protein), Vitamin C (1-3 g/die) und einem Multivitamin/Mineralien-Kombinationspräparat mit einem Anteil von ca. 3 mg Bor, 200 mcg Chrom, 200 mcg Selen, 100 mcg Vanadium und 15 mg Zink (IR 5) durchführen. Die bislang veröffentlichten Resultate zu HMB sind zwar beeindruckend; wegen des hohen Preises sollte diese Substanz jedoch nur eingesetzt werden, wenn unter der oben beschriebenen Supplementation die Leistungen stagnieren oder eine Leistungsminderung eintritt. Phosphatidylserin empfehle ich derzeit aus mehreren Gründen nicht: So fehlt zum einen der

Nachweis, dass diese Substanz zu eindeutigen Ergebnissen im Sinne einer Verbesserung von Kraft oder Körperzusammensetzung führt. Zum anderen ist die erforderliche Dosierung von 800 mg/die äußerst kostspielig. Mit Ausnahme von Glutamin empfehle ich auch nicht die routinemäßige Substitution einzelner Aminosäuren. Obwohl sich durchaus gute Argumente für die Gabe vieler einzelner Aminosäuren anführen lassen, neige ich zu der Auffassung, dass ein hochwertiges Protein-Supplement, wie z.B. Molke, den meisten Athleten alle Aminosäuren in ausreichenden Mengen zuführt. Wegen der Korrelation zwischen niedrigen Glutaminspiegeln und Übertraining sollte bei Sportlern, deren Trainingsplan das Risiko eines Übertrainings beinhaltet, eine Supplementation mit 2 g Glutamin pro Tag zusätzlich zu einer Protein-Supplementation in Erwägung gezogen werden.

Anmerkungen Dr. Ivan Ramsak, Klagenfurt (A)

Durch Anklicken kommen Sie zurück in den Text.

IR 1 und IR 1a: Bei Maximal- und Schnellkraftbelastung reicht die Energieproduktion durch Kreatinphosphat nach meiner Erfahrung längstens 8 Sekunden.

IR 2: Aus meiner Praxis empfehle ich in der Ladephase die Supplementation von 0,3 g Kreatinmonohydrat/kg Körpergewicht/die über eine Woche.

IR 3: Bei einem Körpergewicht von < 100 kg empfehle ich die Supplementation von 5g sechsmal täglich.

IR 4: Als Nebenwirkungen der Kreatin-Supplementation sind mir in der Praxis außerdem begegnet: Zunahme des Körpergewichts von 1 bis 2 kg, erhöhter Muskeltonus mit Spontanfaszikulationen und Muskeleinrissgefahr (besonders in der Ladephase), Nierenschmerzen/Proteinurie. Die Nebenwirkungen treten überwiegend in der Ladephase auf.

IR 5: Im Rahmen der Supplementation nach dem Training empfehle ich eine Dosierung von 30 mg Zink.

Anmerkung von Dr. Jochen Gruber, Hersbruck (D)

Der Beitrag führt alle mir derzeit bekannten Sachverhalte auf. Mein Therapiekonzept hat allerdings hinsichtlich der Dosierungen und verwendeten Nahrungsergänzungen noch einen individuellen Touch. Mit Hilfe der Applied Kinesiology versuche ich, die Notwendigkeit einer Substitution und deren Menge zu erfassen. Häufig stellt man z.B. fest, daß Kreatin vom Körper nicht benötigt wird,

dafür aber Stoffe wie Selen, Zink, Vitamin C vom Körper dringend gebraucht werden. Der Aufbruch dieser wichtigen Co-Faktoren ist dann z.B. wie bekannt durch Zahnherde oder Amalgambelastungen zu erklären. Somit erfolgt bei meinen "im engen Kreis betreuten" Athleten immer eine individuelle Anwendung bzw. Dosierung. (2. 12. 2000)

Literatur

Die Literaturliste kann bei **PreventNetwork** angefordert werden.

Herausgegeben von: Prevent-Network München 2001 - www.preventnetwork.com. Alle Rechte vorbehalten.

Gewerbliche Verwendung, Nachdruck, Vervielfältigung über Datenverarbeitungsanlagen und Internet nur nach Genehmigung durch **PreventNetwork** gestattet.

Redaktion: Prof. Dr. Heribert Härtinger, redaktion@preventnetwork.com

PreventNetwork, Strangenhäuschen 26, 52070 Aachen
online@preventnetwork.com, Tel. (+49) (0)180 - 511 44 30 Fax (+49) (0)180 - 511 44 35

Büro Wien: PreventNetwork, austria@preventnetwork.com,