

^{1,2}Carlsohn A, ²Bittmann F, ³Greil H, ³Kuphal M, ¹Schweigert FJ

Qualität der Kohlenhydrat- und Eiweißzufuhr im Nachwuchsleistungssport

Quality of nutritional supply of proteins and carbohydrates in adolescent competitive athletes

¹Institut für Ernährungswissenschaft, Abteilung Physiologie und Pathophysiologie, Universität Potsdam

²Institut für Sportmedizin und Prävention, Universität Potsdam

³Institut für Biologie und Biochemie, Abteilung Humanbiologie, Universität Potsdam

ZUSAMMENFASSUNG

Die Studie untersuchte das Ernährungsverhalten jugendlicher Leistungssportler einer Eliteschule des Sports (N=111) und einer moderat aktiven Vergleichsgruppe (N=28). Bezüglich Alter, Geschlechterverteilung, Body-Mass-Index und Körperdepotfett wurden keine signifikanten Differenzen zwischen Athleten und Nichtsportlern beobachtet. Trotz einer Trainingsbelastung von mehrheitlich 8-12 Einheiten wöchentlich nahmen die Athleten signifikant weniger Energie auf als der berechnete Bedarf und nur geringfügig mehr als die Nichtsportler. Die individuell zum Teil sehr hohe, im Gruppenmittel hohe Proteinzufuhr, die die Zufuhrempfehlungen für Nichtsporttreibende deutlich überschreitet, erwies sich bei Betrachtung der relativ zum Körpergewicht aufgenommenen Mengen als sportartspezifisch normal. Der Kohlenhydratanteil lag im Bereich der Empfehlungen, allerdings ist die auffällende Präferenz für niedermolekulare Zucker zu Lasten komplexer Kohlenhydrate im Rahmen der Sportlerernährung nicht vertretbar.

Schlüsselwörter: Sportlerernährung, Nachwuchsleistungssportler, Energiezufuhr, Kohlenhydrate, Proteine

SUMMARY

To evaluate nutritional behaviour and macronutrient intake of adolescent competitive athletes (N=111), we compared data with those of moderate active controls (N=28). There were no significant differences in either age, body mass index, percentage body fat or proportion of male and female subjects between the groups. Although the majority of athletes underwent a training regime of 8-12 weekly workouts, their energy intake (EI) was much lower than estimated energy requirement and only a little higher than EI of controls. The protein ingestion in a few individuals as well as in the mean of the athletes cohort was conspicuously elevated compared to recommended daily intake for non-active subjects. However, the protein intake was proved to be within the optimal range with regard to the individual body weight and specific recommendations for athletes of different sports. The proportion of carbohydrates of total energy met the recommended amount. The consumption of sugar and oligo-saccharides was very high, which is associated with a reduction of foods supplying complex carbohydrates, an observation that gives reason for concern.

Key Words: sports nutrition, adolescent athletes, energy intake, carbohydrates, protein

EINLEITUNG

Eine kontinuierliche Leistungsentwicklung von Nachwuchssportlern setzt eine langfristig bedarfsdeckende Ernährung voraus. Bei unzureichender Energiezufuhr ist der Organismus auf endogene Substratutilisierung angewiesen, vorrangig auf Abbau von Leber- und Muskelglykogen zur Glukoneogenese. Kohlenhydrate (KH) als Energiereserven des Organismus sind rasch verfügbar, ihre Speicherkapazität jedoch limitiert. Hypokalorische Diäten verringern das Glykogendepot, sodass andere Energiequellen wie Fettsäuren (Abbau von Körperdepotfett) oder Aminosäuren (Abbau von Muskelprotein) genutzt werden. Eine ausreichende KH-Zufuhr ermöglicht das Auffüllen der trainingsbedingt oder postnoctal geleerten Glykogenspeicher. Insbesondere Sportarten im Schnelligkeits- und Schnellkraftbereich sind auf eine adäquate KH-Versorgung angewiesen. Schnell kontrahierende Typ II-Muskelfasern zeichnen sich durch

Glukosepräferenz und hohe Glykogen-Phosphorylase-, Glycero-phosphat-Dehydrogenase- und Laktat-Dehydrogenase-Aktivitäten aus – Enzyme, die eine rasche Energiebereitstellung aus endogenen KH-Depots oder ihren Metaboliten ermöglichen (20). Bei intensiven Ausdauerbelastungen resultiert eine unzureichende KH-Versorgung in vorzeitiger Ermüdung (3,28). Die Menge des zur Verfügung stehenden Glykogens stellt demnach für Athleten verschiedener Sportarten einen leistungsbeeinflussenden Faktor dar (4, 12, 29).

Zwar spielen Proteine im Rahmen der Energiegewinnung – mit Ausnahme von Extremausdauerbelastungen (27) – eine untergeordnete Rolle; die Aminosäureoxidation trägt nur akzidentuell zur Energiebereitstellung bei (25). Da Proteine jedoch an fast allen Stoffwechselprozessen beteiligt sind, dient eine bedarfsadäquate Zufuhr nicht nur der Vermeidung kataboler Effekte.

Die Begriffe Kohlenhydrate und Proteine fassen eine Vielzahl chemisch verwandter Verbindungen zusammen. Substanzen

derselben Nährstoffgruppe entfalten in Abhängigkeit der Molekülgröße (Einfachzucker Glukose vs. komplexe Kohlenhydrate) oder der Art und Lokalisation funktioneller Gruppen unterschiedliche Wirkungen. Vor diesem Hintergrund ist eine detaillierte Analyse der Makronährstoffqualität zur ernährungsphysiologischen Bewertung unerlässlich. Die vorliegende Arbeit untersucht die Zufuhrmengen sowie die Qualität von Kohlenhydraten und Proteinen bei Athleten unterschiedlicher Sportarten einer Eliteschule des Sports. Ziel des Projektes war es, Unzulänglichkeiten der Versorgung von Nachwuchssportlern qualitativ und quantitativ zu erfassen, um durch geeignete Maßnahmen die Ernährung langfristig den Ansprüchen des Spitzensports anzupassen.

PROBANDEN UND METHODEN

Zur Evaluierung der Ernährungssituation jugendlicher Leistungssportler wurde das Ernährungsverhalten und die körperliche Aktivität von 111 Nachwuchssportlern der Eliteschule des Sports Potsdam mit den Daten sportlich moderat aktiver Altersgenossen (N=28) verglichen. Die Durchführung der Untersuchungen wurde von der Ethikkommission der Universität Potsdam vollumfänglich genehmigt. Athleten (15,9 Jahre) und Nichtsportler (16,3 Jahre) unterschieden sich weder im mittleren Alter noch hinsichtlich der Geschlechterverteilung signifikant. Die Athleten repräsentieren die Sportarten Fuß- und Handball, Kanusport, Leichtathletik, Moderner Fünfkampf, Rudern, Schwimmen und Triathlon. Sie trainieren mehrheitlich (80%) häufiger als einmal täglich; 46% gehören dem Landes- oder Bundeskader an. Die individuellen Ernährungsgewohnheiten wurden mittels semiquantitativem Fragebogen, die Nährstoffaufnahme durch ein validiertes 4-Tage-Ernährungsprotokoll des Deutschen Instituts für Ernährungsforschung (DIfE, Potsdam) erfasst. Zur Berechnung der Nährstoffzufuhr diente ein speziell für dieses Ernährungsprotokoll entwickeltes, auf dem Bundeslebensmittelschlüssel II.3 basierendes Softwareprogramm (2,13). Die Grundumsatzberechnung (GU) erfolgte anhand der HARRIS-BENEDICT-Formeln (21), die im Gegensatz zu Formeln der Gesundheitsorganisation WHO, die den GU um 7-20% unterschätzen, eine hinreichende Genauigkeit ermöglichen (24). Der Leistungsumsatz erhöht sich in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität um einen Aktivitätsfaktor, dem so genannten physical activity level (PAL). Die PAL-Werte wurden nach Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ernährung zugeordnet (6), dennoch sind bei Athleten und Nichtsportlern im Einzelfall Abweichungen zu erwarten.

Zur Einschätzung des Ernährungszustands liegen international standardisierte Kenngrößen wie der Body-Mass-Index (BMI) vor. Die Körpermasse wurde mithilfe einer kalibrierten elektronischen Personenwaage (SOEHNLE, Murrhardt, Deutschland), die Körperhöhe mittels Anthropometer (SIBER & HEGENER, Zürich, Schweiz) bestimmt. Der BMI genügt jedoch bei Sportlern mit einem hohen Muskelanteil nicht, um eine Klassifizierung in Unter-, Normal- oder Übergewicht vorzunehmen (8,9), sodass zusätzlich die Körperzusammensetzung mithilfe der bioelektrischen Impedanzanalyse ermittelt wurde. Zur Erfassung von Körperrumfangen, die den Muskel- bzw. Fettanteil im Oberarm reflektieren (26), diente ein Personenmaßband.

Die Daten wurden anhand des Statistik-Programms SPSS Version 12.0 für Windows ausgewertet. Als Testgrößen dienten die

Mittelwerte der zu vergleichenden Kohorten. Die Signifikanzprüfung wurde mittels t-Test für unabhängige Stichproben mit einer akzeptierten Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ (Signifikanz $p < 0.05$) durchgeführt.

ERGEBNISSE

Energiezufuhr

Die Sportler zeigen verglichen mit den Nichtsportlern keine signifikanten Unterschiede in der Nährstoffverteilung (Tabelle 2). Die weiblichen Athleten nehmen deutlich weniger Energie, Kohlenhydrate, Proteine und Fette als die männlichen Sportler auf ($p < 0.01$). Insgesamt war im Erhebungszeitraum die Energiezufuhr der Schüler signifikant niedriger, als nach den anthropometrischen Daten (Tabelle 1) und der PAL-Wert basierten Anpassung der HARRIS-BENEDICT-Energieumsatzberechnung zu erwarten wäre (Tabelle 2).

Proteinzufuhr

Die Eiweißzufuhr überschreitet erheblich die DGE-Empfehlungen für 13-25jährige durchschnittlich Aktive von 0,8-0,9g Protein pro Tag und kg Körpermasse, was in der Untersuchungskohorte je nach Körpergewicht 36-72g/d entspräche. Es wurden mittlere Proteinaufnahmen zwischen 78g/d (weibliche Nichtsportler) und 117g/d (männliche Sportler) beobachtet. Die Jugendlichen wiesen einen sehr hohen Anteil essenzieller Aminosäuren an der Proteinzufuhr auf (Tabelle 3).

Kohlenhydratzufuhr

Bei den Kohlenhydraten ist der Anteil niedermolekularer Zucker – hauptsächlich Glukose, Fruktose und Saccharose – sowie komplexer Kohlenhydrate einschließlich der Ballaststoffe relevant. Die empfohlene Ballaststoffzufuhr von mind. 30g/d wird von den Schülern

Tabelle 1: Anthropometrische Charakteristika von Athleten und Nichtsportlern.

Messgröße/Index	Subkohorte	Weiblich	Männlich
Body-Mass-Index (BMI)	Athlet	20.9 ± 2.1	21.2 ± 2.8
	Nichtsportler	20.9 ± 2.2	21.9 ± 5.0
Körperdepotfett (%)	Athlet	22.2 ± 5.0	11.8 ± 6.1
	Nichtsportler	23.3 ± 5.5	14.3 ± 8.6
Fettmasse (kg)	Athlet	12.1 ± 4.8	8.1 ± 5.9
	Nichtsportler	12.3 ± 5.1	10.1 ± 11.1
Oberarm-Muskelfläche (cm ²)	Athlet	35.6 ± 5.5 ◆	50.2 ± 14.4 ◆
	Nichtsportler	28.1 ± 4.6 ◆	41.7 ± 9.4 ◆
Oberarm-Fettfläche (cm ²)	Athlet	17.5 ± 6.9 ▼	11.6 ± 5.2 ▼
	Nichtsportler	22.6 ± 6.9 ▼	19.1 ± 15.3 ▼

▼, ◆ Gleiche Symbole stellen signifikante Differenzen zwischen Athleten und Nichtsportlern dar ($p < 0.05$). Daten geben Mittelwert ± Standardabweichung wieder.

lern knapp oder gar nicht erreicht (Tabelle 2). Insgesamt wurde ein sehr hoher Konsum niedermolekularer Kohlenhydrate beobachtet. Der Gesamtzuckeranteil (Summe der Mono- und Disaccharide) beträgt bei den Athleten 53,7% (Nichtsportler: 47,5%), der Saccharoseanteil 27,4% (resp. 24,9%) der Kohlenhydratzufuhr. Die Athleten nehmen somit durchschnittlich $91.1/d \pm 47$ Haushaltszucker (Nichtsportler: $75,7\text{ g/d} \pm 35$) auf (Abbildung 2).

Tabelle 2: Energie- und Makronährstoffzufuhr von Athleten und Nichtsportlern beiden Geschlechts.

Makronährstoff	Gruppe	Weiblich	Männlich
Energiezufuhr (kcal/d)	Athleten	2154 ± 633 ◊ ▼	2954 ± 1024 ◊ ▼
	Nichtsportler	2138 ± 594 ▼	2569 ± 942 ▼
Berechneter Bedarf (kcal/d)*	Athleten	3063 ± 190 ◊ ◊ ▼	3683 ± 442 ◊ ◊ ▼
	Nichtsportler	2324 ± 123 ◊ ◊ ◊	2838 ± 513 ◊ ◊ ◊
Fett (g/d)	Athleten	68 ± 25 ◊	96 ± 42 ◊
	Nichtsportler	73 ± 24	90 ± 38
KH (g/d)	Athleten	291 ± 91 ◊	390 ± 130 ◊
	Nichtsportler	281 ± 76	336 ± 120
Eiweiß (g/d)	Athleten	83 ± 25 ◊	117 ± 48 ◊
	Nichtsportler	78 ± 28	91 ± 32
Ballaststoffe (g/d)	Athleten	26 ± 9 ◊	33 ± 15 ◊
	Nichtsportler	30 ± 15	31 ± 11

Daten als Mittelwert ± Standardabweichung. Symbole stellen signifikante Differenzen zwischen den Geschlechtern (◊), zwischen Sportlern und Nichtsportlern (◊) bzw. zwischen Energiezufuhr und -bedarf (▼) dar. * Nach Harris und Benedict, beruhend auf den anthropometrischen Messwerten.

Tabelle 3: Mittlere Proteinzufuhrmengen und Anteile essenzieller Aminosäuren.

Qualitative Angaben zur Proteinzufuhr*	Männliche Athleten	Männliche Nichtsportler	Weibliche Athleten	Weibliche Nichtsportler
Eiweiß (g/d)	117,3 ± 48	91,2 ± 32	82,8 ± 25	77,6 ± 28
Essenzielle Aminosäuren (g/d)	54,7 ± 23	43,1 ± 156	38,6 ± 12	36,6 ± 14
Nichtessenzielle Aminosäuren (g/d)	54,6 ± 22	44,0 ± 15	39,0 ± 12	37,5 ± 13
Anteil pflanzliches Eiweiß	34,3 %	39,3 %	36,1 %	46,6 %
Anteil tierisches Eiweiß	65,7 %	60,7 %	63,9 %	53,4 %

*Zufuhrmengen in Gramm pro Tag dargestellt als Mittelwert ± Standardabweichung.

DISKUSSION

Die Kongruenz von Energiezufuhr und Bedarfsschätzung sowohl bei weiblichen als auch bei männlichen Nichtsportlern bestätigt die Validität der angewandten Formeln zur Energiebedarfsschätzung adoleszenter Probanden. Die Verzehrsprotokolle ergaben eine Energiezufuhr von 92% resp. 91% des Bedarfs. Dagegen protokollierten die Athleten eine deutlich unter den Bedarfsschätzungen liegende Energiezufuhr (70% resp. 80%). Die anthropometrischen Daten (BMI, Körperdepotfett, Fettmasse) sprechen gegen die Hypothese einer Dysbalance zwischen Energiezufuhr und -verbrauch. Bei keinem dieser den Ernährungszustand reflektierenden Werte unterscheiden sich die Sportler signifikant von den Nichtsportlern. Sowohl der BMI – unter Vorbehalt seiner Eignung zur

Abschätzung des Normalgewichts von Leistungssportlern – als auch der mittlere Körperfettanteil liegen im Normalbereich (Tabelle 1). Underating und Underreporting (23) können die auffällige Diskrepanz zwischen PAL-Wert basierten Bedarfsschätzungen und Energieaufnahme nicht erklären. Nach hier vertretener Auffassung ist die Anwendbarkeit der PAL-Wert-Empfehlungen bei Leistungssportlern zu hinterfragen.

Ein niedrig-normaler KH-Anteil (männlich: 53,2% der Energiezufuhr [E%], weiblich 54,6 E%) im Rahmen einer hypokalorischen Kost führt zu einer geringen Gesamt-Kohlenhydrataufnahme. Die Speicherkapazität des Organismus für Kohlenhydrate ist jedoch begrenzt. Die Leber enthält ca. 150g Glykogen, weitere 250-300g sind als Muskelglykogen metabolisierbar, hinzu kommen etwa 15g extrazelluläre Glukose (17). Dies ergibt ein energetisches Speicherpotenzial von ca. 50% des täglichen Energieverbrauchs der Trainierenden, wobei Kinder mit weniger Muskelmasse über geringere Kohlenhydratdepots verfügen. Der zur Versorgung obligat glukoseabhängiger Zellen notwendige minimale KH-Bedarf liegt bei 150g/d (24) und steigt bei körperlicher Aktivität, sodass als Orientierung der Anteil an der Energiezufuhr dient. Ausdauer-sportlern wird eine Nährstoffverteilung von ≥ 55 E% Kohlenhydrate, 12-15 E% Eiweiß und ≤ 30 E% Fett empfohlen (22). Die Empfehlung setzen die untersuchten Ausdauerathleten mit 56,4 E% KH, 15,8 E% Eiweiß und 27,8 E% Fett gut um. Verglichen mit etablierten Eliteathleten anderer Nationen jedoch ist der KH-Anteil der Nachwuchssportler gering, der Fettkonsum zu hoch. Untersuchungen zeigen bei kenianischen Spitzenläufern einen KH-Anteil von 67-76 E%, nur 13-17,5 E% sind auf Fette zurückzuführen (5, 7, 18).

Bei unzureichender Kohlenhydratzufuhr erhöht sich die endogene Glukoneogenese aus Glykogen und Proteinen. Um Belastungen, bei denen Energie aus Glykolyse bereitgestellt wird, realisieren zu können und den Abbau von Muskelprotein zur Glukoneogenese zu vermindern, ist eine bedarfsdeckende, auf mehrere Tagesrationen verteilte KH-Aufnahme notwendig. Polysaccharide mit einem niedrigen glykämischen Index sind dabei gegenüber niedermolekularen Kohlenhydraten zu bevorzugen. Anzustreben ist ein Saccharoseanteil unter 10% der Gesamtkohlenhydratzufuhr (24). Die Analyse der Ernährungsprotokolle zeigt jedoch eine deutliche Präferenz der Nachwuchsathleten für Haushaltszucker (Abbildung 2).

Erfolgsvoraussetzung systematischen Trainings ist eine schnelle Regenerationsfähigkeit, wobei den Glykogenspeichern der Muskulatur eine hohe Bedeutung zukommt. Das Wiederauffüllen entleerter Glykogenspeicher nach erschöpfendem Training gestaltet sich mit einer Kohlenhydrat-Eiweißmischung wesentlich effizienter als nur mit Kohlenhydraten (1, 11). Zudem trägt eine Proteingabe nach Belastung zur schnellen Rehydratation bei, was gerade

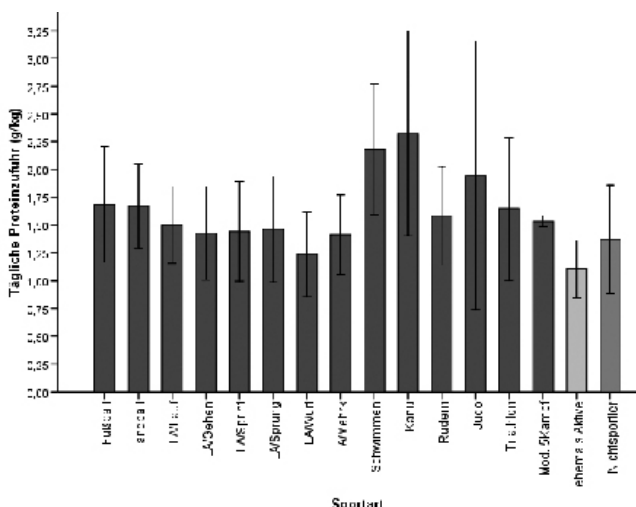


Abbildung 1: Durchschnittliche relative Proteinaufnahme in den einzelnen Sportarten und bei Nichtsportlern.

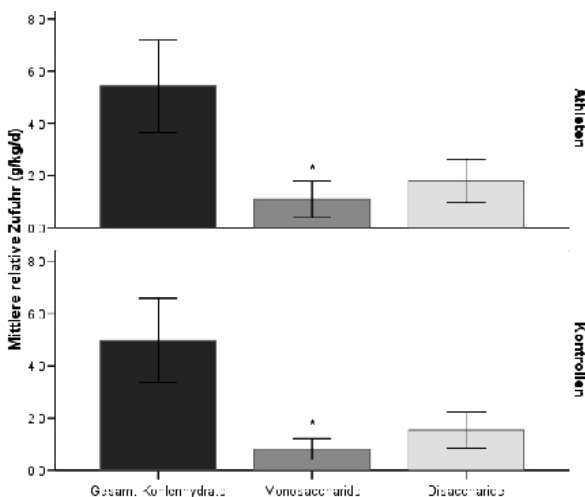


Abbildung 2: Anteile niedermolekularer Kohlenhydrate an der Gesamtkohlenhydratzufuhr bei Sportlern und Nichtsportlern (* symbolisiert signifikante Differenz zwischen den Gruppen).

bei intensiven Ausdauerbelastungen oder Sportarten mit Turniercharakter („englische Wochen“) für eine rasche Regeneration von Relevanz ist. Ein weiterer Aspekt bei der Bewertung von Proteinen in der Sportlerernährung ist die Möglichkeit, bei erschöpften Kohlenhydratspeichern während mehrstündiger Belastungen Energie aus Aminosäuren durch Oxidation des Kohlenstoffgerüsts zu gewinnen (14,15).

Neben dem Bedarf an essenziellen Aminosäuren werden von verschiedenen Fachgesellschaften auch Empfehlungen für die Gesamtmenge der täglichen Eiweißaufnahme gegeben. Ein erhöhter Aminosäurespiegel im Blut stimuliert die Proteinsynthese in der Muskelzelle (anaboler Effekt) und vermindert in geringerem Umfang den zellulären Proteinabbau (kataboler Effekt). Eine quantitative und qualitative hochwertige Eiweißzufuhr verschiebt somit das Gleichgewicht zwischen Anabolismus und Katabolismus in Richtung Muskelaufbau (10,11,16).

In Abhängigkeit von Belastungsart und -intensität ist der Proteinbedarf im Vergleich zu Nichtsportlern erhöht (30). Genügen

im Normalfall bereits 0,8-0,9g/kg Körpermasse zu einer ausgeglichenen Eiweißbilanz, wird Athleten eine Proteinaufnahme von 1,2-1,8g/kg empfohlen (15,22,25). Daher sollten die in der vorliegenden Untersuchung deutlich über den DGE-Empfehlungen liegenden Eiweißzufuhrmengen der Sportler nicht ohne differenzierende Analyse als zu hoch kritisiert werden. Vielmehr muss im Einzelfall geprüft werden, ob sich der Athlet bezogen auf Körpergewicht und ausgeübte Sportart im individuellen Optimalbereich bewegt (Abbildung 1). Zu vermeiden sind sowohl Proteinmangelversorgungen als auch ein Proteinexzess, da adoleszente Athleten besonders anfällig für negative Effekte von Proteinsupplementen zu sein scheinen (30). Als Nebenwirkungen seien Diarrhö sowie eine durch die Proteinzufuhr hervorgerufene starke Sättigung, die eine unzureichende Kohlenhydrataufnahme nach sich zieht, genannt. Eine kontinuierlich hohe Proteinzufuhr steigert den Calciumabbau. Die durch Calcitriol hervorgerufene Verminderung der Knochendichte begünstigt Stressfrakturen, eine häufige Ursache verletzungsbedingten Trainingsausfalls. Überschüssig zugeführter Stickstoff wird renal eliminiert, was bei Proteinexzess zu einer hohen Nierenbelastung mit dem Risiko einer Niereninsuffizienz führt. Vor dem Hintergrund der Verantwortlichkeit für die Gesundheit und Vermeidung leistungssportbedingter Spätschäden der Athleten ist eine gründliche Abwägung der Schaden-Nutzen-Bilanz einer Proteinsupplementierung dringend anzuraten, zumal die Untersuchung zeigt, dass die optimalen Eiweißmengen problemlos mit der habituellen Ernährung erreicht werden. In Abhängigkeit der Sportart bewegt sich die Proteinzufuhr zwischen 1,2 und 2,3g/kg Körpermasse (Abbildung 1).

Für den Muskelaufbau und glykogensparenden Effekt des Proteins ist die biologische Wertigkeit des zugeführten Eiweiß entscheidend, die sich bei identischer Summenformel, aber divergierender Stereoisometrie unterscheidet. Als Beispiel sei die Chiralität der Aminosäuren genannt. Je nach Anordnung der Aminogruppe im Raum wird in Anlehnung an die beiden Enantiomere des Glycerinaldehyds in L- bzw. D-Konfiguration unterschieden (FISCHER - Projektion). Proteine bestehen ausschließlich aus L-Aminosäuren. Die verzweigtkettigen (Valin, Leucin, Isoleucin, Threonin), aromatischen (Phenylalanin, Tryptophan, für Kinder auch Tyrosin) sowie die Aminosäuren Lysin und Methionin werden als essenziell bezeichnet, da sie vom menschlichen Organismus nicht synthetisiert werden können. Das Verteilungsmuster und die Quantität essenzieller Aminosäuren (eAA) in der habituellen Kost sind daher von Bedeutung. Aufgrund der Wachstums- und Reifeprozesse benötigen Kinder im Rahmen einer bedarfsdeckenden Eiweißzufuhr einen höheren eAA-Anteil als Erwachsene (36% resp. 19% eAA) (19). Bei allen Gruppen unserer Studie lag der eAA-Anteil an der Proteinaufnahme bei ~50%, sodass von einer hochwertigen Proteinqualität auszugehen ist. Interessant ist, dass eine Präferenz tierischer Proteinquellen (männliche Athleten) den eAA-Anteil im Vergleich zu einem ausgewogenen Verhältnis pflanzlicher und tierischer Eiweiße (weibliche Nichtsportler) nicht beeinflusst (Tabelle 3).

AUSBLICK

Die Nährstoffverteilung in der Ernährung der Nachwuchsleistungssportler kommt im Mittel den Empfehlungen für die einzelnen Disziplingruppen nahe. Insbesondere die hohe Qualität der Ei-

weißzufuhr, d.h. der Anteil essenzieller Aminosäuren übertrifft die Erwartungen. Verbesserungsbedarf ist jedoch bei der Kohlenhydratzufuhr geboten. Vorrangig der Konsum niedermolekularer Kohlenhydrate bedarf im Rahmen einer sportgerechten Ernährung einer drastischen Verringerung. Hingegen ist die Menge komplexer Kohlenhydrate zu Lasten der Fettzufuhr zu erhöhen. Empfehlenswert ist eine Verringerung des Fettkonsums bei gleichzeitiger Optimierung des Fettsäuremusters. Weiterer Handlungsbedarf scheint notwendig, um eine disziplinspezifisch optimale, die sportliche Leistungsentwicklung unterstützende Ernährung an den Eliteschulen des Sports in praxi dauerhaft umzusetzen.

DANKSAGUNG

Für die Unterstützung danken wir dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp), dem Ministerium für Bildung, Jugend und Sport (MBS) des Landes Brandenburg, dem Olympiastützpunkt Potsdam, der Eliteschule des Sports „Friedrich Ludwig Jahn“ Potsdam sowie den teilnehmenden Schülern und deren Trainern.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

- BERARDI JM, PRICE TB, NOREEN EE, LEMON PW: Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc* 38 (2006) 1106-1113.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: Bundeslebensmittelschlüssel II.3, entnommen aus: www.bls.nvs2.de, Zugriff: April 2006.
- BURKE LM, HAWLEY JA: Fat and carbohydrate for exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 9 (2006) 476-481.
- CARTER J, JEUKENDRUP AE, MUNDEL T, JONES DA: Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflugers Arch* 446 (2003) 211-219.
- CHRISTENSEN DL, VAN HALL G, HAMBRAEUS L: Food and macronutrient intake of male adolescent Kenyan runners in Kenya. *Br J Nutr* 88 (2002) 711-717.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (DGE), ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (ÖGE), SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSFORSCHUNG UND SCHWEIZERISCHE VEREINIGUNG FÜR ERNÄHRUNG (HRSG): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Umschau/Braus, Frankfurt/Main, 2001.
- FUDGE BW, WESTERTERP KR, KIPLAMAI FK, ONYWERA VO, BOIT MK, KAYSER B, PITSILADIS YP: Evidence of negative energy balance using doubly labelled water in elite Kenyan endurance runners prior to competition. *Br J Nutr* 95 (2006) 59-66.
- GREIL H, TRIPPO U: Physique and body composition: comparisons of methods and results. *Coll Antropol* 22 (1998) 345-363.
- HERM, KP: Standards der Sportmedizin. Methoden der Körperfettbestimmung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 54 (2003) 153-154.
- IMMEL-SEHR: DGSP aktuell, Kongressbericht. Protein - ein verkannter Nährstoff? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 55 (2004) VI-VII.
- IVY JL, GOFORTH HW, JR., DAMON BM, MCCAULEY TR, PARSONS EC, PRICE TB: Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol* 93 (2002) 1337-1344.
- KHANNAGL, MANNAI: Supplementary effect of carbohydrate-electrolyte drink on sports performance, lactate removal & cardiovascular response of athletes. *Indian J Med Res* 121 (2005) 665-669.
- KOEBNICK C, WAGNER K, THIELECKE F, DIETER G, HOHNE A, FRANKE A, GARCIA AL, MEYER H, HOFFMANN I, LEITZMANN P, TRIPPO U, ZUNFT HJ: An easy-to-use semiquantitative food record validated for energy intake by using doubly labelled water technique. *Eur J Clin Nutr* 59 (2005) 989-995.
- KOOPMAN R, PANNEMANS DL, JEUKENDRUP AE, GIJSEN AP, SENDEN JM, HALLIDAY D, SARIS WH, VAN LOON LJ, WAGENMAKERS AJ: Combined ingestion of protein and carbohydrate improves protein balance during ultra-endurance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 287 (2004) E712-720.
- LEMON PW: Protein requirements of soccer. *J Sports Sci* 12 (1994) S17-22.
- LEVENHAGEN DK, GRESHAM JD, CARLSON MG, MARON DJ, BOREL MJ, FLAKOLL PJ: Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 280 (2001) E982-993.
- LÖFFLER G: Stoffwechsel der Kohlenhydrate, in: Löffler G, Petrides PE (Hrsg): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer-Verlag, Stuttgart, 1998, 377-424.
- ONYWERA VO, KIPLAMAI FK, BOIT MK, PITSILADIS YP: Food and macronutrient intake of elite Kenyan distance runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14 (2004) 709-719.
- PETRIDES PE: Ernährung, in: Löffler G, Petrides PE (Hrsg): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer-Verlag, Stuttgart, 1998, 707-730.
- PETRIDES PE: Muskelgewebe, in: Löffler G, Petrides PE (Hrsg): *Biochemie und Pathobiochemie*. Springer-Verlag, Stuttgart, 1998, 949-969.
- ROZA MA, SHIZGAL HM: The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am J Clin Nutr* 40 (1984) 168-182.
- SHECK A: Topleistungen im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung. Philippka-Sportverlag, Münster, 2002.
- SCHNEIDER R: Vom Umgang mit Zahlen und Daten. Eine praxisnahe Einführung in die Statistik und Ernährungsepidemiologie. Umschau Zeitschriften Verlag, Frankfurt am Main, 1997.
- SUTER PM: Ernährung. Checklisten der aktuellen Medizin. Thieme Verlag, Stuttgart, 2002.
- TARNOPOLSKY M: Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* 20 (2004) 662-668.
- TRIPPO U: Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährungsgewohnheiten von Erwachsenen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. Dissertation, Universität Potsdam Zugriff: opus.kobv.de/ubp/volltexte/2005/143/pdf/trippo.pdf, 2005.
- VOLK O, NEUMANN G: Verhalten ausgewählter Aminosäuren während des Dreifachtriathlons. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 52 (2001) 169-174.
- WILLIAMS MB, RAVEN PB, FOGT DL, IVY JL: Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res* 17 (2003) 12-19.
- WINNICK JJ, DAVIS JM, WELSH RS, CARMICHAEL MD, MURPHY EA, BLACKMON JA: Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function. *Med Sci Sports Exerc* 37 (2005) 306-315.
- WOLFE RR: Protein supplements and exercise. *Am J Clin Nutr* 72 (2000) 551-557.

Korespondenzadresse:

Dipl.- Ernährungswiss. Anja Carlsohn
Institut für Sportmedizin und Prävention
Universität Potsdam
Am Neuen Palais 10
14469 Potsdam
E-Mail: carlsohn@uni-potsdam.de