

Key Words【栄養：nutrition、身体パフォーマンス：athletic performance、クライアント教育：client education、エビデンスに基づく実践：evidence-based practice、パフォーマンスの強化：performance enhancement】

身体パフォーマンスを強化するためのエビデンスに基づく栄養戦略

Evidence-Based Nutritional Strategies to Enhance Athletic Performance

Nicole Schroeder, PT, DPT, CSCS

Physical Therapy Department, The University of Findlay, Findlay, Ohio

要約

デジタル時代の今日、大多数の人々が、誤った情報も含め、栄養に関する情報をメディア、ソーシャルメディア、オンラインのストリーミングビデオなどから手軽に入手できる。健康、体力、体重管理、身体パフォーマンスに果たすその役割により、栄養は最大の関心事である。人々の関心と入手できる情報により、有資格の医療提供者やエクササイズ専門職は、クライアントの総合的な健康と身体パフォーマンス向上のために、エビデンスに基づく優れた栄養相談の情報源になることができる。本稿の目的は、現場の専門職とクライアントに、身体パフォーマンスの向上を目的とした栄養戦略に関して、エビデンスに基づく教育を提供することである。

はじめに

デジタル時代の今日、大多数の人々が、誤った情報も含め、栄養に関する情報をメディア、ソーシャルメディア、オンラインのストリーミングビデオなどから手軽に入手できる。健康(7,47,51,58,59,82)、体力(11,29,30,39,48,83)、体重管理(9,13,17,28,34,40,43,50,72)や

身体パフォーマンス(3,15,16,23,24,31-33,37,38,41,45,46,54,55,64,70,74,86)に果たすその役割により、栄養は、たびたび取り上げられるテーマである。その人気により、多くのメディアが栄養に関する話題を論じる特集記事や動画を配信しているが、それらは栄養の専門家が主導している場合も、そうでない場合もある。実質的なエビデンスを欠いた記事や動画は、逸話的な、または誤った情報の提示に繋がり、クライアントの誤解を招き、健康に悪影響を及ぼしかねない(5)。誤った情報が提示される可能性があるため、資格をもつ医療提供者やエクササイズ専門職は、健康、体力および身体パフォーマンスを向上させるために、質の高い、エビデンスに基づく栄養教育を提供しなければならない。例えば、アスリートは、パフォーマンスを強化するために、筋力や持久力、および身体組成を改善するための栄養戦略に目を向けることが多く、情報を探る過程で、食生活、断食、食事のタイミング、水分補給、栄養補助食品(サプリメント)などの話題をみつけると思われる。それらはすべて、有資格の医療提供者やエクササイズ専門職が、質の高い、エビデンスに基づいた教育を提供できるテーマである。

業務範囲内での一般的な栄養相談を

行なう資格をもつ医療提供者およびエクササイズ専門職、例えば、理学療法士(62)、認定アスレティックトレーナー(57)、ストレングス&コンディショニング(S&C)専門職(61)などは、栄養教育がその業務範囲に含まれる人々である。しかし、栄養相談のトピックは各専門職の業務範囲に記載されていないが、法的に栄養教育を提供できるのは誰かについて、個々の臨床家は、各州の専門職業法を確認する必要がある。栄養業務に関する州の規制に関しては、アメリカ栄養協会(American Nutrition Association)が概要を提示している(6)。

医療従事者は自身の知識の深さを評価し、個別化したカウンセリングや病気の治療のための栄養処方を提供してはならないことを知っておく必要がある。S&C専門職の役割は、クライアントの健康を増進し、身体パフォーマンスを向上させるために、エビデンスに基づく最善の方法を用いた一般的な栄養相談を提供することである。疾病の症状や臨床状態、または栄養欠乏症の患者が個別の栄養相談を必要とする場合や疾患の治療のための詳細な栄養処方を必要とする場合は、登録栄養士(RD)に照会する(1,78)。RDは、資格を取得するために必要な教育を修了して

いるため、個別の栄養計画を作成する資格を有する。これらの教育段階は各州で異なるが(18)、一般的には、臨床栄養学、フードサービスシステム管理、食養学、食品学、栄養学、および関連分野の学士号の取得と栄養学の実習プログラムの修了、さらにRD資格取得のための能力試験の合格、そして州免許の取得が含まれる(1,78)。RDは、栄養学および栄養に関する幅広い知識を有しているため、フィットネス専門職や医療従事者は、S&C専門職の業務範囲内での実践を確実にこなすためにも、照会先の専門職としてRDを活用する必要がある。

医療従事者は、専門的かつ個人的な業務範囲を確定した上で、誤解を解消し、健康的な習慣を育む行動を促し、身体パフォーマンスを強化するための一般的な栄養相談を行なうことができる。本稿の目的は、ダイエット、断食、食事のタイミング、サプリメント、水分補給、および主要/微量栄養素などを考慮した栄養戦略を用いて、身体パフォーマンスの向上に関して、エビデンスに基づくレビューを提供することである。

ダイエット

スポーツ競技によっては、卓越したパフォーマンスのために体組成が重要な変数となる(26)。例えば、アスリートが自身の重い体重を動かす必要のあるパワー系スポーツでは、体重に相対的なパワーを最適化することが重要となる(79)。すなわちそのアスリートは、筋肥大により除脂肪量を増やし、同時に体脂肪量を減らすことを望むだろう。一方、長距離ランナーや自転車競技選手は、体表面積に対する体重比が熱放散に有利となるように、低体重を維持することに重点を置く(63)。このような理由から、スポーツ選手は、身体組成を改善し競争力を高めるためのダイエット、すなわち食事対策に取り組

む場合がある。カウンセリング過程を開始する際に注意を要するのは、「ダイエット(diet)」という言葉は必ずしも絶食や摂取制限を意味しないということである。ダイエットとは、定期的に摂取する食品や飲料から得るエネルギーと栄養素の総和を意味する(10)。しかし、クライアントは一般的にダイエットを食事制限と考えているため、断食に関する報道を見たり、市販のダイエットプログラムを使って減量に成功した人の話を聞いたりして、自分が選択したスポーツで成功するためには、減量したり、筋量を増やしたり、それらのダイエット法のいずれかをを用いる必要があると考えている可能性がある。このようなアスリートは、S&C専門職に利用可能なダイエットについて、最良の結果をもたらす方法を尋ねるかもしれない。アスリートの質問に答えるためには、まず、様々なダイエットについて知ることが重要である。

国際スポーツ栄養学会(ISSN: International Society of Sports Nutrition)における2017年のレビューは、すべてのダイエットは次の5種類のいずれかに分類されると述べた。すなわち、低エネルギーダイエット、低脂質ダイエット、低炭水化物・ケトジェニックダイエット、高タンパク質ダイエット、および断食である(10)。固有の名称で呼ばれる各種ダイエット法も、すべてこの5種類のいずれかに分類される。これらのダイエット法の違いをそれぞれ理解することは、エネルギーの様々な摂取手段を理解し、それぞれのダイエット法に適したクライアント集団を特定するためのカギである。低エネルギーダイエットでは、急速な体重の減少を達成し、除脂肪量を維持する目的で、クライアントは通常、1日800~1200kcal(9)を、しばしば液体として摂取すると説明されている。低脂質ダイエットの説明はより主観的であり、典型的に、20~35%の脂肪摂取量で構成

される食事が含まれる(51)。しかし、この脂肪摂取量の割合は、主要栄養素の推奨摂取量(RDA)における許容範囲内であるため、健康全般のためにも守るべき通常の推奨量である(53)。

低炭水化物ダイエットとケトジェニックダイエットは、技術的には同じカテゴリーに属するものの重要な違いがある。それは、低炭水化物ダイエットは炭水化物の上限を40%、または1日当たり200g未満に抑える食事法と定義されるが(22)、これに対してケトジェニックダイエットは、炭水化物からのカロリー摂取を10%以下、または1日50g以下に抑える食事法と定義される(87)。ケトジェニックダイエットでは、炭水化物の摂取を制限し、タンパク質の摂取は、通常、1日に体重1kg当たり1.2~1.5gと控えめに維持し(66)、残りのエネルギー、すなわち総カロリーの約60~80%を脂質から摂取する。その目標は、血中の循環ケトン体を上昇させること、すなわちケトシス状態を達成することである。これは、循環ケトン体が増加すると体脂肪がより大きく減少するという好ましい理論に基づいている(87)。しかし、この主張の主な根拠となる研究では、ケトジェニック群は、はるかに多量のタンパク質も摂取していた。この点は、このダイエット計画の採用について質問するクライアントに対する教育の要点である(75)。

それぞれのダイエットの違いにもかかわらず、ISSNは、それらの食事計画と食事行動の有効性を評価し、様々なダイエット法(低脂質、低炭水化物およびケトジェニック)は、体組成の改善に同様に効果的であると結論づけた(10)。低炭水化物ダイエットと低脂質ダイエットの系統的レビューでは、どちらも脂肪の減少に効果的な方法であることが証明された(28,30,34)。したがって、クライアントに対しては、低脂質ダイエット、低炭水化物ダイエット、

ケトジェニックダイエットはいずれも有効であり、体重減少や体脂肪量の減少など、長期的な体組成の変化という点では、必ずしもどれが優れているとはいえないことを教育できる。また、注意すべき重要な点として、減量を目指す場合、体重減少の速度が遅いほど除脂肪量(筋量)を保持しやすく、それが筋力と運動パフォーマンスの向上をもたらすだろう(23)。

除脂肪量に関しては、筋量を増やすために利用可能な貯蔵タンパク質を増やすことを期待して、高タンパク質ダイエットがしばしば採用されるが、この方法は研究により支持されている。高タンパク質ダイエットでは、総カロリー摂取量の25%以上をタンパク質源から摂取するとされる(51)。研究によると、除脂肪量の増加と体脂肪量の減少に関しては、タンパク質の摂取を1日の推奨摂取量の2倍まで、すなわち体重1kg当たり1.6gまで増やすことは、RDA(0.8g/kg)よりも一貫して優れていることが明らかになっている(47)。

絶食

最後に、断続的な絶食には複数の種類と様々な実践方法があるため、分類はより困難である。しかし、クライアントにより良い教育を提供するためには、このダイエットのバリエーションとそれらの実践に関する研究を理解しておくことが重要である。一貫して行なう絶食のうち最も一般的な方法は、クライアントが24時間の絶食期間(600kcal未満)と24時間の摂食期間を交互に繰り返す交互断食である。断続的な絶食のもうひとつの方法は、1週間に1回か2回ずつ、24時間の全日断食を行なうが、それ以外の日は通常のカロリー摂取を伴う方法である。最後に、時間制限食は、通常、16～20時間を絶食時間とし、4～8時間を食事摂取の時間とする(82)。研究によると、絶食の

効果に関しては、断続的なカロリー制限と毎日行なうカロリー制限は、その利益に有意差は存在しないことが明らかとなっている(17,43,72)。ある研究では、最長1年間にわたり、同じ長さの絶食期間と摂食期間を交互に繰り返すことは、体重とウエスト周囲径の減少に関して、連続的なエネルギー制限と同程度に効果があることが明らかになった(43)。したがって、ある人にとっては断続的な絶食が適していると思われるが、他の人にとっては、どのような方法であれ、絶食は適切ではなく、実行可能でもなく、また必要ではない場合もあると思われる。また、夜間の絶食(12時間)は絶食の一種であり、日中の絶食でみられる、血糖値の低下、眠気、苛立ち、頭痛、代謝の低下などの副作用がなく、断続的な絶食と同様の利益をもたらす可能性があることも考慮することが重要である。

ダイエットと体組成に関する考察

除脂肪量の増加によって体組成を改善しようとする場合、研究によると、成人のタンパク質摂取量を、一般的推奨レベルである1日体重1kg当たり0.8gから1.6gまで大幅に増やすと、体組成を改善できるとの結論が得られた(47)。また、レジスタンストレーニングを行なった被験者では、除脂肪量が有意に増加し、脂肪が減少したことにより、アスリートのタンパク質摂取量を1日体重1kg当たり2.4gまでさらに増やすことを支持する研究もある(50)。アスリートがエネルギー摂取を制限している場合のタンパク質の必要量は、2014年に発表された系統的レビューの結果に基づくと、除脂肪量1kg当たり2.1～3.1gに増加する(32)。さらに、Antonioらが実施した研究(7)によると、タンパク質を1日体重1kg当たり3.3g摂取した場合と、2.6g摂取した場合とを比較して、レジスタンストレーニングを行なった被験者の筋力と

身体組成に有意差は生じなかったことから、タンパク質摂取の効果的な上限を設定できることが明らかとなった。また、この値を安全な上限値であると判断できる。なぜならタンパク質摂取量を1日3.3g/kgに増やして1年間摂取しても健康に悪影響がないことが、包括的代謝パネルと血中脂質プロファイルを用いた研究により証明されているからである(8)。このエビデンスに基づいて、我々はアスリートに対し、健康への悪影響を及ぼすことなく、身体組成と身体パフォーマンスを改善するために、タンパク質摂取量を1日当たり2.4～3.3g/kgに増やすように助言できる。しかし、タンパク質摂取量を増やすことは、身体組成と身体パフォーマンスを改善するための成功戦略であると思われるが、安静時エネルギー消費量の変化、適応的熱産生、または適応的体温調節など、カウンセリング中に考慮すべき他のいくつかの要因がある。全体として、人間には、活動量や摂取カロリーが日々変化しているにもかかわらず、体重を比較的一定に保つ優れた能力がある。これは、ホメオスタシスを維持するための身体組織の複雑な相互作用によるものである。例えば、アスリートのカロリー摂取量が少なすぎる場合は、身体は、同じ体重を維持するためにエネルギー消費量を減らし、空腹感を高める。逆に、カロリー摂取量が多い場合は、身体は栄養、行動、自律神経、内分泌の複雑な相互作用を利用して、空腹感を抑え、安静時のエネルギー消費量を増やそうとする(13)。つまり、体組成改善の成功は、栄養だけでなく、身体組織の複雑な相互作用とダイエット計画の順守に依存している。要するに、クライアントに対しては、この一連のエビデンスを用いて、低脂質ダイエットと低炭水化物ダイエットがほぼ同様の結果をもたらすこと、タンパク質摂取量の増加は体組成の改善に役立つ可能性があること、そして、良好

な結果をもたらす可能性を高めるためには、順守しやすいダイエットを選択すべきであることなどを教育できる(表1)。

食事のタイミング

競争上の優位を得ようとするアスリートからよく尋ねられるのは、減量やパフォーマンス、代謝の効果で最良の結果を得るためには、運動トレーニングの前に食事をすべきか、ということである。複数の研究により、運動前に炭水化物を摂取すると持久力が向上することが示されているため、アメリカスポーツ医学会(ACSM)は、運動前、運動中、運動後の特定のタイミングと炭水化物の摂取量を推奨している(36)。しかし、複数の研究が、健康状態やフィットネスの目標によっては、すべてのクライアントに当てはまるとは限らないと報告している。ある研究で

は、有酸素性運動前の絶食は、摂食状態での運動と比較して、 $\dot{V}O_2\text{max}$ を有意に増加させ、安静時の筋グリコーゲンを増加させることが明らかになった(77)。さらに、絶食状態または摂食状態での運動に関する2018年の系統的レビューでは、運動時間や栄養の必要性に関して、いくつか重要な結論が報告された。まず、運動前の食事は、60分以上にわたる長時間の有酸素性運動におけるパフォーマンスを向上させた(3)。この結論は、持久走や自転車競技、水泳を行なうクライアントに対し、パフォーマンスを向上させるトレーニングや試合前の手段として指摘することが重要である。しかし、有酸素性運動の時間が短い場合(60分未満)、57%の研究では、絶食状態と摂食状態を比較した場合、パフォーマンスに差がないことが示されている(3)。したがって、クライアントが5kmのレースを走

る場合や、30分の自転車レースを行なう場合、また特にフィットネスの目標が体重減少を含む場合は、運動前の食事は不要であると思われる。無酸素性運動については、ある研究では、レジスタンストレーニングの30分前に炭水化物を摂取することにより、疲労困憊までの時間が延長され、より長く、より有益なエクササイズを実施できることが明らかにされた(24)。しかし、クライアントが高強度インターバルトレーニング(HIIT: high-intensity interval training)を行ないたい場合には、3件の研究によると、運動前の食事の有無によってパフォーマンスに差はないことが明らかにされている(25,48,70)。全体として、これらの結果を用いると、パフォーマンスを向上させるためには、60分以上の有酸素性運動の前には食事を摂るように、またレジスタンストレーニングの前には、運動時間を延ば

表1 ダイエットと体組成に関するエビデンスの要約

主題	著者	研究デザイン	結果の測定	結果
低脂質ダイエットと低炭水化物ダイエット	Hall & Guo (28)	32 件の対照摂食試験のメタ分析で、563 名の被験者が、炭水化物と脂質の等カロリー置換を行なった。	1 日のエネルギー消費量の加重平均差(WMD)および体脂肪変化のWMD	エネルギー消費量(26kcal/日、 $p<0.0001$) および脂肪減少量(16g/日、 $p<0.0001$)は、低脂質ダイエットのほうが大きかったが、効果量が小さいため、生理学的な有意性はほとんどない。
	Hashimotoら (30)	肥満者 1,416 名を対象とした 14 件のランダム化比較試験のメタ分析で、炭水化物食とコントロール食とを比較。	体重と脂肪量の平均変化	低炭水化物ダイエットは、体脂肪量の減少と関連があった。
	Hooperら (34)	3 件のランダム化比較試験の系統的レビューとメタ分析。73,589 名の参加者の総脂肪摂取量の低下と通常の総脂肪摂取量を比較した 10 件のコホート研究。	体重、体格指数、ウエスト周囲径	低脂質ダイエットは、相対体重、体格指数、およびウエスト周囲径の低下と関連づけられる
断続的断食	Seimonら (72)	断続的エネルギー制限を含むダイエットを実施した成人を対象とした 40 件の論文と、継続的エネルギー制限を直接比較した 12 件の論文の系統的レビュー。	エネルギー制限前と制限終了時の体重、体格指数、体組成のうちいずれか 1 つ以上	断続的な断食は、継続的なエネルギー制限と同程度に体重、体脂肪量、除脂肪量を減らす効果があるが、減量効率を向上させることはないと思われる。
高タンパク質ダイエット	Helmsら (32)	少なくとも 6 ヶ月間レジスタンストレーニングを行なった平均年齢 23.4 歳の成人男女を対象とし、タンパク質の摂取量、除脂肪量、体脂肪量を報告した 6 件の研究の系統的レビュー。	体脂肪率および除脂肪量(FFM)	エネルギー制限を行なっているレジスタンストレーニング経験のあるアスリートは、2.3 ~ 3.1 g/kg(FFM)のタンパク質が必要であると思われる。

すために炭水化物の食事を摂るようクライアントを教育できる。ただし、運動セッションにHIITが含まれている場合は、トレーニング前の食事がパフォーマンスを変化させる可能性は低い。

上記の研究は、持久力と総合的なパフォーマンスに関する食事のタイミングだけでなく、代謝効果、すなわち体組成のもうひとつの要素である運動生体エネルギーについても提言している。ひとつの結論は、絶食後の運動は、摂食後の運動に比べると、運動後の循環遊離脂肪酸を増加させると述べている(3)。つまり、空腹時の運動は、遊離脂肪酸の分解と利用をより一層促進する。この研究では、空腹時の運動は、代謝の適応を有益に制御するシグナル伝達経路を活性化すると述べていて、この主張はもうひとつの結論により証明されている(3)。最後に、この系統的レビューは、運動前の食事は脂肪組織の代謝を鈍らせると結論づけている(3)。運動前に食事を摂ると、エネルギー源として身体がすぐに利用できる炭水化物があるため、脂質分解の減少に繋がる。この主張は、空腹時の運動が脂肪の代謝を高めるという結論の妥当性を示している。さらに、運動前の食事は、長時間の運動中における骨格筋の代謝を鈍らせることも研究により明らかになっている。つまり、運動前に食事をすることで、エネルギー源として分解される筋が減少するという意味である。空腹時に運動することにより、脂肪だけでなく、筋組織もエネルギー基質として利用される。このエビデンスは、クライアントとトレーニング目標に関して話し合う際に利用できる。フィットネスの目標が脂肪の減少であれば、絶食後の運動が有益であると思われる。しかし、筋量の増大が目的であれば、食後の運動のほうがより望ましいといえる。

水分補給

体組成や代謝の管理は、身体パフォーマンスにとって重要な要素であるが、考慮すべきことはそれ以外にもある。スポーツ選手は、スピードや持久力の向上によって身体パフォーマンスを高めるための栄養戦略についてよく質問する。このような質問から、水分補給状態の維持や改善に関する話し合いへと展開することが多い。複数の研究によると、水分不足が身体パフォーマンスや筋力、パワー、および持久力を低下させることが示されており(31,38,41)、そのため多くの人々が、水分補給は運動および身体パフォーマンスにとって重要であると助言している。実際、研究によると、体重の2%の減少は脱水と相関関係があり、筋力が著しく低下することが指摘されている(41)。水分補給の重要性と、ナトリウムと塩化物のミネラル類が発汗により失われるという知識から、水分補給状態を維持し、電解質バランスを正常化し、運動によるエネルギー貯蔵を維持するには、これらのミネラルを含むスポーツドリンクが必要であるとの考えをもたらしした。しかし、体内のエネルギー貯蔵量は、中強度から高強度の運動を60～90分行なった後に減少することが研究で明らかになっている(58-60,73)。この減少を補うためには、このような長時間の運動にとって栄養補給が適切であると考えられる。したがって、運動時間が60～90分より長くなる場合には、エネルギーと電解質のバランスを維持するために、460～690mgのナトリウムを含み、炭水化物濃度が約6～8%のスポーツドリンクを摂取するとよいだろう(26,44)。しかし、運動時間が60～90分未満であれば、環境条件や運動強度にもよるが、水でも十分に運動量に応じた水分補給ができる可能性が高い。アスリートは、エクササイズセッションの前後に体重を測定し、体重に変化がない場合や、2

%未満の減少であれば、十分な水分を摂取していると確信できる(41)。一般的なガイドラインは、青少年と成人の場合、運動20分ごとに約9オンス(約270cc)の水分を摂取することであるが(26)、この値は、個人、運動種目、持続時間、強度、環境条件によって大きく異なる。クライアントへの助言は、エビデンスに基づく、水分補給の必要性が運動時間や強度、および環境条件に左右されることに着目し、脱水を防ぐためのモニタリング方法に焦点を当てることが必要である。また、脱水の予防とパフォーマンスの向上に、スポーツドリンクを必要としない場合もあることを強調すべきである。

サプリメント

アスリートは、水分補給だけでなく、スピード、筋力、持久力のパフォーマンスを向上させるために、サプリメントを利用することにも関心を向ける。最も入手しやすく、最も広く利用されているサプリメントには、カフェイン(21)やクレアチンモノハイドレート(80)などがある。カフェインについては、研究により、個人差はあるものの、精神的な意識の向上、代謝の増加、摂取後4時間まで続く疲労の報告の減少などの形で、身体パフォーマンスの向上が明らかになっている(26,68,76)。実際、カフェインの効果はきわめて多様であるため、アスリートの反応は様々に異なり、身体パフォーマンスに非常に有益な場合から改善なしまで、または有害な場合さえある(37,54,86)。カフェイン反応には大きなばらつきがあるにもかかわらず、このサプリメントは、パフォーマンスの向上を目的として、広く使用され続けている。競技の60分前に体重1kg当たり3～9mgを摂取するのが、通常推奨される摂取量である(21,68)。カフェインは、パフォーマンスを向上させる可能性はあるが、その使用は、脱水、微量栄養素の

取り込みの減少、震えや心不整脈の可能性をもたらすこともありうる(76)。したがって、スポーツ選手に助言する場合、全米大学体育協会(NCAA)の規則では、尿1ml当たり15mgまたは約500mgのカフェイン(コーヒー6～8杯分に相当)を競技2～3時間前に摂取することが、安全にパフォーマンスの向上を促すために守るべき適切な制限であるとしている(76,85)。それでもなお、カフェインは、個人の反応により様々な異なる効果をもたらす薬物として扱うことが重要である(68)。また同じく重要なことは、カフェインを摂取するための栄養ドリンクの利用は人気があるようだが、これらの製品は過剰な炭水化物や糖分を供給する傾向があり、また、タウリンや高麗人参、マテなど、安全性や有効性に関するエビデンスが乏しく、規制されていない成分も含まれている可能性があることに注意が必要である。

アスリート用のサプリメントとしてもうひとつ人気があるのが、様々な形態のクレアチンモノハイドレートである。サプリメントを使用するアスリートの90%が何らかの形でクレアチンを使用している(80)。クレアチンは、我々の体内に自然に存在する物質であり、約95%がホスホクレアチンとして筋内に貯蔵され、特に短時間の高強度運動時におけるエネルギー産生に使用される。この知識により、多くのアスリートが、生成される筋内エネルギーの量を増やし、最終的に筋力とパフォーマンスを向上させるために、クレアチンサプリメントを利用している。通常、アスリートは、下肢の運動のためには、1日当たり 20.9 ± 9.7 g、5～7日間のローディングから開始し、その後、1日当たり1.25～22gのメンテナンスプログラムを6～98日間実施する(46)。上肢の運動のためのローディング用量は非常によく似ていて、1日当たり 20.9 ± 4.5 gを5～7日間から開始

し、メンテナンス量は1日当たり1.25～27gで5～98日間実施する(45)。このような投与により、様々な食物を含む食事から通常摂取される1日当たり1gの量よりもかなり高濃度のクレアチンが摂取され(19)、筋力を高める目的のために、筋内のクレアチンリン酸をエネルギー源として徐々に多く利用できるようになる。複数の研究により、クレアチンの補給は、対照群と比較してベンチプレスでの力発揮が平均5.3%向上し(45)、スクワットでの力発揮が8%向上する(46)など、筋力増強に効果的であることが示されている。

さらに、クレアチンの補給は、プロトコルや補給量に関係なく、持続時間が3分以内の運動パフォーマンスにおいて筋力を増加させることが研究により明らかになっている(19,27,45,46,64)。クレアチンモノハイドレートの有効性が証明されたことによりその使用が拡大したが(80)、その結果、安全性と必要性の両方に関する検討が進んだ。例えば、このような過剰な摂取による腎臓障害のリスクが問われている。研究レビューによると、腎臓疾患のないアスリートやボディビルダーを対象としたクレアチン補給に関する16件の研究において、腎機能に悪影響がないことが明らかになった(20)。このレビューに含まれる研究は、クレアチンの使用は短期(5日間)から長期(5年間)まで、投与量は1日当たり5～30gで、これは報告されている典型的なローディング量とメンテナンス量の範囲内である(20)。クレアチンの補給は、典型的なローディング量とメンテナンス量の範囲内であれば、筋力向上のための安全で効果的な手段であるという知識は、パフォーマンスの向上を望むアスリートに栄養相談を行なう際の重要な留意点である(69)。しかし、クレアチンの補給は、パワー(持続時間が3分以内の活動)の向上には十分効果があるが、チームスポーツや

有酸素性運動のパフォーマンスの向上に使用することの有効性、および5年後の安全性調査が実施されていないことに疑問が残る可能性がある。また、クレアチンの補給により無酸素性パフォーマンスが向上しなかった被験者を示した研究もあるため、補給に対する個人の反応の差異も疑問視されている(2,33,49)。その他に留意すべき点としては、ホールフード(いわゆる自然食品)は、サプリメントには含まれない栄養素やミネラルによる利益が得られるため、タンパク質の必要量を満たすためにこれを用いることが推奨されている(44)。さらに、筋内のクレアチン貯蔵量が60～80%で飽和し(64)、十分なエネルギーとタンパク質があれば体内でクレアチンを合成できるため、動物性と植物性どちらの食品も摂る典型的な食事では、クレアチンの補給は不要と思われる。クレアチンの補給の初期段階では水分貯留が起こるため体重が増加し、筋量が増加したと錯覚することで、アスリートの体組成の目標が狂ってしまう可能性がある(42,88)。これらの留意点は広範囲で多岐にわたるが、エビデンスに基づく重要な話題であり、筋力パフォーマンスの向上を目的としたサプリメントの摂取に関するクライアント教育に含める必要がある。

前述のとおり、アスリートが筋力とパフォーマンスを向上させるために使用する最も一般的なサプリメントは、クレアチンモノハイドレートとカフェインである(21,80)。アスリートがこれらのサプリメントを使用する可能性は高い。そのため、これらのサプリメントに関するエビデンスおよび身体パフォーマンスへの影響についてアスリートと話し合うことが適切である。しかし、サプリメントについて話し合う一方で、アスリートの栄養摂取と主要栄養素または微量栄養素の補給の必要性についても検討することが重要であ

る。これまでの研究により、競技パフォーマンスの向上には、十分な多量栄養素および微量栄養素の貯蔵を維持することが必要であることを裏づける十分なエビデンスが提供されている。

主要栄養素と微量栄養素に関する考察

主要栄養素については、いくつかの研究で、運動能力を向上させるためのタンパク質、炭水化物、脂肪の摂取量に関する指針が示されている。タンパク質の摂取に関しては、研究により、高品質の食事性タンパク質が骨格筋の修復と合成の促進に効果的であることが明らかにになっている(83)。骨格筋は、常にタンパク質を生成し分解している。すなわち、それぞれ同化と異化と呼ばれるプロセスである。筋量を増やすためには、タンパク質の同化作用が異化作用を上回らねばならない。レジスタンストレーニングは、タンパク質の同化と異化の両方を引き起こすため、食事性タンパク質の摂取量を増やすことで、タンパク質の合成プロセスを助け、筋量を増加させることができる。食事性タンパク質、特に完全なアミノ酸組成をもつタンパク質源を摂取することにより、アスリートは分岐鎖アミノ酸であるイソロイシン、ロイシン、バリンを摂取し、筋タンパク質の合成経路、すなわちラパマイシン標的タンパク質(mTOR)経路を直接活性化できる(26)。このような知見から、除脂肪量を増やし、体脂肪量を減らし、身体パフォーマンスを向上させる効果的な方法として、タンパク質摂取量を1日の推奨摂取量を上回る1日2.4g/kgまで増やすことも効果的である(50)。さらに、タンパク質源も非常に重要であることも忘れてはならない。最適なタンパク質源は9種類の必須アミノ酸をすべて含み、「完全タンパク質(complete proteins)」と呼ばれる。例として、肉、卵、キヌア、大豆、全乳などが挙げられ

る。研究により、レジスタンストレーニング後、全乳を主成分とするタンパク質を摂取することは、除脂肪量と筋力の増加に効果的であることが示されている(29,39,40)。最適な摂取のタイミングは運動後24時間以内であり、この時間帯は食事性タンパク質摂取に対する感受性が高いからである(11)。しかし、アスリートは多忙なスケジュールにより、前述のような自然食のタンパク質源の入手可能性や利便性が制限される場合がある。その場合は、分離した乳清タンパク質のサプリメントが適切な代替品になる可能性もあるが(67)、サプリメントの推奨は慎重に行わない、アスリートにはできるかぎり自然食品源を中心に摂取するように勧めるべきである。したがって、アスリートのクライアントに対するタンパク質摂取に関する教育は、標準的推奨摂取量よりも多く摂ることに注目し、運動後24時間以内に牛乳を主成分とするタンパク質源を摂ることに焦点を当てることが必要である。例えば、体重150ポンド(68.2kg)のアスリートが体重当たり2.4gを摂取するためには、1日当たり約164gのタンパク質が必要である。このアスリートが推奨量を達成するためには、まず、1カップの全乳(タンパク質8g)や1カップのカッテージチーズ(タンパク質25g)などの乳製品を摂ることから着手できるだろう(84)。

前述のように、研究によると、60分以上続く持久力運動では、運動前の炭水化物の摂取によりパフォーマンスが向上することが明らかにになっている(3)。パフォーマンスの向上を目的として、運動時間や運動強度、さらにアスリートの体格などに応じた具体的な炭水化物の推奨量が、研究により提示されている。中強度の運動プログラム(1日1時間)に参加するアスリートは、1日当たり5~7g/kgの炭水化物の摂取を目指し(15)、持久力運動プロ

グラム(中~高強度の運動を1日1~3時間)に参加するアスリートは、1日当たり6~10g/kgの炭水化物の摂取を目指すことが研究により推奨されている(15)。例えば、体重150ポンド(68.2kg)の持久系アスリートが6g/kgの摂取量を達成するためには、1日に約409gの炭水化物が必要となる。

炭水化物はアスリート集団にとって基本的に重要であるが、クライアントへの教育では、炭水化物の総摂取量だけでなく、栄養価の高い、身体パフォーマンスに不可欠な他の主要栄養素や微量栄養素を含む供給源にも焦点を当てる必要がある。例えば、1カップの全粒粉には78gの炭水化物、4gの食物繊維、8gのタンパク質が含まれている。中程度の大きさのさつまいも1個には、炭水化物25g、タンパク質2g、鉄1mg、ビタミンA1,150 μ gが含まれている。1/2カップのドライオートミールは、1食当たり炭水化物29g、繊維4g、タンパク質5g、鉄1mg、カルシウム14mgの栄養素を含むので、栄養価の高い朝食メニューとして最適な例である(84)。

脂肪は細胞膜の必須成分であり、脂溶性ビタミンの吸収にも必要なため、レジスタンストレーニングを行なっているアスリートは、長期間にわたり脂肪摂取量を20%以下に減少させてはならないこと(12)、また不飽和脂肪酸に重点を置くことが研究により推奨されている。アボカド、ピーナッツバター、サーモン、アーモンド(84)などの不飽和脂肪酸は、血中コレステロール値の低下に有効だからである(35)。アスリートが脂質の摂取量を気にしている場合は、低脂肪食といえども1日のカロリー摂取量の20~35%は脂質で摂取する必要があること、またそれが健康全般にとっても推奨されることを思い起こしてもらおうとよいだろう(51)。

微量栄養素の摂取については、身体パフォーマンスに必須の鉄、カルシウ

ム、ビタミンDなど、いくつかの重要な栄養素が特定されている(4)。鉄は赤血球に多く含まれるため、血液の生成に不可欠な栄養素である。赤血球にはヘモグロビンと呼ばれるタンパク質が含まれ、酸素の運搬、取り込み、利用において重要な役割を担っている。鉄は、活動筋に酸素を供給するために不可欠であるため、アスリートは鉄のRDAである女性7~27mg/日、男性7~11mg/日を摂取することがきわめて重要である(26)。アスリートは、赤血球が破裂して十分な速さで補充されない溶血性貧血に陥る危険性があるため、鉄分の摂取は特に重要である。溶血性貧血の結果、鉄とヘモグロビン濃度が全体的に低下し、疲労感が増し、パフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性がある。長距離ランナーは、走行中のフットストライク(かかと接地)により赤血球が破壊されるため特に危険である(65,81)。身体パフォーマンスへの悪影響が指摘されているため、アスリートはパフォーマンスの向上のためには、鉄のRDAを満たし、鉄の枯渇を避けなければならない。さらに、鉄は、ホウレン草、牛肉の赤身、黒豆などの食品源から摂取することが推奨され(84)、食事からの摂取が十分であればサプリメントは必要ないとされる(14)。しかし、研究によると、女性の持久系アスリートにおける鉄分不足の発生率が25%に達することが示されているため(52,71)、この集団には、RDまたはスポーツ栄養学の認定専門職によるサプリメント摂取もしくは詳しい食事分析のどちらか、またはその両方を行なうことが適切である。

カルシウムは、骨の成長、維持、修復および筋収縮の調節、神経伝導、正常な血液凝固、さらに疲労骨折のリスク低減に不可欠であることが研究により明らかになっている。したがって、アスリートには、カルシウムのRDAである女性2,000IU/日、男性3,000IU/日を

満たす必要性について教育し、サプリメントではなく、乳製品、ギリシャヨーグルト、ケール(84)などの食物源を通じてRDAを満たすことを奨励すべきである(26)。しかし、カルシウム欠乏症はパフォーマンスに悪影響を及ぼし、傷害リスクを高めるため、サプリメントによるカルシウムの補給が推奨される場合もある。このようなカルシウム欠乏症は、通常、低エネルギー摂取、乱れた食生活、または乳製品の忌避などに関連しており、これは、十分なエネルギー摂取に関する教育がカルシウム不足を改善する可能性があることを意味している。カルシウム欠乏症の場合やエネルギー摂取量が少ない場合、または月経不順の場合などにサプリメントによるカルシウムの補給が推奨されることもあるが(56)、心に留めるべき重要なこととして、アスリートにはなお、自然食品源からのカルシウムの摂取に重点を置くことを奨励するべきである。

最後に、ビタミンDは骨の健康維持や代謝機能を仲介する役割を果たすため、身体パフォーマンスの向上のために考慮すべき栄養素である(4)。ビタミンDはカルシウムの吸収を促進する遺伝子の発現を調節し、カルシウムは骨密度、筋収縮、神経機能、血管の拡張と収縮、ホルモン分泌に直接関与している。したがってビタミンDは、骨格筋や心筋の機能、骨の健康、身体パフォーマンスの調節に重要な役割を担っている(26)。身体パフォーマンスを向上させるために必要なビタミンDの最適濃度は、80~125nmol/lであることが研究により確定されている(16)。これを達成するために、クライアントに対して、成人のビタミンDのRDAである15~20μg/日を満たすことの重要性を教育できる(14)。この勧告は、サケやキノコなどの食物源からRDAを満たすことに重点を置いているが(84)、負傷したり、食物摂取が不十分だった

り、または紫外線への曝露が少ない時期には、サプリメントの摂取が勧められる場合もある(55)。

パフォーマンスを増強するための栄養戦略への取り組みと、それに関連する様々な留意事項が重要であるため、**表2**は、パフォーマンスを強化するためのエビデンスに基づく栄養相談の簡易資料として作成されている。

まとめとして、各クライアントは多くの一般的な栄養情報を手軽に入手できるため、有資格の医療従事者およびエクササイズ専門職は、起こりうるあらゆる誤解に対処し、健康全般を改善し、身体パフォーマンスを増強するために、総合的なエビデンスに基づいた栄養相談を行なうことがきわめて重要である。そのためには、研究に目を向け、アスリートにできるかぎり最適な教育を提供することがきわめて重要である。エクササイズ専門職としての指導者の使命は、クライアントの健康で活動的なライフスタイルを実現し、アスリートとしての成功を支援することだからである。S&C専門職は、エビデンスに基づく最良の実践を見極めて、それらの原理をクライアント教育に応用することにより、その使命を全うできる。◆

表2 エビデンスに基づく栄養戦略と留意点

提言	留意点
食事のタイミング 持久力を高めるためには、長時間(60分以上)走る前に食事を摂る(3)。	1時間以上の有酸素性運動を行なう場合、運動前に食事を摂ることでパフォーマンスが向上する(3)。 60分以内の運動や高強度インターバルトレーニング(HIIT)を行なう場合は、フィットネスの目的にもよるが、運動前の食事はほとんど必要がない(3,24,48,70)。 空腹時の運動は、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加(77)と体脂肪量の減少の効果が期待できる(3)。
体組成 低脂肪、低炭水化物、ケトジェニックの各ダイエットは、体重減少、体脂肪量の減少、除脂肪量の増加など、体組成の改善と維持に同程度の効果を示す(10,28,30,34)。	緩やかな減量は、除脂肪量(筋量)を維持しやすくなり、筋力や運動能力を向上させることができる(23)。 ダイエットを成功させるためには、継続可能なダイエットを選択する(13)。
水分補給 アスリートは運動の前後に体重を測り、運動中に体重を減らさないことを目標とし(41)、20分ごとに約9オンス(270cc)の飲水を心がける(26)。	アスリートは、記載されている適切な摂取量を超える水分摂取が必要であり、その量は運動時間、運動強度、環境要因によって変わる。 体重が2%減少すると、筋力は有意に低下する(41)。
タンパク質の摂取 タンパク質の摂取量を1.6g/kg/日に増やすと、除脂肪量の増加および体脂肪量の減少により、体組成の改善に役立つ可能性がある(47)。 痩せ型で、レジスタンストレーニングを行なっているアスリートは、2.4～3.3g/kg/日の摂取が推奨される(8,32,50)。	9種類の必須アミノ酸をすべて含む牛乳由来のタンパク質が、最も良質なタンパク源である(29,39,40)。 体組成の改善は、消費される総カロリーと使用されるタンパク質の種類に依存する。食事性タンパク質を多く摂取すると、筋の修復が促進され(83)、そのため、負傷をした場合や高強度トレーニングを行なう時に推奨される。 運動後24時間は、タンパク質の摂取に理想的な時間である(11)。
脂肪の摂取 アスリートは脂質摂取量を長期的に20%以下に制限してはならない(12)。	脂肪酸は燃料として利用され、細胞膜の重要な構成要素であり、また脂溶性ビタミンの吸収を可能にする(12)。 不飽和脂肪酸が望ましい(35)。
炭水化物の摂取 推奨量は運動時間と運動強度に基づく(15)。 中強度(1時間/日): 5～7g/kg/日 高強度(1～3時間/日): 6～10g/kg/日	推奨ガイドラインは、アスリートの体格とセッションの特性に応じて、当該トレーニングセッションで炭水化物の高い利用可用性を提供することに基づいている。
鉄の1日の推奨摂取量(26) 女性は7～27mg/日 男性は7～11mg/日	鉄は酸素の運搬に不可欠であり、このミネラルがないと身体パフォーマンスが低下する。 不足がある場合のみ、サプリメントで補うことが推奨される(14)。
ビタミンDの1日の推奨摂取量(26) 15～20μg ビタミンDの最適血中濃度: 80～125nmol/ℓ	現在のデータでは、ビタミンDをアスリートのエルゴジェニックエイドとしては支持していない。 ビタミンDの補給が必要と思われるアスリート: 疲労骨折、骨・関節の損傷、オーバートレーニング、筋痛、筋力低下、紫外線への暴露などがある(55)
カルシウムの1日の推奨摂取量(26) 女性は2,000IU/日 男性は3,000IU/日	カルシウムの摂取不足は、一般的に低エネルギー摂取、乱れた食事習慣、または乳製品を摂らないことと関連がある。 研究によると、カルシウムの欠乏はパフォーマンスに悪影響を及ぼし、傷害のリスクを増加させることが明らかにされている。 補給は、不足している場合にのみ推奨される(56)。
カフェイン には、疲労軽減、代謝亢進、精神的覚醒など、パフォーマンスを向上させる効果がある(26,68,76)。 NCAAの推奨上限: 活動の2～3時間前に500mg(コーヒーカップ6～8杯分)を摂取することは安全とされている(76,85)。 パフォーマンスの向上に推奨される標準的なカフェインの摂取量は、競技の60分前に体重1kg当たり3～9mg/kgである(68)。	カフェインの摂取はパフォーマンスを促進するが、脱水および微量栄養素の取り込みの低下、震えや不整脈の危険性もある(76)。 カフェインを補給する場合は、安全な上限を設定することが重要である(76,85)。 効果には個人差があり、カフェインは薬物として扱う必要がある(37,54,68,86)。
クレアチンモノハイドレート の補給により、筋力パフォーマンスを改善できる(19,27,45,46,64)。 下肢のエクササイズのための標準的な処方では、5～7日間20.9±9.7g/日を摂取し、続いて6～98日間1.25～22g/日を摂取する(46)。 上肢のエクササイズのための標準的な処方では、20.9±4.5g/日を5～7日間、続いて1.25～27g/日の摂取を5～98日間維持する(45)。	クレアチンを5～30g/日、5年間摂取しても、腎機能に有害な影響はない(20)。 レジスタンストレーニングの前に炭水化物食を摂取することにより、クレアチンのサプリメントに余分な費用をかけずに、運動時間と、最終的には身体パフォーマンスを改善できる(3)。 クレアチンとタンパク質の補給は、体重の増加に繋がる可能性があり、特定のスポーツ活動の妨げになる場合もありうる(42,88)。 十分なエネルギーとタンパク質を摂取しているアスリートは、体内でクレアチンを合成できるため、サプリメントが不要であることを意味する(17)。

References

- Academy of Nutrition and Dietetics. Qualifications of a registered dietitian and nutritionist. Available at: <https://www.eatright.org/food/resources/learn-more-about-rdns/qualifications-of-a-registered-dietitian-nutritionist>. Accessed February 13, 2020.
- Aedma M, Timpmann S, Latt E, Oopik V. Short-term creatine supplementation has no impact on upper-body anaerobic power in trained wrestlers. *J Int Soc Sport Nutr* 12: 45, 2015.
- Aird TP, Davies RW, Carson BP. Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and metaanalysis. *Scan J Med Sci Sports* 28: 1476–1493, 2018.
- American College of Sports Medicine and Academy of Nutrition and Dietetics Dietitians of Canada. Joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Ex* 48: 543–568, 2016.
- American Dietetic Association. Position of the American dietetic association: Food and nutrition misinformation. *J Amer Diet Assoc* 106: 601–607, 2006.
- American Nutrition Association. Available at: <https://theana.org/advocate>. Accessed September 30, 2020.
- Antonio J, Ellerbroek A, Silver T, Vargas L, Peacock C. The effects of a high protein diet on indices of health and body composition- a crossover trial in resistance-trained men. *J Int Soc Sports Nutr* 13: 3, 2016.
- Antonio J, Ellerbroek A, Silver T, et al. A high protein diet has no harmful effects: A oneyear crossover study in resistance-trained males. *J Nutr Metab* 2016: 9104792, 2016.
- Ar L. Formula food-reducing diets: A new evidence-based addition to the weight management tool box. *Nutr Bull* 39: 238–246, 2014.
- Aragon A, Schoenfeld B, Wildman R, et al. International society of sports nutrition position stand: Diets and body composition. *J Int Soc Sports Nutr* 14: 1–19, 2017.
- Areta JL, Burke LM, Ross ML, et al. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Phys* 591: 2319–2331, 2013.
- Bird SP. Strength nutrition: Maximizing your anabolic potential. *Strength Cond J* 32: 80–86, 2010.
- Boguszewski C, Paz-Filho G, Velloso L. Neuroendocrine body weight regulation: Integration between fat tissue, gastrointestinal tract, and the brain. *Endokrynol Pol* 61: 194–206, 2010.
- Burden RJ, Morton K, Richards T, Whyte GP, Pedlar CR. Is iron treatment beneficial in iron-deficient but non-anaemic (idna) endurance athletes? A meta-analysis. *Br J Sport Med*. 49: 1389–1397, 2015.
- Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29(Suppl 1): S17–S27, 2011.
- Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJ. Athletic performance and vitamin D. *Med Sci Sports Ex* 41: 1102–1110, 2009.
- Catenacci V, Pan Z, Ostendorf D, et al. A randomized pilot study comparing zero-calorie alternate-day fasting to daily caloric restriction in adults with obesity. *Obesity (Silver Spring)* 24: 1874–1883, 2016.
- Commission on Dietetic Registration. Available at: <https://www.cdrnet.org/statelicensure>. Accessed September 30, 2020.
- Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: An update. *J Int Soc Sports Nutr* 9: 33, 2012. Available at: <https://www.jissn.org/content/9/1/33>.
- Davani-Davari D, Karimzadeh I, Ezzatzadegan-Jahromi S, Sagheb M. Potential adverse effects of creatine supplement on the kidney in athletes and bodybuilders. *Iran J Kid Dis* 12: 253–260, 2018.
- Del Coso J, Muñoz G, Muñoz-Guerra J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Appl Physiol Nutr Metab* 36: 555–561, 2011.
- Frigolet M, Ramos Barragán V, Tamez GM. Low-carbohydrate diets: A matter of love or hate. *Ann Nutr Metab* 58: 320–334, 2011.
- Garthe I, Raastad T, Refsnes P, Koivisto A, Sundgot-Borgen J. Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 21: 97–104, 2011.
- Galloway SD, Lott MJ, Toulouse LC. Preexercise carbohydrate feeding and high-intensity exercise capacity: Effects of timing of intake and carbohydrate concentration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 24: 258–266, 2014.
- Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity* 21: 2249–2255, 2013.
- Haff GG, Triplett N. *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed). Chicago, IL: Human Kinetics, 2016.
- Hall M, Trojjan H. Creatine supplementation. *Nutr Erg Aids* 12: 240–244, 2013.
- Hall K, Guo J. Obesity energetics: Body weight regulation and the effects of diet composition. *Gastro* 152: 1718–1727, 2017.
- Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr* 86: 373–381, 2007.
- Hashimoto Y, Fukuda T, Oyabu C, et al. Impact of low-carbohydrate diet on body composition: meta-analysis of randomized controlled studies. *Obesity* 17: 499–509, 2016.
- Hayes L, Morse C. The effects of progressive dehydration on strength and power: Is there a dose response? *Eur J Appl Physiol* 108: 701–707, 2010.
- Helms E, Zinn C, Rowlands D, Brown S. A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: A case for higher intakes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 24: 127–138, 2014.
- Hoffman JR, Stout JR, Falvo MJ, Kang J, Ratamess NA. Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J Strength Cond Res* 19: 260–264, 2005.
- Hooper L, Abdelhamid A, Moore H, et al. Effect of reducing total fat intake on body weight: Systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials and cohort studies. *BMJ* 345: e7666, 2012.
- Institute of Medicine FaNB. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids*. Washington, DC: National Academies Press, 2005.
- JADA. Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American College of sports medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 100: 1543–1556, 2000.
- Jenkins NT, Trilk JL, Singhal A, O'Connor PJ, Cureton KJ. Ergogenic effects of low doses of caffeine on cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 18: 328–342, 2008.
- Jones LC, Cleary MA, Lopez RM, Zuri RE, Lopez R. Active dehydration impairs upper and lower body anaerobic muscular power. *J Strength Cond Res* 22: 455–463, 2008.
- Josse AR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Body composition and strength changes in women with milk and resistance exercise. *Med Sci Sport Exer* 42: 1122–1130, 2010.
- Josse AR, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Increased consumption of dairy foods and protein during diet- and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women. *J Nutr* 141: 1626–1634, 2011.
- Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, et al. Hydration and muscular performance: Does fluid balance affect strength, power and high-intensity endurance? *Sports Med* 37: 907–921, 2007.
- Juhn MS, O'Kane JW, Vinci DM. Oral creatine supplementation in male collegiate athletes: A survey of dosing habits and side effects. *J Am Diet Assoc* 99: 593–595, 1999.
- Keogh J, Pedersen E, Petersen K, Clifton P. Effects of intermittent compared to continuous energy restriction on short-term weight loss and long-term weight loss maintenance. *Clin Obes* 4: 150–156, 2014.
- Kreider R, Wilborn C, Taylor L, et al. ISSN exercise and sport nutrition review: Research and recommendations. *J Int Soc Sports Nutr* 7, 2010. Pgs. 10, 15, 30.
- Lanher C, Pereira B, Naughton G, et al. Creatine supplementation and upper limb strength performance: A systematic review and

- meta-analysis. *Sports Med* 47: 163–173, 2017.
46. Lanhers C, Pereira B, Naughton G, et al. Creatine supplementation and lower limb strength performance: A systematic review and meta-analyses. *Sports Med* 45: 1285–1294, 2015.
 47. Layman D, Evans E, Erickson D, et al. A moderate-protein diet produces sustained weight loss and long-term changes in body composition and blood lipids in obese adults. *J Nutr* 139: 514–521, 2009.
 48. Little JP, Chilibeck PD, Ciona D, et al. Effect of low-and-high-glycemic index meals on metabolism and performance during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sports Nutr Exerc Metab* 20: 447–456, 2010.
 49. Lobo DM, Tritto AC, da Silva LR, et al. Effects of long-term low-dose dietary creatine supplementation in older women. *Exp Gerontol* 70: 97–104, 2015.
 50. Longland T, Oikawa S, Mitchell C, Devries M, Phillips S. Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: A randomized trial. *Am J Clin Nutr* 103: 738–746, 2016.
 51. Makris A, Foster G. Dietary approaches to the treatment of obesity. *Psychiatr Clin N Am* 34: 813–827, 2011.
 52. Malczewska J, Raczyński G, Stupnicki R. Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 10: 260–276, 2000.
 53. Manore MM. Exercise and the institute of medicine recommendations for nutrition. *Curr Sports Med Rep* 4: 193–198, 2005.
 54. Meyers BM, Cafarelli E. Caffeine increases time to fatigue by maintaining force and not by altering firing rates during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol* 99: 1056–1063, 2005.
 55. Moran DS, McClung JP, Kohen T, Lieberman HR. Vitamin d and physical performance. *Sport Med* 43: 601–611, 2013.
 56. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: Beyond the female athlete triad-relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sport Med* 48: 491–497, 2014.
 57. National Athletic Trainer's Association. Athletic training services: An overview of skills and services performed by certified athletic trainers. Available at: <https://www.nata.org/sites/default/files/2019-02/2019-02-01-ATC-Training-Services.pdf>. Accessed February 13, 2020.
 58. Nieman DC, Fagoaga OR, Butterworth DE, et al. Carbohydrate supplementation affects blood granulocyte and monocyte trafficking but not function after 2.5 h of running. *Am J Clin Nutr* 66: 153–159, 1997.
 59. Nieman DC. Influence of carbohydrate on the immune response to intensive, prolonged exercise. *Exerc Immunol Rev* 4: 64–76, 1998.
 60. Nieman DC. Nutrition, exercise and immune system function. *Clin Sports Med* 18: 537–548, 1999.
 61. NSCA strength and conditioning professional standards and guidelines. *Strength Cond J* 2017;39: 1–24.
 62. Nutrition and physical Therapy Available at: <http://www.apta.org/PatientCare/Nutrition/>. Accessed February 13, 2020.
 63. O'Connor H, Slater G. Losing, gaining and making weight for athletes. In: *Sport Ex Nutr*. Lanham-New S, Stear S, Sherriffs M and Collins A, eds. West Sussex, United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2011. pp. 201–232.
 64. Oliveira Vilar Neto J, Silva C, Lima A, et al. Effects of low-dose creatine monohydrate on muscle strength and endurance. *As J Sports Med* 9: e62739, 2018.
 65. Ottomano C, Fanchini M. Sports anemia: Fact or fiction? *Blood Transfus* 10: 252–254, 2012.
 66. Paoli A. Ketogenic diet for obesity: Friend or foe? *Int J Environ Res Public Health* 11: 2092–2107, 2014.
 67. Pennings B, Boirie Y, Senden JM, et al. Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *Am J Clin Nutr* 93: 997–1005, 2011.
 68. Pickering C, Kiely J. Are the current guidelines on caffeine use in sport optimal for everyone? Inter-individual variation in caffeine ergogenicity, and a move towards personalized sports nutrition. *Sports Med* 48: 7–16, 2018.
 69. Poortmans J, Francaux M. Adverse effects of creatine supplementation. *Sports Med* 30: 155–170, 2000.
 70. Pritchett K, Bishop P, Pritchett R, et al. Effects of timing of pre-exercise nutrient intake on glucose responses and intermittent cycling performance. *S Afr J Sports Med* 20: 86–90, 2008.
 71. Risser WL, Lee EJ, Poindexter HB, et al. Iron deficiency in female athletes: Its prevalence and impact on performance. *Med Sci Sports Exerc* 20: 116–121, 1988.
 72. Seimon R, Roekenes J, Zibellini J, et al. Do intermittent diets provide physiological benefits over continuous diets for weight loss? A systematic review of clinical trials. *Mol Cell Endocrinol* 418: 153–172, 2015.
 73. Sherman WM, Jacobs KA, Leenders N. Carbohydrate metabolism during endurance exercise. In: *Overtraining in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998. pp. 289–308.
 74. Shirreffs SM, Jequier E, Rosenberg I, et al. The importance of good hydration for work and exercise performance. *Nutr Rev* 63: S14–S21, 2005.
 75. Soenen S, Bonomi A, Lemmens S, et al. Relatively high-protein or “low-carb” energy-restricted diets for body weight loss and body weight maintenance? *Physiol Behav* 107: 374–380, 2012.
 76. Sports, Cardiovascular and Wellness Nutrition and Collegiate and Professional Sports Dietitians Association. Caffeine and Athletic Performance, 2014. Available at: https://www.sportsrd.org/wpcontent/uploads/2018/11/Caffeine_and_Athletic_Performance_WEB.pdf. Accessed November 7, 2019.
 77. Stannard S, Buckley A, Edge J, Thompson M. Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state. *J Sci Med Sport* 13: 465–469, 2010.
 78. State requirements for nutrition and dietitian fields. Available at: <https://www.nutritioned.org/registered-dietitian.html>. Accessed February 3, 2019.
 79. Stellingwerff T, Maughan RJ, Burke LM. Nutrition for power sports: Middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *J Sport Sci* 29(Suppl 1): S79–S89, 2011.
 80. Swirzinski L, Latin RW, Berg K, Grandjean A. A survey of sport nutrition supplements in high school football players. *J Strength Cond Res* 14: 464–469, 2000.
 81. Telford RD, Sly GJ, Hahn AG, et al. Foot strike is the major cause of hemolysis during running. *J Appl Physiol* 94: 38–42, 2002.
 82. Tinsley G, La Bounty P. Effects of intermittent fasting on body composition and clinical health markers in humans. *Nutr Rev* 73: 661–674, 2015.
 83. Tipton KD, Elliot TA, Cree MG, et al. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Phys Endo Met* 292: E71–E76, 2007.
 84. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Available at: <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>. Accessed August 3, 2019.
 85. USOC Sports Nutrition: Caffeine Fact Sheet 2015. Available at: [file:///C:/Users/schroedern3/Downloads/Caffeine%20Fact%20Sheet%202015%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/schroedern3/Downloads/Caffeine%20Fact%20Sheet%202015%20(1).pdf). Accessed August 2, 2019.
 86. Vanata DF, Mazzino N, Bergosh R, Graham P. Caffeine improves sprintdistance performance among Division II collegiate swimmers. *Sport J* 17: 1, 2014.
 87. Westman E, Feinman R, Mavropoulos J, et al. Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *Am J Clin Nutr* 86: 276–284, 2007.
 88. Williams MH, Branch JD. Creatine supplementation and exercise performance: An update. *J Am Coll Nutr* 17: 216–234, 1998.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 44, Number 2, pages 33-44.

著者紹介



Nicole Schroeder :
University of Findlay (オハイオ州)の理学療法士プログラムの助教。