



エビデンスに基づく 競技別・対象別 スポーツ栄養

高田 和子・田口 素子
編著

浜野 純・松本 恵・村田 浩子・鈴木 いづみ・高戸 良之
木村 典代・辰田 和佳子・飯野 直美・松本 範子・元永 恵子
近藤 衣美・山田 優香・小清水 孝子・目加田 優子
共著(執筆順)



建帛社
KENPAKUSHA

はじめに

競技種目別のスポーツ栄養の専門的な本ができないかと相談をいただいたとき、まず、競技種目別に記載ができるほどのエビデンスや資料は現時点ではないと考えた。同時に、たとえ十分なエビデンスがなくても、既存の資料を活用して試行錯誤を重ねながら、いろいろな競技種目において栄養サポートに取り組んでいる仲間が思い浮かんだ。本書『エビデンスに基づく競技別・対象別スポーツ栄養』の執筆者選定にあたっては、関連するエビデンスを熟知しており、執筆に際し改めて資料のレビューができること、執筆を担当する競技や対象の栄養サポートに取り組んでいることを条件とした。建帛社の担当者には、エビデンスがない部分は「ない」と記載することを了解いただいた。その上で、執筆者には活用し得る既存のエビデンスにはどのようなものがあるか、既存のエビデンスをどのように活用しているか、実際にどのような栄養サポートを行っているかということについて、各種目あるいは状況別に記載をしていただくこととした。さらに、献立については1日分を掲載するだけでは、何年にも及ぶトレーニング期間の食事に活用することはできないが、公認スポーツ栄養士が実際に業務にあたる場合に、エビデンスをどのように食事に落とし込んでいるかを読者に知っていただくために、献立の掲載もお願いした。そのため、限りある紙幅の中で、競技人口が多い種目、あるいは栄養サポートが重要である種目でありながら、今回は取り上げることができなかった競技種目が生じてしまった。読者の方々には、なぜこの種目がないのだろうかと思われるものがいくつかあると思うが、このような事情をご理解いただきたい。

すべての競技種目、性、年代、トレーニングや試合の時期などを考慮すると、スポーツ栄養の研究は果てしない。本書の原稿執筆中にも新しいエビデンスが示され、追加した部分もあるし、追加することが間に合わなかった資料もある。願わくば、本書が定期的に改訂されて、新しいエビデンスの追加や、新たな競技種目の追加をしていきたい。一方で、すべての競技種目、年代やトレーニング期について、研究が進むことは不可能である。他の章とは少し内容が異なる「エビデンス（事例報告）をまとめる」を加えたのは、そのような事情による。実践現場で活躍している方々が、既存のエビデンスに基づいて栄養サポートを行ったらどのようなようになったかという報告も、重要なエビデンスだからである。本書の読者の皆様が、改訂版では執筆者や活用されるエビデンスの作成者になってくださることに大いに期待している。

最後に、さまざまな事情から、本書の執筆・編集がたびたび停滞し、当初の予定から何度も刊行時期の変更を余儀なくされた。そのような中でも、忍耐強く、温かく取り組み続けていただいた建帛社の加藤義之氏には、心からの御礼を申し上げる。

2021年3月

編著者 高田 和子
田口 素子

目次

1 栄養サポートの基本的な考え方..... 1

- 1) スポーツ分野における栄養サポート..... 1
- 2) アスリートの特性の把握..... 1
- 3) エネルギー・栄養素の目標摂取量の考え方..... 2
- 4) エネルギー・栄養素の目標摂取量設定の実際と食事への活用..... 4

2 競技種目別..... 17**2-1 陸上競技（中・長距離）**..... 17

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 17
- 2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 18
- 3) 栄養サポートの実際..... 25

2-2 水泳競技..... 31

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 31
- 2) 水中での運動の特徴と栄養サポート..... 32
- 3) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 34
- 4) 栄養サポートの実際（調整期，強化期）..... 38

2-3 柔道..... 41

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 41
- 2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 43
- 3) 栄養サポートの実際..... 47

2-4 サッカー..... 55

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 55
- 2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 57
- 3) 栄養サポートの実際..... 61

2-5 野球..... 72

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 72
- 2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 75
- 3) 栄養サポートの実際..... 77

2-6 卓球..... 83

- 1) 食事に関連する競技の特性..... 83
- 2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス..... 86
- 3) 栄養サポートの実際..... 88

2-7	ボ ー ト	98
1)	食事に関連する競技の特性	98
2)	栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	100
3)	栄養サポートの実際	105
2-8	冬季スポーツ競技	111
1)	食事に関連する競技の特性	111
2)	栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	112
3)	栄養サポートの実際	113
3	対象・目的別	119
3-1	成長期 (小・中学生)	119
1)	栄養サポートの目的	119
2)	成長・発達期の身体の変化と食事摂取の基本的な考え方	119
3)	ジュニアアスリートの食に関する現状と課題	123
4)	ジュニアアスリートの食行動変容を意識した栄養教育	123
3-2	青年期 (高校・大学生)	134
1)	栄養サポートの目的	134
2)	高校生アスリートの特徴と課題	134
3)	大学生アスリートの特徴と課題	139
4)	スポーツ栄養サポートの種類	142
5)	高校生アスリートの栄養サポート事例	143
6)	大学生アスリートの栄養サポート事例	145
7)	栄養サポートの留意点	146
3-3	女性アスリート	148
1)	女性アスリートが抱える健康上の問題	148
2)	栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	152
3)	今後の課題	156
3-4	障害者スポーツ	158
1)	障害者スポーツの現状と課題	158
2)	栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	163
3)	栄養サポートの実際	166
3-5	急速減量	173
1)	急速減量の現状と課題	173
2)	栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	177
3)	栄養サポートの実際	179

3-6 増量	186
1) 増量の現状と課題	186
2) 栄養サポートの目標を設定するためのエビデンス	187
3) 栄養サポートの実際	190
4) 今後の課題	197
3-7 国内・海外遠征	199
1) 遠征に関するエビデンス	199
2) 国内遠征時の栄養サポートの実際	201
3) 海外遠征時の栄養サポートの実際	203
4) 冬季スポーツ競技における遠征時の栄養サポートの実際	207
4 エビデンス（事例報告）をまとめる	211
1) 栄養サポートからエビデンスを作ろう	211
2) エビデンスの構築：はじめの一步	211
3) エビデンスにまとめることを意図して，栄養サポートをしよう	216
略語表	217
索引	219

1

栄養サポートの基本的な考え方

1) スポーツ分野における栄養サポート

(1) スポーツ栄養とは

スポーツ栄養の範囲について国内外の資料をみていくと、「運動等により身体活動量の多いスポーツ愛好家や健康の保持・増進のために身体活動量を多くしている人から専門的に競技スポーツを行っているアスリートまでを含めた対象の身体活動・運動との関わりにおける栄養」を示すことが多い。対象となる範囲は幅広いが、国際スポーツ栄養学会 (ISSN) の声明¹⁾では、週に3回、1回に30～40分程度のフィットネスプログラムなどの運動を行う人では運動によるエネルギー要求量は大きくないので、一般的な食事のガイドラインに従うことで十分であるとしている。

一方で、中程度の専門的トレーニング (例:1日2～3時間の専門的トレーニングを週に5～6日) やかなり多くの専門的トレーニング (例:1日に3～6時間の専門的トレーニングを含む1～2回のトレーニングを週に5～6日) を行うアスリートでは、非常に多くのエネルギーを消費することが見込まれる。地方大会レベルから国際レベルまで、競技レベルにもよるが、競技種目、トレーニング内容によっては、コンディショニングおよびトレーニング効果を最大にし、最高のパフォーマンスを上げることが可能になるような栄養的な配慮が必要となってくる。

(2) スポーツ栄養の目的

何かを食べれば、本人の能力以上の力が発揮できるような夢のような食品 (あるいはサプリメント) を期待されることも多い。新しい食品や食材の開発の一部は、摂取した成分からの運動能力の向上を期待するもの (ergogenic aid) である。しかし、一般の食品を摂取する日常の食生活において、スポーツ栄養が貢献できることを考えると、以下のような項目があげられるだろう。

- ① 全般的なコンディショニングの維持 (貧血予防、障害予防、脱水予防など)
- ② トレーニング効果の向上 (トレーニング時のエネルギー補給、トレーニングからの回復など)
- ③ 適切な身体作り (望ましい筋肉量、体脂肪量、体重の調整など)
- ④ 試合時に最高のパフォーマンスを発揮するためのコンディショニング (試合前のコンディショニング、試合時の栄養補給、複数回の試合時の回復、階級制スポーツにおける体重調整など)

2) アスリートの特性の把握

栄養指導や栄養補給の栄養計画のために、目標とするエネルギー・栄養素の摂取量を考える際には、アスリートでなくても、対象者の特性を把握することがまず必要である。把握する必要のある項目には一般健常者を対象とする場合と共通する項目もあるが、アスリート特有の内容もある。

(1) 基本的属性

性、年齢はもちろん、現在の職業 (学生、社会人、プロ選手など) は、基本的情報として必要である。職業によって、練習時間以外の身体活動量が影響される。通常のトレーニング時には、職業によって、食事をとる時間も影響される。

(2) 体格・身体組成

身長、体重だけでなく、身体組成の把握が必要である。アスリートは、一般健常者より体脂肪量

が少なく、筋肉量が多い場合が多い。エネルギー・栄養素の目標摂取量の設定の際に、設定根拠が体重あたりであっても、同じ体重に含まれる体脂肪量と筋肉量の割合が異なれば、単純に体重あたりの設定値を応用することがむずかしくなる。

また、現状値とともに、その競技において望ましい体格、身体組成についても把握する。アスリート本人やコーチ、アスレティックトレーナーなどのスタッフと共通した目標となる体格・身体組成を知っておくことで、減量や増量の必要性とそのための目標摂取量を検討できる。体重階級制の競技では、試合に向けて階級に合わせた体重に調整する必要がある。階級に合わせた減量がどのくらい必要か、どのくらいの期間をかけて減量するかなどについても共通理解をしておく。

(3) 健康状態

一般健常者と同様であるが、対象者の現在の健康状態や傷害の状況を把握しておくことが必要である。貧血傾向があれば、目標摂取量設定において貧血の改善に向けた考慮が必要である。成人アスリートでは、血糖、中性脂肪、コレステロール、血圧などの生活習慣病のリスクの状態によって、それらを悪化させない配慮が必要である。また、疲労骨折や骨折を起こしやすいか、痙攣をよく起こすかなども、目標摂取量設定においては重要である。さらに、普段からの、疲れやすい、疲れが抜けない、息切れ、トレーニング時の疲労感などの自覚症状や、食後の胃もたれ、排便などを含む消化吸収能力の把握も必要である。

(4) 競技特性

種目の特性（どのような体力が必要か、どのような動きがあるのか、どのような特徴のある競技か、競技時や練習時の環境はどうかなど）、ポジションや階級、年間の試合のスケジュール、トレーニングのスケジュール（年間、1週間単位、1日単位）、アスリートの競技歴、課題（特に、体格や体力）、練習内容（持久的なトレーニング、レジスタンストレーニングの強度や量）についての情報収集が必要である。試合や練習の内容についてはその特徴、つまり、それぞれの動きがどのような強度で、どのくらいの時間継続するか（例えば、中強度の運動を長時間継続する、低強度の運動中に時々ダッシュをする、筋力発揮が大きいなど）を把握しておくことが、エネルギー消費量（EE）やエネルギー基質となる栄養素の摂取量、補給のタイミングなどを検討する際に重要となる。

(5) 食習慣、食環境

一般健常者と同様に、現在の食事の状況の把握だけでなく、食事の好み、食べることができる食事の量、食事をとれる時間、補食をとれる時間を把握する。食環境としては、食事を誰が準備するか（自分、家族、寮など）、補食などを手に入れる可能性（購入先、準備できるスタッフなど）、食事にかけられる費用について把握する。

3) エネルギー・栄養素の目標摂取量の考え方

(1) エネルギー・栄養素の目標摂取量設定の基本

アスリートを対象とする場合、行っている競技の種目の種類、競技レベルや練習内容などの違いのバリエーションが多く、その対象に完全に適した目標摂取量のガイドラインは、ほとんどの場合存在しない。そのため、既存のさまざまな資料やアスリートの状態、ほかのスタッフとの情報交換などによって目標摂取量を設定し、アスリートの状態に合わせて調整し続けることが必要になる。

(2) 利用可能なガイドライン

種目別にまとめられているガイドラインについては他章に示されているので、共通して使用可能なガイドラインについて紹介する。

① **日本人の食事摂取基準 (DRIs)** 厚生労働省が設置する「日本人の食事摂取基準策定検討会」が内容を検討し、5年ごとに改定して、厚生労働大臣告示として公表される。現時点での最新版は2020年版 (DRIs 2020) で、2020年4月～2025年3月に使用される。健康あるいは概ね自立した日常生活を営んでいる者を対象に、エネルギーと各栄養素の摂取量の基準について、国内外の文献を検討して策定されている。ある程度の重労働をする人やスポーツを行っている人も対象とはしているが、アスリート向けに検討されているものではない。各摂取量は、性・年齢区分別に1日あたりの値で示されている。摂取量の設定では、性・年齢区分別の参照体位 (国民健康・栄養調査の平均値) と平均的な身体活動量 (身体活動レベル II) として換算されている。エネルギーは、その過不足の回避を目的に、BMIが指標に用いられている (参考として、推定エネルギー必要量 (EER) も示されている)。体重やエネルギー摂取量 (EI) により、必要量が変化する栄養素については、設定根拠に戻って、対象とするアスリートに準じた値に換算する必要がある。なお、各栄養素の指標は、策定根拠と使用目的により、推定平均必要量・推奨量・目安量 (摂取不足の回避)、耐容上限量 (過剰摂取による健康被害の回避)、目標量 (生活習慣病予防) が示されている。

② **国際オリンピック委員会 (IOC) 合同声明** IOCの医事委員会によるカンファレンスの報告として提案されている。最初のカンファレンスは1991年に開催され、その後、2003年、2010年に実施され、スポーツ栄養 (最新版は2010年)、相対的エネルギー不足 (初回は2014年、最新版は2018年)、サプリメント (2018年) の3種類について報告されている。2010年の声明では、エネルギー、たんぱく質、炭水化物などの栄養素別のほか、持久的、パワー系などのスポーツ種目別にも検討された。

③ **栄養と食事のアカデミー (AND)、カナダ栄養士会 (DC)、アメリカスポーツ医学会 (ACSM) 合同声明** 3団体 (AND/DC/ACSM) の栄養とパフォーマンスに関する合同声明 (NAP) として、初回が2009年 (この時点では、ANDでなくアメリカ栄養士会)、改訂版が2016年に出されている (NAP 2016)。手順に従ったシステムティックレビューと著者らによるレビューに沿ってエビデンスに基づいた検討を行い、アスリートのパフォーマンス向上のための摂取量について示している。NAP 2016においては、取り上げたクリニカルクエスションに対して、グレードを示してまとめを行っている。

④ **国際スポーツ栄養学会 (ISSN) 声明** ISSNが、アスリートおよび今後の研究に必要なと考えられたテーマに対して、エビデンスを整理し、声明として発表しているものである。レビューにおいては、一般健常者を対象とした研究を含むが、アスリートや運動・トレーニング中に関する研究も含まれている。現時点では、たんぱく質と運動 (2007年と2017年)、栄養素等摂取のタイミング (2008年と2017年)、エネルギードリンク (2013年)、 β -ヒドロキシ- β -メチル酪酸 (2015年)、 β -アラニンの摂取 (2015年)、食事と身体組成 (2017年)、クレアチン投与の効果と安全性 (2017年)、運動と栄養のレビューのアップデート、研究と推奨 (2018年)、プロバイオティック (2019年)、ウルトラマラソンのトレーニングと試合 (2019年) の10種類が出ている。

4) エネルギー・栄養素の目標摂取量設定の実際と食事への活用

基本的には、トレーニングによる EE の大きさと、必要とされる身体組成、および種目におけるエネルギー基質要求の種類によって、目標摂取量の検討が必要であろう。

(1) エネルギー

エネルギーの目標摂取量の設定は、基本であるがむずかしい。DRIs 2020²⁾では、適正な BMI の維持をエネルギーバランス (EB) の指標としている。アスリートでは、そもそも筋肉量の発達に伴い、適正な BMI の範囲は一般健常者とは異なる。また、体重の維持は、身体組成が変わらない条件下では EB を反映するが、トレーニングを行うことで、筋肉量、体脂肪量、グリコーゲンの貯蔵量などが変化し続けているアスリートに適用することはむずかしい。

1 シーズンのアスリートの EB を検討している研究³⁾では、身体組成の測定により、EB を下記のように計算している。

$$EB(\text{kcal}/\text{日}) = 1.0 \times (\Delta\text{FFM}/t) + 9.5 \times (\Delta\text{FM}/t)$$

ΔFFM : 除脂肪量の変化量 (kg)

t : 観察期間 (日)

ΔFM : 体脂肪量の変化量 (kg)

この研究では、さまざまな競技を対象としたため、1 シーズンは 5 ~ 10 か月とばらついているが、EB は平均すると 1 日あたり 17kcal の不足であった。しかし、その間の身体組成の変化は、体重 0.7kg の増加、FM 0.4kg の減少、FFM 1.2kg の増加であった。

大きく身体組成を変化させるようなトレーニングを行っていない体重変動がない期間においては、現在の EI と EE において概ねバランスがとれていると推測することも 1 つの方法である。それをもとに、その後のトレーニング内容の変化から、EE の変化を推定する。いろいろな活動の EE は、Ainsworth らの表⁴⁾に詳しく掲載されている。疲れが抜けにくい、試合やトレーニングの途中で急にパフォーマンスが低下する、トレーニング量を増やしても効果がでない、体重のコントロールがうまくできないなどの自覚症状も、エネルギーの過不足の判断には重要である。

DRIs 2020²⁾では、参考資料として EER を「基礎代謝量 (BMR) × 身体活動レベル (PAL)」で求める方法が紹介されている。示されている基礎代謝基準値 (体重あたりの BMR) は、日本人を対象とした測定値から策定されているが、アスリートのものではない。そのため、国立スポーツ科学センター (JISS) が、一般人の BMR と身体組成のデータを用いて、FFM 1kg あたり 28.5kcal という値を報告し、広く用いられてきたが、この値は実測値から求めた値ではない上、妥当性も検討されていないのが実情である。したがって BMR の推定では、アスリートを対象に作成された式、アスリートにおいて妥当性が検討されている式、あるいは FFM を変数に含む式の使用が望ましい (表 1-1)。PAL については、二重標識水 (DLW) 法を用いてアスリートの総エネルギー消費量 (TEE) を測定し、PAL を求めた研究結果を表 1-2 に示した。通常のトレーニング期間では PAL は 2.5 までの例が多くみられる。試合などの特殊な条件としては、23 日間継続するレースであるツール・ド・フランスでは PAL が最高時には 5.3 と非常に高い値となっている。PAL が 2.5 以上の研究においては、食事以外に高エネルギーのサプリメントが使用されており、それでも体重が減少している。

表 1-1 基礎代謝量 (kcal/日) の推定式

作成者	推定式	出典
Taguchi M, <i>et al.</i>	$26.9 \times \text{FFM} + 36$	Resting energy expenditure can be assessed by fat-free mass in female athletes regardless of body size. <i>J Nutr Sci Vitaminol.</i> 57 : 22, 2011
田口素子 ら	$27.5 \times \text{FFM} + 5$	除脂肪量を用いた女性競技者の基礎代謝量推定式の妥当性. <i>体力科学.</i> 60 : 423, 2011
Heymsfield SB, <i>et al.</i>	$2.3 \text{ BM} + 4.5 \text{ AT} + 13 \text{ SM} + 53 \text{ RM}$	Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. <i>Am J Physiol Endocrinol Metab.</i> 282 : 132, 2002

FFM : 除脂肪量 (kg)

BM : 骨重量 (kg) = BMC (骨ミネラル量 (g)) \times 1.85/1,000

AT : 脂肪組織量 (kg) = FM (脂肪量 (kg)) \times 1.18

SM : 骨格筋量 (kg) = $1.13 \times \text{LST} (\text{除脂肪量 (kg)}) - 0.02 \times \text{年齢 (歳)} + 0.97$

RM : 残余分 (kg) = BW (体重 (kg)) - (BM + AT + SM)

BM, AT, SM, LST は, DXA (二重エネルギー X 線吸収) 法による測定値

継続的な EB の維持は, PAL が 2.5 程度までが限界と考えられる。PAL が高い場合には, 高エネルギーのサプリメントの使用とともに, 完全休養日の設定により身体のエネルギー貯蓄を回復させる配慮も必要である。

(2) エネルギー産生栄養素

各種のガイドライン^{1), 2), 5)-12)}におけるエネルギーおよびエネルギー産生栄養素の目標摂取量を, 表 1-3 に示した。

DRI²⁾では, エネルギー産生栄養素について, その構成比率を目標量として示している。一般健常者を対象とした場合, 多くは体重に応じたたんぱく質をとること, 生活習慣病予防を考慮して脂質からのエネルギー産生栄養素バランスを検討することが優先され, 通常の食事では不足の生じにくい糖質は, たんぱく質と脂質の量の残りとして計算されることが多い。しかし, アスリートにおいてはトレーニングによるグリコーゲンの消耗を補うことも重要であるため, 体重あたりの糖質の必要量の考え方が大切である。

エネルギー産生栄養素については, 体重あたりの設定とエネルギー産生栄養素バランスに関する設定の両方があることに留意する。アスリートでは, 体重, エネルギー必要量の両方に個人差が大きい。そのため, 体重あたりおよびエネルギー産生栄養素バランスの設定を両立することが困難な場合がある。糖質とたんぱく質を体重あたりで設定したとしても, 脂質も体重あたり $0.5 \sim 1 \text{ g}^{1)}$ あるいは目標量下限の 20%程度²⁾は摂取したい。一方で脂質のエネルギー産生栄養素バランスの上限については, アスリートの健康状態, あるいは摂取可能な食事の量を考慮して調整する必要があるだろう。逆に体重あたりのたんぱく質量の設定を優先しすぎると, たんぱく質のエネルギー産生栄養素バランスが低くなる場合もある。極端なエネルギー産生栄養素バランスの食事は, 通常の食品の組み合わせによる献立作成が困難になり, 食事としての満足感を低下させる。エネルギー産