

**特集** 国際オリンピック委員会のサプリメント合意声明の紹介

サプリメント使用の際に確認すべき臨床評価

Clinical assessment of nutrient status in athlete before using supplements

石橋彩<sup>1),2)</sup>, 蒲原一之<sup>1)</sup>  
Aya Ishibashi<sup>1),2)</sup>, Kazuyuki Kamahara<sup>1)</sup>

キーワード：アスリート，サプリメント，臨床所見，生化学検査

I. はじめに

サプリメントの使用を検討するにあたり、まず現状の食事での栄養素の過不足があるかどうかを調べ、次にサプリメントの必要性の有無を検討することが必要である。理由としては、食事が不足しているとそのサプリメントの効果を十分に得ることはできない場合があることが挙げられる。例えば、持続性パフォーマンスを向上させる効果を有するサプリメントを利用する場合、鉄欠乏の状態ですべてのサプリメントを利用するよりも鉄欠乏を改善した上で利用の方がパフォーマンスの向上が期待できる。一方で、適切な食事を摂った上で科学的根拠に基づいたサプリメントを使用した場合、サプリメントの効果を高め、パフォーマンスの最大化や疲労からの回復を早めることができる可能性が高い。このように、サプリメントの効果を最大限に得るためにも、現状の栄養摂取の過不足を評価することは非常に重要である。これらを実践するためには、身体計測や食事調査以外に生化学的検査や栄養に焦点を当てた臨床所見が有効である<sup>1),4)</sup>。本稿では、“Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation<sup>8)</sup>”の内容を基に、生化学検査、臨床所見により栄養状態を評価する方法を概説する（著者註：身体計測、

食事調査、食環境に関する栄養アセスメントについては、3章を参照）。併せて、スポーツ現場で活用する際の留意事項についても紹介させていただく。

II. Biochemical (生化学検査)

生化学検査は、アスリートの現在の栄養状態または直近の栄養摂取量の客観的かつ定量的評価を可能とし、食事調査の結果などを検証することにも役立つ<sup>9)</sup>。また、生体内で何が起きているかを判断する上での重要な情報源であり、臨床的症状が現れる前に体内での栄養欠乏を検出する場合も多い。生化学検査のための検体として、全血、血清および血漿などが多くの場合に用いられる。他にも、尿、唾液および毛髪を使用する場合がある。栄養素の血清および血漿濃度は、栄養素が恒常的に調節されている（カルシウムやナトリウムなど）か、細胞外液（アルブミンや亜鉛など）によって緩衝されていない限り、短期的の栄養状態を反映する傾向が強い。一方、赤血球は寿命が約120日であるため、長期間の栄養状態を反映する指標となる。尿や汗は、栄養素の摂取と排泄の関係の状態を、毛髪は亜鉛などの特定の微量ミネラルの状態を評価するのに役立つ<sup>9)</sup>。表1に、主要な栄

<sup>1)</sup> 国立スポーツ科学センター, <sup>2)</sup> 東京大学

<sup>1)</sup> Japan Institute of Sports Sciences, <sup>2)</sup> The University of Tokyo

E-mail : aya-ishibashi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

表1 栄養素の状態を評価するために使用される生体指標および関連する欠乏・過剰症

たんぱく質	
基準値	[血清アルブミン]3.4~4.8g/dL、[トランスサイレチン]10~40 mg/dL
症状	骨格筋の減少、体脂肪減少、浮腫
水分	
基準値	脱水閾値:[血漿浸透圧]<295 mosm/kg、[尿比重]<1.020、[尿浸透圧]<700-800 mosm/kg
症状	尿量減少、暗黄色の尿、肌の張りの減少、頻脈、呼吸量増加、頭痛、舌の乾燥、めまい、痙攣
ビタミン A	
基準値	[血漿レチノール]欠乏<0.7 μmol/L、[深刻な欠乏]<0.35 μmol/L [カロテン]欠乏<1.5 μmol/L、[過剰症]>4.65 μmol/L
症状	[欠乏]初期:免疫力低下、成長不良、後期:夜盲症 [過剰]吐き気、疲労感、頭痛、皮がむける、関節痛
備考	血漿レチノールは、肝臓での蓄積が枯渇したとき、または過剰なときにのみビタミン A の状態を反映する
ビタミン C	
基準値	[血清・血漿アスコルビン酸(急性期)]欠乏<11.4 μmol/L、低い=11.4~23 μmol/L、適正>23 μmol/L [白血球中アスコルビン酸(組織貯蔵量)]欠乏<57nmol/10 <sup>8</sup> cells、低い=57~114nmol/10 <sup>8</sup> cells、適正>114nmol/10 <sup>8</sup> cells
症状	[欠乏]怪我の治りが遅い、出血傾向、毛包(根)周囲の点状出血
備考	女性は男性よりも組織や体液中のビタミン C 濃度が高い
ビタミン D	
基準値	[血清 25(OH)D]欠乏<50 nmol/L、不十分<75 nmol/L、充分>75nmol/L 最適>40nmol/L <sup>7)</sup>
症状	[欠乏]骨格筋の衰弱および痛み、関節痛、胸骨および脛骨圧迫に対する過度の痛み、脚の変形(O脚、X脚など) [過剰]高カルシウム血症、疲労感、便秘、吐き気、嘔吐、背痛、頭痛
ビタミン B <sub>1</sub> (チアミン)	
基準値	[赤血球トランスケターゼ活性係数(ETKAC)]:正常=1.0、不十分>1.25 [尿チアミン]不十分<133nmol/d、低い=133~333nmol/d
症状	[欠乏]糖質代謝が制限、脚気、脳死による精神症状
備考	チアミンの栄養状態が適切な人の尿中濃度は、食事の摂取量を反映する
ビタミン B <sub>2</sub> (リボフラビン)	
基準値	[赤血球グルタチオンレダクターゼ活性係数(EGRAC)]適切<1.2 低い=1.2~1.4、不十分>1.4 [尿中リボフラビン]低い=50~72nmol/g Cr、欠乏<50nmol/g Cr
症状	[欠乏]口唇炎、口角炎、舌炎、眼精疲労、びまん性角膜炎、脂漏性皮膚炎
備考	尿中リボフラビンは、血清または血漿中濃度よりも感受性が高い

ビタミン B <sub>12</sub> (コバラミン)	
基準値	[血清・血漿 B <sub>12</sub> ] 良好 = 148 ~ 185 pmol/L、不十分 < 148 pmol/L [血清メチルマロン酸] 不十分 > 280 nmol/L [血漿ホモシステイン] 不十分 > 16 μmol/L、[血清ホロトランスコバラミン II] 良好 = 19 ~ 50 pmol/L
症状	[欠乏] 早期: 微妙に減少した認知機能 後期: 舌炎、悪性貧血、疲労感、末梢神経障害(しびれ、神経細胞変性)
注意点	評価するために 2 つ以上の指標の結果を使用する必要がある 総コバラミンは、経口避妊薬の利用により低値を示す
カルシウム	
基準値	カルシウム状態の適切な指標はない(血清カルシウムは、厳密にコントロールされているため)
症状	[欠乏] 低骨密度、高血圧、筋収縮障害、痙攣、テタニー
鉄	
基準値	[血清フェリチン] 不足 < 15 ng/mL、過剰 > 150 ng/mL [血清鉄トランスフェリンレセプター] 不足 > 4.4 mg/L
症状	[欠乏] 疲労、頭痛、食欲不振、薄い皮膚および強膜、心拍数および呼吸数の上昇、貧血、角性口内炎、舌炎、嚥下障害、匙型爪甲(スプーン爪)
備考	鉄関連の指標は、アスリートにおいて欠乏のリスクが高い微量栄養素である。
マグネシウム	
基準値	[尿中マグネシウム] 3 ~ 5 mmol/dL、[血清マグネシウム] 0.74 ~ 1.07 mmol/L
症状	[欠乏] 骨格筋の衰弱・痙攣、混乱、食欲不振、胃腸障害、うつ病、神経質 [過剰] 下痢
リン	
基準値	[血清リン] 0.87 ~ 1.45 mmol/L
症状	[過剰] カルシウム、マグネシウム、カリウムの尿中排泄量の増加、骨格筋の衰弱、成長障害、筋力低下
カリウム	
基準値	[24 時間尿中のカリウム濃度] 25 ~ 125 mmol/dL
症状	[欠乏] 高血圧、心臓不整脈、骨格筋低下、呼吸不全、心臓不整脈
ナトリウム	
基準値	[24 時間尿中のナトリウム] 40 ~ 220 mmol/dL
症状	[欠乏] 低ナトリウム血症、頭痛、脳浮腫、痙攣 [過剰] 高血圧のリスク上昇
亜鉛	
基準値	適切: [血清亜鉛] 10.7 ~ 18.4 μmol/L、[尿中亜鉛] 2.3 ~ 18.4 μmol/dL 欠乏: [血清亜鉛] < 10.7 μmol/L
症状	[欠乏] 成長の遅延、食欲不振、免疫機能障害、創傷治癒不良、性腺機能低下症、貧血、味覚傷害 [過剰] 免疫障害、低 HDL、銅代謝障害
注意点	血清亜鉛は、ストレス、感染および炎症で減少し、空腹時に増加する

参考文献<sup>8)</sup>より一部改変

養素の一般的に使用される生体指標および関連する欠乏・過剰症を示す。これらの値は、一般集団を対象に確立された基準範囲またはカットオフ値である。そのため、十分にトレーニングを行っているアスリートにとって適切な基準値でない可能性があり、解釈には注意が必要である。また、生化学検査では栄養状態の不足は評価することができても、不足している栄養素を特定することができない場合もあることを考慮しておかなければならない。例えば、血漿ホモシステインは葉酸の状態の敏感な指標であるが、ビタミンB<sub>6</sub>およびビタミンB<sub>12</sub>の影響を受ける場合もある<sup>9)</sup>。そのため、生化学検査の結果だけでなく、食事調査から評価した食事の摂取量と併せて確認していくことが必要である。

生化学検査は、体内の栄養状態の過不足を確認する有用な手段であるが、急性または慢性的な運動によって影響を受ける。そのため、実際のスポーツ現場で使用する際は、運動による影響は必ず考慮しなければならない。例えば、暑熱環境下では脱水の影響により血液濃縮が生じたり、持久性トレーニング後は血漿量の増加により血液希釈が生じたりする場合がある。特に、鉄関連の指標は運動の影響を受けやすく、フェリチンは激しい運動に反応して上昇することが報告されている<sup>2)</sup>。他にも、運動後に亜鉛が優先的に骨格筋に蓄積されるため、血清亜鉛濃度が低下する場合もある<sup>10)</sup>。したがって、検体の収集条件（採血のタイミング、採血前のトレーニング強度、食事の有無など）を標準化し、これらの影響を考慮し、結果を解釈することが重要である。その上で不足している栄養素を判断し、それを補うためにサプリメントを使用することは有効であると考えられる。しかし、医薬品と同様、サプリメントの摂取によって肝機能障害などの副作用が起り得ることは懸念すべき事項である。生化学検査は、このような副作用を早期に発見するためにも有用であり、サプリメントを使用する場合は、生化学検査により定期的なモニタリングを行うことが望ましい。

### Ⅲ. Clinical (臨床所見)

臨床所見では、現病歴、身体検査などで栄養素の過不足に関連のある徴候および症状を確認することにより栄養状態を評価する<sup>6)9)</sup>。表2には、身体検査による栄養の過不足を評価する項目を示した。臨床所見では、特定の栄養素の過不足を評価することは難しく、食事調査と生化学検査で収集した情報を踏まえて評価することが望ましい<sup>3)</sup>。病歴は、アスリートの病歴（過去～現在まで）、家族歴、薬物およびサプリメントの使用を聞き取る必要がある。加えて、食欲、咀嚼嚥下、味覚、胃腸症状の有無（例：吐き気、嘔吐、下痢、便秘、便の状態）、睡眠パターンおよびトレーニング状況などの情報も収集する必要がある。女性アスリートでは、月経周期と月経血の出血パターンに関する情報は必ず確認すべき事項である。

通常、健康的なアスリートでは、身体検査で各栄養素の欠乏の有無を明らかにすることは難しい。理由としては、アスリートにおける多くの臨床症状は、疲労、衰弱、食欲不振など漠然としていることが多いためである。この要因としては、単一の栄養素の不足ではなく、複数の種類の栄養素の不足に起因して生じている可能性が高い。一般的に生じやすい欠乏は、アスリートの食習慣に応じた複数の栄養素の欠乏である。例えば、果物や野菜をほとんど摂取しないアスリートでは、葉酸、ビタミンC、カリウムが欠乏する可能性が高い。また、ビタミンB群と鉄の低栄養状態は、低糖質かつベジタリアン食を行うアスリートにみられる可能性があるため、このような食習慣を行うアスリートには注意が必要である。

### Ⅳ. おわりに

食事調査は、サプリメントを含む栄養戦略についてアスリートにアドバイスし、その有効性を判断・評価する上で重要な段階である。しかしながら、食事調査だけでは客観性に欠け、説得力に乏しい。そのため、食事調査に加えて、生化学検査や臨床所見を実施することは、栄養評価に役立つ。加えて、客観的な評価を行うことは、アスリート

表2 栄養状態を反映する医学所見

体の各部	栄養素が不足のない場合	栄養不足の兆候	栄養以外の要因
頭髪	<ul style="list-style-type: none"> <li>頭皮の光沢</li> <li>しっかりした髪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡単に髪が抜ける：PEM<sup>※</sup></li> <li>まばらな髪：たんぱく質、ビオチン、亜鉛</li> <li>髪の横方向の色素脱失：環状PEM</li> <li>髪のちぢれ：銅、ビタミンC</li> <li>乾燥した髪、後退した生え際：ヨウ素</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>染髪</li> <li>化学療法</li> <li>放射線療法</li> </ul>
目	<ul style="list-style-type: none"> <li>透明な結膜</li> <li>光への適応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>結膜の蒼白（薄い色）：鉄</li> <li>眼球乾燥症、夜盲症：ビタミンA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アレルギー</li> <li>非栄養性貧血</li> </ul>
唇	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑らか</li> <li>ピンク色</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾燥、ひび割れ（角型角質症など）：ビタミンB群</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日焼け</li> <li>風邪</li> </ul>
口腔	<ul style="list-style-type: none"> <li>正常な味覚</li> <li>腫れ、痛み、出血のない歯肉</li> <li>正常なエナメル質の歯</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>口内炎、口唇炎、舌炎：葉酸、ビタミンB群</li> <li>味覚異常：亜鉛</li> <li>出血：ビタミンC</li> <li>歯の褐色の斑点、染み：過剰フッ化物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>薬の副作用</li> <li>歯周病</li> </ul>
首	<ul style="list-style-type: none"> <li>耳下腺や甲状腺の肥大がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>甲状腺の肥大：ヨウ素、セレン</li> <li>拡大した耳下腺：PEM、過食症</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>栄養以外の原因による甲状腺腫</li> </ul>
爪	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑らか</li> <li>ピンク色</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒼白、スプーン形状の爪：鉄、ビタミンB<sub>12</sub>、葉酸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害な化学物質の爪への暴露</li> </ul>
皮膚	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑らか</li> <li>良い色</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>皮下脂肪の欠乏：必須脂肪酸、PEM</li> <li>乾燥：ビタミンA、ヨード、ナイアシン</li> <li>皮膚炎：ビタミンB群</li> <li>創傷治癒不良：PEM、ビタミンC、亜鉛</li> <li>皮膚剥離：過剰ビタミンA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>非栄養性皮膚炎または皮膚発疹</li> <li>肌のケア不足</li> <li>糖尿病</li> <li>薬の副作用</li> <li>老化</li> </ul>
骨と関節	<ul style="list-style-type: none"> <li>正常な解剖学的状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>肋骨の曲がり、骨端の腫脹、O脚・X脚：ビタミンD</li> </ul>	

※PEM（protein-energy malnutrition）；たんぱく・エネルギー低栄養

参考文献<sup>8)</sup>より一部改変

にサプリメントの摂取のみでは偏った食事を補うことができないことを理解させるために役立つなど、栄養教育上からも有効であるといえる。しかしながら、食事調査と同様、生化学検査、臨床所見においても栄養状態を正確に反映する実用的で信頼できる指標があるわけではなく、アスリートに対する適正な基準値もないことは注意すべき点である。

サプリメントは安易に摂取して効果が得られるものではなく、ドーピング禁止物質の混入リスク以外にも副作用などにより身体に悪影響を及ぼすものもある。そのため、サプリメントを使用する場合にも、定期的な食事調査に加えて、生化学検査や臨床所見を行ってモニタリングしながら、栄養状態の過不足、副作用の有無およびサプリメントの必要性を確認していくことが望ましい。

#### 文献

- 1) Academy of Nutrition and Dietetics. Nutrition terminology reference manual (eNCPT): Dietetics Language for Nutrition Care, 2015.
- 2) Deakin V, Peeling P. Iron. In: Burke LM, and Deakin V. Clinical sports nutrition. 5th ed., McGraw-Hill. pp. 266-292, 2015.
- 3) Demarest Litchford M. Clinical: Biochemical, physical and functional assessments. In: Mahn LK., Raymond JL. Krause's food and the nutrition care process. 13th ed., Elsevier. pp. 98-121, 2017.
- 4) Driskell JA, Wolinsky I. Nutritional assessment of athletes. 2nd ed., CRC Press, 2010.
- 5) Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine. Dietary reference intakes: Thiamin riboflavin niacin vitamin B-6 folate vitamin B-12 pantothenic acid biotin and choline. National Academy Press, 1998.
- 6) Gibson RS. Principles of nutritional assessment. 2nd ed., Oxford University Press, 2005.
- 7) Larson-Meyer DE, Willis, KS. Vitamin D and athletes. Curr Sports Med Rep, 9(4): 220-226, 2010.
- 8) Larson-Meyer DE, Woolf K, Burke LM. Assessment of nutrient status in athletes and the need for supplementation. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 28(2): 139-158, 2018.
- 9) Lee RD, Nieman DC. Nutritional assessment. 6th ed., McGraw Hill, 2013.
- 10) Manore MM, Helleksen JM, Merkel J, Skinner JS. Longitudinal changes in zinc status in untrained men: Effects of two different 12-week exercise training programs and zinc supplementation. J Am Diet Assoc, 93(10): 1165-1168, 1993.