

依頼総説

腸内細菌叢とスポーツ栄養

宮地 元彦

早稲田大学スポーツ科学学術院

腸内細菌は、ヒトの場合100種から3,000種類、100兆個から1,000兆個、重量にすると約1.5～2 kgが腸に生息している。腸内細菌は互いに共生し、宿主であるヒトとも共生関係にある。宿主が摂取した食事を主な栄養源として増殖し、同時に様々な代謝物を産生する。腸内細菌は、食物繊維を構成する難分解性多糖類を脂肪酸に転換して宿主にエネルギー源を供給し、外部から侵入した病原細菌が腸内で増殖するのを防止する感染防御の役割を果たすなど、宿主の恒常性維持に役立っている。また、腸内細菌間のバランスの崩れは、様々な疾患の発症に関連する可能性が指摘されている。食事と腸内細菌叢に関する研究に加え、運動と腸内細菌叢に関する研究が近年盛んに行われている。ラグビープロ選手の腸内細菌叢は一般人より多様性が高いこと、最大酸素摂取量は腸内細菌叢の多様性や糞便中の短鎖脂肪酸の濃度と正相関すること、持続的トレーニングやアスリートのコンディショニングによる介入で腸内細菌叢が変化することが示唆されている。また、腸内細菌叢やそれを反映する排便がトレーニングやコンディショニング、健康づくりに活用できる可能性も示唆されている。腸内細菌叢情報をスポーツ栄養分野においてどのように活用していくかに関して今後の研究の発展が期待される。

キーワード：アスリート 運動 食事 生活習慣 腸内細菌

I はじめに

ヒトの腸内には重量にして1～2 kg、総数100～200兆個、種類にして100～3,000種の腸内細菌が共生している。ヒトの糞便の約半分は腸内細菌もしくはその死骸であることから、糞便を分析することで共生する腸内細菌叢の状態を知ることができる¹⁾。腸内細菌叢は宿主であるヒトの生理機能と関連していることが明らかになってきた。病原体の排除、食物繊維の消化、短鎖脂肪酸・ビタミン類の産生、神経伝達作用のある物質の合成、免疫制御などである²⁾。

腸内細菌叢の研究が急速に発展した最大の要因は2005年頃から始まった次世代シーケンサーの普及による。それまでは顕微鏡下における微生物の形態の観察とそれに基づく分類体系の確立、生きた菌の培養技術を用いた研究が用いられてきたが、これらの手法では細菌叢の網羅的な解析には不十分であった。次世代シーケンサーは、DNAの塩基配列を、超並列的に短時間で決定する技術で、数百～千数百の種で構成される腸内細菌叢のような大規模な解析対象に対して用いられ、時間あたりに解析可能な配列長、配列長あたりのコストの点で、従来法を桁違いに凌ぐ効率を誇る。

2008年には、次世代シーケンサー技術を用いて、米

国でヒトマイクロバイオーームプロジェクト、欧州でメタヒットと呼ばれる、ヒトと共生する細菌叢の実態解明に関する大規模研究プロジェクトが展開された。細菌叢：microbiomeをキーワードにし、PubMedで文献検索すると、2005年には206本の論文がヒットするに過ぎないが、2010年には1,070本、2015年には6,222本、2020年には17,700本がヒットし、指数関数的に研究論文数が増加している。

米国やEUでの大規模プロジェクトの大規模研究の成果として、人共生細菌叢は身体部位により大きく異なること³⁾、腸内細菌叢の構造は大きくバクテロイデス型、ルミノコッカス（フィーカリバクテリウム）型、プレボテラ型の3つのタイプ（エンテロタイプ）に大別できること⁴⁾、肥満、心臓疾患、がんといった非感染性疾患の発症や進行に関連する菌が存在すること^{5)～7)}などが少しずつ明らかになってきた。また、腸内細菌叢は国や地域によって大きく異なること⁸⁾、成長に伴って腸内細菌叢が形成され、4～5歳で多様性（種類が多くかつバランスがそれらの割合が均一である状態）が安定してくること⁹⁾、これらの違いや変化に環境や食事に関連する可能性があること^{2),10)}などが明らかになってきた。

本総説では、腸内細菌叢と宿主の生活習慣、特に食

Invited Review

Gut Microbiota and Sports Nutrition

Motohiko MIYACHI

Waseda University, Faculty of Sport Sciences

ABSTRACT

In humans, 100 to 3,000 types of gut microbiota numbering 100 to 1,000 trillion and weighing approximately 1.5 to 2 kg live in the intestine. Gut microbiota live symbiotically with each other and with the human host. Their main sources of nutrition are the nutrients contained in the diet ingested by the host : these microbiota are, in turn, responsible for the production of various metabolites. Gut microbiota convert non-degradable polysaccharides found in dietary fiber into fatty acids, thereby supplying the host with an energy source and playing a role in defense against infection by preventing pathogenic bacteria that have invaded the host from outside from proliferating within the gut. This helps to maintain homeostasis in the host. Imbalances among intestinal bacteria are thought to be related to the incidences of various diseases. In addition to research on diet and gut microbiota, research on exercise and gut microbiota has been actively conducted in recent years. For example, the gut microbiota of rugby players is more diverse than that of the general healthy population. Exercise training and athletic conditioning interventions have been suggested to alter the gut microbiota. Data on the intestinal microflora, obtained using defecation as an indicator, may be applicable to athletic training, conditioning, and health promotion. Future research is warranted on how to utilize information on gut microbiota in the field of sports nutritional science.

Keywords: exercise, diet, life-style, microbiota