

原著

マラソン選手における腸内細菌叢の特徴と BMI の関連

松生香里*¹ 吉田升*² 玉里祐太郎*³ 濱田大幹*⁴ 上野浩司*⁵
小柳えり*¹ 矢野博己*² 小野寺昇*²

要 約

食事からの栄養を十分に吸収するためには、消化器系の働きを維持し、腸内環境を整えることが重要である。特に、長距離選手は日常的に長時間、高強度のトレーニングを実施することが多く、消費エネルギーを有効活用できる腸内環境が適していると考えられる。本研究は、競技レベルの高い女子マラソン選手13名（平均年齢：26.2 ± 4.8歳，BMI：18.1 ± 0.8 kg/m²）を対象に、糞便を採取し、腸内細菌叢と体組成の関係を調べ、コンディショニング等の現場に役立つ資料を得ることを目的とした。腸内細菌叢は、株式会社テクノスルガ・ラボに解析を委託し、末端標識制限酵素断片多型分析法（Terminal restriction fragment length polymorphism: T-RFLP 解析）を用いて解析した。また、次世代シーケンス解析（16S rRNA）により、腸内細菌種の *Firmicutes* と *Bacteroidetes* の比率を算出し、体脂肪率との関連を調べた。東南アジア系の腸内に多く存在する *Prevotella* 属を占有している選手が13名中6名存在した。また、全選手において、一般的に肥満者に多い腸内細菌種の占有率（*Bacteroidetes/Firmicutes*）が高い特徴がみられた。

1. 緒言

運動と内部臓器の相互作用を明らかにすることは、競技能力の向上・健康の維持増進に貢献する。陸上競技長距離・マラソン選手は、1回のトレーニング時には、距離走やインターバルトレーニングなど走る練習が中心となる。特に、一流マラソンランナーは、少ないエネルギー消費で速く走る能力が高く、ランニングエコノミー（ランニング経済性）に優れた身体であることが知られている¹⁻⁵。ランニング経済性とは、同一速度のランニングにおいて、より少ない酸素摂取量で走ることができる能力のことを示している^{6,7}。マラソンランナーは、エネルギー効率に優れた長時間走れる身体を作ることが、マラソン後半のエネルギー不足による失速を抑制でき、パフォーマンス向上の鍵になると考えられる^{2,3,8}。

また、形態学的な面においても、長距離・マラソン選手は一般人と比較して体脂肪率が低いことが知られている⁹。多くのエネルギーを蓄えておき、少

ないエネルギー消費で長時間、高強度のランニングを行う長距離選手は、軽量であることも要素の一つであり、また、エネルギー効率に優れた強靱な内部臓器の働きが重要になると考えられる。

一方、健康維持・増進においては、腸内細菌叢と生活習慣病に関連する研究が進められおり、肥満の発症要因には腸内細菌が関係していることが報告されている^{10,11}。動物実験では、痩せ型モデルのマウスと肥満モデルマウスの腸内細菌をそれぞれ、無菌マウスに移植したところ、肥満モデルマウスの腸内細菌を移植した無菌マウスにおいて体脂肪率が顕著に増加したことが報告されている¹⁰。さらに、ヒトの研究において、肥満者と非肥満者では腸内細菌叢が異なることが報告されており、BMI が30以上の肥満者では、*Firmicutes* 門が多い。つまり、*Bacteroidetes/Firmicutes* 比（B/F 比）が低値を示すことが示唆されている¹²。一方で、腸内細菌と身体組成との関連においては、多様な見解が示されて

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

*3 広島工業大学 生命学部 生体医工学科

*4 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻

*5 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床工学科

（連絡先）松生香里 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : k-matsuo@mw.kawasaki-m.ac.jp

おり、*Bacteroidetes* が作り出す短鎖脂肪酸によって、脂肪の取り込みや蓄積を抑制する機能を有することから、*Bacteroidetes* 門に属する細菌が肥満を抑制する可能性を示唆している¹³⁾。このように、食習慣の改善によって、生活習慣病の予防を目的とした腸内細菌の機能の解明も進められている。アスリートにおいても、近年の報告では、腸内細菌叢の種類や働きが豊富であることから、多様性が高いことが報告されている¹⁴⁾。このことから、スポーツ種目においても特徴的な腸内細菌叢を保有している可能性が考えられる。マラソン選手が42.195kmを走行するために必要なエネルギーは、およそ12,000kJ (2870.8kcal) であることが報告されている¹⁵⁾。フルマラソンは、長時間、高強度の走行によって勝敗を決定する種目であることから、事前にエネルギーを多く貯蓄しておき、節約しながら走行できる能力が必要とされる。そのため、エネルギー効率に優れた身体をつくる腸内細菌叢を保有している可能性が高いと考えられる。

そこで本研究では、国内の競技レベルの高い女子マラソン選手を対象に、体組成（体脂肪率、BMI）と腸内細菌叢の関連を調べ、スポーツ現場に役立つ基礎資料を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、競技レベルの高い女子マラソン選手であり、本研究に同意が得られた13名を対象に実施した。なお、本研究の実施に際し、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得た（承認番号：17-046）。

2.2 腸内細菌叢の分析

腸内細菌の測定は、株式会社テクノスルガ・ラボが提供している専用のキットを用いて、被験者が自己採取し提出するように依頼した。腸内細菌叢の分析は、株式会社テクノスルガ・ラボに委託し、末端標識制限酵素断片多型分析（Terminal restriction fragment length polymorphism: T-RFLP 解析）および次世代シーケンス解析（Next-generation sequencing analysis: NGS 解析）を用いて分析した。糞便検体から抽出したDNAの16S rRNA 遺伝子（16S rDNA）の部分をPCRで増幅し、制限酵素で切断したDNAの長さが近いものをグループ化し、近縁種をまとめることによって、*Clostridium*（属）、*Bifidobacterium*（属）、*Prevotella*（属）、*Lactobacillales*（目）、*Bacteroides*（属）の5群に分類した。また、分類された菌種ごとに占有率を求め、細菌群の構成を解析した。本研究では、長距離・マラソン選手における腸内細菌と体組成の関連を調べるため、門レベ

ルにおける腸内細菌、*Firmicutes* と *Bacteroidetes* の比率をB/F比として算出した。*Bacteroidetes*（門）は主に *Bacteroides*（属）、*Firmicutes*（門）は *Lactobacillales*（目）であり、肥満症では門レベルの *Firmicutes* が高値を示すことが報告されている¹²⁾。

2.3 身体組成の測定

被験者の測定項目は、身長、体重、体脂肪率とした。体脂肪率は、体脂肪測定システム（BODPOD: Life Measurement 社製）を用い、空気置換法にて測定した。

2.4 最大酸素摂取量の測定

被験者の最大酸素摂取量の測定は、国立スポーツ科学センター内にて室温20℃、湿度50%に設定した環境制御室内に埋設されているトレッドミルを用いて実施した。測定プロトコールは、トレッドミルの傾斜を0%に設定し、1分毎に増速する速度漸増負荷法を用い、被験者が疲労困憊に至るまで走行を実施した。測定時には、被験者の安全確認のため、電極ベルトを被験者の胸部に装着し、心拍測定計（Polar 社製）をモニタリングしながら実施した。呼気ガスの分析は、自動呼気ガス分析装置（AE-310S: ミナト医科学社製）を用い、Breath-by-Breath 法にて測定した。

2.5 統計解析

全ての結果は、平均値と標準偏差で示した。腸内細菌叢の占有率と体脂肪率、BMIの2変量間の関係はSpearmanの相関係数により有意性の検定を行い、統計的有意水準は5% ($P < 0.05$) とした。

3. 結果

3.1 被験者の身体特性と腸内細菌叢の占有率

被験者の年齢および体組成の平均値と標準偏差を表1に示した。被験者の年齢は 24.7 ± 4.2 歳、Body Mass Index (BMI) は $18.1 \pm 0.8 \text{ kg/m}^2$ 、体脂肪率は $13.0 \pm 1.0\%$ 、また、被験者の最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2\text{max}}$) の平均値は $65.9 \pm 4.2 \text{ mL/kg/min}$ であった。

表1 被験者の身体特性 (n=13)

| | mean | SD |
|--------------------------------------|-------------|----|
| Age (years) | 24.7 ± 4.2 | |
| Height (cm) | 157.0 ± 3.6 | |
| Weight (kg) | 44.2 ± 3.1 | |
| Body Mass Index (kg/m ²) | 18.1 ± 0.8 | |
| Body fat (%) | 13.0 ± 1.0 | |
| $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (mL/kg/min) | 65.9 ± 4.2 | |

各被験者の腸内細菌群の占有割合(T-RFLP解析)と腸内細菌比率(*Bacteroidetes*/*Firmicutes*)を図

1に示した。被験者全員において、保有している腸内細菌の種類ごとの占有率が異なることが示された(図1A)。 *Prevotella* を保有している被験者が13名中6名(A, D, I, K, L, M)存在した(図1A)。また, *Bacteroidetes/Firmicutes* 比は, 2名の被験者(A, B)を除き, 11名において0.10未満を示した(図1B)。

3.2 *Bacteroidetes/Firmicutes* と BMI, 体脂肪率の関連

各被験者の BMI と NGS 解析によって同定された肥満症との関連がある腸内細菌の *Bacteroidetes* と *Firmicutes* 比 (B/F 比) との関係を図2に示した。 BMI と B/F 比, および体脂肪率との関係に, 有意性は認められなかった (BMI, $R^2 = 0.01217$, 体脂肪率, $R^2 = 0.02741$)。また, 全被験者の B/F 比の平均値は, $0.07 \pm 0.04 \text{ kg/m}^2$ となり, BMI が 30 kg/m^2 以上の肥満者の 0.10 未満 (先行研究において, 肥満症では *Firmicutes* が多く *Bacteroidetes* が少ない¹²⁾) と同等の数値を示した。

3.3 *Bacteroidetes/Firmicutes* と最大酸素摂取量の関連

各被験者の最大酸素摂取量と NGS 解析によって同定された B/F 比の関係を図3に示した。最大酸素

摂取量と B/F 比の関係に, 有意な相関関係は認められなかった。

4. 考察

4.1 被験者の腸内細菌の特徴

腸内細菌は生活習慣病との関連が明らかになり, 肥満症や糖尿病の治療や予防の分野において研究が進んでいる¹⁶⁻¹⁸⁾。健康人の便をメタボリックシンドロームの人に移植すると, *Roseburia* と酪酸産生の増加に伴い, インスリン抵抗性と血糖値の改善もたらされることが示されている¹⁸⁾。また, メタ解析によって, 大腸ガン患者の糞便中の *Streptococcus bovis* の検出率が高かったことが報告されている¹⁶⁾。このように, 健康維持・増進のために, 生活習慣病と腸内細菌の関連は解明されつつある。本研究の被験者らは, 競技レベルの高い女子マラソン選手であり, これらの選手層をターゲットにした腸内細菌叢の研究は数少ないのが現状である。T-RFLP 解析によって得られた各選手の腸内細菌群の占有割合において, 保有している腸内細菌の割合が被験者ごとに異なることが示された(図1)。興味深いことに, *Prevotella* を保有している被験者が13名中6名(A, D,

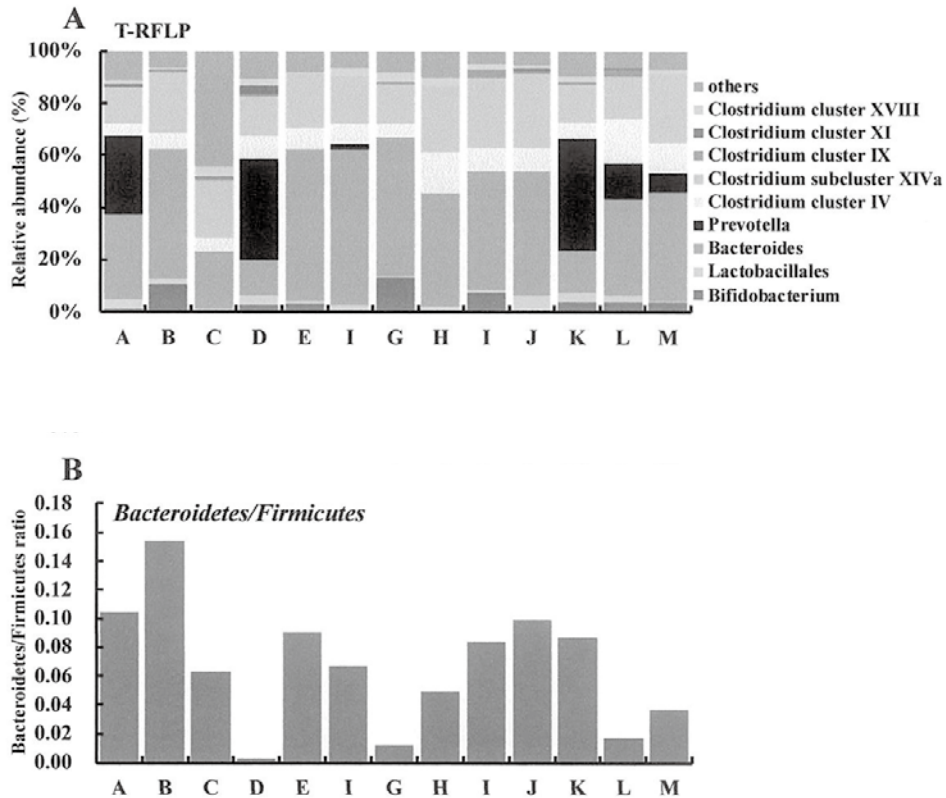


図1 各被験者の腸内細菌群の占有割合 (T-RFLP 解析) (A) と腸内細菌比率 (*Bacteroidetes/Firmicutes* 比: B/F 比) (B)

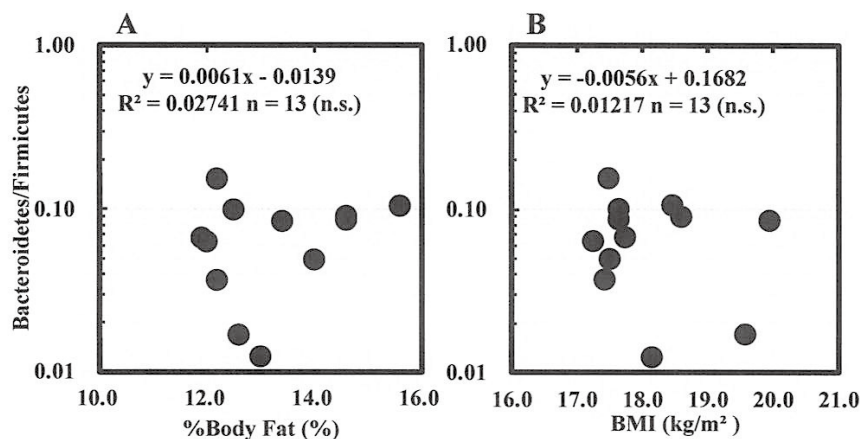


図2 各被験者の体脂肪率 (A), BMI (B) と腸内細菌比率 (*Bacteroidetes/Firmicutes*)

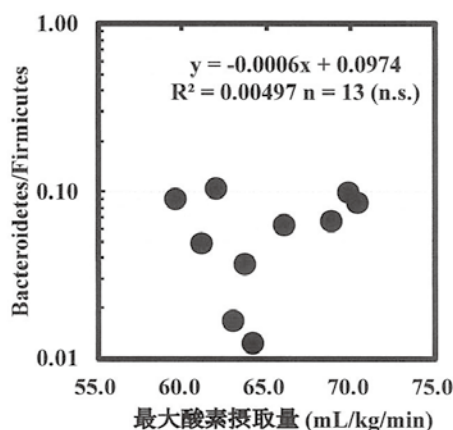


図3 各被験者の最大酸素摂取量と腸内細菌比率 (*Bacteroidetes/Firmicutes*)

I, K, L, M) 存在した. *Prevotella* は, 東南アジア, 中南米やアフリカ人において占有率が高く, また食物繊維を豊富に摂取する人種に多いことが知られている¹⁹⁾. 一方, 長期的な食習慣を調べた研究では, 高脂肪食, 高たんぱく質食を長期的に摂取している人において *Bacteroidetes* の割合が高く, 高炭水化物食を長期的に摂取している人では *Prevotella* 属が多いことが報告されている²⁰⁾. また, マラソン選手は長時間, 継続したトレーニングが多いことから炭水化物の消費量が高く, 食事においても糖質を多く摂取する必要性が推奨されており²¹⁻²³⁾, 日常的に1日の総エネルギー量の65%を炭水化物から摂取していることが報告されている²⁴⁾. これらの先行研究から, 長距離・マラソン選手に *Prevotella* を有する選手が多いことは, 普段から長時間走るトレーニングを行うために必要なエネルギー源となる米 (炭水化物) の摂取量が多いという特徴と関連している可能性が考えられる.

4.2 *Bacteroidetes/Firmicutes* と体脂肪率, BMI の関連

各選手の BMI と NGS 解析によって同定された肥満症と関連がある B/F 比との関係を示した結果 (図2) では, BMI と B/F 比, および体脂肪率との関係に有意性は認められなかった (BMI, $R^2 = 0.01217$; 体脂肪率, $R^2 = 0.02741$). 有意差が認められなかった理由として, 対象者の体脂肪率がおよそ12-15%, BMI が17-20%と狭い範囲であり, 競技レベルが高い集団であったことが考えられる. 興味深いことに, 全選手の B/F 比の平均値は, 0.07 ± 0.04 kg/m^2 であり BMI が 30 kg/m^2 以上の肥満者の0.10未満と同等の数値を示した. マラソン選手が42.195kmを走りきるためには, およそ12,000kJ (2870.8kcal) のエネルギーが必要であることが報告されている¹⁵⁾. そのための摂取エネルギーも必要であることから食事摂取量も多いと予測される²³⁾. 本研究のマラソン選手において, 肥満者と同等の B/F 比を示したこ

とは、マラソン選手と肥満者の食事摂取量が類似している可能性が考えられる。しかしながら、肥満者はマラソン選手のようなトレーニングを行わないため、体重、体脂肪率の増加に関連していることが考えられる。同様のB/F比であるにも関わらず、マラソン選手と肥満者の体格が異なる理由として、マラソン選手は、日常的なトレーニングによって貯蔵されたエネルギーを少しずつ使いながら効率よく走れる身体へと適応しているが、肥満者は身体活動量・エネルギー利用量が少ないため、体重、体脂肪率の増加を導いている可能性が考えられる。

4.3 *Bacteroidetes/Firmicutes*と最大酸素摂取量の関連

本研究の被験者は、陸上長距離・マラソン選手の中でも競技レベルが極めて高い集団であったことから最大酸素摂取量の平均値は高値 ($66.0 \pm 4.4\text{kg/ml/min}$) を示した (図3)。そのため、腸内細菌との有意な相関関係は認められなかったことが考えられる。幅広いマラソン競技成績のランナーを調べた場合、競技レベルが高くなるほど肥満者と類似したB/F比の腸内細菌叢を保有する選手が多くなる可能性も考えられる。

今後、腸内細菌叢とエネルギー代謝との関連メカニズムに加えて、持久性能力との関係を明らかにすることで、競技力向上の一助として、スポーツ現場に還元できる基礎資料を蓄積していく必要がある。

4.4 腸内環境を考慮したコンディショニング対策の提案

近年、腸内環境を考慮したコンディショニング対策は、肥満などの生活習慣病予防に限らず、スポーツ現場においても周知されつつある。腸内環境を改善するProbiotics摂取やGibsonによって提唱された

Prebiotics摂取が、腸内細菌叢改善において代表的な対策である²⁵⁾。Prebioticsは、消化管の上部で分解・吸収されずに、大腸内に共生している腸内細菌の栄養源となり、細菌叢の構成を健康的な環境に維持・改善する食品成分であり、肥満症の予防やアスリートのコンディション維持を目的としたサプリメントにも有効活用されている²⁵⁾。特に、マラソン選手は、高強度・長時間のトレーニングによって腸管機能の悪化を呈する選手が多いことが報告されている²⁶⁻²⁸⁾。これらのことから、長時間走るためにエネルギー効率の良い身体をつくる腸内細菌を維持する他、腸内環境の変化(悪化)の予防・改善策としての活用も期待できると考えられる。

本結果の知見を基に、将来的には腸内環境を考慮したコンディショニング対策として、スポーツ現場に還元できる資料として提案したい。

4.5 本研究の限界

本研究では女子マラソン選手が対象であったため、本来であれば月経周期との関連を考慮しなければならないという点であった。しかしながら、13名中、およそ半数の選手が月経不順や無月経であることから、本研究においては月経周期を揃えて調査を実施することは困難であった。今後の課題として腸内環境と月経周期との関連についても検討が必要であると考えられる。一方で、選手の立場・視点から考えた場合、個人的な体調によって試合の日程を決定できないこと等を踏まえると、本研究の測定成果は、アスリートのコンディショニングに活用できる基礎資料として、将来的に腸内環境を考慮したコンディショニング対策やパフォーマンスの低下防止策の一助としてスポーツ現場への資料として還元できる可能性が考えられる。

謝 辞

本研究は、JSPS 科研費17H02147および平成29年度医療福祉研究費の助成を受けて実施したものである(研究代表者: 松生香里)。また、選手の糞便サンプルの採取は、川原貴氏(国立スポーツ科学センター センター長)、日本陸上競技連盟科学委員の杉田正明氏(日本体育大学教授)、岡崎和伸氏(大阪市立大学教授)、後藤一成氏(立命館大学教授)の協力のもと実施した。最後に、被験者として、貴重な実験サンプルをご提供頂いた女子マラソンナショナルチームの選手、ならびに各選手の指導者のみなさまに心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) Joyner MJ and Coyle EF: Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, **586**, 35-44, 2008.
- 2) Costill DL: Physiology of marathon running. *The Journal of the American Medical Association*, **221**, 1024-1029, 1972.
- 3) Sjodin B and Svedenhag J: Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, **2**, 83-99, 1985.
- 4) Skovgaard C, Almquist NW and Bangsbo J: Effect of increased and maintained frequency of speed endurance training on performance and muscle adaptations in runners. *Journal of Applied Physiology*, **122**, 48-59, 2017.

- 5) Skovgaard C, Christiansen D, Christensen PM, Almquist NW, Thomassen M and Bangsbo J : Effect of speed endurance training and reduced training volume on running economy and single muscle fiber adaptations in trained runners. *Physiological Reports*, **6**, 2018.
- 6) Conley DL and Krahenbuhl GS : Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **12**, 357-360, 1980.
- 7) Daniels JT : A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **17**, 332-338, 1985.
- 8) Callow M, Morton A and Guppy M : Marathon fatigue: The role of plasma fatty acids, muscle glycogen and blood glucose. *European Journal of Appl Physiology and Occupational Physiology*, **55**, 654-661, 1986.
- 9) Wilmore JH : Body composition in sport and exercise: Directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **15**, 21-31, 1983.
- 10) Turnbaugh PJ, Ley RE, Mahowald MA, Magrini V, Mardis ER and Gordon JI : An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature*, **444**, 1027-1031, 2006.
- 11) Hong YH, Nishimura Y, Hishikawa D, Tsuzuki H, Miyahara H, Gotoh C, Choi KC, Feng DD, Chen C, Lee HG, Katoh K, Roh SG and Sasaki S : Acetate and propionate short chain fatty acids stimulate adipogenesis via GPCR43. *Endocrinology*, **146**, 5092-5099, 2005.
- 12) Verdum FJ, Fuentes S, de Jonge C, Zoetendal EG, Erbil R, Greve JW, Buurman WA, de Vos WM and Rensen SS : Human intestinal microbiota composition is associated with local and systemic inflammation in obesity. *Obesity*, **21**, E607-615, 2013.
- 13) Schwartz A, Taras D, Schafer K, Beijer S, Bos NA, Donus C and Hardt PD : Microbiota and SCFA in lean and overweight healthy subjects. *Obesity*, **18**, 190-195, 2010.
- 14) Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, Lucey AJ, Humphreys M, Hogan A, Hayes P, O'Reilly M, Jeffery IB, Wood-Martin R, Kerins DM, Quigley E, Ross RP, O'Toole PW, Molloy MG, Falvey E, Shanahan F and Cotter PD : Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*, **63**, 1913-1920, 2014.
- 15) Loftin M, Sothorn M, Koss C, Tuuri G, Vanvrancken C, Kontos A and Bonis M : Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **21**, 1188-1191, 2007.
- 16) Mai V and Morris JG Jr. : Need for prospective cohort studies to establish human gut microbiome contributions to disease risk. *Journal of the National Cancer Institute*, **105**, 1850-1851, 2013.
- 17) Yang YJ and Sheu BS : Metabolic Interaction of Helicobacter pylori Infection and Gut Microbiota. *Microorganisms*, **4**, 2016.
- 18) Vrieze A, Van Nood E, Holleman F, Salojarvi J, Kootte RS, Bartelsman JF, Dallinga-Thie GM, Ackermans MT, Serlie MJ, Oozeer R, Derrien M, Druesne A, Van Hylckama Vlieg JE, Bloks VW, Groen AK, Heilig HG, Zoetendal EG, Stoes ES, de Vos WM, Hoekstra JB and Nieuwdorp M : Transfer of intestinal microbiota from lean donors increases insulin sensitivity in individuals with metabolic syndrome. *Gastroenterology*, **143**, 913-916 e917, 2012.
- 19) Arumugam M, Raes J, Pelletier E, Le Paslier D, Yamada T, Mende DR, Fernandes GR, Tap J, Bruls T, Batto JM, Bertalan M, Borrueal N, Casellas F, Fernandez L, Gautier L, Hansen T, Hattori M, Hayashi T, Kleerebezem M, Kurokawa K, Leclerc M, Levenez F, Manichanh C, Nielsen HB, Nielsen T, Pons N, Poulain J, Qin J, Sicheritz-Ponten T, Tims S, Torrents D, Ugarte E, Zoetendal EG, Wang J, Guarner F, Pedersen O, de Vos WM, Brunak S, Dore J, Meta HITC, Antolin M, Artiguenave F, Blottiere HM, Almeida M, Brechot C, Cara C, Chervaux C, Cultrone A, Delorme C, Denariac G, Dervyn R, Foerstner KU, Friss C, van de Guchte M, Guedon E, Haimet F, Huber W, van Hylckama-Vlieg J, Jamet A, Juste C, Kaci G, Knol J, Lakhdari O, Layec S, Le Roux K, Maguin E, Merieux A, Melo Minardi R, M'Rini C, Muller J, Oozeer R, Parkhill J, Renault P, Rescigno M, Sanchez N, Sunagawa S, Torrejon A, Turner K, Vandemeulebrouck G, Varela E, Winogradsky Y, Zeller G, Weissenbach J, Ehrlich SD and Bork P : Enterotypes of the human gut microbiome. *Nature*, **473**, 174-180, 2011.
- 20) De Filippis F, Pellegrini N, Vannini L, Jeffery IB, La Storia A, Laghi L, Serrazanetti DI, Di Cagno R, Ferrocino I, Lazzi C, Turrone S, Cocolin L, Brigidi P, Neviani E, Gobbetti M, O'Toole PW and Ercolini D : High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. *Gut*, **65**, 1812-1821, 2016.
- 21) Burke LM, Millet G and Tarnopolsky MA : International Association of Athletics Federations: Nutrition for

- distance events. *Journal of Sports Science*, **25 Suppl 1**, S29-38, 2007.
- 22) Jeukendrup AE : Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Science*, **29 Suppl 1**, S91-99, 2011.
- 23) Burke LM : Nutrition strategies for the marathon: Fuel for training and racing. *Sports Medicine*, **37**, 344-347, 2007.
- 24) Sherman WM and Wimer GS : Insufficient dietary carbohydrate during training: Does it impair athletic performance? *International Journal of Sports Nutrition*, **1**, 28-44, 1991.
- 25) Gibson GR and Roberfroid MB : Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, **125**, 1401-1412, 1995.
- 26) McCabe ME 3rd, Peura DA, Kadakia SC, Bocek Z and Johnson LF : Gastrointestinal blood loss associated with running a marathon. *Digestive Diseases and Sciences*, **31**, 1229-1232, 1986.
- 27) Sullivan SN and Wong C : Runners' diarrhea. Different patterns and associated factors. *Journal of Clinical Gastroenterology*, **14**, 101-104, 1992.
- 28) 松生香里, 岡崎和伸, 杉田正明 : 長距離・マラソン選手の腸内環境とコンディションの関連一意識調査と外環境の変化に伴う影響について一. 陸上競技研究紀要, **10**, 140-145, 2015.

(令和元年6月27日受理)

Correlation between Physical Characteristics and Composition of Gut Microbiota in Marathon Runners

Kaori MATSUO, Noboru YOSHIDA, Yutaro TAMARI, Hiroki HAMADA, Koji UENO, Eri OYANAGI, Hiromi YANO and Sho ONODERA

(Accepted Jun. 27, 2019)

Key words : marathon runner, gut microbiota, BMI, T-RFLP analysis, 16S rRNA

Abstract

Completely functional intestine and colon ensure an adequate supply of nutrients. Recent research suggests that gut microbiota support the intestinal function. Endurance runners routinely perform long-term endurance training. This study aims to investigate the correlation between microbiota composition and physical characteristics in high physical activity marathon runners. We enrolled 13 female elite-marathon runners (mean age, 24.7 ± 4.2 years; maximal oxygen consumption, 65.9 ± 4.2 mL/kg/min; percentage of body fat, $13.0\% \pm 1.0\%$; body mass index, 18.1 ± 0.8 kg/m²). Each athlete was asked to take their stool sample for gut microbiota analysis. We classified gut microbiota by the terminal restriction fragment length polymorphism analysis; the constituent bacteria were classified into 28 operational taxonomic units (OTCs) by Techno Suruga Laboratory Co., Ltd. In addition, these samples were analysed 16S rDNA by next-generation sequence analysis. Each athlete had a different gut microbiota. Furthermore, the microbiota of six athletes revealed the presence of *Prevotella* spp. No correlation was established between the *Bacteroidetes/Firmicutes* ratio, body mass index ($R^2 = 0.01217$) and percentage of body fat ($R^2 = 0.02741$). However, remarkably, this study suggests that the obesity-associated intestinal microbiota in female elite-marathon runners is characterised by a higher *Bacteroidetes/Firmicutes* ratio.

Correspondence to : Kaori MATSUO

Department of Health and Sports Science
Faculty of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : k-matsuo@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.29, No.1, 2019 99–105)