

原 著

2 週間の高濃度茶カテキン含有飲料継続摂取が間欠性の運動テストから評価した全身持久力に及ぼす影響：無作為化二重盲検プラセボ対照試験

山上 隼平^{*1}、宮下 政司^{*2}、長谷川 雅^{*2}、城所 哲宏^{*3}、柳岡 拓磨^{*1}、柏原 杏子^{*1}、和氣坂 卓也^{*4}、松井 祐司^{*4}、吉村 賢治^{*4}、竹下 尚男^{*4}、安永 浩一^{*4}

^{*1} 東京学芸大学大学院教育学研究科、^{*2} 東京学芸大学健康・スポーツ科学講座、

^{*3} 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科、^{*4} 花王株式会社ヘルスケア食品研究所

【目的】

高濃度茶カテキン含有飲料（tea catechin-rich beverage、以下TCR飲料とする）の2週間の継続摂取が間欠性の運動テストから評価した全身持久力にどのような影響をもたらすか検討することを目的とした。

【方法】

トレーニング習慣のある男子学生27名を対象に無作為化二重盲検プラセボ対照試験法を用いて全身持久力を評価した。参加者は試験当日、TCR飲料（茶カテキン639mg/500mL）、または対照飲料（茶カテキン0mg/500mL）のどちらかを摂取した後、1回目のYo-Yo Intermittent Endurance Test Level2（Yo-Yo IE2 Test）を実施した。次に、それぞれの飲料を1日1本2週間摂取終了後、2回目のYo-Yo IE2 Testを実施した。その後、2週間のウォッシュアウト期間を経た後、飲料を替えて上記と同様の試験を実施した。

【結果】

TCR飲料試行において、対照飲料試行と比べYo-Yo IE2 Test総走行距離が延長する傾向が認められた（飲料の主効果： $p = 0.114$ ）。また、Yo-Yo IE2 Test総走行距離が2,000m以上の中程度者以上を解析した場合、TCR飲料試行において、対照飲料試行と比べ運動時の最大心拍数が有意に変化し、Yo-Yo IE2 Test総走行距離が有意に延長することが認められた（飲料の主効果：それぞれ $p = 0.044$ 、 $p = 0.038$ ）。

【結論】

本研究において、2週間のTCR飲料の継続摂取は間欠性の運動テストから評価した全身持久力を向上させる可能性を持つことが示唆された。

キーワード：茶カテキン 全身持久力 運動パフォーマンステスト

I 緒言

カテキンは、緑茶やチョコレートなどに豊富に含まれるポリフェノールであり、世界中で摂取されている。緑茶に多く含まれるポリフェノールは、主にエピガロカテキンガレート・エピカテキンガレート・ガロカテキンガレート・カテキンガレート・エピガロカテキン・エピカテキン・ガロカテキン・カテキンであり、本研究ではこの8種を総称して茶カテキンと呼ぶ。茶カテキンの生理効果は多岐にわたり、これまでに抗がん作用、抗アレルギー作用、血糖上昇抑制作用、動脈硬化予防作用、血管拡張作用、抗肥満作用、抗酸化作用

用等、さまざまな効果が報告されている^{1)~5)}。

茶カテキンの抗肥満作用に関しては最近、国内外で研究が活発に進み、安定同位体で標識した脂肪を用いたヒト試験において、茶カテキンの継続摂取は食事から摂取する脂肪の代謝を亢進させることが明らかにされている⁶⁾。動物試験においても、茶カテキンを長期継続摂取させたところ、安静時の肝臓内、運動時の骨格筋内で脂肪酸化の亢進が報告されている^{7),8)}。また、軽度の運動を負荷したヒト試験で、573mgの茶カテキンの10週間の継続摂取は安静時の呼吸商、運動時の呼吸交換比を低下させることが報告されている⁹⁾。

運動時にグリコーゲンが枯渇すると、脂肪代謝に影

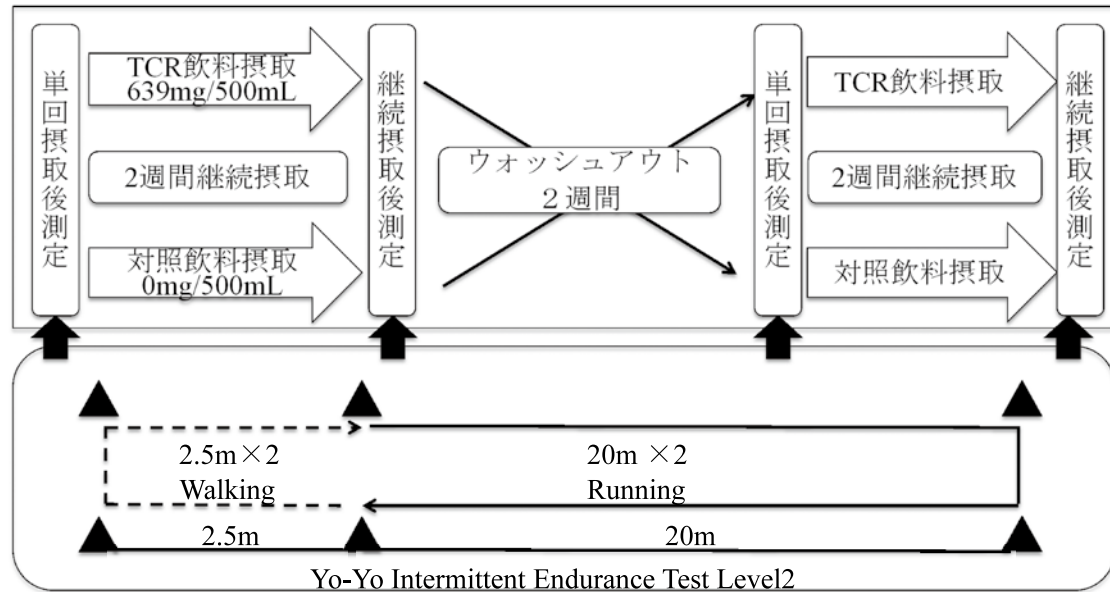


図1 研究プロトコル

響を及ぼして全身持久力に悪影響を与えるが、脂肪代謝を亢進させ、グリコーゲンを温存させることで全身持久力が向上すると考えられている¹⁰⁾。さらに複数の動物試験で、茶カテキンの摂取が脂肪の代謝を亢進し、全身持久力の向上に寄与する可能性が示されている^{11)~16)}。ヒトを対象とした全身持久力に関する報告は、そのすべてが自転車エルゴメータやトレッドミルを用いた連続性運動による全身持久力評価である^{17)~19)}。しかし、競技者人口として上位を占めるスポーツであるサッカーやバスケットボール等の球技スポーツ²⁰⁾は先行研究で測定されている連続性の運動とは異なり、運動と運動の間に休息を挟む間欠性の運動であり、茶カテキンの継続摂取が間欠性全身持久力に及ぼす影響をヒトで検討した先行研究はない。

よって、本研究では、運動トレーニング習慣のある健康男性を対象に、高濃度（茶カテキン濃度として市販ペットボトル緑茶飲料の5～6倍）茶カテキン含有飲料（tea catechin-rich beverage、以下TCR飲料とする）の継続摂取が間欠性全身持久力に影響を与えるか否か検討することを目的とした。本研究にてTCR飲料を用いた理由として、一般のお茶の濃度では代謝改善効果（抗肥満効果）は認められていないため²¹⁾、茶カテキンを豊富に含む飲料を用いた。

II 方法

1. 試験参加者

本研究は週4～5日運動トレーニングを行う健康男子学生27名を対象とした。本研究は2015年4月から5月下旬に実施した。参加者は運動トレーニングとして

高強度運動を週4回2時間以上、中強度運動を週2回1時間以上実施している非喫煙者であり、年齢 21.6 ± 0.2 歳、身長 176.4 ± 1.4 cm、体重 70.1 ± 1.5 kg、BMI 22.5 ± 0.3 kg/m²（平均値±標準誤差）であった。すべての参加者は本研究内容に関して、試験実施者から十分な説明を受け、研究への参加を文書で同意した。なお、本研究は東京学芸大学研究倫理委員会の承認を得て行われた（承認番号：123）。

2. 研究デザイン

本研究は無作為化二重盲検プラセボ対照試験法を用いて行われた。研究プロトコルを図1に示した。参加者はTCR飲料先行摂取群、または対照飲料先行摂取群に無作為に割付けられ、単回摂取後に1回目の間欠性全身持久力測定を実施した。その後、割り当てられた飲料を2週間1日1本継続摂取した後に2回目の間欠性全身持久力測定を実施した。その後2週間のウォッシュアウト期間を経た後、飲料を替えて上記と同様の内容を実施した。尚、TCR飲料の単回摂取後の血中カテキン量は24時間前後で初期値に戻る²²⁾ことから、継続摂取による血中カテキンの残存は考えにくい。参加者の身体面および心理面への配慮や交差試験による季節差への考慮し、ウォッシュアウト期間を2週間とした。

3. 試験飲料

試験飲料として茶カテキンを含有するTCR飲料（茶カテキン639mg/500mL）、プラセボとして茶カテキンを含有しない対照飲料（0mg/500mL）を用いた。それぞれの飲料組成を表1に示した。両飲料はいずれも

表 1 試験飲料組成

	TCR 飲料	対照飲料
	(mg/500mL)	
総カテキン	639	0
ガロカテキン	62	0
エピガロカテキン	236	0
カテキン	22	0
エピカテキン	64	0
エピガロカテキンガレート	191	0
ガロカテキンガレート	13	0
エピカテキンガレート	49	0
カテキンガレート	2	0
無水カフェイン	18	15
	(g/500mL)	
タンパク質	0	0
脂肪	0	0
炭水化物	8.5	8.5
	(kcal/500mL)	
エネルギー	20	20

TCR：高濃度茶カテキン含有

20kcal/500mLの熱量であり、外見や風味から区別がつかないように調整した。2 週間の継続摂取期間中の飲用タイミングは運動トレーニング時とし、休息日の際は通学時等できるだけ身体活動量の多い時とした。

4. 間欠性全身持久力測定方法

間欠性全身持久力を測定する評価手法として、Yo-Yo Intermittent Endurance Test Level 2（以下Yo-Yo IE2 Testとする）を用いた（図1）。参加者は、最初のシグナルが鳴ると同時にスタートラインから走り出し、2 回目のシグナルが鳴るまでに前方20m先のマーカーで折り返すよう速度を調整して走り、3 回目のシグナルが鳴るまでにスタートラインまで戻り、その後5 秒間かけてスタートラインから後方2.5mを歩いて往復してスタートラインに再度着くように教示を受けた。以上の内容を合計2 回、シグナルに遅れるまで行われた。1 回目のシグナルに遅れた際、参加者に周知し、2 回シグナルに遅れた時点で測定終了とし、それまでの総走行距離を記録した。

5. 本試験

参加者は、試験期間中、緑茶飲料の摂取および1 日あたり200mg以上のカフェインの摂取を控えた。4 回のYo-Yo IE2 Testの前日および当日には、激しい運動やカフェインの過度の摂取、飲酒を控え、前日の昼食・夕食、当日の朝食、その他の間食、飲料の摂取内

容は4 回の測定で同一になるようにした。また、当日の朝は、起床してYo-Yo IE2 Testが終了するまで、規定の食事、指定飲料および水以外の飲食を控えた。

各Yo-Yo IE2 Testの当日は、参加者は午前8 時30 分に集合して規定の朝食を摂取し、午前11時から試験飲料1 本(500mL)を4 回に分けて15分毎に摂取した。試験飲料摂取後、参加者は12時に総合グラウンド（人工芝）に集合して5 分間の統一のウォーミングアップ後、Yo-Yo IE2 Testを実施した。血中乳酸濃度は、測定器（ラクテート・プロ2 LT-1730、アークレイ社製）を用い、ウォーミングアップ直前、Yo-Yo IE2 Test終了直後に指先から全血を採血して測定した。心拍数は、心拍計（RCX3、Polar社製）を用い、Yo-Yo IE2 Test開始直前から終了まで測定した。

6. データ分析

すべての値は、平均値±標準誤差で示した。統計解析には解析ソフト（Predictive Analytics Software、Ver. 18.0 Windows、IBM Japan株式会社製）を用い、有意水準は5 %未満とした。各飲料継続摂取前後での試行間比較には、線形混合モデル分析を用いた。

Ⅲ 結果

1. Yo-Yo IE2 Test総走行距離

Yo-Yo IE2 Testの総走行距離結果を図2 Aに示した。TCR飲料単回摂取後、継続摂取後の総走行距離はそれぞれ2,011±107m、2,108±104mであった。対照飲料単回摂取後、継続摂取後の総走行距離はそれぞれ1,981±102m、2,022±95mであった。TCR飲料摂取時における走行距離は対照飲料摂取時と比べ、有意な差は認められなかったが、延長傾向を示した（飲料の主効果：p = 0.114）。

図2 Bに4 回の本試験の際、1 回以上総走行距離が2,000m以上を記録した者を層別解析した際の結果を示した。TCR飲料単回摂取後、継続摂取後の総走行距離は2,338±109m、2,448±106mであった。対照飲料単回摂取後、継続摂取後の総走行距離はそれぞれ2,295±108m、2,275±118mであった。TCR飲料摂取時の総走行距離は、対照飲料摂取時と比べ、有意に延長した（飲料の主効果：p = 0.038）。

2. 心拍数

表2（上段）に各測定時の最大心拍数および平均心拍数を示した。なお、4 回のYo-Yo IE2 Test時に1 回以上心拍数を計測できなかった場合は解析から除外したため、27名中23名のデータを解析に用いた。TCR飲料単回摂取後、継続摂取後の最大心拍数は197±2bpm、196±2bpmであった。対照飲料単回摂取後、継続摂取後の最大心拍数はそれぞれ195±2bpm、195

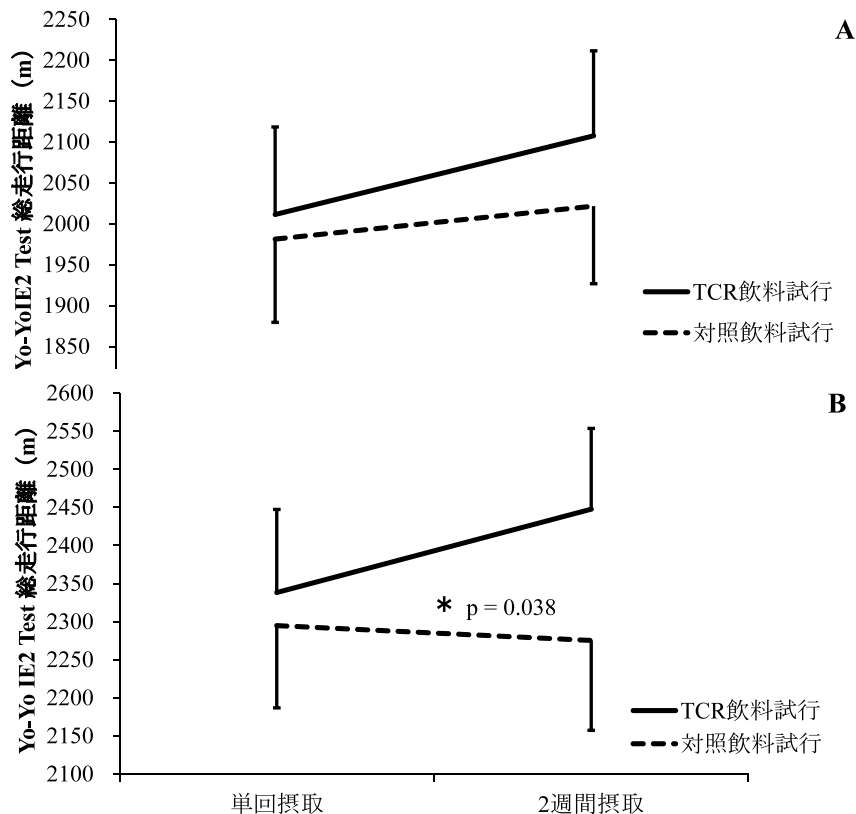


図2 Yo-Yo IE2 Test 総走行距離

(A)：被験者全体走行距離 (n = 27) 平均値 ± 標準誤差、飲料の主効果：p = 0.114 (TCR 飲料試行 > 対照飲料試行)、時間の主効果：p = 0.080 (単回摂取と比較)、交互作用：p = 0.469

(B)：走行距離 2,000 m 以上到達者走行距離 (n = 16) 平均値 ± 標準誤差、*飲料の主効果：p = 0.038 (TCR 飲料試行 > 対照飲料試行)、時間の主効果：p = 0.413 (単回摂取と比較)、交互作用：p = 0.243

±1bpmであった。TCR飲料摂取時において最大心拍数が高値を示す傾向が見られた (飲料の主効果：p = 0.105)。平均心拍数においては飲料間に有意な差は認められなかった。

1 回以上 Yo-Yo IE2 Test 総走行距離が 2,000m 以上に到達した対象者を層別解析した際の最大心拍数および平均心拍数を表 2 (下段) に示した。なお、該当者の中で 4 回の Yo-Yo IE2 Test 時に 1 回以上心拍数を計測できなかった場合は解析から除外したため、16 名中 14 名のデータを解析に用いた。TCR 飲料単回摂取後、継続摂取後の最大心拍数はそれぞれ 197 ± 3 bpm、 196 ± 2 bpm、対照飲料単回摂取後、継続摂取後 1 回目、2 回目の最大心拍数はそれぞれ 194 ± 2 bpm、 195 ± 2 bpm であった。TCR 飲料摂取時において、最大心拍数が対照飲料摂取時と比べ、有意に高値を示した (飲料の主効果：p = 0.044)。平均心拍数においては飲料間に有意な差は認められなかった。

3. 血中乳酸濃度

表 3 (上段) に各測定時の血中乳酸濃度を示した。

各飲料試行間に有意な差は認められなかった。

Yo-Yo IE2 Test の総走行距離が 2,000m に到達した対象者を層別解析した際の血中乳酸濃度を表 3 (下段) に示した。Yo-Yo IE2 Test を行うことにより血中乳酸濃度の増加が見られたが、飲料間で有意な差は認められなかった。

IV 考察

本研究の目的は、TCR 飲料の継続摂取が間欠性全身持久力に影響を与えるか否か検討することであった。本研究の結果、TCR 飲料継続摂取は Yo-Yo IE2 Test 総走行距離を延長させる傾向が認められた。また、本研究の間欠性全身持久力測定に用いた Yo-Yo IE2 Test はアスリートの間欠性全身持久力を適正に評価する手法として国内外の研究機関において幅広く使用されている^{23),24)}。さらにその評価指標は、2,000m 未満は低い間欠性全身持久力、2,000m 以上は中程度以上とアスリートの運動能力ごとにクラス分けして評価することが可能である²³⁾。本研究においても、能力別

表2 Yo-Yo IE 2 Test における最大心拍数および平均心拍数

<被験者全体>

	TCR 飲料試行		対照飲料試行	
	単回摂取	2 週間摂取	単回摂取	2 週間摂取
最大心拍数 (bpm)	197 ± 2	196 ± 2	195 ± 2	195 ± 1
平均心拍数 (bpm)	179 ± 2	178 ± 2	179 ± 2	177 ± 1

n = 23, 平均値 ± 標準誤差

最大心拍数：飲料の主効果 p = 0.105、時間の主効果 p = 0.838 (単回摂取と比較)、交互作用 p = 0.501

平均心拍数：飲料の主効果 p = 0.269、時間の主効果 p = 0.087 (単回摂取と比較)、交互作用 p = 0.883

<走行距離 2,000m 以上到達者>

	TCR 飲料試行		対照飲料試行	
	単回摂取	2 週間摂取	単回摂取	2 週間摂取
最大心拍数* (bpm)	197 ± 3	196 ± 2	194 ± 2	195 ± 2
平均心拍数 (bpm)	179 ± 3	177 ± 2	177 ± 2	177 ± 2

n = 14, 平均値 ± 標準誤差

最大心拍数：*飲料の主効果 p = 0.044 (TCR 飲料試行 > 対照飲料試行)、時間の主効果 p = 0.806 (単回摂取と比較)、交互作用 p = 0.251

平均心拍数：飲料の主効果 p = 0.304、時間の主効果 p = 0.304 (単回摂取と比較)、交互作用 p = 0.475

表3 Yo-Yo IE 2 Test前後における血中乳酸濃度

<被験者全体>

	TCR 飲料試行		対照飲料試行	
	単回摂取	2 週間摂取	単回摂取	2 週間摂取
測定前乳酸 (mmol/L)	2.0 ± 0.2	1.9 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.6 ± 0.1
測定後乳酸 (mmol/L)	13.0 ± 0.8	13.6 ± 0.8	13.1 ± 0.7	13.1 ± 0.7

n = 27, 平均値 ± 標準誤差

飲料の主効果：p = 0.364、時間の主効果：p < 0.001 (測定前後で比較)、交互作用：p = 0.985

<走行距離 2,000m 以上到達者>

	TCR 飲料試行		対照飲料試行	
	単回摂取	2 週間摂取	単回摂取	2 週間摂取
測定前乳酸 (mmol/L)	2.1 ± 0.3	1.8 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.6 ± 0.2
測定後乳酸 (mmol/L)	13.2 ± 1.0	14.2 ± 0.9	12.5 ± 0.8	12.8 ± 1.0

n = 16, 平均値 ± 標準誤差

飲料の主効果：p = 0.139、時間の主効果：p < 0.001 (測定前後で比較)、交互作用：p = 0.493

に層別解析した結果、とくに中程度以上の者において、Yo-Yo IE2 Test総走行距離が有意に延長することが明らかとなった。

これまでの先行研究において、茶カテキンの継続摂取が運動中の脂肪代謝に与える影響について多く報告

されている²⁵⁾。しかし、全身持久力に与える影響について動物試験では多数報告されているが^{11)~16)}、ヒト試験においては3つの報告があるのみである^{17)~19)}。Deanら¹⁷⁾は、男性自転車競技者にカプセル型のプラセボサプリメントおよび茶カテキンサプリメントをそれぞれ6日間、Eichenbergerら¹⁸⁾は3週間の継続摂取

をさせ、自転車エルゴメータを用いたタイムトライアルにて全身持久力および脂肪代謝を測定したところ、タイムトライアル結果および安静時・運動時の脂肪代謝に試行間の有意差は見られず、茶カテキンの継続摂取は全身持久力を向上させないことを報告している。本研究の結果は、この先行研究とは相反するものとなった。この要因として考えられるのは、摂取する茶カテキンの総量と形態の違いが考えられる。Deanら¹⁷⁾は茶カテキン270mg（エピガロカテキンガレート（以下、EGCGとする） $\geq 90\%$ ）、Eichenbergerら¹⁸⁾は茶カテキン159mg（EGCG: 68mg）を継続摂取させている。一方、本研究ではTCR飲料として茶カテキン639mg（EGCG: 191mg）を2週間継続摂取させた。茶カテキンの脂肪代謝亢進効果は濃度依存性があり、茶カテキン500~600mg/日程度の摂取において効果が高いことが報告されている²⁾。実際にRobertsら¹⁹⁾は健康若年者にプラセボサプリメントおよびカテキンサプリメント（茶カテキン: 561mg）を4週間継続摂取させエルゴメータを用いた40分間のセルフペースパフォーマンストライアルにて身体持久力測定したところ、カテキン摂取群において脂肪酸化、パフォーマンストライアル結果が有意に上昇し、全身持久力を向上させると報告している。本研究ではDeanら¹⁷⁾の用いた1日の総カテキン摂取量270mgやEichenbergerら¹⁸⁾の用いた1日の総カテキン摂取量159mgと比べ、639mgと1日の茶カテキン摂取量が多く、飲料に溶解した形態を用いたため、Deanら¹⁷⁾やEichenbergerら¹⁸⁾の報告と異なる結果となった可能性が考えられる。

また、運動形態の違いも先行研究と異なる結果となった要因の1つと考えられる。EichenbergerらやDeanらが用いた運動形態は、1時間以上の長時間定常負荷運動（中強度運動）を行った後、30~45分間のタイムトライアルを実験室にて実施する方法であった^{17), 18)}。これは、長時間の中強度運動により、好気性運動（脂肪代謝）を、その後のタイムトライアルにより主に嫌気性運動（糖質代謝）を評価している。一方、本研究は10~20分間のYo-Yo IE2 Testを用いたフィールド試験であった。Yo-Yo IE2 Testはインターバルを繰り返す能力を評価する試験方法であり、好気性運動と嫌気性運動の両方を同時に評価できる²³⁾。このような運動形態の違いが先行研究とは異なる結果をもたらした可能性が考えられる。

本研究の結果より、Yo-Yo IE2 Test総走行距離による間欠性全身持久力評価がとくに中程度者において有意に延長した理由として、茶カテキンによる脂肪代謝の亢進が考えられる。同強度運動時の脂肪代謝の利用は運動トレーニングによる全身持久力の高いものにおいて、そうではないものに比べ、高くなることが報

告されている²⁶⁾。そのため、Yo-Yo IE2 Test時のエネルギー利用率は中程度者において、より高いことが考えられる。間欠性全身持久力評価が中程度者において茶カテキンの継続的な摂取は、エネルギーとして脂肪の利用が亢進する一方、糖質の利用は抑えられ、体内のグリコーゲンが温存した結果、全身持久力が向上した可能性が考えられる¹⁰⁾。Muraseら¹²⁾は動物試験において、茶カテキンの摂取が脂肪代謝および全身持久力に与える影響を検討し、茶カテキンを長期摂取した群ではコントロール群と比べ、血中遊離脂肪酸、筋内の脂肪代謝関連酵素の遺伝子発現量、筋肉での β 酸化活性が有意に上昇し、限界走行時間が有意に延長したことを報告している。Otaら²⁷⁾はヒト試験において茶カテキンの継続摂取が脂肪代謝に与える影響を報告している。その報告では、プラセボ飲料および茶カテキン飲料の2か月間の継続摂取と週3回の習慣的なトレーニングの組み合わせを実施させ、運動時の脂肪代謝を測定したところ、茶カテキン飲料とトレーニングの組み合わせを実施した群においてプラセボ群と比べ、有意に脂肪酸化が亢進したことが報告されている。また、Ichinoseら⁹⁾はプラセボ飲料および茶カテキン飲料の継続摂取と週3回の習慣的なトレーニングの組み合わせを10週間実施し、運動時の脂肪代謝を呼気ガスにより測定したところ、茶カテキン飲料の継続摂取と習慣的なトレーニングの組み合わせを実施した群において、プラセボ群と比べ、運動時の呼吸交換比が有意に低下し、脂肪代謝が亢進したことを報告している。これら先行研究の結果から茶カテキンの継続摂取による運動時の脂肪代謝の亢進は、習慣的なトレーニングとの組み合わせにより、効果的に起きると考えられる。実際にRobertsら¹⁹⁾は茶カテキンの継続摂取と習慣的なトレーニングの組み合わせにより、運動時の脂肪代謝が亢進し、全身持久力が向上したことを報告している。本研究では、実験期間中に規定の運動プログラムによる介入は行わなかったが、対象者がトレーニング習慣のある健康男性であったため、先行研究と同様に運動時の脂肪代謝が亢進し筋グリコーゲンの利用を抑えたため、本研究の総走行距離の延長に寄与したことが考えられる。

Yo-Yo IE2 Test時の最大心拍数は、間欠性全身持久力が中程度の者で若干ではあるが（1~3bpm）、飲料の主効果が認められ、TCR飲料試行で有意に高い値となった。先行研究に茶カテキン抽出物や茶カテキンのカテコール-O-メチルトランスフェラーゼ（COMT）の阻害作用が述べられている^{25), 28)~30)}。本研究では運動時にアドレナリン・ノルアドレナリン濃度の一過的な上昇を促し最大心拍数に影響した可能性が一部考えられるが、先行研究ではカフェインの存在や実験系の茶カテキン濃度が生理的濃度から乖離して

いる。さらに最近の高用量EGCGを健常者に投与した試験においてはCOMT活性への影響は認められず³¹⁾、本研究で観察された最大心拍数の上昇にCOMTが関与する可能性は低いと推察される。一方、週に1、2回ジョギング・ランニングを行っている中年男性を対象とした試験では、茶カテキン摂取群でプラセボ摂取群と比較し、主観的運動強度（RPE）が有意に低く、楽に運動できていたと報告している³²⁾。RPEのスコアは心拍数応答を基礎とした知覚される努力（疲労感）を簡便に示す指標である。本研究においても、茶カテキンの脂肪利用の亢進・グリコーゲン温存にともなって運動時の疲労感が緩和し、総走行距離、ならびに運動時間の延長が発揮され、結果として最大心拍数に若干影響を及ぼした可能性が考えられるが、今後さらなる詳細な検討が必要である。

本研究において、テスト前後の血中乳酸濃度に有意な差は認められなかった。動物を対象とした先行研究では、限界走行時間測定後の血中乳酸濃度、糖質酸化量が茶カテキン摂取群において有意に減少し、グリコーゲンが温存されたことが報告されている¹²⁾。しかし、この研究¹²⁾は定常負荷によるものであり、本研究で用いたYo-Yo-IE2 Testは漸増負荷であった。したがって、走行距離が長くなるにつれ運動強度が高くなるため、血中乳酸濃度に有意な差を検出できなかった可能性が考えられる。Eichenbergerら¹⁸⁾は茶カテキンの継続摂取が全身持久力に影響を及ぼすか検討した研究において、運動前後の血中乳酸濃度は変化しないことを報告しており、本研究は全身持久力の結果と同様の結果となった。

本研究の結果は、トレーニング習慣のある健常男性を対象とした結果であり、アスリートの間欠性全身持久力の向上にも有益であると考えられる。また、茶カテキンの継続摂取と習慣的なトレーニングの併用は脂肪の代謝を亢進させるとともに、全身持久力を向上させるという報告¹⁹⁾を支持する結果となった。とくに間欠性全身持久力が中程度者以上者で顕著な効果が認められ、日常でトレーニングしている運動愛好家からアスリートまで、間欠性全身持久力向上のためのコンディショニングサポートにおいて有用であることを示唆している。今後、茶カテキンの間欠性全身持久力に関する作用機序、および寄与について、さらなる検証が必要である。

V 結論

2 週間のTCR飲料の継続摂取は、トレーニング習慣のある健常男性の間欠性全身持久力を向上させる効果を持つことが示唆された。

謝辞

本研究は花王株式会社より研究費助成の補助を受けて実施した（研究代表者 宮下政司）。本研究で使用した飲料について、花王株式会社より提供を受けた。また、データ分析について、花王株式会社の全ての共同研究者が関わっていないことを申告する。

利益相反

花王株式会社から東京学芸大学への共同研究費の提供（研究代表者：宮下政司（東京学芸大学））

文 献

- 1) 岩井信市：茶ポリフェノールの多機能生理作用，昭和大学薬学雑誌，4，103-118（2013）
- 2) 長谷正：肥満予防・改善，茶の効能と応用開発，2，95-104（2006）
- 3) Kim, H.S., Quon, M.J., Kim, J.: New insights into the mechanisms of polyphenols beyond antioxidant properties; lessons from the green tea polyphenol, epigallocatechin 3-gallate, *Redox Biol.*, 2, 187-195（2014）
- 4) Oyama, J., Maeda, T., Sasaki, M., et al.: Green tea catechins improve human forearm vascular function and have potent anti-inflammatory and anti-apoptotic effects in smokers, *Intern Med.*, 49, 2553-2559（2010）
- 5) Oyama, J., Maeda, T., Sasaki, M., et al.: Green tea catechins improve human forearm endothelial dysfunction and have antiatherosclerotic effects in smokers, *Circ J.*, 4, 578-588（2010）
- 6) Harada, U., Chikama, A., Saito, S., et al.: Effects of the long-term ingestion of tea catechins on energy expenditure and dietary fat oxidation in healthy subjects, *J Health Sci.*, 51, 248-252（2005）
- 7) Murase, T., Nagasawa, A., Suzuki, J., et al.: Beneficial effects of tea catechins on diet-induced obesity: stimulation of lipid catabolism in the liver, *Int J Obes.*, 26, 1459-1464（2002）
- 8) Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., et al.: Green tea extract improves running endurance in mice by stimulating lipid utilization during exercise, *Am J Physiol Regul Comp Physiol.*, 290, R1550-R1556（2006）
- 9) Ichinose, T., Nomura, S., Someya, Y., et al.: Effect of endurance training supplemented with green tea extract on substrate metabolism during exercise in humans, *Scand J Med Sci Sports.*, 21, 598-605（2011）
- 10) Horowitz J.F., Klein S.: Lipid metabolism during endurance exercise, *Am J Clin Nutr.*, 72, 558S-563S（2000）
- 11) Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., et al.: Green tea extract improves endurance capacity and

- increases muscle lipid oxidation in mice, *Am J Physiol Integr Comp Physiol.*, 288, R708-R715 (2005)
- 12) Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., et al.: Green tea extract improves running endurance in mice by stimulating lipid utilization during exercise, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.*, 290, R1550-R1556 (2006)
- 13) Haramizu, S., Ota, N., Hase, T., et al.: Catechins suppress muscle inflammation and hasten performance recovery after exercise, *Med Sci Sports Exerc.*, 45, 1694-1702 (2013)
- 14) Huttemann, M., Lee, I., Malek, M.H.: (-) -Epicatechin maintains endurance training adaptation in mice after 14 days of detraining, *FASEB J.*, 26, 1413-1422 (2012)
- 15) Haramizu, S., Otam N., Hase, T., et al.: Catechins attenuate eccentric exercise-induced inflammation and loss of force production in muscle in senescence-accelerated mice, *J Appl Physiol.*, 111, 1654-1663 (2011)
- 16) Nogueira, L., Ramirez-Sanchez, I., Perkins, G.A., et al.: (-) -Epicatechin enhances fatigue resistance and oxidative capacity in mouse muscle, *J Physiol.*, 15, 4615-4631 (2011)
- 17) Dean, S., Braakhuis, A., Paton, C.: The effects of EGCG on fat oxidation and endurance performance in male cyclists, *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 19, 624-644 (2009)
- 18) Eichenberger, P., Mettler, S., Arnold, M., et al.: No effects of three-week consumption of a green tea extract on time trial performance in endurance-trained men, *Int J Vitam Nutr Res.*, 80, 54-64 (2010)
- 19) Roberts, J.D., Roberts, G.M., Tarpey, M.D., et al.: The effect of a decaffeinated green tea extract formula on fat oxidation, body composition and exercise performance, *J Int Soc Sports Nutr.*, 12:1 (2015)
- 20) 笹川スポーツ財団：中央競技団体现況調査, http://www.ssf.or.jp/research/report/pdf/2014_report_25.pdf (2015年12月28日)
- 21) Nagao, T., Komine, Y., Soga, S., et al.: Ingestion of a tea rich in catechins leads to a reduction in body fat and malondialdehyde-modified LDL in men, *Am J Clin Nutr.*, 81, 122-129 (2005)
- 22) Chow, H.H., Cai, C., Alberts, D.S., et al.: Phase I pharmacokinetic study of tea polyphenols following single-dose administration of epigallocatechin gallate and polyphenon E¹, *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.*, 10, 53-58 (2001)
- 23) Bangsbo, J., Mohr, M.: Fitness testing in football, *Stormtryk*, (2011)
- 24) Bradlry, P.S., Mohr, M., Bendiksen, M., et al.: Sub-maximal and maximal Yo-Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer, *Eur J Appl Physiol.*, 111, 969-978 (2011)
- 25) Hodgson, B.A., Randell, K.R., Jeukendrup, E.A.: The effect of green tea extract on fat oxidation at rest and during exercise: evidence of efficacy and proposed mechanisms, *Adv Nutr.*, 4, 129-140 (2013)
- 26) 長谷川博：エンデュランストレーニングの科学 持久力向上のための理論と実践, NAP, 東京都 (2015)
- 27) Ota, N., Soga, S., Shimotoyodome, A., et al.: Effects of combination of regular exercise and tea catechins intake on energy expenditure in humans, *J Health Sci.*, 51, 233-236 (2005)
- 28) Chen, D., Wang, C.Y., Lambert, J.D., et al.: Inhibition of human liver catechol-O-methyltransferase by tea catechins and their metabolites: structure-activity relationship and molecular-modeling studies, *Biochem Pharmacol.*, 69, 1523-1531 (2005)
- 29) Nagai, M., Conney, A.H., Zhu, B.T.: Strong inhibitory effects of common tea catechins and bioflavonoids on the O-methylation of catechol estrogens catalyzed by human liver cytosolic catechol-O-methyltransferase., *Drug Metab Dispos.*, 32, 497-504 (2004)
- 30) Dulloo, A.G., Duret, C., Rohrer, D., et al.: Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans, *Am J Clin Nutr.*, 70, 1040-1045 (1999)
- 31) Lorenz, M., Paul, F., Moobed, M., et al.: The activity of catechol-O-methyltransferase (COMT) is not impaired by high doses of epigallocatechin-3-gallate (EGCG) in vivo, *Eur J Pharmacol.*, 740, 645-651 (2014)
- 32) 宮崎亮, 綾部誠也, 和氣坂卓也, 他：中年男性ランナーにおける1週間の高濃度茶カテキン飲料摂取が有酸素性運動中のエネルギー代謝に及ぼす影響, 日本スポーツ栄養研究誌, 7, 11-16 (2014)

(受付日：2016年1月27日)
(採択日：2016年6月15日)

Original Article

Effect of two weeks of tea catechin-rich beverage intake on whole body endurance measured during an intermittent exercise test: a randomised double blind, placebo-controlled trial

Jyunpei YAMAGAMI ^{*1}, Masashi MIYASHITA ^{*2}, Masaru HASEGAWA ^{*2},
Tetsuhiro KIDOKORO ^{*3}, Takuma YANAOKA ^{*1}, Kyoko KASHIWABARA ^{*1},
Takuya WAKISAKA ^{*4}, Yuji MATSUI ^{*4}, Kenji YOSHIMURA ^{*4}, Masao TAKESHITA ^{*4},
Koichi YASUNAGA ^{*4}

^{*1} Tokyo Gakugei University, Graduate School of Education

^{*2} Tokyo Gakugei University, Department of Health and Sports Sciences

^{*3} Tokyo Gakugei University, The United Graduate School of Education

^{*4} Kao Corporation, Health Care Food Research

ABSTRACT

【Aim】

The purpose of the present study was to examine the effect of 2 weeks of tea catechin-rich beverage (TCR beverage) intake on whole body endurance determined from an intermittent exercise protocol.

【Methods】

A randomised, double blind, cross-over, placebo-controlled, trial was designed to assess the effect of TCR beverage on whole body endurance in 27 trained university students. On the first experimental day, the participants drank either TCR beverage (tea catechins 639mg/500mL) or placebo (tea catechins 0mg/500mL), and then performed the Yo-Yo Intermittent Endurance Test Level 2 (Yo-Yo IE2 Test). The participants continued to take each designated drink 1 bottle per day for 2 weeks at the end of which they performed a second Yo-Yo IE2 Test. After a 2-week wash-out period, the participants changed the test drink and repeated the same protocol as above.

【Results】

The total distance covered in the Yo-Yo IE2 Test tended to be higher in the TCR beverage trial compared with the placebo trial ($p = 0.114$, main effect of trial). For those who achieved above 2,000m of the Yo-Yo IE2 Test, maximum heart rate and the total distance covered in the Yo-Yo IE2 Test were significantly higher in the TCR beverage trial compared with the placebo trial ($p = 0.044$ and $p = 0.038$ respectively, main effect of trial).

【Conclusion】

The present study suggests that continued intake of TCR beverage for 2 weeks improves whole body endurance during an intermittent exercise protocol.

Keywords: Tea catechins, Whole body endurance, Exercise performance test