

報 文

寒冷環境下における飲料の温度、辛味のない唐辛子成分及びたんぱく質が成人男性の体温、温度感覚及び血漿アミノ酸濃度に及ぼす影響

奥村 友香、近藤 衣美、岡村 浩嗣

大阪体育大学大学院

【連絡責任者】奥村 友香 TEL : 080-3581-8150 E-mail : oqul@hotmail.co.jp

実験1では健康な成人男性7名を、実験2では10名を対象とし、被験者は気温10℃の環境下で30分間の座位安静後、実験1では10℃レモン水(W10)、60℃レモン水(W60)、10℃レモン水+カプシエイト(C10)、60℃レモン水+カプシエイト(C60)、実験2では60℃水(W60)、60℃水+鶏卵(WP60)、60℃水+カプシエイト(C60)、60℃水+鶏卵+カプシエイト(CP60)の飲料を200mLずつ飲用した。実験1: 直腸温は60℃が10℃よりも高かった($p<.05$)。自覚的室温と自覚的体温は、飲用10分後までは60℃が10℃より温かく感じていた($p<.05$)。その後の自覚的室温はC60だけがW10とC10より温かく感じていた($p<.05$)。実験2: 自覚的室温は10分までCP60がW60よりも温かく感じていた。寒冷環境下での温飲料の摂取は、体温と温度感覚を上昇させ、カプシエイトは温かさをさらに持続した。

緒 言

筋収縮のエネルギーであるATPの分解速度は温度の低下に伴い遅くなるため、寒冷環境で体温、特に筋温が低い状態ではパフォーマンスは低下する[1,2]。Oksaらは、40cmの台より跳び降りた反動による垂直跳びの滞空時間と暴露温度との関係を調べた。その結果、暴露温度が低下しても直腸温には変化が見られなかったが、皮膚温度は暴露温度が低下するにつれて下がり、それに伴い滞空時間も減少した[3]。またAsmussenらは、5分のウォーミングアップで筋温が上昇しパフォーマンスが改善、そしてウォーミングアップ30分後では筋温と直腸温が上昇し、5分の準備運動時に比べて、パフォーマンスがさらに改善したと報告している[4]。このため、ウォーミングアップは寒冷環境下で特に重要である。また、科学的根拠がそれほど明らかとはいえないにも関わらず、寒冷環境下ではウォーミングアップ前に温かい飲料を摂取し、身体を温めようとすることがある。

ところで、非辛味性品種のトウガラシ「CH-19 甘」に含まれるカプシエイトは、刺激性が少なく、辛味

のあるカプサイシンと同様の生理活性を持つという特徴があり、気温21～22℃、相対湿度50%の常温環境下で摂取すると体温上昇作用がある[5,6,7]。そのため、カプシエイトの摂取が、寒冷環境下でも常温環境下と同様に体温を上昇させるかは興味があるところである。

一方、たんぱく質は炭水化物や脂質と比べて食事誘発性熱産生(DIT: Dietary-Induced Thermogenesis)が高く、体温上昇が大きい[8]。また、血中アミノ酸濃度を上昇させると運動中の筋肉分解を低減する[9]。このため、寒冷環境下で運動前にたんぱく質を摂取することにより、体温上昇だけでなく、体たんぱく質分解の抑制という相乗効果が得られればより運動前に効果的と考える。

そこで本研究では、寒冷環境下で摂取する飲料の温度と体温上昇作用を持つ辛味のない唐辛子成分であるカプシエイト、そしてたんぱく質が成人男性の体温や温度感覚に対する影響を調べることで、また、たんぱく質摂取後の血漿アミノ酸濃度に対する影響を調べることを目的とした。

方 法

1) 各実験の意図

実験1では飲料の温度とカプシエイトが体温と温度感覚に与える影響を調べた。また実験2ではカプシエイトとともに摂取するたんぱく質の体温と温度感覚に与える影響を調べるとともに、運動前に摂取することで運動中に亢進する体たんぱく質分解の抑制につながるかどうかを調べた。

2) 実験対象

実験1では、健康な成人男性7名(年齢22.7歳 SD 2.4)、体重66.4kg(SD 7.8))を対象とした。実験2では、健康な成人男性10名(年齢21.5歳(SD 0.5)、体重71.6kg(SD 7.5))を対象とした。被験者全員に対して、事前に本研究の趣旨、安全性などについて十分な説明を行い、書面で参加の同意を得た。本研究の研究計画は大阪体育大学研究倫理審査委員会で承認された。

3) 飲料

実験1で使用した飲料は、10 レモン水(W10)、10 レモン水+カプシエイト(C10)、60 レモン水(W60)、60 レモン水+カプシエイト(C60)の4種であった。すべての飲料は、人工甘味料(パルスweet、味の素KK(0kcal))でショ糖5%濃度の飲料と同等の甘味をもつように調節し、濃縮還元レモン果汁100%(ポッカレモン100、ポッカレモンコーポレーション)を重量比で9.5%加えて調製した。カプシエイト(カプシエイトナチュラ、味の素KK)の摂取量は、HachiyaらとOhnukiらによって常温環境下で体温上昇が認められている0.14g/kg体重とし[5,7]、飲用量は各200mlとした。

実験2で使用した飲料は60 水(W60)、60 水+鶏卵(WP60)、60 水+カプシエイト(C60)、60 水+鶏卵+カプシエイト(CP60)の4種とした。W60とC60は風味調味料(和風だし、京麴調味噌)5g、粉飴(H+Bライフサイエンス)6.0g、中鎖脂肪6.6gを200ml中に含んだものとした。WP60とCP60は、風味調味料5gと鶏卵50gを200mlに含んだものとした。W60とC60はエネルギー88kcal、たんぱく質1.1g、脂質5.2g、炭水化物9.2gであり、WP60とCP60はエネルギー88kcal、たんぱく質7.2g、脂質5.2g、炭水化物2.3gとした。摂取したカプシエイトは

実験1と同様の0.14g/kg体重とした。

4) 実験条件と測定項目

実験1では、被験者は冬の試合や練習前の防寒の着衣(長袖Tシャツにジャージジャンパー、長ズボンジャージ)で気温10℃に調節した環境制御室に入室し、30分間の座位安静後に飲料を座位にて摂取した。また、測定中も被験者は座位安静であった。被験者は4種の飲料を順不同、クロスオーバーで飲用した。各試行は最低1週間の間隔をあけて実施した。また体温のサーカディアンリズムを考慮し、事前に被験者ごとに開始時刻を決めて各被験者は4回とも同時刻に実施した。直腸温と皮膚表面温度の測定は1分ごとに、自覚的感覚に関するアンケートは5分ごとに、飲用後20分まで行った。直腸温は、肛門部より直腸温計(デジタル温度計TD-300、芝浦電子)を10cm挿入して測定した。皮膚表面温度(サーモレコーダーRT-12、エスベック)は、頸部、上腕部、胸部、臍上部、大腿部、下腿背部の6点で測定した。皮膚表面温度センサーは、頸部は左右の乳用突起の中間点から第七脛骨までの中間の位置に、上腕部は上腕骨大結節から肘頭までの中間の位置に、胸部は胸骨と乳房の交差点に、臍上部は臍の真上に、大腿部は下前腸骨棘から膝蓋骨中央部の中間の位置に、下腿背部は膝下部から踵骨隆起の中間の位置にサージカルテープで貼付した。アンケートは、W10、C10、W60、C60の各飲料に対し、「飲料の温度はいかがですか?」「室温に対してどのように感じますか?」「体幹部の体温はどのように感じますか?」「手足の体温はどのように感じますか?」「全身の体温はどのように感じますか?」という質問に回答させた。回答方法は、10cmの線上に、感じた尺度の場所にマークを記入する「Visual analog scale法」を用い、マークまでの長さを測定し、結果はmmで示した[10]。今回の回答表では、左端を寒い、右端を暖かいと設定した。

実験2の方法は実験1と同様で、測定項目に酸素消費量、血漿遊離アミノ酸濃度を追加した。また実験1で実施したアンケートに、「飲料はたくさんのものでしょうか?」という質問を追加した。回答表は、左端を飲めない、右端を飲めると設定した。酸素消費量(呼吸代謝測定装置VO2000、S&ME)は1分毎の

平均を、血漿遊離アミノ酸濃度は飲料摂取前と摂取後 20 分時点で正肘皮膚静脈より 4 ml 採血し、必須アミノ酸であるロイシン、イソロイシン、バリン、トレオニン、トリプトファン、ヒスチジン、フェニルアラニン、メチオニン、リジンの 9 種類と、非必須アミノ酸であるアスパラギン、アスパラギン酸、アラニン、アルギニン、グリシン、グルタミン、グルタミン酸、システイン、セリン、チロシン、プロリンの 11 種類の計 20 種類を外部依頼し、アミノ酸分析計(三菱化学メディエンス)で測定した。また、酸素消費量と血漿遊離アミノ酸濃度の測定は 5 名の被験者で行った。

5) 統計処理

データは実験 1、2 とともに平均値(標準偏差)で示した。室温、湿度、アンケートの中で飲料の温度、血漿遊離アミノ酸濃度の群間の差の検定は、二元配置の分散分析と Fisher の PLSD を行った。直腸温、皮膚表面温度の差の検定は反復測定の分散分析を行った。直腸温と皮膚表面温度の変化、アンケート(室温に対する感じ方、全身・体幹の体温に対する感じ方)、酸素消費量の群間の差の検定は、反復測定の分散分析と Fisher の Protected Least Significant Difference(PLSD)法を用い、危険率 5%未満を統計学的に有意とした(StatView for Windows, Version 5.0.(SAS Institute Inc.))。

結 果

実験 1

実験を実施した環境制御室の気温、湿度はそれぞれ W60 で 8.6 、41.6%、C10 で 8.9 、48.2%、W60 で 9.3 、53.4%、C60 で 8.6 、55.4%であった。群間で有意差は認められなかった。

飲料摂取前の直腸温は W10 が 37.6 ± 0.5 、C10 が 37.6 ± 0.4 、W60 が 37.7 ± 0.4 、C60 が 37.6 ± 0.4 であり、統計的に差はなかった。図 1(a)に示した直腸温の変化は飲料摂取後 4 分から実験終了まで 60 が 10 より有意に高い値を示した($p < .05$)。一方、カプシエイトは直腸温に影響しなかった。

皮膚表面温度は測定した全部位で 10 と 60 の間に有意差は認められなかった。衣服に覆われていないため外気にさらされている頸部の飲料摂取前の皮膚表面温度は、W10 が 29.9 ± 4.0 、C10 が 29.8

± 2.3 、W60 が 30.6 ± 2.2 、C60 が 31.5 ± 2.0 であった。統計的に差はなかった。頸部皮膚表面温度の変化を図 1(b)に示した。C60 が W10 より飲料摂取後 16 分以降、低い傾向にあった。ジャージ 1 枚で外気に直接さらされていない下腿背部の飲料摂取前の皮膚表面温度は、W10 が 25.0 ± 1.5 、C10 が 25.6 ± 2.2 、W60 が 27.3 ± 1.8 、C60 が 27.0 ± 1.6 であった。統計的に差はなかった。下腿背部の皮膚表面温度の変化を図 1(c)に示した。飲料摂取 19 分後でカプシエイトを含んだ飲料が含まない飲料より低い傾向にあり、20 分では有意に低かった($p < .05$)。衣服に覆われているため外気にさらされていない腹部の飲料摂取前の皮膚表面温度は、W10 が 32.9 ± 1.1 、C10 が 31.7 ± 0.6 、W60 が 32.7 ± 1.1 、C60 が 32.6 ± 1.1 であった。統計的に差はなかった。腹部の皮膚表面温度の変化を図 1(d)に示した。飲料摂取 15 分以降カプシエイトを含んだ飲料が含まない飲料より低値を示す傾向にあり、18 分以降は有意に低い値を示した($p < .05$)。

図 2 に示した飲料の温度に対するアンケートでは、10 と 60 で有意差が認められた($p < .05$)。図 3(a)に示した室温に対する感じ方は、飲料摂取 5 分後までは 60 が 10 より有意に高い値を示した($p < .05$)。10 分以降は C60 が W10 と C10 より有意に高い値を示した($p < .05$)。図 3(b)に示した全身の体温に対する感じ方は、飲料摂取 10 分後までは 60 が 10 より有意に高い値を示し($p < .05$)。20 分では C60 が C10 より有意に高い値を示した($p < .05$)。図 3(c)に示した体幹部の体温に対する感じ方は、飲料摂取 10 分後までは 60 が 10 より有意に高い値を示し($p < .05$)。15 分以降は C60 が W10 と C10 より有意に高い値を示した($p < .05$)。

実験 2

実験を実施した環境制御室の気温、湿度はそれぞれ W60 で 9.2 、72.8%、WP60 で 9.9 、72.5%、C60 で 9.6 、72.5%、CP60 で 9.7 、72.7%であり、群間に有意差は認められなかった。

直腸温と測定した全ての部位の皮膚表面温度には 4 群間で有意差は認められなかった。酸素消費量にはカプシエイトとたんぱく質の影響はなかった。4 群間で有意差はなかったが、カプシエイトを含んだ飲料

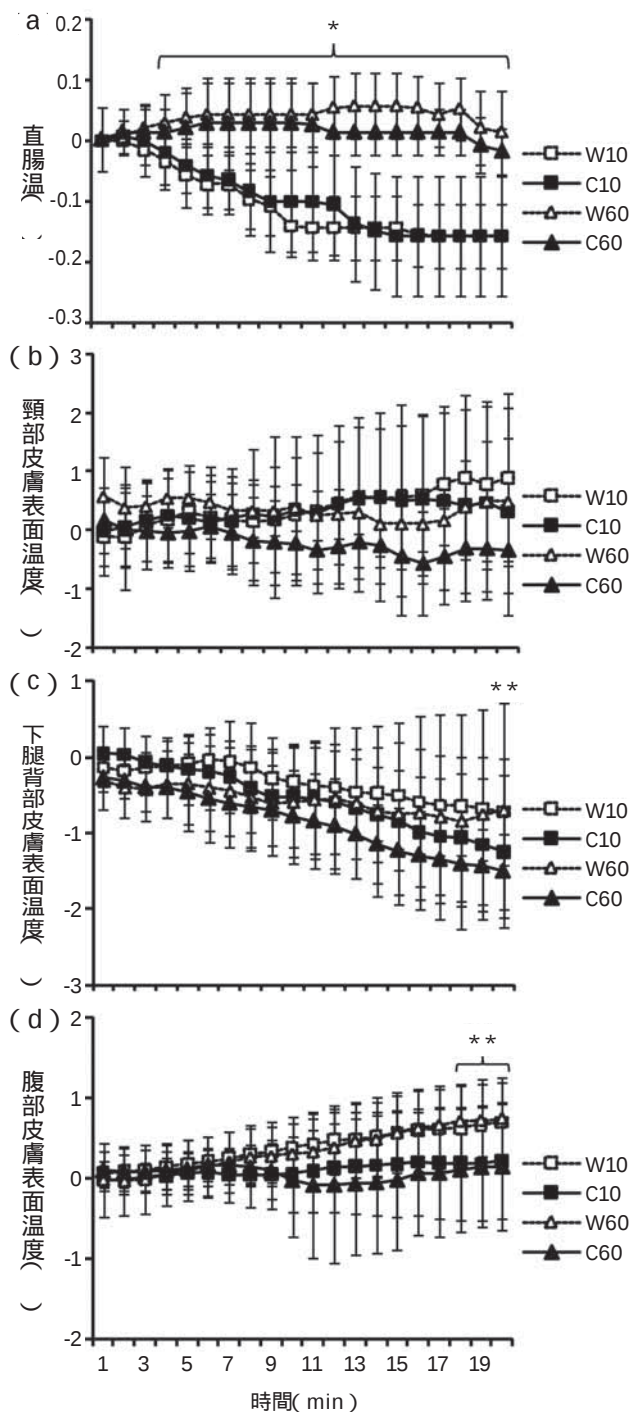


図1 10 の環境下で飲用する飲料の温度(10 あるいは60)とカプシエイトの有無が体温に及ぼす影響。直腸温(a)は、飲料摂取4分後から実験終了まで60 の飲料が10 の飲料より有意に高い値を示した。一方、カプシエイトの影響は見られなかった。頸部皮膚表面温度(b)はC群とW群の間には有意差は認められなかった。しかし、C60は飲料摂取後16分以降W10より低い値を示す傾向にあった(FisherのPLSD)。下腿背部皮膚表面温度(c)は、飲料摂取19分後で、C群がW群より低い傾向にあり、20分では有意に低い値を示した。腹部皮膚表面温度(d)は、飲料摂取15分以降C群はW群より低い値を示す傾向にあり、18分以降は有意に低い値を示した。平均値(標準偏差)。

*10 vs. 60 $p < 0.05$, **W vs. C $p < 0.05$ (Two-way repeated measures ANOVA)。

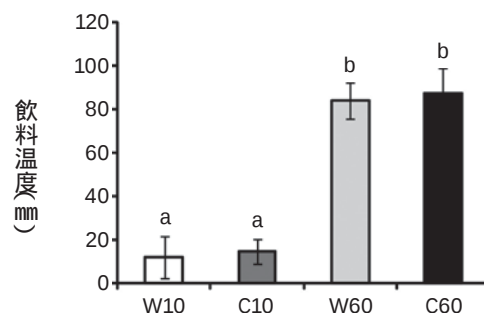


図2 飲料の温度。10 と60 で有意差が認められた。平均値(標準偏差)。Two-factor factorial ANOVA。a, b アルファベットの異なる群間に有意差($p < 0.05$, FisherのPLSD)があることを示す。

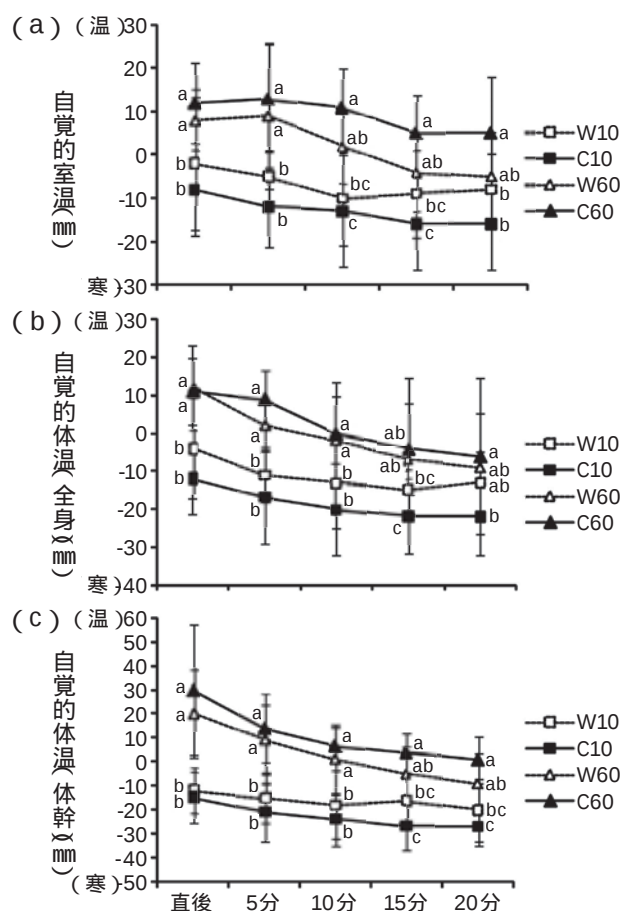


図3 10 の環境下で飲用する飲料の温度(10 あるいは60)とカプシエイトの有無が体温感覚に及ぼす影響。室温に対する感じ方(a)は飲料摂取5分後までは60 が10 より有意に高い値を示した。10分以降はC60がW10、C10より有意に高い値を示した。全身の体温に対する感じ方(b)は、飲料摂取10分後までは60 が10 より有意に高い値を示した。20分ではC60がC10より有意に高い値を示した。体幹部の体温に対する感じ方(c)は、飲料摂取10分後までは60 が10 より有意に高い値を示した。15分以降はC60がW10、C10より有意に高い値を示した。平均値(標準偏差)。

Two-way repeated measures ANOVA。a, b, c アルファベットの異なる群間に有意差($p < 0.05$, FisherのPLSD)があることを示す。

が含まない飲料よりも高い値で推移していた(図5)。

アンケートでは飲料温度、飲料の味は4群間で有意差は認められなかった。図4に示した室温に対する感じ方は、飲料摂取10分後までCP60がW60よりも有意に高い値を示し($p < .05$)、15分でも高い傾向にあった。体幹、手足、全身の体温に対する感じ方には、4群間で有意差は認められなかった。

飲用前の血漿中の必須アミノ酸(EAA)濃度はW60が $1130.7 \pm 149.35 \mu\text{M}$ 、C60が $1278.6 \pm 247.64 \mu\text{M}$ 、WP60が $1070.1 \pm 136.01 \mu\text{M}$ 、CP60が $1052.8 \pm 113.87 \mu\text{M}$ 、非必須アミノ酸(NEAA)濃度はW60が $1950.1 \pm 268.2 \mu\text{M}$ 、C60が $2009.1 \pm 334.5 \mu\text{M}$ 、WP60が $1970.2 \pm 319.8 \mu\text{M}$ 、CP60が $1878.4 \pm 227.5 \mu\text{M}$ 、分岐鎖アミノ酸(パリン、ロイシン、イソロイシン(BCAA))濃度はW60が $549.2 \pm 123.02 \mu\text{M}$ 、C60が $656.2 \pm 165.95 \mu\text{M}$ 、WP60が

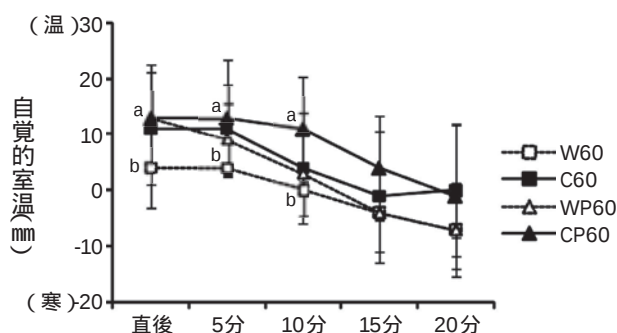


図4 10 の環境下で飲用する飲料の温度(10あるいは60)とカプシエイト、たんぱく質の有無が体温感覚に及ぼす影響。室温に対する感じ方は、飲料摂取10分後までCP60がW60よりも有意に高い値を示し、15分で高い傾向にあった。平均値(標準偏差)。

a, b, c アルファベットの異なる群間に有意差($p < 0.05$, FisherのPLSD)があることを示す。

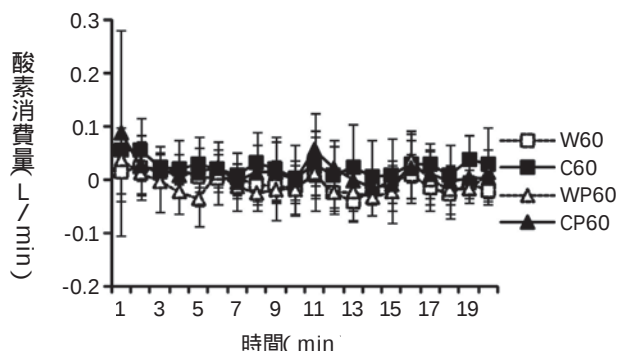


図5 4種類の飲料摂取後の酸素消費量の変化。4群間で有意差は認められず、カプシエイトとたんぱく質の影響はなかった。平均値(標準偏差)。Two-way repeated measures ANOVA。

$527.2 \pm 115.92 \mu\text{M}$ 、CP60が $507.9 \pm 88.96 \mu\text{M}$ であった。飲料摂取前の血漿中の必須アミノ酸濃度、非必須アミノ酸濃度、分岐鎖アミノ酸濃度は統計的に差がなかった。必須アミノ酸と非必須アミノ酸ともに、飲料摂取20分後で、鶏卵を含んだ飲料の方が含まない飲料よりも有意に高かった($p < .05$)。分岐鎖アミノ酸も同様に、たんぱく質を含む飲料が含まない飲料よりも有意に高い値を示した。飲用前からの変化量は図6(c)に示したように、WP60($59.9 \mu\text{M}$)とCP60($54 \mu\text{M}$)がW60($-21.7 \mu\text{M}$)とC60($-72.5 \mu\text{M}$)より有意に高かった($p < .05$)。また、必須アミノ酸、非必須アミノ酸、分岐鎖アミノ酸の変化量はすべて、C60が他の3種の飲料よりも有意に低い値を示した($p < .05$)。

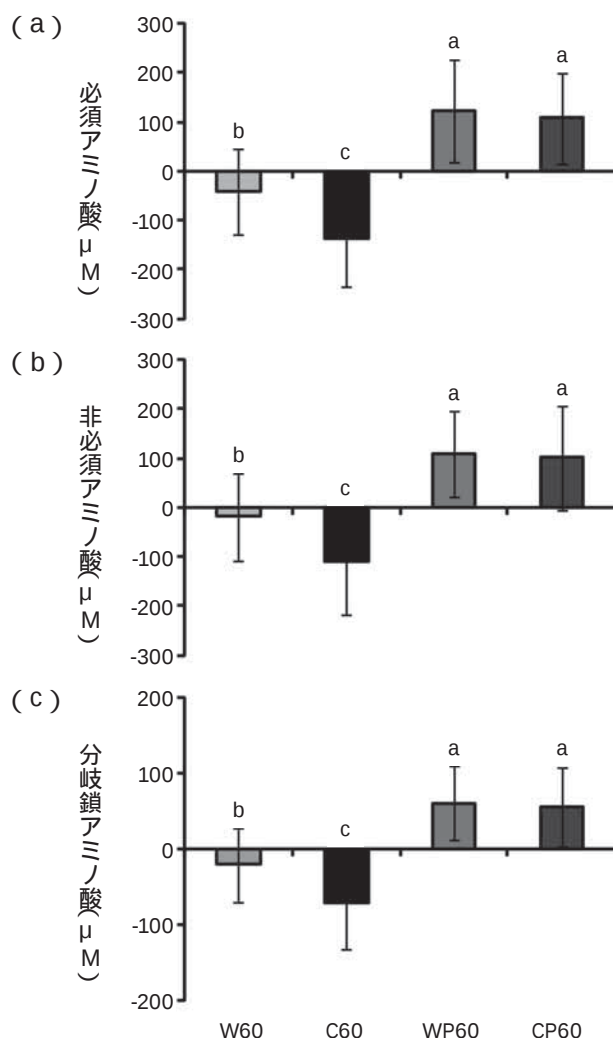


図6 4種類の飲料摂取後の血漿アミノ酸濃度の変化。必須アミノ酸(EAA)濃度(a)、非必須アミノ酸(NEAA)濃度(b)、分岐鎖アミノ酸(BCAA)濃度(c)共にWP60、CP60がW60、C60より有意に高い値を示した。平均値(標準偏差)。a, b, c アルファベットの異なる群間に有意差($p < 0.05$, FisherのPLSD)があることを示す。

考 察

常温又は暑熱環境下での運動中に飲料を摂取することや、摂取する飲料の温度が体温に及ぼす影響は、これまでにいろいろと研究されている[11,12,13,14,15,16]。しかし、寒冷環境下では温飲料を摂取することがあるにもかかわらず、飲料の温度が体温に及ぼす影響に関する研究は見当たらない。そこで本研究では、温飲料は体温と温度感覚を上昇させ、そして体温上昇作用が報告されているカプシエイトの添加が相乗効果となり、さらに体温と温度感覚を高めると仮定して実験を行った。

カプシエイトの体温上昇作用は摂取5分後程度から現れることがHachiyaらによって報告されている[5]。しかし、飲料の温度の影響を飲用してから20分後まで調べた実験1で、直腸温は60℃の飲料で10℃の飲料よりも高かったものの、カプシエイトが直腸温をさらに高く維持することはなかったことから、カプシエイトの相乗効果は得られなかった。このことより、直腸温はカプシエイトの影響よりも飲料の温度の影響を受けることが示唆された。今回の実験では、20分間という短い測定時間であったため、長時間測定を行うとカプシエイトの体温を維持する効果がその後に見れた可能性がある。しかし、本研究はウォーミングアップ時に摂取する飲料を考案したため、測定時間を20分とした。実験1で10℃の飲料は直腸温を低下させた。暑熱環境下での運動中に冷飲料を摂取すると、体温を低下させ直腸温の上昇を抑えたことがMundelらによって報告されている[15]。本研究では、寒冷環境下でも冷飲料の摂取が直腸温を低下させることが認められた。

温度感覚は周囲の温度に対する情報を得るために利用される。そのため体温を維持するといった、体温調節上重要な役割を果たす。寒冷環境下での胸部・腹部の皮膚への温刺激は、身体を中心温度の維持をもたらすため最も快適さを生み、反対に冷刺激は最も不快さを生むことがNakamuraらによって報告されている[17]。本研究では、室温に対する感じ方について、実験1では60℃の飲料で10℃の飲料より温かいと感じていた。また全身と体幹の体温に対する感じ方についても、温飲料で冷飲料よりも温かく感じていた。これらのことより、温飲料の摂取は体内

からの温刺激として働いたことが推測される。一方、冷飲料が室温や体温に対する感じ方に対して摂取前より寒く感じさせたことは、直腸温が低下したことによると考えられ、この影響はNakamuraら[17]の報告における寒冷環境下での腹部への冷刺激が寒さを感じさせるという影響と一致した。

カプシエイトの摂取は体内の褐色脂肪組織や骨格筋に作用して体熱を産生し、常温環境下では摂取後60分間は体温を上昇させることがHachiyaらによって報告されている[5]。また、常温環境下でカプシエイトを摂取することは皮膚表面温度を上昇させることがOhnukiら[7]とHachiyaら[5]によって報告されている。しかし、寒冷環境下で行った本研究では、皮膚表面温度は実験1ではカプシエイトを含んだ飲料で低下し、実験2でも上昇させることはなかった。本研究では、カプシエイトを飲料へ添加すると皮膚表面温度を上昇させると仮定していたが、反対の結果となった。カプシエイトはカプサイシンと異なり、熱放散を抑制することがKawadaらによって報告されている[18]。また、ラットにカプシエイトとカプサイシンを空腸投与したところカプサイシンは直腸温と尾温をともに上昇させたが、カプシエイトは直腸温を上昇させたが尾温は上昇させなかったとKawabataらによって報告されている[18]。このため、Kawadaらの研究と同じく、本研究でも熱放散が抑制されて皮膚温度が低下または上昇しなかったと推測する。一方、室温と体温に対する感じ方に対しては、カプシエイトを含んだ飲料で含まない飲料よりも飲用後に温かく感じる効果が持続していた。カプシエイトを含まない温飲料は、飲用後の体温上昇にともなって体外への熱放散が亢進するために温かさが消失したが、これに対してカプシエイトを含む飲料は熱放散が抑制されたため、温かさの効果が持続した可能性があると考えられる。カプシエイトを含まない温飲料で、体外への熱放散が亢進したにもかかわらず皮膚温が外気によって冷やされたためであることが推察される。

たんぱく質は食餌誘発性熱産生が高いため[9]、実験2ではカプシエイトを含む温飲料へのたんぱく質の添加が、体温と温度感覚を増強させると仮定した。しかし本研究では、たんぱく質を添加することが

直腸温をさらに高めたり、体温をより温かく感じさせたりすることはなかった。一方、室温に対してはCP60がW60よりも温かく感じていた。室温に対する温度感覚には、C60とCP60に差が見られなかったため、CP60がW60よりも室温を温かく感じたのは、たんぱく質が体熱産生を亢進したためではなく、カプシエイトが熱放散を抑制したためと推察される。

カプシエイトは常温環境下で酸素消費量を高めることがOhnukiらによって報告されている[7]。酸素消費量は本研究では有意差はなかったが、カプシエイトを含んだ飲料は含まない飲料より高値で推移した。本研究で酸素消費量を測定した被験者は5名であり、有意差が認められなかったのは例数が少なかったためかもしれない。寒冷環境下では深部体温が低下するとエネルギー必要量が増加することがFreundら[19]とWellerら[20]によって報告されている。本研究では、飲料摂取前の直腸温が常温環境下での直腸温より低かった可能性があり、エネルギー消費量が増加していたと推測される。また、酸素消費量を測定した実験2での飲料の温度は、4種類とも60で温かった。このため、すべての飲料で摂取後は直腸温が上昇して酸素消費量を低下させた可能性があり、変化が現れなかったと考える。すなわち、カプシエイトを含まない場合は、温かい飲料によって直腸温が上昇し酸素消費量が低下したのに対して、カプシエイトを含む場合は、温かい飲料によって酸素消費量が低下したものの、カプシエイトが酸素消費量を増大した可能性が示唆される。

分岐鎖アミノ酸(BCAA)を運動前に投与することにより、激しい運動や長時間の運動で亢進する筋たんぱく質分解[21,22,9]を抑制することがMacLeanらによって報告されている[23]。このため本研究では、寒冷環境での運動前の飲料でたんぱく質を摂取することにより、運動中の体たんぱく質分解の抑制に働くことがわかれば、ウォーミングアップ時に摂取する飲料としてさらに効果的ではないかと考えた。本研究ではWP60とCP60でW60とC60よりも、飲用後の血漿アミノ酸濃度が高かった。MacLeanらの研究[23]でのBCAAの投与量は77mg/kg体重であり、被験者の平均体重は72.6kgなので、一人当たり5.6gのBCAAが投与されている。これに対して、

本研究で用いた50gの鶏卵からのBCAA摂取量は1.5g程度と見積もられる[24]。また、MacLeanらの研究では血漿BCAA濃度がBCAA投与後に平均543μM上昇しているが[23]、本研究では平均57μMの上昇であり、運動中の体たんぱく質分解を抑制するには不十分だった可能性がある。一方、岸らは運動前に少量(3.5～7.0g)のたんぱく質を摂取すると24時間にわたって同化作用を発揮すると報告している[25]。またRennieらは、少量のアミノ酸と糖質を含む飲料の摂取は体たんぱく質分解の抑制に寄与すると報告している[26]。このため、本研究でのたんぱく質を含む飲料で摂取した量のたんぱく質にも、体たんぱく質分解を抑制する可能性があると考えられる。以上のことより、飲料にたんぱく質を添加することによる体温上昇効果は見られないものの、体たんぱく質抑制という観点からは摂取する意味があると考えられる。

まとめ

直腸温は60の飲料で高く、カプシエイトの有無よりも、飲料の温度の影響を受けた。これに対し、皮膚温度はカプシエイトを含まない飲料は高く、含む飲料では低かった。室温・体温に対する感じ方については10の飲料で寒く、60の飲料で温かく感じていた。また、60の飲料のうち、カプシエイトを含む飲料は20分間の実験終了まで温かいと感じていた。寒冷環境下で体温を高めるには温かい飲料の方が冷たい飲料よりも有効であり、カプシエイトは体内の熱の放散を抑制して体内に保持することにより温かいという感覚を持続させることが示唆された。また、たんぱく質の添加は温かいという感覚を増強しなかったが、血漿アミノ酸濃度を上昇させたため、運動中のたんぱく質分解の抑制に寄与する可能性が示唆された。

キーワード 体温、寒冷環境、飲料

<参考文献>

- [1] Ferretti G. Cold and muscle performance. *Int J Sports Med.* 2003;13: S185-S187
- [2] 芳田哲也. 寒冷下での運動とトレーニング. 宮村実晴編. 新運動生理学(下). 真興交易医書出版部;2001.pp.273-280.
- [3] Oksa J, Rintamaki H, Rissanen S. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different

- levels of cold exposure. *Eur J Appl Physiol.*1997;75: 484-490.
- [4] Asmussen E, Boje O. Body temperature and capacity for work. *Acta phys. Scandinav.* 1945; 10: 1-22.
- [5] Hachiya S, Kawabata F, Ohnuki K, Inoue N, Yoneda H, Yazawa S, Fushiki T. Effect of CH-19 sweet, a non-pungent cultivar of red pepper, on sympathetic nervous activity, body temperature, heart rate, and blood pressure in humans. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2007;71: 671-676.
- [6] 伏木亨. 食品成分によるエネルギー消費の戦略的増強 - 無辛味唐辛子を用いた例. *日本味と匂学会誌*. 2006;13: 169-174.
- [7] Ohnuki K, Niwa S, Maeda S, Inoue N, Yazawa S, Fushiki T. CH-19 sweet, a non-pungent cultivar of pepper, increased body temperature and oxygen consumption in human. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2001;65: 2033-2036.
- [8] 樋口 満. エネルギー代謝. 糸川嘉則編. 栄養学総論改訂第3版. 東京: 南江堂; 2003. pp.141-164
- [9] 鈴木志保子. からだづくりとたんぱく質摂取. 樋口満編. 新版コンディショニングのスポーツ栄養学. 東京: 市村出版社; 2007. pp.54-68.
- [10] Leon G.R, Koscheyev V.S, Stone E.A. Visual analog scales for assessment of thermal perception in different environments. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79:784-786.
- [11] Hamilton M.T, Gonzalez-alonso J, Montain S.J, Coyle E.F. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol.* 1991;71: 871-877.
- [12] Lee J.K, Shirre s S.M. The influence of drink temperature on thermoregulatory responses during prolonged exercise in a moderate environment. *J Sports Sci.* 2007;25: 975-985.
- [13] Lee J.K, Maughan R.J, Shirre s S.M. The influence of serial feeding of drinks at different temperatures on thermoregulatory responses during cycling. *J Sports Sci.* 2008;26: 583-590.
- [14] Montain S.J, Coyle E.F. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol.* 1992;73: 1340-1350.
- [15] Mundel T, King J, Collacott E, Jones D.A. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Exp Physiol.* 2006;91: 925-933.
- [16] 丹羽健市. 運動時体温調節反応に及ぼす飲料水の温度の影響. *日本運動生理学雑誌*. 1997;4: 99-104.
- [17] Nakamura M, Yoda T, Crawshaw L.I, Yasuhara S, Saito Y, Kausga M, Nagashima K, Kanosue K. Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans. *J Appl Physiol.* 2008;105: 1897-1906.
- [18] 小野郁, 高橋迪夫. 食生活と辛味. 岩井和夫, 渡辺達夫編. トウガラシ辛味の科学. 幸書房; 2008. pp.243-298.
- [19] Freund B.J, Sawka M.N. Nutritional needs in cold and in high-altitude environments. National academy press, Washington DC. 1996;161-179.
- [20] Weller A.S, Millard C.E, Stroud M.A, Greenhaff P.L, Macdonald I.A. Physiological responses to a cold, wet, and windy environment during prolonged intermittent walking. *Am J Physiol.* 1997;272: R226-33.
- [21] Babil P, Matthews S.M, Rennie M.J. Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *Eur J Appl Physiol.* 1983;50: 405-411.
- [22] Millward D.J, Bowtell J.L, Pacy P, Rennie M.J. Physical activity, protein metabolism and protein requirements. *Proc Nutri Soc.* 1994;53: 223-240.
- [23] Maclean D.A, Graham T.E, Saltin B. Branched-chain amino acid augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *Am J Physiol.* 1994;267: E1010-22.
- [24] 香川芳子. 改訂日本食品アミノ酸組成表. 香川芳子監修. 五訂増補食品成分表 2009. 東京: 女子栄養大学出版部; 2008. pp.117-172
- [25] 岸恭一. 運動・スポーツとたんぱく質代謝, 臨床スポーツ医学. 2009;26: 23-28
- [26] Rennie M.J, Tipton K.D. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr.* 2000;20: 457-483.

Effects of drink temperature, capsiate and protein consumption on body temperature, thermal sensation and plasma amino acid concentration during cold exposure in humans

Yuka Okumura, Emi Kondo, Koji Okamura
Osaka University of Health and Sport Sciences

Seven (Trial 1) and 10 (Trial 2) healthy males were exposed to 10 °C ambient temperature for 30 min in a sitting position. Thereafter, the subjects ingested 200 mL of one of the following drinks: 10 °C (W10) and 60 °C flavored water (W60), and 10 °C (C10) and 60 °C water with capsiate (C60) in Trial 1; and 60 °C flavored water (W60), 60 °C flavored water + egg (WP60), 60 °C flavored water + capsiate (C60), 60 °C flavored water + capsiate + egg (CP60) in Trial 2. In Trial 1, the rectal temperature was higher for 60 °C than for 10 °C ($p < 0.05$). The sensation of body and ambient temperature after ingestion was significantly higher at 60 °C than at 10 °C ($p < 0.05$) until 10 min after ingestion. Thereafter the thermal sensation of the ambient temperature was significantly higher ($p < 0.05$) for C60 than for W10 or C10. In Trial 2, the subjects' sensation of the ambient temperature was higher for CP60 than for W60 for the first 10 min after ingestion ($p < 0.05$). These results suggest that both body temperature and thermal sensation are higher after ingesting a hot drink than a cold drink, and capsiate may effectively induce thermal sensations.

Key words Body temperature, Cold exposure, Drink