

原 著

熟成生姜含有粉末緑茶摂取が若年女性の皮膚表面温度 および末梢血流量に及ぼす影響

——ランダム化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験による検討——

北 嶋 優 衣¹・櫻 井 寧 々²
五 味 愛 理²・亀 田 葵 衣²
古 市 佳 代³・小 治 健太郎^{1,2}

要 旨

目的：近年、冷えを訴える人が増加しており、その原因として、末梢血管の血流障害等が関連していると言われている。そこで、本研究ではショウガオールを豊富に含む熟成生姜含有粉末緑茶を用いて、冷水負荷試験後の皮膚表面温度（皮膚温）および末梢血流量に及ぼす影響を検討した。

対象と方法：健常若年女性15名を対象に、ランダム化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験を行った。被験者は熟成生姜含有粉末緑茶およびプラセボ食品のいずれかのサンプルを7日間1日1包継続摂取し、試験食品摂取1日目（単回摂取後）と7日間継続摂取後（継続摂取後）の合計2回、冷水負荷試験を行った。冷水負荷試験後20分までの左手指先の皮膚温および末梢血流量を測定した。

結果：単回摂取後および継続摂取後ともに、熟成生姜含有粉末緑茶摂取群で、プラセボ食品摂取群に比し、冷水負荷試験後の末梢血流量の有意な増加が認められ、それに伴い、皮膚温も速やかに上昇することが示された。

結論：熟成生姜含有粉末緑茶の摂取によって、冷えの緩和・改善が認められたことにより、冷えを起因とする身体的・精神的不調緩和にも繋がる可能性が示された。

1：大妻女子大学大学院人間文化研究科 2：大妻女子大学家政学部 3：宮崎県食品開発センター

責任著者連絡先：大妻女子大学家政学部 食物学科 食品学研究室 小治健太郎

〒102-8357 東京都千代田区三番町12

Tel：03-5275-6086 E-mail：shoji@otsuma.ac.jp

Effects of Mature Ginger in Green Tea Powder on Skin Surface Temperature and Peripheral Blood Flow in Young Women

— A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled, Crossover Study —

Yui Kitajima¹, Nene Sakurai², Airi Gomi², Aoi Kameda², Kayo Furuichi³ and Kentaro Shoji^{1,2}

1 : *Otsuma Women's University, Graduate School of Human Culture*

2 : *Otsuma Women's University, Faculty of Home Economics*

3 : *Miyazaki Prefectural Food R & D Center*

Corresponding author : Kentaro Shoji

Faculty of Home Economics, Department of Food Science, Otsuma Women's University

12 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8357, Japan

Tel : +81-3-5275-6086 E-mail : shoji@otsuma.ac.jp

緒言

近年、冷えを訴える人が増加している。冷えの原因は、末梢血管の血流障害、自律神経機能の調整不良、筋肉量が少ないことによる基謝代謝量の低下、精神的・社会的ストレスなど様々な要因が関連している¹⁾。冷えは更年期女性にみられる不定愁訴の症状の1つとして知られているが、近年では更年期の有無にかかわらず冷えを感じている若年女性が多いことが明らかになっている²⁾。

冷えは体質から生じるものであり仕方のないことだと軽視されがちな存在だが、放置することで血管が萎縮し血流が滞り、頭痛や肩こり、便秘、生理不順、睡眠不足や全身倦怠感などの様々な身体的・精神的不調を招き、QOL低下に繋がることから²⁾、冷えによる悪影響が注目されている。さらに、冬の冷気により手足の冷えを感じることは誰しも経験したことがあると考えられる一方で、暑さから逃れるために衣服を薄着にする、冷たい飲み物や食べ物を積極的に摂取することで胃腸が冷えて消化機能が低下することにより、夏でも冷えを感じる者も顕在化している³⁾。

冷えを改善させるための食品として、トウ

ガラシ⁴⁾、ヒハツ⁵⁾、ショウガ⁶⁾が挙げられる。ショウガは香辛料としてはもちろん、生薬としても世界中で広範囲に用いられている。わが国においても、料理の風味付けや肉や魚の臭み消し、薬味として馴染みが深く、また、民間療法として風邪をひいた際に生姜湯を飲むなど、大変身近な食材として古くから活用されている。

ショウガには、辛み成分であるショウガオール ($C_{17}H_{24}O_3$) とジンゲロール ($C_{17}H_{26}O_4$) が体熱産生促進に関与していることが明らかになっている⁷⁾。さらに、ショウガオールは微量成分であるが、生のショウガを乾燥・加熱することでジンゲロールに脱水反応が起こり、ショウガオールに変化することが報告されており⁸⁾、ショウガオールはジンゲロールよりも体を温める効果が高いとされている⁹⁾。しかしながら、この研究報告では皮膚表面温度(皮膚温)は測定しているものの、皮膚温を規定する要因と考えられる末梢血流量の測定¹⁰⁾までは行っていない。

そこで、本研究では、健常若年女性を対象に、冷水負荷試験後の皮膚温および末梢血流量の上昇に対する熟成生姜含有粉末緑茶摂取の効果を検証することを目的とした。

表1 被験者の除外基準

1. 呼吸器疾患, 消化器疾患, 肝胆膵疾患, 血液疾患, 腎疾患, 内分泌疾患, 心血管疾患の既往を有する者, または現在罹患している者
2. 研究開始前12週間以内に, 重篤な外傷や手術歴を有する者
3. 食物もしくは薬物に対し何らかの治療を要する程度のアレルギー疾患の既往を有する者, または疑われる者
4. 試験に影響する可能性のある特定保健用食品, 機能性表示食品, 健康食品等を常用している者
5. 研究開始前4週間以内に, 他の臨床試験(治験を含む)に参加した者

I 方法

本試験は大妻女子大学生命科学研究倫理審査委員会の承認のもとに実施された。被験者は, 年齢が20歳以上30歳未満の女性で, 大妻女子大学の学部生より実験ボランティアを募集し, 表1の除外基準に抵触しない15名を対象とした。ヘルシンキ宣言遵守のもと令和3年9月中旬~12月上旬に行われた。試験参加にあたって, 試験の目的, 方法, 期間中の制限事項などについて書面および口頭で十分に説明を行い, 試験内容を理解したうえで自由意思に基づく試験参加の同意を文書にて取得した。本試験は, 試験対象者の募集前に, 大学病院医療情報ネットワーク(UMIN)に試験計画を登録した(UMIN000044795)。

1. 試験食品

試験食品は熟成生姜含有粉末緑茶(アクティブ食品)およびプラセボ食品の2種を使用した(表2)。アクティブ食品は6-ショウガオールを0.22mg含有する熟成生姜粉末と粉末緑茶を混合したものであり, プラセボ食品は熟成生姜粉末を除いた粉末緑茶とした。いずれの試験食品も株式会社MOMIKIから提供された。

2. 試験プロトコル

本試験はランダム化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験である。被験者はアクティブ食品およびプラセボ食品のいずれかのサンプルを7日間1日1包継続摂取し, 試験食品摂取1日目(単回摂取後)と7日間継続摂取後(継続摂取後)の合計2回, 冷水負荷試験を行った。

表2 試験食品の組成(1包:1gあたり)

	アクティブ食品	プラセボ食品
エネルギー(kcal)	2.57	2.29
たんぱく質(g)	0.20	0.25
脂質(g)	0.05	0.05
炭水化物(g)	0.54	0.48
6-ショウガオール(mg)	0.22	0.00

摂取の際は試験食品1gを $55 \pm 5^\circ\text{C}$ の湯100mLに溶かして飲用させ, 粉末沈殿により摂取漏れを防ぐためにスプーンで攪拌しながら飲むよう促した。各試験食品の摂取には2週間のウォッシュアウト期間を設けた。

被験者の測定条件を統一させるため, すべての測定は室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度 $50 \pm 5\%$ の環境にて実施した。試験期間中は食生活や運動等の生活習慣の変更, 医薬品やサプリメント, 美容食品等の摂取を禁止した。さらに試験前日は暴飲暴食や睡眠不足, 過労を避けるよう指示した。また, 着衣による影響を避けるために測定室へは当日支給した衣服(株式会社ユニクロ製長袖長ズボンスウェット)に着替えて入室させ, 同一被験者の測定時刻は変更しないものとした。食事に関しては試験開始2時間前までにカロリーメイト(大塚製薬株式会社)1箱を各自摂取させ, 試験終了までの飲料は糖を含まないものだけとした。

被験者は試験室入室後, 座位にて20分間安静後, いずれかの試験食品を摂取し, さらに

座位にて60分間安静とした。冷水負荷試験には循環式恒温水槽を使用，水温15℃の冷水に両手の手関節部までの浸水を1分間行った。その際，冷水負荷試験直前および冷水負荷試験終了直後から20分後までの左手指先の皮膚温を30秒間隔，末梢血流量を0.1秒間隔で測定した。なお，冷水負荷試験終了1分後を冷水負荷試験直後とし，この間に手部および手首の水分をペーパータオルにて圧迫することなく拭き取り，心臓と同じ高さの測定台に置いて安静にした。測定台は箱に針金を巻いたものを使用し，手指部との接触面を最小限に抑え，接触面が温まることで皮膚温に影響が出ることを防いだ。また，測定台に手を置いたときの手指の圧迫を分散するために，測定台と同じ高さの肘置きを設置し，被験者に肘を置かせた。なお，広く使用されている末梢循環機能検査で行う冷水負荷試験は10℃の冷水に10分間浸漬するが，今回は被験者の安全性を考慮し，野村らが行った15℃の冷水に1分間浸漬する方法を採用した¹¹⁾。

3. 測定項目

赤外線サーモグラフィカメラInfReC G100（日本アビオニクス社製）を用いて皮膚温を計測した。サーモグラフィにて撮影された画像から左手指先の爪下部5点の平均値をその時点での皮膚温とした。冷水負荷試験前に1度撮影，また冷水負荷試験終了15秒前から連続撮影を開始し，試験終了後1分の間に手をペーパータオルで拭き，そこから20分間，30秒間に1度の撮影を行った。

末梢血流量（単位：mL/min/100g）については，光ファイバー式レーザー式血流計OMEGAFLO-Lab（オメガウェア社製）を用いて計測した。冷水負荷試験前に測定した5分間の平均値を冷水負荷試験前の値として，試験終了後は一定の連続30秒間300のデータの平均値を算出し，末梢血流量変化とした。冷水負荷試験5分前から計測を開始し，0.1秒間隔で測定終了まで継続した。

表3 被験者の身体的特徴（N=15）

年齢（歳）	21.7 ± 0.2
身長（cm）	158.2 ± 1.6
体重（kg）	47.5 ± 1.7
BMI（kg/m ² ）	18.9 ± 0.7
骨格筋量（kg）	18.7 ± 0.7
体脂肪率（%）	25.8 ± 1.1

平均値 ± 標準誤差
BMI：body mass index

4. 統計解析

皮膚温，末梢血流量の実測値を平均値 ± 標準誤差で表わした。なお，血流量に関しては単回摂取後冷水負荷試験，継続摂取後冷水負荷試験のいずれにおいても1名の被験者が電極と指先の接触不良により，データを取得できなかったため，14名で統計解析を行った。

アクティブ食品摂取群とプラセボ食品摂取群の比較は混合モデルによる二元配置分散分析で解析を行い，その後，ボンフェローニの多重比較検定を行った。有意水準は両側5%未満とし，すべての統計解析は，SPSS statistics ver. 27（IBM Corp. USA）を用いて行った。

II 結果

1. 被験者背景

表3に被験者背景を示す。平均年齢は21.7 ± 0.2歳で，平均body mass index（BMI）は18.9 ± 0.7 kg/m²のやや痩せ傾向にある若年女性であった。

2. 単回摂取後冷水負荷試験

試験を完遂した被験者のアクティブ食品およびプラセボ食品単回摂取後の冷水負荷試験前後の皮膚温の経時変化を図1に示した。冷水負荷試験前の皮膚温はアクティブ食品摂取群が32.8 ± 0.5℃，プラセボ食品摂取群が32.5 ± 0.8℃であり，2群間に有意な差は認められな

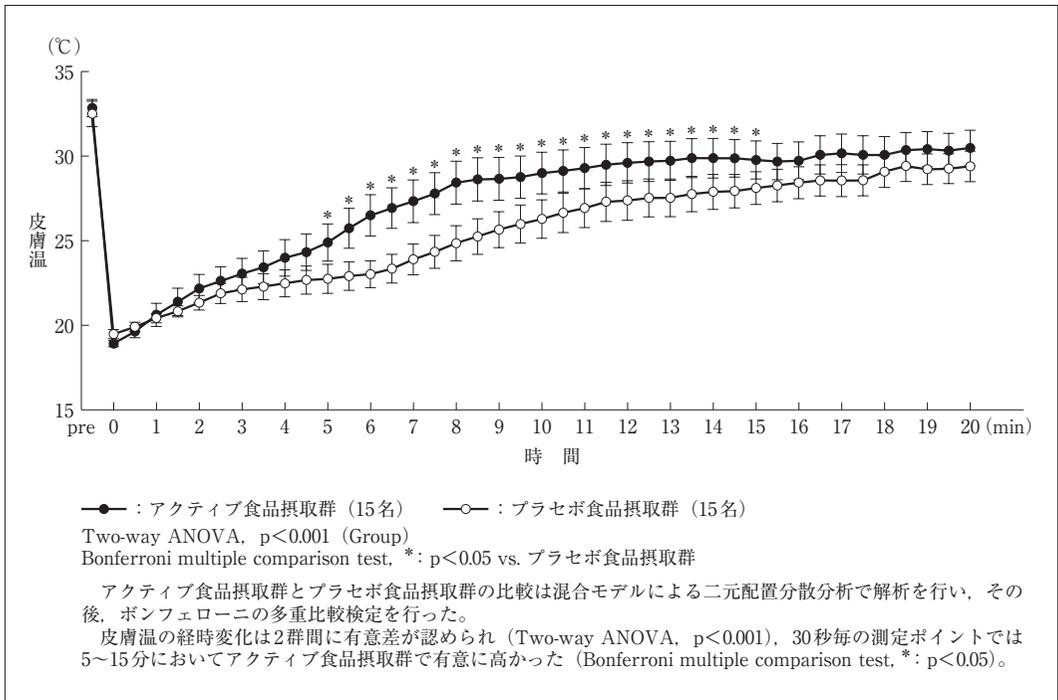


図1 単回摂取後の皮膚温変化

かった。また、冷水負荷試験により皮膚温は、アクティブ食品摂取群が $18.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、プラセボ食品摂取群が $19.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ に低下し、2群間に有意な差は認められなかった。

冷水負荷試験終了後の皮膚温は両試験食品摂取群ともに上昇し、経時的な皮膚温変化において、2群間に有意な差が認められた ($p < 0.001$)。さらに、冷水負荷試験終了後5~15分間でアクティブ食品摂取群はプラセボ食品摂取群と比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

アクティブ食品およびプラセボ食品単回摂取後の冷水負荷試験前後の末梢血流量の経時変化を図2に示した。冷水負荷試験前の末梢血流量はアクティブ食品摂取群が $33.1 \pm 3.9 \text{ mL/min/100g}$ 、プラセボ食品摂取群が $27.7 \pm 3.8 \text{ mL/min/100g}$ であり、2群間に有意な差は認められなかった。また、冷水負荷試験により末梢血流量は、アクティブ食品摂取群が $7.8 \pm 1.7 \text{ mL/min/100g}$ 、プラセボ食品摂取群が $5.6 \pm 0.4 \text{ mL/}$

min/100g に低下し、2群間に有意な差は認められなかった。

皮膚温と同様に、冷水負荷試験後の末梢血流量は両試験食品摂取群ともに上昇し、経時的な末梢血流量変化には2群間で有意な差が認められた ($p < 0.001$)。さらに、冷水負荷試験終了後4~8.5分間、13~13.5分間でアクティブ食品摂取群はプラセボ食品摂取群と比較して有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

図3は2つの試験食品摂取後の皮膚温および末梢血流量の測定データに全く欠損値がない被験者12名において、アクティブ食品摂取による皮膚温曲線下面積 (area under the curve : AUC) - プラセボ食品摂取による皮膚温 AUC を従属変数とし、アクティブ食品摂取による血流量 AUC - プラセボ食品摂取による血流量 AUC を独立変数として最小二乗法により回帰直線の傾きを求めたものである。回帰直線の R^2 が 0.6601 となり、皮膚温上昇量

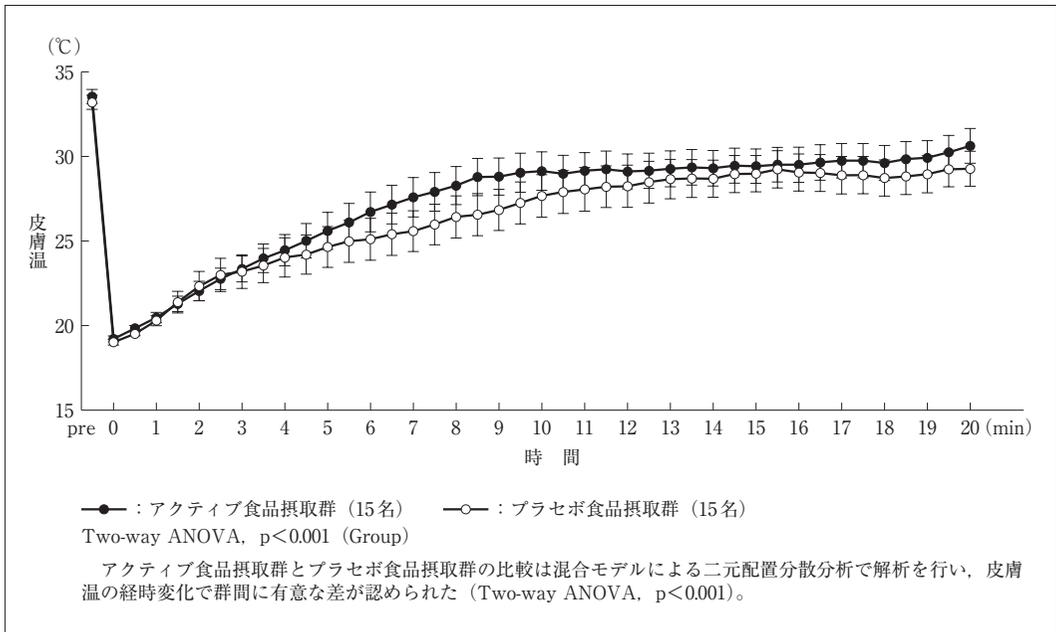


図4 継続摂取後の皮膚温変化

と末梢血流上昇量で有意な正の相関が認められた ($p < 0.001$)。

3. 継続摂取後冷水負荷試験

アクティブ食品およびプラセボ食品7日間継続摂取後の冷水負荷試験前後の皮膚温の経時変化を図4に示した。冷水負荷試験前の皮膚温はアクティブ食品摂取群が $33.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、プラセボ食品摂取群が $33.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$ であり、2群間に有意な差は認められなかった。また、冷水負荷試験により皮膚温はアクティブ食品摂取群が $19.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、プラセボ食品摂取群が $19.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ に低下し、2群間に有意な差は認められなかった。冷水負荷試験終了後の皮膚温は両試験食品摂取群ともに上昇し、経時的な皮膚温変化において、2群間に有意な差が認められた ($p < 0.001$)。

次に、アクティブ食品およびプラセボ食品7日間継続摂取後の冷水負荷試験前後の末梢血流量の経時変化を図5に示した。冷水負荷試験前の末梢血流量はアクティブ食品摂取群が $35.4 \pm 4.0 \text{ mL/min/100g}$ 、プラセボ食品摂

取群が $34.6 \pm 4.5 \text{ mL/min/100g}$ であり、有意な差は認められなかった。また、冷水負荷試験により末梢血流量は、アクティブ食品摂取群が $6.4 \pm 0.6 \text{ mL/min/100g}$ 、プラセボ食品摂取群が $6.6 \pm 0.7 \text{ mL/min/100g}$ に低下し、2群間に有意な差は認められなかった。皮膚温と同様に、冷水負荷試験後の末梢血流量は両試験食品摂取群ともに上昇し、経時的な末梢血流量変化において、2群間に有意な差が認められた ($p < 0.001$)。なお、単回摂取後と継続摂取後の冷水負荷試験時のアクティブ食品摂取による皮膚温AUC-プラセボ食品摂取による皮膚温AUCを対応のあるt検定で解析したところ、有意な差は認められなかった ($p = 0.709$)。

また、7日間の試験食品継続摂取期間において、試験食品摂取による体調不良を訴える被験者はいなかった。

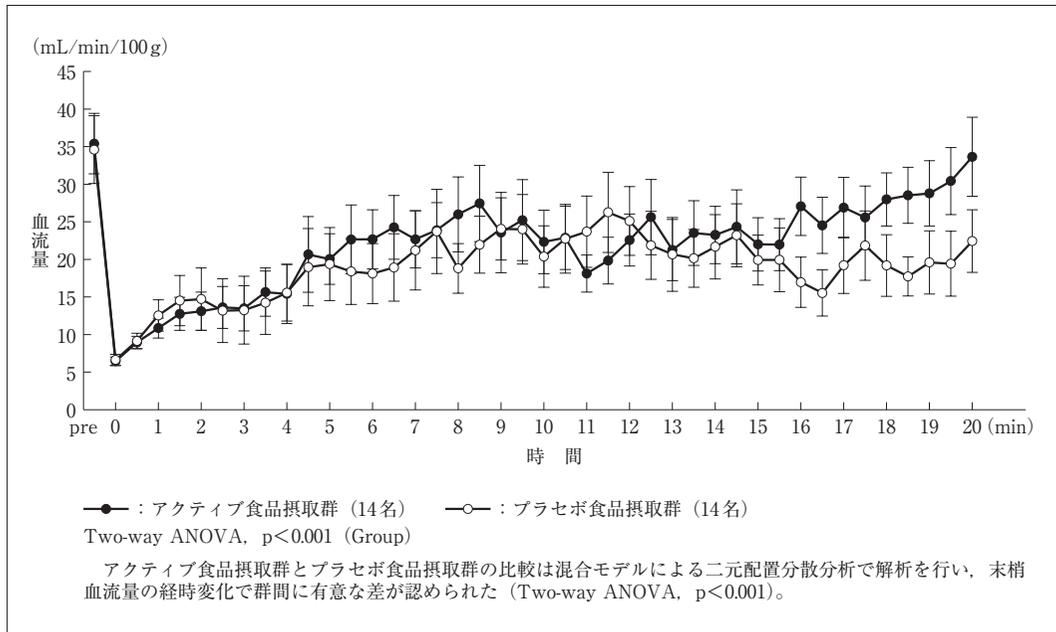


図5 継続摂取後の末梢血流量変化

III 考 察

本研究では、健常若年女性を対象として、ショウガオールを多く含む熟成生姜含有粉末緑茶を摂取させたときの末梢血流量および皮膚温への効果について、ランダム化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験で検討を行った。その結果、熟成生姜含有粉末緑茶の単回摂取および7日間の継続摂取で、冷水負荷試験後の皮膚温および末梢血流量を速やかに上昇させることが明らかとなった。

冷えを感じる健常女性を対象とした先行研究では、クロロゲン酸飲料の単回摂取により、冷水負荷試験後の末梢血流量の上昇に伴い皮膚温が上昇していることが報告されている¹¹⁾。また、入来は皮膚温を規定する要因は末梢血流量であると述べており¹⁰⁾、本研究における熟成生姜含有粉末緑茶の摂取による皮膚温上昇促進作用も、末梢血流量の上昇が促されたことに起因すると推察された。実際、熟成生姜含有粉末緑茶の単回摂取において、皮膚温

の上昇量と末梢血流の上昇量との間に有意な正の相関が確認されたことから、皮膚温の上昇は末梢血流量の上昇に起因することを裏付ける結果となった。

ショウガオールには、カプサイシン受容体 (transient receptor potential vanilloid 1 : TRPV1) の活性化¹²⁾とカルシトニン遺伝子関連ペプチド (calcitonin gene-related peptide : CGRP) の分泌を促進することが報告されている¹³⁾¹⁴⁾。カプサイシン受容体として発見された TRPV1は感覚神経に発現するイオンチャネル型受容体であり、TRPV1を活性化することで感覚神経、交感神経へと刺激を伝達し、副腎からアドレナリンを分泌させ、この作用により最終的に体熱産生を促進することが報告されており、ショウガオールも TRPV1を刺激する。一方、神経ペプチドである CGRPは、血中カルシウム濃度の調節に関連する甲状腺ホルモン・カルシトニンと同様にカルシトニン遺伝子産物であり、強い末梢血管拡張作用を有している。本研究では皮膚温の上昇量と

末梢血流の上昇量に有意な正の相関を示したことより、熟成生姜含有粉末緑茶を摂取したことでCGRPが放出され、末梢血管を著しく拡張させ血管透過性を亢進させたことによって、冷水負荷試験後の速やかな皮膚温の上昇に繋がったものと考えられる。以上のことから、熟成生姜含有粉末緑茶の単回摂取および短期継続摂取は冷え改善効果を示すことが期待される。

本研究において、単回摂取で十分な冷え性改善効果が認められたが、一方で継続摂取によって効果が増強するという結果は認められなかった。その要因として、継続摂取期間が7日間と短かったこと、さらには試験実施時期の影響も大きかったと考えられる。

熟成生姜含有粉末緑茶とプラセボ食品の冷水負荷試験日の外気温の差を単回摂取後と継続摂取後で比較すると、継続摂取後の冷水負荷試験日の外気温の差が有意に大きかった (data not shown)。これは試験実施期間が季節の移行期だったため、冷水負荷試験日によって外気温の変動が大きく、冷水負荷試験当日の被験者の末梢血流量に影響を及ぼしてしまったかもしれない。今後は、冷水負荷試験当日における被験者の試験食品摂取前の安静時間を延ばして、安静時の末梢血流量を一定にしてから冷水負荷試験を実施することを検討したい。

結 語

本研究の結果から、熟成生姜含有粉末緑茶の単回摂取および7日間の継続摂取は、冷水負荷試験により低下した皮膚温および末梢血流量を速やかに上昇させる効果があることが示された。また、単回摂取において末梢血流量上昇量と皮膚温上昇量で正の相関がみられ、皮膚温と末梢血流量の上昇が関係していることが明らかとなった。

本研究により、熟成生姜含有粉末緑茶は、

日常生活において誰しもの取り入れやすい冷え緩和・改善を促す食品素材であることが示唆され、熟成生姜含有粉末緑茶の摂取が、冷えを起因とする身体的・精神的不調緩和にも繋がることが期待される。

利益相反

本試験は株式会社MOMIKIより無償で提供された試験サンプルで実施した。

参 考 文 献

- 1) 尾形 優, 金子健太郎, 後藤慶太ほか. 冷え症の生理学的メカニズムについて—循環動態および自律神経活動指標による評価—. 日本看護技術学会誌 2017; 15: 227-234.
- 2) 宮崎潤二, 久下浩史, 森澤建行ほか. 自覚的冷え症者の性別と冷え行動因子, 健康関連QOL, BMIの関連について. 全日本鍼灸学会雑誌 2011; 61: 174-181.
- 3) 宮本教雄, 青木貴子, 武藤紀久ほか. 若年女性における四肢の冷え感と日常生活の関係. 日本衛生学雑誌 1995; 49: 1004-1012.
- 4) 河田照雄. 香辛料辛味成分の機能に関する栄養生化学的研究. 日本栄養・食糧学会誌 1992; 45: 303-312.
- 5) 山田典子, 西原千恵, 吉村裕之ほか. 冷え症に対するヒハツ (*Piper longum* L.) 摂取の影響: 緩和な寒冷ストレス負荷後の皮膚表面温度の経時的変化. 日本神経精神薬理学雑誌 2009; 29: 7-15.
- 6) 岡田佳子, 川端洋子, 桑原真紀ほか. 生姜成分と熱刺激が皮膚温に与える影響について. 東洋療法学校協会学会誌 2004; 28: 47-49.
- 7) 川端二功. スパイスの化学受容と機能性. 日本調理科学会誌 2013; 46: 1-7.
- 8) Bhattarai S, Tran VH, Duke CC. The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions. *J Pharm Sci.* 2001; 90: 1658-1664.
- 9) 川端幸奈, 金岡美里, 坊垣知佳ほか. 冷え性女性の皮膚表面温度におけるショウガ麴の効果.

- 日本醸造協会誌 2013 ; 108 : 778-786.
- 10) 入來正躬. 体表面温度生理学. *BME*. 1989 ; 3 : 9-15.
- 11) 野村知子, 天野(吉田)恭子, 中島幸範ほか. コーヒー豆由来クロロゲン酸摂取が冷水負荷後の末梢部皮膚温および皮膚血流に及ぼす効果—プラセボ対照ランダム化二重盲検クロスオーバー群間比較試験—. 日本生気象学会雑誌 2019 ; 56 : 89-99.
- 12) Iwasaki Y, Morita A, Iwasawa T, et al. A nonpungent component of steamed ginger—[10]-shogaol—increases adrenaline secretion via the activation of TRPV1. *Nutr Neurosci*. 2006 ; 9 : 169-178.
- 13) Murata P, Kase Y, Ishige A, et al. The herbal medicine Dai-kenchu-to and one of its active components [6]-shogaol increase intestinal blood flow in rats. *Life Sci*. 2002 ; 70 : 2061-2070.
- 14) Fromy B, Merzeau S, Abraham P, Saumet JL. Mechanisms of the cutaneous vasodilator response to local external pressure application in rats : involvement of CGRP, neurokinins, prostaglandins and NO. *Br J Pharmacol*. 2000 ; 131 : 1161-1171.

(受理日 : 2024年4月26日)