

令和 4 年 5 月 17 日現在

機関番号：25502

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03168

研究課題名(和文) 冷え症女性の温度知覚と末梢皮膚循環機能に及ぼす運動の影響

研究課題名(英文) Influence of exercise on thermal perception and peripheral skin circulatory function in women with a cold constitution

研究代表者

曽根 文夫(山崎文夫)(Sone, Fumio)

山口県立大学・看護栄養学部・教授

研究者番号：80269050

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：女性に多くみられる冷え症は冷えの愁訴とともに特徴的な脳活動パターン、すなわち低周波数波の低い出現率と波の高い出現率を示す。骨格筋運動に伴う深部体温と皮膚温の上昇はこれらの脳活動パターンとは無関係に温熱性快適感の上昇と四肢末梢部の冷感の減少を引き起こす。1～3ヶ月間にわたる軽強度運動の実践は全身および四肢末梢部の冷え症状を緩和し、これらの変化は冷覚感受性の低下と末梢部皮膚血管拡張機能の亢進に起因することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本文化における冷え症は疾患には起因しないが強い冷感によって日常生活に困難を伴う不定愁訴としてとらえられてきた。諸外国で冷え症そのものを扱った研究は少ないが、本邦においては冷えと食事や生活習慣との関連、月経や妊娠との関連、冷え症の客観的評価などの研究がみられる。冷え症の生理学的特性については温度感覚や皮膚温から研究したものが散見されるが、脳機能や皮膚循環機能については不明な点が多く残されている。これらの機能的特性を明らかにした上で、冷え症の緩和策としての身体運動の効果とその機序を解明することは、冷えで悩む人々の生命と生活の質の向上につながるものであると考える。

研究成果の概要(英文)：Coldness of the body is one of the unidentified complaints frequently observed in females. The brain activities in adults with a cold constitution were characterized by specific patterns, that is, a lower appearance of low-frequency waves and a higher appearance of waves. Independently of the changes in these brain activities, the increases of core and skin temperatures induced by skeletal muscle exercise occur an increase of thermal comfort and a decrease of cold feeling in the distal portions of the extremities. Light exercise interventions for 1-3 months mitigated coldness in a whole-body and the distal portions of the extremities. The mitigation was due to a reduction in cold sensitivity and an enhancement in the skin vasodilator function of the distal portions of the extremities.

研究分野：運動生理学

キーワード：冷え性 温度感覚 脳波 末梢循環 運動トレーニング 体温 皮膚温 冷却

## 1. 研究開始当初の背景

冷え症とは、通常の人々が苦痛を感じない程度の温度環境下において身体の末梢部に強い冷感を自覚するものであり、男性よりも女性に多くみられる。冷え症は四肢末梢部の強い冷感から生じる苦痛のみならず、不眠、肩凝り、便秘などを随伴症状とする。また、夏期の学校・職場や各種公共施設の冷房環境によって冬期だけでなく1年を通して発現し、特に女性の日常における生活の質を著しく低下させている。近年、冷え症の女性では冷え症でない女性に比べて、脈波伝播速度で評価した動脈硬化度の高いことが示され、その背後に血管系疾患などの病気を秘めている可能性が指摘されている。さらに、分娩後の女性を対象とした後向きコホート研究において、冷え症は微弱陣痛、遷延分娩などの異常分娩に関連することが報告されている。このように女性の心身の健康に及ぼす冷え症の悪影響は広範囲にわたるため、その症状の病態生理学的メカニズムを明らかにし、それを改善するための対策を考案する必要がある。冷え症の女性は高い冷覚感受性を示すことが報告されているが、その生理的機序には不明な点が多い。これまでの研究において研究代表者たちは、足背部への局所冷却刺激中の脳活動を閉眼安静時の脳波(EEG)から検討した結果、冷え症者の冷覚に関わる脳機能の違いは8-10Hzの低周波数波の一過性応答の差となって表出されることを報告した(山崎たち, 2018)。すなわち冷え症者は安静時の低周波数波の出現率が低く、急速な局所温の低下により非冷え症者ではその出現率が低下するが冷え症者では変化しないことを示した。しかしながら正常体温時や全身冷却中のEEG変化を含め、温熱負荷時の冷え症者の脳活動の特徴については不明な点が多い。冷え症対策に関して、日常的に強い身体運動を実施している者は、運動習慣のない者よりも冷えの症状が軽度であることが示唆されており、身体運動は冷え症を改善する方策の1つになる可能性があるが、これについても検証されていない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、冷え症の温度知覚系の特性をEEGより明らかにするとともに、冷え症改善のための運動の効果を脳活動と皮膚循環機能の変化より検証することである。冷え症者と非冷え症者を対象にして、具体的には以下の点について検討する。

(1) 全身および局所冷却中の皮膚温の低下に対するEEG、皮膚血管収縮反応のそれぞれの出力関係、さらに脳活動の変化に伴う温度知覚の変化を両者の間で比較検討する。(実験1)

(2) 運動を温度知覚系に対する外乱として捉え、その急性効果を明らかにする。運動による体温や脳活動の変化が急性に冷覚感受性を低下させるか否かについて検証する。(実験2)

(3) 温度感覚機能と皮膚循環機能に及ぼす運動トレーニングの効果を明らかにする。トレーニングによって冷えの愁訴は改善されるか。改善されるとすれば、それは感覚機能(冷覚感受性)と末梢部皮膚血管拡張機能(皮膚温上昇)のいずれの変化に起因するのかを検証する。(実験3、4)

## 3. 研究の方法

### (1) 冷え症の冷覚に関与するEEGの特徴(実験1)

冷え症の冷覚に関与する脳活動の特徴をさらに明らかにするために、冷え症とそうではない若年女性を対象として、全身性および局所性冷却に対するEEG応答を解析した。EEGは閉眼時に頭頂部から導出し、4周波数帯(α、β1、β2、β3)のスペクトルパワーを解析した。全身性に皮膚冷却を行うために、水循環スーツを用いて平均皮膚温を36-36.5℃から34-34.5℃に低下させた。局所性皮膚冷却には、ペルティエ素子を備えた局所温度調節装置を用いて両側足背部の局所皮膚温を33℃から23℃へ低下させた。冷却中のEEG、皮膚温、皮膚血流量を連続測定した。

## (2) 冷え症の冷覚機能に及ぼす身体運動の急性効果 (実験2)

運動時の体温上昇が体の冷えの減弱に関与している可能性があるが、体温上昇を伴う運動が冷覚機能に及ぼす影響については明らかでない。そこで本年度は、冷え症の自覚のある若年女性12名を対象として、冷覚機能に対する運動の急性効果を検討した。運動負荷を行う実験(運動実験)と、運動負荷を行わないで安静を維持する実験(対照実験)の2つを、異なる日の同一時間帯に行った。運動にはリカンベント自転車エルゴメーターを用い、5分ごとに運動負荷(最大心拍数の30~60%の範囲)を上昇させて合計15分間行った。手を15の冷水に1分間浸漬する冷却テストを運動前、運動直後、運動後30分目に実施し、皮膚温、手の温冷感と快適感の変化から冷覚機能の感受性を評価した。対照実験では冷却テストを運動実験と同じタイミングで実施した。また身体11箇所の温冷感のアンケート調査を運動前、運動直後、運動後30分目に行った。

## (3) 冷え症の冷覚機能に及ぼす運動トレーニングの効果 (実験3、4)

実験3では、若年女性の体の冷えの自覚症状に及ぼす3ヶ月間の軽度運動介入の効果を検討した。女子大学生44名を対象として、運動群と対照群の2グループに分けた。運動群の対象者は3ヶ月間にわたり軽強度の運動トレーニングを行い、対照群の対象者はトレーニングを行わなかった。その介入の前後に体の冷えや心身の状態に関するアンケート調査を実施するとともに、体組成、筋力(背筋力、握力、両脚伸展筋力)を測定した。

運動実践による体の冷えの改善機序の1要因として、身体末梢部の皮膚血管運動機能の変化が関与する可能性が考えられた。そこで実験4では、4週間の有酸素運動介入によって冷えの症状の改善とともに末梢血管拡張機能が亢進されるか否かについて検討した。被験者は運動習慣がなく、冷え症を自覚する成人女性18名であり、9名を運動群、9名を対照群とした。体の冷えに関する質問紙より冷え症の程度を判別して両グループで同等になるように調整した。運動量をモニターするために、被験者には介入期間を通して活動量計を身につけてもらった。運動群では、1週間に4日以上、介入前の平均歩数よりも1日に3000歩以上多く歩き、その内15分間以上は速歩を行った。一方、対照群にはこのような運動介入を行わなかった。介入期間の前後で、同一環境条件(室温27、相対湿度45%)下で体の冷えに関するアンケートを実施するとともに、安静時代謝量、舌下温、皮膚温(左手掌、左手指、左右足背、左右足指)を測定した。また、足指皮膚血流量を測定しながら足部を43の温水に浸漬させて加温し、皮膚血管拡張機能を評価した。

## 4. 研究成果

### (1) 冷え症の冷覚に関与する脳活動の特徴 (実験1)

冷え症のEEG特性として、常温下安静時および全身性皮膚冷却時の低周波数波(1)の低い出現率、および全身性の皮膚冷却中における波の高い出現率が示された(図1:山崎文夫たち,2019)。いずれのグループにおいても低周波数および高周波数パワー、パワーは局所冷却刺激に対して有意な変化はみられなかった。

### (2) 冷え症の冷覚機能に及ぼす身体運動の急性効果 (実験2)

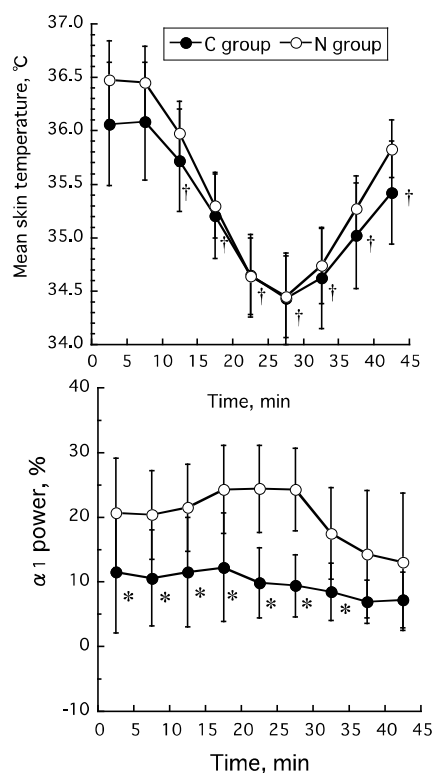


図1 冷え症群(C)と非冷え症群(N)の全身冷却中の低周波数 $\alpha$ ( $\alpha 1$ )パワーの変化

手部冷却中の冷覚と温熱性不快感は運動後の深部体温の有意な上昇(+0.5±0.3 )によって減少した。運動によって温冷感の感受性は変化しなかったが、温熱性快適感の感受性は低下した。これらの感受性は対照実験を通して変化しなかった。運動に伴う冷覚機能の変化と EEG の変化に明らかな対応関係は認められなかった。これらの結果から、運動後の深部体温と皮膚温の変化によって温冷感は部位特異的に影響されること、冷覚感受性を変化させることなく、冷却誘発性不快感の感受性は一過性に抑制されることが示唆された。

### (3) 冷え症の冷覚機能に及ぼす運動トレーニングの効果 (実験 3、4)

実験 3 において、冷えの自覚症状の程度を示すスコアは、運動群では 3 ヶ月間の介入によって有意に減少したが、対照群では介入期間の前後で差がみられなかった。運動介入によって体脂肪率の減少傾向と筋肉率の増加傾向が認められた。運動介入によって背筋力と両脚伸展筋力は有意に増加したが、握力は変化しなかった。対照群では両脚伸展筋力のみ介入期間後に増加した。介入期間後における冷え症スコアの変化と両脚伸展筋力および背筋力の変化との間には有意な負の相関関係が認められたが、握力の変化との間には有意な相関はみられなかった。これらの結果から、3 ヶ月間の軽度な運動実践は体幹および下肢の筋力増加とともに冷えの自覚症状を低減させることが示唆された。

実験 4 において、運動群では冷え症スコアが 4 週間の歩行運動介入によって低下し、指先および足先の冷えの感覚は介入前ベースラインと比べて有意に低下した (図 2 : Yamazaki et al., 2021)。他方、対照群では介入期間の前後で冷えの感覚に有意な変化はみられなかった。いずれのグループにおいても安静時代謝量と安静時舌下温は運動介入前後で有意な差はみられなかった。足部加温に伴う足指皮膚血流量の増加は対照群よりも運動群で有意に大きかった。これらの結果から、冷え症の女性において 4 週間の有酸素運動の実践は正常体温時の四肢末梢部の冷感を低下させるとともに、足部末端の皮膚血管拡張機能を亢進させることが示唆された。

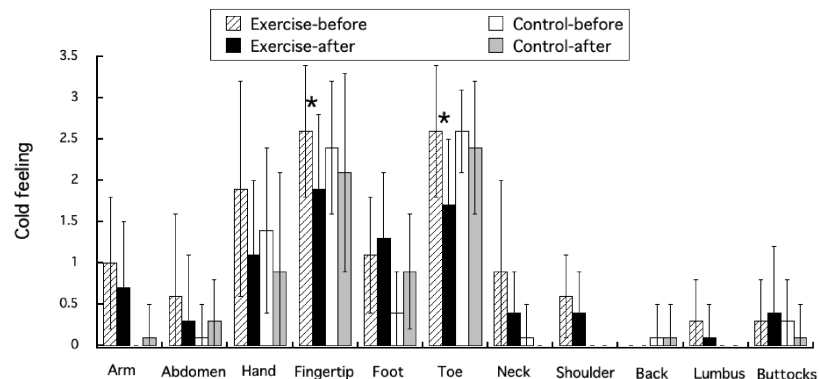


図2 運動群と対照群の介入前後の冷え感の変化

### 引用文献

- (1) 山崎文夫たち：日本生気象学会雑誌、2018年、55巻1号、9-18.
- (2) 山崎文夫たち：日本生気象学会雑誌、2019年、56巻1号、25-33.
- (3) Yamazaki et al.: The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine、2021年、10巻5号、255-262.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fumio Yamazaki, Yume Araki, Sayaka Takuno, Ayuka Hamada	4. 巻 10
2. 論文標題 Walking exercise intervention for 4 weeks mitigates cold symptoms in young women with a cold constitution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 255-262
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7600/jpfsm.10.255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fumio Yamazaki, Wakana Kobayashi, Manayo Suenaga, Kana Tsuchimoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Acute influence of mild cycle exercise on the cold sensory function in young women with an awareness of a cold constitution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 21-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7600/jpfsm.11.21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎文夫	4. 巻 29
2. 論文標題 若年女性における3ヶ月間の軽度運動介入が冷えの症状、体組成および筋力に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本医学看護学教育学会誌	6. 最初と最後の頁 33-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎文夫、末廣香野乃、三代早智絵、吉村奏絵	4. 巻 12
2. 論文標題 冷え症女性における安静時脳波の特徴	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 山口県立大学学術情報	6. 最初と最後の頁 17-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 文夫、飯山 瞳、岩田 華奈、加藤 円佳	4. 巻 56
2. 論文標題 冷え症女性における局所性および全身性皮膚冷却時の脳波の特徴	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本生気象学会雑誌	6. 最初と最後の頁 25～33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11227/seikisho.56.25	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山崎文夫、小林若菜、末永愛葉、土本花菜
2. 発表標題 冷え症の自覚のある若年女性の冷覚機能に及ぼす運動の急性効果
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎文夫、曾根涼子
2. 発表標題 冷え症女性における皮膚冷却時の脳波の特徴
3. 学会等名 第27回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎文夫
2. 発表標題 軽度な運動の実践による冷え症状の変化に関する予備的研究
3. 学会等名 第64回山口県体育学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎文夫、末廣香野乃、三代早智映、吉村奏絵、張替直美、曾根涼子
2. 発表標題 冷え症女性における局所冷却負荷時の脳活動変化の特徴
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎文夫、荒木優芽、宅野清夏、濱田歩花
2. 発表標題 若年女性における4週間の歩行運動介入による冷え症状の緩和効果
3. 学会等名 第65回山口県体育学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎文夫、荒木優芽、宅野清夏、濱田歩花、張替直美、曾根涼子
2. 発表標題 若年女性の冷え症状に及ぼす歩行運動介入の効果
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山口県立大学看護栄養学部教員紹介  
<https://www.yamaguchi-pu.ac.jp/nn/nr/teachers/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	曾根 涼子  (Sone Ryoko)  (50271078)	山口大学・教育学部・教授    (15501)	
連携研究者	張替 直美  (Harikae Naomi)  (10238206)	山口県立大学・看護栄養学部・教授    (25502)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関