

体温の変動によりヒトの感覚感度は変わるのか？

辻野 葉子

松本 花菜

【緒言】

冬の寒い季節に冷気にさらされ指先の感覚が鈍くなったとき、その感覚を取り戻すために何らかの形で暖を取ろうとする。また、身体が冷えた状態では運動パフォーマンスが落ちるため、事前にウォーミングアップを行うなど、我々は様々な環境下でパフォーマンスを維持するために体温の状態を、その環境に適応できるように調整している。

Letzら¹⁾は、末梢神経伝導速度に影響を与える複数の因子の中でも皮膚温は主な影響因子の一つであると報告している。また、村上ら²⁾は深部温変化に伴い、筋張力に有意な変化が認められ、加温条件では筋張力が有意に増加し、冷却条件では筋張力は有意に低下したと報告している。これらの先行研究は、ヒトの感覚—運動制御に対して体温の変化が影響を与える可能性を示唆している。

もしかすると、体温の上昇に伴い、感覚感度に変化が生じるのではないかと考えた。表在温を上昇させたときは表在感覚の閾値が、深部温を上昇させたときは深部感覚の閾値が低下し、刺激に対して反応しやすくなるかもしれないという研究仮説を立てた。

そこで本研究では、ヒトの体温を外部と内部から人工的に上昇させることで、表在感覚と深部感覚にそれぞれ異なった影響を及ぼすか否かを明らかにすることを目的として行った。

【方法】

1 対象

被験者は、健康成人女性 12 名であった。平均年齢は 21.3 歳 (19–22 歳) であった。なお、被験者には研究の趣旨と内容、得られたデータは研究目的以外に使用しないこと、及び個人情報の取り扱いには十分に配慮することを説明し、自らの意志で参加してもらった。

2 測定項目

本研究では、表在感覚の指標として皮膚触圧覚閾値を、深部感覚の指標として振動覚閾値をそれぞれ評価した。さらに、核心温の指標として腋窩温を、表在温の指標として母指球と前腕部の皮膚温を測定した。これらの測定は各体温上昇刺激条件の前後で行われた。

2.1 皮膚触圧覚閾値検査の実施

検査には、Semmes - Weinstein Monofilaments によるタッチテスト法を用いて評価した。この検査は、大小 20 種類の filament を皮膚に押し当て、感知可能な最小の filament の負荷量を触圧覚閾値として検出する方法である。また 20 種類の filament により加えられる負荷量は 0.0045g から 447g であるが、対数換算 ($\log_{10}0.1\text{mg}$) されたデータを用いて比較した。検査は、1つの filament で同一部位を 5 回刺激し、4 回の刺激に応答できた場合を感知可能として判断した。そして、知覚できる最小のフィラメント負荷量を記録した。測定部位は、非利き手側の母指球中央部

と前腕掌側部とした。

2.2 振動覚閾値検査の実施

検査には、振動感覚計 (TM-31A, メデック・インターナショナル社製) を使用した。測定部位は表在温と同様で、被験者の非利き手側の母指球中央部と前腕掌側部とした。振動刺激の振幅は $5 \mu\text{m}/\text{sec}$ で漸増するようにコントロールされた。被験者はプローブ接地部が振動していると感じたら利き手でストップボタンを押すように指示した (図 1)。そのときの振動の振幅を記録した。検査は 2 回実施し、平均値を算出した。

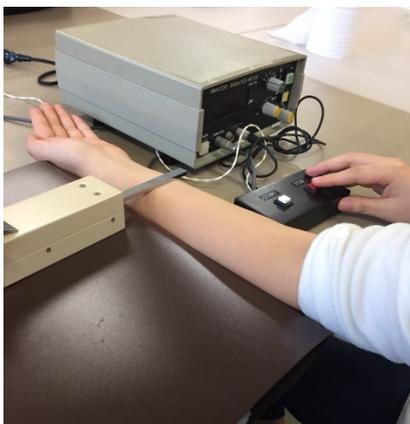


図 1

2.3 腋窩温の測定

測定には、電子体温計 (MC-170, オムロン社製) を使用した。被験者は座位にて左腋窩に体温計のプローブを挿入し、測定完了まで安静にするよう指示した。

2.4 表在温の測定

測定には、赤外線温度計 (TN006, オーム電機社製) を使用した。表在温は非利き手側の母指球中央部と前腕掌側 1/3 遠位端部の 2 ヶ所で測定した。

3 体温上昇刺激条件

3.1 電気あんかによる皮膚表面温度上昇条件 (電気あんか条件)

本研究では、非利き手の前腕掌側部と母

指球を表面から温めるためのホットパックとして、電気あんかを使用した。あらかじめ表面温度が 45 度になるまで温めておいた電気あんかに前腕掌側部と手掌を置き、効率よく温めるために全体をタオルで巻いた。加温時間は 15 分間とした。

3.2 食事による深部温度上昇条件 (食事条件)

本研究では、深部から身体を温めるために、辛み成分 (カプサイシン) が入ったカップラーメンを被験者に食べてもらった。先行研究においてカプサイシン摂取によって深部温が上昇することが報告されている³⁾。実験の条件は、①スープまで飲み干すこと、②10分以内に食べる事、③食べ終わった後は5分間休憩すること、④その間、水分補給を一切しないこと、とした。

これらの条件は、各被験者において数日の間隔をおいてランダムオーダーで実施された。

4 データ分析

それぞれの手順で得られた実験条件前後の測定データをプロトコール毎に分類し、全被験者の平均値を算出した。さらに、刺激前後の変化量を求め、条件間の群間比較を Paired-t test を用いて行った。データは平均値±標準誤差で表示した。

[結果]

腋窩温の変化について、電気あんか条件では、 -0.27 ± 0.12 と低下傾向を示したが、食事条件では 0.38 ± 0.13 と上昇傾向が示された (表 1)。一方で、表在温は食事条件よりも電気あんか条件の方が前腕および母指球ともに有意に増加していた ($p < 0.05$) (図 2)。

触圧覚閾値の変化について、電気あんか条件の前腕部および食事条件の前腕部・母

指球部では大きな変化は認められなかった (表 1) が、電気あんか条件の母指球部においては他の条件部位に比べ、大きく減少傾向が示されていた (図 3)。

振動覚の変化について、前腕・母指球ともに閾値が減少する傾向を示していたが条件間に大きな違いは認められなかった (図 4)。

表 1 各条件における測定項目の比較

	電気あんか条件		食事条件	
	前	後	前	後
腋窩温	36.4±0.07	36.1±0.15	36±0.11	36.4±0.08
表在温 (前腕)	32.1±0.42	35.1±0.22	31.8±0.42	32.3±0.24
(母指球)	32.8±0.47	36.5±0.48	31.3±0.44	32.1±0.64
触圧覚閾値 (前腕)	3.3±0.16	3.3±0.09	3.2±0.14	3.2±0.19
(母指球)	2.9±0.13	2.7±0.13	2.9±0.12	2.8±0.13
振動覚閾値 (前腕)	20±2.60	18.3±1.46	20.6±2.85	18.7±2.02
(母指球)	14.2±0.38	13.6±0.29	14.5±0.53	13.8±0.40

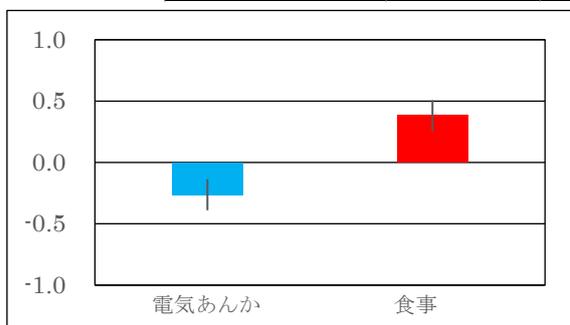


図 2 腋窩温の変化量

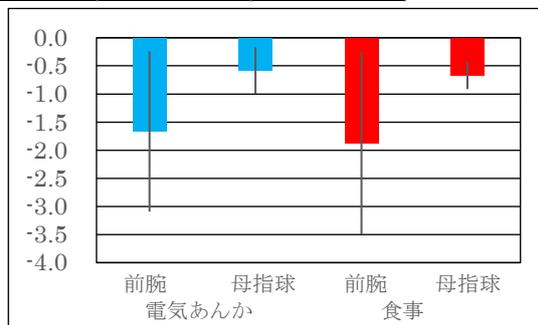


図 5 振動覚の変化量

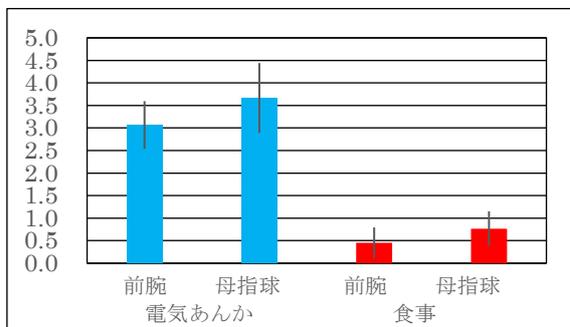


図 3 表在温の変化量

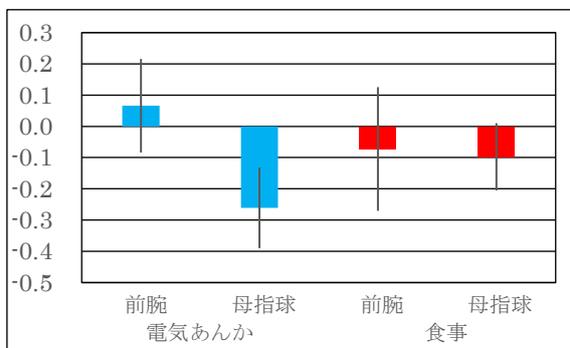


図 4 触圧覚の変化量

【考察】

今回、ヒトの体温を外部と内部から加温し上昇させることで、表在感覚と深部感覚がそれぞれ異なった影響を受けるか否かについて検討した。電気あんか条件と食事条件の比較により得られた主要な結果は以下の2点である。1) 食事条件では腋窩温が、電気あんか条件では表在温が有意に上昇した。2) 触圧覚において、電気あんか条件の母指球部が他の条件部位に比べて大きく減少傾向を示したが、振動覚においては両条件間の差はなかった。

1. 温熱刺激が体温に及ぼす影響

食事条件において深部温が上昇した。先行研究によると、カプサイシン摂取によって代謝が促進することが報告されており、その結果として体温が上昇すると考えられている³⁾。本研究で用いた辛み成分にも多

くのカプサイシンが含まれており、その摂取により代謝が亢進したものと考えた。一方、電気あんか条件では表在温のみが上昇した。温熱療法の効果としてホットパックは皮膚や皮下組織(深達度:皮下1~2cm)の温度上昇をもたらすことが報告されており¹⁴⁾、本研究においても同様の効果が示されたものと考えた。

2. 温熱刺激が感覚感度に及ぼす影響

温熱刺激後の表在感覚閾値は、電気あんか条件において、母指球部の反応が他の条件・部位よりも有意に低下した。結合組織に含まれているコラーゲン線維は、加温することにより伸張性が高まる¹⁵⁾。つまり、電気あんかによる表在温上昇が皮膚や皮下組織の物性値を変化させ、接触による皮膚の歪みを大きくさせた可能性がある。それにより刺激を受けるレセプターが多くなったと考えた。さらに、母指球部が前腕部と比較して影響を受けやすかったのは母指球の方がレセプターの密度が高い¹⁶⁾ことが影響したものと考えた。

温熱刺激後の振動覚閾値は、前腕・母指球ともに減少傾向を示したが、両条件間に有意差はみられなかった。表在感覚と深部感覚のレセプターは、それぞれに異なる。もしかすると、この違いが、体温変動の影響の違いに反映したのかもしれない。

3. 作業療法への応用

本研究では、体温上昇によって感覚感度の向上がみられ、とくに表在温を上昇させたときの母指球部において触圧覚閾値の低下が大きくみられた。これらを臨床の現場で生かすならば、上肢の感覚機能障害に対するアプローチとして活用できるかもしれない。例えば、麻痺などにより感覚機能障害

を呈した患者に対して、感覚刺激を入れるプログラムを実施する前にホットパックで障害部位の表在温を上昇させておくことで、その後の感覚刺激が入力されやすくなり、作業療法をよりスムーズに行うことができるのではないかと考える。また、精神面においても障害前の感覚を獲得することでリハビリへの意欲が向上し、より良い生活を送ることにつながるのではないかと考えた。

【謝辞】

研究にご協力いただきました学生の皆様に心から感謝いたします。

【文献】

- 1) R. Letz et al: Covariates of human peripheral nerve function: I. Nerve conduction velocity and amplitude. *Neurotoxicol Teratol* 16(1):95-104, 1994
- 2) 村上賢一ほか: 筋線維伝導速度と筋張力発揮の動特性との関係. *東北理学療法学* 22:20-25, 2010
- 3) 大貫宏一郎: 無刺激性カプサイシン類似構造物質カプシエイトの生理作用に関する研究. 京都大学, 2002
- 4) 古後晴基, 村田 伸, 村田 潤, 仲村匡平: ホットパックの乾熱法と湿熱法の違いが筋硬度に及ぼす効果. *理学療法科学* 25(4): 633, 2010
- 5) 細田多穂ほか: 物理療法学テキスト, 南江堂, 33-41, 2008
- 6) 中根亮ほか: 体性感覚に関する実習. *東京医療学院大学紀要*, 3:1-10, 2014