

## 原著

## 長指伸筋に対する筋肉パルスが末梢循環に及ぼす影響

徳竹忠司、今嶋善幸、小沢薫、鈴木敏弘  
渡辺淳、遠矢久仁子、古瀬暢達  
筑波大学理療科教員養成施設

## 要旨

【目的】本研究は、長指伸筋に対する筋肉パルスが、刺激筋相当部位の温度と末端の温度にどのような影響を与えるかを観察する事を目的とした。【方法】研究の説明に同意を得られた健康成人16名（男性16名。年齢 $28.4 \pm 9.6$ 歳）を対象とし、クロスオーバーデザインにて右下腿長指伸筋に1 Hz、20分間の介入を行う実験と無刺激のコントロール実験を行った。測定項目は左右の長指伸筋相当部深部温度（熱流補償法に基づく）・足背・足底（皮膚温）及び体温変動の指標としての前額部中央深部温度を介入前と介入後に記録し、各実験データの正規性を確認後、対応のある t 検定にて前後差比較を行った。実験環境は室温 $26.0 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50.0 \pm 3.0\%$ の恒温恒湿室で行った。【結果】体温変動の指標とした前額部深部温度は通電実験・コントロール実験ともに前後差に有意な差は認められなかった。長指伸筋相当部位の深部温度は、通電実験では通電側において介入前 $35.57 \pm 0.47^{\circ}\text{C}$ 、介入後 $35.85 \pm 0.46^{\circ}\text{C}$ で変化量は $0.28 \pm 0.37^{\circ}\text{C}$ であり、測定値の前後差に統計上の有意差が認められた ( $p=0.004$ )。このデータ以外に前後差に有意差があった項目はなかった。足背・足底の皮膚温度は通電前後を比較すると通電後低下する例が多かった。【考察】筋肉パルスによる筋内循環の促進に関する研究はいくつかあるが、作用機転としては筋ポンプ作用による循環促進としている。本実験でも同様の機転で長指伸筋相当部の深部温度の上昇が起こったものとする。また、足背・足底の温度低下については通電実験によく現れていることから、通電刺激が下肢末端の血管収縮を引き起こしたものとする。【結論】長指伸筋に対し1 Hzの通電実験を行ったところ、腓腹筋での研究と同様に通電相当部位の深部温度上昇と末端の温度低下が観察された。

キーワード 鍼通電療法、長指伸筋、筋肉パルス、末梢循環

## I. 緒言

鍼通電療法は、1970年頃より侵害受容性疼痛に対する鎮痛効果の注目から研究が始められた<sup>1)</sup>。その後の基礎的・臨床的な研究では、鎮痛効果以外にも末梢循環の促進あるいは自律神経反応を介した内科系愁訴の改善な

どの効果も認められている<sup>2~7)</sup>。

鍼灸の臨床現場で遭遇する愁訴は、筋骨格系に関連したものが多。中でも骨格筋に責任病態が存在する肩こり・腰痛・背部痛などの日常生活でおこる筋肉疲労による愁訴が多い。これらの症状に鍼通電療法が有効である理由としては、鎮痛作用以外に筋内循環の促

進による筋疲労の改善が考えられる<sup>8, 9)</sup>。

現在、鍼灸臨床で広く使われている鍼通電療法は、刺激の考え方として組織選択性を重視しており、対象とする組織は骨格筋・体性神経・関節部・自律神経などである。経穴を刺激対象部位とした末梢循環に関する研究もみられるが<sup>10~14)</sup> 医学的な病態把握に基づいて実施される鍼通電療法では、組織選択性を優先する必要があると考える。

私たちは、筋疲労などを起こしている骨格筋に対し、鍼通電療法を実施する場合の手技を「筋肉パルス（筋パルス）」と呼称しており、刺鍼部位は経穴にこだわらずに、施術対象と決めた骨格筋に最もよく収縮を起こさせる部位と深さを選択している。筋肉パルスの筋内循環促進作用についての研究<sup>5~7, 16, 17)</sup>では、その機序を筋ポンプ作用<sup>15)</sup>にあるとしている。

鍼通電刺激の僧帽筋血流量を99mTcO<sub>4</sub>-クリアランス法を用いて観察した研究では、熱流補償法を用いて深部の温度を推測する深部体温計や近赤外線分光法を用いた研究結果と同様に、刺激側のみに血液循環の促進が観察されたと報告し、その機序も従来通りの筋ポンプ作用によるとしている<sup>7)</sup>。

私たちが過去に行った腓腹筋を対象とした研究では、通電側の腓腹筋部深部温の上昇はみられるものの、刺激側及び反対側の足底部皮膚温は低下傾向を示した。その低下の理由としては、通電による交感神経機能亢進が足底の動静脈吻合部などの血管収縮を促したのではないかと考えている。

筋パルスが、対象とした骨格筋内の循環を促進することは先行研究で報告されているが、通電部より末端で循環の抑制が起こる場合は、臨床応用の範囲が限られてくることになる。

本研究は、長指伸筋の鍼通電刺激が、腓腹筋鍼通電実験と同様に刺激筋相当部位の温度上昇と末端の温度低下を示すか検討すること

を目的とした。

## II. 方法

### 1. 実験期間

2006年5月～6月

### 2. 実験場所

恒温恒湿室（株式会社アイハラ製）

### 3. 実験対象

ヘルシンキ宣言を遵守し、本実験の内容を文章と口頭による説明に対し、研究協力の同意が得られた健康成人16名（男性16名。年齢28.4±9.6歳）とした。

### 4. 除外基準

- ・自律神経系の疾患及び症状のある者。
- ・自律神経に作用する薬剤を使用中の者。
- ・皮膚の過敏やアレルギーのある者。
- ・実験当日に体調不良を訴えた者。

### 5. 使用器具

- 1) サーモグラフィ（富士通特機システム株式会社製 INFRA-EYE2000 GA08B-1013-A001)
- 2) 体温測定器（テルモ社製）
  - (1) 温度表示器（コアテンプ CM-210、CTM-205)
  - (2) プローブ（熱流補償型深部温プローブ=PD-3、表面温プローブ=PD-K161)
- 3) デジタル自動血圧計（オムロン社製 HEM-609)
- 4) 低周波鍼通電装置（鈴木医療器製 パルスジェネレータ PG-306)
- 5) ディスポーザブル鍼 50mm 18号（セイリン社製）

### 6. 実験方法

クロスオーバーデザインにより、研究協力者16名を通電先行グループAと無刺激先行グループBの2グループに分け実施した。

グループ分けについては研究協力者の初回実験時に、予め準備した「A」「B」の記載のあるくじを引くことで行った。

また、データ記録者のバイアスを除外する

ために、測定機器の読み取り部分と研究協力者の距離を離し、介入実験かコントロール実験であるかが分からないようにした。

## 7. 介入方法

- 1) 通電対象筋：右足の長指伸筋
- 2) 刺鍼部位：感導子は下腿上1/3と中1/3の接点付近で、前脛骨筋と腓骨筋の中間、不感導子は感導子の下方3cm
- 3) 刺鍼深度：下腿骨間膜方向へ直刺で約20mm
- 4) 周波数および通電時間：1Hz、20分間
- 5) 通電条件：長指伸筋の収縮により第2-5指の伸展運動が確認でき、被験者が不快感を訴えず、最大の筋収縮が得られる程度とした。また、足関節前面において前脛骨筋・長母指伸筋の腱を触知し両筋の収縮がないこともあわせて確認した。
- 6) 被験者の肢位：仰臥位とし、実験中は安静を保ち不必要な体動は避けるよう指示し、服装はTシャツ・短パンとした。

## 8. 測定項目・部位

- 1) 深部温（本装置の原理は1971年に考案された熱流保障法に基づき体表に対し深部の温度を推測しているものであり、実測値ではない<sup>18)</sup>。しかし体表温度よりも所謂体温に近い値を安定して計測できることから、測定部位深部の温度は反映できていると考え、温度変化の要因の一つである血液による熱の運搬作用から、局所循環を反映している値として扱う。）

深部温は以下の2箇所を測定部位とした。

- (1) 長指伸筋の筋腹相当部：長指伸筋内の循環動態を観察するために、刺鍼した2点間の中央に深部温プローブPD-3をテーピング用テープにて固定して計測を行った。
  - (2) 前額部中央：前額部で記録される深部温は、肺動脈血温度と相関が高いことから、体温変動の指標として用いる<sup>19)</sup>。
- 2) 足部表面温（皮膚循環動態の指標とし、

刺激側および非刺激側の両側を測定)

- (1) 足背部（中足骨底部）：サーモグラフィ（エリア設定）により測定。測定部位とサーモカメラの距離は70cmとした。
- (2) 足底部（土踏まず中央部）：表面温プローブにて測定した。
- 3) 血圧（デジタル自動血圧計により測定）  
右手関節部：通電刺激による変化が全身性反応であるかの指標の一つとした。

## 9. 実験手順

- 1) 介入実験
  - (1) 研究協力者を仰臥位にて測定器具を装着し、実験環境の設定後、安静を指示した。
  - (2) 安静開始後から各部温度を観察し、安静時の変動の確認した。
  - (3) 安静20分 血圧測定した。
  - (4) 血圧測定後、各部温度が安定していることを確認、介入前値を記録した。
  - (5) 介入前値記録後、鍼刺入および20分間の通電を行った。
  - (6) 通電20分後に血圧および各部温度を記録後、通電を終了し抜鍼をして実験終了とした。
- 2) コントロール実験  
刺鍼と通電を行わないこと以外は、介入実験と同様の手順で行った。
- 3) 実験終了後、実験の感想や被験者の体調など簡単な問診を行った。
- 4) 介入実験とコントロール実験は最低でも3日間以上の間隔をあけて実施した。

## Ⅲ. 統計処理

実験データの統計処理については、4 Step エクセル統計 改訂第4版（オーエムエス出版）付属ソフトStatcel4を使用した。

今回の研究は、各記録値、特に長指伸筋筋腹相当部のみに前後差があるか及び、足背・足底の温度の低下が見られるかに注目して検討することが目的であるため、記録した温

度データは介入実験の介入前後、コントロール実験の介入相当時間前後をそれぞれ左右の長指伸筋筋腹相当部・足背・足底と前額部の合計14グループをそれぞれ正規性の検定を実施し、正規性のあるデータについては対応のある t 検定を行い、正規性のないものについてはWilcoxonの符号付順位検定を行った。

血圧についても収縮期・拡張期それぞれについて上述と同様の検定を行った。

全ての水準は5%以下とした。

#### IV. 結果 (表1・表2)

##### 1. 実験環境

室温26.0℃・湿度50.0%に設定した恒温恒湿室の温度・湿度は、全実験をとおして、

室温26.0±0.6℃、湿度50.0±3.0%であった。

##### 2. 前額部深部温 (単位:℃)

通電実験では介入前36.61±0.28、介入後36.54±0.26で変化量は-0.07±0.09であり、温度変化の方向は上昇2例・下降10例・不変4例であった。コントロール実験では介入前36.57±0.38、介入後36.44±0.33で変化量は-0.13±0.14であり、温度変化の方向は上昇1例・下降11例・不変4例であった。温度測定値の前後差に統計上の有意差は認められなかった。

##### 3. 長指伸筋筋腹相当部深部温 (単位:℃)

通電実験では、通電側(右)において介入前35.57±0.47、介入後35.85±0.46で変

表1 各測定値の前後差比較 (n=16) \* : p<0.05

通電実験		通電前 (a)	通電20分 (b)	Δ (b-a)	% (b-a)/a*100	
	前額部	36.61±0.28	36.54±0.26	-0.07±0.09	-0.19±0.26	
右側	長指伸筋部	35.57±0.47	35.85±0.46	0.28±0.37	0.80±1.03	*
	足背部	33.56±1.05	33.14±1.09	-0.42±0.42	-1.30±1.28	
	足底部	31.69±1.26	31.37±1.17	-0.33±0.43	-1.03±1.41	
左側	長指伸筋部	35.67±0.51	35.46±0.58	-0.21±0.18	-0.60±0.52	
	足背部	33.36±1.46	33.14±1.16	-0.22±0.54	-0.64±1.70	
	足底部	32.06±1.54	31.65±1.41	-0.41±0.38	-1.27±1.25	
血圧	収縮期	123.8±11.5	120.2±7.7	-3.7±14.8		
	拡張期	76.4±10.9	73.3±7.5	-3.2±15.2		
コントロール		通電前 (a)	通電20分 (b)	Δ (b-a)	% (b-a)/a*100	
	前額部	36.57±0.38	36.44±0.33	-0.13±0.14	-0.36±0.38	
右側	長指伸筋部	35.78±0.52	35.60±0.53	-0.18±0.23	-0.49±0.66	
	足背部	33.72±0.87	33.72±0.80	0±0.41	0±1.24	
	足底部	32.61±1.11	32.49±0.92	-0.12±0.55	-0.36±1.71	
左側	長指伸筋部	35.88±0.53	35.68±0.57	-0.20±0.25	-0.57±0.71	
	足背部	33.71±0.70	33.74±0.66	0.03±0.41	0.09±1.23	
	足底部	32.85±1.12	32.78±0.88	-0.07±0.53	-0.22±1.66	
血圧	収縮期	117.1±7.6	125.3±12.1	8.1±14.4		
	拡張期	71.2±6.9	76.9±12.8	5.8±14.0		

対応のある t 検定の結果、介入側の長指伸筋筋腹相当部にのみ前後差に有意差が見られた。

表2 各温度測定値の変化と人数 (n=16)

通電実験		上昇	不変	下降
	前額部	2	4	10
右側	長指伸筋部	12	2	2
	足背部	1	1	14
	足底部	4	0	12
左側	長指伸筋部	1	3	12
	足背部	2	2	12
	足底部	2	0	14
コントロール実験		上昇	不変	下降
	前額部	1	4	11
右側	長指伸筋部	4	1	11
	足背部	7	0	9
	足底部	5	1	10
左側	長指伸筋部	2	4	10
	足背部	7	2	7
	足底部	6	0	10

化量は $0.28 \pm 0.37$ であり、温度変化の方向は上昇12例・下降2例・不変2例であった。温度測定値の前後差に有意差が認められた( $p=0.004$ )。

また、非通電側(左)では介入前 $35.67 \pm 0.51$ 、介入後で $35.46 \pm 0.58$ 変化量は $-0.21 \pm 0.18$ であり、温度変化の方向は上昇1例・下降12例・不変3例であった。温度測定値の前後差に有意差は認められなかった。

コントロール実験では、右の変化量は $-0.18 \pm 0.23$ 、左の変化量は $-0.20 \pm 0.25$ であり、いずれも測定値において前後差に有意差は認められなかった。

#### 4. 皮膚温 (単位: °C)

通電実験では、足背・足底ともに通電側・非通電側に温度低下が見られたが、前後差に有意な差は認められなかった。

コントロール実験では通電実験に比べると変化量が少ない傾向にあるが、通電側・非通電側ともに低下傾向に有り、測定値の前後差には有意な差は見られなかった。

#### 5. 血圧 (単位: mmHg)

通電実験・コントロール実験ともに前後差に有意な差は認められなかった。

### V. 考察

長指伸筋への筋肉パルスによる末梢循環の変化を観察する目的で実験を行った。腓腹筋への筋肉パルスによる末梢循環の先行研究では、通電側の腓腹筋相当部の深部体温は上昇したが、末端の足底の温度は低下していた<sup>5, 16)</sup>。長指伸筋の通電筋も同様の反応が見られるか検討したが、概ね腓腹筋を対象とした実験と同様の結果となった。

まず、体温変動の指標とした前額部深部体温は、通電実験・コントロール実験ともに前後差に有意な差がみられなかったことから、体温変動は、両実験に差はなかったと考える。前額部の深部温について辻ら<sup>19)</sup>は外気温による変動への影響はほとんどないと報告しており、実験を行った恒温恒湿室の環境も大きな乱れは起こしていない。さらに保浦ら<sup>20)</sup>によると、この部の深部温は身体全体の平均温度であり、体温の基準に適する肺動脈血温と最も相関することが報告されている。つまり、前額部深部温に差がなかったことは、体温の変化を反映する中核温変動にも差がなかったことを意味し、末端の変化は局所性の反応の結果として取り扱うことができるものと考えられる。

この局所性の反応については、血圧にも通電実験・コントロール実験において前後差に有意差がなかったことも、血圧依存性の全身反応ではないことを示していると考えられる。

通電局所である長指伸筋相当部以外の足背・足底部では、通電実験において、両部位とも通電側・非通電側において低下した。

Hagbarthら<sup>21, 22)</sup>、Deliussら<sup>23, 24)</sup>は、ヒト交感神経に関する一連の研究の中で、交感神経活動を定性的に観察し、筋収縮に伴い筋交感神経活動が高まることを交感神経活動の

直接記録から明らかにした。また、足底には交感神経性血管収縮線維が密に分布している動静脈吻合が存在し、温度調節に関与している。従って、足底部の温度低下に関しては、長指伸筋に対する低周波鍼通電刺激により、少なくとも足部及び動静脈吻合に分布する交感神経を介して通電中に血管収縮を引き起こし、温度の下降を招いたものと考えられる。

このことは表2より通電実験の足背・足底の温度変化の方向性が下降方向に多くあるのに対し、コントロール実験では下降する者はいないが通電実験のごとく一定の方向性を示していないことから、通電の影響が末端の温

度変化に影響していることが分かる。

今後は、刺激筋のみではなく、末端の循環促進が可能となる通電方法の検討を行う必要があると考える。

## VI. まとめ

長指伸筋への鍼通電刺激が、刺激当該筋の深部温度及び末端の皮膚温に及ぼす影響を観察する目的で、健康成人16名を対象に実験を行った結果、先行研究で行った腓腹筋を対象とした研究と同様に刺激筋相当部のみ温度上昇がおり、それより末端は温度低下を示した。

## VII. 文献

- 1) 吉川恵士：鍼麻酔から低周波鍼通電療法まで。日本温泉気候物理医学雑誌, 57(2)；51-66, 1994.
- 2) 吉川恵士, 西條一止：気管支喘息に対する鍼治療の臨床研究。筑波大学心身障害学研究, 4(2)；85-97, 1980.
- 3) 吉川恵士, 西條一止, 矢澤一博ほか：鍼治療による反復性扁桃炎の予防に関する臨床的研究(第一報)。全日本鍼灸学会雑誌, 31(4)；372-380, 1982.
- 4) 吉川恵士, 西條一止, 矢澤一博ほか：鍼治療による反復性扁桃炎の予防に関する臨床的研究—3—。全日本鍼灸学会雑誌, 34(1)；15-22, 1984.
- 5) 徳竹忠司, 吉川恵士, 中野秀樹：低周波鍼通電刺激が末梢循環に及ぼす影響。日本生体電気刺激研究会誌, 11；43-48, 1997.
- 6) 坂井友実, 安野富美子, 田和宗徳, 矢野忠：低周波鍼通電療法の臨床的研究—筋刺激(筋パルス)と神経刺激(神経パルス)の検討—。日本温泉気候物理医学雑誌, 67(2)；87-108, 2004.
- 7) 菊池友和, 瀬戸幹人, 山口智ほか：鍼通電刺激が僧帽筋血流量に及ぼす影響—99mTcO<sub>4</sub>-クリアランス法による検討—。日本東洋医学雑誌, 61(6)；834-839, 2010.
- 8) 徳竹忠司：腓腹筋痙攣に対する低周波鍼通電療法の効果。現代鍼灸学, 3(1)；29-31, 2003.
- 9) Shuji Suzuki, Shigeru Ichioka, Hiroshi Omata, et al: Effects of Acupuncture on Lower Limb Ischemia. 埼玉医科大学雑誌, 36(1)；1-9, 2009.
- 10) 奥村元一, 田川豊彦, 高橋竜介ほか：鍼通電刺激が下肢末梢皮膚温に及ぼす影響—太谿穴・足三里穴・三陰交穴の3穴間の比較—。東洋療法学校協会雑誌, 16；16-21, 1992.
- 11) 糟谷俊彦：天柱穴への刺鍼による肩上部付近のサーモグラフィー及びフリッカー値の変化について。東洋療法学校協会雑誌, 13；85-98, 1989.
- 12) 松本勅, 他：次髎穴刺激の下肢血液循環に及ぼす影響。全日本鍼灸学会雑誌, 31(2)；

- 163-169, 1981.
- 13) 稲田陽治：頭頂中心部(百会穴)ハリ低周波通電刺激による体温変化. 東洋医学とペインクリニック, 13(3); 110-113, 1983.
  - 14) 佐伯正史, 横山茂彦, 迫田信雄ほか：合谷穴刺鍼の皮膚温に及ぼす影響 第1報. 日鍼灸誌, 25(2); 30-34, 1976.
  - 15) 西保岳, 池上晴夫：筋ポンプが血液循環動態に及ぼす影響. 体力科学, 34; 167-175, 1985.
  - 16) 徳竹忠司：末梢循環に及ぼす鍼通電療法の影響—異なる筋収縮様式による検討. 日本東洋医学系物理療法学会雑誌, 40(2); 81-86, 2015.
  - 17) 徳竹忠司, 溝淵基嘉, 各務友也ほか：低周波鍼通電刺激が腓腹筋部深部温度に及ぼす影響—筋収縮の大きさの違いによる検討. 筑波大学理療科教員養成施設紀要, 1; 5-10, 2015.
  - 18) 山崎とよ：深部体温計による身体各部深部温の連続監視法とその臨床的評価：臨床編. 東京女子医科大学雑誌, 51(10); 1441-1445, 1981.
  - 19) 辻 隆之：身体各部の深部温とその特徴. 自律神経, 13(4); 220-225, 1976.
  - 20) 保浦賢三：深部体温の生理学的意義. 医学のあゆみ, 103(11); 800-801, 1977.
  - 21) Hagbarth, K-E.: General characteristics of sympathetic activity in human skin nerves. Acta Physiol.Scand, 85; 164-176, 1972.
  - 22) Hagbarth, K-E.: Pulse and respiratory grouping of sympathetic impulses in human muscle nerves. Acta Physiol.Scand, 74; 96-108, 1968.
  - 23) Delius, W.: General characteristics of sympathetic activity in human muscle nerve. Acta Physiol.Scand, 84; 65-81, 1972.
  - 24) Delius, W.: Manoeuvres affecting sympathetic outflow in human muscle nerve. Acta Physiol.Scand, 84; 82-94, 1972.