

生体光計測による手技療法施術効果の客観的評価技術の開発

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-09-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松田, 康宏 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/22631

2022年度 理工学研究科

博士学位請求論文（要旨）

生体光計測による手技療法施術効果の客観的評価技術の開発

電気工学専攻

松田 康宏

1 問題意識と目的

手技療法は主に医療分野やスポーツ分野などにおいて、身体の筋骨格系の運動器に対して、術者の手によって徒手的に揉む、押す、擦る、叩くなどを行う治療法である。近年のコロナウイルスの流行によるライフスタイルの変化は、パソコンや携帯電話などの使い過ぎによる筋への過度の緊張、痛み、不快感を覚える人の増加を引き起こし、手技療法の需要が急速に高まっている。この背景として、手技療法が薬物によらない非侵襲的な治療法であり、筋の柔軟性の向上や疼痛の緩和、血流促進による組織修復の促進、老廃物の除去など費用対効果の高い治療法として認識されているという現状がある。しかし実際の臨床現場においては、手技療法を施した直後の患部の疼痛の評価は、患者や術者の主観情報に委ねられているため客観性に乏しく、言語による意思疎通のとれない患者に対しては評価が困難である。また、手技療法による施術筋の筋血流の変化をベッドサイドで直接評価できる方法や機器がこれまで存在しなかったことから、施術により実際に筋血流が促進するのかどうかの検証研究も非常に少ない。従って、手技療法の臨床的な視点から見た科学的根拠は、他の医療分野の研究と比較して非常に乏しいものとなっている。以上のことから本論文では、手技療法の効果である疼痛感の緩和と筋血流の促進について、2つの生体光計測技術を用いて客観的に評価するシステムの開発を目的とした。具体的には、近赤外線分光法 (functional Near-InfraRed Spectroscopy : fNIRS) を用いた脳機能計測により疼痛誘発動作に伴う中枢の疼痛感覚の評価を、拡散相関分光法 (diffuse correlation spectroscopy : DCS) を用いた骨格筋血流計測により施術に伴う末梢循環動態の変化を定量的に評価する。本論文はこれらの生体光計測技術を活用して手技療法の効果を臨床応用するためのシステムを構築することを目的とした。

2 構成及び各章の要約

本論文は全5章から構成され、以下に各章の概要を述べる。

第1章では、手技療法の概要と研究背景、疼痛感覚と脳活動との関係、手技療法による血流変化に関する研究の現状について述べている。手技療法の効果を客観的に評価するための2つの生体光計測技術 fNIRS, DCS の計測原理を概説し、これらの光計測技術を用いて手技療法の臨床効果を評価するシステムを構築するための方法を提案した。

手技療法の歴史は古く、現在においても世界的に医療やスポーツ、リラクゼーションなどに適用されている。それは、手技療法は、薬物によらない非侵襲的な治療法であり、筋の柔軟性の向上や疼痛の緩和、血流促進による組織修復の促進、老廃物の除去など費用対効果の高い治療法として認識されているからである。しかし、実際の臨床現場においては、手技療法を施したことによる疼痛緩和に関する評価は、一般的に身体関節の関節可動域の計測や口頭あるいは器具を用いた主観的疼痛感の組み合わせにより評価されている。本研究では、客観的・定量的な痛み感覚の評価法として、fNIRSにより計測される脳活動を用いる方法を提

案する。痛み感覚が脳皮質の前頭前野領域の活動を増加させる特徴を利用し、柔道整復師が行う手技療法の施術前後において、疼痛を誘発する動作を行った際の前頭前野の疼痛関連脳活動を計測して主観的疼痛感と前頭前野脳活動との相関を検討する研究の着想に至った。一方、手技療法のもう一つの効果である筋血流促進効果に関しては、ベッドサイドで非侵襲的に筋血流の変化を評価する手法が無かったことから、一貫した結果が得られていない。そこで、可搬性に優れベッドサイドでの使用が可能な新しい光計測技術である DCS を用いて手技療法を行った施術筋の筋血流計測について検討することとした。

第 2 章では、脳活動計測による手技療法前後での客観的な疼痛評価の可能性について述べている。急性疼痛発生モデルとして、背臥位の姿勢で下肢を上方に挙上し、大腿部の後部の筋を伸張させた際に発生する筋の伸張痛と手技療法によるその緩和を用い、主観的な疼痛評価と脳活動との関係性を調査した。痛み感覚と脳活動は、脳の前頭前野領域の多くの領域が痛み刺激に活動し、特にブロードマン脳領域における前頭極の第 10 野の活動が関与しているとされる。fNIRS を用いて前頭前野領域の脳活動計測を行い、主観的な疼痛感強度と前頭前野の脳活動強度との関係性が確認されれば、fNIRS 計測による疼痛感の可視化が可能となる。そこで、柔道整復師が行う手技療法の施術前後の前頭前野領域の脳活動を、ベッドサイドで使用できる小型の fNIRS 装置を用いて評価するという脳機能計測実験の着想に至った。健常若年成人 27 名を対象とした実験を行い、主観的疼痛感が高値を示した際には右前頭前野領域の活動が増加し、主観的疼痛感が低値を示した際には同領域の活動が減少するという結果を得た。また、日常経験しうる主観的疼痛感の範囲においては、主観的疼痛感と右前頭前野領域の脳活動との間に相関関係を認めた。手技療法を施した前後で、主観的疼痛感と脳活動が低下したことから、手技療法の効果をベッドサイドで客観的に評価するための本提案手法の有効性が示された。

第 3 章では、手技療法に期待されている効果の 1 つである筋の血流促進効果について、肩こりの原因筋として多く認知されている僧帽筋に手技療法を行い、手技療法前後の僧帽筋の筋血流の変化や全身循環の変化を計測し、手技療法による血流変化の検証を行った結果について述べている。従来の組織血流の計測法は熱希釈法やキセノンクリアランス法、ポジトロン CT など、いくつかの手法を使用して計測されてきた。しかしこれらの侵襲的、半侵襲的な手法は、怪我の治療に訪れた患者や高齢者には適切ではない。また、筋の血流を低侵襲あるいは非侵襲的に測定できる灌流 MRI 技術は、拘束性が強く機器が大型であるため、ベッドサイドで手技療法前後の血流変化を計測するには不向きである。また、非侵襲的な計測法である超音波ドップラー法は、大動脈から四肢の筋へ分岐していく途中の導管血管の総血流量を検出するため、筋組織において局所的に生じる微小循環の変化は捉えることが極めて難しい。以上のことから、手技療法に期待されている筋血流の促進の有無に関する知見は一貫していない。手技療法の血流促進効果を定量的に評価する目的で施術前後の血流の変化を計測するためには、非侵襲的計測かつベッドサイドでの使用が可能であり、拘束性が低くなければならない。従来の血流計測法はこれらの必要条件を満たしておらず、このことが手技療法のエビデンスの構築が停滞する要因であったといえる。そこで、上記の条件を満たす新しい光計測技術である DCS に着目し、手技療法を施した右僧帽筋の筋血流の変化を計測し、それを評価する検証実験を行った。健常成人 30 名に対し右僧帽筋に 5 分間の手技療法を行った結果、手技療法を施した条件では、被験者平均で僧帽筋血流が約 40%増加した。この結果は、手技療法による筋血流の促進効果が証明されたことを示している。また、被験者を筋緊張がある群と筋緊張が無い群に分け、筋緊張がある群においては、被験者平均で約 64%の血流増加を認めた。これは、何らかの原因で筋緊張を有する症状の出現があった場合、目的筋へ手技療法を適用することにより、その筋の血流促進効果を期待できることを示唆している。これらの結果は、今まで一貫した研究報告が無かった手技療法による筋血流の促進効果を、DCS を用いた筋血流の直接的な計測により明らかにした重要な成果となった。

第 4 章では、手技療法の疼痛緩和効果を脳活動計測により評価した第 2 章の研究手法と筋血流改善変化を DCS により評価した第 3 章の研究手法を同時に適用し、中枢の疼痛反応と末梢の血流促進効果の両方から手技療法の効果を客観的に評価するためのシステムを構築し検証を行った結果について述べている。第 2 章で用いた下肢挙上による急性疼痛発生モデルとその手技療法による緩和を計測対象とし、前頭前野の fNIRS

計測による疼痛感の評価に加え、手技療法の施術筋である大腿部後面の筋血流の変化を DCS で評価した。手技療法前後で右前頭前野領域の活動の減少と主観的疼痛感が減少した。さらに主観的疼痛感と脳活動との関係性では、右前頭前野活動と主観的疼痛感が中等度の相関関係を呈したことから、主観的疼痛感を右前頭前野領域の脳活動から捉えることができる可能性を示した。また、本章では、第 3 章で筋血流計測に成功した僧帽筋以外の大腿部後面の筋血流計測を検証したが、5 分間の手技療法前後において大腿部後面の筋血流は被験者平均で約 50% の増加をみる結果となった。さらに、計測時間を短縮した場合においても精度よく筋血流の変化を捉えることができた。以上の結果より、fNIRS 計測から疼痛感の評価し、DCS 計測から施術筋血流の変化を評価することで、臨床現場のベッドサイドにおいて手技療法の効果を客観的に評価可能なシステムを構築できたといえる。

第 5 章では本研究で得られた検証結果を総括し、ベッドサイドで行われる手技療法の効果を、脳活動ならびに筋血流量という客観的な視点から評価する手段を開発した本研究の成果を述べている。fNIRS による脳活動計測では、疼痛誘発時に右前頭前野領域が活動し、Oxy-Hb 濃度が上昇する結果により、客観的に疼痛感の変化を捉えることに成功した。また、DCS による筋血流計測では、筋の種類によらず施術筋への血流促進効果を客観的に証明する結果が得られた。これらの研究成果は、手技療法を適用する医療分野や教育分野の発展に大きく寄与するものと考えている。