

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：32672

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19932

研究課題名（和文）光計測で構築する手技療法のエビデンス：脳・筋血流同時診断技術への挑戦

研究課題名（英文）Optical validation of manipulative therapy via simultaneous measurement of cortical and muscular hemodynamic activities

研究代表者

松田 康宏（MATSUDA, Yasuhiro）

日本体育大学・保健医療学部・助教

研究者番号：20760200

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：医療分野での手技療法の効果は術者と患者の主観的な評価に委ねられ、現状ではエビデンスに基づく手技療法の客観的な評価方法が確立されていない。本研究では、人体に無害な生体光計測の手法を手技療法分野へ応用し、手技療法の実施による疼痛関連脳活動の変化と、被験筋の血流変化を評価することを目的とした。下肢伸展拳上モデルを用いた実験結果から、筋伸展時の主観的疼痛感が手技療法により減少するとともに前頭前野領域の脳活動も低下し、手技療法を施した被験筋の筋血流が増加していることを示した。この結果は、手技療法の効果を科学的かつ客観的に評価できるシステム開発に向けての大きな一歩となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

徒手的な治療法である手技療法の効果を脳活動や筋血流から評価するためのシステムを開発した。近赤外分光法を用いて疼痛誘発時の脳活動を計測し、手技療法による疼痛感の緩和に伴って脳活動が減少することを示した。また被験筋の筋血流変化を拡散相関分光法により計測することに成功し、手技療法の筋血流増加効果を示すことができた。これらの結果は術者と患者の主観的な評価に委ねられている手技療法の効果を客観的に評価できる可能性を示すものであり、臨床や教育現場での活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：The effectiveness of manipulative therapy in the medical field depends on the subjective evaluation of the therapist and the patient. However, there is no evidence-based objective evaluation method for manipulative therapy. This study used a combined optical measurement of cortical activity and peripheral muscle blood flow to simultaneously evaluate changes in the prefrontal activity and the blood flow of the muscle subjected to manipulative therapy. The measurement was carried out with healthy participants with simulated muscle pain under the straight leg raising test. The manual therapy reduced the subjective pain, which was associated with reduced prefrontal activity and increased blood flow of the target muscle. This result is a major step to develop a system that can objectively evaluate the physiological effects of manipulative therapy.

研究分野：生体医工学

キーワード：手技療法 筋血流 光計測 生体医工学 脳活動

1. 研究開始当初の背景

現代社会での急速な IT 化により、肩こりや腰痛などの症状を訴える人が増加している。日常生活動作に支障を及ぼす程度の筋緊張症状が出現した場合の治療法は、鎮痛剤投与、各種電気療法を除けば、体操などの自己鍛錬や擦る、揉む、押す、叩くなどの手技療法が選択されている。中でも手技療法は、リハビリテーションや按摩マッサージなど様々な分野で適用されており、患者への治療用途のみならず、スポーツ選手のコンディショニング分野や災害後の避難生活に頻発するエコノミークラス症候群の予防医学分野にも適用されるなど、正に人の「手当て」となる極めて重要な治療法である。しかし現在、手技療法の治療効果は患者の主観による満足度に委ねられ、evidence based medicine (EBM)に基づいた評価方法が確立されていない。生理学的効果に基づく治療法の決定や手技療法の体系化・質の向上が、他の医療技術に比較して大幅に立ち遅れている。その理由は、身体の動きや形状変化を伴う手技療法の施行中・施行前後の疼痛感や末梢筋血流動態の変化を定量的に評価するための計測法が存在しなかったからである。

2. 研究の目的

手技療法は様々な医療機関で多用されているが、手技療法による疼痛感の評価、あるいは手技療法被験筋の血流動態の変化から手技療法の効果を科学的に追及した研究は極めて少ない。本研究は新しい生体光計測技術を用いて脳と末梢筋の血流動態を同時計測し、手技療法による情動(疼痛感)変化と被験筋の血流動態との「中枢-末梢連関」を明らかにする。そして、臨床での設置可能なサイズの中枢-末梢血流可視化システムを開発し、手技療法による疼痛感や末梢筋血流動態の変化を定量的に計測することで、手技療法の効果を科学的に基づいて提供できる治療評価システムの構築を目指す。

3. 研究の方法

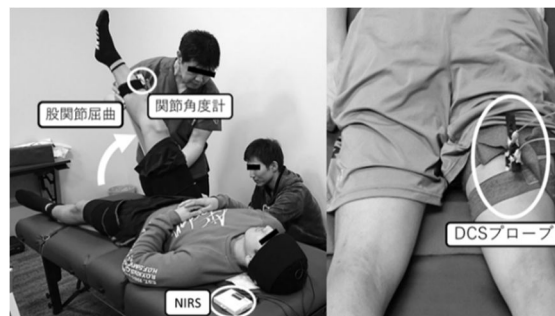


図1 股関節屈曲時のNIRS計測と関節角度計測,DCSプローブの装着の外観を示す。

本研究では健康者を対象とし、手技療法により身体疼痛感覚が変化するモデルとして下肢拳上試験モデルを用いた。被験者(21名)は背臥位で膝関節を伸展位に固定した状態から股関節を屈曲させた。下肢後部の筋に最大の痛みを感じるまで伸長し、その股関節屈曲角度を計測した(pre)。続いて下肢後部の手技療法を行い、その後、二回目の股関節屈曲角はpreと同等の角度まで股関節を屈曲した(post)。手技療法を行った条件と手技療法を行わない条件のpreとpost共に股関節を屈曲した際の主観的な疼痛感と脳活動を計測した。

本モデルでは、手技療法により筋の柔軟性が増加するため、下肢拳上時の痛み強度はpreよりもpostで減少することが期待される。実際に主観的な疼痛感をVisual Analog Scale(VAS)で取得して、下肢拳上時の痛み強度が有意に減少することを確認した。実験では、下肢拳上時の痛覚反応に対応する脳活動を機能的近赤外分光法(functional near infrared spectroscopy(fNIRS))により計測し、手技療法前後の被験筋の血流速度を拡散相関分光法(diffuse correlation spectroscopy(DCS))により計測した。fNIRS計測(図1左)には、フレキシブル形状の光プローブを備え、ベッドサイドでも使用できる小型装置を用い、関節可動域計測中の患者の前頭前野領域を計測対象とした。fNIRSは組織を通過した光の吸収率から組織の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度・脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)濃度変化を推定する間接的な血流動態の計測法である。被験筋の筋血流計測(図1右)に用いたDCSは、長コヒーレントの近赤外レーザー光(波長785nm)を組織表面から入射し、毛細血管中の赤血球による拡散を受けて再び体表面に戻ってきた赤血球の光子数の時系列変化から血流速度指標(blood flow index: BFI)を算定する方法である。皮下数cm程度の組織血流を非侵襲的に計測可能であるため、深部筋の血流を簡易かつ定量的に評価することに適している。筋血流計測を実施するにあたり人体の体表は平面ではなく、弾性形状をもつ筋は身体の部位により硬度が変化している。このため、プローブと皮膚とが密着する範囲を極限まで小型化し、計測中に外れないようなゴム製のフラットタ

タイプのDCS計測用プローブホルダーを開発し適用した。また、DCSは皮膚の血流動態も含んだプローブ間距離の約1/2の深さまでの血流動態が反映されることから、被験筋である大腿部後部中央部の皮膚から筋膜までの距離を超音波観察装置にて計測し、光の入射プローブと検出プローブ間の距離を3cmに統一した。手技療法を行った条件と手技療法を行わない安静条件での計測も行った。

4. 研究成果

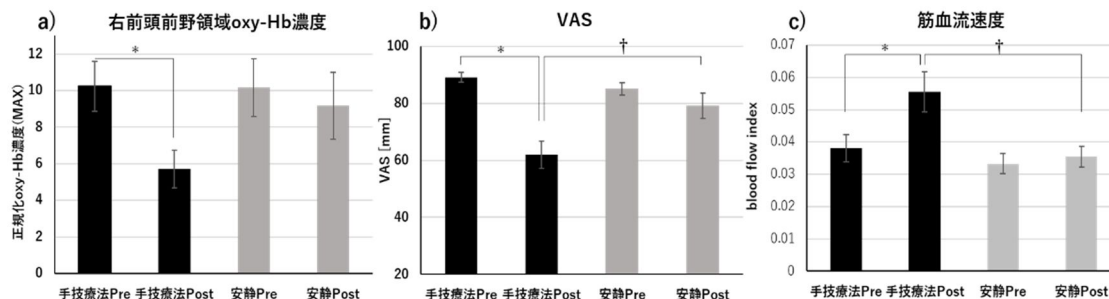


図2 手技療法前後における股関節屈曲時の右前頭前野領域 oxy-Hb 濃度と主観的疼痛感覚である VAS 値と安静時筋血流指標の比較(平均値 ± 標準誤差) . a) 手技療法前後での股関節屈曲時の右前頭前野領域 oxy-Hb 濃度の変化の結果 . b) 手技療法前後での股関節屈曲時の VAS 値の結果 . c) 手技療法前後での安静時筋血流速度の結果 . *は群内の有意差 (Pre と Post ; $p < 0.05$) , †は群間での有意差 (Post ; $p < 0.05$) を示す .

右前頭前野前頭極部の oxy-Hb 濃度の最大値(MAX)は、手技療法を行った条件のみ Pre に比べ Post で oxy-Hb 濃度の変化量が有意に減少し、手技療法を行わない安静条件では有意な減少を認めなかった(図 2 a) . また、主観的な疼痛感である VAS 値においても oxy-Hb 濃度の変化と同様な結果を示していた(図 2 b) . この結果から、身体の末梢部で受容した刺激が中枢部の脳で疼痛感として認知された結果、前頭前野領域の活動が増加して oxy-Hb 濃度の変化が上昇したと考えられた . DCS の筋血流計測では、手技療法を行った条件のみ手技療法の前後で安静時被験筋の筋血流は有意な増加を示し、手技療法を行わない安静条件では有意な増加を認めなかった(図 2 c) . これらの結果から fNIRS によって前頭前野領域の脳活動の変化から疼痛感を評価し、DCS によって手技療法を施した筋血流の変化を評価するそれぞれの計測法の融合により手技療法の効果を「中枢-末梢連関」から客観的に評価できる治療効果の評価システム構築への第一歩になったと考える . したがって、今まで術者と患者とがそれぞれ主観的に評価していた手技療法の効果を客観的に評価できる可能性を示すものであり、今後、臨床や教育現場でこの評価法を応用した活用が期待される .

これらの研究成果は、雑誌論文 11 件、学会抄録論文 2 件、学会発表(口頭 8 件、ポスター 5 件)として報告した .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sasaki Shotaro, Nakabayashi Mikie, Ono Yumie, Ichinose Masashi	4. 巻 43863
2. 論文標題 Optical evaluation of microvascular function at early and chronic stages of diabetes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11237, Biophotonics in Exercise Science, Sports Medicine, Health Monitoring Technologies, and Wearables	6. 最初と最後の頁 112370R
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1117/12.2545267	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 Nozaki Kanichiro, Nakabayashi Mikie, Ichinose Masashi, Ono Yumie	4. 巻 43863
2. 論文標題 Real-time detection of fatigue effect on active muscle hemodynamics using diffuse correlation spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11237, Biophotonics in Exercise Science, Sports Medicine, Health Monitoring Technologies, and Wearables	6. 最初と最後の頁 112370N
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1117/12.2542876	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 Ichinose Masashi, Nakabayashi Mikie, Ono Yumie	4. 巻 7
2. 論文標題 Difference in the integrated effects of sympathetic vasoconstriction and local vasodilation in human skeletal muscle and skin microvasculature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e14070 ~ e14070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.14814/phy2.14070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanabe Jun, Ogura Yuji, Nakabayashi Mikie, Nagai Yoshio, Watanabe Shiika, Sugaya Takeshi, Ohata Keiichi, Ichikawa Daisuke, Inoue Kazuho, Hoshino Seiko, Kimura Kenjiro, Shibagaki Yugo, Ono Yumie, Kamijo-Ikemori Atsuko	4. 巻 44
2. 論文標題 The Possibility of Urinary Liver-Type Fatty Acid-Binding Protein as a Biomarker of Renal Hypoxia in Spontaneously Diabetic Torii Fatty Rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Kidney and Blood Pressure Research	6. 最初と最後の頁 1476 ~ 1492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1159/000503926	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松田康宏, 中林実輝絵, 宮本彩華, 小野弓絵	4. 巻 48
2. 論文標題 手技療法による骨格筋血流変化の定量評価: 拡散相関分光法による検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本体育大学紀要	6. 最初と最後の頁 81-87
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Ichinose, M. Nakabayashi, Y. Ono	4. 巻 315(2)
2. 論文標題 Sympathoexcitation constrains vasodilation in the human skeletal muscle microvasculature during post-occlusive reactive hyperemia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology	6. 最初と最後の頁 H242-H253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpheart.00010.2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松田康宏, 小野弓絵	4. 巻 62
2. 論文標題 非侵襲生体信号の処理と解析 - V - NIRS 信号の処理と解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 システム制御情報学会	6. 最初と最後の頁 435-440
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 Y. Ono, K. Esaki, Y. Takahashi, M. Nakabayashi, M. Ichinose, K. J. Lee	4. 巻 9(9)
2. 論文標題 Muscular blood flow responses as an early predictor of the severity of diabetic neuropathy at a later stage in streptozotocin-induced type I diabetic rats: a diffuse correlation spectroscopy study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomedical Optics Express	6. 最初と最後の頁 4539-4551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/BOE.9.004539	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakabayashi Mikie, Ono Yumie, Ichinose Masashi	4. 巻 10486
2. 論文標題 Evaluation of blood flow in human exercising muscle by diffuse correlation spectroscopy: a phantom model study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 10486, Optical Tomography and Spectroscopy of Tissue XII	6. 最初と最後の頁 1048609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1117/12.2288044	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 松田康宏, 小野弓絵	4. 巻 87
2. 論文標題 脳機能イメージング法からみた身体と情動のクロストーク	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 神経内科	6. 最初と最後の頁 84 ~ 89
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 Nakabayashi Mikie, Ono Yumie	4. 巻 6
2. 論文標題 Detection of Blood Flow Speed in Shallow and Deep Tissues Using Diffuse Correlation Spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 53 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.14326/abe.6.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 S Sasaki, M Nakabayashi, Y Ono, M Ichinose
2. 発表標題 Optical evaluation of microvascular function at early and chronic stages of diabetes
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K Nozaki, M Nakabayashi, M Ichinose, Y Ono
2. 発表標題 Real-time detection of fatigue effect on active muscle hemodynamics using diffuse correlation spectroscopy
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M Ichinose, M Nakabayashi, Y Ono
2. 発表標題 Integrated Effects of Sympathetic Vasoconstriction and Local Vasodilation in Human Skeletal Muscle and Skin Microvasculature
3. 学会等名 American College of Sports Medicine (ACSM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野弓絵, 中林実輝絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による血流の可視化と医工学応用
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会 第39回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中林実輝絵, 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた 脳・生体組織血流の非侵襲計測と応用
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木 翔太郎、中林 実輝絵、野崎 寛一郎、一之瀬 真志、小野 弓絵
2. 発表標題 骨格筋活動を考慮した組織血流速度評価法の開発
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野崎 寛一郎、中林 実輝絵、佐々木 翔太郎、一之瀬 真志、小野 弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた筋疲労時の活動筋血流動態の計測
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 弓絵、中林 実輝絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による生体血流計測
3. 学会等名 "第26回 医用近赤外線分光法研究会 第23回酸素ダイナミクス研究会 合同研究会 " (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による組織血流イメージング
3. 学会等名 日本学術振興会・産学協力委員会・185委員会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田康宏
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた手技療法前後の肩甲上部と大腿部後面の血流動態変化の計測
3. 学会等名 第28回 日本柔道整復接骨医学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 身体機能の可視化技術と医療応用
3. 学会等名 第46回 可視化情報シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuhiro Matsuda, Mikie Nakabayashi, Yumie Ono
2. 発表標題 Changes in skeletal muscle blood flow by manipulative therapy: a diffusion correlation spectroscopy study
3. 学会等名 fNIRS2018(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mikie Nakabayashi, Kanichiro Nozaki, Yasuhiro Matsuda, Masashi Ichinose, Yumie Ono
2. 発表標題 Fatigue effect on muscle blood flow and oxygenation during handgrip exercise: a combined diffuse correlation spectroscopy and time-resolved near-infrared spectroscopy study
3. 学会等名 fNIRS 2018(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田康宏
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた 手技療法前後の血流動態変化の計測
3. 学会等名 第27回 日本柔道整復接骨医学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mikie Nakabayashi, Yumie Ono, Masashi Ichinose
2. 発表標題 Evaluation of blood flow in human exercising muscle by diffuse correlation spectroscopy: a phantom model study.
3. 学会等名 Proc.SPIE 10486, Optical Tomography and Spectroscopy of Tissue XII (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田康宏, 鈴木達也, 小野塚實, 小野弓絵
2. 発表標題 医療従事者に患者の「痛み」を伝える生体情報計測と可視化技術の検討
3. 学会等名 第31回 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田康宏
2. 発表標題 機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いた疼痛可視化技術の検討
3. 学会等名 第26回 日本柔道整復接骨医学会学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担 者	小野 弓絵 (ONO Yumie) (10360207)	明治大学・理工学部・専任教授 (32682)	