

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：32821

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350630

研究課題名(和文) 肩関節障害に対する物理療法の作用機序-物理刺激は腱板血流に影響を与えるか?-

研究課題名(英文) Mechanism of action of physical therapy for shoulder joint disorder.-Does physical stimulation affect the rotator cuff blood flow?-

研究代表者

水出 靖 (Mizuide, Yasushi)

東京有明医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：30563407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：肩関節痛に対する物理療法の作用機序を明らかにする目的で、体表に灸様熱刺激を加えた際の腱板血流の変化を検討した。

実験はウレタン麻酔人工呼吸下のWistar系ラットを用いた。血流の計測は三角筋を小切開して腱板を露出し、レーザードップラー血流計針型プローブを用いて行った。刺激は電子灸治療器を用いた熱刺激を体表に加えた。この結果、灸様熱刺激によって腱板血流は有意に増加した。

研究成果の概要(英文)：We examined the change in rotator cuff blood flow (CBF) when a moxibustion like thermal stimulus (MTS) was applied to the body surface.

The study was conducted on a Wistar rat model under urethane anesthetization and artificial breathing. After cutting away a part of the deltoid small enough to expose the rotator cuff, CBF was observed using a laser Doppler flowmeter with a needle-type probe. An electronic moxa cautery treatment device and probe on the skin surface. The results suggested that CBF increased significantly with MTS to the skin surface.

研究分野：健康科学

キーワード：腱板 血流 熱刺激 ラット 軸索反射 レーザードップラー血流計

1. 研究開始当初の背景

中高年に好発する肩関節周囲炎の病態は様々であるが、特に回旋筋腱板（以下腱板）に由来するものが多い。若年者でも、オーバーヘッド動作を繰り返すスポーツでは腱板傷害を生じやすく、腱板は世代を超えて肩関節疾患の主要な病変部位である。

腱板病変に伴う疼痛をはじめとする臨床症状に対しては、重度な損傷を除き保存療法が第一選択される場合が多く、物理療法は薬物療法とともに頻用される治療手段である。一般に物理療法の作用機序の1つとして組織血流の関与が考えられ、様々な組織で物理刺激による影響が報告されているが、腱板血流に関する研究は今のところ見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では腱板病変への物理療法の作用機序を明らかにすることを目的に、物理刺激の1つである熱刺激を体表に加えた際の腱板血流変化を観察した。物理療法によって所期の効果を得るためには、刺激の方法・量・部位等の選択が問題となる。このことから、特に刺激量（時間）や刺激部位と反応について検討した。

3. 研究の方法

ウレタン麻酔人工呼吸下のラットの肩峰先端部の皮膚と三角筋を小切開して腱板を剖出しレーザードップラー血流計の針型プローブ（直径 0.8mm）を用いて血流を測定した。大腿動脈にカテーテルを挿入し圧トランスデューサーを介して動脈圧を測定した。熱刺激方法は我が国でよく用いられる灸療法に類するスポット状の侵害熱刺激とし、定量的に刺激を行うために電子灸刺激装置を用いて1分間に3回の繰り返す灸様熱刺激（加熱7.5秒、休止12.5秒）を行った（図1）。

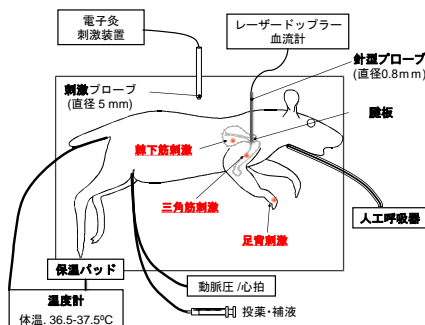


図1 実験方法

温度計を用いて別途刺激時間ごとに6回ずつ測定した加熱時の刺激プローブの温度変化を図2に示す。加熱温度のピーク値（平均値±標準偏差）は、1分間刺激（加熱3回）

は $54.3 \pm 0.1^\circ\text{C} \sim 71.6 \pm 0.6^\circ\text{C}$ (A)、3分間刺激（加熱9回）は $54.3 \pm 0.2^\circ\text{C} \sim 73.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$ (B)、5分間刺激は $54.1 \pm 0.3^\circ\text{C} \sim 73.3 \pm 0.3^\circ\text{C}$ (C) である。

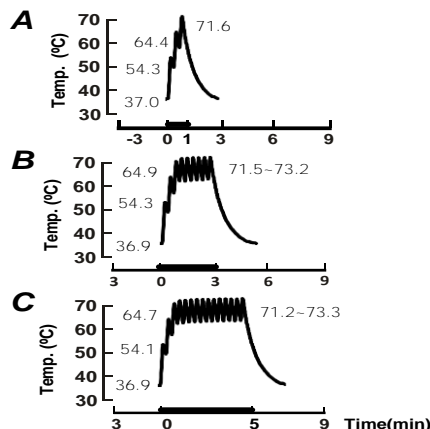


図2 刺激プローブの温度変化

(1) 棘下筋部の体表への熱刺激による血流変化及び神経機序

腱板構成筋の1つである棘下筋の体表に刺激プローブを接地し、1・3・5分間のいずれかの条件で各6匹に刺激を行い腱板血流と平均動脈圧の変化を観察した。また反応の神経機序について、脊髄反射や交感神経の影響を除外するため上部頸髄～中部胸髄を破壊したラット、軸索反射の神経伝達物質であるカルシトニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) の受容体拮抗薬を投与したラット各5匹に3分間の刺激を行った。測定はラット1匹につき1回とした。

(2) 刺激部位の違いによる血流反応の検討

棘下筋・前肢足背（以下足背）・三角筋の体表の条件で各9匹に3分間の灸様熱刺激を行い、腱板血流と平均動脈圧を測定した。また、足背に対する刺激の神経機序を検討するため上部頸髄～中部胸髄を破壊したラット1匹に3分間の刺激を行った。ラット、血流測定方法、刺激装置は(1)と同様の条件とした。

(3) 刺激入力組織と血流反応の検討

熱刺激が入力される組織と反応の関連を検討するため、棘下筋部の皮膚のみの刺激と棘下筋を直接刺激した際の血流反応を観察した。皮膚刺激は同部の支配神経をなるべく損傷しない様に肩甲骨表面の皮膚の脊柱側を残して切開し、深部の組織と乖離させて行った。棘下筋刺激は更に僧帽筋下部を剥離して行った。各15匹に3分間の刺激を加えた。その他の実験条件は(1)(2)と同様とした。

4. 研究成果

(1) 棘下筋部の体表への熱刺激による血流変化及び神経機序

①各刺激とも腱板血流は平均動脈圧の明らかな変化なく一過性の有意な増加を認めた。各刺激時間における血流変化について刺激前値に対する刺激開始後の最大値の増加率(百分率)を比較すると、1分間刺激 $109.8 \pm 2.6\%$ に対し、3分間刺激は $129.7 \pm 19.6\%$ で有意に高かった。5分間刺激による増加率は $117.8 \pm 9.5\%$ で、3分間刺激より低かったが有意な差はなかった(図3)。

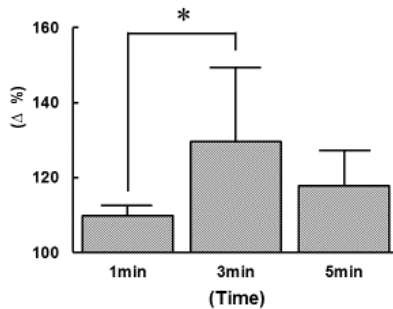


図3 刺激時間による血流変化の比較

②脊髄破壊ラットへの3分間刺激による反応の典型例は図4 A-1の通り血流増加を認めた。5匹の刺激前値に対する刺激中3分間と刺激後10分間の血流(RCBF)の増加率は、刺激中(Stim.) $108.9 \pm 5.2\%$ 、刺激後(Af.) $113.2 \pm 8.3\%$ で有意に増加した(A-2)。一方、CGRP受容体拮抗薬を投与したラットへの刺激による反応の典型例はB-1の通りで血流増加反応はほぼ消失した。5匹の増加率は、刺激中 $103.5 \pm 3.6\%$ 、刺激後 $106.0 \pm 6.9\%$ であり刺激前値と有意な差はなかった(B-2)。

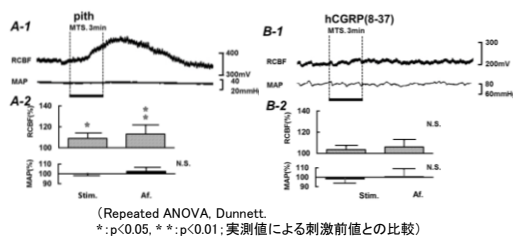


図4 脊髄破壊・CGRP受容体拮抗薬投与時の反応

(2) 刺激部位の違いによる血流反応

①棘下筋部体表の熱刺激(MTS)では平均動脈圧(MAP)の有意な変化なく、腱板血流(RCBF)は刺激終了後2分で最大 $123.4 \pm 24.3\%$ の有意な増加を認めた(図5)。

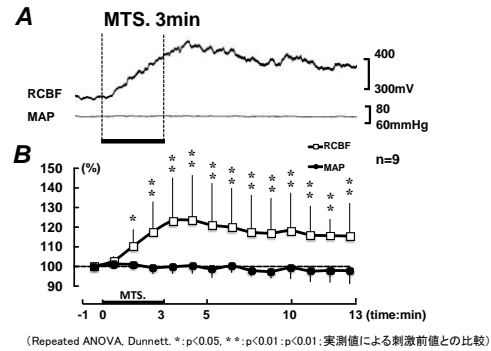


図5 棘下筋刺激による反応

A: 典型例 B: 9匹のまとめ

②足背刺激では刺激開始後2分で最大となる血流 $112.6 \pm 11.2\%$ 、平均動脈圧 $119.0 \pm 14.6\%$ の有意な増加を認め、ともに刺激終了後に復した(図6)。

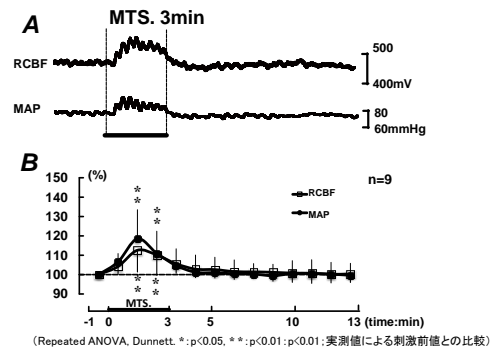


図6 足背刺激による反応

A: 典型例 B: 9匹のまとめ

③三角筋部体表の刺激では刺激終了後3分で最大 $108.6 \pm 12.4\%$ の血流の増加傾向を認めたが統計学的に有意ではなかった。平均動脈圧も有意な変化はなかった(図7)。

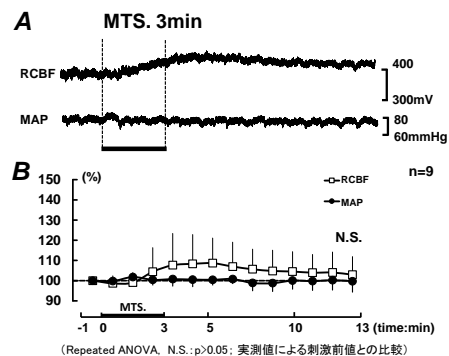


図7 三角筋刺激による反応

A: 典型例 B: 9匹のまとめ

④各部位の刺激反応について、刺激前値に対する刺激中3分間、刺激後10分間の平均値の増加率を条件別に比較すると、刺激中の血流は、三角筋刺激 $100.7 \pm 5.6\%$ に対し、棘下

筋刺激 $110.3 \pm 9.0\%$ 、足背刺激 109.0 ± 8.0 とそれぞれ有意に高かった。平均動脈圧は足背刺激 $112.0 \pm 9.3\%$ で、棘下筋刺激 $100.7 \pm 2.2\%$ 、三角筋刺激 $100.7 \pm 2.5\%$ に比べ有意に高かった。刺激後の血流は、棘下筋刺激が $118.8 \pm 20.3\%$ で、足背刺激 $101.7 \pm 3.9\%$ に比べ有意に高かった。平均動脈圧は棘下筋刺激 $98.5 \pm 3.8\%$ 、足背刺激 $100.8 \pm 6.1\%$ 、三角筋刺激 $100.0 \pm 3.1\%$ でいずれも有意な差は認めなかった。

⑤ 脊髄破壊ラットへの足背刺激では血流と平均動脈圧の増加反応は消失した (図 8)。

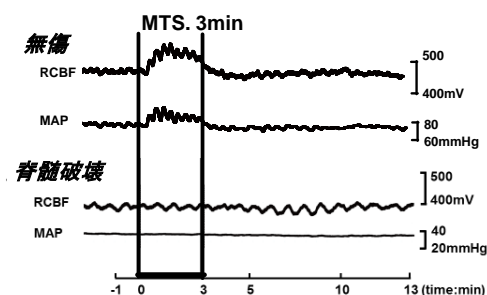


図 8 足背刺激による反応への脊髄破壊の影響

(3) 刺激入力組織と血流反応

棘下筋部の刺激後には皮膚とともに皮下において肉眼的な火傷を認めることから、本研究で観察された反応は皮膚とともに皮下の感覚受容器を介する反応の相和であるものと考えられる。そこで刺激の入力組織と血流反応について検討する目的で、皮膚と棘下筋を分離して刺激した。この結果、皮膚刺激では 9 匹 (60%) は明らかな変化を認めず、5 匹 (33%) で刺激前値に対し 17% の血流増加を認めた。一方、棘下筋の直接刺激では、8 匹 (53%) で刺激前値に対し 20% の増加、5 匹 (33%) は逆に 21% の減少を認めた (図 8)。皮膚刺激に比べ筋肉刺激は血流変化の出現率や変化量が高い傾向だった。

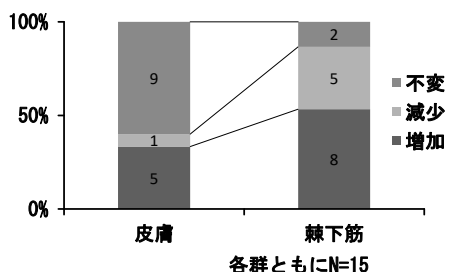


図 8 入力組織による血流反応の比較

(5) 考察

これまで体表への物理刺激が腱板血流に及ぼす影響は不明であったが、本研究は物理刺激が腱板血流を増加させることをスポッ

ト状の侵害熱刺激を用いて初めて明らかにした。

棘下筋体表への刺激は刺激中から刺激終了後にかけて持続的に腱板血流を増加させ、その程度は刺激時間によって異なることが示唆された。血流増加反応は脊髄を破壊しても認められ、CGRP 受容体拮抗薬の投与ではほぼ消失したことから主に軸索反射による局所反応であることが示唆された。一方足背への刺激では、刺激中のみに平均動脈圧の上昇を伴う血流増加反応を生じた。この反応は脊髄の破壊によって消失したことから中枢を介する動脈圧の上昇に依存した全身性反応である可能性が示唆された。このことから棘下筋部と四肢への熱刺激は異なる機序で腱板血流を増加させることが明らかとなった。

今回用いたスポット状の熱刺激は我が国でしばしば行われる灸療法に類するが、肩関節痛に対する灸療法では関節周囲とともに病変から離れた部位にも施術を行う。今回の結果は血流の観点からこの妥当性を示したものと考える。棘下筋刺激は足背刺激に比べ血流増加の持続時間が長いことから、病変への影響がより大きい可能性がある。また刺激時間によって血流増加の程度が異なったことはドーズの調整の重要性を示している。また三角筋部の刺激は、腱板との距離が棘下筋と同一にもかかわらず有意な血流変化を示さなかったことから、刺激部位の選択の重要性がうかがえた。

入力組織による反応については、皮膚と筋肉では様式が異なる可能性が示唆されドーズによって熱刺激の到達深度の調整をする意義の根拠につながる可能性がある。ただ増加反応だけでなく減少反応の出現率も高く、これは剥離操作による神経等の組織損傷の影響の可能性もあり、今後の検討が必要である。

今回観察された腱板血流の増加は、腱板の炎症の軽減や組織修復を促進して症状を改善することが期待される。Neer (1983) はインピンジメント症候群を 3 つの stage に分類した。stage I は腱板の浮腫と出血であり、オーバーヘッド動作を繰り返す若いスポーツ選手に多く観察される。stage II は線維症と腱炎で、機械的刺激による炎症の度重なるエピソードが関係し、肩峰下滑液包も肥厚または線維化を呈することがある。stage III の病変は骨棘と腱板断裂であり、腱板に対する継続した機械的圧迫の結果として発生する。断裂に至った腱板は保存療法では治癒は期待できないが、stage I や II の状態では灸療法による血流の増加が病態や臨床症状の改善促進に寄与する可能性がある。

灸療法は当事者がセルフケアとして行うことも可能である。日常生活やスポーツ現場では、明確な臨床症状がなくとも潜在的に腱板の微小な損傷を生じている可能性がある。日常的にセルフケアとして灸を行うことはこのような状態が増悪して顕在的な損傷の

発生予防に繋がる可能性がある。

〈引用文献〉

①Neer CS. Impingement Lesions. Clinical Orthopaedics and Related Research. 173, 1983, 70-77.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①水出 靖, 成島 朋美, 櫻庭 陽, 野口 栄太郎, 坂井 友実, 宮川 俊平. 灸様熱刺激による麻酔ラット回旋筋腱板血流の局所性変化. 自律神経. 査読有, 54(1), 2017, 40-47.

②水出 靖, 野口 栄太郎, 坂井 友実. 肩関節周囲炎の病態と治療戦略 : 文献レビューおよび腱板血流測定による検討. 現代鍼灸学. 査読無, 13(1), 2013, 109-115.

〔学会発表〕(計3件)

① Yasushi Mizuide . The influence of moxibustion like thermal stimulation on the rotator cuff blood flow in anesthetized rats . International Conference of WFAS Tokyo/Tsukuba 2016, 2016年11月5日, つくば国際会議場(茨城県・つくば市).

②水出 靖. 灸刺激による麻酔ラット腱板血流変化の検討(第4報) 刺激部位の違いによる検討. 第63回全日本鍼灸学会学術大会2014年5月18日, ひめぎんホール(愛媛県松山市).

③水出 靖. 灸刺激による麻酔ラット腱板血流変化の検討(第3報) 刺激入力組織による検討一, 第62回全日本鍼灸学会学術大会, 2013年6月8日, アクロス福岡(福岡県・福岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水出 靖 (MIZUIDE Yasushi)
東京有明医療大学・保健医療学部 准教授
研究者番号 : 3 0 5 6 3 4 0 7

(2) 研究分担者

坂井 友実 (SAKAI Tomomi)
東京有明医療大学・保健医療学部 教授
研究者番号 : 7 0 2 3 5 1 1 7

野口 栄太郎 (NOGUCHI Eitaro)
筑波技術大学・保健科学部 教授
研究者番号 : 8 0 2 1 8 2 9 7