

慢性痛の骨格筋病態の解明と リハビリテーション医学的診断法の開発

—慢性痛患者における運動器の形態的・機能的診断法—

Identification of pathophysiological changes on skeletal muscle
in human subjects with chronic pain

研究代表者：松原 貴子（健康科学部 准教授）

共同研究者：岩田 全広（健康科学部 助教）

研究協力者：牛田 享宏（愛知医科大学医学部 教授），新井 健一（愛知医科大学医学部 講師），

城 由起子（名古屋学院大学人間健康学部 助教），下 和弘（名古屋学院大学人間健康学部 助手）

研究期間 2008 年度

Abstract

腰痛や頸肩痛などの慢性痛は世界的に有訴者率の上位を占めるものの、病態に不明な点が多く適切な対応がなされていない。そこで今回、腰痛と頸肩痛を対象に、筋画像所見および筋肉酸素代謝、自律神経活動等の生理的機能を調べ、慢性痛の病態について検討した。過負荷による筋疲労性腰痛では、超音波画像の輝度や断面積が増加し、水分含有量増加や浮腫など深部組織全体の変化が認められた。また、慢性頸肩痛では、常に副交感神経の活動性が低く、交感神経が過興奮状態を呈し、血管収縮傾向に伴う血流低下や酸素供給能低下状態にあることが示唆された。骨格筋が関与する慢性痛においては、浮腫や血流低下などの循環障害を惹起しやすく、その要因として交感神経の過敏化、感作が影響している可能性が高く、交感神経依存性疼痛以外の慢性痛においても、交感神経が深く関与する可能性が示唆された。

緒言

2001～2010 年を「痛みの 10 年 decade of Pain Control and Research」とする宣言が米国議会で採択されたのを皮切りに、慢性痛に対する国家的規模での取り組みがヨーロッパ諸国にも広がりを見せ、今や慢性痛に対する対応は世界的な潮流になってい

る。わが国でも腰痛や頸肩痛などの筋骨格系の慢性痛患者数は有訴者率の上位を独占しており、未だ決定的な診断・治療法が確立されるには至っていない。慢性痛は中枢を含む神経系の可塑的異常ならびに末梢においては骨格筋に起因して発生することが報告されている。

これまで筋骨格系の検査・診断といえば、レントゲン所見や CT・MRI 画像などが一般的であり、理学的検査としても各種神経機能検査、筋力、関節可動域（range of motion: ROM）の測定および徒手による触診が主なものであった。超音波法は CT 法や MRI 法に比較して安価で、可搬性に優れ、非侵襲的で安全簡便に観察できるという利点を有している。しかし、骨格筋に対する超音波画像診断は、研究レベルで高齢者やアスリートの肢筋を対象にした筋萎縮や筋肥大の評価に使用されるのみで、臨床において腰痛や頸肩痛を有する慢性痛患者の体軸骨格筋の画像評価に行われることはなかった。以前に我々は若年者において長時間の抗重力姿勢保持（持続的筋収縮）が腰痛を惹起する可能性について報告した。そこで今回、持続的筋収縮を負荷した腰部多裂筋を対象に、超音波画像診断装置を用い、画像所見の解析ならびに超音波による骨格筋画像評価の可能性について検討した。

さらに、肩凝りなどの頸肩痛は筋骨格系の慢性痛の中でも頻度の高い訴えのひとつであり、臨床にお

いて頸肩痛を訴える患者では血圧の急激な変動や手足の冷え、浮腫など血流動態の異常を伴うものが多い。痛みは交感神経活動を賦活し、局所血流を減少させることが知られており、自律神経活動を指標化できる心拍変動（HRV）や唾液アミラーゼ濃度などによって評価できる。しかし、これまでの痛みと自律神経反応に関する研究は、急性痛や複合性局所疼痛症候群（complex regional pain syndrome: CRPS）のような特異的な慢性痛を対象にしたものがほとんどである。そこで今回、頸肩痛を対象に常態の自律神経活動、筋内酸素代謝など生理的機能を調べるとともに、頸肩痛を惹起しやすいデスクワークを想定し僧帽筋に反復収縮負荷を課すことで、これらの生理的機能がどのような反応を示すか調べた。

対象・方法

本研究は対象者に研究の趣旨を説明し、同意を得たうえで行った。

実験1

対象は健常男性10名（年齢 20.4 ± 0.5 歳）とした。対象者に持続的筋収縮負荷としてSorensenテスト（腹臥位にて体幹屈曲位からの腰部伸展運動）を可能な限り行わせ、腰痛を誘起した。撮像は超音波画像診断装置（東芝メディカルシステムズ社製Nemio XG, リニアプローブ14MHz）を用い負荷前後に行った。撮像肢位は腹臥位（多裂筋静止長時）と、側臥位での体幹最大屈曲位（多裂筋伸張時）とし、第4腰椎棘突起を指標に両側多裂筋の矢状および水平断面像を撮像し形態観察を行った。また、分析には画像解析ソフトImage J（NIH）を用いて、矢状断面像より多裂筋羽状角、水平断面像より多裂筋横断面積を測定した。運動負荷前後の各値の比較には対応のあるt検定を用い、有意水準を5%未満とした。

実験2

女性16名（ 33.5 ± 11.7 歳）を対象とし、頸肩痛を訴えNeck Disability Index（NDI）5点以上のもの11名（以下、頸肩痛群）と頸肩痛がなくNDI

4点未満のもの5名（以下、対照群）に分類した。収縮負荷は、立位で両側手関節に2kgの重錘をつけ両側肩甲帯最大挙上1分、安静2分を1セットとし3セット施行した。なお、負荷前後に5分間安静とした。HRVはHRV記録装置（GMS, アクティブトレーサーAC-301A）にて測定し、心拍数（HR）、さらにR-R間隔の周波数解析（Suwa Trust, TARAWE）により、交感神経と副交感神経活動の複合指標となる低周波数成分（0.04–0.15Hz, LF）、副交感神経活動の指標となる高周波数成分（0.15–0.5Hz, HF）、交感神経活動の指標となるLF/HF比を算出した。また、僧帽筋内酸素飽和度（ SpO_2 ）は、第7腰椎棘突起と肩峰との中央部で両側僧帽筋上部線維上にプローブを貼付し、近赤外分光測定装置（浜松ホトニクス, NIRO200）にて経時的に測定し、 SpO_2 変化率を算出した。さらに、アミラーゼ濃度は唾液アミラーゼモニター（ニプロ, CM-2.1）を使用し、収縮負荷前後に測定した。統計処理は、経時的変化の比較に対応のあるt検定を使用し、群間の比較に対応のないt検定を行い、有意水準を5%未満とした。

結果

実験1

負荷後、多裂筋の輝度が増加し、腹臥位での多裂筋横断面積が有意に増加した。多裂筋羽状角は負荷前後で有意な変化を示さなかった。

実験2

対照群に比べ頸肩痛群では、LF/HF比が負荷前（対照群： 1.0 ± 0.7 、頸肩痛群： 3.2 ± 2.1 ）、負荷後（ 0.8 ± 0.4 、 3.3 ± 1.9 ）とも高値を示し、HFが負荷前（ 1652 ± 1578 、 217 ± 346 ms・ms）、負荷後（ 1726 ± 1443 、 222 ± 264 ms・ms）とも低値を示した（ $p < 0.05$ ）が、負荷前後で有意な変化はなかった。また、対照群に比較して頸肩痛群の SpO_2 変化率は、負荷後、有意に著減（ -15 、 -27% ）した（ $p < 0.05$ ）。HR、唾液アミラーゼ濃度は群間ならびに負荷前後で有意な差がなかった。

考 察

超音波画像診断装置による生体内情報の視覚化は、組織密度の異なる境界から音波が反射する原理を用いたものである。今回、負荷後に多裂筋の輝度が増加し、多裂筋静止長時の断面積が増加したことから、組織内の水分含有量が増加し浮腫状態を呈したこと、さらに、その変化は筋への過負荷による疲労性の腰痛を反映する所見であったことが示唆された。一方、多裂筋の羽状角に有意な変化を認めなかったことから、負荷後の筋緊張亢進や筋線維走行変化などの所見は明らかにできなかった。以上のことより、疲労のように、断裂や出血など明確な損傷を呈していない体軸骨格筋においては、超音波画像診断装置は深部組織全体の変化をとらえるには有効であるが、筋線維や筋束などの筋内微細形態変化の評価には限界があると思われる。今後は、筋筋膜性腰痛や failed back syndrome のような腰部筋に筋硬縮や癒着などの形態異常を有する症例を対象に、病態筋の超音波画像所見を検討し、超音波画像診断装置の日常診療への応用へと発展させたい。

また、頸肩痛の自律神経活動、筋内酸素代謝など生理的機能を調べた結果、頸肩痛群では常態で副交感神経の活動性が低く、交感神経が過剰興奮状態にあり、そのことによって血管収縮傾向に伴う血流低下や酸素供給能低下状態にあることが示唆された。慢性的な交感神経の感作は痛みを増強し、その痛みがさらに交感神経活動を賦活するという悪循環を構築している。また交感神経の感作は、頸肩痛のような痛みの持続や慢性痛に特有の随伴症状誘起の一因となっている可能性がある。

結 語

慢性痛の中で有訴率の非常に高い腰痛と頸肩痛を対象に、筋の形態的、機能的特徴ならびに自律神経活動を調べた。腰痛に対する画像形態評価より、過負荷による筋疲労性腰痛では、超音波画像の輝度や断面積が増加し、水分含有量など深部組織全体の変化を示す所見が得られた。また、頸肩痛に対する自律神経活動、筋内酸素代謝など生理的機能評価より、

慢性頸肩痛では、交感神経が常に過興奮状態を呈するため血管収縮傾向に伴う血流低下や酸素供給能低下状態にあることが示唆された。今後、慢性痛患者における末梢組織の形態・機能的病態、ならびに痛みと形態・機能異常の悪循環を解明するために、種々慢性痛患者を対象にパラメータを増やし調査、検討する必要がある。

なお、本研究結果は以下の通り公表する。

学会発表

- 1) 慢性頸肩痛有訴者の僧帽筋収縮負荷による心拍変動と筋内酸素代謝への影響. 第14回理学療法医学的基礎研究会学術集会, 2009 (2009/05/27, 東京)
- 2) 超音波画像診断装置を用いた腰部多裂筋の画像評価の試み. 第14回理学療法医学的基礎研究会学術集会, 2009 (2009/05/27, 東京)
- 3) 超音波画像診断装置を用いた腰痛時の腰部多裂筋評価の試み. 第44回日本理学療法学会学術大会, 2009 (2009/05/28, 東京)
- 4) 超音波画像診断装置を用いた運動負荷による頸肩部の軟部組織評価の試み. 第44回日本理学療法学会学術大会, 2009 (2009/05/28, 東京)
- 5) 肩凝りと心拍変動との関連. 第44回日本理学療法学会学術大会, 2009 (2009/05/29, 東京)
- 6) The effect of acupuncture at the extra 1 point on subjective and autonomic responses to needle insertion. EFIC congress 2009 (2009/09, Lisbon)