

令和 6 年 9 月 10 日現在

機関番号：11301
研究種目：若手研究
研究期間：2019～2023
課題番号：19K19786
研究課題名（和文）腱板病変を有する患者の肩痛に関する運動学的因子の解明とリハビリテーション応用
研究課題名（英文）Clarification of kinematic factors related to shoulder pain in patients with rotator cuff pathology and their application to rehabilitation
研究代表者
石川 博明（Ishikawa, Hiroaki）
東北大学・大学病院・理学療法士
研究者番号：30597828
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では腱板病変を有する患者を有症候群と無症候群に分け、肩甲骨三次元運動を比較すること、テーピングを用いて肩甲骨運動を修正する介入の効果を検討することを目的とした。腱板断裂患者35名（67肩）を対象とし、この中から有症候群（23肩）と無症候群（15肩）を抽出した。有症候群の多く（83%）において、挙上運動時の痛みは大結節が肩峰を通過した後に生じていた。肩甲骨三次元運動は有症候群と無症候群の間で有意差を認めなかったが、有症候群では挙上60°以降に肩甲骨後傾が大きくなる傾向を示した。また、テーピング後に肩甲骨上方回旋、後傾、内旋角度の増加を認め、約半数の患者に疼痛改善効果を認めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

腱板断裂患者の多くは、大結節が肩峰を通過した後に痛みが生じていたことから、腱板断裂患者の上肢挙上運動中の痛みは肩峰下インピンジメントとは異なる機械的ストレス（関節内インピンジメントなど）が原因である可能性が考えられる。また、テーピング後に肩甲骨上方回旋、後傾、内旋角度の増加を認めた。特に、肩甲骨後傾は実際に痛みが生じる挙上中期で増加を認めたことから、後傾方向に肩甲骨運動を修正する治療は痛みを軽減させるために有効であるかもしれない。今後は、本研究で得られた知見をもとにして肩甲骨運動の修正に着目した治療プログラムを立案し、最終的には早期の社会復帰の実現や医療コストの削減に繋げる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to (1) compare scapular kinematics between symptomatic and asymptomatic patients in rotator cuff pathology and (2) investigate the effectiveness of taping to correct scapular movement. Thirty five (67 shoulders) patients with rotator cuff tears were recruited in this study. The shoulders were classified as presence or absence of pain during arm elevation: 23 symptomatic and 15 asymptomatic shoulders. In most of the symptomatic shoulders, pain during arm elevation occurred after the greater tuberosity has passed beneath the acromion. There was no significant difference in three-dimensional scapular movement between the symptomatic and asymptomatic shoulders, but the symptomatic shoulders showed an increasing trend in scapular posterior tilt after 60° of arm elevation. In addition, scapular upward rotation, posterior tilt, and internal rotation were increased after taping, and pain was improved in approximately half of the shoulders.

研究分野：総合領域

キーワード：腱板断裂 三次元動作解析 筋活動 肩関節 テーピング

1. 研究開始当初の背景

日常診療で肩関節痛を主訴に来院する患者は多く、上肢挙上運動を伴う日常生活動作や就労に大きな支障をきたしている。これらの患者の70%以上は腱板周囲に何らかの病変(腱板断裂、腱板炎、肩峰下滑液包炎)をきたしているが(Mitchell, et al. 2005)、必ずしもこれらの病変自体が痛みの原因ではない。特に、腱板断裂患者においては断裂があるにも関わらず症状のない、いわゆる無症候性患者が数多く存在する(Yamamoto, et al. 2010)。また、393名の有症候性腱板断裂患者を対象とした大規模調査において、腱板病変の重症度は症状と関連しないことが明らかになっている(Dunn, et al. 2014)。したがって、腱板周囲の病変に何らかの因子が加わることで疼痛を引き起こされると考えられる。

我々は、疼痛を引き起こす一因として「肩甲骨の運動異常」に着目している。我々が行った先行研究では、腱板断裂患者を有症候性と無症候性の2群に分け、上肢挙上運動中の肩甲骨上方回旋角度を比較した。その結果、有症候性患者は無症候性患者と比べて肩甲骨上方回旋角度が有意に減少していた(Ishikawa, et al. 2020)。肩甲骨上方回旋の減少は、肩峰と上腕骨頭の距離の減少(Seitz, et al. 2012)、関節窩と上腕骨頭の接触面積の増加(Miyata, et al. 2012)を引き起こし、腱板周囲組織への力学的負荷を増強させる。以上より、上肢挙上運動中の疼痛の発生には肩甲骨上方回旋の減少に伴う力学的負荷が関与し、肩甲骨の運動異常を改善させることが疼痛の軽減に繋がる可能性を示唆した。しかしながら、肩甲骨運動は上方回旋だけでなく、前後傾や内外旋を含む三次元の複合運動である。しかし、有症候性と無症候性腱板断裂患者の比較において上方回旋以外の運動方向に関しては十分に明らかにされていない。新鮮凍結遺体肩を用いた研究では、肩甲骨前傾の増加に伴い肩峰下接触圧が減少(Muraki, et al. 2017)、肩甲骨内旋の増加に伴い関節内接触圧が上昇(Mihata, et al. 2012)することが報告されており、三次元運動を比較する意義は大きい。

2. 研究の目的

腱板病変を有する患者において、上肢挙上運動中の疼痛発生に関与する運動学的因子を明らかにし、効果的な治療介入へと繋げることを目的とする。具体的には、研究期間内で以下の3点について研究を行う。

(1) 研究1: 有症候性と無症候性腱板断裂患者の肩甲骨三次元運動に違いがあるかを明らかにする。

(2) 研究2: 腱板炎、肩峰下滑液包炎患者と健常者の肩甲骨三次元運動に違いがあるかを明らかにする。

(3) 研究3: テーピングを用いて肩甲骨の運動異常を修正することで疼痛が軽減するかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 被験者の選定

研究代表者の所属機関およびその関連病院の整形外科医による画像診断(MRI、超音波)および理学検査によって、腱板断裂、腱板炎、肩峰下滑液包炎患者と診断された患者の中から抽出した。

適格基準は年齢40歳以上とし、除外基準は頸部および肩関節周囲の外傷および手術歴のある者、関節リウマチなどの炎症性疾患、筋萎縮を伴う神経筋疾患を有する者、指示理解ができない者とした。

検者は、倫理委員会によって承認された「説明書」と「同意書」を用いて、対象者に対して研究の目的、方法、研究参加の任意性について十分に説明を行った。同意が得られた場合には、対象者に「同意書」への署名をいただいた。

(2) 測定項目

三次元動作解析

三次元磁気式位置計測システム(Polhemus社製、FASTRAK)を用いて上肢挙上運動中の肩甲骨三次元運動を計測する(図1)。まず、小型レーザーを被験者の胸骨柄、肩峰、三角筋粗面にそれぞれ貼付する。センサー貼付後、ペン型レーザーを用いて解剖学的指標(頸切痕、剣状突起、第7頸椎棘突起、第8胸椎棘突起、肩峰角、棘三角、肩甲骨下角、上腕骨内側上顆、上腕骨外側上顆)に触れることにより、上腕骨、肩甲骨、胸郭のデジタル化処理を行う。なお、解剖学的な座標系は、International Society Biomechanics(ISB)推奨のISB Shoulder protocolに従い定義し、肩甲骨上方回旋-下方回旋、肩甲骨前傾-後傾、肩甲骨内旋-外旋、

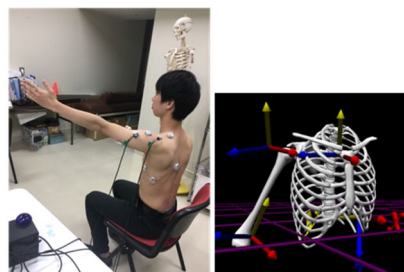


図1. 三次元動作解析の計測風景と座標系

肩甲上腕関節挙上-下制角度を算出する。

超音波画像検査

超音波診断装置（日立製作所製、ARIETTA PrologueLE）を用いて、腱板周囲組織の接触動態を評価する。まず、肩峰前縁と上腕骨大結節を結ぶ直線上に医療用ジェルを塗ったプローブを当て、Bモード画像を描出する。Bモード画像上で肩峰、上腕骨頭（大結節）、腱板、肩峰下滑液包の位置関係を確認するとともに、キャリパー機能を用いて肩峰と上腕骨頭の距離（肩峰骨頭間距離：AHD）を計測する（図2）。なお、測定終了後は医療用ジェルをウェットティッシュで完全に拭き取る。

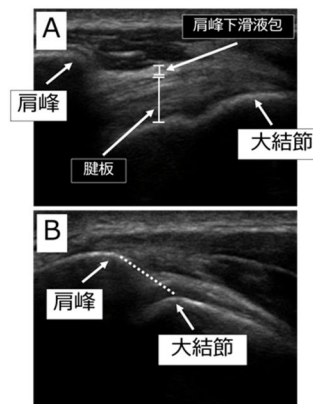


図2. 上肢挙上運動中の超音波画像所見 (A: 挙上0°位、B: 挙上60°位)

(3) 測定手順

被験者は両股・膝関節 90° 屈曲位、両足底が地面に着く高さの椅子に直立状態で座り、自動での上肢挙上-下制運動（肩甲骨面）を行う。運動速度は1秒あたり挙上 30° とし、一連の上肢挙上-下制運動を5回連続で行う。次に、被験者は上肢挙上運動を行い、大結節の上関節面が肩峰前縁の直下に存在する位置（acromion-GT position）痛みが生じる位置（painful position）でそれぞれ静止する。

これらの運動課題中、大結節と肩峰の位置関係は超音波診断装置を用いて視覚的に評価し、関節角度は三次元磁気式位置計測システムを用いて自動的に記録される。なお、痛みのある症例では、テーピングを用いて肩甲骨運動を修正した条件で同様の計測を行う（図3）。



図3. テーピング貼付例

4. 研究成果

本研究の終了時点でデータ収集が可能であった患者は35名(67肩)であった。

(1) 研究1

67肩中、腱板断裂を認めたのは38肩であり、自動挙上時痛ありを「有症候性腱板断裂群 (n=23)」₁、自動挙上時痛なしを「無症候性腱板断裂群 (n=15)」₂に分類した。なお、Numerical Rating Scale (NRS、0-10までの11段階)を用いて痛みの強さを評価し、軽度の痛み (NRS 2以下) の場合は無症候性腱板断裂群に分類した。統計解析では対応のない t 検定を用いて各運動学的パラメーターを2群間で比較した。なお、統計解析ソフトはSPSS (Ver.25) を使用し、有意水準は5%に設定した。

肩関節挙上角度、AHDの2群間比較

acromion-GT positionでの肩甲骨胸郭関節挙上角度 (HT elevation) 肩甲上腕関節挙上角度 (GH elevation) AHDは、有症候性腱板断裂群 (HT elevation: $63.7 \pm 10.5^\circ$ 、GH elevation: $55.1 \pm 8.3^\circ$ 、AHD: $5.2 \pm 1.5\text{mm}$)と無症候性腱板断裂群 (HT elevation: $59.9 \pm 14.9^\circ$ 、GH elevation: $52.6 \pm 12.7^\circ$ 、AHD: $5.5 \pm 1.5\text{mm}$)の間で有意差を認めなかった。有症候性腱板断裂群において、painful positionでの挙上角度 (HT elevation: $95.1 \pm 25.6^\circ$ 、GH elevation: $78.8 \pm 22.8^\circ$) は、acromion-GT positionと比べて有意に高値であった ($p < 0.05$)。また、有症候群において、19肩/23肩 (83%) が acromion-GT position を超えた挙上角度で痛みが生じていた。

肩甲骨三次元運動の2群間比較

上肢挙上-下制運動中の肩甲骨運動は、上方回旋-下方回旋、前傾-後傾、内旋-外旋のすべての方向において、有症候性腱板断裂群と無症候性腱板断裂群の間で有意差を認めなかった (図4)。しかしながら、有症候性腱板断裂群は挙上 60° 以降から肩甲骨後傾が大きくなる傾向を示した (図4)。

(2) 研究2

腱板炎、肩峰下滑液包炎に該当する患者がいなかったため、研究2の検討は行わなかった。

(3) 研究3

有症候性腱板断裂群 23肩中、テーピングを用いた計測を行うことが可能であったのは19肩であった。統計解析では対応のある t 検定を用いて各運動学的パラメーターを2群間で比較した。なお、統計解析ソフトはSPSS (Ver.25) を使用し、有意水準は5%に設定した。

肩甲骨三次元運動のテーピング前後比較

自動挙上時痛(NRS)の平均値±標準偏差はテーピング前 5.1 ± 1.8 、テーピング後 4.4 ± 1.9 であり、テーピング前後で痛みの軽減を認めたのは9肩/19肩(47%)であった。肩甲骨上方回旋-下方回旋において、テーピング前後で上方回旋角度(挙上 $0-20^\circ$ 、下制 $30-0^\circ$)の有意な増加を認めた($p < 0.05$)(図5)。肩甲骨前傾-後傾において、テーピング前後で後傾角度(挙上 $0-80^\circ$ 、下制 $80-0^\circ$)の有意な増加を認めた($p < 0.05$)(図5)。肩甲骨内旋-外旋において、テーピング前後で内旋角度(挙上 0° 、下制 0°)の有意な増加を認めた($p < 0.05$)(図5)。

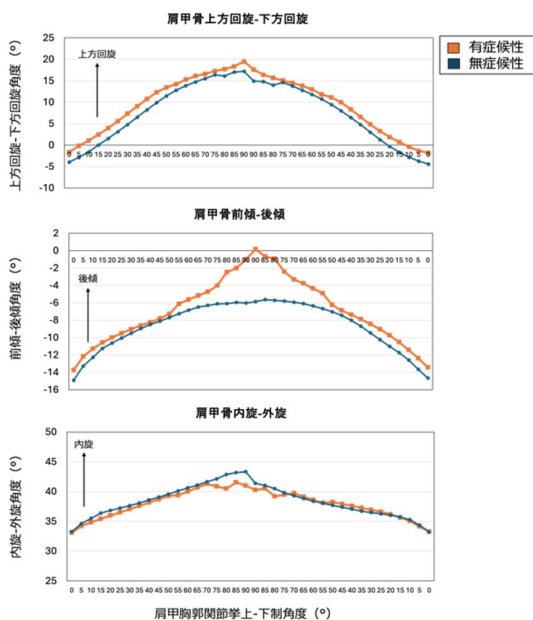


図4. 肩甲骨三次元運動の2群間比較

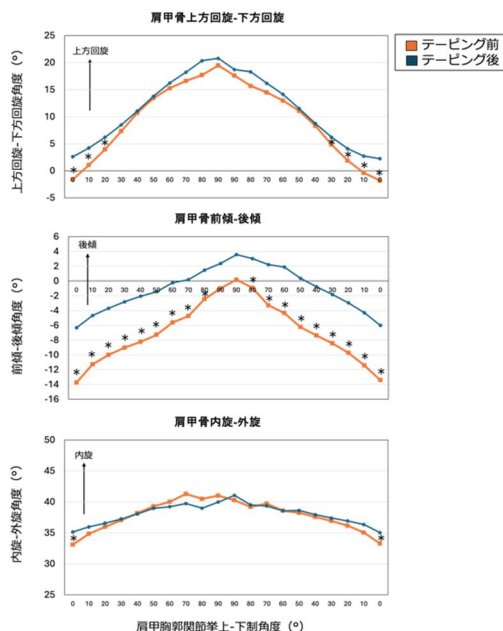


図5. 肩甲骨三次元運動のテーピング前後比較

本研究において、腱板断裂患者の多くは、大結節が肩峰を通過した後に痛みが生じていた。この結果は、腱板断裂患者の上肢挙上運動中の痛みは肩峰下インピンジメントとは異なる機械的ストレス(関節内インピンジメントなど)が原因である可能性を示唆している。

肩甲骨三次元運動の2群間比較において、統計学的有意差はみられなかったが、有症候性腱板断裂患者は挙上 60° 以降から肩甲骨後傾が大きい傾向を示した。関節内インピンジメントは、上肢挙上運動中に腱板関節面が上腕骨頭と関節窩の間で接触する現象であり、肩甲骨運動を大きくすることによりストレスが軽減すると考えられている。有症候性腱板断裂患者では肩甲骨後傾を増加させ、痛みを回避しようとする戦略がとられている可能性が考えられる。今後も被験者数を増やすと統計学的有意差を検出する可能性もあるため、測定を継続していく必要がある。

肩甲骨三次元運動のテーピング前後比較において、約半数の患者に疼痛改善効果を認めた。また、テーピング後に肩甲骨上方回旋、後傾、内旋角度の増加を認めた。特に、肩甲骨後傾は実際に痛みが生じる挙上中期で増加を認めたことから、後傾方向に肩甲骨運動を修正する治療は痛みを軽減させるために有効である可能性が示唆された。今後は、無作為化比較試験を行い、テーピングによる肩甲骨運動を修正する治療の効果を検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ishikawa Hiroaki, Muraki Takayuki, Morise Shuhei, Yamamoto Nobuyuki, Itoi Eiji, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 5
2. 論文標題 Differences in scapular motion and parascapular muscle activities among patients with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears, and healthy individuals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JSES International	6. 最初と最後の頁 238 ~ 246
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jseint.2020.10.014	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2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hiroaki Ishikawa
2. 発表標題 IS PAIN DURING ARM ELEVATION CAUSED BY SUBACROMIAL IMPINGEMENT IN PATIENTS WITH ROTATOR CUFF TEARS?
3. 学会等名 7th International Congress on Shoulder and Elbow Therapy (ICSET) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石川 博明
2. 発表標題 腱板断裂患者の痛みは肩峰下インピンジメントに起因するのか？
3. 学会等名 第50回日本肩関節学会
4. 発表年 2023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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------