

学位論文

「Limitation of the external glenohumeral rotation is associated with subacromial impingement syndrome, especially pain.」

(肩甲上腕関節の外旋制限は肩峰下インピンジメント症候群の痛みに関連する。)

DM20001 石井 大輔

北里大学大学院医療系研究科医学専攻博士課程

臨床医学群 整形外科学

指導教授 高相 晶士

著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において実験を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成したものに相違ないことをここに宣言する。

要旨

背景 肩峰下インピンジメント症候群は、肩の機能障害を伴う一般的な疾患である。肩甲上腕関節の内外旋は肩の機能にとって重要である。しかし、肩甲上腕関節の回旋角度を測定することは困難であるため、この角度と肩峰下インピンジメント症候群の臨床症状との関係はまだほとんどわかっていない。我々は、最先端の cineMRI を用いて、この関係の本質についての理解を深めるための研究を計画した。方法 肩峰下インピンジメント症候群の肩 100 例を評価した。患者は腕を内転させた状態で回旋運動を行い、cineMRI で測定を行った。撮影中、患者は肩を最大内旋から最大外旋まで 10 秒かけて回転させ、その後最大内旋まで 10 秒かけて回転させた。その後、一連の軸位断面の画像を用いて回旋角度を評価した。各患者の ConstanteMurley スコア (Constante スコア) と University of California at Los Angeles Shoulder Rating Scale (UCLA scale) が決定され、スコアと回旋角度の相関が評価された。Constante スコアと UCLA scale を測った群をそれぞれでの痛みの強さに応じてサブグループに分け、各群の回旋角度を比較した。また、夜間痛のある肩とない肩で回旋角度を比較した。結果外旋角度は Constante スコアおよび UCLA scale と有意だが低い相関を示したが (それぞれ $\rho = 0.24$ および 0.24)、内旋角度は相関しなかった。Constante スコアと UCLA scale の疼痛群を比較すると、外旋角度は疼痛が増すにつれて有意に減少し ($P < 0.01$)、負の相関を示した (それぞれ $\rho = -0.47$ 、 -0.41)。さらに、夜間痛のある患者の肩は、夜間痛のない患者の肩に比べ、外旋の制限が有意に認められた ($P = 0.01$)。

目次

	頁
1. 序論	1
2. 方法	
2-1. 対象	1
2-2. 臨床的評価	2
2-3. 夜間痛について	2
2-4. MRI撮影	2
2-5. MRI 評価	3
2-6. 統計学的検討	3
3. 結果	
3-1. 参加者属性	4
3-2. 臨床スコアと回旋角度の相関関係について	4
3-3. 夜間痛と回旋角度の相関関係について	4
4. 考察	4
5. 総括	5
6 今後の課題	5
7 謝辞	6
8. 引用文献	7
9. 業績目録	11
10. 図と表	12

1. 序論

肩峰下インピンジメント症候群は、上肢挙上の際に痛みを伴い、可動域制限や夜間痛などを生じる疾患である。^{16,28,30,36}病態として、肩甲骨の過剰な上方移動を引き起こすことにより、肩峰骨頭間距離の狭小化による挙上時の上腕骨頭の肩峰下での機械的圧迫が原因とされている。^{3,28,30}そのため、肩峰下インピンジメント症候群の原因として、肩峰骨頭間距離の狭小化が指摘されるようになった。しかし、最近のレビューでは肩峰骨頭間距離と肩峰下インピンジメント症候群における痛みに関連はないことが示されている。³⁴また最近のメタアナリシスとレビューでは肩峰下インピンジメント症候群に関連する痛みは棘下筋や肩甲下筋などの筋腱の機能障害と関連していることが示唆されている。しかし、棘下筋や肩甲下筋などの筋腱障害と肩峰下インピンジメント症候群の正確な関連性については、いまだ検討されていない。肩甲上腕関節における内外旋の動きは肩峰下インピンジメント症候群の病態を知る上で重要である。^{1,24}これまでの報告では、肩甲上腕関節の内外旋は肩峰下インピンジメント症候群の肩で挙上時に制限されると報告されている。^{12,25,35}しかし、生理学的に測定可能な肩の回旋角度は、胸骨と上腕骨のなす角度であり、この角度には、肩甲上腕関節の動きだけでなく、胸鎖関節、肩甲胸郭関節、胸鎖関節の動きも含まれる。このため、肩甲上腕関節の回旋角度を物理的に測定することは難しく、肩甲上腕関節の回旋機能と肩峰下インピンジメント症候群の臨床症状との正確な関係はまだほとんどわかっていない。最近では、MRIの進歩により、MRIの動的撮像法（以下cinMRI）で1秒間に1～2枚の画像を取得できるようになり、動的な関節運動解析が可能となった。cinMRIは個人をライブで評価することができ、心機能の評価などさまざまな用途に使用されている。^{2,15}cinMRIを行うことにより、肩甲上腕関節における回旋角度を正確に測定できるようになった。cinMRIにより肩峰下インピンジメント症候群の患者において自動回旋可動域が制限されることまでは検討してきた。¹⁸しかし、肩甲上腕関節における回旋制限と肩峰下インピンジメント症候群の臨床症状との関係は未だ不明である。今回私は肩甲上腕関節における回旋制限と肩峰下インピンジメント症候群の臨床症状との関係を検討することを目的に研究を行なった。

2. 方法

2-1. 対象

2012年1月から2013年12月までに2施設において肩峰下インピンジメント症候群が疑われ、cinMRIを施行した患者。拘縮による可動域制限の除外のために他動的肩関節可動域の制限（前方挙上100度以下、内転位外旋10度以下、内旋がL5未満のもの）のある患者を除外した155例169肩、平均年齢53歳（範囲15～81歳）。³⁹このうち、動作時痛による可動域制限の影響を除外するために他動自動の下垂位の内外旋で疼痛を自覚した17例（17肩）を除外。さらに肩峰下インピンジメント症候群と関係なく関節痛を引き起こす可能性のある膠原病患者4例（8肩）を除外した。肩峰下インピンジメント症候群において感度の高いpainful arc test、¹⁹Neerインピンジメントテスト、³⁰Hawkinse-Kennedyインピンジメントテスト、¹⁴Jobeテスト、¹⁶Horizontalインピンジメント⁴⁴のうち3つ以上の陽性にならなかった10例（10肩）を除外した。また、可動域に影響を与え

る器質的疾患として、MRIにおいて腱板部分断裂または腱板全層断裂と診断された34名の患者(29肩)も除外した。この際、肩峰下インピンジメント症候群に関係ない可動域制限を起こしうる凍結肩に特徴的な脂肪抑制T2強調MRIで腋窩凹部周囲の信号強度の増加や滑膜浮腫を認めた患者は皆無であった。(感度85.3~88.2%、特異度88.2%)^{10,33}さらにMRI施行後1ヶ月以内に凍結肩を疑うべき症状がないことを確認した。³⁹最終的に男性62人、女性33人、平均年齢51歳(範囲16-81歳)の95人の患者(100肩)が対象となった。(Table I, Fig. 1)

2-2. 臨床的評価

評価は1人の整形外科医が行った。自動の肩関節可動域については坐位、肩関節内転位で屈曲、外転、内旋、外旋を測定した。屈曲と外転は、CaveとRobertsが提唱したゴニオメーターによる肩甲上腕関節におけるゼロポジションの定義⁵に従い、肘を伸ばし手関節を屈曲伸張0°にした状態で矢状面と冠状面について測定した。外旋(ER)は、肩関節内転位、肘屈曲90°で測定した。内旋(IR)は、Constante-Murleyスコア(Constanteスコア)⁷に従い、患者の親指が脊椎に沿って背中中に最も到達した高さとして測定した。また、全患者はConstanteスコア⁷とUniversity of California at Los Angeles Shoulder Rating Scale (UCLA scale)⁸を用いて評価された。両スコアは、整形外科医の指導に基づき、患者が回答する質問票を用いて決定された。

すべての患者に対し、それぞれの臨床スコアに対応して、痛みを評価した。Constanteスコアの疼痛の項目を評価尺度として、疼痛のサブグループとして(軽度1-3、中等度4-7、重度8-10)¹¹³群に分け、各群をcinMRIにおける回旋角度と比較。UCLA scaleにおける痛みの尺度はUCLA scaleの痛みの項目に従い疼痛評価のためにサブグループに分けた。グループ1痛みが時折わずかにある。グループ2重労働、特定の活動時に痛みがあり、痛み止めを時折使用。グループ3安静時に痛みがないが軽作業で痛みが発症し、頻繁に痛み止めを使用する。グループ4常に痛みが存在するが、痛みを耐えうる。強い痛み止めを時折使用するグループ5耐えられない痛みが常に存在し、強い薬を頻繁に使っている状態とした。

2-3. 夜間痛

肩の障害に伴う夜間痛は、様々な病態に起因する可能性があり、体を起こすと痛みが和らぐような痛みを特徴とすることが多い。^{23,31,38}また、寝返りを打ったり、側臥位をとったりすることで、痛みで目が覚めることもある。^{40,43}以前に報告された定義に基づき、夜間痛を体を起こすと痛みが和らぐような痛みとし、^{23,38}患者を夜間痛のある群とない群の2群に分けた。動作に関連した痛みや、圧迫による痛みは除外した。

2-4. MRI撮影

MRI撮影は1.5 Tの4 channel shoulder array coilを使用(Signa; GE Healthcare, Amersham, England)もしくはシーメンス社のshoulder coilを使用したもので撮影した(shoulder 16, MAGNETOM Aera; Siemens Healthineers, Erlangen, Germany)。肩のCine-MRIは、通常の撮

影法を用いた2次元高速撮像(以下FIESTA) (GE (Siemens Healthcare; 撮影条件: 繰り返し時間 (TR)/エコー時間 (TE) =4.91 ms/ 2.46 m; Flip Angle 20° ;bandwidth ±62.5 Hz/pixel; matrix, 256×224; number of excitations,1.0; field of view,28×28 cm; スライス厚, 6.0 mm)。もしくは steady-state precessionによる高速撮像を行った (以下True FISP) (Siemens Healthcare; imaging parameters: 繰り返し時間(TR)/エコー時間 (TE) =4.91 ms/ 2.46 m; flip angle, 20° ; bandwidth, 349 Hz/pixel; matrix, 256×256; number of excitations, 1.0; field of view, 28×28 cm; スライス厚, 6.0 mm)。1秒間に1枚の割合で連続画像を記録した。画像撮影は、上腕骨頭の中心を含む軸位断面像を用いて行われた。参加者は仰臥位、肩関節内転位で肩の内旋と外旋を行った。上腕の長軸を体幹と平行に保つため、上腕の下に軟らかい板状のクッションを置いた。撮影は腕を完全に内旋させた状態から開始した。参加者は10秒間かけて腕を最大外旋位まで外旋させ、その後10秒間で最大内旋位まで内旋させるまでの時間をストップウォッチで数えた。MRI撮影の前に、参加者全員が医師またはセラピストの指示に従って動作を数回練習した。各参加者について、少なくとも2セットの動作を記録した。

2-5 MRI評価

MRIで得られた肩甲上腕関節の内旋・外旋位と臨床スコアとの相関を評価した。さらに、Constanteスコアの質問に対する回答を用いて患者を分類した。そして、ConstanteMurleyスコアの痛みのサブグループに従って、患者を3つのグループに分けた。また、UCLA scaleの痛みのサブグループによって5群に分けた。さらに、夜間痛のある患者とない患者で回旋角度を比較した。回旋角度は以前の報告と同様に、肩甲骨軸と上腕骨頭軸の成す角度と定義した。¹⁸

肩甲骨軸は、関節窩の midpoint で関節窩に垂直な線と定義した。上腕骨頭軸は、上腕骨頭の関節面の midpoint と上腕骨頭に適用した円の中心を結ぶ線と定義した。この2軸が平行であるとき、関節はニュートラルポジションにあるとみなした。(Fig. 2)

2-6 統計学的検討

統計解析は市販のソフトウェアを用いて行った。(JMP Pro, version 14.3; SAS Institute Inc., Cary, NC). 結果は平均値±標準偏差で示した。統計学的検討として、cineMRIにおける回旋角度と臨床スコアの相関は、スピアマンの順位相関係数を用いて求めた。両臨床スコアの疼痛評価で分けられたサブグループと回旋角度の比較にはKruskaleWallis検定を用い、その後、Dwass-Steel-Critchlow-Flignerを事後検定として使用した。両臨床スコアの疼痛評価のサブグループと回旋角度との相関は、スピアマンの順位相関係数を用いて求めた。夜間痛の有無の統計的差は、ManneWhitney U検定を用いて決定した。すべての統計解析において、有意差は $p < 0.05$ と定義した。相関の分類法は以下の通りである： $0 < |\rho| \leq 0.2$ 、ほぼ相関なし； $0.2 < |\rho| \leq 0.4$ 、軽度相関あり。 $0.4 < |\rho| \leq 0.7$ 、中程度の相関あり； $0.7 \leq |\rho|$ 、高度の相関あり。

3. 結果

3-1. 参加者属性

cine MRIは、検査したすべての肩において、腱板の協調運動を鮮明に撮影することができた。cineMRIにより測定された内旋角度と外旋角度の平均は、それぞれ $38 \pm 21^\circ$ と $14 \pm 26^\circ$ であった。Constanteスコアの平均は 65 ± 13 点、UCLA scaleの平均は 18 ± 3 点であった。肩痛が軽度、中等度、重度に分類された患者数は、それぞれ29名、41名、30名であった。また、UCLA scaleの各項目数は、それぞれ3名、31名、36名、26名、4名であった(Table II)。また、夜間痛のある肩は46名、ない肩は54名であった(Table III)。

3-2. 臨床スコアと回旋角度の相関

cineMRIを用いて決定された外旋角度は、Constanteスコア (Fig. 3,A ; $\rho = 0.24, P = .019$) およびUCLA scale (Fig. 3,C ; $\rho = 0.24, P = .015$) と有意に正の相関を示したが、軽度の相関であった。外旋角度 ($P < .001$) には3つの疼痛群間で有意差があったが、内旋角度 ($P = .79$) には有意差はなかった。(Table II, Fig. 4,AおよびB) 事後検定によると、外旋角度は、軽度および中等度の疼痛群よりも重度の疼痛群で有意に小さかった (重度対軽度、 $P < 0.001$; 重度対中等度、 $P = .004$) 。

5つの疼痛群間の比較では、外旋角度はグループ2およびグループ3よりもグループ4で有意に小さかった (グループ2 vs グループ4、 $P < .001$; グループ3 vs グループ4、 $P = .001$) 。(Table II, Fig. 4, CとD) Constanteスコアの疼痛群では、外旋角度は3疼痛群と有意な相関があったが ($\rho = -0.47, P < .001$) 、内旋角度は相関がなかった ($P = .46$) 。したがって、UCLA scaleの疼痛群では、グループ1とグループ5の数は少ないが (グループ1 $n = 3$ 、グループ5 $n = 4$) 、両疼痛群と外旋角度の相関は中等度であった。

3-3. 夜間痛と回旋角度の相関関係について

夜間痛の有無と内外旋可動域の比較では、夜間痛の無かった肩よりも夜間痛を認めた肩は内旋角度に有意差を認めなかったが、外旋角度は有意に夜間痛を認めた肩の方が制限されていた。(夜間痛無vs有 : $20 \pm 25^\circ$ vs $8 \pm 27^\circ$, $p = 0.18$) (Table III, Fig. 5)。

4. 考察

本研究により、肩峰下インピンジメント症候群を有する肩では肩甲上腕関節における外旋が有意に制限され、臨床スコアの低下に比例することが明らかになった。Constanteスコアの疼痛スコアにおいて、重度の群では、軽度および中等度の疼痛群の肩に比べ、外旋角度が有意に制限されていた。さらに夜間痛のある肩峰下インピンジメント症候群患者は、夜間痛のない患者の外旋角度と比較して、肩関節の外旋角度が制限されていた。本研究は、外旋の制限が機能スコア、特に疼痛スコアの不良と関連していることを示している。先行研究においても肩甲上腕関節における外旋の制限が肩峰下インピンジメント症候群の症状と関連している報告は多くあり、^{12,25,27} これまでの報告を裏付ける結果となっている。上腕骨頭は挙上時に外旋し、^{9,12,21,25,26} 棘上筋と棘下筋は肩峰の下を通過する際、特に外転時に肩峰下でインピンジメントを起こす。

Hallström らの¹² 先行研究において肩峰下インピンジメント症候群を有する肩では挙上時の外旋が減少すると報告している。肩の挙上の初期段階において、症候性腱板断裂の肩では、正常な肩や無症候性腱板断裂の肩に比べて外旋角度が有意に小さい。²¹ この研究では、痛みが強いほど外転角度も有意に減少した(Table II)。したがって、外旋の低下は、挙上時、特に外転時に大結節が肩峰下でインピンジメントを起こすことによって症状を悪化させる可能性があると考えられる。それに対して、内旋が制限されている肩では、外旋する能力は損なわれていない可能性がある。上肢挙上では、肩甲上腕関節の内旋は外転よりもむしろ屈曲と関連している。^{9,26} しかし、肩峰下インピンジメント症候群に関連した疼痛は、**painful arc** 徴候のように外転時に生じる。¹⁹ 本研究では、いずれの臨床スコアにおいても、疼痛群間で内旋角度に有意差はみられなかった。したがって、内旋機能障害は外旋機能障害よりも肩峰下インピンジメント症候群関連痛との関連性が低い可能性がある。しかし私は、挙上時の回旋については解析できていないため、今後、さらなる研究が必要である。

最後に夜間痛について、夜間痛は肩峰下の圧の上昇と関連している。^{17,22,31} このことが、本研究で観察された夜間痛の原因であると考えられる。肩甲下筋と棘下筋は、上腕骨頭を関節窩において正しい位置に固定するのに貢献している。^{4,6,32,36,37} Werner によると肩峰下における圧は内旋位で上昇し、外旋位で減少するとの報告や肩峰下における圧は、棘下筋力と強い負の相関があるとの報告があり、⁴² これらの報告は、肩甲上腕関節の外旋の制限が、仰臥位での肩峰下圧の上昇と関連していることを示唆している。夜間痛は、肩峰下腔の容積が増加するため、上半身を座位または傾斜位にすると急速に改善する、^{22,31} 肩甲上腕関節の外旋機能障害を標的とした治療介入を行うことで、夜間痛を効果的に軽減できる可能性が推察される。この推測を裏付けるためには、さらなる研究が必要である。

5. 総括

cineMRIを用いて、肩峰下インピンジメント症候群の臨床症状と肩甲上腕関節における回旋の関係を検討した。肩峰下インピンジメント症候群の肩の外旋角度はConstanteスコアおよびUCLA scaleと有意な正の相関を示した。特に重度疼痛群の外旋角度は、軽度および中等度疼痛群のそれよりも有意に小さかった。さらに、夜間痛のある患者は、夜間痛のない患者と比較して、肩甲上腕関節の外旋角度が有意に制限されていた。これらの研究結果から、肩甲上腕関節の外旋制限は、腱板機能障害による疼痛と関連していることが示された。さらに、我々の知見は、肩甲上腕関節の外旋機能障害を標的とした治療介入を用いることで、夜間痛を効果的に軽減できることを示唆している。

6. 今後の課題

これは横断的研究である。症状と回旋角度の関係を適切に評価するためには、治療前後の回旋角度の変化を調べる縦断的研究が必要であろう。第2に、本研究では筋活動を評価していない。筋電図が必要かもしれないが、筋電図とMRIを同時に行うことは難しい。第3に、本研究にお

ける肩峰下インピンジメント症候群の診断基準は、以前の報告における基準と比べて厳密でない可能性がある。²⁹Horizontal インピンジメントテストは、上腕骨の大結節を肩峰と擦れ合うことなく肩峰下腔の下に通過させなければ、肩峰下インピンジメント症候群に関連した疼痛を起こす。この操作は、外転90度のHawkinseKennedyテストに似ているが、Horizontal インピンジメントテストの感度は報告されていない。

この研究では、100肩中87肩がHorizontal インピンジメントテストで陽性反応を示した。このことは、肩峰下インピンジメント症候群の患者の診断基準も十分であったことを示唆している。第4に、肩峰下インピンジメント症候群に関連した疼痛は肩甲骨の運動障害とも関連している²⁰肩峰下インピンジメントテスト症候群に関連した肩甲骨の運動（挙上時の後傾など）は評価していない。これは本研究の限界の1つであると考えられる。理想的な横断研究であれば、筋活動を評価するための筋電図や、肩甲骨の動きを評価するための筋電図が含まれていただろう。この点に留意して今後も研究を続けたい。しかし、この研究により、肩甲上腕関節回旋と肩峰下インピンジメントテスト症候群関連痛との関係が立証されたと考えている。

7. 謝辞

本研究に関してご指導ご鞭撻を頂いた北里大学整形外科教高相教授、MRIの管理および技術支援をしてくれた井上優介教授（北里大学医学部放射線科）、またこれまで研究課程において数々のご指導をいただいた整形外科学分野の諸先生方、放射線技師の方々に感謝の意を表したい。

8. References

1. Anglin C, Wyss UP, Pichora DR. Glenohumeral contact forces. *Proc Inst Mech Eng H* 2000;214:637-44.
2. Barkhausen J, Ruehm SG, Goyen M, Buck T, Laub G, Debatin JF. MR evaluation of ventricular function: true fast imaging with steady-state precession versus fast low-angle shot cine MR imaging: feasibility study. *Radiology* 2001;219:264-9.
3. Bigliani LU, Levine WN. Subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:1854-68.
4. Bitter NL, Clisby EF, Jones MA, Magarey ME, Jaberzadeh S, Sandow MJ. Relative contributions of infraspinatus and deltoid during external rotation in healthy shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:563-8.
5. Cave EF, Roberts SM. A method for measuring and recording joint function. *J Bone Joint Surg Am* 1936;18:455-65.
6. Clisby EF, Bitter NL, Sandow MJ, Jones MA, Magarey ME, Jaberzadeh S. Relative contributions of the infraspinatus and deltoid during external rotation in patients with symptomatic subacromial impingement. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17:87S-92S.
7. Constante CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987;214:160-4.
8. Ellman H, Hanker G, Bayer M. Repair of the rotator cuff. End-result study of factors influencing reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:1136-44.
9. Giphart JE, Brunkhorst JP, Horn NH, Shelburne KB, Torry MR, Millett PJ. Effect of plane of arm elevation on glenohumeral kinematics: A normative biplane fluoroscopy study. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:238-45.
10. Gondim Teixeira PA, Balaj C, Chanson A, Lecocq S, Louis M, Blum A. Adhesive capsulitis of the shoulder: value of inferior glenohumeral ligament signal changes on T2-weighted fat-saturated images. *AJR Am J Roentgenol* 2012;198:W589-96.
11. Haefeli M, Elfering A. Pain assessment. *Eur Spine J* 2006;15:17-24.
12. Hallström E, Kärrholm J. Shoulder kinematics in 25 patients with impingement and 12 controls. *Clin Orthop Relat Res* 2006;448:22-7.
13. Hanratty CE, McVeigh JG, Kerr DP, Basford JR, Finch MB, Pendleton A, et al. The Effectiveness of Physiotherapy Exercises in Subacromial Impingement Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Semin Arthritis Rheum* 2012;42:297-316.
14. Hawkins RJ, Kennedy JC. Impingement syndrome in athletes. *Am J Sports Med* 1980;8:151-8.
15. Heitner J, Bhumireddy GP, Crowley AL, Weinsaft J, Haq SA, Klem I, et al. Clinical application of cine-MRI in the visual assessment of mitral regurgitation compared to echocardiography and cardiac catheterization. *PLoS One* 2012;7
16. Jobe FW, Moynes DR. Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. *Am J Sport Med* 1982;10:336-9.

17. Kempf B, Kongsted A. Association between the side of unilateral shoulder pain and preferred sleeping position: A cross-sectional study of 83 Danish patients. *J Manipulative Physiol Ther* 2012;35:407-12.
18. Kenmoku T, Matsuki K, Ochiai N, Sonoda M, Ishida T, Sasaki S, et al. Comparison of glenohumeral joint rotation between asymptomatic subjects and patients with subacromial impingement syndrome using cine-magnetic resonance imaging: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* 2019;20:475.
19. Kessel L, Watson M. The painful arc syndrome. Clinical classification as a guide to management. *J Bone Joint Surg Br* 1977;59:166-72.
20. Kibler WB, Sciascia A, Wilkes T. Scapular Dyskinesis and Its Relation to Shoulder Injury Abstract. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;30:364-72.
21. Kijima T, Matsuki K, Ochiai N, Yamaguchi T, Sasaki YY, Hashimoto E, et al. In vivo 3-dimensional analysis of scapular and glenohumeral kinematics: Comparison of symptomatic or asymptomatic shoulders with rotator cuff tears and healthy shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:1817-26.
22. Konishiike T, Hashizume H, Nishida K, Inoue H, Nagoshi M. Shoulder pain in long-term haemodialysis patients. A clinical study of 166 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78:601-5.
23. Krishnan SG, Hawkins RJ, Bokor DJ. Clinical evaluation of shoulder problems. In: Rockwood CA, Matsen FA, Wirth MA, Lippitt SB, editors. *The Shoulder*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders; 2004. p. 145-85.
24. Kuechle DK, Newman SR, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An KN. The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in four positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2000;15:322-9.
25. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 2000;80:276-91.
26. Ludewig PM, Phadke V, Braman JP, Hassett DR, Cieminski CJ, LaPrade RF. Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:378-89.
27. Matsen FA, Arntz CT. Subacromial impingement. In: Rockwood CA, Matsen FA, editors. *The Shoulder*. 3rd ed. Philadelphia: WB.Saunders; 1990. p. 623-36.
28. Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech* 2003;18:369-79.
29. Michener LA, Walsworth MK, Doukas WC, Murphy KP. Reliability and Diagnostic Accuracy of 5 Physical Examination Tests and Combination of Tests for Subacromial Impingement. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:1898-903.

30. Neer CS 2nd. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54:41-50.
31. Okutsu I, Ninomiya S, Takatori Y, Hamanaka I, Schonholtz GJ. Coracoacromial ligament release for shoulder impingement syndrome using the Universal Subcutaneous Endoscope system. *Arthroscopy* 1992;8:2-9.
32. Otis JC, Jiang CC, Wickiewicz TL, Peterson MG, Warren RF, Santner TJ. Changes in the moment arms of the rotator cuff and deltoid muscles with abduction and rotation. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:667-76.
33. Park S, Lee DH, Yoon SH, Lee HY, Kwack KS. Evaluation of adhesive capsulitis of the shoulder with fat-suppressed T2-weighted MRI: Association between clinical features and MRI findings. *Am J Roentgenol* 2016;207:135-41.
34. Park SW, Chen YT, Thompson L, Kjoenoe A, Juul-Kristensen B, Cavalheri V, et al. No relationship between the acromiohumeral distance and pain in adults with subacromial pain syndrome: a systematic review and metaanalysis. *Sci Rep* 2020;10:1-14.
35. Poppen NK, Walker PS. Normal and abnormal motion of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:195-201.
36. Sharkey NA, Marder RA. The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *Am J Sports Med* 1995;23:270-5.
37. Sharkey NA, Marder RA, Hanson PB. The entire rotator cuff contributes to elevation of the arm. *J Orthop Res* 1994;12:699-708.
38. Terabayashi N, Watanabe T, Matsumoto K, Takigami I, Ito Y, Fukuta M, et al. Increased blood flow in the anterior humeral circumflex artery correlates with night pain in patients with rotator cuff tear. *J Orthop Sci* 2014;19:744-9.
39. Ueda Y, Sugaya H, Takahashi N, Matsuki K, Kawai N, Tokai M, et al. Rotator cuff lesions in patients with stiff shoulders: a prospective analysis of 379 shoulders. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97:1233-7.
40. van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, Bouter LM. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis* 1995;54:959-64.
41. Veeger HEJ, van der Helm FCT. Shoulder function: the perfect compromise between mobility and stability. *J Biomech* 2007;40:2119-29.
42. Werner CML, Blumenthal S, Curt A, Gerber C. Subacromial pressures in vivo and effects of selective experimental suprascapular nerve block. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15:319-23.
43. Zenian J. Sleep position and shoulder pain. *Med Hypotheses* 2010;74:639-43.

44. Shoulder examination tests; Shoulddoc. co. uk. <https://www.shoulddoc.co.uk/section/497#staticlink>.

9. 業績目録

No.	論文タイトル
1	石井大輔, 見目智紀, 宮島玄陽, 名倉直重, 中脇充章, 田澤諒, 宗重響子, 松本光圭, 井上宏介, 高相晶士: 上腕骨外科頸骨折後偽関節に対する腱板筋の影響. 肩関節, 45(2):266~269, 2021.
2	Daisuke Ishii, Tomonori Kenmoku, Ryo Tazawa, Mitsufumi Nakawaki, Naoshige Nagura, Kyoko Muneshige, Kazuo Saito, Masashi Takaso. : Limitation of the external glenohumeral joint rotation is associated with subacromial syndrome, especially pain. JSES International. 5:430~438, 2021.
No.	学会発表
1	Daisuke Ishii, Tomonori Kenmoku, Ryo Tazawa, Kosuke Inoue Mitsuyoshi Matsumoto, Masashi Kawabata, Hiroyuki Watanabe, Masashi Takaso : Investigation of pitching performance and physical changes associated with fatigue 第50回日本肩関節学会学術集会 [発表形式: 一般講演(口頭発表)]
2	石井大輔 村田幸祐 宮城正行 塚田亜裕美 小山智久 黒田晃義 井上翔 三村悠介 眞壁基樹 内田健太郎 井上玄 高相晶士 : 重症骨粗鬆症患者に対するロモソズマブの1年成績と腰痛に及ぼす影響 第25回日本骨粗鬆症学会 [発表形式: 一般講演(口頭発表)]
3	Daisuke Ishii, Tomonori Kenmoku, Ryo Tazawa, Mitsufumi Nakawaki, Naoshige Nagura, Kyoko Muneshige, Masashi Takaso: The influence of rotator cuff on the pseudarthrosis of the two part of proximal humerus fracture 第47回日本肩関節学会学術集会 [発表形式: 一般講演(口頭発表)]

10. 図と表

Table I
Patient demographic data.

	Shoulders (n = 100)
Age (y)	51 (range, 16-81)
Sex	F, 33; M, 62
Side	D, 61; ND, 39
Clinical ROM	
Flexion (°)	158 ± 22
Abduction (°)	136 ± 39
ER (°)	68 ± 18
IR*	T10 (B-T5)
Physical tests	
Painful arc test	Positive, 77; negative, 23
Neer impingement test	Positive, 50; negative, 50
Hawkins-Kennedy test	Positive, 91; negative, 9
Jobe's test	Positive, 79; negative, 21
Horizontal impingement test	Positive, 87; negative, 13
Clinical score	
Constant score (points)	65 ± 13
UCLA score (points)	18 ± 3

F, female; M, male; D, dominant; ND, nondominant; ER, external rotation; IR, internal rotation; ROM, range of motion; T, thoracic vertebra; B, buttock; UCLA, University of California in Los Angeles.

* IR was determined using the vertebra reachable by the thumb.

Table II
Demographic data of pain groups.

Constant score	Mild (n = 29)	Moderate (n = 41)	Severe (n = 30)	P value		
Age (y)	47 (range, 16-77)	52 (range, 16-81)	52 (range, 16-76)	.37		
Sex	F, 8; M, 21	F, 16; M, 25	F, 9; M, 21	.56		
Side	D, 18; ND, 11	D, 26; ND, 15	D, 17; ND, 13	.84		
Clinical ROM						
Flexion (°)	163 ± 16	160 ± 20	150 ± 27	.16		
Abduction (°)	150 ± 27	136 ± 43	122 ± 39	.048[†]		
ER (°)	71 ± 14	70 ± 17	63 ± 21	.26		
IR*	T10 (L3-T5)	T10 (B-T5)	T10 (B-T5)	.51		
ROM determined by cine-MRI						
IR (°)	36 ± 27	38 ± 19	40 ± 19	.79		
ER (°)	29 ± 18	17 ± 24	-4 ± 26	<.001[‡]		
UCLA score	Group 1 (n = 3)	Group 2 (n = 31)	Group 3 (n = 36)	Group 4 (n = 26)	Group 5 (n = 4)	P value
Age (y)	50 (range, 37-63)	45 (range, 17-77)	55 (range, 1981)	52 (range, 16-76)	52 (range, 18-64)	.37
Sex	F, 0; M, 3	F, 9; M, 22	F, 15; M, 21	F, 7; M, 19	F, 2; M, 2	.31
Side	D, 2; ND, 1	D, 21; ND, 10	D, 21; ND, 15	D, 14; ND, 12	D, 3; ND, 1	.80
Clinical ROM						
Flexion (°)	170 ± 9	164 ± 16	159 ± 21	153 ± 26	128 ± 28	.07
Abduction (°)	133 ± 31	153 ± 29	135 ± 42	123 ± 41	95 ± 13	.023[§]
ER (°)	80 ± 5	72 ± 14	68 ± 18	62 ± 22	70 ± 12	.45
IR*	T11 (L3-T7)	T9 (L3-T5)	T11 (B-T5)	T9 (B-T5)	T10 (L2-T7)	.39
ROM determined by cine-MRI						
IR (°)	36 ± 27	38 ± 19	40 ± 19	40 ± 19	40 ± 19	.79
ER (°)	11 ± 17	27 ± 20	20 ± 23	-7 ± 25	6 ± 37	<.001[‡]

F, female; M, male; D, dominant; ND, nondominant; MRI, magnetic resonance imaging; ROM, range of motion; ER, external rotation; IR, internal rotation; T, thoracic vertebra; L, lumbar vertebra; B, buttock.

Bold values showed significant difference.

* IR was determined using the vertebra reachable by the thumb.

[†] There was significant difference between mild and severe groups ($P = .018$).

[‡] Severe group was significantly restricted compared with mild and moderate groups ($P < .001$, $P = .004$, respectively).

[§] There was significant difference between item 5 and item 2 group ($P = .044$).

^{||} Group 4 was significantly restricted ER angle compared with groups 2 and 3 ($P < .001$, $P = .001$, respectively).

Table III
Demographic data of shoulders with or without night pain.

	With night pain (n = 46)	Without night pain (n = 54)	P value
Age (y)	55 (range, 18-81)	46 (range, 16-7)	.018
Sex	F, 14; M, 32	F, 19; M, 35	.61
Side	D, 27; ND, 19	D, 34; ND, 20	.66
Clinical ROM			
Flexion (°)	152 ± 24	163 ± 18	.008
Abduction (°)	125 ± 41	145 ± 35	.017
ER (°)	62 ± 19	74 ± 15	.001
IR*	T10 (B-T5)	T10 (L4-T5)	.84
ROM determined by cine-MRI			
IR (°)	35 ± 20	40 ± 22	.089
ER (°)	8 ± 27	20 ± 25	.018

F, female; M, male; D, dominant; ND, nondominant; MRI, magnetic resonance imaging; ER, external rotation; IR, internal rotation; T, thoracic vertebra; B, buttock; L, lumbar vertebra.

Bold values showed significant difference.

* IR was determined using the vertebra reachable by the thumb.

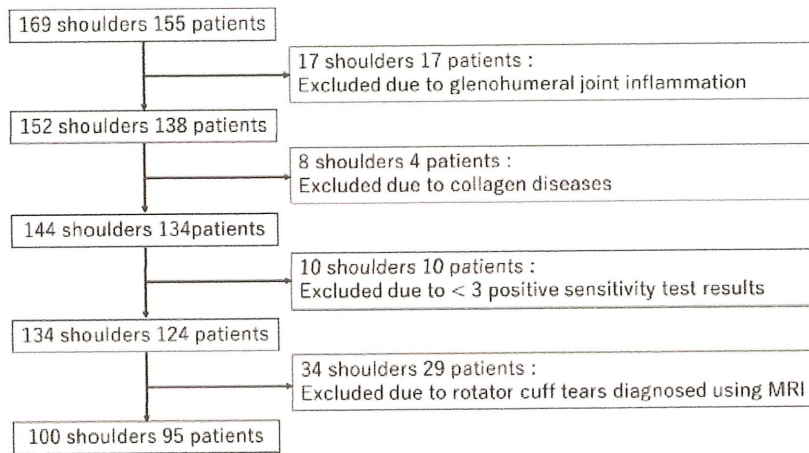


Figure 1 A flowchart showing the progressive inclusion and exclusion of subjects in this study. MRI, magnetic resonance imaging.

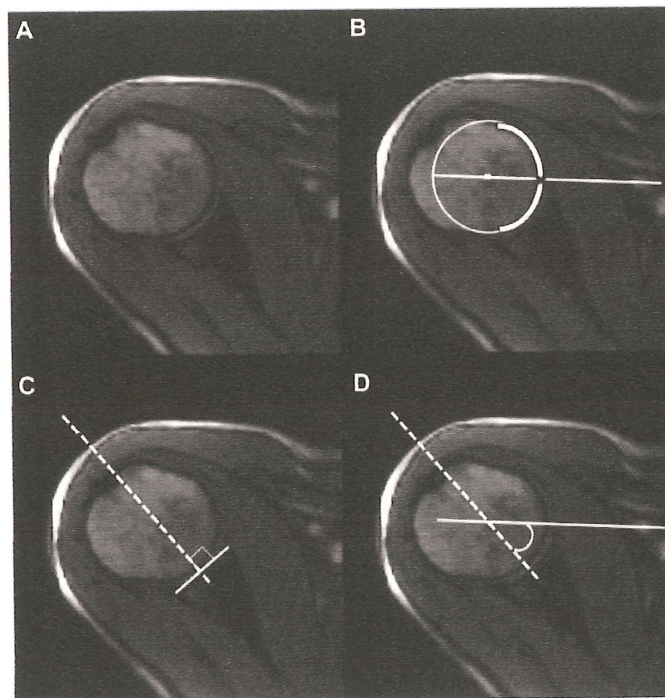


Figure 2 Determination of rotational angle on images captured using cine-magnetic resonance imaging. (A) Showed a raw figure. (B) The axis of the humeral head was defined as the line connecting the center of the humeral head and the midpoint of the humeral head surface. (C) centerline of the glenoid was defined as the line perpendicular to the surface of the glenoid fossa at its midpoint. (D) The angle of rotation was defined as the angle between the two lines, with the zero point at the intersection of the axis of the humeral head and the centerline of the glenoid.

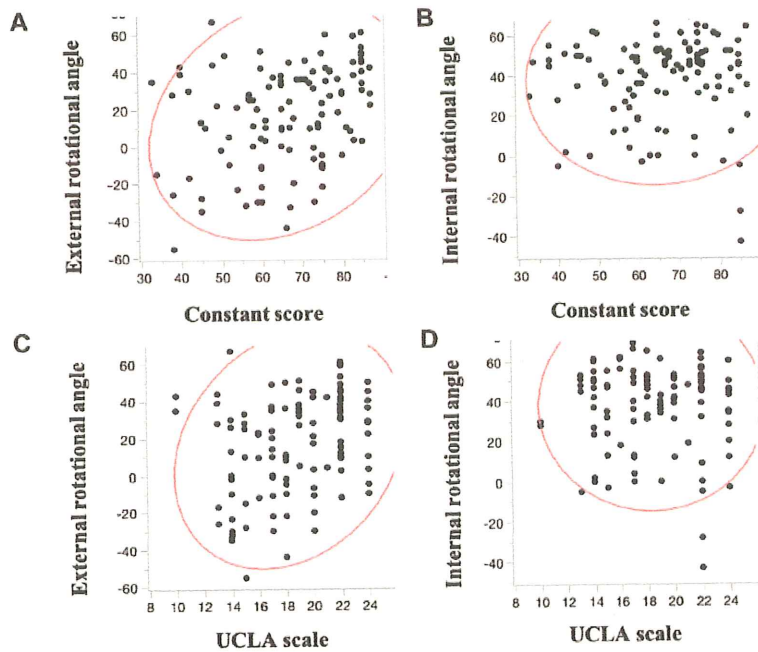


Figure 3 Correlation of clinical scores and rotational angles. (A) Correlation between the external rotation angle and the Constant–Murley score ($\rho = 0.24, P = .019$). (B) Correlation between the internal rotation angle and the Constant–Murley score. ($\rho = 0.12, P = .22$). (C) Correlation between the external rotation angle and the UCLA scale ($\rho = 0.24, P = .015$). (D) Correlation between the internal rotation angle and the UCLA scale ($\rho = 0.03, P = .79$).

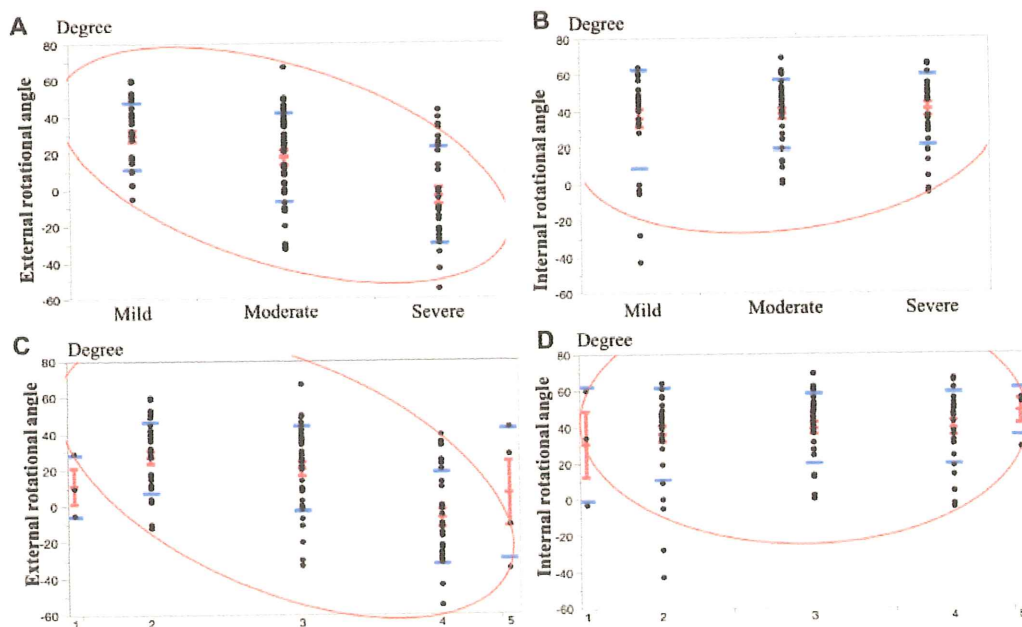


Figure 4 Comparison of rotational angle among the pain groups. (A) There were significant differences in the external rotation angle among the 3 pain groups of Constant–Murley score ($P < .001$; 95% confidence interval [CI]; mild, 21–38; moderate, 10–25; severe, -13–4). Post hoc testing revealed that the external rotation angle was significantly smaller in the severe pain group than in the mild and moderate pain groups (severe vs. mild: $P < .001$; mean difference [MD], -20; CI, -51 – -19; severe vs. moderate: $P = .004$; MD, -15; CI, -40 – -6). Correlation between the external rotation angle and the pain groups ($\rho = -0.47, P < .001$). (B) There were no significant differences in internal rotation angles ($P = .61$; 95% CI; mild, 26–42; moderate, 31–44; severe, 31–48). Correlation between the internal rotation angle and the pain groups ($\rho = 0.05, P = .59$). (C) There were significant differences in the external rotation angle among the 5 pain groups of UCLA score ($P < .001$; 95% CI; group 1, -31–54; group 2, 20–34; group 3, 13–28; group 4, -17–3; group 5, -50–63). Post hoc testing revealed that the external rotation angle was significantly smaller in the group 4 than in the groups 2 and 3 (group 4 vs. group 2: $P < .001$; MD, -20; CI, -54 – -16; group 4 vs. group 3: $P = .001$; MD, -18; CI, -49 – -10). Correlation between the external rotation angle and the pain groups ($\rho = -0.41, P < .001$). (D) There were no significant differences in internal rotation angles ($P = .79$; 95% CI; 1, -48–109; 2, 27–45; 3, 32–45; 4, 30–47; 5, 27–69). Correlation between the internal rotation angle and the pain groups ($\rho = 0.07, P = .47$). Blue bar, standard error; red bar, average and standard deviation; red ellipse, 90% confidence ellipse.

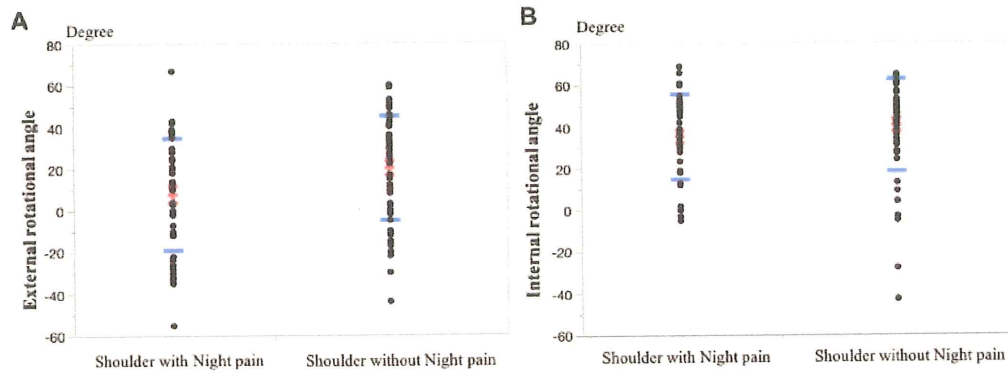


Figure 5 Comparison of the rotational angle between shoulders with and without night pain. (A) Shoulders with night pain had smaller external rotation angles than shoulders without night pain ($P = .018$; 95% confidence interval [CI]: shoulder with night pain, 0-15; shoulder without night pain, 14-27). (B) No significant difference was seen in internal rotation angles ($P = .089$; 95% CI: shoulder with night pain, 29-41; shoulder without night pain, 34-46). Blue bar, standard error; red bar, average and standard deviation.