

## 肩外転装具装着時の胸腰部屈伸運動が肩甲骨位置と腱板筋の筋活動に与える影響

(腱板断裂/肩外転装具/筋活動)

山崎健治<sup>1)</sup>・馬庭壯吉<sup>2)</sup>

## Effects of Thoracolumbar Flexion-extension Exercise on Scapular Position and Rotator Cuff Muscle Activity During Shoulder Abduction Orthosis

(rotator cuff tear / shoulder abduction orthosis / muscle activity)

Kenji YAMASAKI, Sokichi MANIWA

**Abstract:** The purpose of this study was to accumulate basic data for planning rehabilitation programs in the early postoperative period after arthroscopic rotator cuff repair (ARCR). The subjects of our study were seven healthy adult males. We measured rotator cuff muscle activity and scapular position in a chair-sitting position wearing a shoulder abduction brace. Muscle activity for thoracolumbar extension, thoracolumbar flexion, scapular adduction, scapular abduction, and scapular elevation exercises was measured, as well as scapular position in the thoracolumbar neutral position and in the final range of thoracolumbar extension, thoracolumbar flexion, scapular abduction, and scapular elevation. In the result, muscle activity in the supraspinatus muscle was greater than 20% of maximal voluntary isometric contraction (MVC) in scapular adduction and scapular elevation. Although the scapula position with thoracolumbar motion changed less than with scapulothoracic joint motion, abduction of the scapula was observed with thoracolumbar flexion, and adduction of the scapula was also observed with thoracolumbar extension. Thoracolumbar flexion, extension and scapular abduction exercises performed in a chair-sitting position with a shoulder abduction brace may be safe and useful in preventing disuse syndrome and contractures in the early postoperative period after ARCR surgery.

**【要旨】** 本研究は、鏡視下腱板縫合術後のリハビリテーションプログラムを立案するための基礎データを集積することを目的とした。健常成人男性7名を対象に、肩外転装具を装着した椅子座位における胸腰部伸展、胸腰部屈曲、肩甲骨内転、肩甲骨外転、肩甲骨挙上運動の際の腱板筋活動(%MVC)を測定した。また、胸腰部中間位と胸腰部伸展、胸腰部屈曲、肩甲骨内転、肩甲骨外転、肩甲骨挙上の最終域の肩甲骨位置を測定した。筋活動量は、20%MVC以上を高活動量と定義して5つの運動間で比較し、肩甲骨位置は6肢位間で多重比較を行った。その結果、棘上筋の筋活動量は肩甲骨内転と挙上で20%MVC以上であった。肩甲骨位置は、胸腰部屈曲で肩甲骨の外転、胸腰部伸展で肩甲骨の内転がみられた。肩外転装具を装着した椅子座位で行う胸腰部の屈伸と肩甲骨外転は、鏡視下腱板縫合術後早期の廃用症候群や拘縮の予防に有用である可能性が考えられた。

### I. はじめに

我が国の高齢者における腱板断裂の有病率は、26.5%と報告されており、70歳代では、1,000万人が腱板断裂

を有すると推計されている<sup>1-2)</sup>。腱板断裂が発生すると肩関節機能は低下し、結帯、結髪、料理、着替えなど様々な日常生活動作の制限を生じるため、断裂した回旋筋腱板を修復する鏡視下腱板縫合術 (arthroscopic rotator cuff repair: ARCR) が行われる。そして、ARCR術後のリハビリテーションでは、低下した肩関節機能の再獲得を目的に肩甲上腕関節、および肩甲胸郭関節の可動域運動や回旋筋腱板、肩甲骨周囲筋の筋力増強運動などの運動療法が行われる。また、QOLの向上を目的に基本動作や

<sup>1)</sup> 島根リハビリテーション学院 理学療法学科

Department of Physical Therapy, Shimane Rehabilitation College

<sup>2)</sup> 島根大学医学部附属病院リハビリテーション医学講座

Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, Shimane University

応用動作の動作練習も行われる。ARCR後の回旋筋腱板の治癒過程においては、術後4週で線維性瘢痕が形成され、術後12週から15週までの期間に組織が成熟する<sup>3)</sup>とされており、術後4週までは修復した回旋筋腱板の収縮を伴わず再断裂のリスクの低い肩関節の他動運動が、術後4週以降から修復した回旋筋腱板の収縮を伴う肩関節の自動介助運動や自動運動が行われる<sup>4)</sup>。

術後早期には、肩外転装具を使用し、リハビリテーションの時間を除いて、患肢は安静に保つため、関節は不動となり拘縮が生じる<sup>5-6)</sup>。この期間、肩関節以外の肘や前腕、手指は、廃用症候群の予防、拘縮の予防を目的に自動運動が行われる<sup>7)</sup>。術後早期のリハビリテーションで、安全かつ自主的に実施できる運動療法を提供することは、不動の時間を削減し、廃用症候群と拘縮の予防に有用であると考えられている。

これまでARCR術後の運動療法の安全性について筋活動量を用いて議論がなされてきた。特に術後早期から開始される運動療法は、肩外転装具を装着した姿勢の筋活動量を根拠に選択されており、Taliaら<sup>8)</sup>によれば、装具使用側の手関節運動、肘関節運動の2種類の運動が、棘上筋、棘下筋ともに低い筋活動を示したため術後早期より推奨できると報告している。また、Smithら<sup>9)</sup>によれば、肩甲胸郭関節の内転運動は棘上筋の筋活動が術後早期には推奨されないレベルの高い活動を示したと報告している。また、反対側上肢に2kg、7kg、11kgの負荷量で抵抗運動を行った場合、加わる抵抗が強くなるにつれて、推奨されないレベルの高い筋活動を示すことが報告されている<sup>10)</sup>。

ARCR術後リハビリテーションに関して、これまで上肢や肩甲帯の運動療法に限局した報告が多く、胸腰部や骨盤といった体幹を構成する分節との関連を示した報告は見当たらなかった。椅子座位姿勢の肩甲骨位置についてCulhamら<sup>11)</sup>は、胸腰部を屈曲するにつれて肩甲骨位置が外転することを報告しており、椅子座位で胸腰部の運動を行うことで肩甲胸郭関節の運動が生じる可能性を示唆している。しかしながら、肩甲骨位置と腱板筋の筋活動を、肩外転装具を装着した状態において胸腰部の運動と肩甲胸郭関節の運動間で比較検討した報告は存在せず、胸腰部の運動がARCR術後早期に有用であるかは不明である。そこで、ARCR術後早期のリハビリテーションプログラムを立案するための基礎データを集積することを目的に、肩外転装具を装着した椅子座位での胸腰部の運動時と肩甲胸郭関節の運動時の肩甲骨位置と腱板筋活動量について比較検討した。

## II. 方 法

### 1. 対 象

対象者は、本研究への協力に同意の得られた健康成人男性7名であり平均年齢は $25.7 \pm 4.7$ 歳、平均身長は $169.0 \pm 0.0$ cm、平均体重は $59.9 \pm 5.6$ kg、平均BMIは $20.8 \pm 0.8$ であった。除外基準は、肩に疼痛がある者、外傷の既往歴がある者、肩関節不安定症の既往歴がある者、胸腰部の側弯がある者とした。被験者には、本研究の目的及び意義、方法と期間、参加することにより生じる利益と不利益、同意を撤回することによる不利益を受けることはない旨を書面と口頭にて説明し、同意を得た。また、本研究は、島根大学医学部医の倫理委員会の承認(通知番号:4157)を受け、University hospital medical information network clinical trials registry (UMIN-CTR)に登録(試験ID:000038685)して実施した。加えて、島根リハビリテーション学院の倫理審査委員会において、学生が本研究へ参加する旨を説明し、研究計画について承認を得た(承認番号:79)。

### 2. 測定方法

肩甲骨位置は、吉田ら<sup>12)</sup>の方法を参考にテープメジャー(抗菌メジャーオート、原度器株式会社製、小田原市、日本)を使用して測定した。第7頸椎棘突起(C7)を原点o、原点oを通る水平線をx軸、原点oから床へ下した垂線をy軸とした座標を設定した上で、原点oに対する肩甲骨棘内側端aと肩甲骨下角bの位置を肩甲骨位置と定義した。そして、テープメジャーを用いて、原点oからy軸とaを通る水平線との交点a'までの距離(以下、oa'距離)、aからa'までの距離(以下、aa'距離)、原点oからy軸とbを通る水平線との交点b'までの距離(以下、ob'距離)、bからb'までの距離(以下、bb'距離)の4つの距離を測定した(図1)。測定肢位は、肩外転装具(エアバックコンパクト®、中村ブレイス社製、大田市、日本)を、右側の肩関節が外転角度45°、屈曲角度30°となるように装着し、左上肢は下垂した椅子座位で、両足底は床面に接地させた状態を基本肢位とした。被験者には、基本肢位の状態から胸腰部最大伸展と最大屈曲を行わせ、その後中間位をとるよう口頭指示し、中間位の肩甲骨位置を測定した。そして、中間位から胸腰部伸展運動、胸腰部屈曲運動、肩甲骨内転運動、肩甲骨外転運動、肩甲骨拳上運動をそれぞれ行わせ、各運動の最終域で肩甲骨位置を測定した。

中間位と5つの運動課題の肩甲骨位置aa'距離とbb'距離の変化量は、x軸に対して胸腰部(y軸)に近づく方向をマイナス、胸腰部から離れる方向をプラスと定義



腰部屈曲  $13.0 \pm 11.5$ であった (図2:B)。肩甲骨内転運動と肩甲骨挙上運動において、棘上筋が20%MVC以上の筋活動量を示した。

僧帽筋上部線維の筋活動量 (%MVC) の平均値は、肩甲骨内転  $83.8 \pm 10.4$ 、肩甲骨挙上  $76.8 \pm 35.4$ 、肩甲骨外転  $14.0 \pm 24.2$ 、胸腰部伸展  $25.3 \pm 19.8$ 、胸腰部屈曲  $24.2 \pm 31.7$ であった (図2:C)。僧帽筋中部線維の筋活動量 (%MVC) の平均値は、肩甲骨内転  $42.0 \pm 9.7$ 、肩甲骨挙上  $25.9 \pm 20.5$ 、肩甲骨外転  $11.2 \pm 24.3$ 、胸腰部伸展  $15.1 \pm 21.4$ 、胸腰部屈曲  $15.9 \pm 11.1$ であった (図2:D)。

肩甲骨位置の結果を図3に示す。Shapiro-Wilk検定により、すべての測定肢位の肩甲骨位置は正規分布に従わないとは言えないことを確認し、反復測定による一元配置分散分析を行った。Mauchlyの球面性検定の結果は、肩甲骨位置aa'距離  $p = 0.05$ 、bb'距離  $p = 0.54$ 、oa'距離  $p = 0.81$ 、ob'距離  $p = 0.41$ であった。球面性が仮定できたため、反復測定による一元配置分散分析を行い、有意な差が認められたため多重比較法 (Bonferroniの方法)を行った。

肩甲骨位置aa'距離 (cm) の平均値は、胸腰部中間位

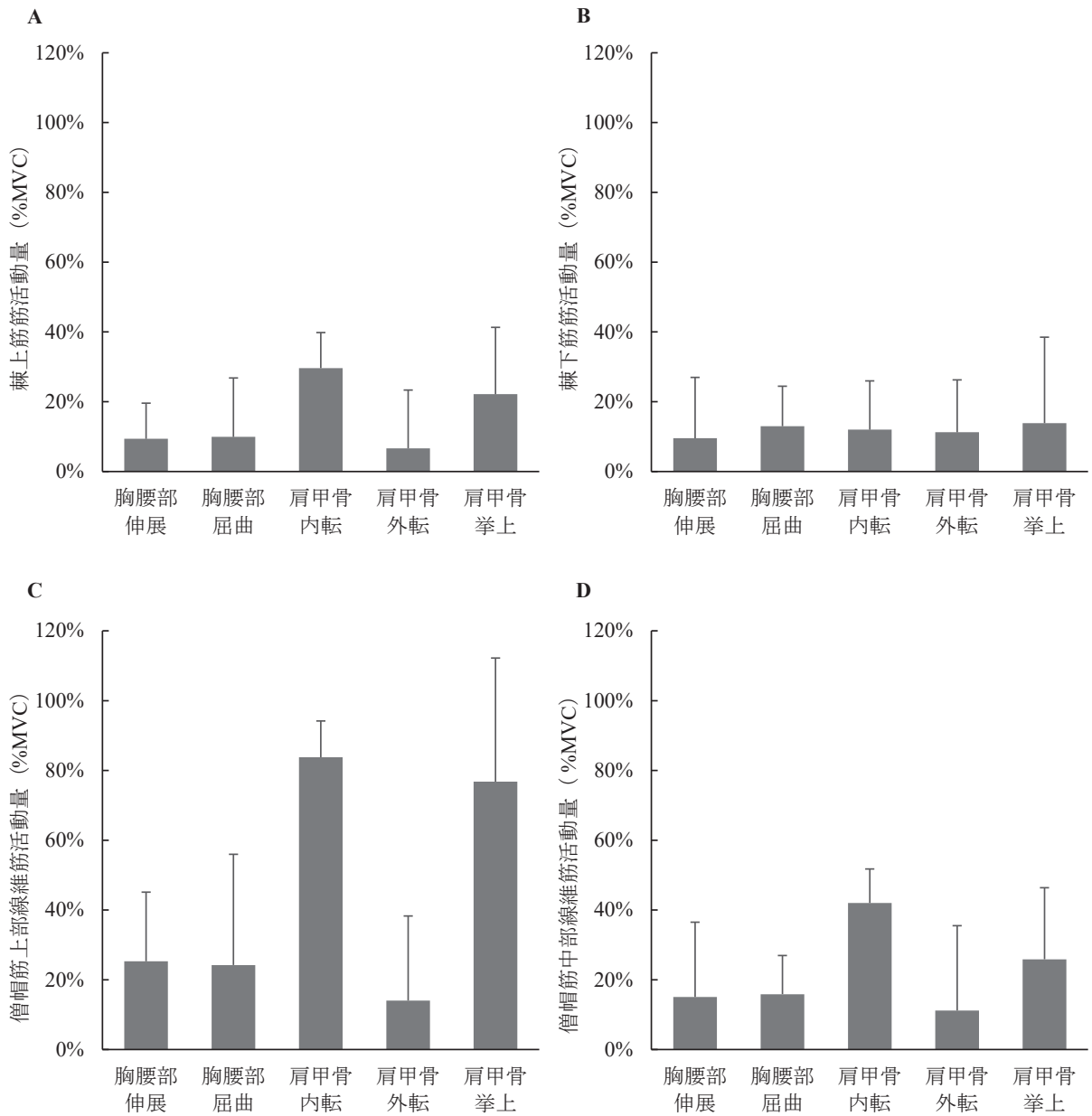


図2 各測定肢位と筋活動量

A: 棘上筋は肩甲骨内転と挙上において20%以上の筋活動を示した。B: 棘下筋はすべての運動で20%以下の筋活動を示した。

9.0 ± 1.2、胸腰部伸展7.6 ± 1.2、胸腰部屈曲11.0 ± 1.8、肩甲骨内転3.9 ± 0.9、肩甲骨外転12.6 ± 1.5、肩甲骨挙上7.2 ± 0.6であった。各肢位のaa'距離は、肩甲骨外転、胸腰部屈曲、胸腰部中間位、胸腰部伸展、肩甲骨挙上、肩甲骨内転の順に長く、肩甲骨外転と比べて肩甲骨内転は距離が減少したため肩甲骨位置が内転方向に変化した。また、胸腰部屈曲に比べて胸腰部伸展は肩甲骨位置が減少したため内転方向に位置が変化した。

多重比較法を行った結果、胸腰部中間位は肩甲骨内転、肩甲骨外転との間に有意な差がみられた (P <

0.05)。胸腰部伸展は肩甲骨内転、肩甲骨外転との間に有意な差を認めた (P < 0.05)。胸腰部屈曲は肩甲骨内転、肩甲骨挙上との間に有意な差がみられた (P < 0.05)。肩甲骨内転は他のすべての肢位との間に有意な差がみられた (P < 0.05)。肩甲骨外転は胸腰部中間位、胸腰部伸展、肩甲骨内転、肩甲骨挙上との間に有意な差がみられた (P < 0.05)。肩甲骨挙上は胸腰部屈曲、肩甲骨内転、肩甲骨外転との間に有意な差がみられた (P < 0.05) (図3 : A)。

各肢位の肩甲骨位置bb'距離 (cm) の平均値は、胸腰

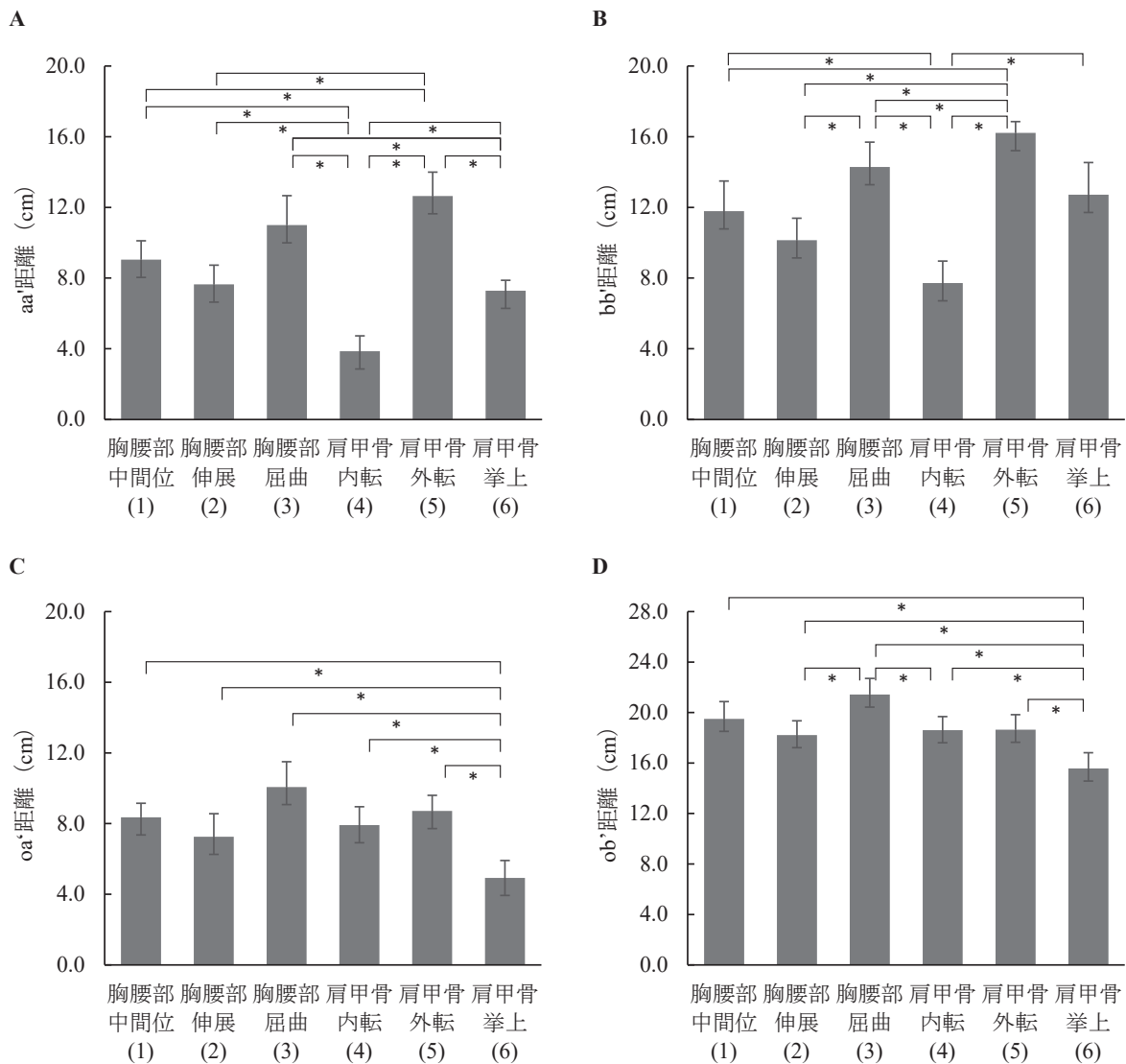


図3 各測定肢位の肩甲骨位置

A : aa' 距離において (3) は (4)、(6) に比べて有意に距離が長かった。(4) は (1)、(2)、(3)、(5)、(6) に比べて有意に距離が短かった。(5) は (1)、(2)、(4)、(6) に比べて有意に長かった。B : bb' 距離において (4) は (1)、(3)、(5)、(6) に比べて有意に距離が短かった。(5) は (1)、(2)、(3)、(4) に比べて有意に距離が長かった。(3) は (2)、(4) に比べて有意に距離が長く、(5) に比べて有意に距離が短かった。C : oa' 距離において (6) は (1)、(2)、(3)、(4)、(5) に比べて有意に距離が短かった。D : ob' 距離において (6) は (1)、(2)、(3)、(4)、(5) に比べて有意に距離が短かった。また、(3) は (2)、(4) に比べて有意に距離が長かった。(\* : p < 0.05)

部中間位 $11.8 \pm 1.8$ 、胸腰部伸展 $10.1 \pm 1.3$ 、胸腰部屈曲 $14.3 \pm 1.5$ 、肩甲骨内転 $7.7 \pm 1.3$ 、肩甲骨外転 $16.2 \pm 0.7$ 、肩甲骨拳上 $12.7 \pm 1.9$ であった。各肢位のbb'距離は、肩甲骨外転、胸腰部屈曲、肩甲骨拳上、胸腰部中間位、胸腰部伸展、肩甲骨内転の順に長く、肩甲骨外転と比べて肩甲骨内転は距離が減少したため肩甲骨位置が下方回旋方向に変化した。また、胸腰部屈曲に比べて胸腰部伸展では距離が減少したため肩甲骨位置が下方回旋方向に変化した。

多重比較法を行った結果、胸腰部中間位は肩甲骨内転、肩甲骨外転との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。胸腰部伸展は胸腰部屈曲、肩甲骨外転との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。胸腰部屈曲は胸腰部伸展、肩甲骨内転、肩甲骨外転との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。肩甲骨内転は胸腰部中間位、胸腰部屈曲、肩甲骨外転、肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。肩甲骨外転は胸腰部中間位、胸腰部伸展、肩甲骨内転の間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。肩甲骨拳上は肩甲骨内転との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ ) (図3 : B)。

各肢位の肩甲骨位置oa'距離 (cm) の平均値は、胸腰部中間位 $8.4 \pm 0.9$ 、胸腰部伸展 $7.3 \pm 1.4$ 、胸腰部屈曲 $10.1 \pm 1.5$ 、肩甲骨内転 $7.9 \pm 1.1$ 、肩甲骨外転 $8.7 \pm 1.0$ 、肩甲骨拳上 $4.9 \pm 6.0$ であった。各肢位のoa'距離は、胸腰部屈曲、肩甲骨外転、胸腰部中間位、肩甲骨内転、胸腰部伸展、肩甲骨拳上の順に長く、胸腰部屈曲に比べて肩甲骨拳上は距離が減少したため肩甲骨位置が拳上方向に変化した。また、胸腰部屈曲に比べて胸腰部伸展においても距離が減少したため肩甲骨位置が拳上方向に変化した。

多重比較法を行った結果、肩甲骨拳上と他のすべての肢位との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ ) (図3 : C)。

各肢位の肩甲骨位置ob'距離 (cm) の平均値は、胸腰部中間位 $19.5 \pm 1.5$ 、胸腰部伸展 $18.2 \pm 1.2$ 、胸腰部屈曲 $21.4 \pm 1.2$ 、肩甲骨内転 $18.6 \pm 1.2$ 、肩甲骨外転 $18.6 \pm 1.3$ 、肩甲骨拳上 $15.5 \pm 1.3$ であった。各肢位のob'距離は、胸腰部屈曲、胸腰部中間位、肩甲骨外転、肩甲骨内転、胸腰部伸展、肩甲骨拳上の順に距離が長かった。

多重比較法を行った結果、胸腰部中間位は肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。胸腰部伸展位は胸腰部屈曲、肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。胸腰部屈曲は胸腰部伸展、肩甲骨内転、肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。肩甲骨内転は胸腰部屈曲、肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。肩甲骨外転は肩甲骨拳上との間に有意な差がみられた。肩甲骨拳上はすべての群

との間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ ) (図3 : D)。

#### IV. 考 察

本研究は、ARCR術後早期のリハビリテーションプログラムを立案するための基礎データを集積することを目的に、肩甲骨位置と腱板筋活動量について、肩外転装具を装着した椅子座位での胸腰部の運動時と肩甲骨胸郭関節の運動時の間で比較検討した。

その結果、肩甲骨内転と拳上において、棘上筋の%MVCは、20%を超える高活動量を示し、肩甲骨外転、胸腰部伸展、胸腰部屈曲では、20%未満の低活動量を示した。肩甲骨内転と拳上で、棘上筋が20%を超える高活動量を示したのは、外転 $30^\circ$ 装具で筋活動を調査したSmithらの先行研究<sup>9)</sup>と同様の結果であった。

肩甲骨内転で棘上筋が20%以上の高活動量を示した理由は、肩甲骨の下方回旋が生じたこと、僧帽筋上部線維の80%以上の筋活動量がみられたこと、棘上筋に拮抗する作用をもつ広背筋が収縮したことが要因と考えられた。Bassmajian<sup>17)</sup>らによると、肩甲骨関節窩の前額面上における $10^\circ$ 上側への傾き、棘上筋の活性化、上方関節包の張力の3つの因子が肩甲骨腕関節の下方脱臼を抑制すると報告されている。また、棘上筋は僧帽筋上部線維や肩甲骨筋の線維と連結していること<sup>18)</sup>、筋と直列に位置する筋膜の構造的特徴は、筋線維の活動を調整する可能性があることが報告されている<sup>19)</sup>。本研究では、中間位と比べて肩甲骨内転で肩甲骨位置の下方回旋方向への変化が生じ、僧帽筋上部線維の80%以上の高い活動がみられた。そのため、外転 $45^\circ$ で外転装具を装着した状態で肩甲骨内転運動を行った際、肩甲骨は下方回旋し、関節窩の上方への傾きが減少して不安定になったこと、僧帽筋上部線維の高い筋活動が生じることの2つの理由によって棘上筋は高活動量を示す可能性が考えられた。

さらに、姿勢制御において動作筋と拮抗筋の同時収縮は、姿勢を一定に保ち、静的な安定性を保つことに貢献することが報告されている<sup>20)</sup>。Neumannら<sup>21)</sup>によれば、広背筋は肩甲骨内転を一部補助し、かつ棘上筋に拮抗する肩関節の内転の作用をもつことが報告されていることから、肩甲骨内転の際に広背筋の筋活動に伴って拮抗筋である棘上筋の同時収縮が生じた結果、棘上筋が20%以上の筋活動を示した可能性も考えられた。

肩甲骨拳上で棘上筋が20%MVCを超える筋活動を示した理由は、上述した僧帽筋上部線維の70%以上の筋活動量が影響している可能性が考えられた。

肩甲骨位置の検討結果より、胸腰部伸展から胸腰部屈曲へ肢位を変化させると、外転、上方回旋、下制方向に

肩甲骨位置の変化がみられた。胸腰部の運動により肩甲骨位置の変化がみられた理由は、肩甲胸郭関節の構造的な特徴に由来すると考える。肩甲骨は、肩鎖関節・胸鎖関節を介して胸郭（胸骨・肋骨・胸椎）と連結しており、健康成人の座位姿勢では胸椎屈曲（後彎）の増加が肩甲骨の外転角度の増加をもたらすと報告されている<sup>11)</sup>。本研究の結果、肩外転装具を装着した椅子座位姿勢においても、胸腰部伸展と屈曲運動は胸椎の矢状面上の角度変化を伴い、そのため肩甲骨位置が変化したと考えられた。

Kebaetse<sup>22)</sup>らは、前かがみの椅子座位姿勢は、中間位の椅子座位姿勢と比べて、肩甲骨が前傾、上方回旋、内旋、外転、挙上方向に有意に移動したことを報告している。本研究は、Kebaetse<sup>22)</sup>らの上方回旋、外転を支持する結果であった。しかしながら、挙上・下制方向の結果が異なっていた。本研究でoa'距離は、胸腰部伸展位と比べて胸腰部屈曲位の方が距離は長かったが、これは肩甲骨の位置変化が生じた結果のみではなく、胸腰部が屈曲した事によって胸椎の後彎が増加した影響も含まれると考えられる。すなわち、挙上・下制方向の位置変化については本研究の測定結果では明確に言及できないものとする。

本研究の結果、肩外転装具を外転45°、屈曲30°で装着した椅子座位で行われる肩甲骨挙上と内転は、胸腰部の屈伸、肩甲骨外転と比べて、肩甲骨位置を大きく変化させ、棘上筋の大きな筋活動を生じることが示された。そして、胸腰部の屈伸と肩甲骨外転は、肩甲骨位置の比較的大きな移動を伴うが、棘上筋、棘下筋の大きな筋活動を生じないことが示された。これらの結果は、ARCR術後早期のリハビリテーションにおいて、胸腰部の屈伸と肩甲骨外転が安全な肩甲胸郭関節の運動療法として有用である可能性を示唆するものとする。

しかしながら、腱板断裂例では、肩甲骨の運動異常が生じる事が報告されており<sup>23)</sup>、本研究で用いた胸腰部屈伸を患者で行った場合、研究結果と異なる結果を生じる可能性が十分にある。また、一般的に腱板断裂を受傷し、ARCRを施行する患者の年齢は50代以上であり、本研究対象者と比べると基礎疾患を有している事や退行変性を有する事から異なる結果が生じる事も考えられる。加えて、臨床現場で用いられる肩外転装具は、断裂サイズ、断裂した腱板の数、脂肪変性の程度、術者の力量、術者の方針などを考慮して30°や60°、45°、90°の装具が、使用されるため、外転角度45°以外の装具では筋活動が異なることや、45°以外の角度の装具しか使用しない施設も存在すると考えられる。そのため、今後は、対象者を患者や高齢者とする事、他の外転角度の装具を使用す

ることで、より臨床応用可能な研究になると考える。

## V. 結 論

本研究は、肩外転装具を装着した椅子座位で胸腰部と肩甲骨の運動を行った際の肩甲骨位置と棘上筋と棘下筋の筋活動を調査した。その結果、胸腰部の屈伸と肩甲骨外転は、肩甲胸郭関節の運動を誘発したが、その際の棘上筋と棘下筋の筋活動量は低いことから、ARCR術後早期のリハビリテーションにおいて、自主的に実施できる肩甲胸郭関節の運動療法として有用である可能性が示唆された。

## 謝 辞

本研究の立案・実践・論文作成に際し、ご指導ご協力を賜りました島根大学医学部リハビリテーション医学講座の酒井康生先生をはじめ、筋電図測定にご協力いただきました島根大学医学部附属病院リハビリテーション部、島根リハビリテーション学院理学療法学科の皆様にご心よりお礼申し上げます。

（なお、本研究は2022年9月に開催された第10回日本運動器理学療法学会学術大会で発表した。）

## 文 献

- 1) Minagawa H, Yamamoto N, Abe H, *et al.* Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: From mass-screening in one village. *J Orthop* 2013;10:8-12. doi: 10.1016/j.jor.2013.01.008.
- 2) 井樋栄二. 腱板断裂の治療とリハビリテーション. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine* 2019;56:650-655. doi: 10.2490/jjrmc.56.650.
- 3) Sonnabend DH, Howlett CR, Young AA. Histological evaluation of repair of the rotator cuff in a primate model. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(4):586-594. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22371.
- 4) 島田洋一, 高橋仁美. 整形外科術後理学療法プログラム. 第3版. 東京: メジカルビュー社; 2020: 76.
- 5) Denard PJ, Ladermann A, Burkhart SS. Prevention and management of stiffness after arthroscopic rotator cuff repair: Systematic review and implications for rotator cuff healing. *Arthroscopy* 2011;27(6):842-848. doi: 10.1016/j.arthro.2011.01.013.
- 6) Huang TS, Wang SF, Lin JJ. Comparison of aggressive and traditional postoperative rehabilitation protocol after

- rotator cuff repair: A meta analysis. *J Nov Physiother* 2013;3(4):170. doi: 10.4172/2165-7025.1000170.
- 7) van der Meijden OA, Westgard P, Chandler Z, *et al.* Rehabilitation after arthroscopic rotator cuff Repair: Current concepts review and evidence based guidelines. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7(2):197-218.
- 8) Alenabi T, Jackson M, Tétreault P, *et al.* Electromyographic activity in the immobilized shoulder musculature during ipsilateral elbow, wrist, and finger movements while wearing a shoulder orthosis. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:1400-1407. doi: 10.1016/j.jse.2013.04.007.
- 9) Smith J, Dahm DL, Kaufman KR, *et al.* Electromyographic activity in the immobilized shoulder girdle musculature during scapulothoracic exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:923-927. doi: 10.1016/j.apmr.2006.03.013.
- 10) Smith J, Padgett DJ, Dahm DL, *et al.* Electromyographic activity in the immobilized shoulder girdle musculature during contralateral upper limb movements. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:583-588. doi: 10.1016/j.jse.2004.03.010.
- 11) Culham E, Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;18(1):342-350. doi: 10.2519/jospt.1993.18.1.342.
- 12) 吉田一也, 藤縄理, 原和彦. テープメジャーを用いた肩甲骨位置測定法の検者内・検者間信頼性. *理学療法科学* 2011;26(5):563-566. doi: 10.1589/rika.26.563.
- 13) Perotto AO. Anatomical guide for the electromyographer: the limbs and trunk. 3rd Edition. 1994. 田島達也, 監訳. 筋電図のための解剖ガイド: 四肢・体幹. 第3版. 新潟: 西村書店; 1997.
- 14) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル 基礎編. 東京: 酒井医療株式会社; 2004.
- 15) 仲川春彦, 森原徹, 立入久和, 他. 日常生活動作における棘上筋・棘下筋活動量の定量化. *肩関節* 2010;34(3):599-603. doi: 10.11296/katakansetsu.34.599.
- 16) Avers D, Brown M. Daniels and Worthingham's Muscle Testing: techniques of manual examination and performance testing. 10th Edition. 2020. 津山直一, 中村耕三, 監訳. 新・徒手筋力検査法. 第10版. 東京: 協同医書出版社; 2020.
- 17) Basmajian JV, Bazant FJ. Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint. An electromyographic and morphological study. *J Bone Joint Surg Am* 1959;41(7):1182-1186.
- 18) Stecco C. Functional atlas of the human fascial system. English edition. 2014. 竹井仁, 監訳. 筋膜系の機能解剖アトラス. 東京: 医歯薬出版; 2018.
- 19) Turrina A, Martinez-Gonzalez MA, Stecco C. The muscular force transmission system: role of the intramuscular connective tissue. *J Bodyw Mov Ther* 2013;17(1):95-102. doi: 10.1016/j.jbmt.2012.06.001.
- 20) 相馬優樹, 衣笠隆, 漆畑俊哉, 他. 重心移動課題における足関節筋の同時収縮に及ぼす加齢の影響. *体力科学* 2010;59(1):143-156. doi: 10.7600/jspfs.59.143.
- 21) Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 3rd Edition. 2018. Andrew PD, 有馬慶美, 日高正巳, 監訳. 筋骨格系のキネシオロジー. 第3版. 東京: 医歯薬出版; 2018.
- 22) Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(8):945-950. doi: 10.1016/s0003-9993(99)90088-6.
- 23) Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg* 2003;11(2):142-151. doi: 10.5435/00124635-200303000-00008.

(受付 2022年 8月 8日)