

■ 原著

## 胸椎後彎姿勢が上肢挙上角度の違いによる 肩甲骨位置に与える影響

The effect of thoracic kyphosis posture on scapula position due to the  
difference in arm elevation angle

原田 美由紀<sup>1)</sup> 横山 茂樹<sup>2)</sup> 河村 颯治<sup>3)</sup>

Miyuki Harada<sup>1)</sup>, Shigeki Yokoyama<sup>2)</sup>, Kenji Kawamura<sup>3)</sup>

1) ハーベスト医療福祉専門学校

〒670-0962 兵庫県姫路市南駅前町 91-6

TEL: 079-224-1777 FAX: 079-224-1779

E-mail: haradam@harvest-school.com

2) 京都橘大学 健康科学部 理学療法学科

3) 吉備国際大学大学院 保健科学研究科

1) Harvest Medical Welfare College

91-6, Minamiekimae-cho, Himeji-shi, Hyogo 670-0962, Japan

TEL +81 79-224-1777

2) Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

3) Graduate School of Health Science, Kibi International University

保健医療学雑誌 ● (●): xx-xx, xxxx. 受付日 2019年7月9日 受理日 2019年12月13日

JAHS ● (●): xx-xx, xxxx. Submitted Jul. 9, 2019. Accepted Dec. 13, 2019.

### ABSTRACT:

[Purpose] The purpose of this study was to investigate the effects of slouching on scapular position.

[Participants and Methods] The subjects were 25 healthy adult men. We measured the ①thoracic spine angle, ②scapular upward rotation, posterior tilt, and external rotation angle, and ③scapular angle change at arm elevation angles with the arms at the sides(0°) or raised at 30°, 60°, 90°, and 120° between an upright position and while slouching.

[Results] In a slouched position, arm elevation was 0 to 60° with anterior tilt and internal rotation, and 60° to 90° with internal rotation. In addition, the change in external rotation was large between 30 and 60°, and the change in external rotation and posterior tilt was large between 60 and 90°.

[Conclusion] This study suggested that the scapula, with anterior tilt and internal rotation in a slouched position, has a three-dimensional motion that moves from approximately 30° to 60° from the posterior tilt to the external rotation direction.

**Key words:** scapular position, arm elevation angle, slouched position

**要旨：**

[目的]胸椎後彎姿勢が肩甲骨位置に与える影響を把握することとした。

[対象と方法]対象は健常男性 25 名とした。胸椎後彎姿勢・直立姿勢の 2 条件で、下垂位・上肢挙上 30°・60°・90°・120° 位での①胸椎後彎角度、②肩甲骨上方回旋・後傾・外旋角度、③②の上肢挙上角度間の変化量の比較を行った。

[結果]胸椎後彎姿勢では、上肢挙上 0 - 60° 位で前傾位および内旋位に、60 - 90°位で内旋位にあった。また、30 - 60° 位間では外旋の変化量が、60 - 90° 位間では外旋および後傾の変化量が大きかった。

[結語]胸椎後彎に伴い前傾・内旋している肩甲骨は、30°位から外旋方向へ、続いて 60° 位から後傾方向へ動く 3 次元的な運動をしている可能性が示唆された。

キーワード：肩甲骨位置、上肢挙上角度、胸椎後彎姿勢

**はじめに**

上肢下垂位では、肩甲骨は約 10° 前傾・約 30° 内旋すると言われており<sup>1)</sup>、この時の肩甲骨の向きは肩甲骨面と一致する。上肢を挙上すると、鎖骨の挙上・後退に伴って肩甲骨の上方回旋が起こる<sup>2)</sup>。上方回旋することで臼蓋を前上方へ向け上腕骨を安定させる要支持関節としての機能を発揮することが出来る。肩甲骨上方回旋に必要な筋は、前鋸筋下部線維と僧帽筋上部線維・下部線維であり、フォースカップルを形成し運動を行う<sup>3,4)</sup>。前鋸筋は肩甲骨を後傾し、わずかに外旋させる働きも有する<sup>1)</sup>。前鋸筋と僧帽筋に麻痺や筋力低下が出現すると上方回旋が十分に起こらず完全な上肢挙上が出来なくなる。前鋸筋が麻痺すると肩甲骨は下方回旋、前傾、内旋位をとる。上肢挙上に伴う肩甲骨の上方回旋運動は 2 対 1 であると言われており<sup>5)</sup>、この事象を肩甲上腕リズムという<sup>6)</sup>。全可動域にわたる外転において、肩甲骨は 20° 後傾し、10° 外旋することで、肩峰下スペースの保持を助けるといわれており、その狭小化によってインピンジメントが生じる<sup>2,6,7,8)</sup>。

また、上肢挙上には胸椎伸展が伴っており<sup>9)</sup>、上腕骨と肩甲骨、胸椎は相互作用しながら運動していると報告されており<sup>10)</sup>、胸椎後彎姿勢では、上肢挙上時に肩甲骨および肩甲上腕関節に異常運動を生じるといわれている<sup>11)</sup>。インピンジメント症候群などの肩関節機能障害に対する評価・治療を実施する上で、胸椎後彎姿勢での上肢挙上に伴う肩甲骨運動を三次元的に解析し定量化することは大変重要であると考えられる。

先行研究では、上肢挙上時の肩甲骨運動について、胸椎後彎姿勢と直立姿勢の 2 条件で比較を行

っている。篠田ら<sup>12)</sup>は、健常若年者を対象としてゴニオメータを用いて肩甲骨面挙上 30° ごとの肩甲骨上方回旋角度の変化量を算出した。その結果、胸椎後彎姿勢は直立姿勢と比べ、上肢挙上 30° ごとの変化量が上肢挙上 60~90° 間および 90~120° 間で小さかったと報告している。Kabaetse ら<sup>13)</sup>は、健常成人を対象としデジタイザーを用いて肩甲骨面上肢挙上 0°・90°・最大挙上位の 3 肢位での 3 次元的に肩甲骨位置測定を行った。その結果、胸椎後彎姿勢は直立姿勢と比べ、上方回旋が 0° 位と 90° 位で大きいこと、後傾角度が 0° 位と 90° 位で大きいこと、外旋角度は 0° 位と 90° 位で小さいことを報告している。Finley ら<sup>14)</sup>は、健常若年者を対象とし電磁センサーを用いて肩甲骨面上肢挙上 0~90° で測定を行った。その結果、胸椎後彎姿勢は直立姿勢と比べ、上方回旋角度に差がなく、後傾角度および外旋角度は 0~90° 位で小さかったと報告している。このように姿勢の違いによる肩甲骨の位置測定はされているものの、挙上角度間の変化量については上方回旋角度のみであり、後傾角度および外旋角度についての報告はされていない。

そこで今回は、胸椎後彎姿勢と直立姿勢での上肢挙上時における 3 次元的な肩甲骨運動を計測し、上方回旋角度だけでなく、後傾角度および外旋角度についても上肢挙上に伴ってどのように変化するのかを明らかにするために行った。本研究により、胸椎後彎姿勢が一因といわれるインピンジメント症候群などの肩関節機能障害に対し、どの上肢挙上角度でどの肩甲骨運動に特に着目し運動療法すべきかを明らかにすることを目的として実施した。

## 対象と方法

### 対象

対象は、健康男性 25 名（身長  $170.1 \pm 6.3$ cm、体重  $64.6 \pm 8.9$ kg、年齢  $21.6 \pm 3.0$  歳）とした。対象側は、全例とも利き手（右側）とした。取込基準は、肩関節および脊柱の外傷・傷害の既往がないこと、肩関節・脊柱に疼痛がないこととした。除外基準はインピンジメントサインテスト（Neer test, Hawkins test）および肩関節不安定性テスト（Load and shift test）が陽性である者とした。研究対象者には、本研究に関する内容を書面にて説明し、承諾を得た後実施した。尚、本研究は吉備国際大学倫理委員会の承認を得た（承認番号 10-20）。

### 方法

計測姿勢と肢位は、篠田<sup>12)</sup>の方法に準じて行った。計測姿勢は、胸椎後彎姿勢、直立姿勢の 2 条件とし、胸椎後彎姿勢は、仙骨後面と鉛直線のなす角が  $30^\circ$  の姿勢、直立姿勢は、仙骨後面が鉛直線上にある姿勢とし、ゴニオメータで確認した。この際、両足底全体が接地した椅坐位とし、股関節内外旋中間位、膝関節  $90^\circ$  屈曲位とした。

今回、骨盤位置を固定することを目的にシーティングベルト（座位時に骨盤の位置を固定するベルト）を使用し、測定中の姿勢を保持した。肩甲骨の運動計測の精度は肩峰マーカ基準とした場合、挙上  $120^\circ$  以降に低下すると報告されている<sup>15,16)</sup>ことから、計測肢位は、下垂位 ( $0^\circ$ )、肩甲骨面での上肢挙上  $30^\circ$  位・ $60^\circ$  位・ $90^\circ$  位・ $120^\circ$  位の 5 肢位とした。体表マーカの皮膚のずれによる誤差を最小限に抑えるため、中村ら<sup>17)</sup>の方法に基づき測定肢位毎に動作を静止させ再触診し、体表マーカを貼り直す方法とし、マーカの貼り直しは同一検者が行った。上肢挙上角度は肩峰角から下した垂直線を基本軸、肩峰角と上腕骨外側上顆中心を結ぶ線を移動軸とし、ゴニオメータで確認した。いずれの計測肢位も肘関節・手関節・指伸展  $0^\circ$  位で手掌が前面を向いた肢位とした。計測項目は、①胸椎後彎角度、②肩甲骨上方回旋角度・後傾角度・外旋角度、③肩甲骨各運動方向における上肢挙上角度間の変化量とした。

計測は、光学的三次元動作解析装置 MAC 3D System (Motion Analysis 社) を用いた。体表マ

ーカー貼付位置は、剣状突起下縁、第 1・第 3・第 11 胸椎棘突起中央、第 1 腰椎棘突起中央、肩甲棘三角、肩峰角、肩甲骨下角の 8 点とした。解析ソフトウェアは、Cortex3 (Motion Analysis 社) を用い、①胸椎後彎角度、②肩甲骨上方回旋角度・後傾角度・外旋角度、③肩甲骨各運動方向における上肢挙上角度間の変化量を算出した。胸椎後彎角度は Kebaetse<sup>13)</sup>の方法に準じて第 1 と第 3 胸椎棘突起中央を結ぶ線と、第 11 胸椎棘突起中央と第 1 腰椎棘突起中央を結ぶ線がなす角とした。3 次元的な肩甲骨位置は、胸部座標系に対する肩甲骨座標系の X 軸・Y 軸・Z 軸の回旋角度をオイラー角として算出した。胸部座標系は、原点を第 1 腰椎棘突起中央とし、原点から第 1 胸椎棘突起中央へ向かう線を Z 軸、その軸から剣状突起下縁への垂直線を Y 軸、その Z 軸と Y 軸から作られる ZY 平面からの垂直線を X 軸として設定した。肩甲骨座標系は肩甲骨下角を原点とし、原点から肩甲棘三角へ向かう線を Z 軸、その軸から肩峰角への垂直線を Y 軸、その Z 軸と Y 軸から構成される ZY 平面からの垂直線を X 軸として設定した。X 軸での回旋は、反時計まわりを (+) 方向とし上方回旋、その反対を (-) 方向とし下方回旋、Y 軸での回旋は時計回りを (+) 方向とし後傾、その反対方向を (-) 方向とし前傾、Z 軸での回旋は時計回りを (+) 方向としを外旋、その反対方向を (-) 方向とし内旋と設定した。

統計学的検定には、統計ソフト SPSS Statistics 18.0 を用いた。胸椎後彎角度は上肢挙上角度毎の計測姿勢の 2 条件の比較には対応のある t-検定を行った。肩甲骨の 3 次元的運動方向(上方回旋・後傾・外旋)における計測姿勢と計測肢位の 2 要因について二元配置分散分析を行った。さらに 2 条件における計測肢位の比較には多重比較検定 Tukey - Kramer 法、計測肢位毎の 2 条件の比較には対応のある t-検定を行った。いずれも有意水準は 5%とした。

## 結果

胸椎後彎角度は、いずれの計測肢位においても胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも大きな値を示した ( $p < 0.01$ )。つまり仙骨を  $30^\circ$  後傾させることで、いずれの計測肢位でも胸椎後彎角度は保たれていた (Figure 1)。

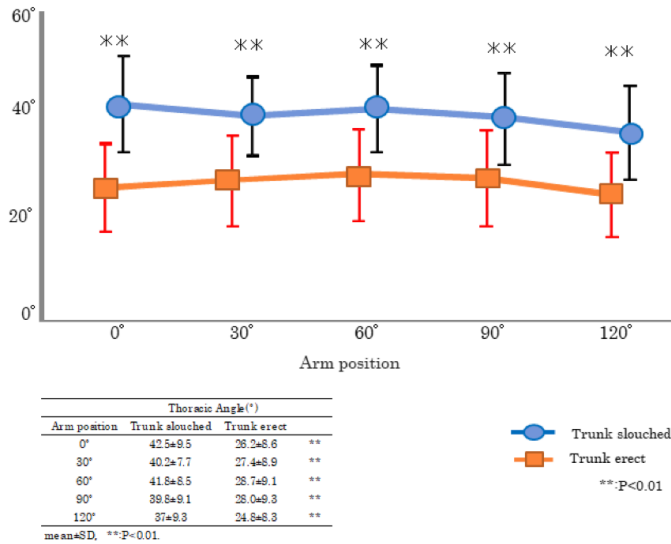


Figure 1: Thoracic angle during arm elevation

肩甲骨上方回旋角度は、計測姿勢と計測肢位の 2 要因に主効果を認め (P=0.000, P=0.000), 計測姿勢 2 条件ともに上肢挙上に伴って増加し, 30° 位, 90° 位, 120° 位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に大きな値を示した (p<0.05). 肩甲骨後傾角度は、計測姿勢と計測肢位の 2 要因に主効果を認め (P=0.000, P=0.000), 計測姿勢 2 条件ともに上肢挙上に伴って増加し, 0° 位・30° 位・60° 位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に小さな値を示した (p<0.01). 肩甲骨外旋角度では、計測姿勢と計測肢位の 2 要因に主効果を認め (P=0.000, P=0.000), 計測姿

勢 2 条件ともに上肢挙上に伴って増加し, 0° 位・30° 位・60° 位・90° 位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に小さな値を示した (p<0.05) (Figure 2).

肩甲骨上方回旋角度の変化量は、いずれの上肢挙上間においても計測姿勢 2 条件による差はなかった. 肩甲骨後傾角度の変化量は、上肢挙上 60 - 90° 位間で、胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に大きな値を示した (p<0.01). 肩甲骨外旋角度の変化量は、上肢挙上 30 - 60° 位間および 60 - 90° 位間で、胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に大きな値を示した (p<0.05) (Figure 3).

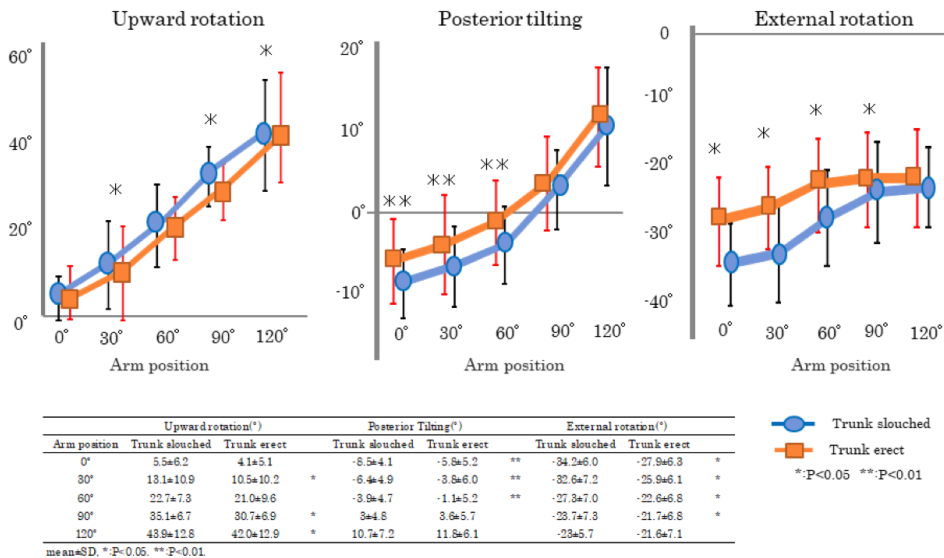


Figure2: Scapula angle during arm elevation



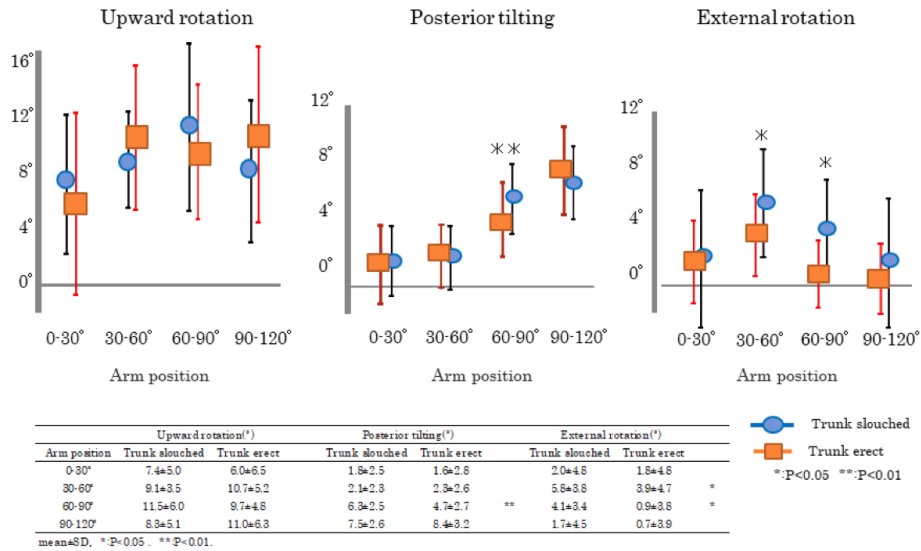


Figure3 : Change in Scapula angle by arm elevation angle

考察

本研究では、胸椎後彎姿勢が上肢挙上に伴う肩甲骨運動にどのような影響を及ぼすか明らかにすることを目的として、胸椎後彎姿勢と直立姿勢の2条件での肩甲骨位置を計測した。胸椎後彎角度は、すべての計測肢位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢よりも有意に大きかった。よって、前提条件である胸椎後彎姿勢は保持されていたと考えられる。

本研究の結果から胸椎後彎姿勢における上肢挙上時の肩甲骨運動の特性として次のことが挙げられる。肩甲骨上方回旋角度は、上肢挙上 30°、90°、120° 位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢より大きい。肩甲骨後傾角度は、下垂位から 60° 位まで胸椎後彎姿勢が直立姿勢より小さく、90° 位以降は直立姿勢と同様となった。外旋角度は、下垂位から 90° 位まで胸椎後彎姿勢が直立姿勢より小さく、120° 位では直立姿勢と同様となった。90° 位で胸椎後彎姿勢が直立姿勢より上方回旋角度も大きいという結果は先行研究<sup>13)</sup>と同様であった。また、上肢挙上 0°、30°、60° 位で後傾角度が小さいという結果および上肢挙上 0°、30°、60°、90° 位で外旋角度が小さいという結果は先行研究<sup>13,14)</sup>と同様の結果となった。

上肢挙上角度間の変化量は、上方回旋角度では差を認めず、先行研究<sup>12)</sup>の上肢挙上 60 - 90° 位間および 90 - 120° 位間で小さいという結果と相

違があった。これは胸椎後彎姿勢の設定を先行研究は頭部と腰部全体を固定しているのに対し、本研究は骨盤を固定するのみである点による相違であると考えた。肩甲骨外旋角度の変化量は、30 - 60° 位間および 60 - 90° 位間で胸椎後彎姿勢の方が大きかった。さらに肩甲骨後傾角度も、60 - 90° 位間で胸椎後彎姿勢の方が大きくなっていた。

これらの結果から胸椎後彎の影響として、上肢挙上時に肩甲骨は外旋方向へ動いた後、続いて後傾するという3次元的な運動をしていることが示唆された。この現象を引き起こした原因は、胸椎後彎に伴い上肢下垂位で肩甲骨が前傾、内旋位となり、臼蓋は前下方を向いており、これにより上肢挙上時に烏口肩峰靭帯下での大結節の通過障害が生じやすくなるが、これを回避するためには、上肢挙上 30° 位より肩甲骨は外旋し、60° 位より後傾するといった三次元的運動を起こしたことが考えられる。後傾角度は上肢挙上 90° 位、外旋角度は 120° 位では直立姿勢と差がなくなり、肩関節は要支持関節としての機能を果たせる状況を作り出したのではないかと考えた。また、本来上方回旋運動が少ないと言われる setting phase にあたる 30° 位および、大結節が烏口肩峰アーチ下を通る rotational glide にあたる 90°、120° 位で上方回旋運動を大きくすることで、大きく前下方を向いていた肩甲骨臼蓋を前上方に向けることが出来たと推察される。

先行研究では、若年者と比べ高齢者では僧帽筋

下部線維は有意に厚さが減少しており加齢による影響が認められ<sup>18)</sup>, 僧帽筋下部の筋硬度が高いと上肢挙上 90°, 120° における肩甲骨後傾角度が少ない<sup>19)</sup>と報告されている。今回の対象者は若年者であり, 肩甲胸郭関節の可動性や肩甲骨運動に重要な前鋸筋や僧帽筋の筋力が保たれていたと考えられる。このため, 本研究では胸椎後彎姿勢においても, 上肢挙上 90°, 120° 位で直立位姿勢と変わらず肩甲骨後傾を行っていたと考えられる。また, 上肢挙上 90°, 120° に至るまでに肩甲骨が直立位姿勢よりも肩甲骨外旋が上肢挙上 30° 位と 60° 位の間で, 肩甲骨後傾は上肢挙上 30° 位から 90° 位にかけて大きく動いたのではないかと考えた。この結果は, 障害予防において重要な知見であると考ええる。

研究の限界として, 本研究の対象は健常若年者であり, 肩甲胸郭関節の可動性や肩甲骨運動に重要な前鋸筋や僧帽筋の筋力が保たれていたため, **rotational glide** を超えて上肢挙上が可能であったと考えられる。今後は, それらが低下していると言われる高齢者やインピンジメント症候群を呈する者を対象とした研究が必要である。さらに肩甲骨運動と筋活動の関係についても明らかにしたいと考えている。

### 文献

- 1) Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA: Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*24:57-65, 1996.
- 2) Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, et al.: Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data. *J Orthop Sports Phys Ther*34:140-149, 2004.
- 3) Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR: Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. *Clin Biomech (Bristol Avon)*20:700-709, 2005.
- 4) Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL: Surface electromyographic analysis of exercise for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*33:247-258, 2003.
- 5) Codman EA: *The shoulder*. Thomas Todd, Boston, 1934.
- 6) Inman VT, Saunders M, Abbott LC: Observations on the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg Am*26:1-32, 1944.
- 7) Ludewig PM, Phadke V, Braman JP, et al.: Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg Am*91:378-389, 2009.
- 8) Sahara W, Sugamoto K, Murai M, et al.: Three-dimensional clavicular and acromioclavicular rotations during arm abduction. *J Sports Med Am*33:889-893, 2005.
- 9) Kapandji IA: *Theory of physiology of the joints*1, 1-71, Churchill Livingstone, New York, 1982.
- 10) Jack C, Sharon LK, Luise H, et al.: Scapulohumeral rhythm and associated spinal motion. *Clin Biomech*23:184-192, 2008.
- 11) Calliet R (萩島秀男 訳): *肩の痛み*, 39-41, 医歯薬出版, 1986.
- 12) 篠田雄一他: 端座位において骨盤後傾が肩甲上腕リズムに及ぼす影響: 理学療法ジャーナル 1240 (12), 1055-1060, 2006.
- 13) Kebaetse M, McClure P, Pratt NA: Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil*80, 945-950, 1999.
- 14) Finley MA, Lee RY: Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin mounted electromagnetic tracking sensors. *Arch Phys Med Rehabil*84, 563-568, 2003.
- 15) Karduna ARA, McClure PW, Michener LA, et al.: Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. *J Biomech Eng*04 123(2), 184-190, 2001
- 16) Meskers CGM, Vermeulen HM, de Groot JH, et al.: 3D shoulder position

measurements using a six-degree-of-freedom electromagnetic tracking device. Clin Biomech (Bristol, Avon) 13(4), 280-292, 1998

- 17) 中村 康雄, 中村 真里, 林 豊彦・他: 上腕挙上に伴なう肩甲骨上腕関節の姿勢変化と骨間距離の in-vivo 計測. バイオメカニズム学会編 バイオメカニズ 18, 229-239, 2006.
- 18) Morise S, Muraki T, Ishikawa H, et al.: Age-Related Changes in Morphology and Function of Scapular Muscles in Asymptomatic People, PM R9(9), 892-900, 2017.
- 19) 政所和也, 甲斐義浩, 古後晴基・他: 高齢者における僧帽筋の筋硬度が肩甲骨運動におよぼす影響: ヘルスポモーション理学療法研究 8-2, 47-50, 2018.