

# X線画像による上位胸郭運動量の計測と再現性

## ～上位胸郭運動量と肩複合体運動量の関係～

Reliability of measurements of upper thorax movement using radiographic images: relationship between movements of the upper thorax and the shoulder complex

野口 悠\*<sup>1,2</sup>, 田村将希\*<sup>1,2,4</sup>, 阿蘇卓也\*<sup>1,2</sup>, 田鹿佑太郎\*<sup>3,4</sup>  
古屋寛治\*<sup>3,4</sup>, 鈴木 昌\*<sup>3,4</sup>, 三邊武幸\*<sup>4</sup>, 西中直也\*<sup>2,3,4</sup>

キー・ワード : Radiographic images, upper thorax movement, arm elevation  
X線画像, 上位胸郭運動, 上肢挙上運動

【要旨】 【目的】我々が考案した上位胸郭運動量の計測方法の再現性を評価すること, 上位胸郭運動量を計測し, 肩複合体運動量との関係を検討することとした。

【方法】対象は, 当院をメディカルチェック目的に来院した18名(男性10名, 女性8名, 14.2±4.0歳). T-view撮影法によるX線前後像を用いた. 上位胸郭運動量は, 自然下垂位と最大挙上位で計測し, その差とした. 鎖骨挙上角度, 鎖骨と関節窩のなす角度, 関節窩の上方回旋角度, 関節窩に対する上腕骨の外転角度, 上腕骨の外転角度は, 最大挙上位で計測した. 計測の再現性は, 級内相関係数 (ICC) を用いて, ICC (1, 1) と ICC (2, 1) を算出した. 統計学的解析は, 各肩複合体運動量との相関関係を Spearman の順位相関係数を用いて, 危険率5%で検討した.

【結果】ICC (1, 1) は, 下垂位 0.998, 挙上位 0.991, ICC (2, 1) は, 下垂位 0.988, 挙上位 0.988であった. 上位胸郭運動量は, 14.8±7.7mmであった. 上位胸郭運動量は, 鎖骨挙上角度と負の相関(rs=-0.4852, p=0.0412), 鎖骨と関節窩のなす角度と正の相関(rs=0.5818, p=0.0113)を認めた.

【考察】計測の再現性は良好であった. 上位胸郭運動量は, 上肢挙上時に近位関節に影響を及ぼす可能性が示唆され, 本計測方法は臨床での治療に応用できると考える。

## 緒言

Inmanら<sup>1)</sup>は, 肩関節運動を個々の関節によって作られる肩複合体の全体的な運動と表現した. 筆者は, 上肢の運動は肩甲上腕リズムだけでなく, 上肢と他部位(鎖骨<sup>2)</sup>, 胸郭<sup>3)</sup>, 脊柱<sup>4)</sup>, 下肢など)との協調性が重要と考えている. 特に, 鎖骨と胸郭の運動を重要視している. 鎖骨と胸郭の運動障

害は肩甲帯の運動障害および上肢挙上障害の原因の1つであると考えている.

諸家の肩関節挙上動作の運動解析の結果, 鎖骨挙上・後方回旋, 肩甲骨上方回旋, 胸椎伸展が生じることを報告している<sup>5-7)</sup>. 花村らは, 肩関節挙上に伴い胸骨体下縁が平均3.8cm上昇すること<sup>8)</sup>, 遠藤らは, 胸骨が垂直方向に32.7±10.8mm上方へ移動することを報告した<sup>9)</sup>.

肩関節障害を有する症例では, 胸郭運動が制限されている場合がある. 胸郭運動の制限により肩甲胸郭関節の可動性低下が生じ, それを肩甲上腕関節の過剰運動が補っていると考えている. 肩甲骨は鎖骨を介し, 胸郭と連結しているため, 上位

\*1 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院リハビリテーションセンター

\*2 昭和大学大学院保健医療学研究科

\*3 昭和大学藤が丘病院整形外科

\*4 昭和大学スポーツ運動科学研究所

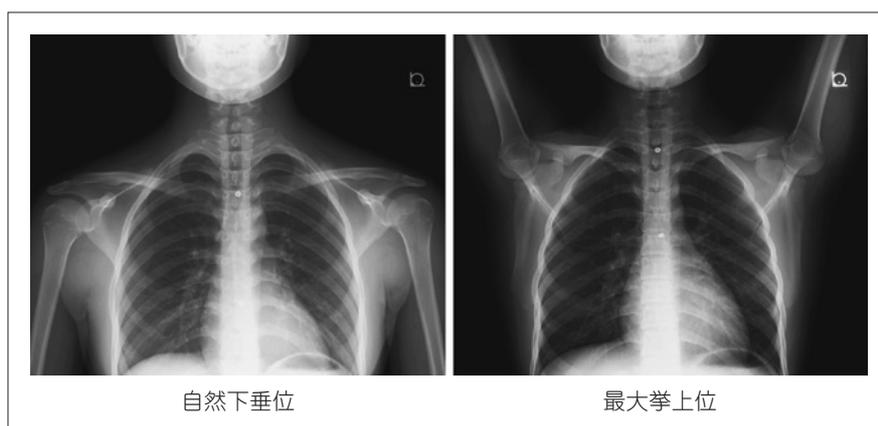


図1 T-view X線撮影法

T-view撮影法の撮影方法は座位にて行い、自然下垂位と最大挙上位を撮影する機能撮影である。下垂位は、母指がX線管側に向くように自然に上肢下垂した状態で撮影する。最大挙上位では、対象者のできる範囲の最大前方挙上させた状態で撮影する。X線束は水平に照射し、X線管は自然下垂位での胸骨柄上端に対して垂直に入射し、下垂位と挙上位でX線管の位置を移動させないで撮影する。

胸郭の運動が特に重要である。上位胸郭の運動を定量的に評価することは困難であり、臨床場面での使用が可能である方法を検討した報告は、我々が渉猟した限りでは見当たらなかった。しかし、当院では上肢挙上運動における胸郭運動と肩複合体運動の関連性を視覚的に評価する目的で、T-view撮影法によるX線前後像（以下T-view、図1）を以前から用いている。T-viewを用いることで前額面上の上肢挙上運動における胸郭運動を胸骨の挙上運動として評価することが可能である。T-viewに関する先行研究において、筒井ら<sup>10)</sup>は自然下垂位から最大挙上位の胸郭運動量の変化を含めた肩複合体の運動量を計測している。この報告では、胸郭運動量を第1胸椎棘突起最上端と患側鎖骨近位端上縁との垂直距離で計測し評価している。しかしながら、第1胸椎棘突起は頭尾方向に長く、輪郭が不鮮明な場合があり、最上端の同定が難しい。大田ら<sup>11)</sup>は胸郭運動量を検討するため、左右鎖骨近位端上縁の midpoint と画像下端との垂直距離を計測している。この方法は胸郭以外の運動を含んでいる。上記2つの先行研究は上述の計測上におけるランドマークと上位胸郭の運動を適切に評価することが困難である点に課題がある。これらの問題点を補うために、本研究では計測に使用するランドマークの採択において、同定が容易であること、測定範囲に含まれる構造をできるだけ少なくすることに配慮した。

計測のための第1歩として、T-viewを用いて、

我々が考案した上位胸郭運動量の計測方法の再現性を評価すること、次に先行研究との比較を行うこと、最後に上位胸郭運動量と肩複合体運動量を構成する要素との関係を検討することを目的とした。

## ■ 対象および方法

対象は2018年12月1日から2019年3月31日の間に当研究所で行っているメディカルチェックを実施した選手18名（男性10名、女性8名）とした。年齢は $14.2 \pm 4.0$ 歳、身長は $157.6 \pm 14.7$ cm、体重は $49.7 \pm 12.5$ kg、右利き16名、左利き2名であった。競技は、BMX（1名）、テニス（3名）、水泳（1名）、バドミントン（1名）、卓球（3名）、空手（1名）、レスリング（1名）、サッカー（1名）、フィギュアスケート（2名）、クロスカントリースキー（4名）であった。計測肢は、非利き手側とした。除外基準は上肢に疼痛を有する者とした。なお、本研究は昭和大学藤が丘病院臨床試験審査委員会にて承認を得て行った（承認番号F2019C40）。

方法はメディカルチェック時に撮影したT-viewを用いて計測を行った。T-viewの撮影方法は座位にて行い、自然下垂位と最大挙上位を撮影する機能撮影である。自然下垂位は、母指がX線管側に向けて上肢を下垂した状態で撮影する。最大挙上位は、対象者のできる範囲の最大前方挙上させた状態で撮影する。X線束は水平に照射し、

表1 T-view X線撮影時の肩複合体運動量の計測肢位と計測項目

| 計測肢位        | 計測項目   |
|-------------|--|
| 自然下垂位・最大挙上位 | 上位胸郭運動量（著者らの方法）<br>胸郭運動量（大田ら <sup>11)</sup> の方法）                   |
| 最大挙上位       | 鎖骨挙上角度<br>鎖骨と関節窩のなす角度<br>関節窩の上方回旋角度<br>関節窩に対する上腕骨の外転角度<br>上腕骨の外転角度 |

\*上位胸郭運動量は、自然下垂位から最大挙上位の差を算出し、運動量とした。大田らの方法における胸郭運動量は、最大挙上位から自然下垂位の差を算出し、運動量とした。上位胸郭運動量・胸郭運動量が正の値の場合、胸骨が頭側方向に挙上していることを示し、運動量が負の値の場合、胸骨が尾側方向に下制していることを示す。その他の肩複合体を構成する要素の計測は、最大挙上位を用いた。

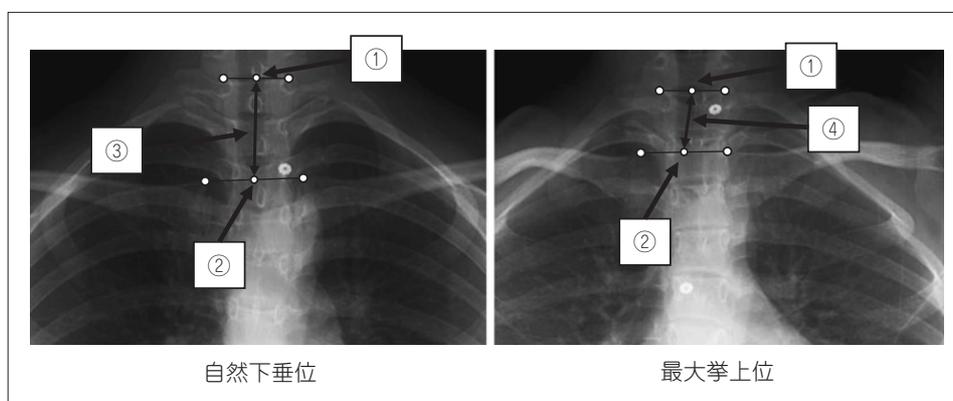


図2 T-view X線撮影法における上位胸郭運動量の計測方法

左右第1胸椎椎弓根上縁を結ぶ線分の中点①と左右鎖骨の近位端上縁を結ぶ線分の中点②との中点距離③を計測した。さらに、自然下垂位と最大挙上位での差を算出し、上位胸郭運動量（③-④）とした。

自然下垂位では、X線管を胸骨柄上端に対して垂直に入射し、自然下垂位と最大挙上位でX線管の位置を移動させないよう条件設定した。

T-viewを用いた計測項目は、上位胸郭運動量、胸郭運動量、鎖骨挙上角度、鎖骨と関節窩のなす角度、関節窩の上方回旋角度、関節窩に対する上腕骨の外転角度、上腕骨の外転角度とした。表1に計測項目を示した。

我々が考案した上位胸郭運動量を計測するために、左右第1胸椎椎弓根上縁を結ぶ線分の中点と左右鎖骨の近位端上縁を結ぶ線分の中点との中点距離を算出した。上位胸郭運動量は図2に示すように自然下垂位（図2の③）から最大挙上位（図2の④）の差を求め、③-④とした。さらに、肩複合体運動量の構成要素の計測には、大田ら<sup>11)</sup>

の方法を用いた。大田らの方法における胸郭運動量は、左右鎖骨の近位端上縁を結ぶ線分の中点と画像下端までの距離を計測し、最大挙上位から自然下垂位の差を算出した。上位胸郭運動量・胸郭運動量が正の値の場合、胸骨が頭側方向に挙上していることを示し、運動量が負の値の場合、胸骨が尾側方向に下制していることを示す。鎖骨挙上角度は、鎖骨の近位・遠位の中点を結ぶ線と水平線が作る角度とした。鎖骨と関節窩のなす角度は、鎖骨の近位・遠位の中点を結ぶ線と肩甲骨関節窩の上端と下端を結ぶ線が作る角度とした。関節窩の上方回旋角度は、肩甲骨関節窩の上端と下端を結ぶ線と垂線が作る角度とした。関節窩に対する上腕骨の外転角度は、肩甲骨関節窩の上端と下端を結ぶ線と上腕骨の近位・遠位の中点を結ぶ線が

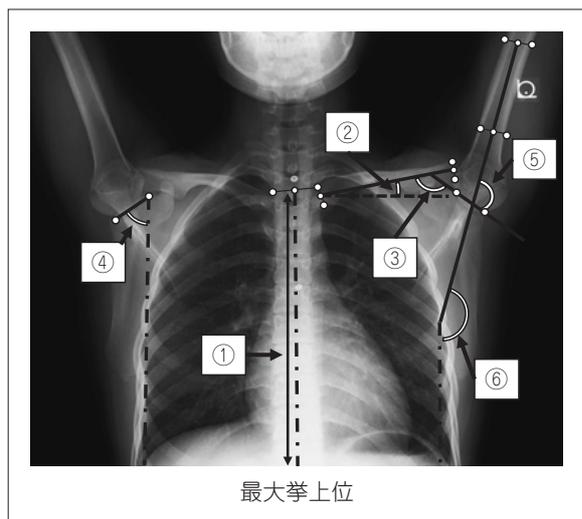


図3 T-view X線撮影法における肩複合体運動量の計測方法

①左右鎖骨の近位端上縁を結ぶ線分の中点と画像下端までの距離（大田らの方法における胸郭運動量の計測部位）②鎖骨挙上角度③鎖骨と関節窩の作る角度④関節窩の上方回旋角度⑤関節窩に対する上腕骨の外転角度⑥上腕骨の外転角度\*点線は水平線、一点鎖線は垂線を示している。画像を基準として垂線は鉛直線とし、水平線は鉛直線に対して直行するように描出した。

作る角度とした。上腕骨の外転角度は、上腕骨の近位・遠位の中点を結ぶ線と垂線が作る角度とした。鎖骨挙上角度、鎖骨と関節窩のなす角度、関節窩の上方回旋角度、関節窩に対する上腕骨の外転角度、上腕骨の外転角度は、最大挙上位を用いて算出した。画像を基準として、垂線は鉛直線とし、水平線は鉛直線に対して直行するように描出した。図3に計測方法を示した。なお、X線画像の計測は、Synapse 4.1.0 (FUJIFILM MEDICAL SYSTEMS, USA)を用いて、線分と角度を求めた。

自然下垂位、最大挙上位におけるそれぞれの上位胸郭運動量の再現性を明らかにするために、SPSS Statistics 23 (IBM, USA)を用いて、検者内信頼性：ICC (1, 1)と検者間信頼性：ICC (2, 1)を算出した。ICC (1, 1)は検査者Aが計測し、1週間後に再計測した。ICC (2, 1)：検査者AとBが計測した。検査者Aは、8年目の理学療法士、検査者Bは、12年目の理学療法士とした。再現性の計測は、対象となった18名の全データとした。ICCの評価は、Landisら<sup>12)</sup>の判定基準に従った(0.00~0.20：slight, 0.21~0.40：fair, 0.41~0.60：moderate, 0.61~0.80：substantial, 0.81~1.00：almost perfect)。

統計学的解析には、JMP Pro 14.0.0 (SAS Institute Inc., USA)を使用した。上位胸郭運動量と各肩複合体運動量の相関関係をSpearmanの順位相関係数を用いて、危険率5%で検討した。

## 結 果

今回の方法を用いた上位胸郭運動量における級内相関係数は、ICC (1, 1)で、自然下垂位0.998, 95%信頼区間0.994-0.999, 最大挙上位0.991, 95%信頼区間0.978-0.997, ICC (2, 1)で自然下垂位0.988, 95%信頼区間0.947-0.996, 最大挙上位0.988, 95%信頼区間0.966-0.995であった。表2に結果を示す。

今回の方法を用いた上位胸郭運動量は自然下垂位 $41.7 \pm 7.1$ mm, 最大挙上位 $26.9 \pm 9.5$ mmであり、上位胸郭運動量 $14.8 \pm 7.7$ mmであった。大田らの方法を用いた胸郭運動量は下垂位 $167.6 \pm 9.7$ mm, 最大挙上位 $189.0 \pm 13.5$ mmであり、胸郭運動量 $21.5 \pm 9.4$ mmであった。

肩複合体運動量の各計測項目は、鎖骨挙上角度は $23.1 \pm 8.3^\circ$ 、鎖骨と関節窩のなす角は $120.3 \pm 10.6^\circ$ 、関節窩の上方回旋角度は $53.4 \pm 6.1^\circ$ 、関節窩に対する上腕骨の外転角度は $113.9 \pm 7.2^\circ$ 、上腕骨の外転角度は $167.3 \pm 5.6^\circ$ であった。

上位胸郭運動量と胸郭運動量 ( $r_s = -0.5524, p = 0.0174$ )、鎖骨挙上角度 ( $r_s = -0.4852, p = 0.0412$ )、鎖骨と関節窩のなす角度 ( $r_s = 0.5818, p = 0.0113$ )に有意な相関が認められた。胸郭運動量と関節窩の上方回旋角度 ( $r_s = 0.4707, p = 0.0487$ )に有意な相関が認められた。鎖骨挙上角度と鎖骨と関節窩のなす角度 ( $r_s = -0.7259, p = 0.0006$ )に有意な相関が認められた。鎖骨と関節窩のなす角度と関節窩の上方回旋角度 ( $r_s = 0.5489, p = 0.0183$ )に有意な相関が認められた。関節窩の上方回旋角度と関節窩に対する上腕骨の外転角度 ( $r_s = -0.5790, p = 0.0118$ )に有意な相関が認められた。表3に各計測項目間の相関を示す。

## 考 察

計測方法の検者内信頼性、検者間信頼性は共に高かった。本計測方法は再現性の高い測定方法であると考えられた。計測の基準点として第1胸椎椎弓根上縁を選んだ理由は3つある。1つ目に第1胸椎椎弓根が前額軸にほぼ平行であり確認しやすいため、計測の際の誤差が低減すると考えられ

表2 上位胸郭運動量における検者内信頼性・検者間信頼性

|       |            | 級内相関係数 | 95% 信頼区間 |       | P 値    |
|-------|------------|--------|----------|-------|--------|
|       |            |        | 下限値      | 上限値   |        |
| 自然下垂位 | ICC (1, 1) | 0.998  | 0.994    | 0.999 | < .001 |
|       | ICC (2, 1) | 0.988  | 0.947    | 0.996 | < .001 |
| 最大挙上位 | ICC (1, 1) | 0.991  | 0.978    | 0.997 | < .001 |
|       | ICC (2, 1) | 0.988  | 0.966    | 0.995 | < .001 |

ICC : intraclass coefficient

表3 各計測項目間における相関関係

|                              | 上位胸郭運動量：著者 | 胸郭運動量：大田ら <sup>11)</sup> の方法 | 鎖骨挙上角度   | 鎖骨と関節窩のなす角度 | 関節窩の上方回旋角度 | 関節窩に対する上腕骨の外転角度 | 上腕骨の外転角度 |
|------------------------------|------------|------------------------------|----------|-------------|------------|-----------------|----------|
| 上位胸郭運動量：著者                   | 1          |                              |          |             |            |                 |          |
| 胸郭運動量：大田ら <sup>11)</sup> の方法 | -0.552*    | 1                            |          |             |            |                 |          |
| 鎖骨挙上角度                       | -0.485*    | 0.018                        | 1        |             |            |                 |          |
| 鎖骨と関節窩のなす角度                  | 0.582*     | -0.169                       | -0.726** | 1           |            |                 |          |
| 関節窩の上方回旋角度                   | 0.440      | 0.471*                       | 0.113    | 0.549*      | 1          |                 |          |
| 関節窩に対する上腕骨の外転角度              | -0.078     | 0.419                        | -0.197   | -0.112      | -0.579*    | 1               |          |
| 上腕骨の外転角度                     | 0.136      | 0.073                        | 0.113    | 0.205       | 0.333      | 0.446           | 1        |

\* : P<0.05, \*\* : P<0.01

数値は相関係数を示している。

る。2つ目に、第1胸椎は胸椎屈曲伸展回旋中心から近く、脊柱運動時の運動量が少ない<sup>13)</sup>ため、上肢挙上に伴う脊柱運動による基準点の移動は最小限に留まると考えられる。3つ目に、第1肋骨の起始部に近接していることから採択した。また、肋骨が胸骨へ連結している組織は軟骨であり、X線画像上で判別、計測することが困難である。画像上、簡便に識別可能であることを条件に、左右鎖骨の近位端上縁を結ぶ線分の中点を計測するポイントに採択した。その結果、高い再現性が得られたものと推察する。また、上位胸郭の形状変化は、胸椎運動が肋骨の運動を惹起し、胸郭前壁において肋骨前端と胸骨が上下動する結果、上位胸郭の形状変化が生じる。そのため、上位胸郭を構成する第1胸椎に対する胸骨の運動を計測することで、上位胸郭の形状変化を評価することが可能となると考えた。

今回の計測方法において、上位胸郭運動量は $14.8 \pm 7.7\text{mm}$ であった。花村ら<sup>8)</sup>は平均3.8cm、遠藤ら<sup>9)</sup>は $32.7 \pm 10.8\text{mm}$ 、胸郭運動量が生じたと報告した。花村ら<sup>8)</sup>は、胸骨体下縁の移動量を計測しており、空間上での移動量を計測している。空間上での移動量には、上肢挙上に伴う矢状面上の伸

展方向の運動がすべて含まれるため、今回の結果よりも大きい数値となったと考えられる。また遠藤ら<sup>9)</sup>は、頭頂と胸骨上縁の垂直距離を移動量として計測している。頭頂と胸骨上縁までに頭蓋骨、頸椎が含まれ、上肢挙上に伴い頭頸部の運動が寄与する可能性がある。今回、第1胸椎を基準とした左右鎖骨の近位端上縁の移動量を上位胸郭運動量と定義したため、含まれる関節構造はできるだけ少なくできたと考えられる。大田らの方法を用いた胸郭運動量は $21.5 \pm 9.4\text{mm}$ であった。先行研究<sup>11)</sup>では、胸郭運動量は $-8.1 \pm 15.52\text{mm}$ であり、先行研究<sup>11)</sup>と比較すると本研究での胸郭運動量は大きい結果となった。高齢者では上肢挙上に伴う胸椎後弯角度の減少が少なく、腰椎前弯角度の増加を認めるとの報告がある<sup>14)</sup>。しかしながら、いつの年代から胸郭運動量が低下するなどの報告はなく、本研究では、対象者が10代であり、先行研究<sup>11)</sup>では20代であることから、年齢による胸郭運動量の影響を考慮する必要がある。先行研究<sup>11)</sup>での胸郭運動量は、ばらつきが大きく、個人間での胸郭運動量には差異があることが示唆された。また、上肢挙上に伴い胸郭運動量が低下(胸骨が尾側へ下制する)している症例がある可能性が示唆され、

表 4 各計測項目における先行研究<sup>11)</sup>との比較

|                              | 本研究         | 大田ら <sup>11)</sup> の結果 |
|------------------------------|-------------|------------------------|
| 上位胸郭運動量：本研究                  | 14.8±7.7mm  | —                      |
| 胸郭運動量：大田ら <sup>11)</sup> の方法 | 21.5±9.4mm  | -8.1±15.52mm           |
| 鎖骨挙上角度                       | 23.1±8.3°   | 16.8±7.8°              |
| 鎖骨と関節窩のなす角度                  | 120.3±10.6° | 115.9±7.2°             |
| 関節窩の上方回旋角度                   | 53.4±6.1°   | 51.8±6.2°              |
| 関節窩に対する上腕骨の外転角度              | 113.9±7.2°  | 115.9±7.2°             |
| 上腕骨の外転角度                     | 167.3±5.6°  | 167.7±6.7°             |

本研究においても1名、胸郭運動量が-0.52mmであった。今後、胸郭運動量が低下する臨床所見の検討も課題であると考えている。さらに、年齢による胸郭運動量への影響を検討すること、また胸郭運動量の低値群と高値群に分けて比較することにより、障害の発生との関係性を検討する必要があると考えている。比較した結果を表4に示した。

上位胸郭運動量は鎖骨挙上角度との間に負の相関関係を認め、上位胸郭運動量の変化量が大きい人では鎖骨挙上角度の変化量が小さいことがわかった。本研究での上位胸郭運動量は、胸椎伸展運動と肋横突関節で生じる肋骨の後方回旋により<sup>15)</sup>、肋軟骨を介して胸骨が頭側へ挙上したことを反映している。胸骨が頭側へ挙上することに伴い、鎖骨内側端が挙上するため、上位胸郭運動量は鎖骨挙上角度の一部を担っていると考えられる。また、鎖骨はクランク状の形態を有し、上肢挙上に伴い鎖骨が後方回旋する際、見かけ上、鎖骨外側端は内側端よりも鉛直下方へ移動する。そのため、上位胸郭運動量が、鎖骨挙上角度に影響を及ぼすことが推察される。上位胸郭運動量と鎖骨と関節窩のなす角度の間に正の相関関係を認め、上位胸郭運動量の変化量が大きい人では、鎖骨と関節窩のなす角度の変化量が大きいことがわかった。上肢挙上に伴い、鎖骨は挙上・後方回旋し、鎖骨に対して肩甲骨は上方回旋するため、鎖骨と関節窩のなす角度は上肢挙上に伴い大きくなる。上位胸郭運動を構成する第1胸椎に対する胸骨の頭側への挙上運動は、胸椎伸展運動が肋骨の運動を惹起し、上位胸郭の後壁では肋骨後端が後方回旋しつつ下制するため、上位胸郭の後壁の形状が変化する。肩甲骨は肩関節下垂位の状態でTh2~Th7レベルに位置する<sup>16)</sup>。肩鎖関節と胸鎖関節の動きを介して、胸郭後壁面に沿うように肩

甲骨は運動するという特徴を有している。上位胸郭の後壁面に沿うように肩甲骨は上方回旋し、烏口鎖骨靭帯が緊張することで鎖骨の後方回旋が生じる<sup>1)</sup>。そのため、上肢を挙上する際に、上位胸郭運動量が鎖骨と関節窩のなす角度に影響を及ぼすことが推察される。

一方で、大田らの方法での胸郭運動量は、画像下端までの距離を計測しており、その距離には胸骨、胸腰椎、骨盤運動の影響を反映していると考えられる。上肢挙上時は、胸椎が伸展することがわかっている<sup>4,7)</sup>。しかし、腰椎に関して、上田ら<sup>17)</sup>は高齢者と比較して若年者は伸展するとした。千葉ら<sup>18)</sup>は屈曲初期に伸展し後半に屈曲するとした。Crosbieら<sup>9)</sup>は、腰椎の運動は認められないとし、一定の見解はない。その理由は被験者の年齢、計測環境が異なることなどがあげられ、上肢挙上時の腰椎の運動が一定しない要因の1つと考えられる。それぞれの運動の影響を受けた結果であり、胸郭運動量が鎖骨挙上角度と鎖骨と関節窩のなす角度との相関を認めなかったと考えられる。

今回の方法は第1胸椎と胸郭最上端との高低差を計測する方法であるため、上位胸郭運動量を推察するための参考値として用いることが出来ると考えられる。大田らの方法は胸郭最上端と画像下端の基準線との高低差を計測する方法であるため、胸郭・胸腰椎・骨盤が軸上伸展している運動量を示す参考値として用いることが出来ると考えられる。この2つの計測方法を用いることで、上肢挙上時の上位胸郭運動量と胸腰椎・骨盤運動量を推察することが可能であると考えている。

本研究のlimitationとして、今回の計測方法では前額面上に投影された点の位置変化を計測したため、各関節の運動方向やその量(可動範囲)を断定できないことが挙げられる。また、胸郭は呼吸による影響を受け、機能的残気量から最大吸気

までに、第1胸椎に対して胸骨は頭側へ $17.8 \pm 5.9$  mm 移動する<sup>19)</sup>。基本的に上肢挙上運動時に一回換気量を超えないと考えられるが、呼吸条件による上位胸郭の動態を確認できていないことが挙げられる。

胸腰椎、骨盤の各運動が上位胸郭運動に関与することが考えられる。今後、X線側面像を用いて矢状面上の胸腰椎運動や骨盤運動を計測し、それらに伴う上位胸郭運動量を確認することが必要であると考えている。また、上肢挙上障害を有する症例の上位胸郭運動量を計測し、肩複合体運動量との関係を明らかにすることが必要であると考えている。

## 結 語

今回、用いた上位胸郭運動量の計測方法は、再現性が高いことが確かめられた。大田らの方法では鎖骨挙上角度、鎖骨と関節窩のなす角度との間には相関関係を認めなかったが、我々の上位胸郭運動量の計測方法では鎖骨挙上角度、鎖骨と関節窩のなす角度との間に相関関係を認めた。つまり、上位胸郭運動と鎖骨、肩甲骨運動との関係を評価する際、我々が考案した方法を用いて計測することで、有益な情報が得られると考える。上肢挙上運動における上位胸郭運動量の大小が近位関節の運動量の大小に影響を及ぼす可能性が示唆された。本計測の結果が上肢挙上障害に対する理学療法に応用できると考えている。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg.* 1944; 26: 1-30.
- 三浦雄一郎, 森原 徹, 福島秀晃, 他. 肩関節屈曲と外転における鎖骨・肩甲骨の運動—座標移動分析を用いた検討—. *総合リハ.* 2008; 36: 877-884.
- 立原久義, 浜田純一郎, 山口光國, 他. 健常者の上肢挙上に伴う胸郭と肩甲骨の運動. *肩関節.* 2012; 36: 795-797.
- 甲斐義浩, 村田 伸, 堀江 淳. 上肢挙上角と脊柱彎曲角の関係—健常成人における検討—. *理学療法科学.* 2010; 25: 19-22.
- Ludewig PM, Behrens SA, Meyer SM, et al. Three-Dimensional Clavicular Motion During Arm Elevation: Reliability and Descriptive Data. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004; 34: 140-149.
- Crosbie J, Kilbreath SL, Hollmann L, et al. Scapulo-humeral rhythm and associated spinal motion. *Clin Biomech.* 2008; 23: 184-192.
- Edmondston SJ, Ferguson A, Ippesiel P, et al. Clinical and Radiological Investigation of Thoracic Spine Extension Motion During Bilateral Arm Elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012; 42: 861-869.
- 花村達夫, 中山慎一郎, 高岸直人, 他. 肩関節可動域と挙上運動の分析. *肩関節.* 1977; 1: 1-4.
- 遠藤 優, 山口光國, 尾崎尚代, 他. 肩関節挙上角度の変化における胸郭の動き. *理学療法学.* 1996; 23: 287.
- 筒井廣明, 三原研一, 鈴木一秀, 他. 外傷性肩関節脱臼症例に見られた機能的問題点の検討. *肩関節.* 2008; 32: 245-248.
- 大田勝弘, 筒井廣明, 三原研一, 他. レントゲン撮影による肩関節挙上動作に関与する因子の検討. *肩関節.* 2010; 34: 325-328.
- Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33: 159-174.
- White AA, Panjabi MM. Kinematics of the Spine. In: *Clinical Biomechanics of the Spine.* Second Edition. Philadelphia and New York: J. B. Lippincott Company; 102-112, 1990.
- 甲斐義浩, 村田 伸. 上肢挙上角と脊柱彎曲角との関係—高齢者における検討—. *総合リハ.* 2010; 38: 873-876.
- Lee DG. Biomechanics of the thorax—research evidence and clinical expertise. *J Man Manip Ther.* 2015; 23: 128-138.
- Kapandji IA. 肩甲胸郭“関節”. In: *カバンディ関節の生理学 I 上肢.* 第5版. 東京: 医歯薬出版; 40-41, 1986.
- 上田泰之, 浦辺幸夫, 大林弘宗, 他. 若年者と高齢者における上肢挙上時の体幹アライメントの違い. *体力科学.* 2008; 57: 485-490.
- 千葉慎一, 関屋 昇, 宮川哲夫. 上肢挙上運動への胸椎、腰椎および骨盤運動の関与. *昭和学術誌.* 2019; 79: 58-67.

- 19) Beyer B, Feipel V, Sholukha V, et al. In-vivo analysis of sternal angle, sternal and sternocostal kinematics in supine humans during breathing. J.

Biomech. 2017; 64: 32-40.

(受付：2020年7月8日，受理：2021年1月15日)

## Reliability of measurements of upper thorax movement using radiographic images: relationship between movements of the upper thorax and the shoulder complex

Noguchi, Y.<sup>\*1,2</sup>, Tamura, M.<sup>\*1,2,4</sup>, Aso, T.<sup>\*1,2</sup>, Tajika, Y.<sup>\*3,4</sup>  
Furuya, K.<sup>\*3,4</sup>, Suzuki, M.<sup>\*3,4</sup>, Sanbe, T.<sup>\*4</sup>, Nishinaka, N.<sup>\*2,3,4</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Rehabilitation, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital

<sup>\*2</sup> Showa University Faculty of Health and Medical Sciences Graduate School of Health Sciences

<sup>\*3</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Showa University Fujigaoka Hospital

<sup>\*4</sup> Showa University Research Institute for Sport and Exercise Sciences

**Key words:** Radiographic images, upper thorax movement, arm elevation

**[Abstract]** This study examined the reliability of measurements of upper thorax movements and determined the relationship between these movements and those of the shoulder complex. Upper thorax movement may critically impact the proximal joint when the upper limbs are elevated. We radiographically evaluated both arms in a dependent position at the side of the body and both arms at the maximum elevated position at the shoulder joint. The vertical distance between the midpoint of the line connecting the upper edges of the left and right first thoracic pedicles and that of the line connecting the upper edges of the proximal ends of the left and right clavicles were measured by multiple raters; differences in these measurements were defined as movement of the upper thorax. The intraclass correlation coefficient (ICC) (1, 1) was 0.998 with the arms in a dependent position and 0.991 with arms at maximum elevation; the ICC (2, 1) was 0.988 for both arm positions, and upper thorax movement was measured at  $14.8 \pm 7.7$  mm. Upper thorax movement correlated negatively with elevation of the clavicular angle and positively with the angle between the clavicle and the glenoid fossa. Overall, the intra- and inter-examiner reliability of this method approached 100%.