

胸郭側方偏位量と大腰筋断面積左右比の関係

Relationship between Lateral Thoracic Deviation and the Left-right Ratio of the Psoas Major Cross-sectional Area

佐野 達也¹⁾ 小室 成義^{1,2)} 本間 友貴³⁾ 茂原 亜由美³⁾ 柿崎 藤泰⁴⁾

TATSUYA SANO, RPT, MS¹⁾, NARUYOSHI KOMURO, RPT, MS^{1,2)}, YUUKI HONMA, RPT, PhD³⁾,
AYUMI MOHARA, RPT, PhD³⁾, FUJIYASU KAKIZAKI, RPT, PhD⁴⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Sekimachi Hospital: 1-6-19 Sekimachikita, Nerima-ku, Tokyo 177-0051, Japan
TEL +81 3-3920-0532 E-mail: tatsuya19940516@gmail.com

²⁾ Course of Medical Science, Graduate School of Tokyo Medical University

³⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science Technology, Bunkyo Gakuin University

⁴⁾ Graduate School of Health Care Sciences, Bunkyo Gakuin University

Rigakuryoho Kagaku 37(3): 297-301, 2022. Submitted Dec. 14, 2021. Accepted Jan. 25, 2022.

ABSTRACT: [Purpose] This study investigated the relationships among the lateral deviation of the thorax, cross-sectional area of the psoas major muscle, and left-right asymmetry of the pelvic rotation angle. [Participants and Methods] The participants were 17 healthy males. The cross-sectional area of the psoas major muscle and change in pelvic rotation angle during isometric hip flexion were measured. [Results] The cross-sectional area of the psoas major muscle was significantly larger on the right and the change in the pelvic rotation angle to the ipsilateral side was significantly larger on the left. Furthermore, there was a significant negative correlation of the amount of lateral deviation of the thorax with the ratio of the left and right psoas major muscle cross-sectional areas, and a significant positive correlation with the ratio of the left and right pelvic rotation angles. [Conclusion] The results suggest that it is important to assess lateral deviation of the thorax in the upright position to evaluate changes in the cross-sectional area of the psoas major muscle during isometric hip flexion.

Key words: thorax, psoas major, pelvic rotation

要旨:〔目的〕胸郭側方偏位量と大腰筋断面積、骨盤回旋角度の左右非対称性との関係について検討した。〔対象と方法〕健康成人男性17名を対象とした。安静立位時の胸郭側方偏位量と等尺性股関節屈曲運動時の大腰筋断面積、骨盤回旋角度変化量を計測した。〔結果〕大腰筋断面積は左側と比較し、右側が有意に大きく、片側股関節の等尺性屈曲運動時に生じる同側への骨盤回旋角度変化量は左側で有意に大きかった。さらに、胸郭側方偏位量と大腰筋断面積左右比(Rt/Lt)との間には有意な負の相関、骨盤回旋角度左右比(Rt/Lt)との間には有意な正の相関が認められた。〔結語〕等尺性股関節屈曲運動時における大腰筋断面積の変化を評価するうえで、立位時の胸郭側方偏位量を評価する意義が示唆された。

キーワード: 胸郭, 大腰筋, 骨盤回旋

¹⁾ 医療法人社団遼山会 関町病院 リハビリテーション科: 東京都練馬区関町北1-6-19 (〒177-0051) TEL 03-3920-0532

²⁾ 東京医科大学大学院 医学研究科

³⁾ 文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

⁴⁾ 文京学院大学大学院 保健医療科学研究科



1. はじめに

大腰筋は胸腰椎、大腿骨をつなぐ下位腰椎において最大の内在筋であり¹⁾、横隔膜や腰方形筋などのインナーユニットと筋連結をもつことや²⁾、両側性に収縮することで第5腰椎-第1仙椎移行部を含めた腰椎全体にすぐれた垂直安定性をもたらすこと³⁾、ローテーターカフのように大腿骨頭を寛骨臼に適合させることなど⁴⁻⁶⁾、正常に機能することで腰部骨盤帯や股関節の安定に寄与している。

疾患における大腰筋について、いくつかの先行研究がある。末期変形性股関節症の患者では、罹患側で大腰筋を含む腸腰筋の筋萎縮が報告されている⁷⁾。強い骨性の疼痛を除く変形性股関節症においては、疼痛が強いほど罹患側大腰筋が萎縮していたとの報告がある⁸⁾。さらに、腸腰筋腱と前上方関節唇は解剖学的な連結を持つことから、大腰筋のタイトネスと股関節唇損傷との関連性が示唆され^{9,10)}、激しく繰り返される股関節の屈伸により腸腰筋滑液包炎が生じることなど¹¹⁾、大腰筋の過用に関する報告もされている。筋萎縮などを示す筋量は、Magnetic Resonance Imaging (以下、MRI) や超音波診断装置などを用いた筋の横断面積を算出することで評価できる。先行研究では筋力と筋断面積の間に高い相関を示すとされており¹²⁾、筋萎縮などでみられる筋断面積の減少は筋力低下、筋断面積の増加は筋力の上昇、断面積の変化は筋収縮と捉えることができる。これらを踏まえ、変形性股関節症や関節唇損傷などの股関節疾患にみられる股関節痛の背景には、股関節そのものの変形や拘縮、炎症の他に、大腰筋の筋断面積の増減が存在している可能性があり、これらの原因を考察することは臨床上重要であると考えられる。

大腰筋は赤筋線維が多い姿勢保持筋である¹³⁾。近年、前額面姿勢の非対称を解析し、骨盤に対する胸郭の側方偏位量や骨盤の挙上など、体幹筋断面積の左右差との関係を健康人で検討した研究結果が報告されている。本間ら¹⁴⁾は、胸郭側方偏位量と腰方形筋断面積の左右差には相関関係があると報告しており、茂原ら¹⁵⁾は、骨盤挙上角度と広背筋下部線維筋厚の左右差に相関が認められたことを報告した。これらを踏まえ、骨盤に対する胸郭の側方偏位などの前額面上の姿勢悪化は、体幹筋の長さや張力関係に左右差を生じさせ、健康人においても、断面積が増大しやすい側とそうでない側といった非対称な身体環境であることが示唆される。大腰筋においても同様に、大腰筋の筋自体の変化に伴い胸郭側方偏位が形成されることや、胸郭側方偏位に伴い、骨盤回旋角度に左右差が生じることで、片側性に断面積の増大や減少が存在していることが考えられる。健康者2群比較研究において、下肢伸展挙上 (active straight leg raise) 時に過少な骨盤の同側回旋を伴う群では、同側回旋が過度

な群と比較して有意に大腰筋筋厚が増加したとの報告があり¹⁶⁾、この結果に従えば、大腰筋収縮時における骨盤の同側回旋をみることにより、胸郭側方偏位に伴う腰部骨盤帯の変化を評価することができる。先述した股関節疾患と大腰筋の関わりからも、大腰筋と胸郭の関連性を明らかにし、健康者の特徴を検証することで、股関節疾患患者と比較するための基礎的データになるものと考えられる。

本研究では、健康者を対象に、立位姿勢における胸郭側方偏位量に加えて、安静時と等尺性股関節屈曲運動時における大腰筋の筋断面積を算出するとともに、等尺性股関節屈曲運動時の同側への骨盤回旋角度を算出する。前者は大腰筋の筋断面積とその変化を評価するためであり、後者は腰部骨盤帯の変化を評価することが目的である。これらの算出項目の関係を左右差の観点から検討する。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、脊柱、股関節および神経筋疾患の既往のない健康成人男性17名 (年齢 28.5 ± 4.3 歳, 身長 170.7 ± 4.7 cm, 体重 67.4 ± 9.4 kg, Body Mass Index 23.1 ± 2.5 kg/m²: 平均 \pm 標準偏差) を著者だけでなく、他者にも選択できるように留意し、抽出した。測定時に各対象者に対して本研究内容の趣旨を十分に説明し、紙面にて承諾を得たうえで実施した。なお、本研究は文京学院大学倫理委員会で承認された (承認番号: 2019-0034)。

2. 方法

本研究では、赤外線カメラ8台で構成される三次元動作解析システム (Vicon NEXUS2, Vicon Motion Systems 社製, 100 Hz) と超音波診断装置 (HI VISION Preirus, 日立メディコ社製)、および徒手筋力計 (Hand-Held Dynamometer: 以下、HHD, micro FET2, Biometrics Europe BV 社製) を使用し、安静立位および背臥位での等尺性股関節屈曲運動を計測した。

安静立位では、直径 9.5 mm の赤外線マーカーを、両側の上前腸骨棘と上後腸骨棘、胸骨剣状突起および第10胸椎棘突起の計6点に貼付し、それらの偏位から胸郭側方偏位量を計測した。胸郭側方偏位量は、前額面における骨盤中心点に対する胸郭中心点の偏位と定義した。胸郭中心点は、胸骨剣状突起と第10胸椎棘突起を結ぶ線分の midpoint とし、左右上前腸骨棘を結ぶ線分の midpoint と左右上後腸骨棘を結ぶ線分の midpoint を算出したのち、それぞれの midpoint を結ぶ線分の midpoint を骨盤中心とした。先行研究に則り、胸郭側方偏位量 (mm) = 胸郭中心 - 骨盤中心を算出し、極性は、骨盤に対する胸郭の左側方偏位を負とし、骨盤に対する胸郭の右側方偏位を正とし

た¹⁴⁾。測定時には被験者の足角や足幅は規定せず、上肢下垂位にて前方にある目標物を注視させた。呼吸による胸郭形状の変化を避けるため、安静呼気位の開始に合わせて対象者より合図をもらい、5秒間保持する課題を計3施行を実施した。得られたデータより中間の3秒間のデータを抽出し、各3施行の平均値を代表値とした。

等尺性股関節屈曲運動では、大腰筋は股関節屈曲0～15°において大腿骨頭の安定に関与すること³⁾に鑑み、大腿直筋などの二関節筋を抑制して、大腰筋の単独的な収縮を得ることを目的に、下腿下垂位での背臥位を開始姿勢とした(以下、安静時)。股関節屈曲の等尺性収縮を課題とし(以下、課題時)、安静時と比較して課題時に膝関節が5°以上屈曲しない範囲での最大負荷量と定義し、体重の1～5%の負荷を事前に検討した後に、体重の2%と設定した。計測にはHHDと非伸縮ベルトを用いた。上前腸骨棘と膝蓋骨中央を結ぶ線上において、上前腸骨棘より大腿長の1/2の位置に非伸縮ベルトを設置させることで、負荷量をモニタリングした。各試行において同一負荷となるよう調整し、左右各々3回計測した。

安静時および課題時における左右の大腰筋断面積は、超音波診断装置を用いて計測した。画像表示モードはBモード、プローブは5～10 MHzのリニア式プローブを使用した。測定部位は先行研究を参考に¹⁷⁾、上前腸骨棘と下前腸骨棘を結んだ線上より、大腰筋に対する短軸画像を抽出した。得られた超音波画像はコンピュータに取り込んだのち、画像解析ソフトウェアImageJ 1.52v(アメリカ国立衛生研究所製)を用いて断面積を計測した。安静時に対する課題時の断面積を、収縮比=課題時断面積/安静時断面積として算出した。安静時と課題時および収縮比の左右非対称性の指標として、左右比=右側/左側を算出した。左右各3施行の平均値を代表値とした。

両上前腸骨棘と恥骨結合の計3点に赤外線マーカーを貼付して、骨盤セグメントを定義し¹⁸⁾、骨盤回旋角度を計測した。絶対空間上における骨盤回旋角度を、安静時と課題時ともに算出した。極性は、課題側への同側回

旋を正とした。安静時に対する課題時の角度変化量を骨盤回旋角度変化量と定義し、各3施行の平均値を代表値とした。加えて、骨盤回旋角度左右比=右課題時/左課題時を左右非対称性の指標として算出した。胸郭側方偏位量、骨盤回旋角度の算出には解析用プログラミングソフトウェアBody Builder(Vicon Motion System社製)を用いた。

データの正規性をShapiro-Wilk検定を行って検討した後、胸郭側方偏位量は平均値と95%信頼区間(以下、95% CI)を算出した。安静時および課題時の大腰筋断面積の左右比較をWilcoxonの符号順位検定を行って検討し、大腰筋収縮比ならびに骨盤回旋角度変化量の左右比較を対応のあるt検定を用いた。胸郭側方偏位量に対する安静時と課題時の大腰筋断面積左右比との関係はSpearmanの順位相関係数を用い、胸郭側方偏位量に対する収縮比の大腰筋左右比および骨盤回旋角度左右比との関係は、Pearsonの積率相関係数を用いて検討した。統計解析には統計ソフトウェアSPSS Statistics 26(IBM社製)を用い、有意水準は5%とした。

III. 結果

胸郭側方偏位量の平均値と95% CIを表1に示す。胸郭側方偏位量の平均値は -4.8 ± 5.1 mm, 95% CIは $-7.4 \sim -2.2$ mmであり、17名中14名が骨盤中心に対して胸郭中心が左側方に偏位していた。

安静時と課題時の大腰筋断面積およびその収縮比、ならびに課題時の骨盤回旋角度変化量の平均値を、左右で比較した結果を表2に示す。大腰筋断面積の平均値は、安静時で右側 187.5 ± 39.5 mm²、左側 162.8 ± 31.4 mm²、課題時では右側 228.7 ± 41.2 mm²、左側 189.7 ± 39.3 mm²であり、その収縮比の平均値は右側 $1.2 \pm$

表1 胸郭側方偏位量の平均値と95%信頼区間

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| 胸郭側方偏位量 (mm) | -4.8 ± 5.1 ($-7.4 \sim -2.2$) |
|--------------|-------------------------------------|

n = 17. 平均値 ± 標準偏差 (95%信頼区間).

表2 安静時ならびに収縮時大腰筋断面積と課題時骨盤回旋角度変化量の平均値と左右比較

| | 右 | 左 | |
|-------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|
| 大腰筋断面積 | 安静時 (mm ²) : 1 | 187.5 ± 39.5 | $162.8 \pm 31.4^{**}$ |
| | 課題時 (mm ²) : 1 | 228.7 ± 41.2 | $189.7 \pm 39.3^{**}$ |
| | 収縮比 : 2 | 1.2 ± 0.1 | $1.1 \pm 0.1^*$ |
| 骨盤回旋角度変化量 (°) : 2 | 3.1 ± 0.6 | $4.0 \pm 1.1^{**}$ | |

n = 17. 平均値 ± 標準偏差. Wilcoxon 順位和検定 : 1, 対応のある t 検定 : 2, * : p < 0.05, ** : p < 0.01.

表3 胸郭側方偏位と大腰筋左右比, 骨盤回旋角度左右比の相関関係

| 胸郭側方偏位量 (mm) | 大腰筋断面積左右比 (Rt/Lt) | | | 骨盤回旋角度左右比 (Rt/Lt) : 2 |
|--------------|-------------------|----------|---------|-----------------------|
| | 安静時 : 1 | 課題時 : 1 | 収縮比 : 2 | |
| | -0.853** | -0.875** | -0.589* | 0.598* |

n = 17. Spearman の順位相関係数 : 1, Pearson の積率相関係数 : 2, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$.

0.1, 左側 1.1 ± 0.1 であった。すなわち, 安静時, 課題時, 収縮比ともに, 左側と比較して右側で平均値が有意に大きかった (順に $p < 0.01$, $p < 0.01$: Wilcoxon 順位相関検定, $p < 0.05$: 対応のある t 検定)。課題時における骨盤回旋角度変化量の平均値は右側で $3.1 \pm 0.6^\circ$, 左側で $4.0 \pm 1.1^\circ$ と, 右側と比較して左側で有意に平均値が大きかった ($p < 0.01$: 対応のある t 検定)。

胸郭側方偏位量が, 安静時と課題時およびその収縮比の大腰筋左右比, ならびに骨盤回旋角度左右比と織りなす関係を表3に示す。安静時と課題時およびその収縮比の大腰筋左右比は, 胸郭側方偏位量との間に有意な負の相関を認めた (安静時 : $r = -0.853$, $p < 0.01$, 課題時 : $r = -0.875$, $p < 0.01$: Spearman の順位相関係数, 収縮比 : $r = -0.589$, $p < 0.05$: Pearson の積率相関係数)。胸郭側方偏位量と骨盤回旋角度左右比との間には有意な正の相関を認めた ($r = 0.598$, $p < 0.05$: Pearson の積率相関係数)。

IV. 考 察

本研究では, 骨盤に対して胸郭が左側方に偏位していた対象者が多かったが, 先行研究においても同様の報告がされており^{14,19)}, 健常成人では, 高い割合で胸郭左側方偏位を呈していることが考えられる。

安静時と課題時の大腰筋断面積およびその収縮比が, 右側で有意に大きく, さらにこれらの数値と胸郭側方偏位量との間に有意な負の相関関係が認められたことから, 胸郭が左側方に偏位するほど, 右側大腰筋の断面積が左側に比べて大きくなることが示された。フットボールプレイヤーを対象にした大腰筋断面積の左右差に関する先行研究は, その競技特性の影響から, 軸足側と比較して蹴り足側において大腰筋断面積が大きい²⁰⁾と述べている。Kimら²¹⁾は, 退行性側弯症患者を対象として, 姿勢による影響を検討した結果, 大腰筋自体の変化に起因することで, 断面積が大きい側で腰椎が凸になり, 小さい側で腰椎が凹になると述べている。そのため, 非対称的な大腰筋の負荷によって, 姿勢や脊柱アライメントが変化するものと予想される。柿崎²²⁾は, 胸郭左側方偏位者では, 下位胸椎と腰椎および仙椎で, 椎体前面が左側を向くと述べている。大腰筋は胸腰椎を同側側屈させ, 対側回旋させる作用を有している²³⁾ことから, 左側と

比較して右側大腰筋の断面積が増大することが, 胸腰椎を介して胸郭左側方偏位の形成に関与していることが考えられる。

課題時における, 同側への骨盤回旋角度は, 右側課題時と比較して左側課題時に有意に大きく, 胸郭側方偏位量と骨盤回旋角度左右比に有意な正の相関関係が認められたことから, 胸郭が左側方に偏位するほど, 右側に対する左側課題時の同側への骨盤回旋角度が大きくなることが示された。江戸ら²⁴⁾は, 体幹回旋運動に伴う胸郭の側方並進移動量について検討し, 骨盤に対する体幹の回旋運動は, 胸腰椎を介することで, 回旋側とは反対側への胸郭並進運動が伴うと述べている。先述の通り, 胸郭左側方偏位に伴い, 下位胸椎と腰椎および仙椎において, 椎体前面が左側を向く²²⁾ことから, 同方向への骨盤回旋運動が生じやすいことが予想される。これにより右側と比較して左側課題時に骨盤の同側回旋角度が増加し, 胸郭側方偏位量との間に相関がみられたと考える。さらに, このような身体環境での課題動作では, 左側股関節では屈曲に伴い内旋が生じるため, 股関節を屈曲, 外旋させる作用を有する大腰筋では, その左右差につながったと考える。MRIを用い, 健常成人を対象にした先行研究においても, ほとんどの成人が腕や脚を使う運動課題を身体の右側で行うことから, 下位腰椎に付着する大腰筋は, 右側と比較して左側で横径が小さい²⁵⁾と述べている。これらのことは, 本研究結果を支持するとともに, 大腰筋断面積における左右差と胸郭側方偏位は, 相互に影響し合っていることが推察される。

本研究結果より, 健常成人において胸郭左側方偏位を呈している場合は, 右側大腰筋断面積やその変化が大きく, 左側股関節屈曲の等尺性収縮における同側の骨盤回旋角度が大きい。さらに, 胸郭側方偏位量が大きいほど大腰筋断面積や骨盤回旋角度変化量の左右差が大きくなることが示された。今回の対象者においては, 胸郭側方偏位と大腰筋断面積の関連が示唆された一方で, 対象が健常成人男性17名と, サンプル数が少ないこと, 利き手や利き足, 片側下肢を繰り返し使用する運動習慣や日常生活, スポーツ歴の有無などを聴取していないことが本研究の限界であると考えられる。また, 大腰筋断面積で示す筋量は, 筋力との相関関係は報告されているが¹²⁾, 筋活動を直接示すものではない。今後これらの調査を行うことや, 筋電図計を用いること, 力学的データとの検

討を行うことで、筋の左右差などを多面的に評価できると考える。

利益相反 本研究において開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) McGill SM, Patt N, Norman RW: Measurement of the trunk musculature of active males using CT scan radiography: implications for force and moment generating capacity about the L4/L5 joint. *J Biomech*, 1988, 21: 329-341.
- 2) 河上敬介, 磯貝 香: 骨格筋の形と触察法, 改訂第2版. 大峰閣, 2013, p276.
- 3) Neumann DA: 筋骨格系のキネシオロジー, 原著第2版. 嶋田智明・他(監訳), 医歯薬出版, 東京, 2015, p435.
- 4) Yoshio M, Murakami G, Sato T, et al.: The function of the psoas major muscle: passive kinetics and morphological studies using donated cadavers. *J Orthop Sci*, 2002, 7: 199-207.
- 5) Andersson E, Oddsson L, Grundström H, et al.: The role of the psoas and iliacus muscles for stability and movement of the lumbar spine, pelvis and hip. *Scand J Med Sci Sports*, 1995, 5: 10-16.
- 6) Lewis CL, Sahrman SA, Moran DW: Effect of position and alteration in synergist muscle force contribution on hip forces when performing hip strengthening exercises. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2009, 24: 35-42.
- 7) 田尻正博, 稗田 寛: CTによる変形性股関節症における筋萎縮の定量的解析. *整形外科と災害外科*, 1984, 32: 823-827.
- 8) 木島泰明, 山田 晋, 田澤 浩・他: 変形性股関節症の痛みの程度に関連する要因. *東日本整形災害外科学会雑誌*, 2015, 27: 7-10.
- 9) Heyworth BE, Shindle MK, Voos JE, et al.: Radiologic and intraoperative findings in revision hip arthroscopy. *Arthroscopy*, 2007, 23: 1295-1302.
- 10) Alpert JM, Kozanek M, Li G, et al.: Cross-sectional analysis of the iliopsoas tendon and its relationship to the acetabular labrum: an anatomic study. *Am J Sports Med*, 2009, 37: 1594-1598.
- 11) Johnston CA, Wiley JP, Lindsay DM, et al.: Iliopsoas bursitis and tendinitis. A review. *Sports Med*, 1998, 25: 271-283.
- 12) 福永哲夫: ヒトの絶対筋力—超音波による体肢組成・筋力の分析—. 杏林書院, 東京, 1978, pp75-105.
- 13) 木村忠直, 甲田基夫, 石田美由紀・他: 大腰筋線維構成の比較解剖学的研究. *昭和医学会雑誌*, 1991, 52: 509-513.
- 14) 本間友貴, 平山哲郎, 茂原亜由美・他: 強制呼吸での腰方形筋断面積の左右非対称性と前額面上の姿勢と呼吸機能の関係. *理学療法科学*, 2018, 33: 501-506.
- 15) 茂原亜由美, 本間友貴, 平山哲郎・他: 若年健常成人における努力呼吸での広背筋下部繊維筋厚左右比率と骨盤側方挙上角度および呼吸機能の関連性. *理学療法科学*, 2019, 34: 467-472.
- 16) Jeon IC, Kwon OY, Weon JH, et al.: Comparison of psoas major muscle thickness measured by sonography during active straight leg raising in subjects with and without uncontrolled lumbopelvic rotation. *Man Ther*, 2016, 21: 165-169.
- 17) Guillin R, Cardinal E, Bureau NJ: Sonographic anatomy and dynamic study of the normal iliopsoas musculotendinous junction. *Eur Radiol*, 2009, 19: 995-1001.
- 18) Park KH, Ha SM, Kim SJ, et al.: Effects of the pelvic rotatory control method on abdominal muscle activity and the pelvic rotation during active straight leg raising. *Man Ther*, 2013, 18: 220-224.
- 19) 小室成義, 本間友貴, 安達亮介・他: 胸郭側方偏位および胸郭形状と歩行立脚期における下腿側方傾斜角度の関係. *理学療法科学*, 2020, 35: 187-191.
- 20) Hides J, Fan T, Stanton W, et al.: Psoas and quadratus lumborum muscle asymmetry among elite Australian Football League players. *Br J Sports Med*, 2010, 44: 563-567.
- 21) Kim H, Lee CK, Yeom JS, et al.: Asymmetry of the cross-sectional area of paravertebral and psoas muscle in patients with degenerative scoliosis. *Eur Spine J*, 2013, 22: 1332-1338.
- 22) 柿崎藤泰: 胸郭運動システムの再建法, 第2版—呼吸運動再構築理論に基づく評価と治療. ヒューマン・プレス, 東京, 2017, pp2-40, 52-54, 108.
- 23) Santaguida PL, McGill SM: The psoas major muscle: a three-dimensional geometric study. *J Biomech*, 1995, 28: 339-345.
- 24) 江戸優裕, 柿崎藤泰, 山本澄子・他: 体幹回旋に伴う胸郭の前後および左右への並進の運動特性. *理学療法科学*, 2018, 33: 173-176.
- 25) Reid JG, Livingston LA, Pearsall DJ: The geometry of the psoas muscle as determined by magnetic resonance imaging. *Arch Phys Med Rehabil*, 1994, 75: 703-708.