

〈資料・情報〉

## フィギュアスケート選手における脊柱起立筋短縮の原因に関する一考察

山下 篤央・森井 秀樹

フィギュアスケーター13名（年齢 $11.6 \pm 1.66$ 歳、競技歴 $5.30 \pm 2.98$ 年）を対象に、Hip extension assessment により股関節伸展位での筋収縮パターンを評価した。その結果、11名に右側脊柱起立筋の過剰反応が認められた。しかしながら、競技歴と筋の過剰反応に高い相関は認められず、競技特有の技術を習得するための日々の反復練習が、筋収縮の過剰反応を発生させる原因となっていると考えられる。

キーワード：Hip extension assessment (HEA)、脊柱起立筋、過剰反応

### 1. はじめに

フィギュアスケートのプログラムは、ストローク、ステップ、スピン、ジャンプの技術の組み合わせで構成されている<sup>1)</sup>。特にジャンプは、上位を狙う競技者にとって必要不可欠な技術である。6種類のジャンプのうち、身体の前からジャンプするアクセル以外、他5つのジャンプは、身体の後方から動作を行う。一部のスケーターを除き、ジャンプの回転方向は左回旋である。

ランディング時には、右脚の外側後方のエッジを使い、空中ではランディングを行う脚を中心に回旋することから、すべてのジャンプのランディング時の脚は同じである<sup>1)</sup>。これらの技術をプログラム上で表現するためには、筋力は欠かせない要素である。筋力は、効率良く氷上に力を伝え、前・後進する力、氷上で回旋するための体幹の安定力、氷上から跳躍し回旋軸を安定するための力、回旋を加速させるための可動力となる。また、跳躍後の着氷時の衝撃に耐

えるための身体の安定性の要素でもある。

近年、体幹の安定 (core stability) と体幹の可動性 (core mobility) が、競技パフォーマンスを遂行するために重要な要因として位置付けられている。競技パフォーマンスの向上を目的に、ストレングストレーニングやコンディショニングが実施されるが、体幹の安定性と可動性の構築を先行させることの重要性が示唆されている<sup>2,3)</sup>。

脊柱起立筋は、体幹 (core) の可動性として機能する。この筋は、脊柱から離れて存在する。Neumann<sup>4)</sup> は、この解剖学的特徴を、椎間連結部で起こる脊柱の詳細な運動コントロールよりも、体軸全体の運動 (側屈、伸展) をコントロールすると述べている。競技パフォーマンスにおいて、脊柱起立筋は、体幹の可動性を作り出す重要な筋群である。

そこで本稿では、フィギュアスケート選手を対象に、徒手テスト (Hip extension assessment: HEA) により、脊柱起立筋の筋長を評価し、その結果から競技特異性について考察する。

## 2. 方法

### a) 対象者と検者

対象者は、フィギュアスケーター 13 名（男子 1 名、女子 12 名、年齢  $11.6 \pm 1.66$  歳、競技歴  $5.30 \pm 2.98$  年）であった。対象者、保護者及びコーチに対して、検査の目的とその方法について説明し、同意を得た上で検査を実施した。また、検者はフィギュアスケート専門にトレーニングプログラムを作成・評価している NATA の公認アスレティックトレーナー 1 名であった。

### b) 期間

11 名（男子 1 名、女子 10 名）は、2009 年 11 月 9 日に初期トレーニングプログラム作成のための基礎動作評価の一部として実施した。他 2 名（女子）は、2012 年 4 月 21 日に 1 名、2012 年 5 月 3 日に 1 名の評価を実施した。

### c) Hip extension assessment (HEA) <sup>5, 6)</sup>

HEA は、股関節伸展時の筋の正常な収縮パターンを評価する。評価方法の手順は次に示す。対象者は腹臥位になり、検者は対象者の評価する下肢側に立つ。検者は評価する下肢の大殿筋、ハムストリングス及び両側脊柱起立筋を触知する。そして、検者の合図と共に、対象者は評価される下肢の股関節伸展を行う (Figure 1)。股関節伸展のための筋の収縮順序の評価については、Table 1 に示す。

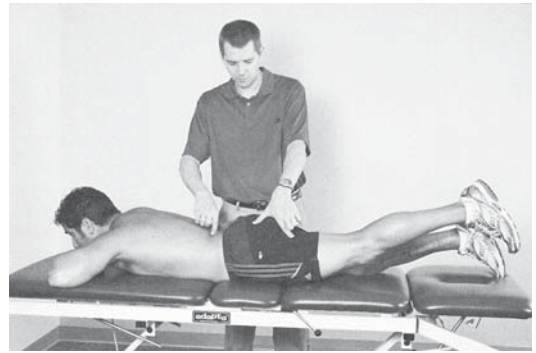


Figure 1.

Hip extension assessment Functional Testing in Human Performance, Reiman et al. p.87

Table 1. 股関節伸展時の筋の収縮パターン

#### 正常順序

1. 大殿筋
2. 反対側脊柱起立筋
3. 同側脊柱起立筋とハムストリングス

#### 変化したパターン

- 大殿筋の弱化
- 大腰筋の過剰反応
- 脊柱起立筋の過剰反応
- ハムストリングスの過剰反応

Functional Testing in Human Performance, Reiman et al. p.87

## 3. 結果

対象者 13 名中、11 名が右側股関節伸展時に、同側の脊柱起立筋の収縮の先行が認められた。また、“変化した収縮パターン”と競技歴間の相関は低かった ( $r = -0.33$ )。

## 4. 考察

### a) 脊柱起立筋の機能

脊柱起立筋は、腸肋筋、最長筋、棘筋の 3 筋から構成されている。また、この筋の運動の機

能は、脊柱の伸展と側屈、骨盤の前傾である。左右両側の同時収縮により伸展を、片側の収縮により、収縮側へ側屈を行う。骨盤の前傾は、両側、片側収縮によって起こる。一般的に最長筋と腸筋は、伸展と側屈に関与するが、最長筋を構成する胸最長筋と、腸筋を構成する腰腸筋の運動機能は、それぞれ固有の動きを示す。それらは、胸最長筋と腰腸筋の層により変化する<sup>7,8)</sup>。胸部から始まる胸最長筋と腰腸筋は、脊柱起立筋の中で浅層に位置する。腰部から始まる胸最長筋と腰腸筋は、深層に位置する。浅層の筋群は、脊柱から外側に位置し、また、長い腱が、腰椎の棘突起、仙骨、腸骨に停止する。これは、長いモーメントアームと“引く”ラインを構成し、胸部と腰部の伸展と側屈の機能を作り出す要素となる<sup>7,8)</sup>。従って、浅層の筋群は、体幹の伸展の主動筋と位置づけられる。深層の筋群は、脊柱から近い位置に存在し、モーメントアームは短い。伸展や側屈を行うには機能的に不利な条件であり、むしろ腰椎を安定するための筋群と考えられている<sup>7,8)</sup>。

#### b) 反復的収縮による脊柱起立筋の短縮

局所的な筋の過剰反応は、反復的な同一動作の繰り返しが原因と考えられる。Herrmannら<sup>9)</sup>は、脊柱起立筋の反復的収縮から起こる疲労によって反射振幅が $36 \pm 32\%$ 上昇することを示した。反射振幅の上昇は、疲労による筋出力低下に対するの代償作用であり、脊柱起立筋の機能を安定させるために筋の収縮を起こしやすい環境を作り出していると推測できる。フィギュアスケーターは、技術習得のために、日々数時間の練習を行う。加えて、反復的な同一方向への動きとランディングは、常に右脚に限られる(Figure 2 A)。これらの原因が浅層の胸最長筋、腰腸筋の過剰反応を引き起こす環境にあると

考えられる。さらに、競技歴が長い場合、より多くの反復動作を繰り返しているため、競技歴と筋の過剰反応には関連があるように考えられるが、本評価での対象者間での右側脊柱起立筋の過剰反応と競技歴に高い相関関係を認めることはできなかった。フィギュアスケートの特有の動きを習得する練習は、安易に筋の過剰反応を促す可能性があると推測する。

深層の脊柱起立筋は、股関節屈曲時の腰椎の安定に関与する。McGill<sup>8)</sup>は、この深層の筋は腰椎が前傾する際の前方剪断力に抵抗するが、腰椎の屈曲と共にこの抵抗は失われると述べている。すなわち、腰椎の前傾を維持するために、この筋の線維の走行方向は、後方尾方へ傾き各腰椎を後方へ引き出すような力を作り出す。そして、股関節を屈曲し、腰椎を前傾させるときに伸張性収縮として働く。実際、フィギュアスケートのランディング時、右脚で着氷し、腰椎は股関節を回転軸とし前傾する。この際、伸張性収縮を行う深層の脊柱起立筋は、腰椎の安定に働くと考えられる。しかし、着氷時の衝撃は、腰椎の安定を崩し、腰椎屈曲の原因となる。腰椎



Figure 2.

- A. ランディングは右脚で行われる。
- B. ⇨は、大腿四頭筋の伸張性収縮を示している。

屈曲は、この筋の機能を失いランディングの失敗につながると考えられる。つまり、ランディングの反復練習は、腰椎を屈曲させず、腰椎の前傾を維持することが目的と考えられるが、この筋の繰り返される伸張性収縮は、疲労を促し、反射振幅上昇の原因となり、筋の過剰反応の環境を作ると示唆される。

### c) ランディング時の筋の収縮と骨盤前傾の関係

HEA は、股関節伸展時の正しい筋の連動を評価する徒手テストである<sup>5,6)</sup>。正常な右股関節伸展時の筋の連動は、右側大殿筋から収縮を開始し、左側脊柱起立筋が収縮し、右側脊柱起立筋と右側ハムストリングスが収縮する。しかし、本評価ではフィギュアスケーターの右股関節伸展時に右側脊柱起立筋の過剰反応があった。右股関節伸展時、右側脊柱起立筋の収縮が先行し、左側脊柱起立筋、右側大殿筋、右側ハムストリングスの収縮パターンを示した。このパターンは、先述にある浅層の右側脊柱起立筋の過剰反応による脊柱の伸展を開始し、骨盤の前傾を起す。また、骨盤の前傾による“見た目上の右股関節伸展”の原因となる。

股関節前面の筋群の短縮は骨盤を前傾し<sup>5,8)</sup>、胸腰部の伸展筋群の筋長の短縮状態を作り出すと考えられる。フィギュアスケーターは、股関節屈曲筋、大腿四頭筋の筋長の短縮が、大殿筋の弱化的原因であり、15～20°の股関節伸展の可動制限があることが報告されている<sup>1)</sup>。特に、大腿四頭筋は、ジャンプからのランディング時にかかる垂直方向からの速度や力を減少するために、伸張性収縮を行う (Figure 2 B)。従って、ランディングの反復は、股関節前面筋群の筋長の短縮の原因になると推測する。

片側大殿筋は、反対側の広背筋と、腰 - 仙骨の領域に位置する筋膜と連動して、腰 - 仙骨に圧迫

を加え、腰椎と仙骨の安定力を増す<sup>7)</sup>。フィギュアスケートは、競技パフォーマンスと美を表現する競技である。よって、ランディング時の美しさを表現するために、Free Leg の大腿部は外旋し、脊柱を伸展させる (Figure 3)。



Figure 3.

ランディング時は、美的要素としてFree legを外旋する。

これは、左側大殿筋と左側大腿二頭筋の収縮が同側大腿部を外旋し、これに伴い、腰 - 仙骨の領域の筋膜を介し、右側広背筋の収縮を促す。また、筋膜は、脊柱起立筋を覆う<sup>8)</sup>。左側大殿筋の収縮により、筋膜を介し、右側脊柱起立筋の緊張を促す可能性がある。このことから、右側脊柱起立筋の筋長は短縮し、骨盤は前傾傾向になる。骨盤の前傾により、腰 - 仙骨の安定は不安定となり、競技パフォーマンス遂行の障害のみならず<sup>10)</sup>、ジャンプ時、スピン時の脊柱を中心とした回旋軸の不安定の要素となることが推測できる。加えて、大殿筋の筋力弱化的により、股関節安定に必要な股関節屈曲に対しての伸張性収縮力が減少し、骨盤後傾を保持する機能弱化的となり、骨盤前傾傾向を促す。また、ランディング時の不安定を招く可能性があり、ジャンプ

の失敗につながると考えられる。

骨盤の前傾は、フィギュアスケーターにおいて腰椎のスポーツ障害の原因となることが考えられる。ジャンプからのランディングは、身体の回旋の減速負荷が腰部にかかると共に、垂直負荷が、地面から下肢を伝い腰部に達し、腰椎に剪断力が伝わる。腰椎にかかる回旋力と剪断力は、関節突起関節と椎間板の線維輪によって制限されている<sup>1)</sup>。しかし、骨盤の前傾は、腰椎前弯を増し、腰椎後方の障害発生の起因となる<sup>11)</sup>。同時に、2種の衝撃は、腰椎後方の障害と椎間板の線維輪の破綻を生じさせる。

## 5. まとめ

フィギュアスケーターは競技特有の技術の習得のために、また、美を表現する特有の動作を作るために、多くの時間を費やし、同一動作を反復する。反復的収縮からの疲労によって筋収縮の反射振幅は増加し、筋の過剰反応を発生しやすい環境になる。従って、フィギュアスケーターの右側脊柱起立筋の短縮は、技術習得のためのランディングの反復が原因の一つと考えられる。

本稿では、HEA を用いフィギュアスケーターの右側脊柱起立筋の短縮を明らかにした。それは、多くのスケーターが、正常な収縮パターンを用いない状態で毎日の練習に挑んでいることを示す。ジャンプ時の回転軸の不安定や不確定なランディングは、スポーツ障害発生の原因と

なる。毎回の練習と相互にフィジカルトレーニングによる正常な収縮パターンの獲得が必要となる。

## 参考文献

- 1) Fortin, JD., Harrington, LS., and Langenbeck, DF. The Biomechanics of Figure Skating. *Physical Medicine & Rehabilitation* 11: pp.627-648, 1997
- 2) Chek. P. Functional Anatomy of the Core, 2001, pp.23, C.H.E.K Institute
- 3) Chek. P. Movement That Matters 2<sup>nd</sup> edition, 2011, pp.13-15, C.H.E.K Institute
- 4) Neumann, DA. 原著、嶋田智明、平田総一郎 監訳 筋骨格系のキネシオロジー、2005、pp.336-339、医歯薬出版
- 5) Page, P., Frank, CC., and Lardner, R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance, 2010, pp.63, 79, Human Kinetics
- 6) Reiman, MP and Manske, RC. Functional Testing in Human Performance, 2009, pp.87, Human Kinetics
- 7) Levangie, PK and Norkin, CC. Joint Structure & Function 4<sup>th</sup> edition, 2005, pp.180-181, pp.376, F. A. Davis
- 8) McGill, S. Low Back Disorders 2<sup>nd</sup> edition, 2007, pp.51-53, 61, Human Kinetics
- 9) Herrmann, CM., Madigan, ML., Davidson, BS., and Granata, KP. Effect of Lumbar Extensor Fatigue on Paraspinal Muscle Reflexes. *J Electromyography & Kinesiology* 16: pp.637-641, 2006
- 10) Gamble, P. Training for Sports Speed and Agility, 2012, pp.103-108, Routledge
- 11) Arnheim, DD. and Prentice, WE. Principles of Athletic Training 9<sup>th</sup> edition, 1997, pp.647, 670-671, Brown & Benchmark

