

# 下肢のマルアライメントが脚伸展力に及ぼす影響について

森 井 秀 樹

女子大学生を被検者に、下肢のねじれが脚伸展力に及ぼす影響を検討した。アライメントの評価には、Q-angle及び股関節内旋角を、脚筋力は椅座位での等尺性脚伸展力を測定した。被検者の78.7%にQ-angle、股関節内旋角の一方または両方に異常値が認められたが、Q-angleと等尺性脚伸展力の間に有意な関係は認められず、下肢のねじれが、脚筋力（但し、股関節および膝関節角度を固定した状態での等尺性筋力）に対して影響しないことが明らかとなった。

キーワード：マルアライメント，Q-angle，脚伸展力，女子大学生

## はじめに

「走る」、「跳ぶ」などの基本的動作は、スポーツ選手のみならず、人間（ヒト）が日常生活を送る上にも頻繁に繰り返される身体運動である。また地球上で生活する限り、重力に対抗して身体を移動させる筋力が必要となる。特に「歩く」も含めた基本的動作を行う上で、下肢筋力の維持・向上は重要であり、ヒトが生涯を通して活動的な日常生活を送る上にも大切な健康関連体力の構成要素である<sup>1)</sup>。しかしながら、スポーツの場面のみならず日常生活においても、下肢への外傷や障害の発症率は高く、治療後も適切なりハビリテーション不足から慢性疾患化するケースが多く存在する。下肢への外傷は急性的な外力により生じる場合が多く、障害の多くは、形態的な異常から局所にストレスが加わり、炎症を起こし、その後慢性化する。代表的なアライメント異常（マルアライメント）には、O脚、X脚、扁平足・凹足（ハイアーチ）、下肢のねじれ、回内足・回外足などがあり、特に「走る」や「跳ぶ」などの基本的動作と関連

性のある項目は、下肢のねじれを評価するQ-angleと股関節内旋角であることが明らかにされている<sup>6,7)</sup>。

Q-angleは、下肢の膝伸展機構（大腿四頭筋 膝蓋骨 膝蓋腱 脛骨粗面）と密接に関連し、過度なねじれが存在すると運動効率を低下させ、筋腱の負担を大きくすることになる。下肢のマルアライメントが、スポーツ障害に及ぼす影響について報告した研究はいくつか存在する<sup>6,7)</sup>。しかしながら筋力やパワーの発揮について検討した研究は、私の知る限りでは存在しない。そこで本研究では、女子大学生の下肢アライメントの状態を把握し、Q-angleと脚伸展力の関係から下肢のねじれが筋力の発揮に及ぼす影響について検討した。

## 方 法

被験者は、整形外科的障害（特に、足関節・膝関節・股関節の障害）のない一般女子大学生98名であった。

下肢の三次元的なねじれについては、quadriceps angle (Q-angle)および股関節内旋角を

測定した<sup>3,8)</sup>。Q-angleの測定には、特性ゴニオメーター（ゴム紐付き分度器）を用い、膝蓋骨中央点および脛骨粗面を結ぶ直線上にゴニオメーターの基準アーム（分度器の底辺部）を固定し、膝蓋骨中央部と上前腸骨棘を結ぶ直線に移動アーム（ゴム紐部）を合わせ、その2軸が成す角度を測定した。また、股関節内旋角の測定については、被検者を腹臥位にて膝関節を90°屈曲し、両膝を接した状態で下腿を両側に開き（股関節内旋）、特性ゴニオメーターにて脚の内旋可動域を測定した。

等尺性脚伸展力の測定<sup>3,8)</sup>については、歪みゲージ式万能型力量計（明興社製）を装着した脚筋力測定台（竹井機器工業製）を用いた。各被験者は椅座位にて股関節を90°屈曲位に、また膝関節は60°屈曲位（完全伸展=0°）に固定し、等尺性最大筋力を測定した。測定は、5秒間の最大筋力の発揮と30秒間のインターバルを3回繰り返し、その最大値（kg）を体重（kg）で除することでWBI（Weight Bearing Index：体重支持力）<sup>4,8)</sup>を算出した。

Q-angleと等尺性脚伸展力の関連性については、相関図より相関係数を算出した。またQ-angleの違いが、WBIに及ぼす影響については、対応のないt-検定を用い、統計上の有意性は、 $p<0.05$ とした。

## 結 果

### 下肢のねじれ

利き足のQ-angleおよび股関節内旋角については、表1に示す。Q-angle 21度以上の異常値を示す者は、全体の58.2%（57名）である。また股関節内旋角に異常値（50度以上）を示す者は、37.8%（37名）であった。さらに、Q-angleおよび股関節内旋角の両方に異常値が認められる者は、全体の20.4%（20名）であり、両項目に正常値が認められる者は、24.5%（24名）であった。

### Q-angleと等尺性脚伸展力

Q-angleの異常値群および正常値群間での体重支持力の比較については、図1に示す。異常値群および正常値群の体重支持力は、それぞれ $0.89 \pm 0.02$ 、 $0.91 \pm 0.02$ と、両群間に差を認めることはできなかった。また、Q-angleと等尺性脚伸展力の相関係数は、 $r=0.036$ であった（図2）。

## 考 察

脚の三次元的なねじれは、大腿四頭筋 膝蓋骨 膝蓋腱 脛骨粗面と連なる体重支持に重要な下肢の膝伸展機構の効率を悪くし、衝撃吸収機能としての働きも低下させる。事実、ランニ

表1．下肢のねじれ

	正常値群	異常値群
Q-angle	41 ( $15.4 \pm 5.1^\circ$ )	57 ( $28.1 \pm 5.1^\circ$ )
股関節内旋角	61 ( $37.6 \pm 7.9^\circ$ )	37 ( $59.2 \pm 9.0^\circ$ )
Q-angle & 股関節内旋角	24	20

数字は度数を示す。（ ）内は、各群の平均値±標準偏差。

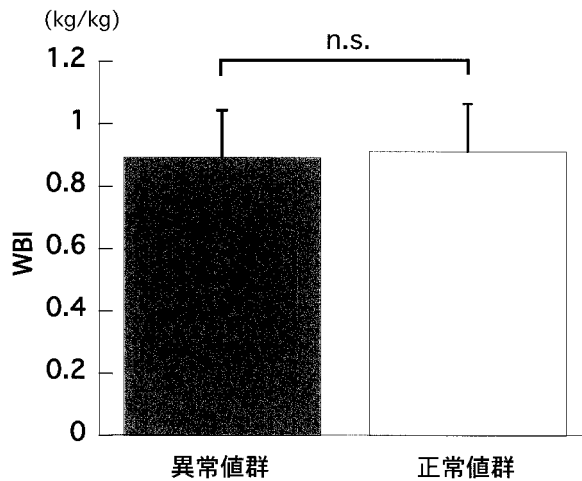


図 1 . Q-angleによるWBIの違い

異常値群：Q-angle 21 °以上，正常値群：Q-angle 20 °以下，n.s.：non significant（有意差なし）

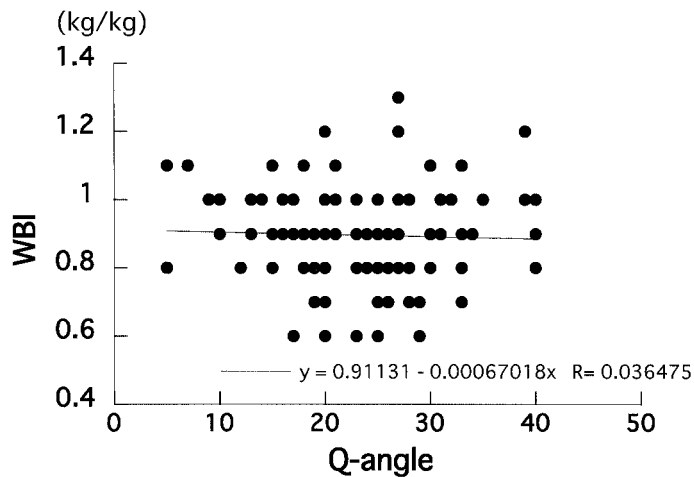


図 2 . Q-angleと体重支持力（WBI）の関係

WBI（Weight Bearing Index: 脚伸展力 / 体重）

ングやジャンプの着地時の衝撃は、主に膝伸展機構がバネ状に働くことによって吸収される。また、下肢は股関節、大腿、膝関節、下腿、足関節および足部が一連となって機能し、関節、筋、腱、骨が巧みに強調し合って複雑な動きを可能にしている。これらの各器官が効率よく機

能すれば正常な運動動作が行われるが、仮にアライメントに過度の彎曲やねじれが存在（マルアライメント）すると運動効率を低下させ、筋腱への負担が大きくなる。特にランニングのように同一動作を繰り返す運動では、アライメントに異常があるとストレスの積み重ねによる障

害を引き起こしやすい。山本ら<sup>7)</sup>は、ランニング障害と関連性が認められるアライメントの評価項目を検討し、Q-angle、股関節内旋角に高い相関を認めている。特に高値のQ-angleは、膝伸展位近くでの大腿四頭筋の収縮により、膝蓋骨が外側にシフトする力が大きくなるため、膝蓋骨脱臼・亜脱臼の要因となる。本研究における女子大学生98名のQ-angleおよび股関節の内旋角は、それぞれ $22.8 \pm 8.1^\circ$ 、 $45.8 \pm 13.4^\circ$ であった。本研究の被検者は、下肢に整形外科的障害のない女子学生であったが、一般的に女性は関節の弛緩性が男性に比べ高く、その不安定性からマルアライメントが生じる可能性がある。先行研究<sup>6)</sup>において、Q-angle  $21^\circ$ 以上、股関節内旋角  $50^\circ$ 以上を異常値とし、ランニング障害の発生率が高い（80%以上）と報告している。本研究において、両測定項目で異常値を示すものは、20名（Q-angle:  $29.3 \pm 6.5^\circ$ 、股関節内旋角:  $60.8 \pm 9.2^\circ$ ）であった。しかしながら、両測定項目が正常値を示すものが24名であり、全体の78.7%（74名）の学生が、Q-angleまたは股関節内旋角の一方または両方に異常値が認められた。Q-angleの異常は、大腿四頭筋収縮時に膝蓋骨を外側部へ牽引することから、最大脚伸展力に影響を及ぼす可能性がある。特に、膝関節の脱臼・亜脱臼の危険性から最大随意筋力の発揮を抑制することも考えられる。本研究では、Q-angle  $21^\circ$ 以上の学生を異常値群とし、正常値群との間でWBI（体重支持力）を比較した。しかしながら両群間に有意差を認めることはできなかった。また、Q-angleとWBIにも相関関係を認めることはできなかった（図2）。

本研究で用いた座位での脚伸展力測定は、オープンキネティックチェーン（OKC）エクササイズである。OKCは、胴体の遠位端が固定されておらず自由に動かせる環境下でのエクササイ

ズあるいは運動パターンと定義される。また、OKCの動きやエクササイズは基本的に1つの回転軸上で起こり、ある体節を固定した状態でそれに隣接した体節を可動させられるのが特徴である。脚伸展運動の場合、回転運動における仮想の中心は脛骨大腿関節（膝関節）の矢状面上の運動軸（前額軸）にあり、大腿骨上顆付近の縮閉線を通してすることになる<sup>5)</sup>。そのため座位での脚伸展運動は、股関節を $90^\circ$ 屈曲位で固定した膝関節のみの単関節運動である。この単関節運動が、Q-angleによる筋力の違いを明らかにできなかった原因であるかもしれない。またQ-angleが高値を示す場合、膝完全伸展位付近で膝蓋骨が牽引されるのが特徴である。しかしながら本研究での等尺性脚伸展力は、最大筋力が出現する膝関節 $60^\circ$ 屈曲位（完全伸展 =  $0^\circ$ ）での測定であった点も相関関係を認めることのできなかった原因であると思われる。

スポーツ活動においては、身体も物理学的には物体であるから、その運動は物体の運動力学的法則に従っており、身体運動は力の作用によって生じる。身体からの力の作用は、筋活動による力が床または地面に伝えられ、その力に応じた床、地面からの反発（床反力、地面反力）により身体運動が生じる。この反発力は、足関節、膝関節、股関節、肩関節など多くの関節を経由し伝達される。その為、関節のゆるみ（不安定性）やねじれ（マルアライメント）は、力伝達の効率を低下させると考えられる。本研究で用いた脚筋力の発揮様式は、等尺性での単関節運動（OKCエクササイズ）であった。Q-angleが、膝蓋骨を中心とした「ねじれ」を示す指標であるとしても、大腿四頭筋起始部（上前腸骨棘および大腿骨近位部）と膝関節の固定が、下肢のねじれによる下肢筋力の発揮を矯正または補強している可能性が示唆される。「歩く」

「走る」「跳ぶ」などの運動は、単純動作であっても、多関節運動であり、多くの関節を同時に、また協調性をもって働かせる必要がある。今後は多関節運動における筋力またはパワー発揮の評価法を検討し、下肢のマラライメントとの関連性を明らかにする必要がある。

スポーツの場面において大きな力やパワーを発揮するには、筋肉のボリュームが必要である。また生活習慣病の予防・改善においても筋量の増加は、除脂肪量の増加であり、基礎代謝量を向上させると共に日常における身体活動を効率化する。一般に筋力は、筋の横断面積に比例することから、スポーツパフォーマンス向上や生活習慣病の予防・改善のための第一目標は、レジスタンストレーニングによる筋肥大である。しかしながら、特定のパーツを肥大させるようなレジスタンストレーニング(単関節運動)は、競技パフォーマンスや日常生活においては障害予防以外にはプログラムする必要性はなく、多関節を用いたクローズドキネティックチェーン(CKC)エクササイズを中心としたエクササイズプログラムを導入する必要がある。CKCは、四肢の遠位端が動いているかまたは静止している物体に固定された状態でのエクササイズあるいは動作のパターンであり、立位のスクワット運動は、最も代表的な下肢のCKCエクササイズである<sup>5)</sup>。多関節運動はCKCに分類されるエクササイズに類似しており、複数の体節で筋の共同収縮が起こり、複数の筋肉を同時にトレーニングすることができるのが利点である。さらにレジスタンストレーニングは、筋肉の肥大のみならず、結合組織(腱、靱帯、筋膜)を強化する

ことが知られている<sup>2)</sup>。適切なレジスタンストレーニングを実施することで、関節周辺の結合組織や筋肉が発達し、下肢のゆるみやねじれを矯正できる可能性があると考えられる。

## 謝 辞

本研究は、京都文教短期大学研究助成金の補助を受けたものである。

## 引用文献

- 1) American College of Sports Medicine (2006): ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 7<sup>th</sup> ed., Lippincott Williams & Wilkins Publisher Inc.
- 2) Conroy B and Earle RW (2000): Bone, Muscle, and Connective Tissue Adaptations to Physical Activity. In: Baechle TR and Earle RW. Editors. Essentials of Strength Training and Conditioning 2<sup>nd</sup> ed. Human Kinetics Publisher Inc. p.57-72.
- 3) 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育センター (2004): スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法. 大修館書店.
- 4) 黄川昭雄 (1986): 体重支持力と下肢のスポーツ障害. Jpa.J.Sports Sci. 5, 837-841.
- 5) Todd SE and George JD (2001): Closed Kinetic Chain Exercise, Human Kinetics Publishers, Inc.
- 6) 山本利春 (1987): 距胫下関節の動きとランニング障害との関係. 臨床スポーツ医学 4 (Suppl.), 273-276.
- 7) 山本利春 (1989): ランニング障害との関連からみた下肢アライメント検査の検討. 臨床スポーツ医学 6 (Suppl.), 442-447.
- 8) 山本利春 (2004): 測定と評価 改訂増補版. ブックハウスHD.