

第 I 章

緒言

1. 研究の背景

1) 内反膝と障害

(1) 下肢のマルアライメント

身体のマリアライメントはスポーツ競技において、様々な障害をもたらす可能性があることは過去の研究からも報告^{1,2)}されている。特に、日常の動作やスポーツ動作の基礎であり、また常に重力に抗する役割を担っている下肢のマリアライメントは、その影響から局所的に力が加わり、筋肉、軟部組織、骨組織の障害を引き起こす原因となり得る。これらの障害は、ランニング障害として下肢マリアライメントとの関連性があると陸上競技を中心に報告³⁻⁸⁾されており、ランニング障害の要因となる下肢アライメントをチェックすることは障害予防の観点から有効であることが報告されている。

Krisoff⁹⁾はランニング障害の予防の為には下肢アライメントのチェックを行い個々の身体特性を把握した上でのトレーニング、あるいはリハビリテーションを行う必要があることを主張している。現在、スポーツ現場では事前に整形外科的メデイカルチェックを行い、個々の傷害のリスクを評価し、選手に対しフィードバックを行っている施設も増えている。

例えば山本¹⁰⁾はある体育系大学における組織的な整形外科的メデイカルチェックの実施について報告しており、その中で整形外科的メデイカルチェックの主眼は、傷害の原因となる身体的要因をチェックして傷害に対する予防策を図る

ことにあるが、実際のスポーツ現場ではデータをとるだけで現場へのフィードバックが十分になされていないケースが多いことを指摘している。同報告では測定から1週間以内に迅速なフィードバックを行っているとしているが、実際のトレーニングプログラムなどは現場の指導者に委ねられているのが現状である。

(2) 内反膝の定義

下肢における大腿骨長軸と下腿長軸は一致せず、下腿長軸は大腿骨長軸に対し外方にやや開いている。両軸の作る角の外側の角度を FTA (femorotibial angle) と呼び、正常値が $170^{\circ} \sim 175^{\circ}$ である。すなわち膝は生理的に外反を呈している¹⁰⁾。この FTA が増加したものを内反膝と称する。日本人成人の立位の FTA は、男子 $178.43 \pm 2.67^{\circ}$ (n=135)、女子 $176.43 \pm 2.81^{\circ}$ (n=179) であり、この角度で膝正面の視診では膝変形に関係なくほぼ正常に見えるとされている¹¹⁾。正常な下肢アライメントでは、Mikulicz 線と呼ばれる大腿骨頭中心と足関節中心を結ぶ(荷重軸)線は、膝中央、下腿軸中央を通るが、FTA が大きくなると Mikulicz 線は膝関節内側を通る¹²⁾ (図 I-1)。

この Mikulicz 線が膝のどの位置を通過するかでアライメントを評価する方法がある。しかしながらこの方法は下肢全長の正確な正面 X 線像^{13, 14)}が不可欠であるため、実施できる施設が限られたり、時間と費用がかかるという短所がある。

整形外科的メディカルチェックで一度に多くの選手の A

ライメントを評価するには、測定が短時間に容易に行えることが必要である。現在一般に行われている膝関節内・外反の評価法は、両足をそろえて直立し、両膝の内顆または足部の内果間に指を入れ、その間の幅が何横指あるかで評価する方法である。左右内果を接した状態で膝部の顆間距離が2横指あるものを内反膝、また、左右内顆間を接した状態で足部の果間距離が2横指以上のものを外反膝としている^{15,16)} (図I-2)。また、上前腸骨棘、膝蓋骨中央、第1、2趾間を通るラインを下肢の正常なアライメントとし、それを基準に評価する方法¹⁷⁾もある(図I-3)。

内反膝を評価する際多く見られるのが、脛骨内反・内捻を伴う例である。脛骨内反・内捻に伴い膝関節も内反する事が多く、この場合には傷害のリスクも異なることが考えられる。そのため膝関節内反の有無の他に、脛骨内反・内捻に関しても評価をする必要がある。しかしながら、現在のところX線計測以外で脛骨内反・内捻を測定する明確な評価基準がないため、測定者の主観的判断で評価され内反膝と混同される事も多い。今後、整形外科的メディカルチェックの中で、容易にこれらを区別する明確な基準を作成する事が必要である。

(3) 内反膝の割合

浦辺¹⁸⁾が1994年に行った日本のトップレベルの競泳選手(男子15名、女子10名)を対象に行ったメディカルチェックでは、男子では53%が内反膝(両足を揃えて立った時膝内顆間2横指以上)、7%が外反膝(膝を揃えて立った時足部内

果間 2 横指以上) であり、女子では 50% が内反膝、10% が外反膝であったと報告している。また、同著者が同年広島県内でベスト 8 にはいる高校女子バスケットボールチームの 1、2 年生 52 名を対象にしたメディカルチェック¹⁹⁾では、28 名 (54%) が内反膝傾向で、特に強い内反傾向 (両膝内顆間約 5cm) を示す者は 16 名 (31%) にみられたと報告している。

下肢のアライメントが決まってしまう成長期²⁰⁾までに、同一競技を行うことで下肢アライメントの種目特性が生じることも考えられる。しかし、その他の報告を見ても内反膝の選手は多く存在し、正常膝の選手よりも多い傾向にある。膝関節内反は、傷害を引き起こすリスクファクターとなるため、下肢筋を強化する際には、膝関節内反の有無を考慮した方法が必要である。

(4) 内反膝と傷害の関係

膝関節の内反は、ストレスのかかり方が膝の内外関節面で異なるため、時間の経過とともに内側大腿脛骨関節面の骨関節炎を生じる可能性^{13, 21, 22)}がある。また、山本¹⁵⁾は、内反膝は膝の外側の張力が増すため、ランニング動作のような膝の屈伸運動を繰り返し行くと、腸脛骨靭帯と大腿骨外上顆との過度の摩擦が生じ腸脛靭帯炎を起こしやすいと述べている。実際に増島ら²³⁾の報告によると、腸脛靭帯炎 55 症例中顆間距離が 2 横指以上を呈する者は 37 例あり、膝関節内反を呈する者にその発生率は高いと報告している。

また、平野ら²⁴⁾が 1988 年～1996 年の間、脛骨過労性骨膜

炎と診断された選手 52 名（男子 12 名、女子 40 名）を対象にしたメディカルチェックでは、男子の 75% が内反膝、外反膝は 0%、女子の 59% が内反膝、15.4% が外反膝であったと報告している。しかも、鳥居²⁵⁾の脛骨疲労骨折と下肢アライメントの関係を調査した報告の考察の中で、疲労骨折群の受傷時における筋痛の調査では、疲労骨折群（平均膝内顆間 3 横指）において下腿の筋痛が普段より強かったとの解答が多かったという結果を得ている。つまり、膝関節内反を呈する者の下腿に特異的な局所負荷が生じ、筋痛を誘発している可能性がある。

2) 下肢筋のトレーニング

(1) 代表的な下肢筋のトレーニング

ウェイト・トレーニングは、競技スポーツでは主運動とともに重要視されている。特に下肢筋群は、スポーツ動作において重要な役割を担う事が多いため積極的に実施されている。例えば走動作や跳躍運動などでは、重心の加速期に膝関節の伸展、股関節の伸展、足関節の底屈が強く起こる。そのため、これらの動作発揮パワーを向上させるためには、各筋群を協調的に働かせる動作を用いたトレーニング種目を選択する事が重要となる^{26,27)}。この代表例がスクワットであり、下肢の関節を複合的に利用し強化する性質から、下肢を強化するための“pillar of strength”²⁸⁾として、レジスタンストレーニングの中でも最も基本的な種目とされている。しかし、膝を足部先端よりも前に出さずに、骨盤を前傾させながら膝関節を屈曲するように推奨されるスクワット動作²⁸⁾の習得は、専門的な指導者に指導を受けなければ難しい。

このスクワットの代替方法として、マシンを用いたレッグプレスがあげられる。レッグプレスはスクワットと比較して股関節を屈曲するため、大殿筋やハムストリングに対してのトレーニング効果はスクワットよりも大きい^{29,30)}。レッグプレスの動作様式は、スクワットに非常に類似しているにも関わらず、初心者にもフォーム習得がやさしく腰への負担も少ない。また、不安定感が少ないので精神的ストレスを感じずにトレーニングを実施できるため、個人の最大限まで力を発

揮する事が可能である。そのため、ウェイト・トレーニングの初心者や、傷害の回復を目的としたリハビリテーションを実施する際には、フォームの影響や傷害のリスクを軽減できるレッグプレスが有用ではないかと考える。

(2) 下肢筋トレーニングの有効性

スクワットやレッグプレスは、大腿四頭筋、ハムストリングス、大殿筋を強化する種目とされている²⁶⁾。スクワットでは、上記の筋以外に体幹の筋群に負荷が生じるため、これらの筋群も強化することが可能²⁷⁾である。レッグプレスは、大腿四頭筋や大殿筋に負荷をかける点では優れているが、体幹へのトレーニング効果は期待できない。

これらの下肢筋トレーニングは、closed kinetic chain (CKC)^{31,32)}と呼ばれ、競技力向上以外に膝前十字靭帯再建術後のリハビリテーションにも有効であることが報告されている^{30,33,34)}。これらのトレーニングにより特定の筋に負荷をかけることができれば、内側広筋と外側広筋のアンバランスによる膝蓋骨脱臼・亜脱臼³⁵⁻³⁷⁾の予防にも役立つ。そのためスクワットでは、スタンス幅、膝屈曲角度、下腿回旋角度と大腿の筋活動の関係を明らかにする研究^{31,38-49)}が数多く報告されている。

現在のところ、スクワットにおいて足のスタンス幅や下腿の回旋の違いにより大腿四頭筋の各筋に特異な刺激を与えられるとする報告⁵⁰⁻⁵⁴⁾も存在し、石井もワイドスタンスでは外側広筋が強く作用するとしている²⁶⁾。しかし、現状ではス

タンス幅や下腿の回旋の違いにより大腿四頭筋各筋に特異な刺激は与えられないとする報告^{38, 55-58)}が多い。また、一般に足幅が狭い程大殿筋とハムストリングの寄与が増大し²⁶⁾、ワイドスタンスでは長内転筋が強く作用する^{23, 58)}、といった報告がなされている。

2. 研究の目的

我が国では、膝関節内反を呈する者は多く存在し、また傷害との関連性も示唆されている。しかし、整形外科的メディカルチェックにおいて、膝関節内反による傷害のリスクが呈示されたとしても、それを踏まえたトレーニング方法は未だ確立されていない。膝関節にマルアライメントが確認される場合、下肢に軸圧のかかるトレーニングを実施することで、関節内に局所負荷が生じ、傷害のリスクを高めてしまう可能性もある。

また、下肢筋のトレーニングは、筋力強化や傷害予防、リハビリテーションのために頻繁に導入されている。そのため、様々な動作方法による筋動員パターンの解明がなされてきた。しかし、これらの報告は、対象となる被験者を構築学的異常のないものと限定しているため、膝関節内反の有無により筋動員様式も異なる可能性がある。また、スクワットやレッグプレスでは、大腿四頭筋、大臀筋、ハムストリングなどの活動に着目されるが、動作様式を考慮すると下腿の活動も無視できない。

そこで、本研究では、膝関節の内反の有無と下肢長軸方向に圧縮力の加わる負荷を与えた時の関連性について、下肢筋・骨格の観点から解明することを目的とした。

3. 検討すべき研究課題および本研究の構成

1) 検討すべき研究課題

【研究課題 1】

下肢への荷重負荷に対し、膝関節内反の有無による下肢筋への影響を明らかにする。

(研究課題 1-1)

膝関節内反の有無によるレッグプレス後の下肢筋硬度発現様式のパターンを比較検討する。

(研究課題 1-2)

膝関節内反の有無によるレッグプレス中の下肢筋活動量パターンを比較検討する。

【研究課題 2】

膝関節内反の有無による筋横断面積および骨格への適応を検討する。

(研究課題 2-1)

MRI 画像により、膝関節内反の有無と筋横断面積に対する筋構成比の関係について検討する。

(研究課題 2-2)

スタンスを変えて荷重した際の、膝関節内反の有無による FTA の変化を X 線画像から検討する。

2) 本研究の構成

第Ⅱ章(研究課題 1-1)では、異なるアライメント(正常膝・内反膝)の被験者を対象に、ナロウ、ミディアム、ワイドのスタンスでレッグプレスを行わせ、試技前の筋の筋硬度とオールアウト直後の下肢筋の筋硬度を比較し、各筋への筋硬度に違いは生じるのかを調べた。

第Ⅲ章(研究課題 1-2)では、研究課題 1-1と同様の動作様式でレッグプレスを実施させた時、下肢各筋筋硬度の上昇パターンと筋活動量の間には同様の傾向が見られるか、また、膝関節内反の有無が、異なるスタンス間において筋活動動員パターンにどのような影響をもたらすか、について比較検討した。

第Ⅳ章(研究課題 2-1)では、異なるアライメント(正常膝・内反膝)の被験者を対象に、大腿骨遠位から 70%、50%、30%の部位をMRIにて撮像し、得られた画像から筋横断面積に対する各筋の構成比を検討した。

第Ⅴ章(研究課題 2-2)では、異なるアライメント(正常膝・内反膝)の被験者を対象に、肩幅の 50%、100%、150%、200%のスタンスを用いて、自重時と荷重時の FTA の変化を X 線写真から検討した。