

原 著

下肢アライメントの特徴がドロップジャンプ時の 股・膝関節周囲筋の筋活動に及ぼす影響

伊藤 浩 充¹⁾・和田 治²⁾・立松 典 篤²⁾

Influences of Static and Dynamic Alignments of the Lower Extremities on the Activation of the Lower Extremity Muscles during a Drop Jump

Hiromitsu ITOH¹⁾, Osamu WADA²⁾ and Noriatsu TATEMATSU²⁾

Abstract : The purpose of this study was to investigate the influences of static and dynamic alignments of the lower extremities on the activation of lower extremity muscles during a drop jump. Twenty-three university women students participated in this study and were divided into two groups according to the amount of femoral anteversion (Craig's test) present. The subjects with a higher value of anteversion were placed in Group A 1, and the ones with a lower value were placed in Group A 2. Then each group was again divided into two subgroups according to the amount of medial shift of the knee during a one-legged drop landing from a 20 cm height. The subjects with a larger value of medial shift were in placed in Group A 1-B 1 or Group A 2-B 1, and the ones with a lower value were placed in Group A 1-B 2 or Group A 2-B 2. The subjects then performed drop jumps from a height of 30 cm. The EMG activities of the vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), biceps femoris (BF), semitendinosus (ST), gluteus maximus (Gmax), and gluteus medius (Gmed) were recorded during the pre-activation (100 ms before touchdown) and the post-activation (100 ms after toe-off) phases, and the RMS of each muscle was calculated. During the pre-activation phase, the VM and ST in Group A 1 showed significantly lower activities than the ones in Group A 2. Group A 1-B 1 and Group A 1-B 2 showed no significant differences between any of the muscular activities. On the other hand, the ST in Group A 2-B 1 showed significantly higher values than the ones in Group A 2-B 2. During the post-activation phase, there were no significant differences between the groups in any of the muscular activities. It could be concluded that women with large femoral neck anteversion in static alignment and women even with normal femoral neck anteversion who showed knee-in motion in dynamic alignment characteristically activate their VM and ST muscles in the preparatory phase of drop jump.

Key Words : Lower extremity alignment, drop landing, EMG

抄録 : 本研究の目的は、下肢の静的アライメントや動のアライメントの特徴がドロップジャンプ (DJ) 時の股・膝関節周囲筋の筋活動に及ぼす影響を明らかにすることである。対象は、健常女性 23 名である。静的アライメントとして大腿骨前捻角、動のアライメントとして片脚着地動作時の膝の内方変位量を計測した。大腿骨前捻角において基準値より高値を示す群 (A 1 群) と低値を示す群 (A 2 群) に分け、さらに、各群において膝の内方変位量の基準値より高値を示す群 (A 1-B 1 群と A 2-B 1 群) と低値を示す群 (A 2-B 1 群と A 2-B 2 群) とに分けた。両下肢による DJ の接地瞬間直前 (前 IC 区間) と直後 (後 IC 区間) の股・膝関節周囲筋の筋活動量を調べた。被験筋は、内側広筋

¹⁾ 甲南女子大学看護リハビリテーション学部理学療法学科

²⁾ 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

(VM)・外側広筋(VL)・大腿二頭筋(BF)・半腱様筋(ST)・大殿筋(Gmax)・中殿筋(Gmed)であり、統計学的検定には Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。結果として、前 IC 区間において、A 1 群と A 2 群との間では、A 1 群で VM と ST に有意な低値を認めた。(p<0.05) A 1-B 1 群と A 1-B 2 群との間では、全ての筋について両群間に有意な差は認められなかった。同様に A 2-B 1 群と A 2-B 2 群を比較すると、前 IC 区間では A 2-B 1 群の ST が有意に高値を示した。したがって、DJ のような着地からの踏切動作では、大腿骨前捻角の大きい特徴を有する女性は、VM の活動が乏しく、前捻角が小さくても knee-in を呈しやすい女性は、踏切直前の準備期間での ST を過剰収縮させていると考えられた。

キーワード：下肢アライメント、筋電図、ドロップジャンプ

I. はじめに

スポーツ外傷には骨や関節、靭帯や筋肉に急激に大きな力が働いて骨折、脱臼、捻挫、断裂を生じる急性外傷と、動作の繰り返しによってそれらが損傷されてくる慢性外傷がある。代表的な急性外傷として前十字靭帯損傷（以下 ACL 損傷）が挙げられ、その受傷率は男性よりも女性が多いとされている¹⁻⁵。ACL 損傷のリスクファクターには内因性と外因性がある⁶。特に内因性のものとしては、下肢アライメント・大腿骨顆間窩の形状・関節弛緩性・ホルモンなどが指摘されている^{4,6}。これらのうち下肢アライメントにおいて、男性と比較し女性に特徴的なものとして、大腿骨の前捻が強い事が挙げられる⁶。また、運動時の動的アライメントでは knee-in といった膝の内方移動や膝関節外反が顕著となることがあげられている。

一般に、knee-in & toe-out といわれる動的アライメントは、股関節の内転・内旋、膝関節外反、下腿外旋、足関節外反・足部回内という下肢の複数関節の運動によって生じており、スポーツ外傷の発生と関係しやすい代表的な動的アライメントとされている⁷。このような動的アライメントを引き起こす素因が特異的な骨・関節構造にあるのなら、運動時の筋活動にも影響を及ぼすはずである。しかし、このようなアライメントの特徴が運動中の筋活動に及ぼしている影響を調べた報告は少ない。

Nyland ら⁸は、大腿骨前捻角が増大している者は、Open Kinetic Chain (OKC) での運動時において中殿筋・内側広筋の筋活動が乏しく、前額面・水平面での骨盤・股関節・膝関節の動的安定性が低下すると報告している。しかし、彼らの実験は Closed Kinetic Chain (CKC) での運動課題を行っていないので、スポーツ

動作における下肢荷重運動時の筋活動に与える影響は不明である。

本研究の目的は、大腿骨前捻角や CKC における動的な下肢アライメントがドロップジャンプ (DJ) 時の股・膝関節周囲筋の筋活動に及ぼす影響を明らかにすることである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、骨・関節および神経疾患のない健康な女性成人 23 名である (表 1)。対象者には、ヘルシキ宣言に基づき、予め研究の目的および内容を口頭ならびに書面にて説明し、研究参加への同意を得た。

2. 群分け

協力の得られた対象者を静的アライメントとして大腿骨前捻角度を指標に二群に分け、そして、動的アライメントの CKC での膝内方移動量を指標に、さらに二群に分けた。

まず、大腿骨前捻角による群分けには Craig test⁹を用いた。測定肢位は腹臥位とし、大腿骨外側顆と内側顆がベッド上に水平になった位置を股関節内外旋 0 度とし、そこから大転子が外側へ最突出するまで股関節を内旋させ、その時の股関節内旋角度をゴニオメーターで計測した (図 1)。計測した股関節内旋角度を大腿骨前捻角とみたと、正常大腿骨前捻角である 15 度を基準に前捻角高値群 (以下 A 1 群) と前捻角低値群 (以下 A 2 群) に対象を分けた (表 1)。

次に、膝関節内方変位量による群分けには片脚着地動作時のビデオ解析を用いた。基本開始肢位は、上肢を胸の前で組み、片脚 (支持脚側) 立位とした (図 2)。被験者は、20 cm 高の台上で基本開始肢位をと

表1 対象者の身体属性と群分け

	全体	A 1 群		A 2 群	
人数 (名)	23	11		12	
平均年齢 (歳)	21.1 ± 1.4	20.6 ± 1.3		21.6 ± 1.4	
平均身長 (cm)	158.5 ± 6.2	157.2 ± 5.6		159.7 ± 6.7	
平均体重 (kg)	50.4 ± 4.3	50.6 ± 4.6		50.3 ± 4.2	
BMI	20.1 ± 1.3	20.5 ± 1.4		19.7 ± 1.1	
平均大腿骨前捻角 (°)	13.9 ± 4.2	16.9 ± 2.2* ¹		11.1 ± 3.6	
平均膝関節内方変位量 (%)	3.6 ± 2.2	3.9 ± 2.1		3.3 ± 2.4	
		A 1-B 1 群	A 1-B 2 群	A 2-B 1 群	A 2-B 2 群
人数 (名)		6	5	4	8
平均年齢 (歳)		20.3 ± 1.4	21.0 ± 1.2	20.5 ± 0.6* ²	22.1 ± 1.4
平均身長 (cm)		158.7 ± 7.0	155.4 ± 2.9	161.0 ± 8.9	159.0 ± 5.9
平均体重 (kg)		51.3 ± 5.4	49.8 ± 3.9	49.9 ± 6.7	50.5 ± 3.0
BMI		20.3 ± 1.0	20.6 ± 1.9	19.2 ± 1.0	20.0 ± 1.2
平均大腿骨前捻角 (°)		17.7 ± 2.7	16.0 ± 1.2	12.3 ± 2.1	10.5 ± 4.2
平均膝関節内方変位量 (%)		5.5 ± 0.9* ³	2.0 ± 1.0	6.2 ± 1.5* ⁴	1.8 ± 1.0

*¹ non-pairedt-test : A 1 群と A 2 群との間, P<0.0001 mean ± SD

*² non-pairedt-test : A 2-B 1 群と A 2-B 2 群との間, P<0.0480

*³ non-pairedt-test : A 1-B 1 群と A 1-B 2 群との間, P<0.0002

*⁴ non-pairedt-test : A 2-B 1 群と A 2-B 2 群との間, P<0.0001

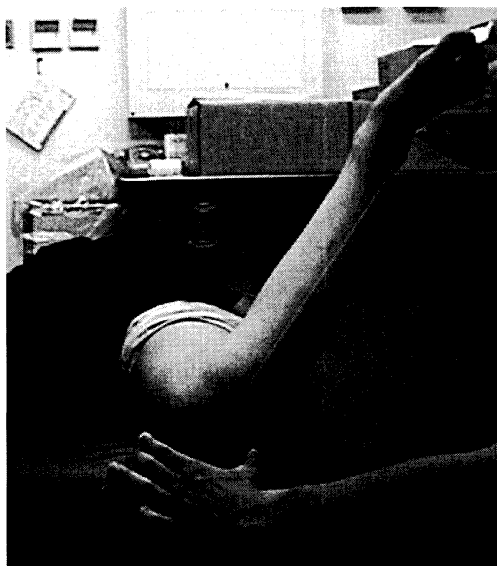


図1 大腿骨前捻角計測方法

* 被験者は腹臥位とし、大腿骨内顆と外顆の前面が水平になる下腿の位置を開始位置0度とする。
 * その位置から他動的に股関節を内旋させ、大転子が最外側に触知された位置まで動かす。
 * 開始位置から股関節が内旋した可動域を前捻角と判断し、その角度を読み取る

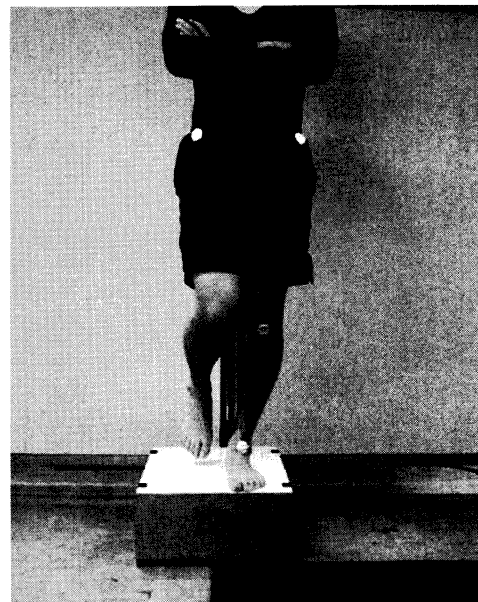


図2 開始基本肢位

高さ 20 cm の台上で、上肢を胸の前で組んだ片脚立位。反射マーカは、両側 ASIS と支持脚側の膝蓋骨中央・足関節中央に貼付。

り、検者の合図と同時に片脚着地動作を行わせた。また、被験者には、予め足尖部を前方に向けた前足部中間位 (内・外転 0°) での着地を指示しておいた。一連の運動課題を SONY 社製のビデオカメラにて撮影し、この動画を PC 上に取り込み、アシックス社製の Motion adviser を用いて解析対象画像を抽出した。抽

出された画像を Scion image を用いて、予め反射マーカを貼り付けておいた両上前腸骨棘 (ASIS)、支持脚の膝蓋骨中央と足関節中央の座標点を読み取り、小笠原¹⁰⁾が提唱する式から膝関節内方変位量を身長に対する百分率の値として求めた (図3)。膝関節内方変位量の被験者全員の平均値より大きい値を示した者を内方変位量高値群 (B 1 群)、小さい値を示した者を

内方変位量低値群 (B2群) とし, A1群およびA2群の中でそれぞれA1-B1群とA1-B2群, A2-B1群とA2-B2群に分けた (表1)。

なお, これらの計測に際しては, それぞれ正確に遂行できるように数回の練習を行った後, 計測を3回実施した。

3. 運動課題

運動課題は, 高さ30cmの台からのDJ動作とした。基本開始肢位は, 足部を肩幅程度に開けた自然立位とした (図3)。被験者は, 台上で基本開始肢位をとり, 験者の合図と同時に前方の床面に敷かれたマットスイッチ ((株)DKH社製, マルチジャンプテスト) 上でDJ動作を行うこととした。DJ動作は, マット接地瞬間にできるだけ素早く, 高く垂直に跳ぶよ

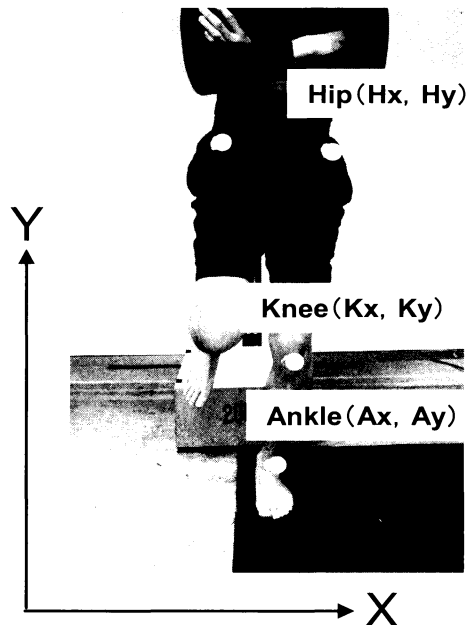


図3 膝関節内方偏位量の算出
膝関節内方偏位量 =

$$\frac{[(Ay-Hy)Kx + (Hx-Ax)Ky + AxHy - HxAy]}{\sqrt{\{(Hx-Ax)^2 + (Hy-Ay)^2\}} - 1/2 \times \text{height}}$$

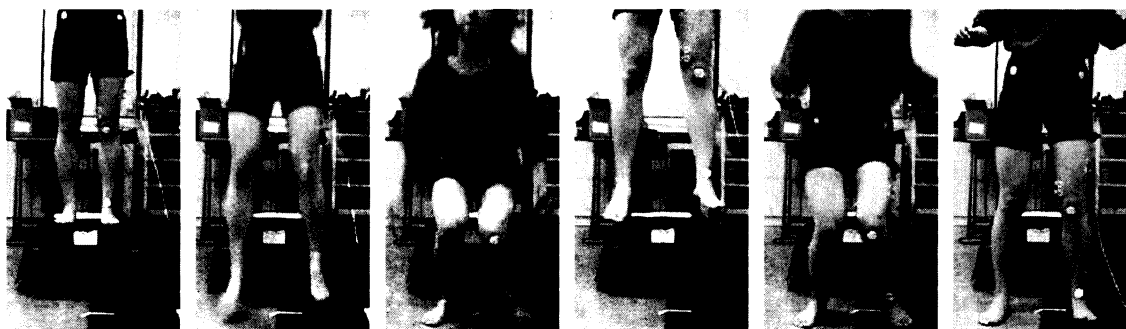


図4 ドロップジャンプ動作
高さ30cmの台上から跳び降り, 接地瞬間に素早く跳び上がる。

うに行わせた。このようにして, 床面に敷かれたマットスイッチによって着地の接地期を判別し, その信号をA/D変換ボード (MaP 211, ニホンサンテック社製) を介してサンプリング周波数2000HzでPCに保存した。なお, テストに際して, 運動課題を正確に遂行できるように数回の練習を行わせた後, テストを3回行わせた。

4. 表面筋電図による測定方法

DJ動作時の筋活動を調べるために, ニホンサンテック社製表面筋電図を用い計測を行った。測定筋は内側広筋 (以下VM)・外側広筋 (以下VL)・大腿二頭筋 (以下BF)・半腱様筋 (以下ST)・中殿筋 (以下Gmed)・大殿筋 (以下Gmax)の6ヶ所とした。皮膚上の電極間抵抗が5kΩ以下になるように皮膚前処理剤 (スキンピュアー, 日本光電社) で十分に処理した後, 電極間中心距離を約20mmあけて, 電極 (銀塩化銀電極: ブルーセンサー, メッツ社) を, 各筋の筋走行と平行に筋腹に, またアース電極は腓骨頭に貼り付けた。筋電図の測定にはニホンサンテック社製筋電計を使用した。運動課題中の筋活動の生波形を時定数0.03秒, 高域フィルタ3000Hzで小型多用途生体アンプ (BA 1008 m, ニホンサンテック社) に取り込み, A/D変換ボード (MaP 1038, ニホンサンテック社) を介して, サンプリング周波数2000Hzで全波整流し, PCに保存した。

5. 解析方法

筋電図解析は, 筋電図マルチ解析プログラム (MaP 1038, ニホンサンテック社製) を使用して, 各筋の実効値 (RMS: Root Mean Square) を求めた。各筋のRMSは, マットスイッチの信号からDJ接地期 (以下ICとする) を判読し, IC前100msからICまでの区間 (前IC区間) と, ICからIC後100msまでの区間

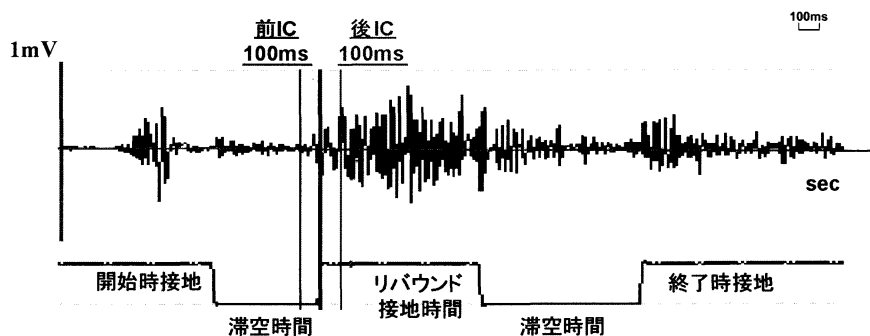


図5 表面筋電図によるドロップジャンプ時の筋活動測定

高さ 30 cm の台上から跳び下りた時の、接地瞬間直前の 100 msec と接地直後から 100 msec の筋電波形を導出
測定筋は、内側広筋 (VM)・外側広筋 (VL)・大腿二頭筋 (BF)・半腱様筋 (ST)・大殿筋 (Gmax)・中殿筋 (Gmed)

(後 IC 区間) のそれぞれ区間に求め、データとして用いた¹¹⁾。データの正規化には、ダニエルスら^{12, 13)}の徒手筋力検査法の正常段階の検査肢位で各筋の 5 秒間の最大収縮時の筋活動を測定し、安定した 3 秒間の RMS の値を 100% として使用した (%MVC)。そして、各区間における各筋の %MVC の平均値を求め、統計解析に用いた。

統計学的検定には JMP 6.0 を用いて、被験者の属性に関する群間比較には non-paired t 検定を使用し、筋電活動については Mann-Whitney の U 検定を使用した。なお、有意水準は 5% 未満として判断した。

III. 結 果

1. 大腿骨前捻角の程度の違いによる影響

前 IC 区間における筋活動をみると、A 1 群と A 2 群との間では、A 1 群で VM と ST に有意な低値を認めた (図 6: $p < 0.05$)。一方、後 IC 区間における筋活動をみると、A 1 群の VM と ST が低値を示す傾向にあったが、全ての筋について両群間に有意な差は認

められなかった。

2. 膝関節内方変位量の程度の違いによる影響

前念角が高値を示す A 1 群において、膝関節内方変位量が高値の A 1-B 1 群と低値の A 1-B 2 群を比較すると、前 IC 区間における筋活動では、A 1-B 1 群の VM, Gmed が低値を示す傾向にあったが、全ての筋について両群間に有意な差は認められなかった (図 7)。また、後 IC 区間における筋活動については、VM, VL と BF が低値を示す傾向にあったが、全ての筋について両群間に有意な差は認められなかった (図 7)。

前念角が低値を示す A 2 群において、同様に A 2-B 1 群と A 2-B 2 群を比較すると、前 IC 区間における筋活動では、A 2-B 1 群の ST が有意に高値を示した。Gmax や Gmed も高値を示す傾向にはあったが、ST 以外の筋については両群間に有意な差は認められなかった (図 8)。また、後 IC 区間における筋活動については、A 2-B 1 群の VM, ST, Gmax や Gmed が高値を示す傾向にはあったが、全ての筋について両群

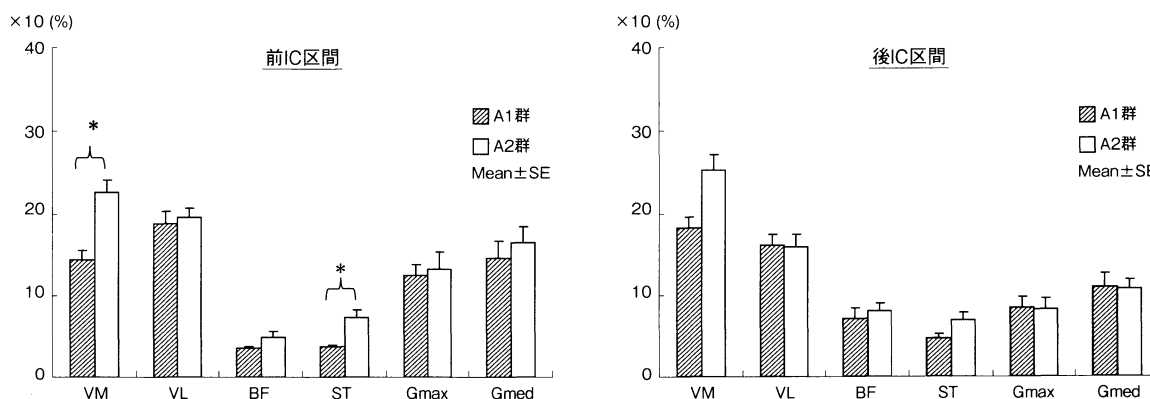


図6 大腿骨前捻角の程度により群分けした A 1 群と A 2 群の筋活動の比較

VM: 大腿内側広筋, VL: 大腿外側広筋, BF: 大腿二頭筋, ST: 半腱様筋, Gmax: 大殿筋, Gmed: 中殿筋

*: $P < 0.05$

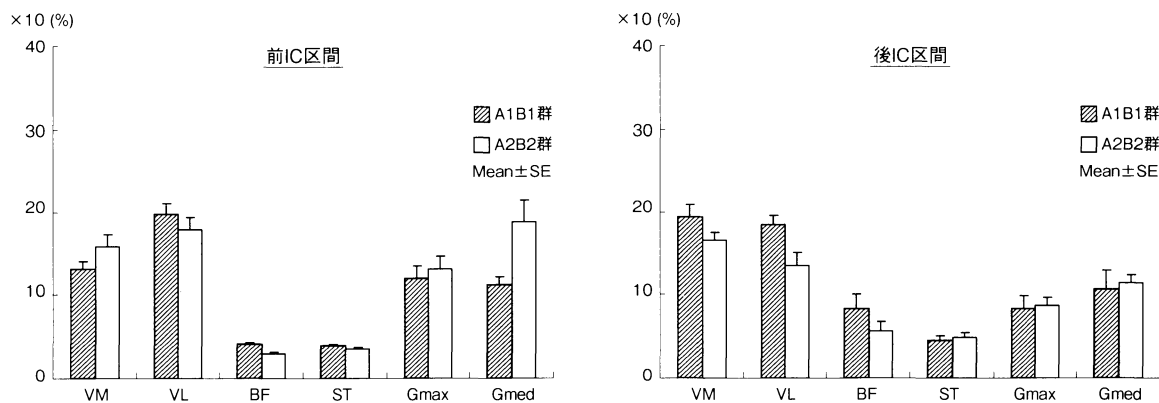


図7 A1群において膝内方変位量により群分けしたA1B1群とA1B2群の筋活動の比較
 VM: 大腿内側広筋, VL: 大腿外側広筋, BF: 大腿二頭筋, ST: 半腱様筋 Gmax: 大殿筋, Gmed: 中殿筋
 *: P<0.05

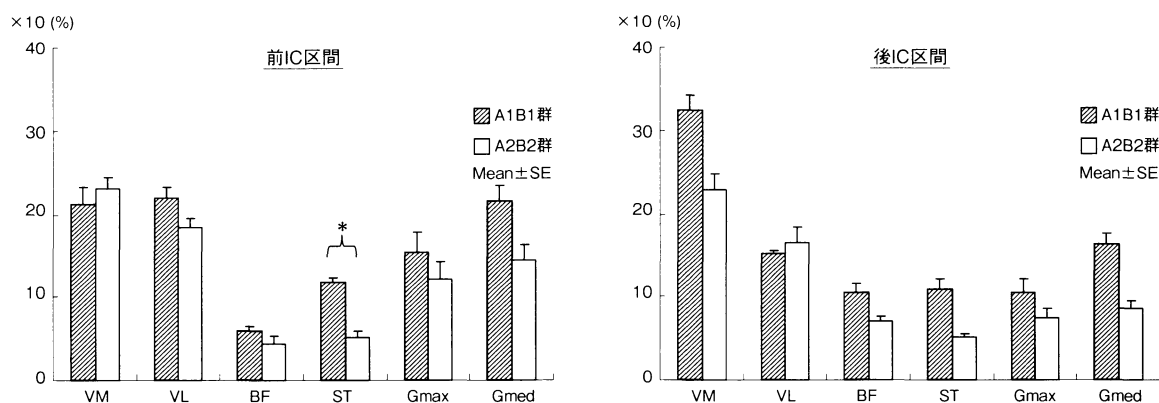


図8 A2群において膝内方変位量により群分けしたA2B1群とA2B2群の筋活動の比較
 VM: 大腿内側広筋, VL: 大腿外側広筋, BF: 大腿二頭筋, ST: 半腱様筋 Gmax: 大殿筋, Gmed: 中殿筋
 *: P<0.05

表2 各筋の活動電位導出部位

筋名	導出部位
VM	ASIS と内側関節裂隙を結んだ線の遠位 20%
VL	ASIS と膝蓋骨外側を結んだ線の遠位 1/3
BF	坐骨結節と脛骨外顆を結んだ線の中央部
ST	坐骨結節と脛骨内顆を結んだ線の中央部
Gmed	腸骨稜頂点と大転子を結んだ線の中央部
Gmax	仙骨と大転子を結んだ線の中央部

VM: 内側広筋, VL: 外側広筋, BF: 大腿二頭筋
 ST: 半腱様筋, Gmax: 大殿筋, Gmed: 中殿筋

間に有意な差は認められなかった (図8)。

IV. 考 察

スポーツ動作で knee-in & toe-out がみられる場合、股関節屈曲・内転・内旋方向への運動を呈しやすい身体的素因がある。この素因として、大腿骨前捻角が高値であることや股関節内旋可動域が大きいこと、股関節の外転筋や外旋筋が弱化していることが指摘されている^{14,15)}。特に、女性は男性よりも股関節内転・内

旋、膝関節外反、下腿外旋をとりやすいとされている。これは女性の方が股関節外転・外旋筋力が弱いためであると考えられている¹⁴⁾。

今回の研究では、対象者を女性だけに限定した上で、まず静的アライメントの指標の一つである大腿骨の前捻角によって前捻角高値群 (A1群) と低値群 (A2群) の二群に分けた。そして、前捻角の程度の違いが DJ 時の下肢の筋活動に影響するのかどうかを調べた。さらに、動的アライメントの knee-in の指標の一つである運動中の前額面上での膝の内方移動によって膝内方変位高値群 (A1-B1群とA2-B1群) と低値群 (A1-B2群とA2-B2群) の二群に分け、DJ時に及ぼす筋活動の違いを比較した。

静的アライメントの指標に用いた大腿骨前捻角とは、大腿骨頸部が大腿骨顆軸となす角度と定義されている⁹⁾。この前捻角は、出生時 30~40 度であり、成長と共に角度を減じ、骨成長終了時には男子で約 8 度、女子で約 14 度に自然矯正される¹⁶⁾。立位で膝関節水平軸を前額面と平行に位置させた場合、一般に股関節

では臼蓋と骨頭とが求心位の位置にある。しかし、大腿骨前捻角が大きい場合には、臼蓋に対して大腿骨頭は前方に変位しており、求心位を呈さないことになる。この不適合な状態を回復して、関節適合性を改善するためには股関節は相対的に内旋することになる¹⁷⁾。つまり、この前捻角が大きい人ほど股関節は内旋しやすく、その影響で膝関節は外反方向へ誘導されやすくなる。したがって、このような股関節内旋、膝関節外反の運動を誘導するように股関節や膝関節周囲筋が働くのか、制動するように働くのかが不明である。そこで、本研究では臨床での計測方法として知られている Craig test で大腿骨前捻角を測定し、大腿骨の前捻角の正常値である 15 度を基準に高値を示す者と低値を示す者に群分けした。

動作時の膝の内方移動は knee-in の現象であり、この現象は膝関節での外反運動を反映している。膝関節外反運動を定量的に測定する方法として、三次元動作解析による方法と、前額面における二次元動作解析の方法がある。小笠原¹⁰⁾は、臨床やスポーツ現場で簡便に評価するためには、前額面でのビデオ撮影により「膝内方変位量」を膝関節外反の指標として捉えて算出することを提唱している。つまり、膝の内方移動は前額面で観察される現象であるので二次元動作解析によって客観的に分析することが可能と考えられる。そこで、今回の研究では、前額面でのビデオ解析により膝内方変位量を求め、これによって対象者のうち高値を示す者と低値を示す者に群分けした。そして、膝内方変位量の程度が前捻角の影響を受けているのかどうか、また、その場合、筋活動にはどのように影響しているのかを検討した。

運動課題として DJ 動作を採用した理由は、この動作は下肢全体の筋力や神経筋協調性を評価し、外傷の受傷機転を特定するためにしばしば用いられ、しかも ACL の代表的な受傷機転である地面への着地動作時や動作変換時の knee-in & toe-out が観察されやすい動作であるからである¹⁴⁾。

このようにして、今回の研究では、大腿骨前捻角と動的アライメントとして片脚着地動作時の膝内方変位量の違いが、DJ 動作時の CKC における股・膝関節周囲筋におよぼす影響を調べた。もし、膝の内方移動が大腿骨前捻角の影響を受けるのなら、これらの間にはある程度の相関関係が認められ、また、それに伴って筋活動にも違いが認められるはずである。Nyland⁸⁾は、大腿骨前捻角高値群は低値群と比較して、VM と Gmed の筋活動量が減少すると報告している。し

かし、彼らの研究では、筋活動を CKC でなく OKC の状態での等尺性収縮によって測定している。今回の研究では、運動課題を実際のスポーツ動作に近い DJ 動作とし、しかもジャンプからの着地直前・直後といった OKC と CKC の両状態での筋活動量を検討した。その結果、大腿骨前捻角高値群である A1 群は低値群である A2 群と比較して、接地直前の OKC では VM と ST が有意に低値を示し、着地後の CKC では VM に低値を示す傾向にはあったものの有意な差は認められなかった。VM が低値を示したことについては Nyland⁸⁾の報告と一致している。一般に、女性は前捻角が大きく、前捻角の大きい人は miserable malalignment として指摘されているように VM や VL の筋の発達が不十分であることが多い¹⁸⁾。また、大腿骨前捻角の大きさは、Q-angle などの前額面における下肢アライメントに影響するので大腿四頭筋の成熟度やその筋活動に影響を及ぼす可能性が考えられる。したがって、大腿骨の前捻角のような骨のアライメントは VM の活動に影響を及ぼしていると考えられ、女性で前捻角が大きい場合には、大腿四頭筋の筋力が不十分であることや CKC での大腿四頭筋の筋活動が十分に機能しなかったと考えられる。一方、本研究では Gmed ではなく ST に低値が認められているので、Gmed や ST は前捻角でなく、むしろ他の素因により影響を受けているのではないかと考えられる。しかし、A1 群、A2 群の両群ともに膝内方変位量が高値のものも低値のものも混在しているので、上記のような筋活動が必ずしも前捻角だけの影響を受けているとは限らない。

既述の如く片脚着地動作時の膝内方変位量は、動的アライメント変化としてみられる knee-in 現象の程度を客観的に示すことができる。つまり、膝内方変位量の増加は、膝外反角度の増大を示している。この膝外反角に影響するのは、脛骨捻転角や大腿骨前捻角などの骨形状、膝関節の内外側の安定性、足部の過回内運動、股関節外転筋力や外旋筋力などがあげられる。特に、膝外反角は股関節外転筋力や外旋筋力と相関があることから、これらの筋力が弱い人ほど外反の程度が大きいとされている¹⁹⁻²²⁾。したがって、スクリーニングテストとして用いられる片脚着地動作で膝内方変位量が多いことは、股関節外転筋力や外旋筋力が弱いか着地のタイミングの時にこれらの筋が十分機能していないと捉えることができる。今回の研究では、まず、前捻角高値を示す A1 群内で膝内方変位量の大きい B1 群と膝内方変位量の小さい B2 群とで比較し

たところ、前 IC および後 IC の両時期においていずれの筋についても有意な差を認めなかったが、B 2 群で前 IC の OKC での Gmed の活動が高値を示す傾向にあったことは、Gmed の活動により股関節内転運動を接地直前で制御することにより膝内方変位を低値にすることができているのではないかと考えられる。一方、前捻角低値を示す A 2 群内で膝内方変位量の大きい A 2-B 1 群と膝内方変位量の小さい A 2-B 2 群とで比較したところ、前 IC の OKC では B 1 群の ST が有意に高値を示し、また Gmax や Gmed も高値を示す傾向にあり、後 IC の CKC でも二群間に有意差は無いものの B 1 群の ST, Gmax, Gmed および VM が高値を示す傾向にあった。ST, Gmax, Gmed が共に協調的に OKC で求心性収縮活動する場合、下肢の運動は、股関節外転・外旋、膝関節内反・内旋となりやすい。しかし、対象は女性であることから踏み切り時に膝関節外反位を呈する場合が多いので、この時点で股関節内転筋群と膝関節外反・外旋に作用する BF や腓腹筋外側頭が主に活動していたのであれば、それらの運動を制御するように ST, Gmax, Gmed が遠心性収縮活動していたとも考えられる。これらについては、本研究では股関節の内転筋群や腓腹筋の活動を調べてないこと、また膝関節の回旋はビデオによる二次元動作解析では難しいことが理由で推測の域を超えることができず、本研究の限界である。したがって、これらの問題については、三次元動作解析による分析を通してさらに検討していく必要があると考えられる。

Earl¹⁴⁾は飛び降りる台の高さが被験者間で同じでも、膝関節屈曲角度などは被験者本人の身長に影響を受ける可能性があり、また、着地動作は身体重心の垂直成分の運動であるので、下肢筋力によって筋活動量に影響を及ぼすことを指摘している。今回の研究では、身体属性においては群間に差異はなかったが、各被験者の下肢の筋トルクを測定しておらず、これらが股・膝関節周囲筋の活動や膝関節の内方変位量に影響を及ぼしている可能性は否定できない。したがって、今後の課題としては被験者間の身体属性を可能な限り近似させ、また対象者の数を増やして検討する必要があると考えられる。

股関節・膝関節の運動分析においては、三次元ではなく二次元のビデオ解析を用いた。Willson¹⁵⁾は、二次元の膝関節外反の評価には限界があるが、持ち運びしやすく、安価であり、三次元の運動解析と同様、荷重動作時の膝関節外反を評価するには有用であると述べている。しかし、二次元の動作解析では前額面の

データのみの分析しか行えず、knee-in & toe-out に特徴的な股関節内旋・下腿外旋や足関節・足部回内といった関節運動を正確に評価することは困難であると考えられる。したがって、今後は三次元動作解析から得られた前額面・矢状面・水平面の詳細なデータと、各筋の筋電図データとを関連させて、下肢の特徴的なアライメントがスポーツ動作における OKC や CKC 状態での下肢筋に及ぼす影響について検討していく必要があると考えられる。

V. 結 論

本研究では、下肢の静的アライメントや動的アライメントの特徴が DJ 時の股・膝関節周囲筋の筋活動に及ぼす影響を検討した。その結果、大腿骨前捻角や片脚着地動作時の膝の内方変位量の大小によって、VM と ST の活動に特徴が認められた。

引用文献

- 1) Arendt E, Dick R: Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med*, 1995, 23: 694-701
- 2) Lidenfeld TN, Schmitt DJ, Hendy MP, et al: Incidence of injury in indoor soccer. *Am J Sports Med*, 1994, 22: 364-371
- 3) Harmon KG, Ireland ML: Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med*, 2000, 19: 287-302
- 4) Huston LJ, Greenfield ML, Wojtyls EM: Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clin Orthop*, 2000, 372: 50-63
- 5) Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, et al: Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*, 2000, 8(3): 141-50.
- 6) 津田英一, 石橋恭之, 岡村良久: ACL 損傷の予防—その指導—. *臨床スポーツ医学*, 2005, 22: 225-232
- 7) 小林寛和, 宮下浩二, 藤堂庫治: スポーツ動作と安定性—外傷発生に関係するスポーツ動作の特徴から—. *関西理学*, 2003, 3: 49-57
- 8) Nylan DJ, Kuzemchek S, Parks M, et al: Femoral anteversion influences vastus medialis and gluteus medius EMG amplitude. *J Electromyography and Kinesiology*, 2004, 14: 255-261
- 9) Magee DJ: 股関節. 運動器疾患の評価第4版. 岩倉博光, 栢森良二監訳, エルゼビアジャパン, 東京, 2006, pp 127-178
- 10) 小笠原一生: 前十字靭帯の損傷予防において何が鍵になるのか. 体幹の力をスムーズに伝えるために. *トレーニングジャーナル*, 2007, 336: 16-22
- 11) Santello M, McDonagh MJ: The control of timing and

- amplitude of EMG activity in landing movements in humans. *Exp Physiol*, 1998 : 857-874
- 12) Hislop HJ, Montgomery J : 新・徒手筋力検査法, 津山直一訳 第7版. 協同医書出版社, 東京, 2005, pp 191-204
- 13) Hislop HJ, Montgomery J : 新・徒手筋力検査法, 津山直一訳 第7版. 協同医書出版社, 東京, 2005, pp 218-228
- 14) Earl JE, Monteiro SK, Snyder KR : Difference in lower extremity kinematics between a bilateral drop-vertical jump and a single-leg step-down. *J orthop sports physical therapy*, 2007, 37 : 245-252
- 15) Willson JD, Ireland ML, Davis I : Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exer*, 2006, 38 : 945-952
- 16) 佐藤栄作, 佐藤雅人 : 大腿骨前捻角の計測法 - 超音波による -. *日本小児放射線学会雑誌*, 1995, 11 : 18-21
- 17) Neumann DA : 筋骨格系のキネシオロジー, 嶋田智明, 平田総一郎監訳, 医歯薬出版株式会社, 東京, 2005 : pp 413-415
- 18) Lebrun CM : The female athlete. Harries M, Williams C, Stanish WD, Micheli LJ ed. *Oxford textbook of sports medicine* 2nd ed. Oxford Pub, Oxford, 1998, pp 631-779
- 19) Claiborne RL, Armstrong CW, Gandhi V, et al : Relationship between hip and knee strength and knee valgus during single leg squat. *J Appl Biomech*, 2006, 22(1), 41-50
- 20) Jacobs CA, Timothy LU, Mattacola CG, et al : Hip abductor function and lower extremity landing kinematics : sex differences. *J Athle Train*, 2007, 42(1), 76-83
- 21) 菊元孝則, 加賀谷義教, 柴喜崇 他 : 股関節外転筋力が膝関節アライメントに及ぼす影響, *理学療法学*, 2007, 34 Suppl(2), 456
- 22) Lawrence 3rd RK, Kernozek TW, Miller EJ, et al : Influence hip external rotation strength on knee mechanics during single-leg drop landings in female. *Clin Biomech*, 2008, 23, 806-813