



宮崎大学学術情報リポジトリ

University of Miyazaki Academic Repository

内反膝が前後左右ジャンプ時の床反力と筋反応時間に及ぼす影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学教育文化学部 公開日: 2013-06-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 福田, 哲也, 平山, 康平, 松永, 須美子, 松永, 智, Fukuda, Tetsuya, Hirayama, Kohei, Matsunaga, Sumiko, Matsunaga, Satoshi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/4515

内反膝が前後左右ジャンプ時の床反力と 筋反応時間に及ぼす影響

福田哲也¹⁾ 平山康平²⁾ 松永須美子³⁾ 松永 智⁴⁾

The effects of Genu Varum on Floor Reaction Forces and Muscle Reaction Time in Jumping to the Frontwards, Backwards, Left and Right.

Tetsuya FUKUDA¹⁾, Kohei HIRAYAMA²⁾, Sumiko MATSUNAGA³⁾, Satoshi MATSUNAGA⁴⁾

Abstract

We investigated the effects physiologic genu varum on side-step cutting performance. Eight bowed leg subjects and eight normal knee subjects between 18 and 23 yrs of age were recruited for this study. Participates performed each three trials of jump as quickly as possible to the front, back, left and right direction without reaction movement of arms. Floor reaction force and muscle reaction time were estimated from vertical force signal and jumping distance were measured. Although there were no alteration in maximum floor reaction force and jumping distance in jump performance to the all directions between both type subjects, bowed leg movement elicited a significant decreased contact time and increased rate of force decline in jump performance to the right and left directions. These results provide suggestion that subjects with genu varum compared with normal knee possess an advantage in muscle. reaction time during side-step cutting.

I. 緒言

バスケットボールやハンドボール、ラグビーといった手を介してボールをやり取りする球技では、ボール保持の有無にかかわらず1人の攻撃側選手が1人の防御側選手とマッチアップする局面が多く見受けられ(1対1局面)、攻撃を成功させる上でボール所有時にオフェンス側選手が前方や側方にディフェンス側選手を置き去りにするパフォーマンス(フェイント動作、特にカッティングと呼ばれている)は極めて重要といえる¹⁾。一般にこれを成功させるための因子として、防御側選手より優れた攻撃側のポジショニング、方向転換能力、スピードやパワーを有していることなどが挙げられる。なかでも、攻撃側の方向転換能力は主に、減速と停止、方向転換と加速によるカッティングから構成され²⁾、「動作開始の素早さ」「動作切り替えの素

1) 都城市立都城西小学校, 2) 宮崎県立宮崎ちゅうおう支援学校, 3) 南九州短期大学,

4) 宮崎大学教育文化学部

早さ」「動作の速さ」を要素とする敏捷性がその巧緻を判断する要因として挙げられ³⁾、一般的にはフェイント動作の「キレ」として取り扱われている。方向転換能力に関する研究は多く行われており⁴⁾、合理的な動作の解明^{5,6)}、およびこの技術の習得のための専門的トレーニングが頻繁に行われている現状にある⁷⁾。

脚の形がまるでアルファベットの「O」のように見える内反膝は、足のかかとをそろえて立ったときに太もも、膝、ふくらはぎ、内くるぶしのどれかが離れており⁸⁾、一般的にO脚と呼ばれている。下肢のマリアライメントに属する内反膝を有する人は正常膝の人と比較して、下肢長軸方向に圧縮力を生じさせるレッグプレスにおいて高値を示し、膝アライメントの違いが脚筋力に影響を及ぼすことが明らかになっている⁸⁾。内反膝特性を有する人が長軸方向への脚の踏込力が高いことは、球技のカッティングの際の歩幅の増加に直結し、このことによりカッティング動作が正常膝の人と比較して秀でていること示唆される。しかしながら、内反膝保有者における方向転換能力に関する研究、特にカッティング時の床反力や筋反応時間に正常膝保有者との差異を検討した研究は見当たらない。

そこで本研究は、手を介してボールを扱う球技選手のカッティング動作時の内反膝保有者の方向転換能力に関わる要因を検討するために、前後左右のジャンプ動作時における、筋反応時間、跳躍距離、床反力について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被検者

一般的に「内反膝とは、基本的に足を揃えて立ったときに、太もも、膝、ふくらはぎ、内くるぶしのどれか一つでも離れている状態」とされている。被検者は健常な男子大学生16名を、曾我部たち⁸⁾の方法に基づき内反膝群 (Varum: V群と略す、8名、年齢: 21.1 ± 1.6 歳, 身長: 168.5 ± 6.7 cm, 体重: 61.5 ± 7.6 kg, BMI: $22.4 \pm 1.6\%$)、および正常膝群 (Normal: N群と略す、8名、年齢: 21.5 ± 1.5 歳, 身長: 165.3 ± 7.8 cm, 体重: 65.2 ± 6.2 kg, BMI: $23.3 \pm 1.8\%$) に区分した。なお各群間にその他の身体的特徴に差異はみられなかった。本研究は、被検者には事前に研究を遂行する上で安全性について十分な説明を行い、本研究の主旨を理解した上で行った。

2. 測定方法

手を介してボールを扱う球技選手のカッティング動作に着目し、腕を用いた反動動作を介さないジャンプ動作による床反力および反応時間を測定した。被検者には、両足を肩幅に開いた状態でフォースプレート (TEAC社製) 上に腰に手を当てた状態で直立し、身体動揺が小さくなり重心が安定した状態から素早く、前、後、左、あるいは右方向に跳躍を、それぞれ3回ずつ行わせた。跳躍距離は、足の運動開始時の地点から着地点までの直線距離とした。

筋反応に伴う床反力は、A/D変換器 (Power Lab, AD Instruments社製) を介して、5 KHzでパーソナルコンピュータに取り込み、分析ソフト (Chart 5.11, AD Instruments社製) により得た。その床反力波形の典型例をFig. 1に示した。筋活動の始動点の決定については、取り込んだデータをもとに安定状態から最も早期に筋活動が発現した時点とした。離地点については、床反力波形により発揮筋力が「0」になった時点を離地点とし、跳躍動作を2つの局面について先行研究の指標を基に一部修正して算出した⁹⁾。

- 1) 最大床反力 (floor reaction force)
- 2) 最大筋力到達時間 (Time to peak force) : 脚筋力発揮開始時から最大筋力発揮時までの所要時間
- 3) 最大筋力放出時間 (Time to force decline) : 最大床反力を最大筋力発揮した時点から脚が床面を離れる際までの時間
- 4) 筋力発揮時脚接地時間 (contact time) : 脚筋力発揮開始時から脚が床面を離れる際までの所要時間
- 5) 最大筋力立ち上がり速度 (rate of force development) : 最大床反力を最大筋力発揮時間で除した値
- 6) 最大筋力放出速度 (rate of force decline) : 最大床反力を最大筋力発揮した時点から脚が床面を離れる際までの時間で除した値

3. 統計処理

各測定結果は平均値±標準偏差で示した。統計学的検定には、Stat View 5.0J (SAS Institute社) を用いた。V群とN群との比較、及び跳躍方向の比較には二元配置の分散分析を用い、有意水準は5%未満とした。

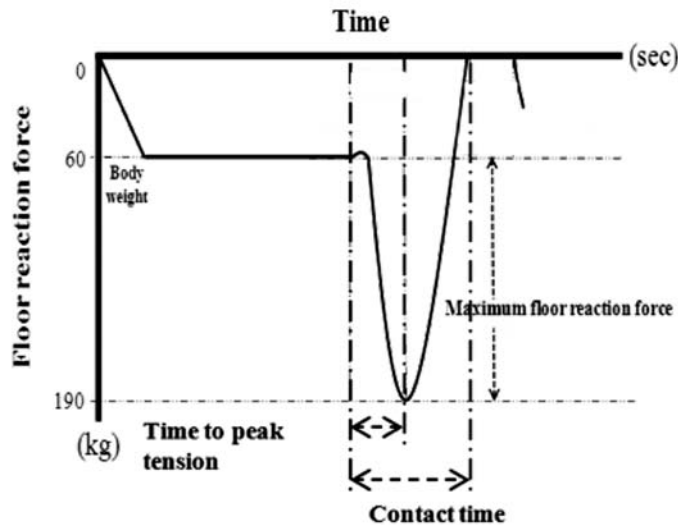


Fig. 1 Force generation pattern during jump performance

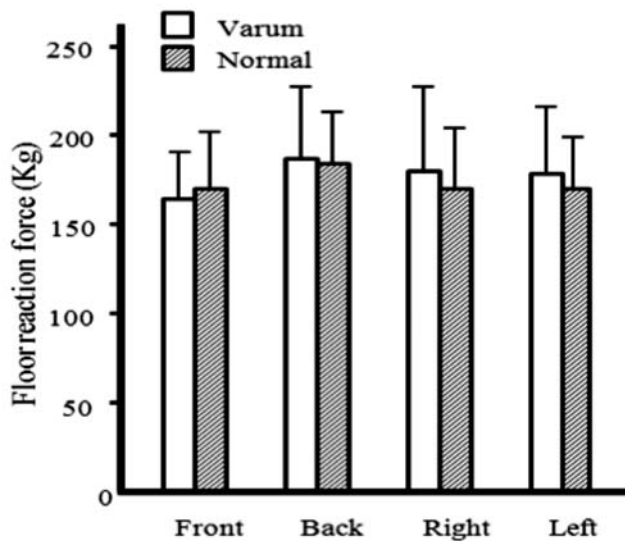


Fig. 2 Maximum floor reaction time. Values are means \pm SD.

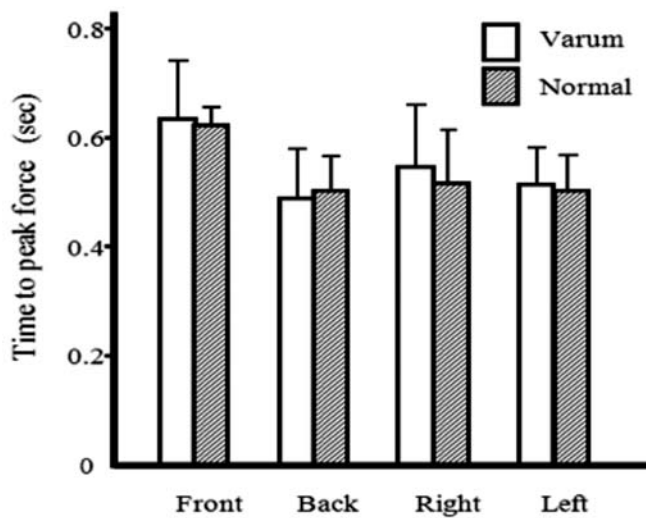


Fig. 3 Time to peak tension

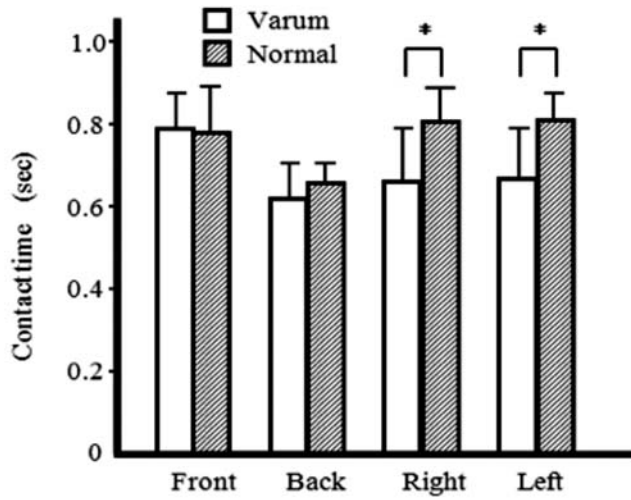


Fig. 4 Contact time. Values are means \pm SD.
* $P < 0.05$, Varum vs. Normal.

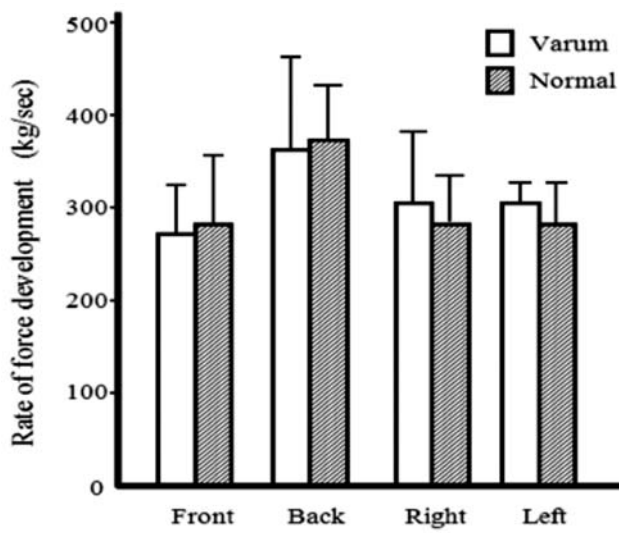


Fig. 5 Rate of Force Development. Values are means \pm SD.
* $P < 0.05$, Varum vs. Normal.

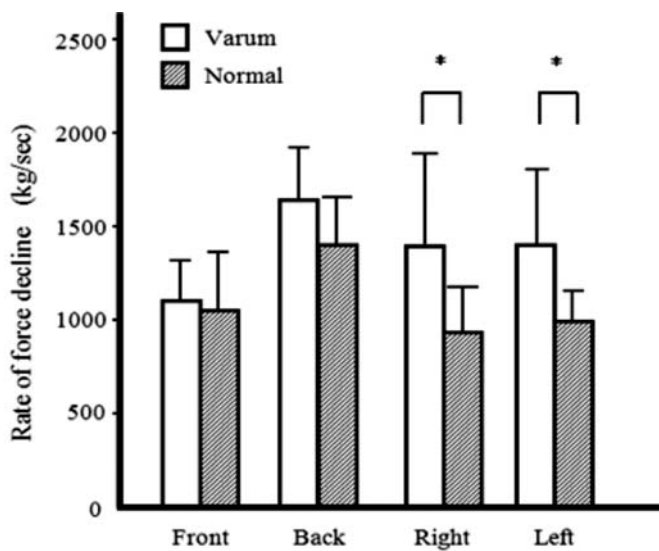


Fig. 6 Rate of force decline. Values are means \pm SD.
*P<0.05, Varum vs. Normal.

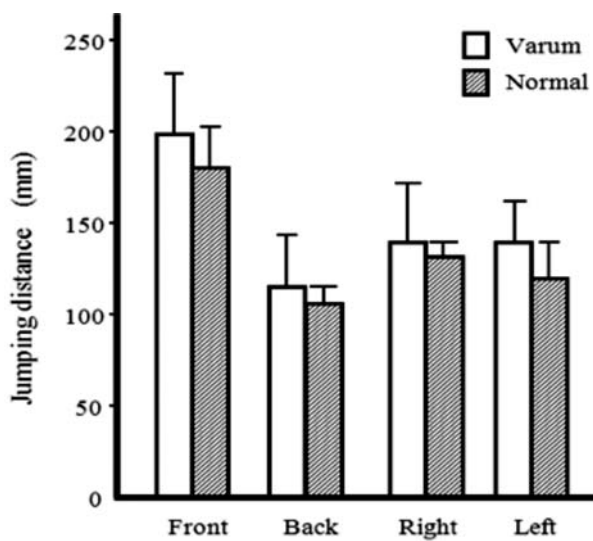


Fig. 7 Jumping distance. Values are means \pm SD.

Ⅲ. 結果

最大床反力

手を介してボールを扱う球技選手のカッティング動作時の内反膝保有者の方向転換能力に関わる要因を検討するために、前後左右のジャンプ動作時における脚筋による最大床反力を測定した。その結果、V群の前、後、左、右跳躍時の床反力は、それぞれ 166.3 ± 20.2 、 188.0 ± 39.1 、 178.6 ± 38.4 、 181.0 ± 38.4 kgであり、N群のそれと（それぞれ 168.2 ± 33.8 、 185.1 ± 28.1 、 170.6 ± 27.8 、 170.1 ± 32.3 kg）比較して、差異は認められなかった(Fig.2)。

最大筋力到達時間

V群とN群の前後左右の跳躍方向別の脚筋力発揮開始時から最大筋力発揮時までの所要時間(最大筋力到達時間)をFig.3に示した。その結果、V群の前、後、左、右跳躍時の発揮時間は、それぞれ 0.63 ± 0.10 、 0.49 ± 0.10 、 0.54 ± 0.12 、 0.52 ± 0.12 秒であり、N群（それぞれ 0.63 ± 0.10 、 0.51 ± 0.05 、 0.51 ± 0.10 、 0.50 ± 0.06 秒）と比較して、有意な差は認められなかった。しかしながら、両群ともに前右左より後方向への跳躍時の筋反応時間が短い傾向にあった。

筋力発揮時脚接地時間

内反膝所有者の脚筋力発揮開始時から脚が床面を離れる際までの筋力発揮時脚接地時間を跳躍方向別に示した(Fig.4)。右方向跳躍時のV群の値(0.66 ± 0.13 秒)は、N群(0.80 ± 0.10 秒)より、また左方向跳躍時のV群の値(0.66 ± 0.13 秒)はN群(0.80 ± 0.03 秒)より有意に低値を示した($P < 0.05$)。しかしながら、前及び後方向においてはV群およびN群間では差異は認められなかった(前方向・N: 0.79 ± 0.10 、C: 0.78 ± 0.11 秒、後方向・N: 0.53 ± 0.09 、C: 0.55 ± 0.06 秒)。また、両群ともに前右左より後方向への跳躍時の筋反応時間が短い傾向にあった。

最大筋力立ち上がり速度

V群の最大床反力を最大筋力発揮時間で除した最大筋力立ち上がり速度を跳躍方向別に示した(Fig.5)。その結果、V群の前、後、左、右跳躍時の筋力立ち上がり速度は、それぞれ 270.1 ± 58.3 、 366.1 ± 97.3 、 302.0 ± 79.4 、 310.5 ± 78.4 kg/秒であり、N群のそれ(それぞれ 276.7 ± 83.0 、 368.4 ± 63.7 、 281.4 ± 52.7 、 285.3 ± 45.4 kg/秒)と比較して、差異は認められなかった。

最大筋力放出速度

V群の最大床反力を最大筋力発揮した時点から脚が床面を離れる際までの時間で除した最大筋力放出速度をFig.6に示した。右方向跳躍時のV群の値($1,419.2 \pm 191.2$ kg/秒)は、N群(972.2 ± 200.9 kg/秒)より、また左方向跳躍時のV群の値($1,368.3 \pm 455.6$ kg/秒)はN群(987.7 ± 176.1 kg/秒)より有意に高値を示した($P < 0.05$)。しかしながら、前及び後方向においてはV群およびN群間では差異は認められなかった(前方向・N: $1,072 \pm 290.5$ 、C: $1,040 \pm 360.1$ kg/秒、後方向・N: $1,638.1 \pm 423.2$ 、C: $1,369 \pm 293.5$ kg/秒)。

跳躍距離

V群とN群による跳躍距離をFig.7に示した。V群の前、後、左、右跳躍時の跳躍距離は、それぞれ 202.5 ± 34.2 、 111.8 ± 24.7 、 143.1 ± 26.3 、 140.6 ± 24.8 mmであり、N群のそれ（それぞれ 182.5 ± 25.3 、 108.1 ± 7.9 、 130.0 ± 20.3 、 121.8 ± 18.8 mm）と比較して、差異は認められなかった。

IV. 考察

内反膝（O脚）保有者の「カッティング」による方向転換能力を前後左右へのカッティング時の床反力や筋反応時間に着目し検討を行った。本研究で得られた前後左右跳躍時の床反力波形を基に床反力の最大値を計測した結果、V群とN群とに差異はみられず、そして跳躍距離についても同様の結果を得た。しかしながら、左右への跳躍時の筋力発揮時脚接地時間はN群と比較してV群の方が有意に短かったことは（ $P < 0.05$: Fig.4）、優れた方向転換能力を有する競技者は、方向転換時の接地時間が短いことを考慮すると^{1,10)}、内反膝保有者は方向転換の身体能力が高く、カッティング動作に優れている可能性を示すものとなった。また最大筋力立ち上がり速度には、V群とN群に差異はみられなかった一方、最大筋力放出速度においてV群の方が左右への跳躍時に顕著な高値を示したことは（ $P < 0.05$: Fig.6）、内反膝保有者は左右方向へのカッティング移動速度、特に最大筋力発揮時から脚が床面を離れるまでの速度が特異的に速いことを示し、前述の知見を支持するものであった。

前後方向へのフェイント動作では、膝を外反する働きは見受けられない一方、横方向へのフェイントでは、膝を外反する働き（外部膝外反モーメントの発生）が作用すること、また膝へかかる外反力の大きさが左右方向へのフェイントパフォーマンスの成否のカギとなっていることが報告されている¹¹⁾。秋本たち¹²⁾は、フェイント時に足幅を増加させることにより（身長 $30\% \rightarrow 40 \cdot 50\%$ の足幅）、ピーク膝外反モーメントが顕著に増加することを明らかにしている。Olsen et. al.¹³⁾は内反膝特性を持つ人はカッティングの際、足幅を増加させて足部が身体より顕著に外側に接することを明らかにしている。しかしながら、過度の内反膝を呈している人は膝前十字靭帯の損傷の可能性が高いことが知られており¹⁴⁾、予期せぬこの過度の筋力発揮は膝前十字靭帯の損傷に結びつく可能性を指摘されており、内反膝保有者へのトレーニングへの注意が喚起される¹⁴⁾。レッグプレスを用いた筋電図学的研究で、内反膝特性保有者は膝アライメントが正常者と比較して、足幅が 51% 以下では、大腿部の内側広筋より外側広筋が活性化されていること、また活性化されていなかった下腿部の下腿三頭筋が活動に参画しやすい特性を示していることから¹⁵⁾、下肢運動中の活動筋が膝アライメント正常者と比べ特徴的であり、これらのことが本研究で得られた結果に関与しているのかもしれない。これらのことを考え合わせると、内反膝特性を持つ人は下肢のアライメントが正常な人と比較して、左右へのフェイント動作に身体的特性的に巧緻性を有しやすい特徴を持つことが示唆される。

これらのことから、本研究で得られた結果は、内反膝特性者はバスケットボールやハンドボール、ラグビーなどの競技で見られる、瞬間的な左右へのカッティング動作を用いたフェイント動作時の方向転換において、正常な下肢のアライメントを有する者よりも筋反応時間という点から利していることが示唆された。

参考文献

- 1) 笹木正悟 金子 聡, 福林 徹 (2008) サッカー選手における後方への方向転換能力に関する研究. スポーツ科学研究, 5 : 45-47.
- 2) 小林恵理, 落合 錠, 浦辺幸夫 (2012) 女子バスケットボール選手の Cutting における筋電図学的研究. 体力科学, 61, 443-446.
- 3) 大築立志 (1988) たくみの科学. 朝倉書店, 東京, pp 53-88.
- 4) Andrews JR, McLeod WD, Ward T and Howard K (1977) The cutting mechanism. Am J Sports Med, 5 : 111-121.
- 5) Grindstaff TL, Hammill RR, Tuzson AE and Hertel J (2006) Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes : a numbers-needed-to-treat analysis. J Athl Train, 41 : 450-456.
- 6) 鈴木雄太, 阿江通良, 榎本靖士 (2010) サイドステップおよびクロスステップによる走方向変換動作のキネマティクスの研究. 体育学研究, 55 : 81-95.
- 7) 岡本直輝, 井坂忠夫, 藤田 聡 (2012) 球技選手の方向転換能力向上のためのジグザグ走の検討. 体育学研究, 57 : 225-235.
- 8) 曾我部晋哉, 向井直樹, 下条仁士, 白木 仁, 宮川俊平, 目崎 登, 宮永 豊 (2003) 内反膝がレッグブレス動作中の下肢筋活動量に及ぼす影響について. 体力科学, 52 : 275-284.
- 9) 宮崎義憲, 朽木勤 (1984) 垂直とびの踏切動作における地面反力の検討. 東京学芸大学紀要, 5 : 191-199.
- 10) 塩川勝行, 井上尚武, 杉本陽一 (1998) サッカー選手における方向転換能力に関する研究-マットスイッチシステムを用いて-. サッカー医・科学研究, 18 : 175-179.
- 11) 山口織江, 浦辺幸夫, 山中悠紀, 神谷奈津美, 加藤茂幸 (2009) ハンドボールにおけるフェイント中の足部接地位置が膝外反に与える影響. 体力科学, 58 : 537-544.
- 12) 秋本剛, 浦辺幸夫, 市木育敏, 井手一茂 (2009) 片脚ジャンプ着地時の膝関節外反角度とハムストリング筋活動比との関係. 理学療法科学, 24 : 137-141.
- 13) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L and Bahr R (2004) Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball : a systematic video analysis. Am J Sports Med, 32 : 1002-1012.
- 14) Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV and Succop P (2005) Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes : a prospective study. Am J Sports Med, 33:492-501.
- 15) Sigward SM and Powers CM (2007) Loading characteristics of females exhibiting excessive valgus moments during cutting. Clin Biomech, 22 : 827-833.