

【研究報告】

# 言語指示が着地動作時の股・膝関節キネマティクスにおよぼす影響

根地嶋 誠<sup>1)\*</sup>, 横山 茂樹<sup>2)</sup>, 大城 昌平<sup>1)</sup>

1) 聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部

2) 京都橘大学 健康科学部

(連絡先) \* E-mail : makoto-n@seirei.ac.jp

## Effect of Verbal Instructions on Hip and Knee Kinematics during Drop Landing

Makoto NEJISHIMA<sup>1)</sup>, Shigeki YOKOYAMA<sup>2)</sup>, Shohei OHGI<sup>1)</sup>

1) School of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

2) Kyoto Tachibana University

### 要 旨

本研究では、口頭による言語指示が、着地動作における股および膝関節の角度に影響をおよぼすか調査した。対象は、高校女子バスケットボール部員7名とし、関節角度は三次元動作解析装置により測定した。課題は、高さ30cmの台から両脚にて、まず任意により自由に着地し、次に「つま先と膝の方向をまっすぐするように着地してください」と指示し、再び着地した。その結果、股関節は、接地時と最大垂直床反力時に指示後が指示前より有意に外転した ( $p<0.05$ )。膝関節は、いずれの関節角度とも、言語指示による影響は認められなかった。膝関節の内外反角度を変化させるには1回の単純な言語指示では困難であることが示唆された。

キーワード：着地動作, 言語指示, 運動学

Key word : drop landing, verbal instructions, kinematics

## 緒言

膝前十字靭帯 (anterior cruciate ligament: ACL) 損傷は、ひとたび受傷すると復帰まで6~12ヶ月を要してしまうためスポーツ選手にとって深刻な外傷である<sup>1)</sup>。ACL損傷は、大きく接触型損傷と非接触型損傷に大別され、直接的な外力が加わらない非接触型損傷は予防できる可能性があるため注目されている。

非接触型損傷の受傷機転に関して、Olsen et al.<sup>2)</sup>は、ビデオ解析により受傷時の膝関節が屈曲5~25度、外反5~20度であったことを報告した。Teitz<sup>3)</sup>は、受傷時に膝関節屈曲が0~30度の者が55%、外反位の者が73%であったと報告した。よって非接触型のACL損傷予防には、動作中の膝関節軽度屈曲位、外反位を回避することが重要である。

医療およびスポーツ現場における外傷予防を目的とした動作指導では、言語指示による介入は一般的に行われているが、ACL損傷予防を目的とした言語指示の効果は十分に検証されていない。損傷が多いとされる着地動作において、Cowling et al.<sup>4)</sup>は、着地動作時に膝を屈曲するよう指示したところ、屈曲角度が増大したと報告した。Blackburn et al.<sup>5)</sup>は、着地動作時に体幹を屈曲するよう指示したことで膝屈曲が増大したことを報告した。しかし、着地動作時の言語指示による膝外反への影響については、明らかではない。言語指示により着地時の膝関節外反が変化するかどうかを検証することは、ACL損傷および再発予防に役立つ情報になりうると考えた。

本研究の目的は、高校女子バスケットボール選手を対象とし、口頭による単純な言語指示が、着地動作における股および膝関節の関節角度を変化させることができるか明らかにすることで

ある。

## 対象と方法

非接触型ACL損傷は、ジャンプ着地やカッティング動作が多いスポーツに多発し、中高校生の女性に多いこともあり、対象を高校女子バスケットボール部員の7名をとした。平均年齢は16.0±1.0歳、平均身長は158.4±4.0cm、平均体重は49.4±4.9kgであり、部員の所属するチームは地区大会出場レベルであった。いずれの対象も、下肢および腰部に整形外科的疾患がなく、着地動作時に疼痛などがなかったことを確認した。また、研究内容を説明し参加への同意を得た。本研究は、聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認を得て行った。

股関節および膝関節角度の測定には、5台の赤外線カメラによる三次元動作解析装置 (VICON460, Oxford Metrics) と床反力計 (MODEL OR6-5, AMTI) を用いた。いずれもサンプリング周波数を120Hzとした。測定のための反射マーカーは、Plug-In-Gait下肢モデル (VICON, Oxford Metrics) の測定プロトコールに従い、骨盤に4個、下肢に12個貼付した (図1)。下肢の関節中心を推定し関節角度を算出するため、対象者の身長、体重、左右の上前腸骨棘の距離、立位時の棘果長、大腿骨顆部の幅、足関節果部の幅を測定し付属のソフト (VICON Workstation) に記録した。

測定課題は、高さ30cmの台から落下し、前方に設置された床反力計上に両脚にて着地動作をおこなった (図2)。開始肢位は、前額面において左右の上前腸骨棘と第2趾が一致するように足部を広げた立位とし、検査者の合図により着地を開始した。対象者には、台の天板より上方へ跳び上がらないよう注意させ、実験開始



図1 反射マーカの貼付位置

Plug-In-Gait下肢モデルに従い、左右の上前腸骨棘、後上腸骨棘、大腿外側、膝関節外側、下腿外側、外果、第2中足骨骨頭、踵部に貼付した。

前に着地動作を3回練習し、課題が適切に行われているか確認した。

測定手順は、まず対象者の任意による着地動作を測定した。次に「つま先と膝の方向をまっすぐするように着地してください」と口頭による指示をし、再び着地動作を測定した。言語指示の内容は、Myer et al.<sup>6)</sup>が女性アスリートのACL損傷予防におけるジャンプ練習を行う際、前額面上で膝をまっすぐ保つよう指示すると述べており、参考にした。言語指示の際、その他の言語や視覚による情報は提供しなかった。着地動作は、それぞれ3回おこなった。

測定されたモーションデータは、Vicon Workstationにより3次元座標化され、さらに骨盤、大腿、下腿セグメントにおける相対的な角度を算出した。加えてソフトウェアOLGA (VICON, Oxford Metrics) によりマーカのブレに対し補

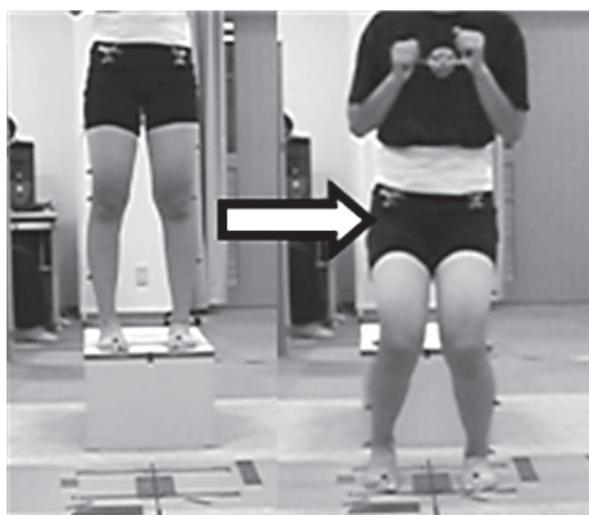


図2 着地動作課題

正をおこなった。得られた着地動作時の角度データは、安静立位時の関節角度を引くことで股・膝関節角度として算出した。本研究では、股関節の屈曲、外転、外旋および膝関節の屈曲、外反、外旋角度は正の値を示し、股関節の伸展、内転、内旋および膝関節の伸展、内反、内旋角度は負の値を示す。次に、股・膝関節の屈伸、内外転、内外旋角度を、Russell et al.<sup>7)</sup>やNagano et al.<sup>8)</sup>に倣い接地時、最大垂直床反力時（最大床反時）および膝関節最大屈曲時（最大屈曲時）の3相で抽出した。接地時の決定には、床反力計の垂直分力が検出された時点とし、最大垂直床反力時の決定には、接地時から膝関節最大屈曲時までの区間における最大垂直床反力の検出時とした。なお、解析には右下肢のデータを用い、関節角度は測定された3回を平均し代表値とした。

着地時の関節角度は、平均値±標準偏差で示した。統計学的分析は、関節角度が言語指示により変化するかを、言語指示の介入前後（2水準）と着地の相（3水準）の2要因にて反復測定分散分析をおこなった。交互作用および主効

果が有意であった場合、言語指示の効果をみるために対応のあるt検定をおこなった。いずれも危険率5%未満を有意とした。統計処理には、Dr.SPSS II (SPSS Inc.) を用いた。

## 結果

言語指示の前後における着地の各相の関節角度を表1に示す。2要因の反復測定分散分析の結果、交互作用が認められたのは股関節の内外転のみであった ( $F=4.59, p=0.03$ )。その他の股関節および膝関節角度に、交互作用は認められなかった。介入による主効果は、股関節の内外転のみ認められた ( $F=6.90, p=0.04$ )。着地の相による主効果は、股関節の内外旋以外の運動方向に主効果が認められた ( $p<0.01$ )。

次に、交互作用および介入の主効果が認められた股関節内外転において介入前後の比較をした結果、接地時と最大垂直床反力時では、指示後が指示前より有意に外転を示していた ( $p=0.046, p=0.004$ ) (図3)。

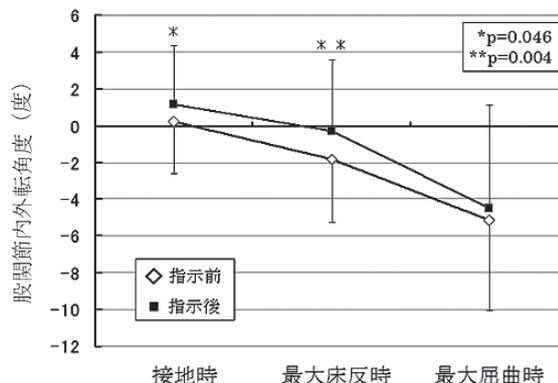


図3 股関節内外転角度の経時的変化  
正の値は外転を示し、負の値は内転を示す。

## 考察

本研究では、着地動作において、言語指示による介入が股・膝関節角度に影響を及ぼすか検討した。その結果、膝関節内外反角度では介入による変化は認められず、股関節内外転角度にのみ交互作用および介入の主効果が認められ、接地時および最大垂直床反力時において言語指示により有意に外転した。

着地動作において、膝関節は接地時から時間

表1 介入の前後における各相の関節角度 (度)

			接地時	最大床反時	最大屈曲時	交互作用
股関節	屈伸	指示前	22.1 ± 6.5	31.5 ± 7.0	46.9 ± 11.2	F(2,12)=1.32 p=0.30
		指示後	23.2 ± 8.0	32.4 ± 9.8	50.2 ± 15.4	
	内外転	指示前	0.2 ± 2.8	-1.8 ± 3.5	-5.1 ± 4.9	F(2,12)=4.59 p=0.03
		指示後	1.2 ± 3.2	-0.3 ± 3.8	-4.5 ± 5.6	
	内外旋	指示前	-5.2 ± 5.0	-4.5 ± 4.2	-3.0 ± 6.3	F(2,12)=2.75 p=0.10
		指示後	-4.0 ± 4.2	-3.1 ± 3.1	-2.6 ± 5.5	
膝関節	屈伸	指示前	22.7 ± 6.2	53.3 ± 5.1	85.4 ± 6.4	F(2,12)=0.60 p=0.57
		指示後	26.7 ± 7.4	56.0 ± 8.7	90.5 ± 9.7	
	内外反	指示前	0.5 ± 1.4	0.9 ± 3.4	3.8 ± 5.3	F(2,12)=2.48 p=0.13
		指示後	0.2 ± 1.6	1.7 ± 3.5	4.7 ± 5.1	
	内外旋	指示前	-7.5 ± 5.1	-15.0 ± 5.2	-17.8 ± 5.5	F(2,12)=1.31 p=0.31
		指示後	-9.1 ± 3.4	-16.3 ± 5.2	-18.4 ± 4.9	

(平均値±標準偏差)

が経過するとともに外反していくため<sup>9)10)</sup>、「つま先と膝関節をまっすぐするように」指示することは、外反の程度が減少すると予測された。本研究においても、時間とともに膝関節は外反を示したが、言語指示により外反角度の有意な差は認められなかった。Walsh et al.<sup>11)</sup>は、30.5cmの台から落下する際「より柔らかく着地するように」指示した結果、女性では膝の内側への動きが減少したと報告した。一方、本研究で用いられた言語指示の内容は、つま先と膝をまっすぐにするという膝関節の内外反に直接関与すると考えられるものであったが、内外反角度は変化を示さなかった。Wulf et al.<sup>12)</sup>は、運動をおこなう際、自分の身体に注意を向けさせる指示 (internal) と、身体運動が環境におよぼす影響に向けさせる指示 (external) について、externalの方が有効であると述べている。このようなことから、本研究のように注意を自分の身体に向けた単純な口頭による言語指示では、着地動作における膝関節の外反を減少させることは困難である可能性が示唆された。

言語指示の前後において、股関節の内外転角度に交互作用が認められた。このことは、言語指示の前と後では、股関節内外転角度の変化のパターンが異なることを意味する。加えて、接地時および最大床反時には有意に指示後が外転を示していた。言語指示により外転が増大したことは、つま先と膝の方向を一致させようとする方略として、股関節を外転させたものと推測した。膝関節の外反には、股関節の内転と内旋が関与すると指摘されている<sup>13)</sup>。本研究では、股関節は外転したものの、股関節外旋は変化しなかったため、膝関節の外反角度も変化しなかったことが推測された。つまり股関節が外転するという前額面上の変化だけでは膝関節の外反を変化させることはできないことが考えられた。

本研究により、単純な言語指示では膝関節の内外反角度を変化させることは困難であることが示唆された。しかし、今回の研究では対象が7名と少なく、筋力や個体要因の影響については不明である。また、膝関節を制御するための筋活動や、言語的な介入に加えフィードバックによる効果なども検討が必要である。

## まとめ

単純な言語指示により、着地時の股・膝関節角度が変化するか検討した。接地時、最大床反時にて股関節の外転角度が増大したが、膝関節の内外反角度およびその他に有意な差は認められなかった。「つま先と膝の方向をまっすぐするように着地してください」といった単純な言語指示では、膝関節の内外反角度を変化させることは困難であった。

## 文 献

- 1) Peter B, Karim K: Clinical sports medicine, McGraw Hill, Australia, 2nd ed. (pp 449-454), 2001.
- 2) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al.: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. Am J Sports Med 32(4). 1002-1012. 2004.
- 3) Teitz CC: Video analysis of ACL injuries. Prevention of noncontact ACL injuries. American Academy of Orthopaedic Surgeons. USA. 2001. pp87-92.
- 4) Cowling EJ, Steele JR, McNair PJ: Effect of verbal instructions on muscle activity and risk of injury to the anterior cruciate ligament

- during landing. *Br J Sports Med* 37(2). 126-30. 2003.
- 5) Blackburn JT, Padua DA: Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 23(3). 313-9. 2008.
- 6) Myer GD, Ford KR, Hewett TE: Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *J Athl Train.* 39(4). 352-364. 2004.
- 7) Russell KA, Palmieri RM, Zinder SM, et al.: Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. *J Athl Train* 41(2). 166-171. 2006.
- 8) Nagano Y, Ida H, Akai M, et al.: Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *Knee* 14(3). 218-223. 2007.
- 9) Ford KR, Myer GD, Hewett TH: Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc* 35(10). 1745-1750. 2003.
- 10) 小笠原一生, 宮永豊他, 白木仁・他: 片脚着地に見られた下肢kinematicsの性差. *体力科学* 55, 403-412, 2006.
- 11) Walsh MS, Waters J, Kersting UG: Gender bias on the effects of instruction on kinematic and kinetic jump parameters of high-level athletes. *Res Sports Med* 15(4). 283-95. 2007.
- 12) Wulf G, Hob M, Prinz W: Instructions for motor learning differential effects of internal versus external focus of attention. *J Mot Behav* 30. 169-179. 1998.
- 13) Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al.: Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee: Predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sports Med* 33(4). 492-501. 2005.

# **Effect of Verbal Instructions on Hip and Knee Kinematics during Drop landing**

Makoto NEJISHIMA<sup>1)</sup>, Shigeki YOKOYAMA<sup>2)</sup>, Shohei OHGI<sup>1)</sup>

1) School of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

2) Kyoto Tachibana University

Key word : drop landing, verbal instructions, kinematics

## **Abstract**

The aim of this study is to investigate whether athletes can alter their knee kinematics during a drop landing task by following simple verbal instructions. This study included 7 high school female basketball players. The subjects performed a leg drop landing task using both legs, from a box situated at a height of 30 cm. Five sets of infrared video cameras attached to a 3-D analyzer system were used to capture the hip and knee angles during the landing tasks. First, the subjects landed naturally, with no verbal instructions (natural-landing). They were then instructed to land with their lower extremities in a neutral position in the sagittal plane; after receiving these instructions, they performed the landing task a second time (verbal-landing). At initial contact and at a peak vertical ground reaction force, the hip abduction angle during verbal-landing was significantly greater than that during natural-landing. The knee angles were not significantly different between the 2 types of landing. This study suggested that a single intervention with verbal instructions did not significantly decrease the knee valgus during leg landing using both legs.