頭頸部伸展位が片脚着地動作に及ぼす影響

Influence of Head and Neck Extension on Single-leg Landing

多久和 良亮^{1,2)} 岡田 恭司¹⁾ 若狭 正彦¹⁾
齊藤 明¹⁾ 木元 稔¹⁾ 鎌田 哲彰^{1,3)}

RYOSUKE TAKUWA, RPT^{1,2)}, KYOJI OKADA, MD¹⁾, MASAHICO WAKASA, RPT¹⁾, AKIRA SAITO, RPT¹⁾,
MINORU KIMOTO, RPT¹⁾, TETSUAKI KAMADA, RPT^{1,3)}

¹⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Science, Akita University: 1-1-1 Hondo, Akita-shi, Akita 010-8543,
Japan TEL +81 18-884-6504 E-mail: tkw.gc0@gmail.com

²⁾ Department of Rehabilitation, Hosigaoka Medical Center

³⁾ Department of Rehabilitation, JA Akita Kouseiren, Akita Kousei Medical Center

Rigakuryoho Kagaku 32(1): 93-96, 2017. Submitted Jul. 29, 2016. Accepted Oct. 17, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] To clarify influences of neck and head extension on single-leg landing. [Subjects and Methods] Thirty-one healthy young women (average age, 20.1 years old) participated in this study. Single-leg landings from a 30 cm-height platform were performed by all of the participants with the head and neck extended and in the neutral position. The maximum knee flexion, valgus angles, and anteflexion, retroflexion, and lateral bending angles of the trunk, and the landing position of the two postures were measured and compared. [Results] The knee valgus angle was significantly greater in the neck and head extended posture than in the neutral posture. There were no significant differences in knee flexion, anteflexion, retroflexion, lateral bending of the trunk, or landing position. [Conclusion] Single-leg landing with the neck and head extended is associated with an increase in knee valgus angle. This suggests that neck and head extension is one of the causes of non-contact anterior cruciate ligament injury.

Key words: anterior cruciate ligament injury, drop-landing, head and neck extension

要旨:〔目的〕頭頸部伸展位が片脚着地動作に及ぼす影響を明らかにすること。〔対象と方法〕対象は、健康成人女性31名（平均20.1歳）とした。高さ30 cm台からの片脚着地動作を、頭頸部屈曲伸展中間位と、頭頸部伸展位の2条件で行った。片脚着地時の最大の膝関節屈曲と外反角度、体幹前後屈、側屈角度、および着地位置を測定し、条件間で比較した。〔結果〕頭頸部伸展位での着地では頭頸部屈曲伸展中間位の着地に比べて最大膝関節外反角度が有意に大きかった。最大膝屈曲角度と体幹前後屈、側屈角度、着地位置には有意差はみられなかった。〔結語〕頭頸部伸展位での片脚着地動作は膝関節外反角度を増大させ、非接触型前十字靭帯損傷の一要因となると推察された。

キーワード: 膝前十字靭帯損傷、着地、頭頸部伸展位

¹⁾ 秋田大学大学院 医学系研究科 保健学専攻 理学療法科学講座：秋田県秋田市本道一丁目1-1（〒010-8543）
TEL 018-884-6504

²⁾ 星ヶ丘医療センター リハビリテーション部

³⁾ JA秋田厚生連 秋田厚生医療センター リハビリテーション科

I. はじめに

非接触型の前十字靱帯 (anterior cruciate ligament: 以下, ACL) 損傷の受傷機転としてジャンプからの着地動作が多く^{1,2)}, 特に過度な膝の外反が着地動作時の異常として注目されている。また, 非接触型 ACL 損傷は女性に多く³⁾, 女性の方が男性よりも着地動作での膝関節外反角度が大きい^{4,5)} ことも明らかにされている。

着地動作に関する先行研究では, 頭頸部屈曲伸張中間位で着地動作を行わせることがほとんどで, 着地動作における頭頸部の肢位の影響を検討した報告は著者らが検索した限りでは見出されなかった。しかし, 実際のスポーツ場面では, 頭頸部を様々な方向に向け、着地動作を行うと考えられ, 特に ACL 損傷の多い競技として知られるバスケットボールでは, ゴールリングが上方にあり, ジャンプからの着地などでリングを見た状態, すなわち頭頸部伸展位で床面が視界に入っていない状況での着地動作が多い。本研究では非接触型 ACL 損傷の予防に役立てるため, 頭頸部中間位と伸展位で片脚着地させた際の膝関節屈曲と外反角度, および体幹側屈と前後屈角度を測定し, 頭頸部の肢位と非接触型 ACL 損傷の関係性を検討することとした。また着地面が視野に入らない場合の片脚着地で, 着地位置が指示した点とどのくらい離れるかも合わせて検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は下肢に疾患のない健康成人女性 31 名 (年齢 20.1 ± 1.4 歳, 身長 160 ± 6.4 cm, 体重 51.8 ± 6.0 kg) の利き脚 31 脚とした。利き脚はボールを蹴る側と定義した。31 名のうち右利きが 28 名, 左利きが 3 名であった。調査時点で下肢に疼痛や外傷があるもの, ACL 損傷の既往があるもの, 下肢に手術歴のあるもの, 顆間距離が 2 横指以上あるものは対象から除外した。対象者には研究目的や意義について十分に説明し, 書面にて同意を得た。

2. 方法

着地動作は齊藤ら⁶⁾の方法に準じて行うものとした。高さ 30 cm の台の前縁に被験者をパレエシューズ (教育パワースューズ, 新日本教育シューズ社製) 着用の上, 両足尖を揃えて立たせ, 利き脚を膝関節伸展位で股関節を屈曲させた片脚立位とし, 次いで上方へ飛び上らず測定肢である利き脚のみで床上に着地するよう指示した。着地位置については台の前方 30 cm に引いた線の交点上に踵部, 縦軸線上に第二足趾が着地するように指定した。縦軸線は左脚着地, 右脚着地用に 2 本引いた。被験者の胸骨柄, 肩峰, 上前腸骨棘, 大転子, 膝蓋骨中

央, 大腿骨外側上顆, 足関節外果, 内果にマーカーを貼付し, 台の前方 3 m と側方 3 m に 1 台ずつ置いたハイスピードカメラ (EX-ZR1100, CASIO 社製) で前額面および矢状面の動画を 30 fps で撮影した。着地後に片脚での着地姿勢が保持できたものを成功試技とし, 保持できなかった場合はやり直しとした。上肢は胸の前で組むように指示した。

全被験者は前述の着地動作を, 頭頸部屈曲伸張中間位 (以下, 正面着地) と頭頸部伸展位 (以下, 上向き着地) で交互に 3 回ずつ, 計 6 回行った。正面着地では, 台上での両脚立位時に頭頸部中間位であることを確認した後に, 利き脚の移動, ついで利き脚での片脚着地を行わせた。上向き着地では, 台上での両脚立位時に頭頸部中間位で着地位置を指示し, 次いで体幹が動かないようゆっくりと頸部を伸展させ, 床面が見えなくなった時点で頭頸部を静止させ, 以降は頭頸部伸展角度を変えないように指示し, 片脚着地を行わせた (図 1)。両課題とも測定に先立ち複数回の練習をさせ, 安全性を確認した上で実施した。

片脚着地前と着地時の体幹, 膝関節角度および着地位置の解析には二次元動作解析ソフトウェア (DARTFISH, DARTFISH 社製) を用いた。膝関節外反角度は上前腸骨棘, 膝蓋骨中央, 足関節内外果の中央を結ぶ線のなす角度, 膝関節屈曲角度は大転子, 大腿骨外側上顆, 外果を結ぶ線のなす角度とした。体幹前後屈角度は肩峰と大転子を結ぶ線と床面から垂直な線のなす角度とし, 前屈を正, 後屈を負の値とした。体幹側屈角度は両側上前腸骨棘を結ぶ線の midpoint と胸骨柄を結ぶ線と垂直線のなす角度とし, 利き脚側への側屈を正, 非利き脚側への側屈を負の値とした。いずれも着地動作時の最大角度を採用し 3 回の平均値を算出した。また, 上向き着地では両脚立位時の頭頸部伸展角度を測定した。頭頸部伸展角度は肩峰を通る床への垂直線と外耳孔と頭頂を結ぶ線のなす角度とし, 3 回の平均値を算出した。着地位

図 1 片脚着地動作の開始肢位

左: 正面着地, 右: 上向き着地。

置については、着地時の第2足趾の位置と指定した位置との差（以下、X軸方向着地位置）を前額面の画像から、着地時の踵部の位置と指定した位置との差（以下、Y軸方向着地位置）を矢状面の画像から測定した。X軸着地位置では指定位置から利き脚側へ方向を正、非利き足側の方向を負とした。Y軸着地位置では指定位置より設置された30 cm台から離れる方向を正、台に近づく方向を負とした。いずれも3回の平均値を算出した。また、測定はすべて同一の検者が行った。

統計的解析はSPSS Statics 22（IBM社製）を使用して行った。関節角度については正面着地と上向き着地の間に対応のあるt検定を用いて検討した。着地位置についてはX軸方向着地位置、Y軸方向着地位置をそれぞれで正面、上向き着地間で対応のあるt検定を用いて検討した。有意水準はすべて5%とした。

III. 結 果

正面着地、上向き着地での着地前の頭頸部伸展角度と片脚着地時の関節角度を表1に示す。最大膝関節外反角度は上向き着地で正面着地より有意に大きかった（ $p < 0.001$ ）。膝関節屈曲角度、体幹前後屈、側屈角度において、着地姿勢による有意差はみられなかった。着地位置は、X軸方向（ -7.3 ± 3.5 vs. -7.7 ± 3.5 ：平均±標準偏差）、Y軸方向（ -1.6 ± 8.0 vs. -1.4 ± 7.4 ）ともに正面、上向き着地間で有意差は認められず、X軸方向では全試技で着地点が負の値、すなわち非着地脚側へ偏位していた（図2）。

IV. 考 察

本研究では頭頸部伸展位が片脚着地動作に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、健常女子大学生31名を対象とし、高さ30 cmの台からの片脚着地動作を、頭頸部屈曲伸展中間位と頭頸部伸展位の2条件で行い、片脚着地時の最大の膝関節屈曲と外反角度、体幹前後屈、側屈角度、および着地位置を測定し、条件間で比較した。

表1 正面着地、上向き着地時の膝関節と体幹角度の最大値、ならびに頭頸部伸展角度

	正面着地	上向き着地
膝関節角度（°）		
外反	9.0 ± 5.0	$11.3 \pm 4.8^{**}$
屈曲	52.2 ± 10.7	54.3 ± 12.2
体幹角度（°）		
前後屈	1.4 ± 5.1	0.8 ± 4.7
側屈	5.9 ± 6.0	6.1 ± 6.7
頭頸部伸展角度（°）	0	33.4 ± 8.6

平均 ± 標準偏差。*: $p < 0.001$ 。

その結果、頭頸部伸展位での着地では頭頸部屈曲伸展中間位での着地に比べて最大膝関節外反角度が有意に大きかった。最大膝屈曲角度と体幹前後屈、側屈角度、着地位置には条件間の有意差はみられなかった。

ACL損傷を生じる危険因子として、着地動作での膝の過度の外反が多くの研究で指摘されている。小笠原ら⁷は静力学的な検討から、体幹部が着地脚側へ傾倒する姿勢と膝関節中心が内側へ偏位する着地姿勢が膝外反モーメントを増大させると述べている。Hewettら⁸は女性アスリートでは、着地動作での膝関節外反と膝関節外反モーメントがACL損傷のリスクであると論じている。Olsenら⁹は女性ハンドボール選手の片脚着地時のACL損傷例では、着地時の膝外反角度が $10 \sim 15^\circ$ であったと報告している。また、膝関節外反によりACLの張力は増加し、内外反中間位より外反角度が 5° 増加するとACLへの負荷は6倍になる¹⁰ともいわれている。本研究での正面着地では平均最大膝外反角度が 9° で、これが上向き着地では 11° へ有意に増加し、ACL損傷の危険域に近づいていた。頭頸部伸展により膝関節外反角度が増加した機序として、運動連鎖の関与があげられる。一般に頭頸部伸展、体幹伸展に引き続き、下行性に、骨盤前傾、股関節屈曲・内転・内旋、膝関節伸展・外旋・外反が生じる¹¹とされており、その結果、着地時の膝外反角度の増大が生じたと考えられる。したがって、頭頸部伸展はACL損傷のリスクファクターの1つとなっていると言える。

また、頭頸部が伸展位になると身体に変化が生じることが知られている。頭頸部伸展位では中間位よりも重心動揺が大きくなり¹²、その原因として、多数の固有受容器を有し¹³平衡維持に関与しているとされる後頸筋の筋活動が、頭頸部の伸展位保持により低下する可能性

図2 右下肢で片脚着地した際の着地点

X軸、Y軸の原点が予定着地点で、正面着地（●印）と、上向き着地（×印）の間で、予定着地点からの変位量に有意な差がみられないが、両者とも非着地脚側に偏る傾向がある。

が考えられている¹⁴⁾。さらに後頸筋には前庭系と視覚系との連絡をモニタリングする固有受容器としての働きがある¹⁵⁾とされており、頭頸部伸展が平衡機能に影響を及ぼすことは確かであると思われる。しかし本研究では前向き着地と上向き着地とで、膝外反角度以外の膝屈曲角度、体幹側屈角度、着地位置に有意な差はみられず、平衡機能がどのように関与し膝外反が生じたのかは検討すべき課題であると思われる。

ジャンプ着地動作では視覚情報が必要であるとされている¹⁶⁾。本研究の上向き着地では、床面が見えなくなるまでの頭頸部伸展を指示したため、視覚情報が得られにくい状態であったと考えられる。Trevarthen¹⁷⁾は視覚情報には中心視と周辺視があり、運動における姿勢制御では周辺視の働きが大きいと述べている。また石垣¹⁸⁾は周辺視を制限することで身体の平衡性の保持、距離の知覚に影響が出たと報告している。よって、頭頸部伸展位により床を含めた周辺視野が制限され、膝関節外反角度の増大に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

着地位置はY軸方向、X軸方向とも前向き着地と上向き着地の間で有意差を示さなかった。頭頸部伸展位は片脚着地位置の認識機能には影響しないといえる。しかし、正面着地と上向き着地のいずれでも、X軸方向での着地位置が指定した位置よりも非着地脚側に偏位した。着地動作がACL損傷の非接触性損傷の原因として多いとされているものの、着地位置が体幹の中心寄りに偏位することを報告した研究例はない。意図した所よりも非着地側に着地したときに、その距離により、着地脚の膝関節外反モーメントが増大し、ACL損傷のリスクが高まることも危惧される。今後の片脚着地でのACL損傷に関する検討では着地位置の検討も重要と思われる。

以上から、若年成人女子では頭頸部伸展位の場合、頭頸部中間位に比べ、片脚着地での膝外反角度が大きくなり、頭頸部伸展位が膝ACL損傷のリスクファクターの一つであると結論した。またその背景として視野と平衡機能が関与しているものと推察した。

引用文献

- 1) 案浦聖凡, 王 享弘, 小林 晶: 前十字靭帯損傷の受傷機序について. 整形外科と災害外科, 1996, 45(2): 339-343.
- 2) Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, et al.: Knee ligament injuries in volleyball players. Am J Sports Med, 1992, 20(2): 203-207.
- 3) 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(6): 694-701.
- 4) Kernozek TW, Torry MR, VAN Hoof H, et al.: Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37(6): 1003-1012.
- 5) Russell KA, Palmieri RM, Zinder SM, et al.: Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. J Athl Train, 2006, 41(2): 166-171.
- 6) 齊藤 明, 佐々木誠, 若狭正彦・他: 片脚着地時の体幹肢位が膝関節角度と筋活動に及ぼす影響—男女間の比較—. 理学療法科学, 2014, 29(6): 955-959.
- 7) 小笠原一生, 宮川俊平, 朴 時英: 片脚着地動作における着地姿勢が膝外反モーメントに与える効果の静力学検討—膝前十字靭帯のリスクを高める動作の同定—. 体力科学, 2010, 59: 485-494.
- 8) 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: A prospective study. Am J Sports Med, 2005, 33(4): 492-501.
- 9) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al.: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. Am J Sports Med, 2004, 32(4): 1002-1012.
- 10) Bendjaballah MZ, Shirazi-Adl A, Zukor DJ: Finite element analysis of human knee joint in varus-valgus. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1997, 12(3): 139-148.
- 11) 樋口貴広, 建内宏重: 姿勢と歩行 協調からひも解く, 三輪書店, 東京, 2015, p62.
- 12) 上田泰久, 大竹祐子, 上條史子・他: 頭頸部アライメントが重心動揺に及ぼす影響. 理学療法科学, 2012, 27(3): 269-272.
- 13) Kulkarni V, Chandy MJ, Babu KS: Quantitative study of muscle spindles in suboccipital muscles of human fetuses. Neurol India, 2001, 49(4): 355-359.
- 14) Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallee C: Selective electromyography of dorsal neck muscles in humans. Exp Brain Res, 1997, 113(2): 353-360.
- 15) Liu JX, Thornell LE, Pedrosa-Domellöf F: Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: A morphological and immunocytochemical study. J Histochem Cytochem, 2003, 51(2): 175-186.
- 16) McKinley P, Pedotti A: Motor strategies in landing from a jump: The role of skill in task execution. Exp Brain Res, 1992, 90(2): 427-440.
- 17) Trevarthen CB: Two mechanisms of vision in primates. Psychol Forsch, 1968, 31(4): 299-348.
- 18) 石垣尚男: 周辺視の制限が運動技能に及ぼす影響. 愛知工業大学研究報告A, 教養関係論文集, 1986, 21: 53-59.