

ハンドボールにおける前十字靭帯受傷メカニズムに関する研究 ～ジャンプシュートの踏切脚の違いが着地に及ぼす影響～

発表者 竹上 綾香
指導教員 富樫 泰一

キーワード：ACL 損傷、ジャンプシュート、片脚着地、膝外反モーメント、床反力、膝屈曲角度

1. 緒言

ハンドボールは豊富な運動量とスピーディーな動きの中で、激しい身体接触を伴いながら展開していく為、前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament : 以下 ACL) 損傷を好発する球技の一つである。ACL 損傷は他者との接触により膝への直接的、間接的なストレスで受傷する接触型と、他者との接触がない状態で受傷する非接触型に分かれ、スポーツ活動時の ACL 損傷の多くが非接触型であり、ハンドボールの非接触型損傷の内、ハンドボール特有の技術であるジャンプシュート後の片脚着地が、カッティング動作に次いで多い¹⁾。一般的にジャンプシュートの踏切脚は利き手と反対側の脚 (以下 JS1) であるが、試合の状況によっては、プレイヤーは利き手と同側脚の踏切によるシュート (以下 JS2) を強いられることがある。2 種類のジャンプシュートの着地はいずれも非利き手側脚 (または両脚着地) であるが、JS2 は JS1 と比べ、より複雑なシュート技術である²⁾ため、踏切動作の違いはその後の着地局面における下肢の運動に影響を与えることが考えられる。

これまで ACL 損傷のバイオメカニクスのなリスクファクターの検討が行われてきたが、片脚着地に関しては、ほとんどが台上からの落下着地についての分析であり、実際のジャンプシュート後の片脚着地について分析した研究は見当たらない。

そこで本研究では、JS1、JS2 の踏切脚の異なる二種類のジャンプシュートについて、着地脚に着目し、三次元動作分析と床反力計を用いて ACL 損傷の危険性の指標である膝外反モーメントおよび膝関節屈曲角を算出、比較検討を行うことで ACL 損傷予防の基礎資料を得ることを目的とした。

2. 研究方法

2-1 被験者

1 大学女子ハンドボール部に所属し、膝関節に既往のない学生 6 名 (身長: 158.7±2.4cm、体重: 57.2±4.5kg) とした。被験者は全員右利きであった。

2-2 試技内容及び撮影方法

試技は、JS1、JS2 の踏切脚の異なる 2 種類のジャンプシュートをとした。着地脚について分析するため、着地脚が床反力計 (キスラー社製フォースプレート: 以下 FP) に接地するように任意の位置で踏み切り、前方に設置したマットにシュートを最大努力で打った。着地脚が FP に接地した試技を成功試技とし、JS1 と JS2 それぞれについて成功試技が 2 回になるまで行った。2 つの成功試技のうち、被験者の主観的評価に基づき 1 試技を分析対象とした。

撮影場所は茨城大学演習室 (教育学部 D 棟 108 番教室) を用いた。2 台のハイスピードカメラ (CASIO 製 EX-F1) を、被験者の左右前方にそれぞれ設置し、試技に先立ち、3次元 DLT 法適用のため、較正器を運動範囲内で撮影した。

分析点は、身体測定点 23 点、非利き手側脚の大腿、下腿の自作棒マーカ各 1 点、計 25 点とした。撮影した映像から分析点 25 点のデジタイズを行い、三次元 DLT 法 (Direct Linear Transformation Method) を用いて、3次元座標を算出した。

実験座標系は右手系を用い、FP の中心を原点とし、鉛直上方向を Z 軸正、進行方向を Y 軸正、進行方向に対して右方向を X 軸正とした (図 1)。

床反力は、チャージアンプ出力を A/D コンバータを介してサンプリングレート 1kHz でパーソナルコンピュータに取り込み、FX (左右方向)、FY (前後方向)、FZ (鉛直方向) の床反力値を算出した。

分析範囲は、着地脚が FP に接地した時点から 100msec 後までとした。

2-4 算出項目

小笠原ら³⁾による静力学モデルを参考に、着地時の膝内外反モーメントを下式により求めた。

$$T = l \times f \cdot \sin S$$

T は膝内外反モーメント、*l* は足圧中心と膝関節中心を結ぶベクトル、*f* は床反力ベクトル、S は足圧中心と膝関節中心を結ぶベクトルと床反力ベクトルのなす角とした。三次元座標データから *l* を、床反力データから *f* を算出し、S は自作のプログラムを用いて算出した。

また、三次元座標データから膝関節角度を大腿骨 (大転子と膝関節を結ぶ線) の延長線と脛骨 (膝関節と足関節を結ぶ線) のなす角として求めた。

3. 結果と考察

3-1 膝内外反モーメント

膝内外反モーメントのピーク値、ピーク出現時間を表 1 に示した。JS1 と JS2 に一定の傾向は見られず、試技によってばらつきが見られた。そこで、膝内外反モーメントピーク時に外反が見られた試技 (以下 外反群) に注目し、その原因を明らかにするため、前額面スティックピックチャをもとに検討を行った結果以下の二つの特徴がみられた。

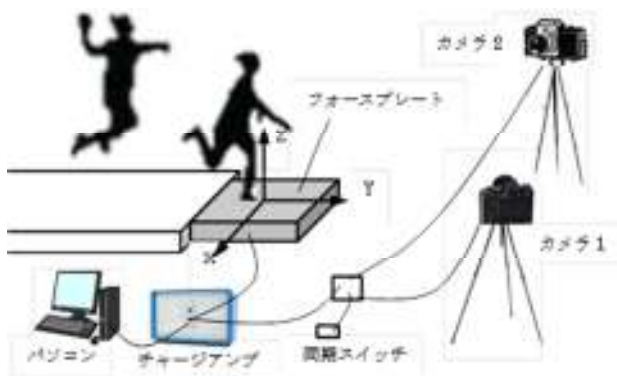


図 1 実験模式図

a. 体幹部の着地脚側への傾斜

外反群において、明らかな体幹の側方傾斜が見られた。体幹は身体の中でも質量比が大きい為、体幹の着地脚側側屈によって身体重心が着地脚の外側へ向けて加速するとともに、床反力ベクトルが外側に向き、Sが増大したため、外反モーメントが生じたと考えられる。

b. つま先を外側に向けた着地

つま先を外側に向けた着地はACL損傷好発肢位であることから、着地時の足部の向きに着目して画像観察を行ったところ、外反群では非外反群と比べ、つま先が外側をむいていたが、画像のみの判断では困難であったため、各試技について、つま先と踵のx座標の差を求め、つま先の向きを簡易的に検討した。つま先が外側を向いていれば負、内側を向いていれば正の値となる。この値と内外反モーメントとの相関関係を調べたところ、 $r = -0.710 (p = 0.0097 < 0.01)$ の高い負の相関がみられ、つま先が外側を向いているほど外反モーメントが大きくなるという結果が得られた。ジャンプシュートでは、空中でシュートによる体幹の捻りを伴うため、下肢の動きに何らかの影響をもたらし、つま先の外側接地を誘発していることが考えられる。今後は上半身との関連も調べる必要がある。

3-2 ACL 損傷発生のタイミング

ジャンプシュートによる片脚着地時の膝外反モーメントピーク値出現時間はJS1、JS2で差はなく、14msec前後であったことから、先行研究¹⁾で報告されている40msecよりも、より早期にACL損傷が発生することを示唆している。また、床反力ピーク出現時間はJS1、JS2共に15msec前後で体重の約4~9倍の床反力が生じていた。これは、およそ膝内外反モーメントピーク発生のタイミングと一致しており、ACL損傷は床反力ピークと同じタイミングで生じることが考えられる。よって、ACL損傷を防ぐためには、床反力のピークへ至る前に適切な肢位や筋発揮をして床反力に対応する準備をすることが必要となる。また、床反力のピーク値が大きな値を示したことから、この値を減少させることもACL予防に重要である。ハンドボールでは、ジャンプシュートを打った後に片脚で着地するという方法の他に、両脚で着地を行ったり、シュートを打ってそのまま倒れこんだりする方法がある。これらの着地方法は床反力ピーク値を低減させるという点で、ACL予防に有効な手段であることが示唆される。

3-3 片脚着地時の膝関節屈曲角度

JS1、JS2において膝関節屈曲角度のみ有意傾向が認められ ($p < 0.1$)、膝内外反モーメントピークにおいて、JS1は 7° 、JS2は 22° 前後の屈曲が見られ、JS1でより屈曲が小さかった(図2)。ACL損傷は軽度屈曲位にて好発するという報告⁴⁾があることから、JS1はよりACL損傷の危険性が高いといえる。JS2がJS1と比較して膝が深く曲がっていた理由としては、全ての試技でJS2ではJS1よりシュートのリリースが遅かったことから、着地のための筋発揮が遅延し、着地の衝撃を受け止めきれず、膝関節の屈曲角が増加したと推測される。し

かし、本研究ではあくまで推測にとどまり、今後、分析区間を広げると共に筋電図を用いた分析を行い、より詳細に分析する必要がある。

4. まとめ

踏切脚の異なるジャンプシュートの着地脚に着目し、運動学的解析を行いACL損傷の危険性について比較検討を行い、以下のことが明らかになった。

- 1) 膝内外反モーメントのピーク値は、踏切脚による違いは見られなかった。外反した試技については体幹が傾いているものや、つま先が外側を向いているものが認められた。
- 2) ジャンプシュート後の着地の膝内外反モーメントおよび床反力のピーク出現時間は踏切脚による違いはなく、15msec前後で出現していたことから、早期にACLを損傷する可能性が示唆された。
- 3) 膝内外反モーメントピーク出現時間には体重の4~9倍の大きな床反力が着地脚にかかっており、ACL損傷の危険性が高いことが明らかになった。

表1 膝内外反モーメント及び床反力ピーク・出現時間

被験者	膝内外反モーメントピーク値(Nm)		ピーク出現時間(msec)	
	JS1	JS2	JS1	JS2
A	370 ※	-629	16	13
B	-76	-114	10	13
C	-762	-704	10	10
D	-31	201 ※	7	10
E	486 ※	-235	17	13
F	229 ※	288 ※	13	13
平均	-290	-420	12.2	12.0
標準偏差	334.5	251.1	3.5	1.4

※は外反モーメントが認められた試技を示す。

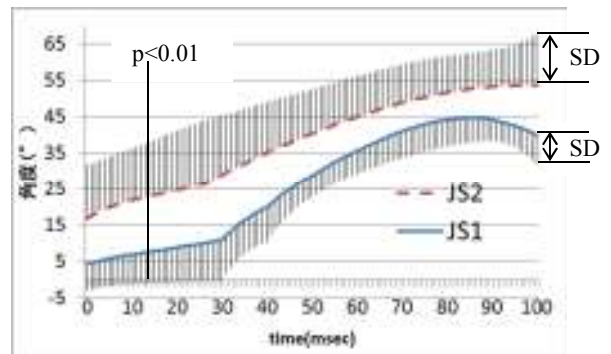


図2 膝関節屈曲角変位

5. 文献

- 1) Olsen OE et al(2004): Injury mechanism for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. Am J Sports Med vol.32 no.4 pp1002-1012
- 2) Marko Sibila et al(2003): Basic kinematics differences between two types of jump shot techniques in handball. Acta Univ vol33 no.1 pp19-26
- 3) 小笠原一生ら(2010): 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的検討. 体力科学 Vol59 pp.485-494
- 4) 福田徹ら(2008): ACL 損傷予防プログラムの科学的基礎 pp72-73