

女性スポーツ選手における 膝前十字靭帯損傷者の大腿骨前捻角について

Association between femoral anteversion and the risk of anterior
cruciate ligament injury in female athletes

國田泰弘*¹, 金子雅志*¹, 大見頼一*¹
川島達宏*¹, 栗原智久*¹, 関 大輔*¹
井上拓海*¹, 栗山節郎*², 星田隆彦*²

キー・ワード：femoral anteversion, noncontact injury, anatomical risk factor
大腿骨前捻角, 非接触型損傷, 解剖学的危険因子

【要旨】 増大している大腿骨前捻角（前捻角）が女性スポーツ選手において膝前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament；ACL）損傷の危険因子になるか明らかにすることを目的とした。対象は女性スポーツ選手で ACL 損傷者 53 名（ACL 群），コントロールは大学女性バスケットボール選手 27 名（健常群）とした。ACL 群は受傷機転別に接触群 16 名と非接触群 37 名に分けた。前捻角は Craig test を用いて測定した。前捻角は ACL 群の受傷側が健常群より大きく，受傷機転別では非接触群の受傷側のみ健常群より大きかった。結果より増大している前捻角が非接触型 ACL 損傷の解剖学的危険因子となる可能性が示された。

はじめに

ACL 損傷はスポーツ現場にて頻回にみられ，かつ復帰までに時間を要する重篤な外傷である。特に女性は男性より発生率が高いといわれているため^{1,2)}，ACL 損傷を予防する上で危険度が高い女性スポーツ選手を把握できることは有益である。ACL 受傷場面は股関節内旋位にて膝関節軽度屈曲・外反することで発生するといわれている^{3,4)}。また，Hewett ら⁵⁾はジャンプ着地時の膝関節外反角度の増大が危険因子であると報告している。このような背景から危険度が高い選手を発見するために片脚スクワットやジャンプ着地時の膝関節外反角度の評価が臨床現場では簡便かつ有効であり，多く使用されてきている。

我々は片脚ジャンプ着地時の膝関節外反角度について，健常者において前捻角が大きい者は着地

時膝関節外反角度が大きくなることを報告した⁶⁾。このことより前捻角が大きい者はジャンプ着地時の ACL 損傷の危険が高まることが考えられた。しかし，ACL 損傷の解剖学的危険因子として顆間窩幅や notch width index が低値であることが報告されているが⁷⁾，前捻角に関しては明らかにされていない。

よって本研究は ACL 損傷者の前捻角は健常者より大きく，解剖学的危険因子となるという仮説を立て，増大している前捻角が女性スポーツ選手において ACL 損傷の危険因子になるか明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

対象は ACL を損傷した女性スポーツ選手 53 名（ACL 群：年齢 17.8 ± 2.0 歳，身長 162.2 ± 7.0 cm，体重 55.9 ± 7.3 kg）とし，コントロールは股関節・膝関節に既往症がなく大学女性バスケットボール選手 27 名（健常群：年齢 18.1 ± 0.3 歳，身長

*¹ 日本鋼管病院リハビリテーション科

*² 日本鋼管病院整形外科

表 1 受傷機転別の種目と人数

受傷機転	人数	種目 (人数)
非接触型損傷	37	バスケットボール (18), ハンドボール (11) ラクロス (3), スキー (2), バレーボール (2) アルティメット (1)
接触型損傷	16	バスケットボール (8), ハンドボール (3) サッカー (2), チア (1), スキー (1), 柔道 (1)

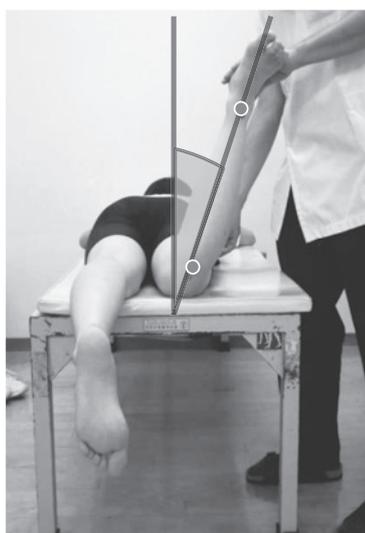


図 1 前捻角の測定方法 (Craig test)

全対象に対し同一の2名の検者が行い、1名が触診とともに下腿を操作し、1名がデジタル角度計を脛骨にあて角度を測定した

162.6±6.0cm, 体重 56.7±5.6kg)とした。両群とも競技レベルである Tegner Activity Score7 以上の者とした。ACL 群のスポーツ種目はバスケットボール 26 名, ハンドボール 14 名, ラク로스・スキー 3 名, サッカー・バレーボール 2 名, チアリーダー・柔道・アルティメット 1 名であった。また, ACL 群は接触型にて受傷した 16 名を接触群, 非接触型にて受傷した 37 名を非接触群と分類した (表 1)。

2. 方法

測定項目は前捻角であり, Craig test にて測定した。Craig test は腹臥位股関節屈曲・伸展 0°, 内・外転 0°, 膝関節屈曲 90° を基準線とし, 触診にて大転子が最外側に達した時の股関節内旋角度を前捻角とする方法である⁸⁾。マーカーを脛骨内顆・外顆の中央, 足関節内果・外果の中央に貼付し, ポケットデジタル水平器 (Digi-pas 社製) を 2 点の

マーカーで結んだ下腿長軸上に当て, 床面となす垂直線からの脛骨の傾きを 0.1° 単位で測定した (図 1)。Craig test にて被験者の大転子を触診し下腿を操作している検者と水平器を当てる検者はそれぞれ同一の検者が行った。両脚の測定を 3 回ずつ行い, ACL 群は受傷側と非受傷側に分けて, 健常群は両脚を合わせてそれぞれ 3 回の平均値を採用した。また, ACL 群の測定時期は ACL 再建術前が 31 名, 術後 3 か月以降が 22 名であり, どちらも疼痛がなく膝関節可動域が伸展 0°, 屈曲 130° を獲得し, 自立歩行が可能な状態であった。

検討項目として前捻角の角度について, ①ACL 群の受傷側・ACL 群の非受傷側・健常群の 3 群間の比較, ②接触群・非接触群それぞれ群内で受傷側と非受傷側の比較, ③接触群の受傷側・非接触群の受傷側・健常群の 3 群間の比較を調査した。

統計学的解析は SPSS11.0J を使用した。Shapiro-Wilk 検定にて正規性を確認後, 各 3 回分の測定値から級内相関係数 (ICC (1,1)) を用いて検者内信頼性を検討した。また, ①ACL 群の受傷側・ACL 群の非受傷側・健常群の 3 群間の比較と, ③接触群の受傷側・非接触群の受傷側・健常群の 3 群間の比較は多重比較法にて Tukey 法を用い検討した。②接触群・非接触群それぞれ群内で受傷側と非受傷側の比較は T 検定を用い検討した。いずれも有意水準 5% を有意差ありとした。

本研究は当院倫理委員会の承諾を得て, ヘルシンキ宣言に基づく倫理的配慮を十分に行い実施した。

結 果

Craig test の検者内信頼性については ICC (1,1) = 0.96, 95% 信頼区間 (0.95~0.97) であり, 前捻角の測定は高い検者内信頼性が得られた。

各群における前捻角を表 2 に記載した (表 2)。前捻角の大きさについて ACL 群は受傷側 16.8 ±

表2 各群における前捻角

ACL 群	受傷側	16.8±5.7° (1.0～30.6°)
	非受傷側	15.1±6.9° (1.6～32.6°)
	平均	16.0±6.3° (3.6～30.3°)
接触群	受傷側	14.9±6.6° (1.0～28.1°)
	非受傷側	12.6±8.2° (3.4～32.6°)
	平均	13.8±7.4° (3.6～30.3°)
非接触群	受傷側	17.5±5.0° (8.3～30.6°)
	非受傷側	15.7±5.8° (1.6～25.6°)
	平均	16.7±4.8° (5.3～25.4°)
健常群	右脚	12.4±5.4° (1.5～22.3°)
	左脚	14.1±4.5° (7.2～26.1°)
	平均	13.2±4.9° (4.9～24.2°)

測定はそれぞれ3回ずつ行い、ACL群の測定時期は術前が31名、術後3か月以降が22名で、どちらも疼痛がなく膝関節可動域が伸展0°、屈曲130°を獲得し自立歩行が可能な状態であった

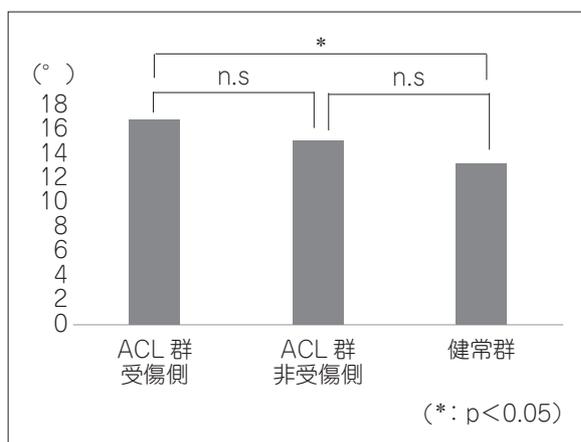


図2 ACL群の受傷側・非受傷側と健常群の比較
ACL群の受傷側は健常群より大きかった (p=0.04)

5.7°, 非受傷側 15.1±6.9°, 両脚平均 16.0±5.8° (3.6～30.3°), 健常群は両脚平均 13.2±4.9° (4.9～24.2°) であった。ACL群を受傷機転別に分類すると接触群は受傷側 14.9±6.6°, 非受傷側 12.6±8.2°, 両脚平均 13.8±7.0° (3.6～30.3°), 非接触群は受傷側 17.5±5.0°, 非受傷側 15.7±5.8°, 両脚平均 16.7±4.8° (5.3～25.4°) であった。

①ACL群の受傷側・非受傷側と健常群の比較はACL群の受傷側が健常群より有意に大きかった (p=0.04) (図2)。②接触群・非接触群それぞれ群内の受傷側と非受傷側の比較では、両群とも受傷側が有意に大きかった (接触群: p=0.02, 非接触群: p=0.04) (図3)。③接触群・非接触群の受傷側と健常群の3群間の比較は非接触群の受傷側が

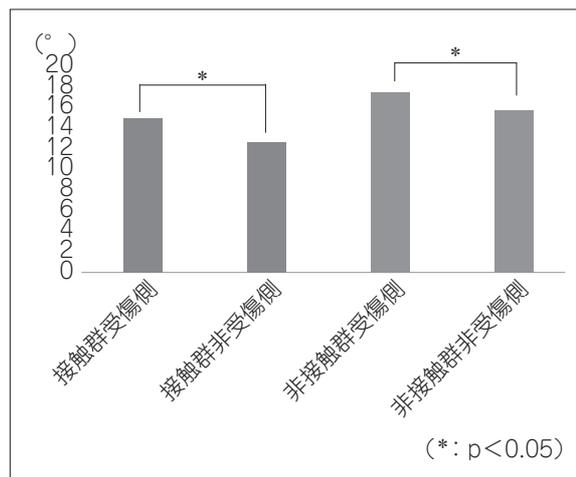


図3 接触群・非接触群の群内での受傷側・非受傷側の比較
接触群, 非接触群ともに非受傷側より受傷側が大きかった
(接触群: p=0.02, 非接触群: p=0.04)

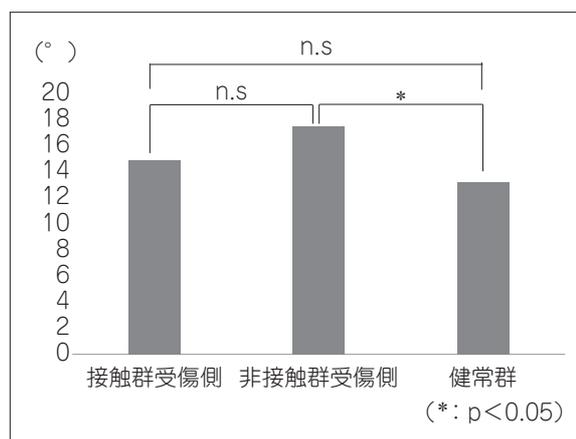


図4 接触群・非接触群の受傷側と健常群の比較
非接触群の受傷側のみ健常群より大きかった (p=0.01)

健常群より有意に大きかった (p=0.01) (図4)。

考 察

本研究の目的は増大している前捻角が女性スポーツ選手においてACL損傷の危険因子となるか明らかにすることとし、ACLを損傷した選手と健常選手を対象にcraig testを用いて前捻角の大きさを比較した。ACL損傷は女性が男性より発生率が高いということ^{1,2)}, また、競技レベルが高いほど損傷の危険も高くなることから、競技レベルである女性スポーツ選手がACL損傷の予防において重要な対象であると考え本研究の対象とした。

Craig test の信頼性について Tamari らは健常者を対象に前捻角を測定し Craig test $4.9 \pm 7.0^\circ$, MRI $9.5 \pm 11.7^\circ$ となり 4.6° の差を認めたものの高い相関関係があったと報告している⁹⁾. 他の先行研究においても MRI や CT と Craig test の角度は 5° 程の差であるが, 測定方法間の相関関係については高い相関があるといわれており, 臨床で簡便に評価できる方法として有用であるといわれている^{10,11)}. 本研究の前捻角の値は ACL 群が $16.0 \pm 5.8^\circ$, 健常群 $13.2 \pm 4.9^\circ$ となったが, Craig test を用いた日本人の前捻角の大きさについて近藤らは $16.8 \pm 10.0^\circ$ ¹²⁾, 松村らは $13.6 \pm 5.0^\circ$ と報告しており¹³⁾, 本研究結果についても妥当な値であったと考えられる. また, 検者内の信頼性が高いと先行研究で報告されているが^{6,14)}, 本研究においても誤差を最小限にするため同一の検者にて測定を実施し, 級内相関係数は 0.9 以上を確認できたため信頼性の高い結果であったと考える.

本研究の結果より ACL 群の受傷側の前捻角は健常群より大きかった. このことより増大している前捻角が ACL 損傷の解剖学的危険因子となる可能性が示された. 前捻角は大腿骨頸部軸と大腿骨顆部横軸とのなす角で, 出生時は約 40° あり成長に伴い徐々に減捻していく¹⁵⁾. 小児期における過度前捻は内股と呼ばれる異常歩行と関連し, 内股は股関節を過度に内旋する歩行パターンであるが, この歩行パターンは過度に前捻した骨頭を寛骨臼へ適合させるために内旋を大きくするという代償の結果生じるものである¹⁶⁾. 成人の場合においても臼蓋形成不全患者の前捻角について Craig test や CT を用いた研究では健常群より大きかったと報告している^{17,18)}. 前捻角が大きい場合は片脚立位時の骨盤回旋角度がより片脚側と同側の骨盤回旋が大きくなること¹⁹⁾, また, 股関節外旋や外転の作用を持つ中殿筋や大殿筋の筋出力が弱いという特徴があるといわれている²⁰⁾. 本研究の ACL 群のように前捻角が大きい者は着地やカッティングなどで衝撃吸収をする際に股関節の適合性を高めるために股関節内旋位をとりやすく, さらに, 中殿筋や大殿筋の筋出力が弱く股関節が内旋・内転しやすいことが考えられる. 股関節の内旋や内転は足部が固定された肢位では膝関節外反に関与するため²¹⁾, 前捻角が大きい者は ACL 受傷時の危険肢位をとりやすい可能性がある. この点について金子ら⁶⁾ は健常女性バスケットボール選手の片

脚ジャンプ着地を二次元動作解析し, 前捻角が大きい者は着地後 50msec 時の膝関節外反角度が大きかったことを報告した. また, Kaneko ら²²⁾ も片脚ジャンプ着地を三次元動作解析したところ, 前捻角が大きい者は着地後 70~100msec の膝関節外反角度が大きかったことを報告した. 本研究において ACL 群は前捻角が大きかったことから着地時やカッティング, ストップなどの際に膝関節外反角度が大きい危険肢位をとりやすかったと考えられ, 増大している前捻角が ACL 損傷の解剖学的危険因子となる可能性が示唆された.

さらに, ACL 群を接触群・非接触群に分け, それぞれ群内で受傷側と非受傷側を比較すると前捻角は両群ともに受傷側が非受傷側より大きかった. また, 接触群の受傷側, 非接触群の受傷側と健常群を比較すると接触群は健常群と差がなかったが, 非接触群は健常群より大きかった. このことより ACL 損傷者というより損傷膝に前捻角が影響し, ACL 損傷の中でも特に非接触型損傷に前捻角が強く影響していることが示された. 非接触群が健常群より大きかったことについては上記で述べたメカニズムのようにカッティングやストップ動作時に危険肢位である膝関節外反角度増大が起こりやすいためであると考えられる. 一方で接触群の前捻角は非受傷側より受傷側が大きかったが, 健常群と差が認められなかった. これは膝関節外反角度の増大に関わる因子としては前捻角の大きさより, 外力による影響のほうが大きいためであると考えられる.

今回の結果から前捻角が ACL 損傷の解剖学的危険因子となる可能性が示された. 問題点としては今回の結果で有意差が出たが, 平均値としては約 3° の差であり, 熟練した検査者や 0.1° 単位の角度計を用いなければはっきりと数値で表すことができず, 臨床で細かい評価は簡便にはできないことである. しかし, 前捻角は 1° 程度の者から 30° を超えるような者が存在し, 明らかに大きいか小さいかは判別できるため, 関節弛緩性評価や片脚スクワット時の動的アライメントなど様々な評価指標と組み合わせることで, より危険の高い選手の判定に役立てることができるとも考えられる. そのため今後は被験者数を増やし ACL 損傷のリスクとなる前捻角の大きさのカットオフ値を算出できればスクリーニングとして有効活用できると考えられる. 特に本研究結果で非接触群にて前捻

角が大きかったことから、カッティングやストップ、着地が多いバスケットボール、サッカー、ハンドボールなどのスポーツや非接触型のリスクが高い女性スポーツ選手では有用性が高い評価と考えられる。また、今回の結果で受傷側が非受傷側より大きかったことから、ACL 再建例に対して前捻角を測定しておくことで同側損傷や反対側損傷など再損傷の危険性がある選手を抽出できる可能性があるため、現在両側損傷者に対しても前捻角を測定しており、今後関係性を明らかにしていきたい。また、実際に前捻角が大きい者に対する対応として股関節外旋筋筋力強化や危険肢位を理解させた上での動作練習等があるが、今後その効果を明らかにしていく必要があると考えている。

本研究の限界としては後ろ向き研究の結果であり、また、顆間窩幅や脛骨後下方傾斜などその他の解剖学的因子を含めていない。そのため今後は前向き研究にてそれらの要素も含めて検討していく必要がある。

結 語

本研究の目的は増大している前捻角が女性スポーツ選手において ACL 損傷の危険因子となるかを明らかにすることとした。前捻角は Craig test を用いて測定した。結果、ACL 群の受傷側は健常群と比較し前捻角が大きく、接触群と非接触群を分けて検討すると群内で非受傷側より受傷側が大きく、また、非接触群の受傷側のみ健常群より前捻角が大きかった。本研究結果より増大している前捻角が非接触型 ACL 損傷の解剖学的危険因子となる可能性が示唆された。

文 献

- Agel, J et al.: Anterior cruciate ligament in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med* 33: 524-530, 2005.
- Griffin, LY et al.: Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg* 8: 141-150, 2000.
- Krosshaug, T et al.: Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med* 35: 359-367, 2007.
- Olsen, OE et al.: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med* 32: 1002-1012, 2004.
- Hewett, TE 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: 492-501, 2005.
- 金子雅志ほか：大腿骨前捻角が片脚着地時の膝関節外反角度に与える影響—二次元動作解析法を用いて—。 *日本臨床スポーツ医学会誌* 23: 50-57, 2015.
- Uhorchak, JM et al.: Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med* 31: 831-842, 2003.
- Ryder, T, Crane, L: Measuring femoral anteversion: the problem and a method. *J Bone and Joint Surg* 35: 321-328, 1953.
- Tamari, K et al.: Validity and reliability of existing and modified clinical methods of measuring femoral and tibiofibular torsion in healthy subjects: use of different reference axes may improve reliability. *Clinical Anatomy* 18: 46-55, 2005.
- Souza, RB, Powers, CM: Concurrent criterion-related validity and reliability of a clinical test to measure femoral anteversion. *J Orthop Sports Phys Ther* 39: 586-592, 2009.
- Chin, Y et al.: Validity and reliability of measuring femoral anteversion and neck-shaft angle in patients with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 92: 1195-1205, 2010.
- 近藤 淳ほか：健常成人における計算式に基づく大腿骨頸部前捻角と股関節回旋可動域との関係の予備的検討。 *PT ジャーナル* 45: 81-84, 2011.
- 松村将司ほか：骨盤・下肢アライメントの年代間の相違とその性差—20-70代を対象とした横断研究—。 *理学療法科学* 29: 965-971, 2014.
- Jonson, SR, Gross, MT: Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipmen. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 25: 253-263, 1997.
- Fabry, G et al.: Torsion of the femur. A follow-up study in normal and abnormal conditions. *J Bone Joint Surg Am* 55: 1726-1738, 1973.

- 16) Neumann, DA : 筋骨格系のキネシオロジー. 518, 2007.
- 17) 宮城健次ほか : Ryder 法による大腿骨前捻角の検討—成人臼蓋形成不全症例の股関節内外旋可動域と果部捻転角との関係—. 理学療法学 34: 478, 2007.
- 18) Akiyama, M et al.: Femoral anteversion is correlated with acetabular version and coverage in Asian women with anterior and global deficient subgroups of hip dysplasia: a CT study. Skeletal Radiol 41: 1411-1418, 2012.
- 19) 建内宏重ほか : 股関節可動域および大腿骨前捻角と骨盤 3 次元アライメントとの関連性. Hip Joint 36: 110-113, 2010.
- 20) Nyland, J et al.: Femoral anteversion influences vastus medialis and gluteus medius EMG amplitude: composite hip abductor EMG amplitude ratios during isometric combined hip abduction-external rotation. J Electromyogr Kinesiol 14: 255-261, 2004.
- 21) 建内宏重 : 股関節と下肢運動連鎖. 臨床スポーツ医学 30: 205-209, 2013.
- 22) Kaneko, M, Sakuraba, K: Association between Femoral Anteversion and Lower Extremity Posture upon Single-leg Landing: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury. J Phys Ther Sci 25: 1213-1217, 2013.

(受付 : 2015 年 12 月 18 日, 受理 : 2016 年 4 月 13 日)

Association between femoral anteversion and the risk of anterior cruciate ligament injury in female athletes

Kunita, Y.^{*1}, Kaneko, M.^{*1}, Ohmi, Y.^{*1}
Kawashima, T.^{*1}, Kurihara, T.^{*1}, Seki, D.^{*1}
Inoue, T.^{*1}, Kuriyama, S.^{*2}, Hoshida, T.^{*2}

^{*1} Department of Rehabilitation, Nippon Kokan Hospital

^{*2} Department of Orthopedic Surgery, Nippon Kokan Hospital

Key words: femoral anteversion, noncontact injury, anatomical risk factor

[Abstract] Purpose: We investigated the association between greater femoral anteversion and the risk of anterior cruciate ligament (ACL) injury in female athletes.

Method: The subjects of this study were 53 ACL patients and the control group consisted of 27 healthy basketball players among female athletes. The ACL patients were divided based on injury pattern into contact (16 patients) and noncontact (37 patients). Femoral anteversion was assessed using Craig's test.

Result: Femoral anteversion was greater on the affected side of ACL ($16.0 \pm 6.3^\circ$) in patients than in the control group ($13.2 \pm 4.9^\circ$, $p=0.04$). The affected side was greater than the healthy side in both contact ($14.9 \pm 6.6^\circ$ vs $12.6 \pm 8.2^\circ$, $p=0.02$) and noncontact ($17.5 \pm 5.0^\circ$ vs $15.7 \pm 5.8^\circ$, $p=0.04$) patient groups. The most prevalent findings were significantly greater on the affected side of the noncontact patients as compared with the control ($p=0.01$).

Conclusion: The results suggest that greater femoral anteversion may be an anatomical risk factor for noncontact ACL injury.