

前十字靭帯再建術から競技復帰 を果たした女子選手の非予測カッティング動作 時における下肢関節運動と膝外傷と変形性 膝関節症評価点数 (KOOS) の健患差

Side-to-side differences in lower limb joint kinematics during
an unanticipated cutting task and the knee injury and osteoarthritis
outcome score in female athletes who returned to sport following
anterior cruciate ligament reconstruction

鈴木秀知*1, 西野勝敏*2, 田中正栄*2
上松大輔*3, 大森 豪*4

キー・ワード : anterior cruciate ligament reconstruction, lower limb kinematics, knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS)
前十字靭帯再建術, 下肢関節運動, 膝外傷と変形性膝関節症評価点数 (KOOS)

【要旨】 前十字靭帯再建術を施された女子選手 (ACL Reconstructed Female Athlete : ARFA) において、競技復帰後の高い再損傷率が大きな問題になっている。しかしながら、ARFA の動作時の下肢関節運動と主観的膝関節機能の健患差についてはいまだ不明な点が多い。本研究は、競技復帰を果たした ARFA の非予測カッティングタスク (UCT) 時の下肢関節運動と膝外傷と変形性膝関節症評価点数 (KOOS) の健患差を検討し、ARFA が持つ特徴を明らかにすることを目的とした。競技復帰を果たした女子バスケットボール選手 15 名を対象とした。下肢関節角度は、三次元動作解析装置を用いて UCT 時の股関節と膝関節運動を算出した。UCT は、40cm 前方へ両脚でジャンプ動作を行い、着地と同時に方向指示器が示した方向へ最大努力で斜め前方 45 度前方へ切り返し動作を行う試技とした。患側と健側の主観的膝関節機能は、KOOS を用いて評価した。本研究の結果から、競技復帰を果たした ARFA の患側の股関節最大屈曲角度、着地時の膝関節屈曲角度、膝関節最大屈曲角度は、健側と比較し小さい角度を示すことが明らかになった。また、患側の KOOS のすべてのサブスケールは、健側と比較し低い点数を示すことが明らかになった。

緒 言

前十字靭帯を損傷した選手の多くは、十分な競技パフォーマンスを得るために前十字靭帯再建術

(Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : ACLR) を選択するが、競技復帰後に再損傷することが問題となっている¹⁾。特に、女子の ACLR 者の再損傷リスクが高く、健常者と比較し 16 倍になることが明らかになった¹⁾。また、ACLR 者の競技復帰後は、健側の新規損傷、ACLR 側の再損傷など、両側で発生すると報告されている²⁾。加えて、急激な方向転換や減速動作を必要とするスポーツへ競技復帰を果たした若年の女子 ACLR 者ほど、高い

*1 桜美林大学健康福祉学群

*2 新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター

*3 株式会社 Function

*4 新潟医療福祉大学健康科学部

Corresponding author : 大森 豪 (omori@nuhw.ac.jp)

再損傷のリスクに曝されていることが明らかになった²⁾。以上のことから、女子 ACLR 者の再損傷に影響を与える因子を検討するため、多くの動作解析研究が行われている。

Stearns らは、女子サッカー選手を対象とし、競技復帰を果たした ACLR 者と健常者のサイドステップカッティング時の膝関節角度を比較した結果、ACLR 者は大きな膝関節外反角度を示すことを明らかにした³⁾。また、Paterno らは、ドロップ・バーティカル・ジャンプ時の股関節や膝関節のバイオメカニクスの因子の健患差は、ACLR 者の新たな前十字靭帯損傷の危険因子になりうると提唱している⁴⁾。すなわち、女子 ACLR 者は競技復帰を果たしたにもかかわらず、健常者と比較し動作時に損傷リスクの高い関節肢位を示し、下肢関節に健患差がある可能性が示唆された。しかしながら、ACLR 者を対象とし、前十字靭帯損傷リスクの高い急激なカッティング動作時の下肢関節運動の健患差を検討した研究はほとんど見受けられず、その特徴については不明な点が多い。

また、近年では、ACLR 者が抱く疼痛や症状等は、治療効果やパフォーマンスに影響を及ぼす因子であることが知られていることから、主観的評価を用いて ACLR 者の膝関節機能評価を行う重要性が認識されつつある。その中でも、膝外傷と変形性膝関節症評価点数 (KOOS) は、簡便かつ効果的な評価方法としてその有用性が注目されている⁵⁾。Delahunt らは、女子 ACLR 者(術後平均 2.9 年)と健常者の動的バランスを比較した結果、女子 ACLR 者は健常者と異なる下肢関節運動を示し、KOOS がそのパフォーマンスに影響を与えている可能性を示唆した⁶⁾。しかしながら、KOOS においても、競技復帰を果たした女子 ACLR 者の健患差を比較した研究はほとんど見受けられない。

よって、本研究では、実際のスポーツ動作に類似したカッティング動作を用いて、競技復帰を果たした女子 ACLR 者の下肢関節運動の健患差の特徴を明らかにすることを目的とした。また、KOOS を用いて女子 ACLR 者の主観的膝関節機能の健患差を明らかにすることも目的とした。仮説は、競技復帰を果たした女子 ACLR 者の 1) カッティング動作時の下肢関節運動、2) KOOS には、健患差があるとした。

■ 対象および方法

対象

バスケットボール競技へ完全復帰を果たした女子 ACLR 者をリクルートし、17 名から本研究への参加承認を得た。参加承認後、新たな下肢関節外傷により 2 名が測定から離脱した。対象者となった 15 名(年齢=19.2±2.0 歳、身長=168.8±6.7 cm、体重=63.5±8.6kg)の ACLR 側、受傷時の動作、グラフトタイプ、その他の膝関節外傷の有無、術後経過期間を表 1 に示す。対象者には、ACL 単独損傷と半月板損傷者が含まれている(表 1)。14 名の対象者は非接触型での受傷、1 名の対象者は接触型での受傷である。本研究は、新潟県健康づくり・スポーツ医科学センターの倫理審査委員会の承認後に実施した(承認番号 24 号)。

非予測カッティングタスク (UCT: Unanticipated Cutting Task)

本研究の動作課題は、UCT とした⁷⁾。対象者には、検者による合図によって、スタートラインから 40cm 前方のフォースプレート上に描いた着地ラインに向かって両足でジャンプさせた。着地ラインの延長線上には赤外線センサーを設置し、そのセンサーと対象者の前方に設置した左右への電気式方向指示器と連動させた。着地直後に方向指示器が示した方向へ、最大努力で斜め 45 度前方へダッシュするように指示した。例えば、方向指示器が左を示した場合、対象者は素早く右脚で地面を踏み込み、左斜め 45 度斜角前方へ送り出すようにダッシュをし、右脚を検討対象脚とした(図 1)。対象者は、ステーションナリーバイクを用いた 5 分間の一般的ウォームアップ実施後、全身の静的ストレッチを 10 分間実施した。その後、動的ストレッチを 5 分実施し、連続 6 回以上の UCT 練習試技を実施した。方向指示器はランダムで表示させた。UCT 時に足の移動が認められた試技や素早くカット動作を実施できなかった試技は失敗試技とした。同一方向で成功した 3 試技を検討対象とした。

動作の計測は、8 台の赤外線カメラを備えたモーション・キャプチャー・システム (VICON T10, Vicon Motion Systems UK) とフォースプレート (Size: 600×900mm, Kistler Co. Switzerland) を用いた。各サンプリング周波数は 120Hz と 240Hz とした。対象者の次の特徴点に反射マー

表 1 対象者の背景 (人数)

患側	右	9
	左	6
受傷機序	非接触型	14
	接触型	1
受傷時の動作	方向転換	7
	着地	7
	外反強制	1
グラフトタイプ	非接触型	BTB=9 STG=5
	接触型	BTB=1
	その他の外傷	有 6 (内外側半月板損傷) 無 9
術後経過期間	平均 29 ヶ月 (11 ヶ月～87 ヶ月)	

ACL：前十字靭帯
BTB：膝蓋腱
STG：膝屈筋腱

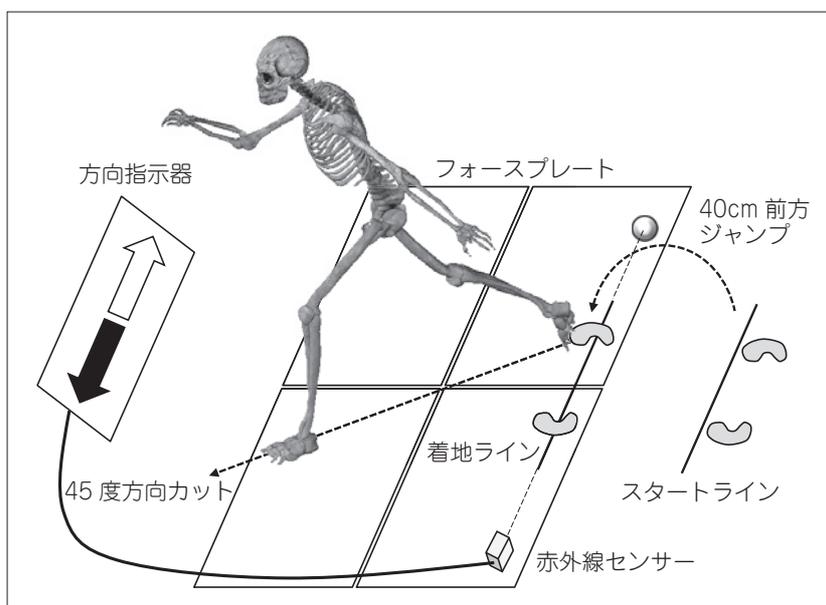


図 1 非予測カッピングタスク

カーを貼付した：頭頂部，後頭部，前頭部左右，左右肩峰，左右肘頭，左右尺骨頭，頸切痕，剣状突起，第7頸椎，第10胸椎，左右上前腸骨棘，左右上後腸骨棘，尾骨，左右大転子，左右大腿骨外側上顆，大転子と大腿骨外側上顆の中央点，左右大腿骨内側上顆，左右膝蓋骨中央，左右脛骨粗面，左右外果，大腿骨外側上顆と外果の中央点，左右内果，左右第2中足骨頭，左右第5中足骨頭，左右踵骨。

撮影で得られた三次元位置データは，20Hz のバターワースフィルターを用いて平滑化した。股関

節と膝関節運動を3次元動作解析により算出し，検討対象とした。各下肢関節運動は，前方ジャンプの着地直後 (Initial Contact : IC) 時，最大垂直床反力時の股関節屈曲，内転，膝関節屈曲，外反角度と，IC時から足趾離地間に検出した股関節最大屈曲，内転，膝関節最大屈曲，外反角度を検討対象とした。各試技のデータは，成功試技3回の平均値を代表値とした。

表 2 非予測カッティングタスク時の各関節運動の健患差

	患側	健側	p 値	効果量 (<i>d</i>)
股関節屈曲角度 (度)				
@ IC	28.71 ± 7.25	29.88 ± 9.59	0.14	0.40
@ pVGRF	32.05 ± 7.24	33.31 ± 7.77	0.19	0.35
最大値	40.16 ± 9.84	42.46 ± 9.59	0.01*	0.75
股関節内転角度 (度)				
@ IC	-3.22 ± 3.86	-2.61 ± 3.92	0.69	0.11
@ pVGRF	-4.29 ± 3.75	-3.68 ± 4.14	0.69	0.11
最大値	-2.51 ± 4.25	-1.66 ± 4.41	0.57	0.15
膝関節屈曲角度 (度)				
@ IC	18.41 ± 5.48	22.38 ± 5.78	0.01*	0.73
@ pVGRF	30.73 ± 8.78	33.11 ± 7.17	0.24	0.32
最大値	55.46 ± 7.97	60.23 ± 6.26	0.01*	0.79
膝関節外反角度 (度)				
@ IC	2.65 ± 3.27	2.11 ± 3.08	0.59	0.14
@ pVGRF	3.11 ± 4.19	2.01 ± 4.21	0.41	0.22
最大値	5.20 ± 4.68	4.18 ± 5.33	0.47	0.19

IC：着地時，pVGRF：最大垂直床反力

(+)：屈曲，内転，外反

(-)：伸展，外転，内反

*：p<0.05

主観的膝関節機能評価：膝外傷と変形性膝関節症評価点数 (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score：KOOS)

本研究では，主観的な膝関節機能評価として KOOS を用いた。KOOS は 5 つサブスケール (疼痛 = 9 問，症状 = 7 問，日常生活 = 17 問，スポーツおよびリクリエーション活動 (S/R) = 5 問，生活の質 (QOL) = 4 問) に分類され，合計 42 項目の質問で構成されている。点数が低いほど，主観的な膝関節機能が低いことを示している。KOOS は，ACLR 患者の膝関節評価に対し高い妥当性と信頼性を示しており⁸⁾，その日本語版においても妥当性は証明されている⁹⁾。患側と健側の KOOS への回答は，UCT 測定前に行った。回答回収後，筆頭著者が各項目の記載漏れをチェックした。

統計解析

シャピロ・ウィルク検定の結果，下肢関節運動は正規分布に従うことから，対応のある t 検定を用いてそれらの健患差を検討した。KOOS の各サブスケールは正規分布に従わなかったことから，ウィルコクソンの符号順位検定を用いて健患差を検討した。有意水準は 5% 未満とした。全ての統計解析は，SPSS Ver25 (IBM, Armonk, NY, USA) を用いた。

G-power Software を用いて各下肢関節角度の

効果量を算出した；*d*=0.20 (小)，*d*=0.50 (中)，*d*=0.80 (大)¹⁰⁾。KOOS のサブスケールの効果量は，ウィルコクソンの符号順位検定で得られる検定統計量 *Z* を用いて， Z/\sqrt{N} によって求めた；*r*=0.10 (小)，*r*=0.30 (中)，*r*=0.50 (大)¹⁰⁾。

結果

UCT 時の下肢関節運動の結果を表 2 に示す。本研究の結果から，UCT 時の患側の股関節最大屈曲角度は，健側のそれと比較し有意に小さい角度を示した (患側=40.16 ± 9.84 度 vs. 健側=42.46 ± 9.59 度，*p*=0.01，*d*=0.75)。IC 時の膝関節屈曲角度 (患側=18.41 ± 5.48 度 vs. 健側=22.38 ± 5.78 度，*p*=0.01，*d*=0.73) と，膝関節最大屈曲角度 (患側=55.46 ± 7.97 度 vs. 健側=60.23 ± 6.26 度，*p*=0.01，*d*=0.79) においても，患側は，健側と比較し有意に小さい角度を示した。その他の関節運動においては，有意な健患差は認められなかった。

KOOS の結果を表 3 に示す。KOOS のサブスケールである，疼痛 (患側 = 97 [92, 100] vs. 健側 = 100 [100, 100]，*p*=0.00，*r*=0.54)，症状 (患側 = 89 [79, 96] vs. 健側 = 100 [100, 100]，*p*=0.00，*r*=0.56)，日常生活 (患側 = 100 [99, 100] vs. 健側 = 100 [100, 100]，*p*=0.04，*r*=0.37)，S/R (患側 = 90 [85, 95] vs. 健側 = 100 [100, 100]，*p*=0.00，*r*=0.56)，

表3 膝外傷と変形性膝関節症評価点数のサブスケール結果：中央値（第1四分位数，第3四分位数）

	疼痛	症状	ADL	S/R	QOL
健側	100 (100, 100)	100 (100, 100)	100 (100, 100)	100 (100, 100)	100 (100, 100)
患側	97 (92, 100)	89 (79, 96)	100 (99, 100)	90 (85, 95)	88 (81, 94)
p 値	0.00**	0.00**	0.04*	0.00**	0.00**
効果量 (r)	0.54	0.56	0.37	0.56	0.56

ADL：日常生活，S/R：スポーツおよびリクリエーション活動，QOL：生活の質

*：p<0.05，**：p<0.01

QOL(患側=88[81, 94] vs. 健側=100[100, 100], p=0.00, r=0.56)において，患側の点数は健側と比較し有意に低い値を示した。

■ 考 察

本研究は，競技復帰を果たした女子 ACLR 者のカッティング動作時の下肢関節運動の特徴を明らかにすることを第一の目的とし，下肢関節運動には有意な健患差が認められると仮説をたてた。本研究の結果から，UCT 時，女子 ACLR 者の患側の股関節最大屈曲角度($d=0.75$)，IC 時の膝関節屈曲角度($d=0.73$)，そして，膝関節最大屈曲角度($d=0.79$)は，健側より小さい角度を示したことから，本研究の仮説の一部が支持された。また，下肢関節屈曲角度の健患差に中程度の効果量が認められたことから，本研究のデザインは有効であると考ええる。

急激な方向転換を行う競技に復帰した女子 ACLR 者は，高い再損傷リスクに暴露されている¹⁾。その要因の一つとして，カッティング中の下肢関節の動作に，前十字靭帯損傷のリスクが高い特徴を含んでいるためであると考えられている²⁾。そして，本研究の結果から，女子 ACLR 者はカッティング動作時の股関節・膝関節屈曲角度に有意な健患差があることが明らかになった。女子 ACLR 者の片脚着地時の下肢関節角度の健患差を比較した先行研究においても，患側の股関節・膝関節屈曲角度は，健側のそれと比較し小さい角度を示してしており¹¹⁾，本件研究結果と類似した結果を示していた。Paterno らは男女 ACLR 者を対象とし，ドロップ・パーティカル・ジャンプ時の下肢関節の健患差を検討した結果，膝関節外反角度モーメントの健患差が，新たな前十字靭帯損傷の危険因子となりうると報告している⁴⁾。その一方，健康な女子ハンドボール選手を対象とし，カッティング動作時の利き足と非利き足の下肢関節運

動の差を比較した研究では，股関節屈曲・内転角度，膝関節屈曲・外反角度に有意な差は認められなかった¹²⁾。以上のことから，競技復帰を果たした女子 ACLR 者の UCT 動作時のバイオメカニクスの因子の健患差は，新たな前十字靭帯損傷の危険因子になりうる可能性が考えられる。今後，前向き研究を行い，カッティング動作時の下肢関節屈曲角度の健患差が，女子 ACLR 者の新たな前十字靭帯損傷リスクの予測因子となりうるか検討する必要がある。

本研究において，競技復帰を果たした女子 ACLR 者は，UCT 時に股関節・膝関節の屈曲角度に有意な健患差があることが認められた。このような結果が認められた要因として，ACLR 者の患側の膝関節伸展筋力の健患差の影響があげられる。ACLR 者の患側の膝関節伸展筋力は，健側と比較し低い値を長期間示すことが問題となっている¹³⁾。ACLR 後 12 ヶ月経過した女子 ACLR 者の走動作時の膝関節屈曲角度と膝関節伸展筋力との間には有意な正の相関関係があり ($\rho=0.718$, $p=0.013$)，膝関節伸展筋力の虚弱は膝関節屈曲角度を減少させる可能性が示唆されている¹⁴⁾。そして，着地動作時に小さい膝関節屈曲角度を示した女子は，小さい股関節屈曲角度を示すことから¹⁵⁾，本研究の対象者の患側の股関節屈曲角度も，健側のそれと比較し小さい角度を示したのではないかと考えられる。本研究では，膝関節伸展筋力は測定していないが，多くの ACLR 者の患側の膝関節伸展筋力は健側より虚弱であると報告されていることから¹⁶⁾，本研究の対象者の患側の膝関節伸展筋力は健側より虚弱であるため，対象者は UCT 時に小さい股関節・膝関節屈曲角度を示したのではないかと推測される。今後，ACLR 者が長期間にわたり膝関節伸展筋力の健患差が残存する要因について解明する必要がある。

カッティング動作時の股関節内転，膝関節外反

角度の増加は、前十字靭帯損傷のリスク因子と考えられている¹⁷⁾。本研究では、女子 ACLR 者の患側の股関節内転、膝関節外反角度は、健側のそれらと比較し大きな角度を示すと仮説を立てたが、その仮説は支持されなかった。そのような結果が認められた理由として、ACLR 者の股関節・膝関節伸展筋力の健患差が影響を与えているのではないかと推測する。ACLR 後のリハビリテーションを実施することにより、膝関節伸展筋力は ACLR 前より改善するが、ACLR 前に存在した膝関節伸展筋力の健患差はリハビリテーションを実施しても改善されないことが明らかになった¹⁶⁾。その一方、股関節伸展筋力の健患差は ACLR 前後ともに存在せず、リハビリテーションによりその筋力は ACLR 前より向上すると報告されていることから¹⁶⁾、一般的な ACLR 後のリハビリテーションは、股関節伸展筋群の筋機能改善に有益である可能性が示唆されている。股関節伸展筋力は、健常な女子バスケットボール選手の UCT 時の膝関節外反角度の減少に貢献すると考えられている¹⁸⁾。加えて、女子サッカー選手のカッティング動作時の膝関節外反角度と股関節内転角度との間には、有意な正の相関関係があることから ($R^2=0.24$)¹⁷⁾、カッティング動作時に小さい膝関節外反角度を示す女子選手は、小さい股関節内転角度を示すと推測される。本研究の対象者も、股関節伸展筋力の健患差が存在せず、リハビリテーションにより股関節伸展筋力が強化された結果、UCT 時の股関節内転、膝関節外反角度に有意な健患差が認められなかったのではないかと推測する。今後、股関節・膝関節伸展筋力や KOOS と、UCT 時の股関節内転、膝関節外反角度との関係について検討し、女子 ACLR 者の新たな前十字靭帯損傷の危険因子を解明する必要がある。また、本研究で採用した UCT は、ACLR 者の下肢関節運動の評価に多く使用されているドロップ・バーティカル・ジャンプと異なる試技であることから、股関節・膝関節の前額面上の変化が発生しにくかった可能性も考慮する必要がある。

本研究では、女子 ACLR 者の KOOS の健患差を明らかにすることを第二の目的とし、KOOS のすべてのサブスケールにおいて健患差が存在すると仮説を立てた。本研究の結果、それらに有意な健患差が存在することが明らかになった。その中でも、疼痛 ($r=0.54$)、症状 ($r=0.56$)、S/R (r

$=0.56$)、QOL ($r=0.56$) は、大きな効果量を示したことから、本研究の仮説と研究デザインは支持される結果となったと考える。

本研究の特徴的な結果として、本研究の対象者は、ACLR 後平均 2 年経過しているにも関わらず KOOS が低いことがあげられる。すなわち、ACLR 者は競技復帰を果たしたのにも関わらず、何らかの膝関節機能の異変を感じていることが本研究により判明した。Antosh らは、ACLR 後 2 年経過した ACLR 者の KOOS は、術前の値に回復していないことを明らかにした¹⁹⁾。また、ACLR 時の半月板損傷の有無が、術後 6 年経過した ACLR 者の KOOS に影響を与える可能性が示された²⁰⁾。すなわち、ACLR それ自体と半月板損傷は、KOOS に影響を与える可能性があることから、本研究の対象者の KOOS に健患差が認められたと推測する。今後、KOOS に影響を与える因子の解明が、ACLR 者の新たな前十字靭帯損傷予防に重要であると考えられる。

KOOS の中でも QOL は、注目すべき KOOS のサブスケールであると考えられる。Hambly らは、ACLR 者を対象とし、KOOS と国際膝記録委員会の主観的膝評価表を比較した結果、KOOS の QOL は、ACLR 者の膝関節評価において優れている評価方法であると提唱した⁵⁾。また、McCullough らは、競技復帰を果たすことが出来なかった大学アメリカンフットボール選手の KOOS の QOL は、競技復帰者と比較し有意に低い点数を示したと報告している²¹⁾。以上のことから、KOOS の QOL の評価は、女子 ACLR 者にとって、競技を継続していく上で重要な指標になりうる可能性が示唆された。しかしながら、KOOS の QOL をはじめ、すべてのサブスケールの改善につながる因子は明らかにされていない。今後、女子 ACLR 者を対象とし、KOOS のサブスケールの点数に影響を与える因子や、点数の改善に有効なエクササイズの開発が早急に必要である。

本研究には、いくつかの限界がある。第一の限界は、ACLR の術式が統一されていないことである。術式の違いにより再断裂の差があることが報告されている。今後、術式を統一した検討を行う必要がある。第二の限界は、前十字靭帯単独を損傷したケースだけでなく、半月板損傷を併発したケースも含まれている点である。他の膝関節外傷が含まれることにより、リハビリテーション期間

が異なることから、前十字靭帯単独の損傷ケースのみを対象として検討する必要がある。第三の限界として、筋力測定を実施していない点である。ACLR から競技復帰の基準として、等速性筋力測定器を用いた膝関節の筋力評価の健患差が行われている。本研究では筋力評価をしておらず、膝関節の筋力の健患差が、下肢関節運動や KOOS に影響を与えたかは不明である。今後、筋力との関係も検討する必要がある。

結 語

本研究では、競技復帰を果たした女子バスケットボール ACLR 者を対象とし、UCT 時の下肢関節運動、KOOS を用いて主観的評価の健患差について検討した。UCT 時、女子 ACLR 者の患側の股関節・膝関節屈曲角度は、健側と比較し有意に小さい角度を示した。また、患側の KOOS のすべてのサブスケールの値は、健側と比較し低値を示した。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, et al. Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clin J Sport Med.* 2012; 22: 116-121.
- 2) Shelbourne KD, Gray T, Haro M. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med.* 2009; 37: 246-251.
- 3) Stearns KM, Pollard CD. Abnormal frontal plane knee mechanics during sidestep cutting in female soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2013; 41: 918-923.
- 4) Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2010; 38: 1968-1978.
- 5) Hambly K, Griva K. IKDC or KOOS: which one captures symptoms and disabilities most important to patients who have undergone initial anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med.* 2010; 38: 1395-1404.
- 6) Delahunt E, Chawke M, Kelleher J, et al. Lower limb kinematics and dynamic postural stability in anterior cruciate ligament-reconstructed female athletes. *J Athl Train.* 2013; 48: 172-185.
- 7) Cowley HR, Ford KR, Myer GD, et al. Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *J Athl Train.* 2006; 41: 67-73.
- 8) Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, et al. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 28: 88-96.
- 9) Nakamura N, Takeuchi R, Sawaguchi T, et al. Cross-cultural adaptation and validation of the Japanese Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *J Orthop Sci.* 2011; 16: 516-523.
- 10) Portney LG, Watkins MP. Power and sample size. In: Alexander JL, ed. *Foundations of clinical research: applications to practice.* 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.; 833, 840, 2009.
- 11) Triggsted SM, Post EG, Bell DR. Landing mechanics during single hop for distance in females following anterior cruciate ligament reconstruction compared to healthy controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017; 25: 1395-1402.
- 12) Bencke J, Curtis D, Krogshede C, et al. Biomechanical evaluation of the side-cutting manoeuvre associated with ACL injury in young female handball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21: 1876-1881.
- 13) Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM. Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sports Med.* 2008; 27(3): 405-424.
- 14) Asaeda M, Deie M, Kono Y, et al. The relationship between knee muscle strength and knee biomechanics during running at 6 and 12 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2019; 16: 14-18.

- 15) Pollard CD, Sigward SM, Powers CM. Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010; 25(2): 142-146.
- 16) Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, et al. Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *J Athl Train*. 2013; 48(5): 610-620.
- 17) Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, et al. Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: a possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(8): 2223-2230.
- 18) 鈴木秀知, 大森 豪, 上松大輔, 他. 性別による股関節周囲筋筋力・体幹筋力と非予測カッティング動作時の膝関節運動の関係. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2015; 23(1): 58-65.
- 19) Antosh IJ, Svoboda SJ, Peck KY, et al. Change in KOOS and WOMAC Scores in a Young Athletic Population With and Without Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*. 2018; 46(7): 1606-1616.
- 20) Cox CL, Huston LJ, Dunn WR, et al. Are articular cartilage lesions and meniscus tears predictive of IKDC, KOOS, and Marx activity level outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction? A 6-year multicenter cohort study. *Am J Sports Med*. 2014; 42(5): 1058-1067.
- 21) McCullough KA, Phelps KD, Spindler KP, et al. Return to high school- and college-level football after anterior cruciate ligament reconstruction: a Multi-center Orthopaedic Outcomes Network (MOON) cohort study. *Am J Sports Med*. 2012; 40(11): 2523-2529.

(受付：2020年9月17日, 受理：2022年7月19日)

Side-to-side differences in lower limb joint kinematics during an unanticipated cutting task and the knee injury and osteoarthritis outcome score in female athletes who returned to sport following anterior cruciate ligament reconstruction

Suzuki, H.^{*1}, Nishino, K.^{*2}, Tanaka, M.^{*2}
Uematsu, D.^{*3}, Omori, G.^{*4}

^{*1} College of Health and Welfare, J.F.Oberlin University

^{*2} Niigata Institute for Health and Medicine

^{*3} Function, Corp.

^{*4} Department of Health and Sports, Niigata University of Health and Welfare

Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, lower limb kinematics, knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS)

[Abstract] The side-to-side differences in lower limb kinematics during sport-related activities and self-reported outcome measures in female athletes who returned to play following anterior cruciate ligament reconstruction (RTP-ACLR) are unknown. The purposes of this study were to identify the characteristics of side-to-side differences in lower limb joint kinematics during an unanticipated cutting task (UCT), and to measure the knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) in female athletes following RTP-ACLR. Fifteen competitive female basketball athletes who RTP-ACLR participated in this study. Lower limb joint kinematics during the UCT were assessed using a three-dimensional motion analysis system. KOOS was assessed for subjects' knee condition. The injured-side maximal hip flexion angle, knee flexion angle at initial contact and maximal knee flexion angle during the UCT were significantly smaller than on the uninjured side. The KOOS subscales on the injured side were significantly lower than on the uninjured side. Female athletes following RTP-ACLR had reduced hip and knee flexion angles on the injured side during the UCT, and lower KOOS scores on the injured side compared to the non-injured side.