

大学生女子柔道選手における前十字靭帯再建術施行後1年経過後の膝周囲筋活動の特性（一症例）

Characteristics of the Activities of Muscles Surrounding the Knee by Collegiate Woman Judo Athlete with Post 1year Anterior Cruciate Ligament reconstruction.

体育学部健康科学科

河野 儀久

KAWANO, Yoshihisa

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部体育学科

矢野 智彦

YANO, Tomohiko

Department of Physical Education

Faculty of Physical Education

キーワード：前十字靭帯再建術，筋電図，筋力，伸張-短縮サイクル（SSC），カウンタームーブメントジャンプ（CMJ）

I はじめに

前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament：以下、ACL）は、脛骨前方変位（Anterior Tibial Translation：以下、ATT）を制動する靭帯である。ACL損傷患者は、二次的に半月板などを損傷するリスクが高まるとされており¹⁾，原因として活動中のATTの制動不全の影響が考えられる。

また、ACL損傷患者は、歩行中の筋活動量が大腿四頭筋で減少し、ハムストリングスで増加するなどの変動が確認されている²⁾。この現象は、ACL損傷後に生じる過度なATTの代償として発生するものと考えられており、膝関節の安定性に関わる点で重要である。

一方、ACL損傷患者は、関節内外の固有受容器が機能低下に陥り、情報の量的・質的低下がもたらされ、その結果として筋の制御による反応時間の遅れが現れる³⁾ことが指摘されている。ACLにも神経受容器の存在⁴⁾と坐骨神経を介した脊髄への電気生理学的入力⁵⁾が報告されており、ACL損傷によりそこに存在する神経受容器も障害されることが予想される。

ACL再建術後のリハビリテーションにおいて、大腿四頭筋筋力低下は重要な問題の一つである。特に、ACL再建術後では、神経-筋機能の変化が影響し、筋力と筋出力および伸張-短縮サイクル（Stretch Shortening Cycle：以下SSC）に差が生じる可能性があると考えられる。

これまでに、ACL再建術後1～17カ月の患者の大

腿四頭筋機能について調査された研究はあるが⁶⁾，ACL再建術後1年を経過した患者に対する大腿四頭筋機能について調査した研究は無い。

II 目的

本研究では、大学生女子柔道選手におけるACL再建術後1年経過後の膝周囲筋活動の特性を明らかにし、女子柔道選手のためのアスレティックリハビリテーションおよび筋力トレーニングプログラム作成のための基礎資料を得ることを目的として、1名の選手を対象として調査をした。

III 対象および方法

1. 被験者

ACL再建術施行後約1年を経過した本学女子柔道部員63kg級1名を対象とした。

2. 等尺性筋力

等速性筋力測定機器を用いて、等尺性膝伸展および屈曲筋力を膝関節角度30°、60°、90°で左右の脚に対して行わせ、それぞれのピークトルク（PT）を調べた。また、右（健側）に対する左（患側）の値の割合（%）も調べた。

測定には、CSMi Medical Solutions社製・HUMAC NORM TESTING & REHABILITATION SYSTEM CYBEX MEDICA ISOKINETICを使用した。

3. 筋電図

筋電計を用いて、等尺性筋力測定と同時に表面筋電図 (EMG) を、外側広筋、大腿直筋、内側広筋それぞれについて測定し、電位差 (mV) を調べた。また、右 (健側) に対する左 (患側) の値の割合 (%) も調べた。

測定には、S&ME社製バイオログ・多用途テレメータ筋電計DL-5000を使用した。

4. カウンタームーブメントジャンプ (CMJ) および 5 回連続リバウンド・ドロップジャンプ (RDJ5)

マットスイッチを用いて、CMJの1回の跳躍高 (H) を記録した。またRDJ5の跳躍高 (H)、接地時間 (CT)、跳躍高と接地時間の指数となるRDJ index について、5回反復中の最大値を記録した。

CMJ, RDJ5共に両足での試技の他、片足での試技も行い、右 (健側) に対する左 (患側) の値の割合 (%) も調べた。

測定には、DKH社製・マルチジャンプテストを使用した。

IV 結果

1. 被験者 (表1-3)

被験者は、本学女子柔道部に所属する63kg以下級の3年生 (21歳) である。平成26年3月12日、技をかけた時に相手の身体が乗って左膝を捻り受傷した。同年8月10日に左膝前十字靭帯断裂の再建術を施行した。平成27年4月初旬に練習復帰している。本実験は平成27年9月4日に行われたので、術後約1年間を経過した状態であった (表1)。

手術後のリハビリテーションの主な内容は、0-4週の間は、安静、自動運動および多動運動で関節可動域訓練を行い、5-32週の間は、各種物理療法および筋力トレーニングを段階的に行ってきた (表2)。

実験時の主な膝周囲の所見としては、大腿周径圍は膝上5cmで、左 (患側) が右 (健側) に比べて3cm、大腿中央部では2cm細くなっていたが、下腿周径圍は左右差が無かった。

関節可動域の膝屈曲は、右 (健側) では160°であったが、左 (患側) では120°で可動域制限が認められた。また膝伸展は右 (健側) では0°であったが、左 (患側) では10°屈曲位で伸展制限が認められた (表3)。

2. 等尺性筋力 (表4)

等尺性膝伸展筋力における右 (健側) に対する左 (患側) の値は、30°で59.8%、60°で72.3%、90°で74.3%であり、全てにおいて右 (健側) が上回った。

一方、膝屈曲筋力における右 (健側) に対する左 (患側) の値は、30°で64.0%、60°で130.6%、90°で191.7%であり、60°と90°において左 (患側) が右 (健側) を上回った。

3. 筋電図 (表5)

筋電図測定における右 (健側) に対する左 (患側) の値は、VLの30°で110.5%、60°で304.6%、90°で186.9%、RFの30°で74.2%、60°で70.9%、90°で106.0%、VMの30°で122.5%、60°で230.4%、90°で190.1%であり、RFの30°と60°を除く全ての項目で左 (患側) が右 (健側) を上回った。

4. CMJおよびRDJ5 (表6, 7)

片足跳びによるCMJおよびRDJ5における右 (健側) に対する左 (患側) の値は、CMJ (H) で66.4%、RDJ5の跳躍高 (H) で70.9%、接地時間 (CT) で93.1%、RDJ indexで74.9%であり、全てにおいて右 (健側) が左 (患側) を上回った。

表1 問診内容

種目	女子柔道63kg級
受傷日	H26年3月12日
手術日	H26年8月10日
競技復帰日	H27年4月初旬
診断名	左膝前十字靭帯断裂
受傷起点	技をかけた時に相手が膝に乗って捻った。
手術内容	左膝膝蓋靭帯 (腱) より移植による再建術

表2 手術後のリハビリテーション内容

週	月	主なリハビリテーション内容
0-4週	1ヶ月	安静、自動運動、他動運動
5-32週	2-8ヶ月	物理療法、筋力トレーニング

表3 実験時のおもな膝周囲の所見

検査項目	右 (健側)	左 (患側)	差	
大腿周径圍	(膝上5cm)	42cm	39cm	3cm
	(大腿中央)	55cm	53cm	2cm
下腿周径圍		36cm	36cm	0cm
関節可動域	(膝屈曲)	160°	120°	40°
	(膝伸展)	0°	-10° (屈曲10°)	10°

表4 等尺性膝伸展および屈曲筋力

	膝角度(°)	PT(Nm)		Diff(%)
		右	左	
KE	30	87	52	59.8
	60	141	102	72.3
	90	237	176	74.3
KF	30	89	57	64.0
	60	72	94	130.6
	90	60	115	191.7

KE：膝伸展 KF 膝屈曲

表5 等尺性膝伸展筋力測定時の筋電図

筋	膝角度(°)	EMG(mV)		Diff(%)
		右	左	
VL	30	637	704	110.5
	60	432	1316	304.6
	90	1211	2263	186.9
RF	30	2110	1565	74.2
	60	1996	1415	70.9
	90	1793	1901	106.0
VM	30	316	387	122.5
	60	448	1032	230.4
	90	1096	2083	190.1

VL：外側広筋 RF：大腿直筋 VM：内側広筋

表6 両足跳びによるCMJおよびRDJ5の記録

CMJ	H(cm)	25.5
RDJ5	H(cm)	23.8
	CT(ms)	234
	RDJ index	1.018

表7 片足跳びによるCMJおよびRDJ5の記録

		右	左	Diff(%)
CMJ	H(cm)	13.1	8.7	66.4
	H(cm)	11.7	8.3	70.9
RDJ5	CT(ms)	346	322	93.1
	RDJ index	0.346	0.259	74.9

V 考察

表4について、KEの全ての角度で右（健側）が上回ったことは、術後1年を経過したにもかかわらず患側の膝伸展筋力が健側と同等レベルに回復していないことを示すものと考えられる。この要因として、患側膝関節の器質的・機能的問題が存在している可能性がある。表3から、大腿周径囲（膝上5cm）で右（健側）と左（患側）の差が3cm、大腿中央部で2cmある

ことから、大腿の伸筋群、特に内側広筋が健側のレベルまで十分肥大していない可能性が考えられる。患側の内側広筋の肥大が健側のレベルまで発達していない要因の一つとして、患側の膝関節可動域制限が考えられる。内側広筋の活動は最大伸展時に高まることが知られているが、被験者の膝は屈曲10°以上の伸展ができない（伸展制限）ことから、健側と同じトレーニング種目を行っても内側広筋に十分な筋活動を引き出すことができない可能性がある。また、屈曲制限もあることから膝屈曲時に大腿四頭筋の伸張性収縮活動を十分に得ることができない可能性も考えられる。

以上のことから、年間を通じたアスレティックリハビリテーションおよび筋力トレーニングの内容について検討および改善する余地があることが考えられる。

KFの60°と90°で左（患側）が右（健側）を上回った。これはACL損傷患者の先行研究に見られる、歩行中の筋活動量が大腿四頭筋で減少し、ハムストリングスで増加するなどの変動が確認されている²⁾と一致する。この現象は、ACL損傷後に生じる過度なATTの代償として発生するものと考えられており、膝関節の安定性を保とうとする反応であると考えられ、術後1年経過しても同様の現象が見られることを示している。

表5について、RFの30°と60°を除く全ての項目で左（患側）が右（健側）を上回った。これは左（患側）の方が右（健側）より、随意的な筋力発揮時の筋放電量が患側の方が高いにもかかわらず、実際の筋力および筋出力は左（患側）が弱いことを示している。この要因として、ACL損傷および手術による膝周囲組織および固有受容機の損傷による神経-筋機能の変化が、筋力および筋出力に影響していることが考えられ、術後1年経過した後でも同様の現象が見られることを示している。

表7について、片足跳びによるCMJおよびRDJ5における右（健側）に対する左（患側）の値は、全ての項目において右（健側）が左（患側）を上回った。この要因として、前述のACL損傷および手術による膝周囲組織および固有受容機の損傷による神経-筋機能の変化が、SSCに影響をおよぼしている可能性が考えられ、術後1年経過した後でも同様の現象が見られることを示している。

VI まとめ

大学生女子柔道選手におけるACL再建術後1年経

過後の膝周囲筋活動の特性を明らかにし、女子柔道選手のためのアスレティックリハビリテーションおよび筋力トレーニングプログラム作成のための基礎資料を得ることを目的とした。

1. 患側の大腿部の筋量、筋力および膝関節可動域が健側レベルまで回復していない傾向が見られた。
2. ACL損傷患者に見られる、歩行中の筋活動量が大腿四頭筋で減少し、ハムストリングスで増加するという、ACL損傷後に生じる過度なATTの代償として発生する、膝関節の安定性を保とうとする反応が、術後1年経過しても見られた。
3. ACL損傷および手術による膝周囲組織および固有受容機の損傷による神経-筋機能の変化が、筋力、筋出力およびSSCに影響が出ていることが考えられ、術後1年経過した後でも同様の傾向が見られた。
4. 前十字靭帯再建術直後から1年経過した後も、継続したアスレティックリハビリテーションおよび患側の膝周囲の積極的な筋力トレーニングが必要である可能性が示された。

参考文献

- 1) 花田弘文, 原道也, 毛利正玄・他: アスリートの膝前十字靭帯再建術の手術までの待機期間や活動が半月板・関節軟骨に及ぼす影響 整形外科, 2009, 60(4): 357-360
- 2) Limbird TJ, Shiavi R, Frazer M, et al.: EMG profiles of knee joint musculature during walking: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. J Orthop Res, 1998, 6(5): 630-638.
- 3) 中川彰一: 関節トレーニング 「理学療法ハンドブック」 細田多穂, 柳沢健(編), 共同医書出版社, 東京, 1993, 269-292
- 4) 森澤豊, 山本博司・他: 前十字靭帯, 棘上靭帯および烏口肩峰靭帯における神経終末の観察-その形態と分布について- 日整会誌 63: S1075, 1989
- 5) 宮津誠, 岩原敏人・他: 膝前十字靭帯の神経機構に関する電気生理学的研究 日整会誌 63: S1076, 1989
- 6) 田川維之, 中島あつこ・他: 前十字靭帯再建術後の大腿四頭筋機能に関する筋電図学的研究 理学療法学 32 (supplement_2), 506, 2005-04-20 公益社団法人日本理学療法士協会