

膝前十字靱帯再建術後のアスリートにおける動作戦略

-Joint Stiffening Strategy は存在するのか？-

スポーツ医科学領域

5015A007-8 大川原 洋樹

研究指導教員：広瀬 統一 教授

【緒言】膝前十字靱帯(ACL)はアメリカで年間 20 万人以上、本邦中高生で 2985 件/年と受傷頻度の多いスポーツ傷害の 1 つである。若年かつ活動度が高い場合は解剖学的再建術 (ACLR)が推奨され、本邦では再建靱帯に半腱様筋(ST)が選択されることが多い。ACLR 後には ST の形態変化、膝周囲筋の筋力低下といった構造・機能変化と、それに伴うと考えられるランディング動作における動作戦略特性の変化が生じることが報告されている。特に近年、ランディング動作時に大腿後面筋群の高い筋活動と、それに伴う膝関節浅屈曲位での荷重を Joint Stiffening Strategy(JSS)として報告する例が散見される。このような筋の振る舞いや動作変化が競技パフォーマンス低下や再断裂率などと関係する報告も散見され、またハムストリングの筋損傷の危険因子になることを示唆する報告もなされている。しかしながら、JSS の有無やそれに関連する筋の振る舞いと二次障害については統一した見解はなされておらず、特に本邦においては殆どみられない。そこで本研究では ACLR 後に生じるとされる JSS の有無を明らかにし、ハムストリングの筋損傷との関係性について考察することを目的とした。

【方法】対象は片脚に ACLR を施行して 12 ～24 ヶ月(16.5 ± 3.1 ヶ月)が経過した若年アスリート 10 名(男 6 名女 4 名)とした(年齢

19.6 ± 1.2 歳、身長 168.9 ± 9.0 cm、体重 67.0 ± 12.5 kg)。全員活動レベル A～B かつ関東 1 部～全国優勝レベルの競技部に所属し、取込基準は以下の通りとした。

- 1) 初回 ACLR (2 重再建、グラフトは ST または STG)
- 2) 競技復帰
- 3) 週 3 回以上運動機会があるとし、除外基準には
 - 1) 対側膝関節 ACLR 再建術を含む下肢の手術歴
 - 2) ACLR に起因する再治療を要した合併症、3)強い疼痛(NRS5 以上)
 - 3) 静的不安定性
 - 4) 強い関節可動域制限
 - 5) 複合靱帯損傷・軟骨損傷合併
 - 6) Cutting の乏しいポジション(GK など)とした

コントロールとして手術歴のない健常な運動部所属の若年アスリート 10 名(男 6 名女 4 名)を選定した(年齢 20.6 ± 1.3 歳、身長 166.1 ± 6.1 cm、体重 66.9 ± 11.2 kg)。被験者には測定前に紙面を用いて説明し同意を得た。

計測は 2 日間にかけて実施した。調査・測定項目は質問紙、TSK-J、関節可動域(ROM)測定、静的不安定性評価、筋厚測定、筋力測定、ランニング動作の動作解析・EMG 測定とした。静的不安定性は Lachman Test、Lateral Pivot Shift Test にて評価した。筋厚

測定は B モード超音波診断装置 Viamo (TOSHIBA 社) を用いて静止立位にて 1/2 大腿長での ST、大腿二頭筋(BF)の筋厚を計測した。また大腿長・周径・身長・体重を利用した推定式を用いた大腿後面推定筋量も算出した。筋力測定は BIODEX System III (Biodex 社)を使用し、等速性膝伸展運動・屈曲運動 ($60^{\circ}/\text{sec}$ 、 $180^{\circ}/\text{sec}$) それぞれにおける求心性・遠心性運動のピークトルク値を BW で除した%BW 値を算出した。動的膝屈曲角度・EMG 測定は、トレッドミル (CARDIOLINE 社)から側方方向に垂直に 2m 離れた位置に設置したハイスピードカメラ(CASIO)2 台と、同期した無線筋電図バイオログ DL-5000 (S&M 社)を使用して計測した。事前に被験者の両側大腿直筋(RF),BF,ST に無線電極を、両側大腿骨大転子・外側上顆・外果に反射マーカーを貼付し、トレッドミル上裸足での Walk(2km/h), Jog(6km/h), Splint(14km/h)の各動作における接地時(IC),接地前 50msec(Pre-IC),接地後 50msec(Post-IC), 最大膝屈曲時(Max-KJ-Flex),20%立脚期(20%SP)での動的膝屈曲角度・EMG 値を計測した。解析ソフト Dartfish(Dartfis 社)を用いて得られた動画から膝屈曲角度を算出し、EMG データは解析ソフト Trias(DKH 社製)を用いて上記タイミングを基準とした 50msec 間の RMS 値を算出し、IMVC 時の値で正規化した%RMS 値(MVC-%RMS)を算出した。得られたデータに関して ACLR 群の ACLR 肢、NACLR 肢,CR群の利き足(CR-D)の 3 群間で一元配置分散分析と Kruskal-Wallis 分析を用いて有意差の有無を検討し、Post-hoc テストには Scheffe 法を用いた(SPSS22.0 for Mac)。いずれも有意確率は $P<0.05$ とした。

【結果】全例で ROM 制限・静的不安定性を認めず、TSK-J の値は 39.1 ± 1.8 、疼痛は 1.9

± 1.4 であった。ST の筋厚は CR-D($3.19\pm 0.20\text{cm}$)と比較して ACLR 群($2.09\pm 0.33\text{cm}$)、NACLR 群($1.71\pm 0.24\text{cm}$)で有意に低い値を示した($p=0.018, p=0.01$)。筋力はいずれの値においても 3 群間で有意差を認めず、ACLR 群の健患差は両筋共に 1.02~1.10、H/Q 比は求心性収縮で 0.62~0.63 であった。ランニング動作時の動的膝屈曲角度においても 3 動作のいずれのタイミングでも 3 群間で有意差を認めなかった。一方、MVC-%RMS は Jog 動作での Max-KJ-Flex の BF で、ACLR ($74.02\pm 14.06\%$) が CR-D ($28.43\pm 5.35\%$) よりも有意に高い値を示した ($p=0.006$)。

【考察】本研究では先行研究で報告される JSS としてのキネマティクス変化を認めず、この理由として ACLR 群の筋力・運動恐怖感がコントロールあるいは健側と比しても良好に回復していることが考えられた。それにも関わらず、ACLR 群ではランニング動作の減速期における大腿二頭筋の大きな筋放電量を認め、ACLR 群ではランニング動作時に過剰に大腿二頭筋が機能している可能性が推察された。この要因のひとつとして、ST の筋厚がコントロールに比して低値を示していたことが挙げられる。これらの形態的および筋電図上の変化は、大腿二頭筋の筋疲労や筋損傷の危険因子になりうることを推察される。このような二次障害を予防するためにも、今後は動作時の筋活動や筋形態の回復も評価市ながらリハビリテーション実施や競技復帰基準を行う必要性が示唆された。

【結語】ACLR 後の JSS の有無には良好な術後成績・筋力・運動恐怖感が影響している可能性がある。また、それらの値が良好であっても競技復帰時には再断裂・二次損傷予防に運動時の筋活動にも着目する必要性が示唆された。