

64歳のマスターズ女子短距離走選手に実施した左膝前十字靭帯再建術後の  
下肢における伸張-短縮サイクルの遂行能力獲得に向けた  
アスレチックリハビリテーションとその回復過程

中畑敏秀<sup>1)</sup>, 藤井恵子<sup>2)</sup>, 金高宏文<sup>3)</sup>, 松村勲<sup>3)</sup>, 瓜田吉久<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 社会医療法人恒心会おぐら病院リハビリテーション部

<sup>2)</sup> NIFS スポーツクラブ

<sup>3)</sup> 鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

キーワード：膝関節傷害、Rebound Jump テスト、競技復帰

【要旨】

本研究は、64歳のマスターズの女子短距離走選手に実施した左膝前十字靭帯再建術後の前復帰期におけるアスレチックリハビリテーション(以下、AR)とその効果判定に用いた Rebound Jump(以下、RJ)テストの結果を提示し、取り組みの妥当性および実施上のポイントを検討した。

ARの目標は、短距離走に必要な下肢の伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を再獲得することとドロップジャンプやRJなどを組み合わせた。RJテストは、術後157日から308日まで実施しパフォーマンス変数の回復動態について多項式近似曲線を用いて評価した。

その結果、左下肢RJでは接地時に膝がつぶれることで起こる接地時間の延伸が生じRJパワーの停滞がみられた。そこで、RJテストによる評価と被験者による内省を考慮しARの内容を微調整しながら負荷を段階的に上げた。その結果、接地時間は術後200日以降から短縮し術後250日付近で横ばいとなった。また、RJパワーは術後250日付近で大会に参加可能なレベルまで回復した。さらに、術後260日目に100m競走の公式大会に出場し競技復帰を果たしたとともにその後も記録を伸ばし続けている。

スポーツパフォーマンス研究, 13, 125-145, 2021年, 受付日: 2020年10月1日, 受理日: 2021年3月18日

責任著者: 中畑敏秀 893-0023 鹿屋市笠之原 27-22 社会医療法人恒心会恒心会おぐら病院

nkht1025@gmail.com

\*\*\*

**Athletic rehabilitation and recovery process of the lower limb  
of a 64-year-old female masters short-distance runner  
who had had knee surgery**

Toshihide Nakahata<sup>1)</sup>, Keiko Fujii<sup>2)</sup>, Hirofumu Kintaka<sup>3)</sup>,

Isao Matsumura<sup>3)</sup>, Yoshihisa Urita<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Koshinkai Ogura Hospital

<sup>2)</sup> NIFS Sport Club

<sup>3)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: knee injury, rebound jump test, return to competition after surgery

**【Abstract】**

The present report describes the results of athletic rehabilitation (AR) and a rebound jump (RJ) test for evaluating the effects of surgery to reconstruct the anterior cruciate ligament (ACL) of the left knee of a 64-year-old female masters short-distance runner. The report also evaluates the validity and key points of this attempt.

The objective of the athletic rehabilitation was to enable the runner to regain the ability to execute extension-contraction cycles in her lower limb. The exercise program combined drop jumps and rebound jumps. A rebound jump test was conducted during the period between 157 and 308 days after the surgery. The recovery dynamics of performance variables were evaluated with a polynomial trend curve.

When the runner did a left lower limb rebound jump, her ground contact time was extended because, when she landed, her knee could not support her weight, and her rebound jump power did not change. Then, taking into account the rebound jump test results and the participant's comments, the load was increased gradually by fine tuning the content of the athletic rehabilitation. Starting 200 days after the operation, her ground contact time shortened; it stabilized after approximately 250 days. Around 250 days after the operation, her rebound jump power had recovered to a level that enabled her to participate in competitions. Furthermore, 260 days after the operation, she achieved full return to her previous condition and participated in an official 100-meter dash competition. Since then, she has continued to improve.

## I. 研究背景と目的

前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament:以下、ACL) 損傷は、膝関節におけるスポーツ障害の中でも発症頻度が高く、年間 10000 人に約 4 例が受傷する (日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 前十字靭帯損傷診療ガイドライン策定委員会, 2012)。受傷機転はジャンプ着地や plant-and-cut (以下、方向転換) での膝関節の軽度屈曲・外反 (Olsen et al., 2004) が多く、着地後の 17~50msec という極めて短時間のうち起こる (Krosshaug et al., 2007)。ACL 損傷後は、膝関節の前方不安定性に伴う 2 次的な内側半月板損傷や軟骨損傷が発症しやすい (根井ほか, 2015) ことから、保存的治療よりも ACL 再建術<sup>注1</sup>の方が有意に良好な結果を示す (Zysk and Refior, 2000) といわれている。

この ACL 再建術は、年齢が若く活動レベルの高い患者に用いられるのが一般的で、中高年者では術後の合併症などの理由から保存療法を選択されることが多かった (Ciccotti et al., 1994)。しかし、近年、中高年者に対する ACL 再建術の有用性が示されるようになった (Neuman et al., 2008 ; Brandsson et al., 2000)。和田ほか (2013) は、中高年者への ACL 再建術について「保存療法では諦めざるを得なかったスポーツ活動の継続が中高年患者の精神的側面に与える影響を考えると非常に有意義である」と述べ、Quality of Life を支える意味でも意義があるものであるとしている。

その一方で、中高年者の ACL 再建術後における競技スポーツへの復帰は若年者より難しく、スポーツ活動はレクリエーションレベルになりやすいとする報告 (Stein et al., 2006 ; 和田ほか, 2013) が多い。その背景として、中高年者は若年者と比較し、競技復帰に必要とされる膝伸展筋力の患側下肢に対する健側下肢の比率 (以下、健患比) 0.8 以上 (八木, 1999) に達する上で術後の膝関節伸展筋力ならびに屈曲筋力の回復に難渋する (星田ほか, 2003) ことが指摘されている。

このような中高年者の ACL 再建術後の回復状況で、筆者は理学療法士として左 ACL 再建術 (BTB 法<sup>注1</sup>) を行った競技スポーツへの復帰を目指す 60 歳代前半の女性 (以下、A さん) のリハビリテーションを担当した。A さんは、競技スポーツとして短距離走を行っており、手術の目的はマスターズの陸上競技大会での 100m 走レースで復帰であった。そのため ACL 再建術後のリハビリテーションは、移植腱の修復過程 (Marumo et al., 2005) に応じたメディカルリハビリテーション<sup>注2</sup>の保護期とトレーニング期に加えて、アスレチックリハビリテーション (以下、AR) となる前復帰期 (小柳・史野, 2011) <sup>注2</sup>も担当することとなった。しかし筆者にとって、60 歳代前半の女性の競技アスリートに対する前復帰期のアスレチックリハビリテーションは初めての経験で、先行知見等を参考にしながらも不安を抱えるものであった。

筆者は、膝関節伸展筋力ならびに屈曲筋力の回復はもちろん、短距離走に求められる下肢の伸張-短縮サイクル (Stretch Shortening cycle:以下、SSC) 運動の遂行能力 (Costill et al., 1968; Bosco et al., 1983; 岩竹ほか, 2002) の再獲得を柱とした目標設定をするとともに、AR の計画を立案した。その結果、A さんの AR は計画的に進み、ACL 再建術後 306 日で手術前と同じ高い短距離パフォーマンスを発揮できる水準まで競技復帰が果せた。

中高年者の ACL 再建術後における競技スポーツへの復帰が難渋することや、短距離走への競技復帰を目指した AR に関する知見が見あたらないことを考慮すると、本事例は中高年者の ACL 再建術後のアスレチックリハビリテーションにとって有益な知見となると考えられる。

そこで、本研究では今回筆者が A さんに実施した ACL 再建術後における競技スポーツへの復帰の AR 内容やその間の SSC 運動の遂行能力の回復動態について提示するとともに、筆者が取り組んだ

AR 計画の妥当性や実施上のポイントを検討することとした。

## II. 研究方法

### 1. 事例対象者の特徴と治療経過

対象者は 64 歳女子 1 名の A で、ACL 再建術後 4 か月の身長は 157cm、体重は 52kg であった。A さんは、中学時代に卓球、30~40 歳代でママさんバレー、55 歳から地域総合型スポーツクラブで短距離走のトレーニングを週 2 回行っていた。60 歳で出場した全日本マスターズ陸上 100m (W60) では 15 秒 39 で優勝した経験を持ち、100m 走の自己最高記録は 62 歳で出した 14 秒 84 であった。

A さんは 63 歳の時、バイク乗車中に転倒し、左膝 ACL 断裂と内側側副靭帯を損傷した。受傷後からリハビリテーションを開始し、ACL 装具装着下で約 3 ヶ月後にジョギング、5 か月後にはスプリントのトレーニングを再開した。しかし、歩行の接地期に膝に力が入らずに急激に膝が屈曲する「膝くずれ現象」が稀に出現していたことで保存療法に対する不安を持っていた。そこで、将来的にも競技を継続したいことや変形性膝関節症を避けたいという希望があったため、受傷から約 10 ヶ月後の 64 歳で ACL 再建術を行った。術式は、骨付き膝蓋腱を用いた Bone to bone 法<sup>注1</sup>で行われ、担当医の治療計画に基づきメディカルリハビリテーションを約 4 ヶ月間行った。その後、著者による前復帰期の AR を約 4 ヶ月間実施し競技復帰に至った。

事例対象者となる A さんには、今回の事例研究に対して事前に研究の目的と内容を十分に説明し、文書による研究参加への同意を得た。なお、本研究は医療法人恒心会倫理委員会における審議・承認を得て実施した（承認番号:2017-A21）。

### 2. AR プログラムの検討と立案

ACL 再建術後の競技復帰に必要な運動能力として、片脚での跳躍能力が挙げられる（ダニエル、1988；白石ほか、1996；杉山ほか、2019）。片脚での跳躍能力について、ダニエル（1988）は 3 連続の立ち幅跳びを患側下肢および健側下肢で行い跳躍距離を評価する hop test を推奨し、白石ほか（1996）は hop test の健患比が 1.0 に近づくほどスポーツ復帰率が高くなると述べている。また、杉山ほか（2019）は hop test の遂行能力と等速性膝伸展筋力の強さに相関があると述べている。ダニエル（1988）が推奨する hop test のようなジャンプ運動は、下肢の筋腱複合体が強制的に伸張されながらエキセントリックな筋収縮によって着地を受け止め、その後コンセントリックな筋収縮が行われる下肢のパワー発揮（Asmussen and Bonde, 1974）が必要とされる。このような力発揮能力は、SSC 運動の遂行能力（Bosco et al, 1983）と相関があり、優れたスピード、アジリティ能力を生み出すための重要な要素の 1 つ（NPO 法人 日本トレーニング指導者協会, 2014）であるといわれる。さらに、ACL 損傷の受傷機転である方向転換やジャンプでの着地動作（Olsen et al, 2004）に関連する能力であることから ACL 再建術後の競技復帰に向けて再獲得が必要な能力であるとともに、再受傷予防にも重要な要素であると考えられる。

同様に小柳（2011）は、下肢の SSC 運動の遂行能力に対する AR として、前復帰期においてジャンプや方向転換などの動作練習が実施され、段階的に運動強度を上げていくとよいとしている。

以上のような先行知見を手がかりに、筆者は前復帰期の AR プログラム（図1）と筋力向上トレーニン

グプログラム (表 1) を立案した。

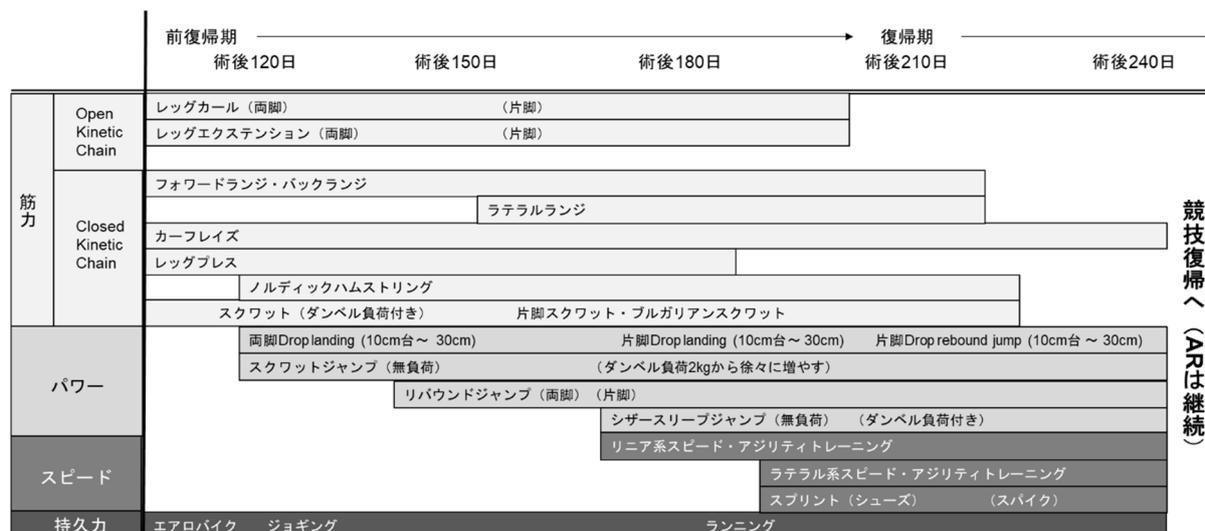


図 1. 前復帰期の AR プログラム

表 1. 筋力向上トレーニングプログラム

トレーニング	強化する筋群	負荷	回数	セット数	休憩時間	頻度
レッグエクステンション	大腿四頭筋	8~12RM	12	2~3	2~3分	週2~3回
		20RM	20	術後120日まで3セット 120日以降はW-up*で1セット	1~2分	
レッグカール	ハムストリング	8~12RM	12	術後150日以降は3セット	2~3分	週2~3回
		20RM	20	術後150日まで3セット	1~2分	
フォワードランジ	大腿四頭筋・ハムストリング・大臀筋	4か月まで自重、5ヶ月以降はダンベル負荷片側2~3kg	10	3	1~3分	週2~3回
バックランジ	大腿四頭筋・大臀筋	同上	10	3	1~3分	週2~3回
ラテラルランジ	内転筋群・外転筋群	同上	10	3	1~3分	週2~3回
ノルディックハムストリング	ハムストリング	自重	7~10	1	15秒	週2~3回
スクワット	大腿四頭筋・大殿筋 脊柱起立筋	3ヶ月まで自重、4ヶ月以降はダンベル負荷片側2~3kg	10	3	1~3分	週2~3回
カーフレイズ	下腿三頭筋	自重	50	3	1~3分	毎日

※W-up: Warming up

### 3. SSC 運動の遂行能力の評価法の検討と決定

前述の SSC 運動の遂行能力を評価する hop test は、どこでも簡便に実施し評価ができる一方で、SSC 運動中の接地時間や跳躍高などの機能的側面に関する問題点の抽出まで至らない。

そこで、本事例では hop test で評価できない接地時間や跳躍高について評価できるリバウンドジャンプ (Rebound jump: 以下、RJ) テスト (遠藤ほか, 2007) を採用することとした。RJ テストは、下肢の SSC 運動の遂行能力を評価するテストであり、「短い踏切時間で、どれだけ高く跳躍できるか」が評価される。テストでは、マットスイッチシステムを用い、その場で連続した跳躍運動の接地時間 ( $t_{cont}$ ) と滞空

時間、RJ 指数 ( $\text{jump height} / t_{\text{cont}}$ ) が求められる (図子ほか, 2017)。RJ 指数は、短い踏切を遂行する能力と高い跳躍高を獲得する能力の 2 つの変数から成り、前者の要因には、着地に対する時間的・空間的な予測や着地前の予備緊張および足関節底屈筋群の働きなど神経系の要因が影響し (図子・高松, 1995)、後者の要因には最大脚伸展筋力や垂直跳の跳躍力などのエネルギー出力の大きさが影響する (図子・高松, 1995) ことが認められている。

なお、RJ テストは、パフォーマンス変数から読み取れる運動機能の回復度合いを客観的に評価できることから、ACL 再建術後の AR の進捗状況や競技復帰指標を知る手段として利用価値が高い可能性がある。しかし、ACL 再建術後に RJ テストを用いた報告はないことから、その評価方法や結果についても本事例で検討することとした。

#### 4. 事例提示のための資料および収集方法

##### (1) 膝関節可動域、大腿周径ならびに体重支持指数 (Weight Bearing Index ; 以下、WBI)

両膝関節可動域測定は、MMI 角度計 (東大式 ; 村中医療機器製) を用いた。関節可動域測定法は、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の方法 (日本リハビリテーション医学会, 1995) に準じ膝関節屈曲ならびに伸展可動域を  $5^{\circ}$  単位で測定した。

大腿周径は、膝蓋骨底中央と上前腸骨棘を結ぶ線上に膝蓋骨底から大腿骨に向かって 0cm、5cm、10cm、15cm、20cm の印をつけ、メジャーを用いて 0.5cm 単位で計測した。

体重支持指数 (Weight Bearing Index ; 以下、WBI) は、スポーツ活動時の体重支持のおける大腿四頭筋機能の重要性から体重当たりの膝関節伸展筋力 (黄川・山本, 1986) とした。黄川・山本 (1986) は、健常なスポーツ選手の等尺性膝関節伸展力は体重 1kg 当たり 1kg (体重支持指数平均  $1.00 = \text{脚伸展力} / \text{体重}$ ) であり、片脚で発揮される大腿四頭筋の筋力がほぼ自分の体重値と同じになると述べている。WBI と運動機能との関係 (黄川・山本, 1988) は、ジョギング程度の運動には WBI 0.6、ジャンプやダッシュ、方向転換などの激しい運動を不安なく行うためには 0.9 以上の WBI が必要であるとされている。

本事例の WBI は、アイソフォース GT-380 (オージー技研株式会社製) で等尺性膝伸展筋力測定を膝関節  $60^{\circ}$  位にて 3 秒間行い、30 秒の休息を入れながら交互に 3 セットずつ行い、膝伸展筋力 (kg)  $\div$  体重 (kg) で自動的に算出されたものを用いた。

なお、ACL 再建術後の AR は、大腿周径、膝関節可動域、膝伸展筋力の機能回復が前提で実施されるため、参考資料として RJ 開始時の評価結果も提示することとした。

##### (2) RJ テスト

RJ テストは、Multi Jump Tester II (ディケイエイチ社製 PTS-2400) を使用し、両脚 RJ の測定ならびに片脚 RJ の測定を右下肢ならびに左下肢で行った。測定期間および測定頻度は、術後 157 日から 252 日が 1 週間に 1 回、252 日から 308 日が 2 週間に 1 回行い、合計 19 回の測定を行った。

RJ のフォームは、A さんが RJ テスト初心者であったことやフォームが統一しないことによるデータのばらつきをなくすために小森ほか (2012) が述べるリバウンドジャンプ初心者のための指導法を参考にフォームを統一した。そこで、小森ほか (2012) が接地瞬間の姿勢づくりで重要視している「着地は足関

節、膝関節、そして股関節をまげて行い、その際、肩が膝の真上にくるようにする」というフォームを基本とした。まず、接地時のフォームをイメージしやすいように両脚 RJ 測定では股関節・膝関節軽度屈曲位、体幹前屈位を開始肢位とし、矢状面で肩、膝前方、つま先を結ぶ垂線が床と垂直となるようにした(動画 1)。次に、片脚 RJ 測定は両脚 RJ 測定の開始肢位から測定する下肢の反対側を前方上方に持ち上げ、片脚立ちになるようにした(動画 2)。本事例では、上肢の振り込み動作は用いず、両手は腰に当て、「接地時間は短く、滞空時間は長くすること」を伝え、10 回の連続ジャンプを行った。

本事例研究では、RJ 指数に 19.62 をかけた値で算出される Rebound jump power (以下、RJ パワー)(西薊, 2004)、接地時間(Contact time:以下、CT)、跳躍高(Jumping height:以下、JH)を RJ のパフォーマンス変数として評価対象とした。そして、10 回の連続ジャンプのうち最下位値は除き、平均値ならびに標準偏差を算出した。

(3) 事例対象者の AR 期間中の実施内容と感想および運動や測定に伴う内省

術後 150 日から 308 日において、AR 期間中の実施内容や対象者との会話の中で重要であった感想や内省を筆者が記録した。

5. 統計処理

標本データは、両脚と右脚ならびに左脚の RJ テストにおける RJ パワー、CT、JH の平均値と標準偏差値とした。測定期間(X)による RJ テストの項目の平均値等(y)の変化傾向について多項式近似式を用いて推定した(金高, 2007)。推定する最適な多項式近似式  $y=f(X)$  の次数(K)の決定は、重相関係数の 2 乗値(R2)を用いて求める Ru(説明変数選択基準)を用いた(表 2)。

表 2. RJ テストのパフォーマンス変数における多項式近似の次数を変化させた場合の Ru

■ Rebound jump パワー						■ Jumping high						■ Contact time					
両脚平均値						両脚平均値						両脚平均値					
n	R2	K	Ru	選択		n	R2	K	Ru	選択		n	R2	K	Ru	選択	
19	0.858	3	0.782			19	0.820	3	0.724			19	0.408	3	0.092		
19	0.860	4	0.760			19	0.820	4	0.692			19	0.534	4	0.201		
19	0.918	5	0.842	◎		19	0.858	5	0.728	◎		19	0.648	5	0.323		
19	0.918	6	0.822			19	0.868	6	0.714			19	0.728	6	0.410	◎	
両脚SD						両脚SD						両脚SD					
19	0.128	3	-0.336	◎		19	0.006	3	-0.525	◎		19	0.061	3	-0.440	◎	
19	0.134	4	-0.485			19	0.026	4	-0.670			19	0.071	4	-0.593		
19	0.216	5	-0.508			19	0.065	5	-0.798			19	0.173	5	-0.590		
19	0.263	6	-0.596			19	0.065	6	-1.026			19	0.218	6	-0.694		
右脚平均値						右脚平均値						右脚平均値					
19	0.725	3	0.578			19	0.661	3	0.480			19	0.761	3	0.634	◎	
19	0.766	4	0.598			19	0.701	4	0.487			19	0.765	4	0.597		
19	0.854	5	0.719			19	0.800	5	0.616	◎		19	0.767	5	0.552		
19	0.873	6	0.724	◎		19	0.818	6	0.606			19	0.767	6	0.495		
右脚SD						右脚SD						右脚SD					
19	0.064	3	-0.435			19	0.034	3	-0.482			19	0.175	3	-0.265		
19	0.252	4	-0.282			19	0.229	4	-0.321			19	0.510	4	0.160		
19	0.351	5	-0.248			19	0.416	5	-0.123			19	0.510	5	0.058		
19	0.438	6	-0.217	◎		19	0.458	6	-0.174	◎		19	0.561	6	0.048	◎	
左脚平均値						左脚平均値						左脚平均値					
19	0.874	3	0.807			19	0.793	3	0.683			19	0.790	3	0.679		
19	0.878	4	0.791			19	0.821	4	0.693			19	0.842	4	0.729	◎	
19	0.900	5	0.808	◎		19	0.855	5	0.722			19	0.845	5	0.702		
19	0.909	6	0.803			19	0.878	6	0.735	◎		19	0.854	6	0.683		
左脚SD						左脚SD						左脚SD					
19	0.289	3	-0.090			19	0.224	3	-0.190	◎		19	0.208	3	-0.214	◎	
19	0.300	4	-0.200			19	0.237	4	-0.308			19	0.211	4	-0.352		
19	0.391	5	-0.172			19	0.253	5	-0.436			19	0.260	5	-0.424		
19	0.638	6	0.216	◎		19	0.409	6	-0.282			19	0.278	6	-0.563		

[変数説明など]n: データの個数, R2: 重相関係数の2乗値, k: 多項式近似の次数, Ru: 選択変数選択基準, ◎: 選択されるべき次数

### Ⅲ. 結果: 事例提示

#### 1. 膝関節可動域、大腿周径および WBI の回復動態 (表 3)

表 3. 関節可動域・大腿周径・Weight Bearing Index の回復動態

		術後150日 右 / 左		術後180日 右 / 左	
関節可動域 (度)	伸展	5	5	5	5
	屈曲	140	140	140	140
大腿周径 (cm)	0cm	34.5	34.5	34.5	34.5
	5cm	38.5	38.0	38.5	38.5
	10cm	43.5	43.0	43.5	43.5
	15cm	47.5	47.0	48.0	47.5
	20cm	49.5	49.0	50.0	49.5
Weight Bearing Index (w/kg) (右下肢に対する左下肢の割合)		1.38	1.15 (83.33%)	1.49	1.24 (83.22%)

膝関節可動域は、術後 150 日、術後 180 日で両脚とも伸展 5 度、屈曲 140 度であった。

大腿周径は、術後 150 日では膝蓋骨底 5cm 以上で左側が右側より 0.5cm 細かった。術後 180 日になると左側の膝蓋骨底 5~20cm で 0.5cm、右側の膝蓋骨底 15cm と 20cm で 0.5cm 増加した。

WBI は、術後 150 日は右下肢が 1.38w/kg、左下肢が 1.15w/kg であった。また、術後 180 日は、右下肢 1.49w/kg、左下肢 1.24w/kg であった。さらに、右下肢に対する左下肢の割合は、術後 150 日が 83.33%、術後 180 日が 83.22% であった。

#### 2. RJ のパフォーマンス変数の回復動態

##### (1) RJ パワーの変化傾向

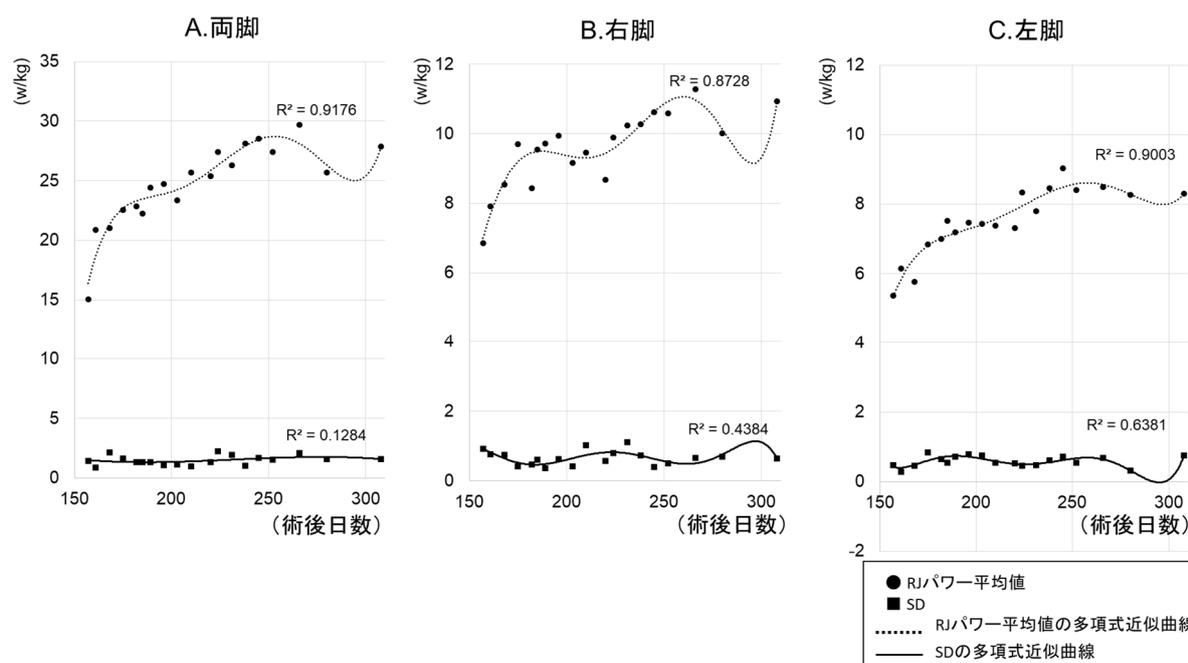


図 2. Rebound jump パワーの変化傾向

両脚 RJ パワー (図 2A) は、最低値 ( $15.1 \pm 1.46 \text{w/kg}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $29.7 \pm 2.10 \text{w/kg}$ ) が術後 266 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から 175 日まで約  $7.5 \text{w/kg}$  大きく向上した後、術後 210 日付近まで停滞、術後 210 日付近から術後 250 日付近まで約  $4 \text{w/kg}$  向上した。その後、術後 300 日手前まで低下した後、再度向上した。

右脚 RJ パワー (図 2B) の平均値は、最低値 ( $6.86 \pm 0.92 \text{w/kg}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $11.28 \pm 0.66 \text{w/kg}$ ) が術後 266 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から術後 185 日付近まで約  $2 \text{w/kg}$  向上、一度停滞した後、術後 220 日付近から術後 260 日付近まで約  $2 \text{w/kg}$  向上した。その後、低下し術後 300 日付近で再び向上した。

左脚 RJ パワー (図 2C) の平均値は、最低値 ( $5.38 \pm 0.48 \text{w/kg}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $9.03 \pm 0.71 \text{w/kg}$ ) が術後 245 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から術後 185 日付近までに約  $2 \text{w/kg}$  大きく向上した後、術後 220 日付近までなだらかな向上となり、術後 220 日付近から術後 245 日付近までに約  $1.5 \text{w/kg}$  やや大きく向上した。術後 250 日以降はやや低下したが術後 308 日で再び向上した。

(2) JH の変化傾向

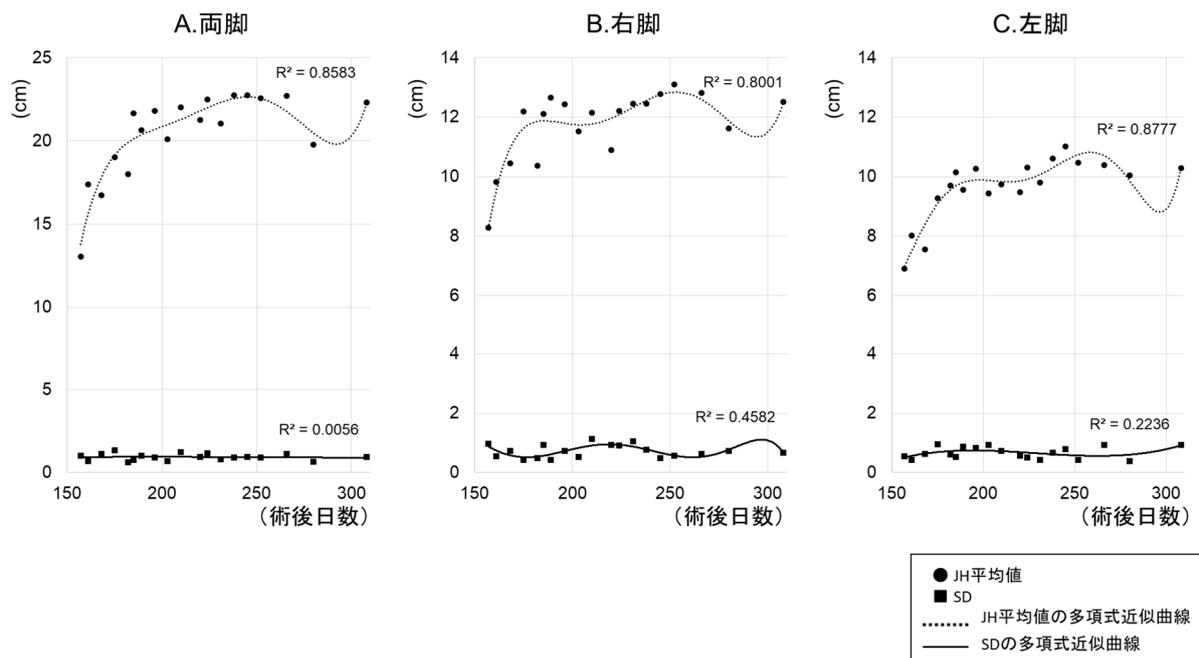


図 3. Jumping high の変化傾向

両脚 JH (図 3A) の平均値は、最低値 ( $13.06 \pm 1.02 \text{cm}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $22.74 \pm 0.9 \text{cm}$ ) が術後 238 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から術後 185 日付近まで約  $7.5 \text{cm}$  上昇し、術後 185 日から術後 250 日付近まで約  $2.5 \text{cm}$  上昇した。術後 250 日付近から術後 280 日まで下降した後、術後 308 日は再び上昇した。

右脚 (図 3B) の平均値は、最低値 ( $8.28 \pm 0.97\text{cm}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $13.11 \pm 0.57\text{cm}$ ) が術後 252 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から 185 日付近まで約 4cm 上昇後いったん停滞し、術後 200 日から 250 日付近まで約 1cm 上昇した。

左脚 (図 3C) の平均値は、最低値 ( $6.90 \pm 0.55\text{cm}$ ) が術後 157 日、最高値 ( $11.01 \pm 0.78\text{cm}$ ) が術後 245 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から 190 日付近まで約 3cm 上昇後いったん停滞し、術後 210 日付近から 260 日付近まで約 1cm 上昇した。

### (3) CT の変化傾向

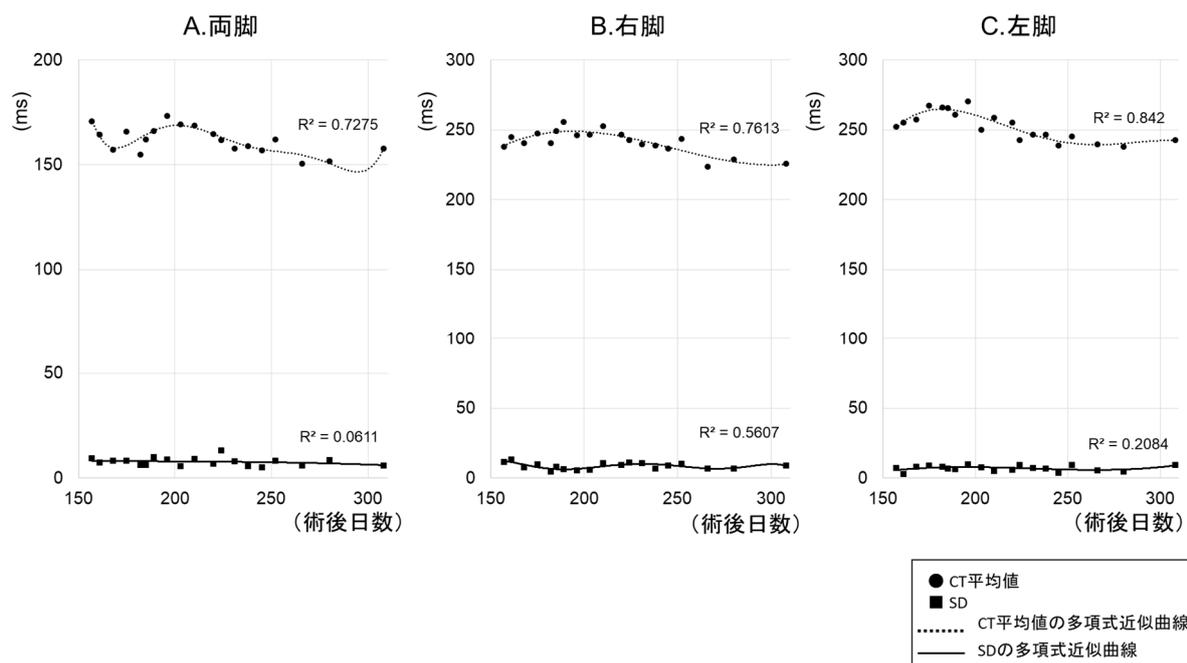


図 4. Contact time の変化傾向

両脚 CT (図 4A) の平均値は、最低値 ( $173.44 \pm 8.8\text{ms}$ ) が術後 196 日、最高値 ( $150.55 \pm 6.0\text{ms}$ ) が術後 266 日であった。多項式近似曲線から評価すると、術後 157 日から術後 170 日付近まで短縮した後、術後 200 日まで延伸した。術後 200 日から術後 300 日までは短縮した。

右脚 CT (図 4B) の平均値は、最低値 ( $255.77 \pm 6.16\text{ms}$ ) が術後 189 日、最高値 ( $223.66 \pm 6.86\text{ms}$ ) が術後 266 日であった。多項式近似曲線から評価すると、まず術後 157 日から術後 200 日付近まで約 18ms 延伸し、その後、術後 200 日付近から 300 日付近まで約 25ms 短縮した。術後 275 日付近から横ばいの傾向であった。

左脚 CT (図 4C) の平均値は、最低値 ( $270.22 \pm 9.75\text{ms}$ ) が術後 196 日、最高値 ( $238.0 \pm 4.73\text{ms}$ ) が術後 280 日であった。多項式近似曲線から評価すると、まず術後 157 日から 185 日付近まで約 15ms 延伸し、その後、術後 185 日付近から 250 日付近まで約 26ms 短縮した。術後 245 日付近から横ばいの傾向であった。

### 3. 前復帰期におけるARの実施状況

医師による術後計画として、最大筋力測定は術後 150 日から 180 日、240 日、360 日に、また、競技復帰時期は術後 240～300 日に設定された為、RJ テストの開始時期は最大筋力測定を開始する術後 157 日に設定した。そして、それまでの期間は再建靭帯への過負荷、緩みならびに再断裂のリスクを考慮し、スプリント能力の向上を最終目標とした前復帰期の AR プログラム (図 1) を立案した。これは、短距離走に重要なスプリント能力を向上させるためのクローズドスキル (スピード・加速・減速動作) の技術獲得、最大筋力ならびにパワー、基礎筋力の向上 (NPO 法人 日本トレーニング指導者協会, 2014) とし、以下のように筋力向上トレーニング、パワー向上トレーニング、スピード向上トレーニング、持久力向上トレーニングを以下の通り実施した。

#### (1) 筋力向上トレーニング(表 1)

レッグエクステンションは、大腿四頭筋の収縮による脛骨の前方引き出しを防ぐ近位チューブ法を用いた (動画 3)。可動範囲は、術後 28 日から 56 日まで膝屈曲 90° から 45° の範囲、術後 59 日から 84 日まで膝屈曲 90° から 30°、術後 120 日以降は膝屈曲 90° から 0° とした。負荷は、術後 120 日まで 20Repetition Maximum (以下、RM) で 20 回を 3 セット、術後 120 日以降はウォーミングアップとして 20RM で 20 回を 1 セット、その後筋力向上を目的として 8～12RM で 12 回を 2～3 セット行い、トレーニング頻度は隔日とした。また、負荷量の設定において膝関節収縮時の術創部痛が出現した時点で負荷量を落とすようにした。さらに、術後 150 日までは両脚、それ以降は左脚のみでのトレーニングも追加した。

レッグカールは、術後 150 日までは両脚で 20RM20 回 3 セットを隔日行った。術後 150 日以降は、両脚で 8～12RM12 回 3 セット行った。レッグエクステンションならびにレッグカールの術後 150 日以降の実施頻度は、トレーニングを行ったら 2 日休むペースで行った。

スクワットは、まず両脚支持で術後 28 日から装具装着下での 1/4 スクワット、術後 70 日から 1/4 スクワットの姿勢で前方へ歩行するニーベントワーク、術後 90 日から 1/2 スクワット、術後 120 日以降はダンベル負荷を行った。術後 150 日以降は、片脚支持でのスクワット、さらにブルガリアンスクワット (動画 4) を追加し、左下肢伸筋群の筋力増強を図った。リスク管理として、膝関節収縮時の術創部痛が出現した時点で中止もしくは膝関節屈曲角度を広くするように対処した。

#### (2) パワー向上トレーニング

パワー向上トレーニング (図 1) は、術後 120 日から競技復帰まで以下のように実施した。

ドロップランディング(DropLanding: 以下、DL)は、術後 120 日から両脚 DL トレーニング、術後 180 日から片脚 DL トレーニング (動画 5) を実施した。この開始肢位は、台上に乗り、両手を腰に添え、着地脚を前上方に上げる。軸足は極力前方へ蹴りださないように前方へ重心移動させ、そこから床に落ち安定して着地して止まるように指導した。導入期は高さ 10cm の台から開始し、着地が安定すること、着地時に足関節や膝関節が過度に屈曲しない (以下、膝が潰れない) こと、痛みが生じないことを評価指標とし、安定して実施することができたら 10cm ごとに 40cm まで高くした。その後、着地後にホップするドロップリバウンドジャンプ (以下、DRJ) (動画 6) へ移行した。頻度は週 3 回、実施回数は 5 回を 3

セット、セット間のリカバリーは1分とした。

スクワットジャンプは術後120日から開始した。開始肢位は、両脚を肩幅に広げ手を腰に当てる。爪先は前方を向け、ニュートラルスパインで1/4スクワットポジションを作る。そこから、両下肢で爆発的に床を真下に押し下肢を伸展しながら上方へジャンプする。なるべく高く跳び上がり、着地後は開始肢位と同じポジションを作り静止するように指導した。その後、術後150日から開始肢位を1/2スクワットポジションとし、術後165日以降は両手に2~3kgずつダンベルを持ち、上肢は体側に下垂した状態でスクワットジャンプを行った。頻度は週3回、実施回数は3~5回を3セット、セット間のリカバリーは2~3分とした。

RJトレーニングは、術後135日から両脚RJトレーニング(動画1)を開始した。開始肢位は、股関節・膝関節軽度屈曲位、体幹前屈位で、矢状面で肩、膝前方、つま先を結ぶ垂線が床と垂直となるようにした。今回は、上肢の振り込み動作は用いず、両手は腰に当て、「接地時間は短く、滞空時間は長くすること」を伝え、10回の連続ジャンプを行った。さらに、術後165日から片脚RJトレーニング(動画2)へと移行した。頻度は週3回、実施回数は10回を3セット、セット間のリカバリーは1分とした。

なお、DJやRJトレーニングは、RJテストの回復状況をみながら次のように実施された。RJテストでは、両脚、右脚と左脚のRJパワーならびにJHは経時的に改善が見られた一方で、左脚CTにおいて術後157日から200日付近まで延伸する期間がみられた。この時、Aさんの内省として「接地時に左膝がつぶれる」と訴えていた。この「膝がつぶれる」とはRJの接地期において膝関節屈曲角度と足関節背屈角度が増大し重心が沈み込む外観を表している。この内省について、筆者はRJの接地期にSSC運動による筋腱の弾性エネルギーが有効に利用できていないことから左脚CTが延伸したとともに、この間の左脚RJパワーの出力も低下したと推察した。

そこで、左脚RJの接地技術の改善を図るためにトレーニングを実施した。まず、短い接地時間と高い跳躍高を獲得することを伝え、術後165日から片脚RJトレーニング(動画2)を開始した。次に、術後180日からは台の上から飛び降りた後の接地における安定感を獲得するために片脚DJトレーニング(動画5)を行った。片脚DJトレーニングにおいて接地の安定性が獲得できた術後200日付近から、高さのある台から片脚で落下し、着地後に素早くRJを行うことで接地期の「膝がつぶれる」状態を修正する目的で片脚DRJトレーニング(動画6)を行った。この導入初期は、膝関節へのダメージや恐怖心を考慮して10cmの高さから開始し、筆者の観察やAさんの内省において恐怖心の消失、CTの短縮ならびにJHの上昇が見られたら台の高さを段階的に上げていった。このことで、Aさんは「接地に対する恐怖心が薄れた」また「短い接地時間に高く跳ぶ感覚がわかりやすい」と述べていた。なお、このトレーニングは膝前十字靭帯における再断裂のリスクを考慮し、導入初期は著者の指導の下で実施し、Aさんによるトレーニングの理解や接地動作の安定が図れた2週間後から自宅の階段で実施するなど積極的に実施し接地技術の向上に努めた。

この取り組みを開始した術後200日以降から左脚でのRJテスト時に「膝がつぶれる」内省は減少し、左脚CTの短縮が見られ術後250日付近まで短縮した。この左脚CTの改善に合わせて左脚RJパワー(図2C)も向上し、術後250日付近でプラトーに達した。

シザースリープジャンプ(動画7)は、術後165日から開始した。開始肢位は、足を腰幅程度に開き、脚を前後に大きく広げ、前方下肢の股関節・膝関節は屈曲約90°、後方下肢の股関節伸展位・膝軽

度屈曲位・つま先立ち、体幹はニュートラルスパインで床と垂直とし、両上肢は下垂させフォワードランジのような姿勢を作る。次に、前方の下肢を中心に爆発的に地面を真下に押し、上方へ跳ぶ。そして、ジャンプが最高点に達したら左右の下肢を前後に入れ替え、着地は下肢で衝撃を吸収しながら左右の下肢が入れ替わった開始肢位に戻し、1回跳ぶごとに10～15秒停止させた。術後180日以降は、両手に2～3kgずつダンベルを持ち上肢は体側に下垂した状態で行った。頻度は週2回、実施回数は左右3回ずつを1セットとして3セット、セット間のリカバリーは2～3分とした。

### (3) スピード向上トレーニング

スピード向上トレーニング(図1)は、術後165日からラダーやミニハードルを用いたアジリティトレーニング、腿上げなどを開始し、術後180日からシャッフル、サイドステップなどを取り入れた。また、同時にスプリントトレーニングを導入し、ランニングシューズ装着からスパイク装着へと徐々に移行した。

### (4) 持久力向上トレーニング

持久力向上トレーニング(図1)は、術後21～28日から低速でのエアロバイクトレーニングを開始し、術後50日前後かけて負荷量を徐々に上げながら20分間おこなった。術後120日からジョギングを10分から開始し術後150日から20分とし、少しずつスピードを上げながら術後180日でランニングへ移行した。

## 4. 術後の競技成績について

(100m走記録)

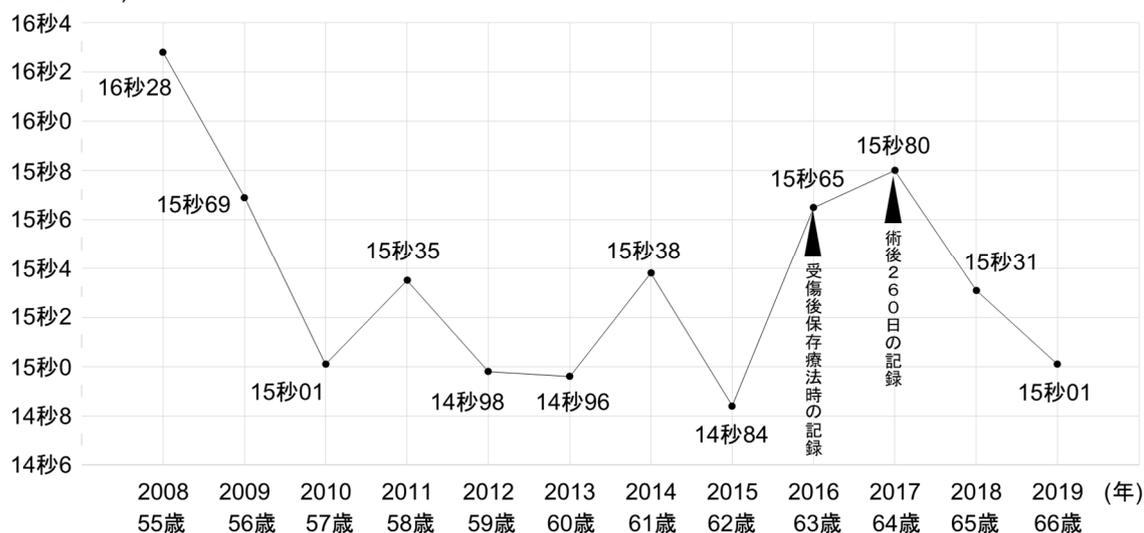


図5. Aさんの100m走における年齢毎の最高記録の変遷

ACLR前後の100m競走における競技記録の比較を行うためにAさんが競技を開始した55歳から術後2年にあたる66歳までの年齢毎の最高記録の変遷を提示する(図5)。術後の競技成績は、術後260日に最初の公認記録会で100m競走に出場し記録は15秒80であった。さらに、術後306日に

は、公認競技会の 100m 競走において 15 秒 52 で走った。この記録は、60 歳で全日本マスターズを優勝した時の記録である 15 秒 39 より 0.13 秒だけ遅れた記録であった。その後も再発なく競技を継続し、66 歳で 15 秒 01 と自己記録に近い記録まで競技力を回復させた。

#### IV. 考察

本研究は、まず、高齢者である A さんに実施した ACL 再建術後における競技スポーツへの復帰の AR 内容やその間の SSC 運動の遂行能力の回復動態について提示し、筆者が取り組んだ AR 計画の妥当性や実施上のポイントを検討することであった。

A さんの競技復帰を目指した AR の取組を概説すると以下のようになる。

A さんの AR は、医師による術後計画として、最大筋力測定は術後 150 日、また競技復帰時期は術後 240～300 日に設定されていた。そこで、RJ テストの開始時期は ACL 再建術後の最初に実施する最大筋力測定の前 1 週間後となる術後 157 日に設定した。それまでの期間は、再建靭帯への過負荷、緩みならびに再断裂のリスクを考慮し、主に筋力向上トレーニング (図 1)(表 1) を行った。これらの基本的計画を踏まえ、A さんの競技種目の専門性からスプリント能力の向上を最終目標とした前復帰期の AR プログラム (図 1) を立案した。

ここでの AR プログラム (図 1) は、短距離走に重要なスプリント能力を向上させるために、クローズドスキル (スピード・加速・減速動作) の技術獲得、最大筋力ならびにパワー、基礎筋力の向上 (NPO 法人 日本トレーニング指導者協会, 2014) に準じた AR とし、最終目標は、競技会に出場することとした。そして、術後 260 日に最初の公認記録会で 100m 競走に出場し記録は 15 秒 80 であった。さらに、術後 306 日には、公認競技会で 100m 競走に出場し、記録は 15 秒 52 であった。この記録は、60 歳で全日本マスターズを優勝した時の記録である 15 秒 39 より 0.13 秒だけ遅れた記録であった。このことは、A さんが希望した競技復帰の AR が計画的に進んだことを示すものと考えられる。

以下では、膝関節可動域、大腿周径ならびに WBI の回復動態からみた AR 開始時期の妥当性、AR における RJ テストの有用性を検討することとした。

##### 1. 膝関節可動域、大腿周径ならびに WBI の回復動態からみた AR 開始時期の妥当性

本研究を開始する術後 150 日までの右脚と左脚における AR の共通点は、ジャンプを伴うパワー向上トレーニングができなかったことであった。一方、左右の脚で異なる点は、左脚が ACL 再建術を行ったことと術後 140 日まで積極的な膝伸展筋力向上トレーニングを行えなかったことである。このため、術後 150 日時点での WBI (表 3) において右脚が左脚と比べて高い水準にあったと考えられる。

WBI (表 3) は、両脚ともジャンプ着地動作を安全に行う上で必要な 1.0～1.2w/kg (山本・村永, 2002) に達していた。さらに、WBI は 1.3w/kg 以上において「競技スポーツが参加可能でさらに障害発生の危険性が少ないレベル」(仲島ほか, 2003) といわれており、術後 180 日には左脚 WBI もそのレベルに近いレベルまで達していた。さらに、関節可動域ならびに大腿周径 (表 3) においても、術後 150 日の時点で医師から正常域まで回復していると判断された。

つまり、術後 150 日の膝伸展筋力においては RJ の評価を安全に行えるレベルにあり、術後 180 日では安全に競技復帰できるレベルであったと判断できる。このことは、両脚の下肢伸展筋力や関節可

動域、大腿周径が十分回復していたことで、術後 157 日から RJ のテストや SSC 運動の遂行能力を高めるトレーニングを開始したことは、妥当であったと考えられる。

## 2. AR における RJ テストの有用性

### (1) 競技復帰を見極める可能性

本事例では、短距離走のパフォーマンスと関連の深い RJ パワーを手がかりに、両脚 RJ パワーの変化傾向 (図 2A) から競技復帰レベルまで回復したかどうかをモニターした。両脚 RJ パワー (図 2A) の多項式近似曲線は術後 250 日付近が頂点であった。両脚 RJ パワーにおける術後 224 日以降の 8 つのデータの平均値は、 $27.63 \pm 1.17 \text{w/kg}$  でありこの結果から本研究期間における両脚 RJ パワーの最終的な数値を推定すると  $28 \text{w/kg}$  付近であったと考えられる。

そこで、本研究期間における両脚 RJ パワーのプラトー<sup>注3</sup>値が競技復帰レベルに達しているかどうかを判断するために、大学生の陸上競技選手ならびにバスケットボール選手を対象とした女性スポーツ競技者の両脚 RJ 指数における平均値 1.662 (志賀, 2013) を RJ パワーに変換 (西菌, 2004) した  $32.61 \text{w/kg}$  と比較した。両者を比較すると、A さんの両脚 RJ パワーにおけるプラトー値は、女性スポーツ競技者の両脚 RJ パワーに対して 85% となった。また、平成 29 年度体力・運動能力調査報告書 (スポーツ庁, 2019) の立ち幅跳びにおける年代別の跳躍力は、60 歳から 64 歳のグループが  $178.65 \pm 20.11 \text{cm}$ 、20 歳から 24 歳のグループが  $228.94 \pm 23.11 \text{cm}$  と報告されており、60 歳から 64 歳のグループは 20 歳から 24 歳のグループに対して 77.4% の跳躍力であった。つまり、A さんにおける両脚 RJ パワー (図 2A) のプラトー値は女性スポーツ競技者の両脚 RJ パワーに対してやや劣る結果であったが、加齢による体力の低下を考慮すると競技復帰が可能なレベルにあったと考えられる。

このような RJ テストは、3 連続の立ち幅跳びの跳躍距離のみを評価する hop test ではわからない下肢の SSC 運動における RJ パワーや JH、CT の回復度合いを客観的に評価できることで ACLR 後の回復過程においてどの要素を強化する必要があるのかを客観視でき、リハビリテーションに応用できる有用な手法であると考えられる。

### (2) ACL 再建術後の SSC 運動の遂行能力の回復状況を把握できる可能性

今回の RJ テストでは、JH と CT を経時的に観察することで A さんの術後の機能障害における回復状況ならびに AR の目標が明確になり、その時に必要なトレーニングを行うことができた。その経過について考察する。

まず、JH (図 3) は右脚ならびに左脚とも 2 峰性の回復過程で類似していた。1 峰目の到達時期とこの間に上昇した幅は、右脚 (図 3B) が術後 185 日付近で約 4cm、左脚 (図 3C) が術後 190 日付近で約 3cm であった。本研究期間における JH (図 3) の最高値から最低値を引いた値が右脚 4.82cm、左脚 4.11cm であったことから、1 峰目までの上昇率は右脚が約 80%、左脚が約 75% であり、上昇の大部分がこの時期になされたことがわかる。

RJ の JH は、最大脚伸展筋力や垂直跳の跳躍力などエネルギー出力の大きさが重要である (図子ほか, 1993) といわれる。本事例では、RJ テストを開始する時に WBI (表 3) が両脚とも高い水準にあったことで早期に JH を獲得できたものと考えられる。

しかし、右脚および左脚 JH (図 3) における 1 峰目から 2 峰目の上昇幅はそれぞれ約 1cm であった。このように 1 峰目と比較して小さかったのは、WBI が 1.0w/kg を超えた後の筋力向上トレーニング (表 1) が自体重、もしくはダンベル負荷が片側 2~3kg と軽量であったため、脚筋力の向上が停滞し、JH の上昇幅を下げたと考えられる。本研究は、病院での AR の一環で実施したために高重量の筋力増強トレーニングを実施する機器を有していないことも原因であった。パワーは、筋力と有意な相関関係が認められるため、トレーナビリティが高い筋力を増大させることがパワー向上の基本条件となる (NPO 法人 日本トレーニング指導者協会, 2014) といわれる。このように、WBI が 1.0w/kg を超えたら自重以上の負荷設定でさらに高強度の脚筋力向上トレーニングを設定する必要があると考えられる。

CT (図 4) は、左脚 (図 4C) において術後 150 から 180 日で延伸した。このとき A さんは「膝がつぶれる」と述べていた。SSC 運動による CT の短縮では、因子・高松 (1995) は着地に対する時間的・空間的な予測や着地前の予備緊張および足関節底屈筋群の働きなどの神経系の要因が重要であると述べ、Asmussen and Bonde (1974) はエキセントリックな筋収縮力の改善が必要と述べている。この延伸の結果は、A さんの AR が RJ の接地に必要な下肢伸展筋群のエキセントリックな筋収縮力や神経系の連携要因が不足していると考えられた。これらの再獲得として実施した左脚での片脚 RJ トレーニングや片脚 DJ トレーニング、片脚 DRJ トレーニングでは、段階的に且つ安全に実施できたことで下肢の SSC 運動の遂行能力を理解しやすく、また、トレーニングの必要性を感じたものと A さんのコメントから感じられた。このことから、ACL 再建術後の SSC 運動の遂行能力を再獲得する上では、RJ テストで客観的に評価できたことで A さん自身も現状を受け入れやすく、また、著者自身も AR の進行状況を知る上で非常に有用な手段であったと考えられる。

RJ パワー (図 2) は、右脚 (図 2B)、左脚 (図 2C) ともに術後 157 日から術後 185 日付近までに 1 度目の向上、術後 220 日付近から右脚 (図 2B) は 260 日付近、左脚 (図 2C) は 245 日付近までに 2 度目の向上があった。つまり、今回の RJ パワーの向上は、1 度目が JH の上昇、2 度目が CT の短縮によるものであったと考えられる。

パワーの向上において筋力はトレーナビリティが高い反面、遺伝的な影響を強く受ける筋収縮スピードなどの神経系要因はトレーナビリティが低いことが指摘されている (NPO 法人 日本トレーニング指導者協会, 2014)。A さんの前復帰期の AR プログラム (図 1) では、筋力向上トレーニングに対してパワー向上トレーニングを遅れて開始していることから脚筋力向上に影響を受ける JH が早期に回復し、トレーナビリティが低くパワー向上トレーニングに影響を受ける CT が遅れて回復したのは今回の AR において合理的な結果であったと考えられる。これらを踏まえると ACLR 後のリハビリテーションでは接地時間の短縮に時間を要すことに留意し、接地時間の左右差やジャンプの質などにも注意を払いながら競技復帰時期を見計らう必要があると考えられる。

本研究では、RJ パワー (図 2) と JH (図 3) における両脚、右脚、左脚の多項式近似曲線が術後 300 日付近で凹型になった。これは、252 日以降の測定回数の減少でデータ数が減ったこと。また、本研究期間の著者による AR が術後 240 日で終了したことで、その後のトレーニング量が低下し RJ のパフォーマンスが十分発揮できなかったことが考えられる。A さんは、術後 240 日から術後 280 日において週 2 回のスプリントやアジリティ系のトレーニングを継続していたが、片脚 RJ や片脚 DRJ トレーニングができていなかったと述べていた。特に、JH の数値が低下していたことから最大脚伸展筋力や垂直跳

の跳躍力などエネルギー出力が低下したものと考えられた。そこで、片脚 RJ や片脚 DRJ に加え、スクワットやカーフレイズなど脚伸展筋力の向上を目指したトレーニングを再開したことで術後 308 日の RJ パフォーマンスが回復したと考えられる。

このように、ACL 再建術後における RJ テストは下肢の SSC 運動の遂行能力を再獲得する上で JH および CT の現状を客観的に把握できるとともに、その時に必要なトレーニングを選択することができた。このことは、ACL 再建術後のアジリティやスプリントトレーニング導入時期の指標や下肢の SSC 運動を伴うトレーニングの過負荷による再断裂の予防に有益であり、早期の競技復帰に貢献したと考えられる。

### 3. 研究の限界と今後の課題

本研究は 1 症例のみの検討であるため、リハビリテーションの過程が異なると RJ の回復過程も異なる可能性がある。また、陸上競技短距離走に着目したため、スピード向上に必要なトレーニングもリニア動作に特化したものであったが、ACL 損傷はサッカーやバスケットボールなどカッティングやストップ & ターンを擁する球技スポーツも多い。そこで、今後は症例数を増やすとともに、ACL 再建術後の球技スポーツ選手なども対象とした検討が必要になると思われる。

さらに、今後の課題として AR を経て通常のトレーニングとして今回の取り組みを発展していく展望としてスポーツ現場のコーチやトレーナーとの連携が挙げられる。A さんは術後 240 日で筆者による AR が終了したことで JH が低下しこれが RJ パワーの低下にも影響した。このことから、通常のトレーニングへ移行する際には更なる脚筋力向上トレーニングの継続が重要であると考えられる。今回の AR ではレッグエクステンションやレッグカールは筋肥大を狙った負荷量および回数で実施していたため、AR 後は筋力向上を狙いスクワットを 1~6RM で 3~5 回 3 セットなどの実施が望ましいと考えられる。

また、A さんが所属する陸上クラブではラダーやミニハードルを用いたプライオメトリクストレーニングを実施しており、CT にかかわる身体要素に関しては強化が図れたものと考えられる。このプライオメトリクストレーニングの導入時は筆者もその様子を見学しトレーニングの導入を見守った経緯がある。このように、理学療法士がトレーニングの導入に際してスポーツ現場での運動量や負荷量、動作の確認を行い、現場のコーチと連携をとることで再受傷の予防にもなると考えられる。

さいごに、本事例は 64 歳の高齢者を対象としているが高齢者を対象とするプライオメトリクストレーニングは障害発生リスクもある。そこで、以下の点に注意していただきたい。

まず、変形性膝関節症や股関節症などの変性疾患を有していないかなど既往を確認すること。次に、どの程度脚筋力を有しているかを評価したうえでトレーニングを実施すること。これは、WBI を参考に 0.9w/kg 程度有していればジャンプなどの運動は怪我無くできる（黄川・山本, 1988）といわれている。さらに、直近のトレーニング歴を聴取し WBI が 0.9w/kg 以上あっても本事例報告にもあるようにパワー向上トレーニングは段階を踏んで実施することが重要である。

## V. まとめ

本研究では、左 ACL 再建術後に競技復帰を目指した 64 歳のマスターズ女性短距離走選手の前復帰期に実施した AR の妥当性やその間の SSC 運動の遂行能力の回復動態を評価した RJ テストの有効性について検討した。

前復帰期の AR では、主に短距離走選手に求められる下肢の SSC 運動の遂行能力を回復させる必要性があったため、下肢のパワー向上トレーニングは短い接地時間に高い跳躍高を獲得することに着目しトレーニングを構成した。さらに、RJ テストを経時的に実施し RJ パワー、CT、JH を計測するとともに多項式近似曲線から下肢の SSC 運動の遂行能力の回復動態を評価した。

その結果、前復帰期前半では左下肢の RJ において、CT の延伸が観察され、RJ パワーの向上も停滞していた。そこで、AR では CT の短縮に着目し、RJ テストの結果に基づいて段階的にトレーニングメニューを構成した。RJ テストに基づいた AR によって前復帰期にトレーニングを中断するような傷害は発生せず、RJ パワーは術後 250 日付近で大会に参加可能なレベルまで回復した。さらに、術後 260 日目に 100m 競走の公式大会に出場し競技復帰を果たしたとともにその後も記録を伸ばし続けている。

このことから本事例では、RJ テストを用いた SSC 運動の遂行能力の評価とその結果に基づいた AR の実施が安全にかつ高い競技パフォーマンスを再獲得する上で効果的であることが考えられた。

注 1) ACL 再建術には自家移植腱として骨付き膝蓋腱を用いる Bone to bone 法 (以下、BTB 法) と半腱様筋および薄筋移植腱として用いる解剖学的 2 重束前十字再建術がある。このうち、BTB 法はその両端に腱付着部を連続して有し、移植腱の両端で骨孔と骨片間で強固な初期固定力が得られ骨同士の癒合により移植腱が安定化するものである。

注 2) メディカルリハビリテーションにおける保護期は、ACL 術直後から術後 6 週まで行うもので、手術侵襲による急性炎症を鎮静させるとともに膝関節可動域の改善や術側下肢への荷重練習、大腿四頭筋ならびに大殿筋や中殿筋に対する軽負荷での筋力増強トレーニングが開始される時期となる。次のトレーニング期は、術後 6 週から 3 ヶ月まで行うもので、膝関節の全関節可動域の獲得や固有受容覚の回復、また、呼吸循環機能を高める時期になる。そして、アスレチックリハビリテーションとなる前復帰期は、術後 3 ヶ月から競技復帰まで行うもので筋力トレーニングの負荷強度を上げ、基本的なスポーツ動作であるランニング、ジャンプ、方向転換などの運動能力を過大なストレスを回避しつつ、段階的に獲得する時期となる (小柳, 2011)。

注 3) プラトーとは、リハビリテーションの現場において機能回復の「限界」や「停滞状態」の時に使用される言葉で、ここでのプラトーも機能回復の限界という意味で用いている。

## VI. 引用文献

- ・ Asmussen, E. Bonde-Petersen, F. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol Scand.* 91: 385-392.
- ・ Bosco, C. Luhtanen, P. and Komi, P. V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50: 273-282.
- ・ Brandsson, S. Kartus, J. Larsson, J. Eriksson, B.I. Karlsson, J. (2000) A comparison of results in middle-aged and young patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 16: 178-182.

- Ciccotti, M.G. Lombardo, S.J. Nonweiler, B. Pink, M. (1994) Non-operative treatment of ruptures of the anterior cruciate ligament in middle-aged patients. Result after long-term follow up. *J. Bone Joint Surg. Am.* 76: 1315-1321.
- Costill, D.L. Miller, S.J. Myers, W.C. Kehoe, F.M. and Hoffman, W.M. (1968) Relationship among selected test of explosive leg strength and power. *Res. Q.* 39: 785-787.
- Daniel, D.M. (1988) A measurement of lower limb function. *Am. J. Knee Surg.* 1: 212~214.
- 遠藤 俊典, 田内 健二, 木越 清信, 尾縣貢 (2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. *体育学研究* 52(2): 149-159.
- 船元太郎, 帖佐悦男, 園田典生, 山本恵太郎 (2005) 女性の膝前十字靭帯再建術施行例における術後筋力評価—再建材料による比較—. *整形外科と災害外科.* 54 (2): 247-250.
- Harris, J.D. Abrams, G.D. Bach, B.R. Williams, D. Heidloff, D. Bush-Joseph, C.A. Verma, N.N. Forsythe, B. Cole, B.J. (2014) Return to sport after ACL reconstruction. *Orthopedics.* 37 (2): 103-108.
- 星田隆彦, 栗山節郎, 山上繁雄, 渡辺幹彦, 佐藤秀二, 山本讓, 塩谷英司, 石川大樹 (2003) 当院における中高齢者に対する膝前十字靭帯再建術の短期成績と問題点. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 11(4): 128-128.
- 岩竹 淳, 鈴木朋美, 中村夏実, 小田宏行, 永澤健, 岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. *体育学研究,* 47: 253-261.
- 黄川昭雄, 山本利春 (1986) 体重支持力と下肢のスポーツ障害. *Jpn. J. SpoltSSci.* 5: 837-841.
- 黄川昭雄, 山本利春 (1988) アスレチック・リハビリテーションにおける下肢の機能および筋力評価. *臨スポーツ医会誌.* 5: 213-215.
- 木村由佳, 佐々木静, 津田英一, 石橋恭之 (2019) ACL 再建後再断裂と反対側断裂の現状とリスク要因. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 27(3): 363-366.
- 金高宏文 (2007) 新体力テストにおける年齢による多項式近似を用いた平均値及び標準偏差の推定. *スポーツトレーニング科学.* 8: 46-50.
- 小森大輔, 関子浩二, 小西麻耶子, 小森智美 (2012) リバウンドジャンプ初心者のための指導法—姿勢づくりに着目して—. *スポーツパフォーマンス研究.* 4: 161-170.
- 小坂則之, 濱田彩, 吉村千恵, 矢内原成美, 高石翔, 上田康裕 (2016) 膝前十字靭帯再建術施行後における等尺性膝伸展筋力の予後予測. *四国理学療法士会学会誌.* 38: 46-47.
- 小柳磨毅 (2011) ACL 再建術前後の運動機能評価. *関節外科.* 30 (1): 63-73.
- 小柳磨毅, 史野根生 (2011) 膝蓋腱を用いたACL再建術. *臨床スポーツ医学.* 28 (10): 1143-1151.
- Krosshaug, T. Nakamae, A. Boden, B.P. Engebretsen, L. Smith, G. Slauterbeck, J.R. Hewett, T.E. Bahr, R. (2007) Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball. video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 35(3): 359-367.
- Marumo, K. Saito, M. Yamagishi, T. Fujii, K. (2005) The “ligamentization” process in

human anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar and hamstring tendons. a biochemical study. *Am J Sports Med.* 33(8): 1166-1173.

- ・ 仲島佑紀, 上倉將太, 脇元幸一 (2003) 立ち上がりテストと体重支持指数 (WBI) の関係. *専門リハビリ.* 2: 34-38.
- ・ 根井吾郎, 米倉暁彦, 小関弘展, 千葉恒, 宮本力, 穂積晃, 木寺健一, 前田純一郎, 黒木綾子, 富田雅人, 白石和輝, 尾崎誠 (2015) 50 歳以上の中高齢者における膝前十字靭帯再建術の治療成績. *整形外科と災害外科.* 64(2) : 245-248.
- ・ Neuman, P. Englund, M. Kostogiannis, L. Friden, T. Roos, H. Dahlberg, L.E. (2008) Prevalence of tibiofemoral osteoarthritis 15 years after nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injury. a prospective cohort study. *Am. J. Sports Med.* 36: 1717-1725.
- ・ 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 前十字靭帯 (ACL) 損傷診療ガイドライン策定委員会 (2012) 前十字靭帯 (ACL) 損傷診療ガイドライン 2012 改訂第 2 版. 南江堂, : 1-7.
- ・ 日本リハビリテーション医学会 (1995) 関節可動域表示ならびに測定法. *リハビリテーション医学.* 32 (4): 207-217.
- ・ 西菌秀嗣 (2004) スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法. *トレーニング科学の活用テクニック*, 初版, 鹿屋体育大学スポーツトレーニング研究センター編. 大修館書店. pp. 82-89.
- ・ NPO 法人 日本トレーニング指導者協会 (2014) *トレーニング指導者テキスト実践編* 改訂版. 大修館書店. pp. 78-85.
- ・ Olsen, O.E. Myklebust, G. Engebretsen, L. Bahr, R. (2004) Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. a systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 32 (4): 2004.
- ・ 大森豪, 瀬川博之, 古賀良生 (2001) 前十字靭帯損傷膝および前十字靭帯再建膝における変形症性変化. *臨床スポーツ医学.* 18: 505-509.
- ・ 大塚雅雄 (1995) 作物品種の生態的特性解析への折れ線回帰モデルの適応. *Breeding science.* 45: 135-138.
- ・ 志賀充 (2013) 女性スポーツ競技者における各種跳躍能力と疾走能力との関係: 片脚跳躍運動の脚動作と疾走速度に着目して. *体育学研究.* 58: 429-443.
- ・ 下河内洋平, 中陳慎一郎 (2018) 前十字靭帯再建術後の競技復帰における大腿四頭筋筋力および RFD の重要性. *JATI EXPRESS.* 63: 24-26.
- ・ 白石稔, 水田博志, 久保田健治, 中村英一, 大塚豊, 水本圭彦, 長元法喜, 高木克公 (1996) 膝前十字靭帯再建術後患者における hop test による機能評価. *整形外科と災害外科.* 45(2): 351~354.
- ・ 杉山貴生, 杉山貴哉, 三宅秀俊, 石川徹也 (2019) 膝前十字靭帯再建術後 8 ヶ月時の Single Leg Hop Test に関する因子とその有用性の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 27(2): 215-221.
- ・ スポーツ庁 (2018) 平成 29 年度体力・運動調査結果の概要及び報告書について. 2.平成 29 年度体力・運動能力調査報告書. 3.統計数値表: P55.

- [https://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k\\_detail/1409822.htm](https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1409822.htm)  
(参照日令和2年10月1日)
- Stein, D.A, Brown, H. Bartolozzi, A.R. (2006) Age and ACL reconstruction revisited. *Orthopedics*. 29: 533-536.
- Suzuki, T. (2011) Early integration of a bone plug in the femoral tunnel in rectangular tunnel ACL reconstruction with a bone-patellar tendon-bone graft: a prospective computed tomography analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011(19):29-35.
- 和田治, 赤山遼輔, 飛山義憲, 北河朗, 丸野英人, 岩崎安伸 (2013) 中高年における前十字靭帯再建術後の術後成績-膝機能およびQOLに関して-. *臨床スポーツ医学*. 30(2): 189-194.
- 八木知徳 (1999) スポーツによる膝疾患と運動療法. *臨床整形外科*. 34(6) : 707-713.
- 山本茂樹, 栗山節郎, 星田隆彦, 塩谷英司, 渡邊幹彦 (2005) 膝前十字靭帯再建術後の筋力の回復とスポーツ復帰について. *膝*. 30(2): 285-289.
- 山本利春, 村永信吾 (2002) 現場に役立つコンディショニングの科学 (5) 下肢筋力が簡便に推定可能な立ち上がり能力の評価. *スポーツメディスン*. 14(5): 38-40.
- 吉田昌平, 原邦夫 (2013) 膝前十字靭帯再建術後の競技復帰時期における運動生理学的指標の評価とトレーニング処方-ハイレベル男子サッカー選手による検討-. *理学療法学*. 40(8): 626-630.
- 関子あまね, 荻山靖, 関子浩二 (2017) リバウンドジャンプテストを用いた跳躍選手の専門的な下肢筋力・パワーに関する評価. *体力科学*. 66(1): 79-86.
- 関子浩二, 高松薫, 古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. *体育学研究*.38: 265-278.
- 関子浩二, 高松薫 (1995) バリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因-筋力および瞬発力に着目して-. *体力科学*. 44: 147-154.
- 関子浩二, 高松薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因 : 下肢各関節の仕事と着地に対する予測に注目して. *体育学研究*. 40:29-39.
- Zysk, S.P. Refior, H.J. (2000) Operative or conservative treatment of the acutely torn anterior cruciate ligament in middle-aged patients. A follow-up study of 133 patients between the ages of 40 and 59 years. *Arch Orthop Trauma Surg*. 120(1-2): 59-64.