

# 膝前十字靭帯再建術前の 屈曲可動域制限が膝筋力に与える影響

Influence of preoperative loss of knee flexion on muscle strength  
after anterior cruciate ligament reconstruction

田中龍太\*<sup>1</sup>, 今屋 健\*<sup>1</sup>, 深井 厚\*<sup>2</sup>  
眞田高起\*<sup>2</sup>, 藤島理恵子\*<sup>1</sup>

キー・ワード：Post anterior cruciate ligament reconstruction, Preoperative flexion restriction, Postoperative knee muscle strength  
前十字靭帯再建術後, 術前屈曲制限, 術後膝筋力

〔要旨〕 本研究の目的は、膝前十字靭帯再建術前における膝屈曲可動域を踵殿間距離（HH）で測定し、術前の HH 制限が術後の膝筋力に与える影響を明らかにすることである。

対象は、当院で施行した膝前十字靭帯再建術前から術後 5 カ月、術後 8 カ月、術後 1 年時まで経時的に以下の調査項目を計測することが出来た 294 例（男性 101 例、女性 193 例）の後ろ向き研究である。調査項目は、年齢、体重、待機期間、関節内構成体に対する処置の有無、膝伸展・屈曲筋力の健患比、脛骨前方移動量を調査した。術前△HH が 0cm の群（良好群）と 0.5cm 以上の群（不良群）の 2 群間で比較検討した。

結果は、良好群と不良群において膝伸展・屈曲筋力は、術前は良好群が有意に大きかったが、術後は差がなかった。

術前の屈曲可動域制限は、術後の膝伸展・屈曲筋力の回復に影響を与えなかった。

## はじめに

我々は膝前十字靭帯（以下 ACL）再建術後、安全で確実な早期の競技復帰を目標にリハビリテーションを実施している<sup>1)</sup>。Lents ら<sup>2)</sup> は、競技復帰には、不安感、疼痛、腫脹、関節不安定性、筋力低下が復帰を阻害する因子として述べている。我々も競技復帰には、膝筋力の回復が重要な因子の 1 つであると考えている。そしてこれまでに、ACL 再建術前後の膝伸展可動域制限の有無が膝伸展筋力の回復を阻害すると報告してきた<sup>1,3)</sup>。しかし、膝屈曲可動域に関する報告は少なく、膝筋力との関係性を報告しているものはほとんど見られない。近年、我々の調査では、術後の膝屈曲可

動域制限が膝伸展筋力と相関があることがわかったが<sup>4)</sup>、その詳細は不明な部分が多い。そこで今回、術前の屈曲可動域制限の有無に着目し、術後の膝筋力の回復との関係性を明らかにすることを目的とし検討した。

## 対 象

対象は、2013 年 1 月から 2015 年 12 月までに当院スポーツ整形外科で半腱様筋・薄筋腱を用い transtibial 法にて二重束再建術の一側初回再建例の 1027 膝であった。レンジパターンは、over the top pattern とし、固定は膝関節完全伸展位による manual max であった。再建例のうち、半月板ロッキング後や半月板縫合術後 2 期的に行った再建術、複合靭帯の再建術は除外した。術前から術後 1 年時までの時期で、リハビリテーションは同一のプロトコルで行い<sup>1)</sup>、全ての測定期間に測定

\*1 関東労災病院中央リハビリテーション部

\*2 関東労災病院スポーツ整形外科

表1 当院における ACL 術後の目標屈曲可動域と主なり  
ハビリテーションスケジュール

PO0 ~ 1w : 90°
1W ~ 10days : 110 ~ 120° (退院)
4W ~ 8w : 120-130° エアロバイク開始
8W ~ 12w : 140° ジョギング開始
12w ~ 4M : 150° ステップ系開始
4M ~ : 可及的に HH : 0, レッグエクステンション ダッシュ開始
5M : 部分合流 (Biodex にて健患比 70% 以上にてノン コンタクトまで) ステップ&ジャンプ動作な どの複合運動の習熟
6.5 ~ 8M : スポーツ復帰へ (Biodex にて健患比 80% 以上, 引退のタイミングなどの事情によ り復帰のタイミングは考慮)

が行えた 294 膝, 男性 101 膝 (31.2±10.9 歳) 女性 193 膝 (25.0±12.8 歳) を対象とし後ろ向きに調査した。

なお, リハビリテーションでは術前から介入し, 可動域や筋力回復に対する指導を行い, 手術までに可能な範囲で膝関節の完全伸展の獲得と完全屈曲である正座肢位の獲得を目指している。手術前日の入院日に術前の可動域, 筋力測定を行い, 術翌日から可及的に全荷重下でリハビリテーションを開始する。伸展可動域は可及的に, 屈曲可動域は段階的に左右差の改善を目指している。術後 5 カ月で筋力測定を行い部分復帰, 術後 8 カ月の競技復帰を目標としている (表 1)。

## ■ 検討項目

膝の屈曲可動域は, 自重による正座肢位で, 踵殿間距離 (Heel to Hip distance) の健患差 (以下,  $\Delta$ HH 単位: cm) を術前 (Pre), 術後 5 カ月 (以下, 5M, 術後 8 カ月 (以下, 8M), 術後 1 年 (以下, 1Y) 時に測定した。

$\Delta$ HH は, 踵骨最上部から垂直線上に殿部までの距離をメジャーを使って測定し, 0.5cm 単位で計測した (図 1)。

このうち, 術前に  $\Delta$ HH が 0cm であった群を良好群, 0.5cm 以上であった群を不良群 (3cm (0.5-11)) に分類し以下の項目を各時期で比較した。

### 1. 年齢と体重

手術時の年齢 (単位: 歳) と体重 (単位: kg) を調査した。

### 2. 手術までの待機期間 (以下, 待機期間)

受傷から手術までの待機期間 (単位: カ月) を調査した。



図 1 Heel to Hip distance の計測方法

自重による正座肢位で, 体幹や下肢の回旋を用いずに, 正中に膝を屈曲させ, 殿部を踵の方へ降ろしていく。その際の踵と殿部の距離を計測し, 健側との左右差で評価する。踵骨の最上部から垂直線上に殿部までの距離をメジャーを用いて 0.5cm 単位で計測した。参考文献 8) より引用

### 3. 関節内構成体に対する処置の有無 (以下, 処置ありの割合)

各々の群内での半月板や関節軟骨の損傷に対する処置を行っている割合を調査した。

### 4. 等速性膝筋力

等速性膝筋力は, Biodex System3 (Biodex 社製) を用いた。測定時の膝関節角度は 0°~90° の範囲とし, 健側と患側の膝伸展筋力と膝屈曲筋力を角速度 60deg/sec で計測した。それぞれ, 健側に対する患側の比率 (患側/健側 単位: %) を求め, 健患比で比較した。

### 5. 脛骨前方移動量

各々の時期において, Kneelax 3 (Gatso Special 社製) を用い, 132N で膝関節 30° 屈曲位にて脛骨の前方移動量を測定し, 脛骨前方移動量の健患差 (単位: mm) (以下, AD 健患差) を調査した。

## ■ 統計

データ解析は, 統計ソフト SPSS version 25.0-for Windows を使用した。Shapiro-Wilk 検定を用いて正規分布の検討を行った。その後, 2 群間で年齢, 体重, 待機期間, 膝伸展筋力, 膝屈曲筋力, AD 健患差の項目は Mann-Whitney の U 検定もしくは対応のない t 検定を, 処置ありの割合は, 独立性に対する検定として  $\chi^2$  検定を用いた。それぞれ有意水準は 5% 未満とした。

## ■ 倫理的配慮

本研究はヘルシンキ宣言にのっとり, 事前に対

表 2-1 良好群と不良群の患者背景

	良好群	不良群	統計	有意差
人数 (膝)	211	83	—	—
年齢 (歳)	31±11.8 31 (14-66)	29.3±8.3 29 (15-49)	2	n.s
待機期間 (カ月)	17.5±51.0 3.0 (0.75-444)	4.5±16.1 2.0 (0.5-144)	2	*
処置ありの割合 (%)	44.6	54.2	3	0.000 n.s

平均値±標準偏差  
中央値 (最小値 - 最大値)

1 : two samples t test \* <0.05  
2 : Mann-Whitney U test  
3 :  $\chi^2$  検定

表 2-2 関節内構成体に対する処置の内訳

	良好群 (膝)	不良群 (膝)
半月板縫合	29	13
半月板切除	60	15
複合処置 (縫合+切除)	14	7
クリーニング	11	5
処置なし	89	38
軟骨処置	2	1
軟骨処置+半月板処置	6	4
合計	211	83

象者に十分な説明を行い、書面による同意を得て行った。個人が特定されないように、情報は十分に管理し行った。また、本研究は、後ろ向きの研究であり、関東労災病院倫理委員会の承認を得て行った。(承認番号：第 2018-34 号)

## 結 果

良好群は、211 膝で不良群は 83 膝であった。

### 1. 年齢と体重

良好群 31 (14-66) 歳、不良群 29 (15-49) 歳、体重は、良好群 58.0 (39-98) kg、不良群 60.0 (45-120) kg で、年齢、体重共に両群間に差はみられなかった。

### 2. 待機期間

良好群 3.0 (0.75-444) カ月、不良群 2.0 (0.5-144) カ月であり、不良群が有意に短かった (表 2-1)。

### 3. 処置ありの割合

良好群 44.6%、不良群が 54.2% で両群間に差はみられなかった (表 2-1, 2-2)。

### 4. 膝筋力

術前において良好群の膝伸展筋力は 77.5±16.6%、不良群は 70.0±15.7%、良好群の膝屈曲筋力は 86.2±18.4%、不良群は、78.4±19.1% であり

どちらも良好群が有意に大きかった。術後の各時期での膝伸展筋力、屈曲筋力共に有意差はみられなかった (表 3, 4)。

## 5. AD 健患差

術前において良好群 5.0 (-1.81-12.10) mm、不良群は 4.0 (1.10-10.83) mm、で不良群が有意に小さかった。術後の各時期での AD 健患差に有意差はみられなかった (表 5)。

## 考 察

ACL 再建術後の膝関節の機能改善は、スポーツ復帰に重要であり、膝伸展可動域や膝伸展筋力の回復、相互関係がこれまでに数多く報告されている<sup>1,3,5,6)</sup>。また、術前の可動域や筋力の状態が、術後に影響を与えることは周知の事実であり、我々も術前から可動域訓練や筋力訓練を可及的に取り入れ、筋力回復を目指したりハビリテーションに取り組んでいる。しかし、本研究の結果から、術前における膝関節屈曲可動域制限の有無は、術前の膝伸展・屈曲筋力の差を生じるが、術後の筋力差を生じる要因とはならない可能性が示唆された。

術前に屈曲可動域制限がみられた不良群は、良好群に比べて年齢や体重、術後の関節内の状態に差はなかったが、手術までの待機期間が短く、術前の筋力が低い可能性が示唆された。そして、AD 健患差も不良群が有意に小さかった。AD 健患差は、ACL の前方制動性を評価するだけでなく、関節の遊び (Joint Play) を定量評価することにも用いることができる<sup>7)</sup>。そのため、AD 健患差が小さいということは、良好群に比べて不良群の膝は、関節の遊びが小さく、可動域制限も有していることから、膝関節自体が硬い状態である可能性が考えられる。当院では、術前リハビリテーションを

表 3 良好群と不良群の膝伸展筋力の健患比 (%)

	良好群	不良群	統計	有意差
pre	77.5 ± 16.6 77.6 (36.2-115.7)	70.0 ± 15.7 69.1 (49.1-102.7)	1	*
5M	75.5 ± 15.9 77.8 (39.7-128.1)	75.8 ± 16.1 76.0 (35.4-134.6)	2	n.s
8M	84.7 ± 14.2 86.7 (40.7-117.6)	82.3 ± 13.7 83.1 (46.7-105.9)	2	n.s
1Y	91.4 ± 13.3 93.4 (56.2-152.9)	89.0 ± 15.0 90.4 (66.9-123.5)	2	n.s

平均値 ± 標準偏差

中央値 (最小値 - 最大値)

1 : two samples t test

2 : Mann-Whitney U test

\* < 0.05

表 4 良好群と不良群の膝屈曲筋力の健患比 (%)

	良好群	不良群	統計	有意差
pre	86.2 ± 18.4 86.5 (39.3-130.4)	78.4 ± 19.1 78.8 (42.0-128.5)	1	*
5M	87.2 ± 17.7 87.5 (34.2-132.8)	87.4 ± 16.3 88.7 (59.9-131.0)	1	n.s
8M	92.1 ± 16.4 92.1 (57.5-123.0)	90.9 ± 13.3 89.0 (68.7-120.7)	2	n.s
1Y	92.9 ± 13.5 93.0 (54.5-126.1)	93.1 ± 13.9 92.0 (67.6-124.6)	2	n.s

平均値 ± 標準偏差

中央値 (最小値 - 最大値)

1 : two samples t test

2 : Mann-Whitney U test

\* < 0.05

表 5 良好群と不良群の前方安定性健患差 (mm)

	良好群	不良群	統計	有意差
pre	5.14 ± 2.60 5.0 (-1.81-12.10)	4.34 ± 2.38 4.0 (1.10-10.83)	2	*
5M	1.23 ± 1.74 1.32 (-3.40-5.86)	1.04 ± 1.72 0.93 (-3.61-4.70)	2	n.s
8M	1.27 ± 1.74 1.49 (-5.8-5.86)	1.02 ± 1.55 0.98 (-2.8-4.5)	2	n.s
1Y	1.20 ± 1.75 1.40 (-6.38-5.18)	1.18 ± 1.87 1.18 (-3.0-4.22)	2	n.s

平均値 ± 標準偏差

中央値 (最小値 - 最大値)

1 : two samples t test

2 : Mann-Whitney U test

\* < 0.05

行い、可能な限り可動域の左右差が無い状態での手術を目標としている。しかし、場合によっては、引退の時期や仕事関係上の問題などにより左右差のない可動域を獲得出来ていない状態で手術を迎えることがある。不良群は、手術までの待機期間が短いことから、受傷から手術までのリハビリテーション期間が十分になく、術前の可動域や筋力の回復が良好群に比べて不十分な状態である可能性が示唆された。屈曲の可動域に関して、今屋ら<sup>8)</sup>や高石ら<sup>9)</sup>は、術後の屈曲可動域の獲得には術前の状態が影響を与えると報告しており、伸展可動域と同様に術前の状態が大きく関与していると

されている。しかし、本研究の結果では、可動域とは異なり、術前の筋力差や AD 健患差は術後に影響を与えない可能性が示唆された。

膝伸展筋力に関して、これまでに伸展可動域制限による膝伸展機構の障害が、筋力低下を引き起こすという報告が数多くみられる<sup>1,3)</sup>。屈曲可動域との関係について北村ら<sup>6)</sup>は、術前の膝関節可動域制限を認めた場合、術後の伸展筋力に影響があると報告している。しかし、本研究からは、術前の屈曲に対する可動域制限は、術後の膝伸展機構や膝伸展筋力に大きな影響を与えないことが示唆された。

また、膝屈曲筋力に関しても伸展筋力同様に術後の筋力に差はみられなかった。一般的にハムストリングス腱を使用した再建術後の屈曲筋力の回復は、深屈曲位での筋力の回復が機能解剖的に困難であることが知られている<sup>10)</sup>。本研究では浅屈曲域での筋力評価であり、術前の屈曲可動域制限の有無にかかわらず術後の筋力回復は良好であった。深屈曲域での屈曲筋力に対する評価は今後の課題としたいが、浅屈曲域での屈曲筋力の回復は、術前の筋力や深屈曲の可動域制限による影響よりも術後の採取腱の回復を阻害せず<sup>11)</sup>、適切なアプローチをすることが重要であると思われる。

膝筋力の回復には、術前の活動量の低さやリハビリテーションへのモチベーションの低下、痛みに対する耐性の低さ、年齢、性別、などの多くの要因が回復の遅延を引き起こすとこれまでも報告されている<sup>12-15)</sup>。我々は、以前に女性において、△HHと膝伸展筋力の患側体重比・健患比に負の相関があることを報告しており<sup>4)</sup>、膝屈曲可動域が膝伸展筋力に対して何らかの影響を与えている可能性があると考えていた。しかし今回の結果から、術前の屈曲可動域制限と膝筋力の回復との因果関係があることを統計上証明することが出来なかった。河崎ら<sup>16)</sup>は、術後5カ月時の膝伸展筋力の回復には、術後13日目の屈曲可動域と関連があると報告している。そのため、今後は、術後に屈曲可動域獲得の進捗状況と膝筋力の回復に関する因果関係を調査し、屈曲可動域と膝筋力との関係性をより明らかにしていきたいと考えている。

本研究の限界としては、HH測定にあたって、踵骨と殿部の距離をメジャーを用いた測定を実施したが、測定方法と精査に関して工夫、検討が必要であると考えている。また、上記したように、屈曲筋力の評価について、深屈曲域での評価が行えていないことや性別や運動レベルに分類した比較検討が必要であるため今後の検討課題としたいと考えている。また、本研究では前向き研究ではないこと、観察期間が1年間という短期的であること、筋力を0-90°の測定角度で、60deg/secでの角速度やピークトルクでのみの筋力評価であることがあげられる。

## 結 語

・当院でのACL再建術前の屈曲可動域制限の有無と膝筋力との関係性を調査した。

・術前の深屈曲での可動域制限は、術前の膝筋力に影響を与えるが、術後の膝筋力には影響を与えない可能性が示唆された。

## 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) 園部俊晴, 今屋 健, 勝木秀治. 第III部 下肢. In: 内山英司, 岩嶺弘志(監修). 改訂版スポーツ外傷・障害に対する術後のリハビリテーション. 第3版. 神奈川: 運動と医学の出版社; 184-276, 2013.
- 2) Trevor A. Lentz, Giorgio Zeppieri Jr, Susan M. Tillman, et al. Return to Preinjury Sports Participation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Contributions of Demographic, Knee Impairment, and Self-report Measures. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012; 893-901.
- 3) 山本敬之, 眞田高起, 中村謙介, 他. 膝前十字靭帯再建術後の伸展制限と筋力回復の遅延. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2011; 19: S128.
- 4) 田中龍太, 今屋 健, 深井 厚, 他. 当院におけるACL再建術1年時の競技復帰状況と臨床成績の関係について. *JOSKAS.* 2017; 42: 607-615.
- 5) 平田大地, 佐藤謙次, 石山裕暁, 他. 膝関節前十字靭帯再建術後の膝関節伸展可動域および筋力の回復状況. *JOSKAS.* 2013; 38: 128-129.
- 6) 北村宏規, 高原信二, 平川信洋, 他. 膝関節前十字靭帯再建術の術後成績に影響する術前の関連因子の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2008; 16: S185.
- 7) 今屋 健. 第2章臨床膝タイプの見極め. In: 膝関節運動療法の臨床技術. 第1版. 東京: 文光堂; 40-56, 2018.
- 8) 今屋 健, 田中龍太, 志田峻哉, 他. 膝前十字靭帯再建術後の正座姿勢獲得を目標とした踵殿間距離の経時的な評価. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2019; 27: 97-102.
- 9) 高石 翔, 小坂則之, 濱田 彩, 他. 膝前十字靭帯再建術前における膝関節可動域のカットオフ値～術後6カ月で屈曲151°以上獲得を目標として～. *高知理学療法.* 2016; 23: 69-73.
- 10) Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al. Harvesting hamstring tendons for ACL reconstruction influences postoperative hamstring muscle performance. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003; 123: 460-465.

- 11) Kuramochi R, Nomura Y, Sanada A, et al. Semitendinosus Tendon Regeneration after ACL Reconstruction: A Morphological and Functional Study. *The journal of arthroscopic and Related Surgery*. 2012; 28: 379-381.
- 12) 高橋友理子, 今井覚志, 八並光信, 他. ACL再建術後の関節可動域について. *理学療法学*. 2001; 28: 377.
- 13) 堤康次郎, 水田博志, 中村英一, 他. 膝屈筋腱を用いた前十字靭帯再建術後の膝伸展筋力の回復について. *整形外科と災害外科*. 2002; 51: 287-290.
- 14) 中村憲正, 佐々木聡, 俊成 忍, 他. 女性における膝前十字靭帯再建術後の筋力回復因子の不良因子の検討. *リハビリテーション医学*. 2000; 37: 826-827.
- 15) 入内島崇紀, 伊部洋子, 田澤昌之, 他. 膝前十字靭帯再建術後の下肢筋力回復を遅延させる因子の検討. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*. 2012; 49: 5175.
- 16) 河崎尚史, 大山貴裕, 増島 篤, 他. 膝前十字靭帯再建術後初期リハビリテーションとスポーツ復帰時筋力回復の関係. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2011; 19: S127.

(受付: 2018年7月24日, 受理: 2019年10月17日)

## Influence of preoperative loss of knee flexion on muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction

Tanaka, R.<sup>\*1</sup>, Imaya, T.<sup>\*1</sup>, Fukai, A.<sup>\*2</sup>  
Sanada, T.<sup>\*2</sup>, Fujishima, R.<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Central Department of Rehabilitation Medicine, Kanto Rosai Hospital

<sup>\*2</sup> Department of Sports Orthopedic Surgery, Kanto Rosai Hospital

**Key words:** Post anterior cruciate ligament reconstruction, Preoperative flexion restriction, Postoperative knee muscle strength

**[Abstract]** The purpose of this study was to investigate the relationship between the preoperative condition of heel to hip distance (HH) and progress concerning HH and knee extensor muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction surgery at our hospital.

The study included 294 subjects (101 men, 193 women) who showed progress from the preoperative period to one year after reconstructive surgery. The following parameters were evaluated: age, weight, waiting period, presence or absence of intra-articular treatment, ratio of knee extension and flexion muscle strength of the affected to the unaffected sides, and anterior tibial translation difference between the affected and unaffected sides. Patients were classified on HH of 0 cm (good group) or greater than 0.5 cm (defective group) before reconstruction. We compared the above-mentioned parameters between the two groups.

The results showed that the knee extension and flexor muscle strength was significantly greater in the good group than the defective group before surgery, but there was no difference after the surgery.

Limited preoperative flexion range did not affect knee extension and flexion muscle strength recovery after reconstruction.