

前十字靱帯再建術後の筋力回復の検討

平澤直樹 (大磯病院リハビリテーションセンター)

神内 弘行 (大磯病院リハビリテーションセンター)

南谷 晶 (大磯病院リハビリテーションセンター)

豊倉 穰 (医学部リハビリテーション学教室)

石田 暉 (医学部リハビリテーション学教室)

Recovery of muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction

Naoki HIRASAWA, Hiroyuki JINNAI,
Akira NANYA, Minoru TOYOKURA
and Akira ISHIDA

Abstract

The purpose of this study was to examine the recovery of quadriceps and hamstrings strength after anterior cruciate ligament reconstruction using the patellar tendon autograft. 10 men and 5 women were examined. Muscle strength were measured by CYBEX 770-NORM isokinetic dynamometer at 6 and 12 months after ACL recostruction. The angular velocity was set at 60(low), 180(middle) and 300(high) degrees/second.

Peak torque and total work of quadriceps in the operated knee was significantly smaller than that in the uninjured knee for all angular velocity at 6 months. At 12 months, peak torque recovered significantly for all angular velocity, but the recovery was still not enough for the low angular velocity as compared to the uninjured knee. As for the total work, there was no notable difference at the low angular velocity between 6 and 12 months, and the recovery was insufficient.

Peak torque of hamstrings had recovered adequately after 6 months for all angular velocity, and for the total work, the recovery was insufficient only at low angular velocity. After 12 months, peak torque and total work of hamstrings had recovered adequately.

From this study, it could be considered that the recovery of hamstrings become satisfactory at 12 months after ACL reconstruction, while quadriceps shows the delay of recovery especially for the low angular velocity. Therefore it should be further training of quadriceps in consideration of low angular velocity.

I. はじめに

スポーツ人口の増加によりスポーツ傷害も増加し、その中でも膝関節の傷害の占める割合は大きい。前十字靱帯 (anterior cruciate ligament: ACL) 損傷は、膝関節の傷害の中でも重篤な傷害

の一つであるが、手術技術の向上及び早期リハビリテーションの施行により、再建術後早期に日常生活やスポーツ活動への復帰が可能となってきた²⁾。

近年、ACL再建術後の膝安定性、筋力、動的膝機能の評価に関する研究は数多く報告されている^{3) 4) 6) 7) 8) 9) 12) 13) 14) 15)}。その中で、骨付き膝蓋腱を用いる再建術の場合、術後の膝安定性の獲得は

良好であるが、膝伸筋群の筋力回復は他の術式と比較すると遅延する傾向が指摘されている⁹⁾。

今回我々は、骨付き膝蓋腱を用いたACL再建術後の早期リハビリテーションの現状と筋力回復の経過及び問題点について検討し考察を加えた。

Ⅱ. 対象および方法

1) 対象

対象は当院にて1996年3月から1996年10月の間に、骨付き膝蓋腱を用いたACL再建術を施行し、術後6ヶ月、12ヶ月の時点で筋力評価が可能であった15例（男性10例、女性5例）である。手術時の平均年齢は 27.9 ± 7.5 歳、平均体重は 64.2 ± 10.8 kgである。傷害側に合併症を有している者は8例（内側側副靱帯損傷3例、内側半月板損傷6例、外側半月板損傷2例）であり、内側側副靱帯損傷は全例、ACL再建術の前に保存的治療を施行した。また内側及び外側半月板損傷に対しては再建術と同時に全例全切除または部分切除を施行した。受傷機転はスキー7例、バスケットボール2例、バレーボール2例、サッカー1例、アメリカンフットボール1例、柔道1例、転落1例である。

2) 方法

全症例に対し、膝伸展及び屈曲の等速性筋力測定を健側、患側に実施した。筋力測定にはLumex社製CYBEX770-NORMを用い、測定角速度は60deg/sec、180deg/sec、300deg/sec（低速、中速、高速）の3種類とした。測定肢位は座位とし、ストラップにて胸、骨盤、大腿をしっかり固定し、膝軸を合わせ、レバーアームは下腿遠位に固定した。全例測定前に説明を行い、最大下にて3回の練習後、最大努力にて膝伸展、屈曲を5回施行した。各角速度間には90秒の休憩を設けた。なお、測定は健側、患側の順に施行した。

測定項目はピークトルク（peak torque：PT）、最大仕事量（total work of best work repetition：TW）とし、術後6ヶ月、12ヶ月の変化及び、健

側に対する患側の割合について検討した。

また、カルテより関節可動域、術後12ヶ月の時点でのスポーツ復帰状況について調査を行った。

3) 統計処理

膝伸展、屈曲のPT値、TW値の健側と患側の比較はunpaired t-testを用い、術後6ヶ月と12ヶ月の比較はpaired t-testを用いて検討を行った。

Ⅲ. リハビリテーションプログラム

当院にて行っているACL再建術後リハビリテーションプログラムを図1に示す。術後3日目より疼痛自制内にて装具装着下で全荷重歩行を許可している（半月板の切除を行った症例に関しては術後1週にて部分荷重を開始し、2週後より全荷重歩行を許可している）。また、同時期より関節可動域訓練を開始する。筋力トレーニングは、SLR、patella setting、患部外トレーニングより開始し、荷重が1/2以上可能になった時点でスクワット動作開始、術後2週目よりエアロバイクを開始する。膝伸展筋群に関してはclosed kinetic chain exercise（以下CKCex）が中心であり、膝屈曲筋群に関してはCKCexに加えてopen kinetic chain exercise（以下OKCex）を用いている。術後1ヶ月よりCYBEXによる等速性筋力訓練を75°以上の屈曲可動域にて開始する。筋力評価は術後3ヶ月、6ヶ月、12ヶ月に行い、膝不安定性の評価の結果と併せて活動レベルを決定している。

Ⅳ. 結 果

1) 健側筋力

健側の膝伸展筋、屈曲筋のPT値、TW値に6ヶ月と12ヶ月の間に有意差は見られなかった。

2) 膝伸展筋力

膝伸展筋の患側のPT値を6ヶ月と12ヶ月で比較

	0	1W	2W	3W	4W	2M	3M	4M	5M	6M	9M	12M
gait	疼痛自制内にて全荷重可											
brace	ADLfree											
ROM	制限無し											
SLR												
patella setting												
leg press(tube)												
leg curl(tube)												
half squat	ダンベル使用											
curf raise												
aerobike												
DYJOC	座位→立位											
step up												
knee bent walk												
quick step												
turn												
CYBEX	75° > 45° > 30° > free											
jogging												
running												
jump												
sports												

図1 リハビリテーションプログラム

Fig. 1 Rehabilitation program

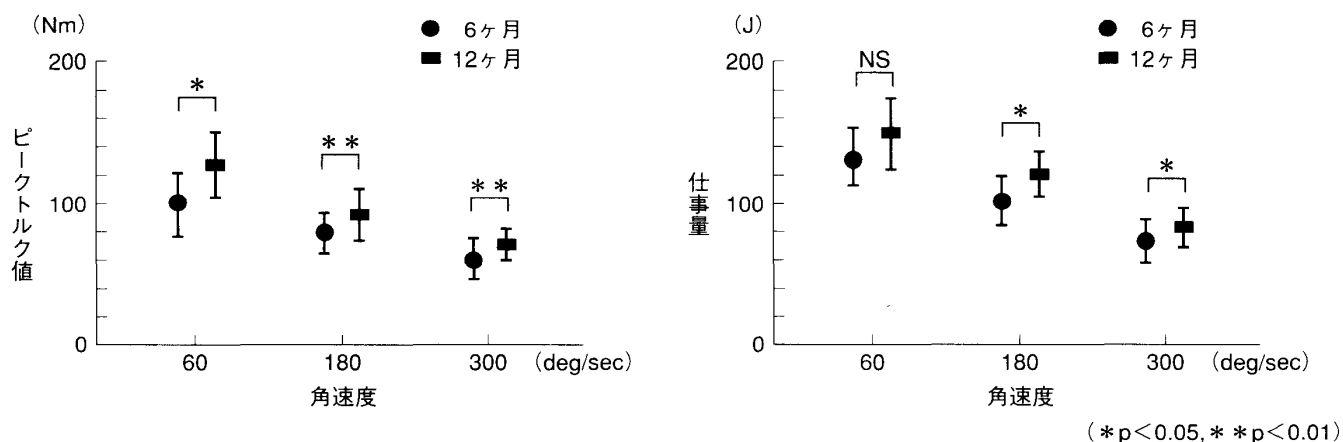


図2 膝伸展のピークトルク値、仕事量の6ヶ月と12ヶ月の比較

Fig. 2 Comparison of peak torque and total work of knee extensor between 6 and 12 months

すると、全ての角速度で6ヶ月が12ヶ月より有意に少なかった (60deg/sec : $p<0.05$ 、180、300deg/sec : $p<0.01$)。 (図2)

膝伸展筋のPT値は、6ヶ月では全ての角速度において患側が健側より有意に少なかった (60deg/sec : $p<0.01$ 、180、300deg/sec : $p<0.05$)。12ヶ月では60deg/secでは患側が健側より有意に少なかった ($p<0.05$) が、180、300deg/secでは有意差は見られなかった。健側比 (患側/健側×

100) を見ると6ヶ月では60、180、300deg/secで 67.2 ± 22.4 、 76.7 ± 28.3 、 $79.2 \pm 24.8\%$ であり、12ヶ月では 76.9 ± 21.0 、 81.6 ± 15.8 、 $82.0 \pm 14.2\%$ であった。(表1)

膝伸展筋の患側のTW値を6ヶ月と12ヶ月で比較すると、180、300deg/secでは6ヶ月が12ヶ月よりも有意に少なかった ($p<0.05$) が、60deg/secでは有意差は見られなかった。(図2)

膝伸展筋のTW値は、6ヶ月では全角速度にお

表1 ACL再建術後の膝伸展のピークトルク値

Table 1 Peak torque of knee extensor after ACL reconstruction

(単位: Nm, Mean $\pm$ SD)

角速度	6ヶ月		12ヶ月	
	健側	患側	健側	患側
60deg/sec	158.1 $\pm$ 43.4 (67.2 $\pm$ 22.4%)	** 105.7 $\pm$ 45.3	163.4 $\pm$ 40.3 (76.9 $\pm$ 21.0%)	* 125.1 $\pm$ 46.8
180deg/sec	108.9 $\pm$ 35.7 (76.7 $\pm$ 28.3%)	* 79.5 $\pm$ 28.5	115.2 $\pm$ 28.2 (81.6 $\pm$ 15.8%)	93.9 $\pm$ 31.5
300deg/sec	79.3 $\pm$ 29.4 (79.2 $\pm$ 24.8%)	* 59.6 $\pm$ 21.6	85.2 $\pm$ 25.3 (82.0 $\pm$ 14.2%)	69.1 $\pm$ 22.5

(): (患側/健側) $\times$ 100

*p<0.05, **p<0.01

表2 ACL再建術後の膝伸展の仕事量

Table 2 Total work of knee extensor after ACL reconstruction

(単位: J, Mean $\pm$ SD)

角速度	6ヶ月		12ヶ月	
	健側	患側	健側	患側
60deg/sec	190.4 $\pm$ 50.8 (68.0 $\pm$ 16.5%)	** 129.3 $\pm$ 48.2	191.7 $\pm$ 43.5 (77.8 $\pm$ 18.1%)	** 148.6 $\pm$ 49.8
180deg/sec	144.4 $\pm$ 44.3 (74.1 $\pm$ 21.4%)	** 103.4 $\pm$ 35.8	148.8 $\pm$ 37.1 (79.9 $\pm$ 16.0%)	* 117.5 $\pm$ 37.1
300deg/sec	103.8 $\pm$ 37.4 (76.8 $\pm$ 18.9%)	* 76.8 $\pm$ 28.8	107.9 $\pm$ 32.5 (80.8 $\pm$ 16.8%)	85.2 $\pm$ 28.8

(): (患側/健側) $\times$ 100

*p<0.05, **p<0.01

いて患側が健側より有意に少なかった (60deg/sec、180deg/sec : p<0.01、300deg/sec : p<0.05)。12ヶ月では60、180deg/secでは患側が健側より有意に少なかった (60deg/sec : p<0.01、180deg/sec : p<0.05) が、300deg/secでは有意差は見られなかった。健側比を見ると6ヶ月では60、180、300deg/secで68.0 $\pm$ 16.5、74.1 $\pm$ 21.4、76.8 $\pm$ 18.9%であり、12ヶ月では77.8 $\pm$ 18.1、79.9 $\pm$ 16.0、80.8 $\pm$ 16.8%であった。(表2)

3) 膝屈曲筋力

膝屈曲筋の患側のPT値を6ヶ月と12ヶ月で比較すると、60、180deg/secでは6ヶ月が12ヶ月よりも有意に少なかった (60deg/sec : p<0.05、180deg/sec : p<0.01) が、300deg/secでは有意差は見られなかった。(図3)

膝屈曲筋のPT値は、6ヶ月及び12ヶ月の全ての角速度で有意差は見られなかった。健側比を見ると6ヶ月では60、180、300deg/secで83.1 $\pm$ 18.4、95.9 $\pm$ 20.5、99.7 $\pm$ 37.6%であり、12ヶ月では96.0 $\pm$ 10.0、100.9 $\pm$ 10.4、100.0 $\pm$ 19.4%であった。(表3)

膝屈曲筋の患側のTW値を6ヶ月と12ヶ月で比較すると、60、180deg/secでは6ヶ月が12ヶ月よりも有意に少なかった (60、180deg/sec : p<0.05) が、300deg/secでは有意差は見られなかった。(図3)

膝屈曲筋のTW値は、6ヶ月では60deg/secで患側が健側より有意に少なかった (60deg/sec : p<0.05) が、6ヶ月の180、300deg/sec及び12ヶ月の全ての角速度では有意差は見られなかった。健側比を見ると6ヶ月では60、180、300deg/secでそれぞれ80.5 $\pm$ 22.1、95.3 $\pm$ 22.6、89.3 $\pm$ 16.3であり、12ヶ月では90.7 $\pm$ 12.7、96.4 $\pm$ 12.7、97.5 $\pm$ 20.0%であった。(表4)

4) 関節可動域

膝の関節可動域は、6ヶ月の時点では12例が全可動域を獲得し、3例が平均3度の伸展制限を有していた。12ヶ月の時点では、14例は全可動域を獲得していたが、1例は3度の伸展制限が残存していた。

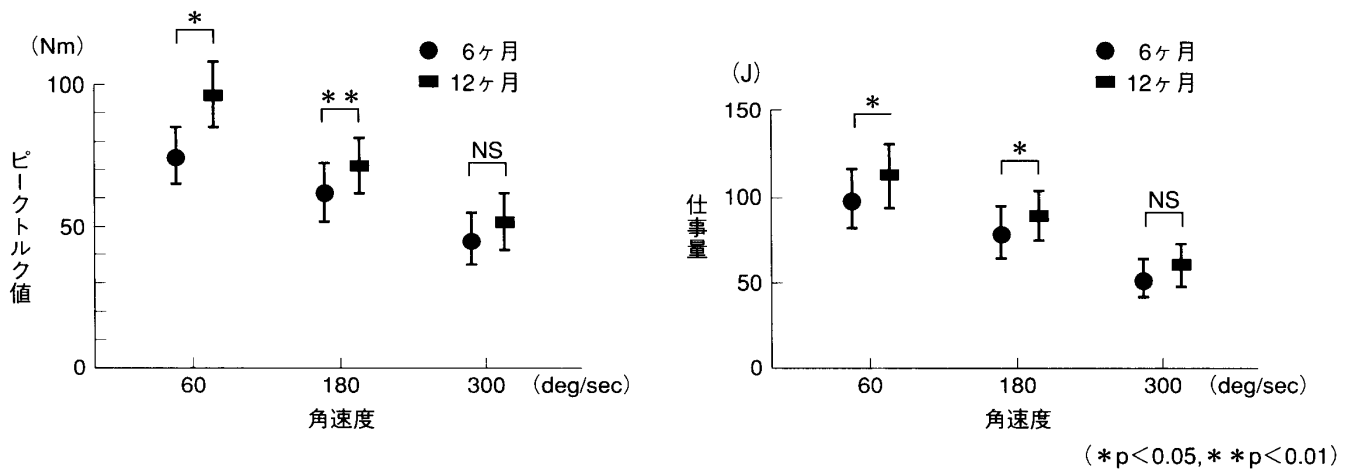


図3 膝屈曲のピークトルク値、仕事量の6ヶ月と12ヶ月の比較

Fig. 3 Comparison of peak torque and total work of knee flexor between 6 and 12 months

表3 ACL再建術後の膝屈曲のピークトルク値

Table 3 Peak torque of knee flexor after ACL reconstruction

(単位: Nm, Mean ± SD)

角速度	6ヶ月		12ヶ月	
	健側	患側	健側	患側
60deg/sec	90.2 ± 24.5	73.3 ± 23.3 (83.1 ± 18.4%)	92.9 ± 20.3	98.7 ± 24.5 (96.0 ± 10.0%)
180deg/sec	66.4 ± 20.5	62.1 ± 19.3 (95.9 ± 20.5%)	70.8 ± 21.0	71.8 ± 23.7 (100.9 ± 10.4%)
300deg/sec	49.3 ± 19.2	45.1 ± 14.8 (99.7 ± 37.6%)	51.3 ± 20.2	50.9 ± 21.1 (100.0 ± 19.4%)

() : (患側/健側) × 100

表4 ACL再建術後の膝屈曲の仕事量

Table 4 Total work of knee flexor after ACL reconstruction

(単位: J, Mean ± SD)

角速度	6ヶ月		12ヶ月	
	健側	患側	健側	患側
60deg/sec	112.5 ± 31.6	97.7 ± 28.8 (80.5 ± 22.1%)	118.4 ± 30.1	107.3 ± 30.4 (90.7 ± 12.7%)
180deg/sec	93.5 ± 25.4	78.2 ± 26.7 (95.3 ± 22.6%)	92.0 ± 29.5	88.5 ± 29.0 (96.4 ± 12.7%)
300deg/sec	58.9 ± 24.5	53.0 ± 19.3 (89.3 ± 16.3%)	61.6 ± 26.1	58.4 ± 22.6 (97.5 ± 20.0%)

() : (患側/健側) × 100

*p<0.05

5) スポーツ復帰状況

スポーツへの復帰状況を見ると、12ヶ月の時点で15例中13例がレクリエーションレベルのスポーツ活動を開始していたが、2例は未復帰であった。

V. 考 察

ACL再建術後のリハビリテーションは、スポーツはもちろん日常生活に復帰する上で重要であ

り、特に術後の筋力回復のための方法については数多く報告されている^{1) 6) 12) 13) 14) 15)}。膝周囲筋のなかでも膝伸展筋である大腿四頭筋の筋力は重要であり膝屈曲筋力に比べ筋力低下を起しやすく、さらに回復しにくい。この大腿四頭筋の単収縮は、脛骨の前方移動を引き起こし、再建靱帯に多大な負荷をかけることが知られている。そのため、リハビリテーションを施行する上で再建靱帯に負荷をかけずに大腿四頭筋筋力を獲得することは大きな課題である。大腿四頭筋の筋力トレ

ニングの方法としては、CKCexの安全性が報告されている。Yack¹⁴⁾、関矢¹³⁾らはスクワット動作時の脛骨前方移動量を計測し、ACL再建膝と健常膝を比較し両者に差はなく、その安全性を報告している。Bynumら¹⁾はCKCexとOKCexを行ったグループのリハビリテーション施行後の結果を比較し、CKCexを行ったグループの方が膝の安定性、関節可動域、疼痛、日常生活やスポーツへの復帰の面で効果的であったと報告している。またOKCexに関しては、木附ら⁶⁾は膝伸展を負荷無しの自動運動と角速度30deg/secの等速性運動で行った時の脛骨前方移動量を計測し、健常膝とACL損傷膝で比較し、自動運動では0°から30°の範囲でACL損傷群が健常群より有意に脛骨前方移動量が大きく、等速性運動では0°から40°の範囲でACL損傷群が健常群より有意に脛骨前方移動量が大きかったと報告している。さらにACL損傷群で自動運動と等速性運動を比較し、0°から80°の範囲では等速性運動が自動運動より有意に脛骨前方移動量が大きくなり、80°より深い屈曲位での等速性運動であれば安全であると報告している。また、安田ら¹⁵⁾は大腿四頭筋の単独等尺性収縮訓練は70°以上の屈曲位であれば脛骨の前方引き出し力はゼロになると報告している。当院で実施しているリハビリテーションプログラム（図1）はCKCexが中心でありおおむね安全と考えられる。

ACL再建術にて膝伸展機構の一部である膝蓋腱を用いた際、術後の大腿四頭筋筋力の回復は他の術式に比べ遅延することが指摘されている⁹⁾。本研究の目的は骨付き膝蓋腱を用いた再建術後の筋力回復状況とその変化を明らかにすることである。術後の筋力評価としては等速性筋力を用い、PT値が指標として用いられることが多い。PT値は可動域中の最も筋出力の高い点をとらえた指標であるが、これに加えて可動域全体の筋出力を表す指標としてTW値についても考察する。

結果2)より膝伸展筋力を見ると、6ヶ月から12ヶ月にかけてPT値は全角速度において改善しているにもかかわらず、12ヶ月の時点で60deg/secでは健側に比べ有意に低下しており、180、

300deg/secの中、高速に比べ低速では回復が不十分であることがわかる。TW値に関しては、PT値が改善しているにもかかわらず、60deg/secでは6ヶ月と12ヶ月で有意差はなく十分な改善は見られなかった。これは低速での可動域全体の筋出力の回復が不十分であり、筋の持続収縮能力が低下していることが考えられる。Natri⁸⁾、木野田ら⁷⁾も高速に比べ低速の筋力回復は不十分であったと報告し、黄川ら⁴⁾は術後の筋力回復は高速域の筋力から起こると報告している。金子ら³⁾は膝90°屈曲位での大腿四頭筋の等尺性収縮時の表面筋電図と筋力変化を測定し、術後大腿四頭筋の筋力回復は大腿直筋、外側広筋より起こり、内側広筋が十分回復し大腿四頭筋が健側に近い状態になるには計画的なトレーニングを施行しても10ヶ月以上要すると報告している。今回の調査において術後12ヶ月の時点での膝伸展筋力の回復の遅延は、再建靱帯として膝伸展機構を用いたことだけでなく、低速域のトレーニング方法の問題や金子ら³⁾の筋力回復過程からも必然的な結果と考えられる。また、黄川ら⁵⁾は中高速域の筋力は歩行や階段で用いると報告しており、これらは日常生活において使用頻度が高く、そのため低速域に比べ回復しやすいと考える。

TW値については大井¹⁰⁾は筋力が強く、トルクカーブの立ち上がりが急峻になる程値は大きくなると報告し、清水¹¹⁾はトレーニングの指標としてTAE（torque acceleration energy：運動開始から1/8秒間の仕事量）が重要であると報告している。12ヶ月の時点での低、中速でのTW値の回復の遅延は、PT値の低下のみでなく全可動域を通しての持続筋収縮能力やTAEの低下の影響が考えられる。

これらのことより、低速域での筋力向上を前提としたトレーニングを再建靱帯が成熟する6ヶ月以降にはさらに積極的に取り入れていく必要があり、筋力回復が不十分な者にはその必要性を理解してもらい、12ヶ月以降もトレーニングを継続させる必要があると考える。

結果3)より膝屈曲筋力を見ると、PT値は6ヶ月

月の時点で健側と患側の間に有意差はなく、12ヶ月の時点では患側筋力はさらに強くなっていることがわかる。TW値を見ると6ヶ月の60deg/secでは患側は健側に比べて有意に低く、この時点ではPT値は回復していても可動域全体にわたり十分な筋力を発揮できていないことがわかる。12ヶ月の時点ではTW値も回復し健側と同様の筋力が発揮できていると考えられる。6ヶ月の時点は日常生活は装具なしで行い、ランニング等も開始している時期であるが、大腿四頭筋の筋力低下は著明な時期であり、下腿の回旋制御等の膝関節の動的安定性を考えると、この時期の膝屈筋機能の役割は重要であると考えられる。このことより、筋力評価はPT値のみでは不十分であり、TW値の様な膝関節の全可動域にわたる筋出力の評価の重要性が示唆される。

スポーツ活動への復帰の基準としては筋力を指標とすることが多く、特に膝伸展筋である大腿四頭筋の筋力が重要視されている。今回の結果においても膝伸展筋力は著明に低下していたが、膝屈曲筋力は十分に回復がみられたため、膝伸展筋群の評価が重要と考えられる。スポーツ選手が日常生活活動や一般運動が可能となるには、大腿四頭筋の筋力は健側比で70-80%前後の回復が必要である¹¹⁾。今回の調査においても12ヶ月では健側比は75-80%前後であり、さらに15例中13例がスポーツを開始することができていたことから、健側比80%前後の筋力獲得はスポーツ復帰の一つの目安と考えることができるが、競技レベルの選手やコンタクトスポーツ種目の選手に関しては、さらに高い基準のもとに行う必要がある¹¹⁾。

今回の研究では等速性運動よりPT値とTW値を筋力の指標としたが、PT値のみでは筋力の一部しか評価できず、TW値を測定に加えることで膝関節の全可動域にわたる筋出力の評価が可能と考える。しかし、等速性筋力は実際の動作とは異なる収縮様式であり、膝関節の機能をより適切に評価するにはこれらに加えて、ジャンプ等の実際の動作に即した運動能力の評価も必要と考える。

VI. ま と め

- 1) 骨付き膝蓋腱を用いたACL再建術後の筋力回復状況について調査を行った。
- 2) 膝伸展筋力は6ヶ月の時点では患側の筋力低下は全角速度で著明であり、12ヶ月の時点においてもPT値の低速域、TW値の低速、中速域において回復が遅延していた。
- 3) 膝屈曲筋力は6ヶ月ではPT値は全角速度で回復していたが、TW値は低速域で回復が不十分であった。12ヶ月ではPT値、TW値とも健側と同等のレベルまで回復していた。
- 4) PT値のみの評価ではなく、TW値の評価もスポーツ復帰上重要である。
- 5) これらのことより、低速、中速域を考慮した膝伸展筋力の積極的なトレーニングの必要性が示唆された。

参考文献

- 1) Bynum EB, et al : Open versus closed chain kinetic exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 23(4) : 401-406, 1995.
- 2) 林広樹, 他 : 膝蓋靱帯による前十字靱帯損傷. 臨床スポーツ医学10. 特別増刊号. : 267-271. 1993.
- 3) 金子文成, 他 : ACL再建術後の大腿四頭筋機能の回復に関する考察. 理学療法学23 (学会特別号) : 398, 1996.
- 4) 黄川昭雄, 他 : 筋力回復過程からみた前十字靱帯損傷. 東京膝関節学会会誌 9 : 266-270, 1988.
- 5) 黄川昭雄, 他 : スポーツ傷害予防のための下肢筋力評価. 整形外科スポーツ医学会誌 6 : 141-145, 1987.
- 6) 木附哲, 他 : 前十字靱帯損傷時における大腿四頭筋等速性運動時の脛骨前方移動の動的解析. 東京膝関節学会誌16 : 73-76, 1995.
- 7) 木野田典保, 他 : 膝前十字靱帯再建術後の大腿四頭筋・ハムストリングスにおけるピークトルクと仕事量の関係. 理学療法学22(1) : 5-9, 1995.
- 8) Natri A, et al : Isokinetic muscle performance after

- anterior cruciate ligament surgery. Long-term results and outcompredicting factors after primary surgery and late-phase reconstruction. *Int J Sports Med* 17(3) : 223-228, 1996.
- 9) 仁賀定雄, 他 : 早期リハビリテーションを行った骨片付膝蓋腱による前十字靱帯再建術. 東京膝関節学会誌15 : 130-134, 1994.
- 10) 大井淑雄 : Cybexによる機能検査. 整形・災害外科10 : 1487-1497, 1984.
- 11) 清水泰雄 : Cybex IIによる膝関節運動の筋力評価に関する研究. 昭医会誌49(1) : 71-83, 1989.
- 12) Shelbourne KD, et al : Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 18(3) : 292-299, 1990.
- 13) 関矢仁, 他 : 不安定膝におけるスクワット動作での前後方向への動揺性について. 東京膝関節学会誌16 : 69-72, 1995.
- 14) Yack HJ, et al : Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Am J Sports Med* 21(1) : 49-54, 1993.
- 15) 安田和則, 他 : 膝前十字靱帯再建術後の筋力訓練 (第1報) —大腿四頭筋および膝屈筋の単独等尺性収縮が前十字靱帯に及ぼす力—. 日整会誌59 : 1041-1049, 1985.