

研究と報告

膝前十字靭帯再建術後の再鏡視時膝伸展筋力に  
術前膝伸展筋力体重比及び患健比が与える影響  
～重回帰分析を用いた2モデル間の比較～

小坂 則之    高石 翔    濱田 彩  
吉村 千恵    矢内原 成美    上田 康裕

高 知 県 理 学 療 法

第23号 別刷

平成28年3月31日発行

(公社) 高知県理学療法士協会

# 膝前十字靭帯再建術後の再鏡視時膝伸展筋力に 術前膝伸展筋力体重比及び患健比が与える影響 ～重回帰分析を用いた2モデル間の比較～

小坂 則之, 高石 翔, 濱田 彩, 吉村 千恵, 矢内原 成美, 上田 康裕

川田整形外科 リハビリテーション部

## 要 旨

ACL再建術後の膝伸展筋力回復に術前膝伸展筋力が与える影響について主に単変量解析にて報告されており、多変量解析を用いた報告はほとんどなく、要因間の関連性は明らかでない。今回、重回帰分析を用いてACL再建術後の再鏡視時膝伸展筋力に術前膝伸展筋力体重比及び患健比が与える影響について明らかにすることを目的とした。対象は2012年5月から2014年7月までの期間に当院にて同一術者によるACL解剖学的二重束再建術を施行した45名である。基礎的情報として診療録より年齢、性別、受傷から手術までの期間、再鏡視期間を調査した。測定項目は術前TAS、術前・2ヵ月・4ヵ月・6ヵ月・再鏡視時に等尺性膝伸展筋力(体重比、患健比)・HHDを評価した。統計解析には再鏡視時患側膝伸展筋力体重比を従属変数、年齢、性別、手術待機期間、術前患側膝伸展筋力体重比、術前HHD、術前TASを独立変数としてAIC基準によるステップワイズ法を用いた重回帰分析を適用した。また患健比モデルも作成し、筋力以外の変数は体重比モデルと同様とした。統計学的有意水準は5%とした。重回帰分析の結果、再鏡視時患側膝伸展筋力体重比に影響する因子として年齢、術前患側膝伸展筋力体重比、性別が抽出された。調整済み $R^2$ は0.518であった。再鏡視時膝伸展筋力患健比に影響する因子は年齢、術前患側膝伸展筋力患健比であった。調整済み $R^2$ は0.226であった。性別、術前患側膝伸展筋力患健比は有意に選択されず、標準化偏回帰係数も低値であった。再鏡視時膝伸展筋力に年齢、術前膝伸展筋力体重比は影響を与えた。一方、患健比の影響は乏しく、患健比のみを用いての筋力指標には不十分な点があるため、体重比と合わせて検討する必要があると示唆された。これらの結果から、年齢を考慮しながら体重比指標を用いた術前理学療法を行うことが要であることが示唆された。

キーワード：前十字靭帯，術前筋力，体重比

## はじめに

膝前十字靭帯(Anterior Cruciate Ligament; 以下, ACL)損傷はスポーツ外傷の中でも重篤な外傷の一つであり、その治療法として靭帯再建術が優先的に選択される。前十字

靭帯再建術後の治療経過の判断指標の一つとして膝伸展筋力が使用され、各動作開始時期の目標筋力値やスポーツ復帰の際に復帰基準として使用されている<sup>1,4)</sup>。

ACL再建術後の膝伸展筋力回復に影響する因子として性別<sup>1,5)</sup>、年代<sup>1,6,7)</sup>、受傷から手術までの期間<sup>8,9)</sup>、術前膝

伸展筋力<sup>10-13)</sup>、術前のスポーツレベル<sup>11, 12, 14)</sup>、膝伸展制限<sup>15-17)</sup>などが報告されており、術前膝伸展筋力は術後の筋力回復経過に重要であるとされている。

これまでの術前膝伸展筋力が術後筋力回復に与える影響について主に単変量解析にて報告されており、多変量解析を用いた報告はほとんどなく、要因間の関連性は明らかでない。また近年では、患健比は下肢筋機能評価としては妥当性が低いことが指摘されており<sup>18)</sup>、体重比を用いる必要性が検討されている。しかし、体重比における術前膝伸展筋力の影響を多変量解析で行った報告は、我々が渉猟し得る範囲では皆無である。そこで今回、重回帰分析を用いてACL再建術後の再鏡視時膝伸展筋力に術前膝伸展筋力、体重比及び患健比が与える影響について明らかにすることを目的とした。

## 方 法

### 1. 対象

対象は、2012年5月から2014年7月の期間に当院にて同一術者によるACL解剖学的二重束再建術(半腱様筋腱使用)<sup>19)</sup>を施行した92名である。除外基準は高位脛骨骨切り術同時例、両側ACL再建例、再断裂例、経過追跡困難例とし、最終的な分析対象は45名45肢(男性16名、女性29名、左31肢、右14肢)とした後ろ向き研究を行った。対象の身体特性は年齢 $31.3 \pm 15.2$ 歳(範囲13~63歳)、身長 $164.0 \pm 7.2$ cm(範囲150~180cm)、体重 $60.9 \pm 8.7$ kg(範囲43~81kg)であった。合併症は、外側半月板損傷20例、内側半月板損傷例9例、内・外側半月板損傷1名、内側副靭帯損傷及び内側半月板損傷合併2例であった。対象はACL再建術施行後1年を目安に再鏡視及び抜釘術を施行した。本研究において個人情報の取り扱いには十分に留意して検討を行った。また対象者には書面を作成して研究目的及び内容を説明し、同意書を作成した。

### 2. 調査・測定項目

基礎的情報として診療録より年齢、性別、受傷から手術までの期間(以下、手術待機期間)、再鏡視期間を調査した。測定項目は、術前Tegner Activity Score<sup>20)</sup>(以下、TAS)

術前・2ヵ月・4ヵ月・6ヵ月・再鏡視時に等尺性膝伸展筋力・Heel height difference(以下HHD)を評価した。

### 1) TAS

TASは、スポーツあるいは職業の身体活動の程度を0~10までの11段階のカテゴリーの中から現時点での身体活動性を選択することにより活動性を記述する指標である<sup>21)</sup>。competitive sport, recreational sport, work, sick leave or disability pension because of knee problemsに分類される。対象者に術前に質問票を渡し、該当のカテゴリーを選択してもらった。

### 2) 等尺性膝伸展筋力

等尺性膝伸展筋力の測定は、等尺性筋力測定機器(OG技研社製、アイソフォース GT-330)を使用した。センサーアタッチメントは脛骨遠位端に設置し、ベルトで固定した。膝屈曲角度 $60^\circ$ にて健側及び患側をいずれも3回測定し、ピーク平均値を採用した。測定した数値はNからkgfに単位換算し体重で除した体重支持指数(weight-bearing index; 以下、体重比)及び患側を健側で除した患健比を算出し、百分率にて表示した。

### 3) HHD

HHDはACL再建術後の伸展制限に対する評価法として用いられ<sup>15-17)</sup>、従来の伸展角度測定と高い相関関係<sup>22)</sup>が報告されている。また伸展制限の記述だけでなく過伸展を生じている場合でも中立点を評価することが可能である。1cmの踵高差は約 $1^\circ$ の伸展角度である<sup>23)</sup>ことが報告されている。

HHDの測定方法は、腹臥位にて股関節中間位とし両膝蓋骨をベッド端に設定し、下腿をベッド端から下垂させ左右の踵高差を自作の評価器具を使用してmm単位で測定した。(図1) また、踵高差が健側と比較して患側が高の場合には+、患側が低い場合に-表記とした。

### 3. 統計解析

解析方法は、再鏡視時の患側膝伸展筋力体重比に影響を与える要因を抽出するため、再鏡視時患側膝伸展筋力体重

比を従属変数、年齢、性別、手術待機期間、術前患側膝伸展筋力体重比、術前HHD、術前TASを独立変数として重回帰分析を適用した。性別にはダミー変数を適用した。(男性=1, 女性=0) 独立変数の選択にはAkaike's Information Criterion (AIC) 基準によるステップワイズ法を採用した。また体重比との比較のために患健比モデルも作成した。従属変数を再鏡視時膝伸展筋力患健比、独立変数に年齢、性別、手術待機期間、術前膝伸展筋力患健比、術前HHD、術前TASを独立変数として重回帰式を作成した。また独立変数の選択は体重比モデルと同様とした。作成したモデルの適合性の判定は分散分析 (analysis of variance; ANOVA) を使用し、残差の正規性を確認するためにShapiro-Wilk 検定を、残差のランダム性を確認するためにDurbin-Watson検定を実施した。多重共線性の確認には分散拡大要因 (Variance Inflation Factor; VIF) を算出した。統計解析には、R3.2.2, EZRを使用し、有意水準は5%とした。

## 結 果

表1に対象者の身体特性、再鏡視期間、手術待機期間、術前TASを示す。

表2に術前・2ヵ月・4ヵ月・6ヵ月・再鏡視時の患側・健側の等尺性膝伸展筋力体重比、等尺性膝伸展筋力患健比、術前・2ヵ月・4ヵ月・6ヵ月・再鏡視時のHHDを示す。

表3・4に重回帰分析の結果を示す。再鏡視時患側膝伸展筋力体重比に影響する項目は年齢 ( $p<0.01$ )、術前患側膝伸展筋力体重比 ( $p<0.01$ )、性別 ( $p=0.17$ ) であった。作成した重回帰モデルは有意であり、 $R^2$ は0.551、調整済み $R^2$ は0.518であった。VIFは1.19~2.01であり、多重共線性の問題はなかった。Durbin-Watson比は1.78で残差ランダム性を認め ( $p=0.20$ )、Shapiro-Wilk検定の結果、残差の正規性が確認された ( $p=0.22$ )。

また、再鏡視時膝伸展筋力患健比に影響する項目は年齢 ( $p<0.05$ )、術前膝伸展筋力患健比 ( $p=0.08$ ) であった。作成した重回帰モデルは有意であり、 $R^2$ は0.262、調整済み $R^2$ は0.226であった。VIFは1.17~1.87であり、多重共線性の問題はなかった。Durbin-Watson比は1.91で残差ラ

ンダム性を認め ( $p=0.38$ )、Shapiro-Wilk検定の結果、残差の正規性は認められなかった。 ( $p<0.01$ )。

## 考 察

本研究結果において以下の3点が示された。①再鏡視時の患側膝伸展筋力体重比に影響する因子として、術前患側膝伸展筋力体重比及び年齢の影響力が高いことが示唆された。②再鏡視時の膝伸展筋力患健比に影響する因子として年齢、術前膝伸展筋力患健比が選択されたが、術前膝伸展筋力患健比は変動が大きく、影響力も低いことが示唆された。③患健比のみを用いての筋力指標には不十分な点が見られるため、体重比を合わせて検討する必要性が示唆された。

これまで術前膝伸展筋力が術後膝伸展筋力経過に与える影響について複数の先行研究がみられ、池田ら<sup>11)</sup>は術前の膝等速・等尺性膝伸展筋力患健比が60%未満の場合は術後の筋力回復は遅れるとし、特にレクリエーションレベルでは術前の患健比は最低70%以上必要であると報告している。

堤ら<sup>12)</sup>もACL再建術後等速性膝伸展筋力患健比80%以上の筋力回復が得られた比率は術前筋力60%未満で27%、60%~70%未満で46%、70%以上で79%と術前筋力が高いほど術後筋力回復が良好であったと報告している。

この他に前川ら<sup>24)</sup>は男女別に術前の膝伸展筋力が術後に筋力回復に与える影響に報告しており、男女ともに、術前患健比60%未満群では術後4~12か月を通して筋力患健比は低く、術前の膝伸展患健比は60%未満の場合には、術後の筋力回復には時間がかかるとしている。

このように術前膝伸展筋力がACL再建術後の筋力回復に与える影響を検討した報告は複数みられ、1ルートACL再建術及び2ルートACL再建術でそれぞれ報告が見られている<sup>10, 13, 25)</sup>。

しかし、これまでの報告のほとんどが単変量解析を用いていたため、今回重回帰分析による多変量解析を実施したところ、再鏡視時の患側膝伸展筋力体重比に影響する因子として年齢と術前患側膝伸展筋力体重比、性別が抽出され、調整済み $R^2$ は0.518と適合度が高い結果となった。このこ

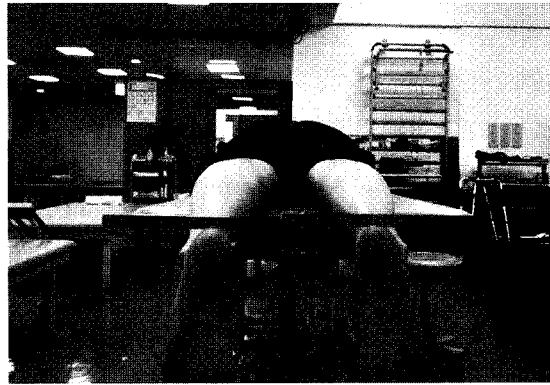


図1 HHD 測定

表1 対象者の身体特性及び基礎情報

年齢 (歳)		31.3±15.2*
性別	男性	16
	女性	29
受傷側	左	31
	右	14
身長 (cm)		164.0±7.2*
体重 (kg)		60.9±8.7*
手術待機期間(日)		142.1±349.6*
		48(11-2200)**
再鏡視までの期間 (日)		422.9±82.9*
		399(205-672)**
術前 TAS		8(1-9)**

\*平均±標準偏差, \*\*中央値 (範囲)

表2 等尺性膝伸展筋力と HHD の推移

膝関節伸展筋力 (kgf/kg)	患側	体重比 (%)	術前	67.6±27.3
			2ヵ月	56.3±25.1
			4ヵ月	75.5±25.9
			6ヵ月	85.7±31.2
			再鏡視時	95.5±27.9
	健側	体重比 (%)	術前	90.2±25.5
			2ヵ月	101.2±21.7
			4ヵ月	108.9±24.0
			6ヵ月	107.2±23.1
			再鏡視時	108.6±21.0
	患健比 (%)	体重比 (%)	術前	74.1±21.2
			2ヵ月	55.4±20.2
			4ヵ月	68.9±15.9
			6ヵ月	79.4±18.5
HHD (mm)		術前	10.0(0-70)	
		2ヵ月	1.0(-18-45)	
		4ヵ月	4.0(-20-35)	
		6ヵ月	1.0(-25-30)	
		再鏡視時	4.0(-17-40)	

膝関節伸展筋力：平均±標準偏差, HHD：中央値 (範囲)

表3 重回帰分析による再鏡視時患側膝伸展筋力に影響を与える因子(体重比)

	非標準化係数		標準化係数	t	有意確立	βの95%信頼区間		VIF
	β	標準誤差	b			下限	上限	
(定数)	87.5	13.580		6.447	0.001	55.913	108.637	
年齢	-0.741	0.224	-0.362	-3.307	0.002	-1.102	-0.223	1.590
術前患側 膝伸展筋力	0.420	0.134	0.455	3.142	0.003	0.204	0.728	2.005
性別(男;1)	9.553	6.858	0.122	1.393	0.171	-6.357	20.389	1.244

変数選択はAIC基準によるステップワイズ法による。AIC=265.4  
R<sup>2</sup>=0.551, 自由度調整済みR<sup>2</sup>=0.518, ANOVA p<0.001, Durbin-Watson比=1.757

表4 重回帰分析による再鏡視時患側膝伸展筋力に影響を与える因子(患健比)

	非標準化係数		標準化係数	t	有意確立 p	βの95%信頼区間		VIF
	β	標準誤差	b			下限	上限	
(定数)	83.5	12.590		6.636	0.000	58.123	108.975	
年齢	-0.392	0.171	-0.327	-2.290	0.027	-0.737	-0.046	1.538
術前 膝伸展筋力	0.221	0.122	0.286	1.813	0.077	-0.025	0.467	1.873

変数選択はAIC基準によるステップワイズ法による。AIC=243.8  
R<sup>2</sup>=0.262, 自由度調整済みR<sup>2</sup>=0.226, ANOVA p<0.01, Durbin-Watson比=1.907

このACL再建術後の筋力回復には先行研究同様、体重比においても術前筋力の影響があることが示唆され、本研究においても先行研究の内容を支持するものであった。またその他の変数として年齢が選択され、年齢が若いほど筋力は良好であることが示唆された。佐藤ら<sup>6)</sup>は、ACL再建術後1年において体重比での伸展筋力回復について、男女ともに年代差が認め、30・40代では患側の膝伸展筋力の回復に大きな差があると報告している。

二からは、年代別に膝伸展筋力体重比を比較しており、50歳群は39歳以下群、40歳群と比較して有意に低値であり、患健比は40歳群と50歳群が39歳以下群に対して低値であったと報告している。

一方で前川ら<sup>27)</sup>は、2ルートACL再建術後1年において40歳以上の中老年とそれ以下の若年群で等速性筋力患健比を比較した結果、両群間に統計学的有意差を認めなかったと報告している。また瀬川ら<sup>28)</sup>も再鏡視時における40歳以上の中高齢者の等尺性膝伸展筋力の患健比は若年者と比べて有意差は認めなかったと報告している。

このように体重比での年代比較においては、概ね年代間に差を認めることが多いが、患健比での比較では年代間の差に関しては一定の見解を得ていないことが窺える。

年齢に関する先行研究においても単変量解析での報告<sup>4, 6, 26-28)</sup>がほとんどであり、多変量解析を用いた先行研究は少ない<sup>2)</sup>。今回、体重比を用いた重回帰分析の結果、年齢は有意に選択され、年齢と術前患側膝伸展筋力体重比の標準偏回帰係数はそれぞれ0.362, 0.455とお互いの影響力を調節しても影響を与えることが示唆された。性別に関しては有意に選択されておらず、変数の変動を考慮する必要があり、標準化偏回帰係数も0.122と影響力は低いことが示唆された。

一方で、再鏡視時膝伸展筋力患健比に影響を与える因子として年齢及び術前膝伸展筋力患健比が抽出されたが、術前膝伸展筋力患健比の影響力は低いことが示唆された。術前膝伸展筋力患健比は有意に選択させず、変数の変動を考慮する必要がみられ、標準化偏回帰係数も0.286と低値を示した。さらに、調整済みR<sup>2</sup>も0.226と適合度は低く、予

測精度も低いことが予知された。

これまで術前伸展筋力の影響に関する先行研究では、多くが患健比を用いられてきた。患健比について山本<sup>18)</sup>は以下の3点を指摘している。①健側筋力が低下している場合に患側筋力を過大評価することが懸念され、長期の安静や荷重負荷制限によって健側筋力が低下していたり、もともと筋力に乏しいものの場合、健側筋力を基準にすることは不適切である。②競技特性によって左右差が存在する場合、患側が利き足であれば、反対側の弱いほうの筋力を基準とすることになる。③体重の変動による影響が存在することを指摘しているため注意が必要である。

特にACL損傷後は筋力において患側は傷害に伴い機能低下し、健側であっても受傷後の安静、運動制限期間により機能低下し健全な状態ではない可能性がある<sup>29-31)</sup>ため、患健比を用いる場合には注意が必要である。その点、体重比による評価は各運動速度の特異性を考慮した評価は困難<sup>14, 18)</sup>であるが、健側筋力の大小のみならず体重の増減による体重支持力の機能的な変化及び絶対数値としての評価が可能である<sup>18)</sup>。

これらのことから従来用いられていた患健比を用いて膝伸展筋力の予後予測を検討することが不十分である可能性が示唆された。しかし、患健比も筋力の回復具合や健側と患側のバランスを評価する指標とされているため、筋力改善の指標として体重比と合わせて検討していくことが重要である<sup>32-34)</sup>。

また今回、体重比、患健比の共通事項として再鏡視時の膝伸展筋力には年齢が影響要因の一つであることが示された。このことから年齢が高いACL再建術施行者に対しては術後膝伸展筋力回復が不良であることが推測されるため、術前膝伸展筋力の改善はより重要であると考えられる。

本研究の限界としては、筋力指標が等尺性筋力であるために、先行研究で行われている等速性筋力との比較参照が困難であることや、近年ではACL再建術後の早期スポーツ復帰が進んでいるため、早期の段階での術前膝伸展筋力の影響については言及できない。また、体重比を用いた重回帰モデルは適合が良い結果となったが、 $R^2$ は0.518と予測精度52%であることを考慮すると優れているとはいえないため、再鏡視時において良好な筋力を獲得するための具

体的な術前筋力の提示が困難であることが挙げられ、これらは今後の研究課題である。

今回、重回帰分析を用いてACL再建術後の再鏡視時膝伸展筋力に術前膝伸展筋力体重比及び患健比が与える影響について明らかにすることを目的とし研究を行った。結果、以下の3点が示唆された。

①体重比では術前患側膝伸展筋力体重比及び年齢の影響力が高い。②再鏡視時の膝伸展筋力患健比に影響する因子として年齢、術前膝伸展筋力患健比が選択されたが、術前膝伸展筋力患健比は変動が大きく、影響力も低い。③患健比のみを用いての筋力指標には不十分な点が見られるため、体重比と合わせて検討する必要がある。

これらの結果から、ACL再建術のハビリテーションにおいて年齢を考慮しながら体重比指標を用いた術前理学療法介入が必要であることが示唆された。

## 文 献

- 1) 林 大輝, 舟崎裕記・他: 膝前十字靭帯再建術後筋力の推移. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌 34(3): 322-328, 2014.
- 2) 櫻井敬暁, 福林 一樹: 前十字靭帯再建術後の筋力回復とスポーツ復帰. 臨床スポーツ医学28(1): 55-61, 2011.
- 3) 佐藤正裕, 加賀谷善教・他: 膝前十字靭帯再建術後におけるジョギング開始指標の検討. 体力科学 59(3): 281-289, 2010.
- 4) 山本茂樹, 奥田節郎・他: 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, 2005.
- 5) 佐藤謙次, 黒川 純・他: バスケットボール選手における膝前十字靭帯再建術後筋力の差. JOSKAS 38(1): 74-75, 2013.
- 6) 佐藤謙次, 岡野大樹・他: 膝前十字靭帯再建術後の早期代別筋力. JOSKAS 37(1): 104-105, 2012.
- 7) 入内島崇紀, 白倉賢二・他: 膝関節前十字靭帯再建術後筋力回復および関節安定性に影響する因子の検討. JOSKAS 37(1): 72-73, 2012.
- 8) Shelbourne KD, Wilckens JH, et al.: Arthrofibrosis in

- acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med* 19(4): 332-336, 1991.
- 9) 山崎 祐, 堀 大輔・他: ACL再建術後の膝伸筋・屈筋ピークトルク値の推移. 九州・山口スポーツ医・科研究会誌 21: 41-48, 2009.
  - 10) 出家正隆, 数面義雄・他: 膝前十字靭帯再建術後の筋力回復について. 東京関節学会誌 20: 83-85, 1999.
  - 11) 池田 浩, 黒澤 尚・他: 前十字靭帯再建術における術前の筋力が術後の筋力に与える影響. 整形・災害外科 44(6): 777-782, 2001.
  - 12) 堤康次郎, 水田博志・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 51(2): 287-290, 2002.
  - 13) 北口拓也, 佐藤のぞみ・他: 膝前十字靭帯再建術後スポーツ復帰に関わる因子-術前・術中所見での予測. スポーツ傷害 13: 12-13, 2008.
  - 14) 木村正一, 安田和則: 膝前十字靭帯再建術後における客観的不安定性および大腿四頭筋筋力に関する多変量解析. 日本リウマチ・関節外科学会雑誌 15(3): 217-221, 1997.
  - 15) 平田大地, 佐藤謙次・他: 膝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* 38(1): 128-129, 2013.
  - 16) 中山 寛, 山口 基・他: 前十字靭帯再建術後の膝伸展制限の変化. *JOSKAS* 35(1): 112-113, 2010.
  - 17) 山本敬之, 眞田高起・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 19(4): S128, 2011.
  - 18) 山本利春: 膝前十字靭帯損傷後のアスレティックリハビリテーションにおける等速性筋力の評価と特異性. 昭和医学会雑誌 60(1): 69-79, 2000.
  - 19) 川田高士: 膝屈筋腱を用いた関節鏡視下膝前十字靭帯再建術について. こうち 42(2): 85-90, 2013.
  - 20) Tegner Y, Lysholm J: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* (198): 43-49, 1985.
  - 21) 遠山晴一: 部位別の評価法 膝関節靭帯損傷における疾患・機能の評価法とその活用. 関節外科 33:82-97, 2014.
  - 22) Schlegel TF, Boublik M, et al.: Reliability of heel-height measurement for documenting knee extension deficits. *Am J Sports Med* 30(4): 479-482, 2002.
  - 23) Sachs RA, Daniel DM. et al.: Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 17(6): 760-765, 1989.
  - 24) 前川勝彦, 高木 博・他: 解剖学的二重束前十字靭帯再建術における術前筋力が術後の筋力回復に与える影響. 臨床整形外科 50(4): 379-384, 2015.
  - 25) 田中龍太, 今屋 健・他: 膝前十字靭帯再建術後における術前・術後膝筋力の関連性について. 関東甲信越ブロック理学療法士学会 30: 121-121, 2011.
  - 26) 山本茂樹, 栗山節郎・他: 前十字靭帯再建術後の筋力回復について一年代別の検討よりー. 日本整形外科学会雑誌 28(2): 145-149, 2008.
  - 27) 前川勝彦, 高木 博・他: 臨床経験 中高年者に対する解剖学的二重束前十字靭帯再建術の臨床成績ー若年群との比較検討ー. 臨床整形外科49(5): 449-454, 2014.
  - 28) 瀬川裕子, 立石智彦・他: 中高齢者に対する前十字靭帯再建術の検討. 膝 30(1): 159-162, 2005.
  - 29) 市橋則明, 吉田正樹: 大腿四頭筋の廃用性筋萎縮を防止するために必要な下肢の運動量について. 体力科学 42(5): 461-464, 1993.
  - 30) 八木麻衣子, 大森 豊・他: 前十字靭帯再建術後の早期荷重歩行の影響ー内側広筋の筋活動量による考察. ー. 理学療法学 30(6): 371-373, 2003.
  - 31) Berg HE, Dudley GA, et al.: Effects of lower limb unloading on skeletal muscle mass and function in humans. *J Appl Physiol* 70(4): 1882-1885, 1991.
  - 32) 田中龍太, 今屋 健・他: 膝前十字靭帯再建術後における術前・術後筋力の回復の推移についてースポーツレベル別の検討ー. 日本理学療法学術大会 2012.



- 33) 富樫俊文, 小山貴之: 中年者に対する前十字靭帯再建術後筋力の短期成績—若年者との術後筋力の比較—, 臨床理学療法研究 27 : 15-18, 2010.
- 34) 坂上 昇: 筋力低下の検査・測定 等速性筋力測定器とHand-Held Dynamometer. 理学療法20(1): 114-123, 2003.