

研究と報告

膝前十字靭帯再建術後 6 ヶ月における
等尺性膝伸展筋力のカットオフ値
～多変量回帰モデルを用いた比較検討～

小坂 則之 高石 翔 濱田 彩 矢内原成美 浅野 結子
上田 康裕 別役 真菜 黒石 侑也 戸田 浩貴 川田 高士

高 知 県 理 学 療 法

第 24 号 別刷

平成 29 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 6 ヶ月における 等尺性膝伸展筋力のカットオフ値 ～多変量回帰モデルを用いた比較検討～

小坂 則之, 高石 翔, 濱田 彩, 矢内原 成美, 浅野 結子, 上田 康裕,
別役 真菜, 黒石 侑也, 戸田 浩貴, 川田 高士

川田整形外科 リハビリテーション部

要 旨

本研究は、再鏡視時の膝伸展筋力を見据えた 6 ヶ月の膝伸展筋力目標値を予測し、さらに単変量解析と多変量解析を用いてカットオフ値の予測精度を比較することを目的とした。対象は 2012 年 6 月から 2015 年 5 月に当院にて ACL 解剖学的二重束再建術を施行した 56 名である。測定項目は術前 TAS, 術後 6 ヶ月・再鏡視時の膝伸展 WBI を評価した。統計解析には 2 つの多重ロジスティック回帰分析を作成した。再鏡視時患側 WBI100% を基準に 2 分類し、これらを従属変数とし、独立変数には、年齢、術前待機時間、6 ヶ月患側 WBI, 術前 TAS を設定した。独立変数の選択には AIC 基準によるステップワイズ法及び強制投入法をそれぞれ採用した。これらのモデルを用いて ROC 曲線を分析しカットオフ値を算出した。またそれぞれのモデル式のイベント予測精度を比較するために NRI と IDI を算出した。再鏡視時患側膝伸展 WBI に影響する項目は AIC モデルでは 6 ヶ月膝伸展 WBI のみが有意に選択されオッズ比は 1.25 であった。強制投入モデルでは 6 ヶ月膝伸展 WBI(オッズ比 1.24, $p < 0.01$), 年齢($p = 0.657$), 術前待機期間($p = 0.997$), 術前 TAS($p = 0.657$)であった。AIC 選択群はカットオフ値 81.00, 強制投入群は回帰分析モデル上のカットオフ値 0.539 であった。NRI(continuous)は $p = 0.313$, IDI は $p = 0.479$ であった。本研究の結果、以下の 3 点が示唆された。①6 ヶ月の膝伸展 WBI は再鏡視時の膝伸展 WBI の予知因子である。②単変量解析と交絡因子を考慮した多変量解析の間でイベント予測精度に差があるとは言及できない。③6 ヶ月の膝伸展 WBI は 81% が目標値となる。これらの結果から 6 ヶ月に明確な膝伸展筋力目標値を達成することで、1 年後に良好な膝伸展筋力が獲得する可能性が示唆された。

キーワード：前十字靭帯, 等尺性筋力, 予測

はじめに

前十靭帯再建術後の治療経過の判断指標として膝関節可動域^{1,2)}や膝関節筋力^{3,5)}, 膝不安定性^{6,7)}, パフォーマ

ンステスト⁸⁻¹⁰⁾など様々な指標が用いられている。臨床上で多く用いられる指標の一つとして膝伸展筋力が使用される^{11,12)}。この膝伸展筋力は各動作開始時期や術後 6 ヶ月、12 か月などの期間において目標筋力値がされており、そ

の目標値に向けてリハビリテーションを行い、スポーツ復帰を目指している。またスポーツ復帰の際にもこれらの指標は復帰基準として使用されている³⁻⁵⁾。

膝伸展筋力の指標には体重比や患健比が主に用いられ、特に患健比での術後経過を報告した研究が散見される。再建術後 6 ヶ月における目標値は等速性膝伸展筋力体重比 300%⁴⁾、患健比 75~90%^{4, 5, 11, 12)}など施設によって基準とされる指標、基準値は異なり、当院では再建術後 6 ヶ月の目標値は体重支持指数¹³⁾ (WBI:weight bearing index) 0.8(80%)を設定している。この時期よりジャンプ動作が開始になり、その動作に必要とされる筋力値が WBI 0.8 とされているため、この報告をもとに目標値を設定している。我々は先行研究¹⁴⁾において 6 ヶ月の膝伸展筋力値が再鏡視時の膝伸展筋力値に大きな影響を与えることを報告しており、6 ヶ月の膝伸展筋力は今後の筋力を左右する因子の一つであるため、この時期での筋力回復は必要不可欠であると考えている。しかし、具体的な膝伸展筋力数値の報告は前述したようにその期間における筋力目標値であり、予後を見据えた目標値を検討した先行研究は、我々が渉猟した範囲では見つかっていない。またカットオフ値を算出する場合に多くの場合、単変量解析を用いた ROC 曲線分析を行うことが多く、交絡因子を考慮できない問題を生じている。そこで今回、再鏡視時の膝伸展筋力を見据えた 6 ヶ月の膝伸展筋力目標値を予測できるか、多変量解析を用いたカットオフ値は予測精度が高いか、これらの臨床的疑問を解決するために、ACL 患者 56 名に対する前向きコホート研究を企図した。

方法

1. 対象

対象は 2012 年 6 月から 2015 年 5 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)¹⁵⁾を施行した 113 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 56 名 56 肢(男性 26 名、女性 30 名、左 39 肢、右 17 肢)とした前向きコホート研究を行った。対象の身体特性は年齢 29.5±14.0 歳(範囲 13~63

歳)、身長 165.7±7.7cm(範囲 150~183cm)、体重 62.6±9.5kg(範囲 43~90kg)であった。合併症は、外側半月板損傷 27 例、内側半月板損傷例 8 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 再建術後 1 年を目安に脛骨側の DSP(Double Spike Plate)プレートの抜釘を行い、抜釘と同時に関節鏡で検査を実施した。本研究において個人情報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)、ACL 再建術から再鏡視・抜釘術までの期間(以下、再鏡視期間)を調査した。測定項目は術前 Tegner Activity Score¹⁶⁾(以下、TAS)、術後 6 ヶ月・再鏡視時に等尺性膝伸展筋力を評価した。

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評価する指標である¹⁷⁾。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°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¹³⁾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. 統計解析

統計解析は多変量解析を用いた Receiver Operating Characteristic(以下、ROC)曲線による分析を行うために多重ロジスティック回帰分析を作成した。再鏡視時患側膝

伸展 WBI が 100%以上群(以下 High 群;1)と 100%未満の群(以下 Low 群; 0)に分類し, これらを従属変数に設定した。これらの分類には, 健常スポーツ選手の指標¹⁸⁾を基準とした。また独立変数には, 年齢, 術前待機時間, 6 ヶ月患側膝伸展 WBI, 術前 TAS を設定した。独立変数の選択には Akaike's Information Criterion(以下, AIC)基準によるステップワイズ法(AIC モデル)及び強制投入法(強制投入モデル)を採用した。作成した両モデルの有意性の検定は χ^2 検定を使用し, 回帰式の適合度には hosmer-lemeshow 検定を実施した。また多重共線性の確認には分散拡大要因(Variance Inflation Factor ; VIF)を確認した。再鏡視時患側膝伸展 WBI100%の有無を従属変数, AIC モデルでは独立変数が有意に選択されたものを単変量解析の独立変数に用い, 強制投入モデルでは求めた回帰式を用いて ROC 曲線を分析し, ROC 曲線下面積(Area under the curve ; 以下, AUC)及び感度と特異度からカットオフ値を算出した。またそれぞれのモデル式のイベント予測精度を比較するために NRI (net reclassification improvement) と IDI(integrated discrimination improvement)¹⁹⁾を算出した。AUC は AUC=1 で完璧な予測能, $0.9 < \text{AUC} < 1$ で高い予測能, $0.7 < \text{AUC} \leq 0.9$ で中等度の予測能, $0.5 < \text{AUC} \leq 0.7$ で低い予測能, AUC=0.5 で予測がないとされている²⁰⁾。統計解析には R3.2.2, EZR²¹⁾ (freeware)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, 手術待機期間, 再鏡視期間, 術前 TAS を示す。TAS は 7 以上の competitive sport が 48 名と全体の 86%を占めていた。再鏡視時患側膝伸展 WBI の群分けは High 群が 33 名, Low 群が 23 名であった。表 2 に 6 ヶ月・再鏡視時の患側・健側の等尺性膝伸展 WBI・患健比を示す。表 3, 4 に多重ロジスティック回帰分析の結果を示す。再鏡視時患側膝伸展 WBI に影響する項目は AIC モデルでは 6 ヶ月膝伸展 WBI のみが有意に選択されオッズ比は 1.25 であった。また作成した χ^2 検定は有意であり, hosmer-lemeshow 検定は 2.81, $p=0.94$ であ

り, 回帰式の適合度は良好であった。判別率的中率は 89.3%と予測精度は高い結果となった。VIF は 1.04~1.17 であり, 多重共線性に問題はなかった。

強制投入モデルでは 6 ヶ月膝伸展 WBI (オッズ比 1.24, $p < 0.01$), 年齢($p=0.657$), 術前待機期間($p=0.997$), 術前 TAS($p=0.657$)であった。また作成した χ^2 検定は有意であり, hosmer-lemeshow 検定は 1.27, $p=0.99$ であり, 回帰式の適合度は良好であった。判別率的中率は 89.3%と予測精度は高い結果となった。VIF は 1.04~1.17 であり, 多重共線性に問題はなかった。図 1, 2 に ROC 曲線分析結果を示す。AIC モデルの AUC 0.970, カットオフ値 81.00, 感度 0.909 特異度 0.913, 陽性的中率 0.937, 陰性的中率 0.875 であった。強制投入モデルは AUC 0.972, 回帰分析モデル上のカットオフ値 0.539, 感度 0.939 特異度 0.913, 陽性的中率 0.939, 陰性的中率 0.913 であった。

表 5 に NRI, IDI の結果を示す。NRI(continuous):0.264, $p=0.313$, IDI:0.008, $p=0.479$ であり, 2 モデル間の有意差は認めなかった。

考 察

本研究結果において以下の 3 点が示された。①6 ヶ月の膝伸展 WBI は再鏡視時の膝伸展 WBI の予知因子である。②単変量解析と交絡因子を考慮した多変量解析の間でイベント予測精度に差があるとは言及できない。③6 ヶ月の膝伸展 WBI は 81%が目標値となる。

ACL 再建術後 6 ヶ月における目標値について吉倉ら⁵⁾はスポーツ復帰基準として, 術後 6 ヶ月の 60deg/sec での大腿四頭筋トルクの患健比を 75%以上としており, 松岡ら¹²⁾も同様に術後 6 ヶ月の 60deg/sec での大腿四頭筋トルクの患健比 75%以上をスポーツ復帰基準としている。中山ら¹¹⁾は, 術後 6 ヶ月時の下肢筋力の患健比が 80%以上であることを指標としており, 倉持ら⁴⁾は 6 ヶ月での等速性膝筋力測定目標値を患健比 90%以上, また角速度 60deg/sec における膝伸展筋力は体重比で 300%以上としている。このように多くの目標値は等速性患健比で設定されることが多く, 等尺性体重比での報告は見当たらない。

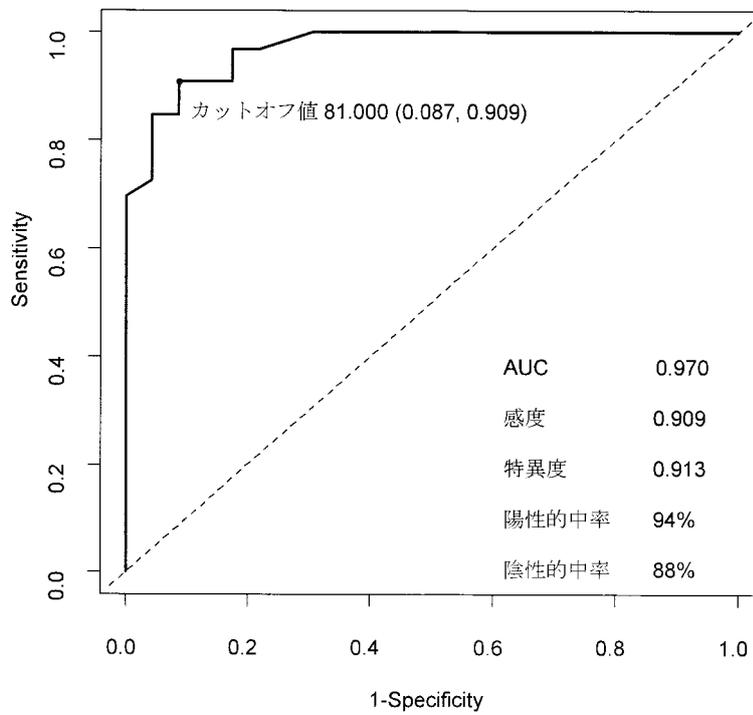


図1 単変量解析によるROC曲線を用いた6ヵ月膝伸展WBIのカットオフ値 (AICモデル)
ROC : Receiver Operating Characteristic AUC : Area under the curve

表1 対象者の身体特性及び基礎情報

年齢 (歳)		29.4±14.0*
性別	男性	26
	女性	30
受傷側	左	39
	右	17
身長 (cm)		165.7±7.7*
体重 (kg)		62.6±9.5*
手術待機期間(日)		130.8±316.6*
		45(11-2200)**
再鏡視までの期間 (日)		439.4±130.9*
		406(205-1029)**
術前 TAS		8(1-9)**

*平均±標準偏差, **中央値 (範囲)

表2 等尺性膝伸展筋力の推移

膝関節伸展筋力 (kgf/kg)	患側	WBI (%)	6ヵ月	88.3±28.8
			再鏡視時	99.0±25.5
	健側		6ヵ月	110.8±22.2
			再鏡視時	110.6±20.1
		患健比 (%)	6ヵ月	79.3±17.0
			再鏡視時	89.5±16.9

膝関節伸展筋力：平均±標準偏差

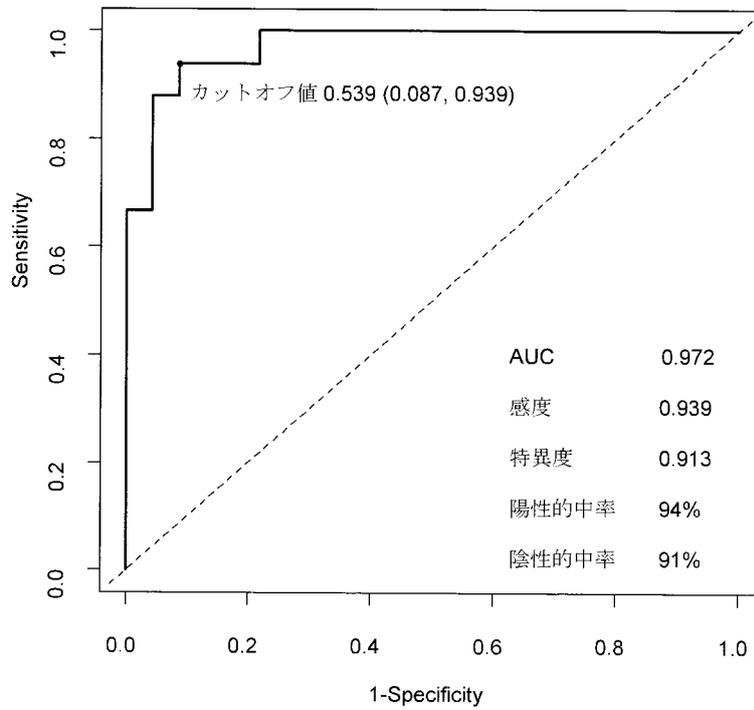


図2 多変量解析によるROC曲線を用いた6ヵ月膝伸展WBIのカットオフ値(強制投入モデル)
 ROC: Receiver Operating Characteristic AUC: Area under the curve

表3 多重ロジスティック回帰分析による再鏡視時患側膝伸展WBIに影響を与える因子(AICモデル)

	B	標準誤差	Wald	有意確立	オッズ比	95%信頼区間	
						下限	上限
(定数)	-17.80	5.47	-3.26	p<0.01	0.00		
6ヵ月患側 膝伸展WBI	0.22	0.07	3.27	p<0.01	1.25	1.09	1.42

変数選択はAIC基準としたステップワイズ法.

モデル χ^2 検定 p<0.01, hosmer-lemeshow 検定 p=0.946, 判別の中率 89.3%

表4 多重ロジスティック回帰分析による再鏡視時患側膝伸展WBIに影響を与える因子(強制投入モデル)

	B	標準誤差	Wald	有意確立	オッズ比	95%信頼区間	
						下限	上限
(定数)	-16.06	5.97	-2.69	p<0.01	0.00		
年齢	-0.02	0.04	-0.44	0.66	0.98	0.98	1.07
6ヵ月患側 膝伸展WBI	0.22	0.07	3.02	p<0.01	1.24	1.08	1.43
術前待機期間	0.00	0.00	0.00	0.99	1.00	0.99	1.01
術前TAS	-0.15	0.33	-0.44	0.66	0.86	0.45	1.65

変数選択は強制投入法. モデル χ^2 検定 p<0.01, hosmer-lemeshow 検定 p=0.996, 判別の中率 89.3%

表5 NRI Reclassification table

Outcome: absent

		Updated Model				
Initial Model	[0,0.111)	[0.111,0.878)	[0.878,0.995)	[0.995,1]	% reclassified	
[0,0.111)	14	0	0	0	0	
[0.111,0.878)	1	7	0	0	12	
[0.878,0.995)	0	0	1	0	0	
[0.995,1]	0	0	0	0	NaN	

Outcome: present

		Updated Model				
Initial Model	[0,0.111)	[0.111,0.878)	[0.878,0.995)	[0.995,1]	% reclassified	
[0,0.111)	0	0	0	0	NaN	
[0.111,0.878)	0	5	0	0	0	
[0.878,0.995)	0	1	12	0	8	
[0.995,1]	0	0	3	12	20	

Initial Model : AIC モデル

Updated Model : 強制投入モデル

当院では 6 ヶ月よりジャンプトレーニングが開始されることから、黄川らの報告¹³⁾を基にジャンプに必要とされる膝伸展 WBI 0.8 を 6 ヶ月膝伸展筋力目標値として設定している。これまで筋力の目標値は期間における達成値が設定されていることが多く、達成することにより今後どのような結果になるかを報告したものはみられない。

我々は先行研究において重回帰分析を用い、再鏡視時の膝伸展 WBI に 6 ヶ月膝伸展 WBI が影響することを報告した¹⁴⁾。これにより、6 ヶ月に十分な筋力回復を獲得することが今後の予後を考慮する上で重要であることが示唆された。しかし、具体的な膝伸展筋力目標値を提言することはできなかった。そこで今回、過去の先行研究の中で報告されている ACL 再建術後の筋力回復に影響する因子される性別^{22, 23)}、年齢^{7, 22, 24)}、術前筋力²⁵⁻²⁷⁾、術前待機期間^{28, 29)}、スポーツ活動レベル^{26, 27, 30)}の中から、我々の先行研究¹⁴⁾で得られた交絡因子である年齢、術前待機時間、術前 TAS を採用して多変量モデルを作成し ROC 曲線の分析を行い、カットオフ値を算出した。

結果、AIC モデル、強制投入モデルともに 6 ヶ月膝伸展 WBI が有意に選択された。また両モデルとも回帰式の適

合度は高く、予測精度も高かった。そこでこの 2 モデル間のイベント予測精度を比較するために NRI、IDI を算出した結果、両モデル間で有意な差があるとは言及できない結果となり、両モデルとも高い予測精度であることが示唆された。AIC モデル(単変量)の陽性的中率は 94%、陰性的中率は 88%、強制投入モデル(多変量)の陽性的中率は 94%、陰性的中率は 91%と両モデルとも高い予測精度であったことから、複雑な計算式を用いない AIC モデルの指標が臨床上使い易いと考えられる。AIC モデルのカットオフ値は 81%と我々が現在 6 ヶ月の膝伸展 WBI 目標値に設定している 0.8(80%)と近似しており、我々の目標値は妥当であったと考えられる。

本研究結果から 6 ヶ月の膝伸展 WBI が 81%を超えることで約 1 年後の再鏡視時において膝伸展 WBI が 100%を超えることが 94%の確率で可能になり、本格的なスポーツ復帰時期を迎える時に良好な筋力回復を得られることが可能になると考えられる。これまでの期間における目標値ではなく、予後を見据えた筋力目標値を設定することにより、計画的なリハビリテーションを実施することが可能になると考えられる。

本研究の限界として、近年多くみられている6ヶ月での早期スポーツ復帰をする場合には本研究での目標値設定は不十分であるため満足なパフォーマンスを得られないことができない可能性がある。また再鏡視時の筋力をスポーツ障害予防に必要とされる膝伸展 WBI1.3(130%)¹³⁾ではなく膝伸展 WBI1.0(100%)を境に判断しているため、筋力回復がどの程度のパフォーマンス及びスポーツ復帰、再断裂予防に関わるか言及できないため、これらを含めた検討が今後の研究課題である。

今回、多重ロジスティック回帰分析を用いた再鏡視時の膝伸展筋力を見据えた6ヶ月の膝伸展筋力目標値を予測できるか、多変量解析を用いたカットオフ値は予測精度が高いか、という2つの臨床的疑問を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。
①6ヶ月の膝伸展WBIは再鏡視時の膝伸展WBIの予知因子である。
②単変量解析と交絡因子を考慮した多変量解析の間でイベント予測精度に差があるとは言及できない。
③6ヶ月の膝伸展WBIは81%が目標値となる。これらの結果から6ヶ月に明確な膝伸展筋力目標値を提示し達成することで、1年後に良好な膝伸展筋力が獲得する可能性が示唆された。

文 献

- 1) 中村英一, 水田博志, 他: 膝屈筋腱を用いた ACL 再建術の術後成績—術後2年以上経過例について—。整形外科と災害外科 52(2): 429-433, 2003.
- 2) 今屋 健, 内山英司, 他: ACL 再建術後の膝伸展制限について健側膝完全伸展角度の違いによる影響。JOSKAS 39(1): 126-127, 2014.
- 3) 山本茂樹, 栗山節郎, 他: 前十字靭帯再建術後の筋力回復の経時的検討。日本整形外科スポーツ医学会雑誌 28(3): 205-209, 2008.
- 4) 倉持梨恵子, 福林 徹: 後療法と早期スポーツ復帰を目指したアスレティックリハビリテーション。整形外科最小侵襲手術ジャーナル (66): 105-113, 2013.
- 5) 吉倉孝則, 美津島隆, 他: 当院における前十字靭帯再建術後の筋力回復の違い—年齢による比較—。東海ス

- ポーツ傷害研究会誌 28: 61-64, 2010.
- 6) 池野祐太郎, 福田 航, 他: 研究と報告 膝前十字靭帯再建術後1年時の脛骨前方移動量と術後6ヵ月時因子の関連について。総合リハ 42(6): 555-559, 2014.
- 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) Logerstedt D, Grindem H, et al.: Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Am J Sports Med 40(10): 2348-2356, 2012.
- 9) 立石圭祐, 藤谷博人, 他: 前十字靭帯損傷膝における One Leg Hop Test に影響を及ぼす因子の検討。JOSKAS 39(3): 815-820, 2014.
- 10) Xergia S. A, Pappas E, et al.: Association of the Single-Limb Hop Test With Isokinetic, Kinematic, and Kinetic Asymmetries in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Sports health 7(3): 217-223, 2015.
- 11) 中山 寛, 八木正義, 他: 前十字靭帯再建術後のスポーツ復帰 BTB とハムストリング腱使用例の比較。スポーツ傷害 12: 39-42, 2007.
- 12) 松岡文三, 近藤 亮, 他: 前十字靭帯再建術後6ヵ月でのスポーツ復帰に関係する因子の検討。東海スポーツ傷害研究会誌 26: 32-34, 2008.
- 13) 黄川昭雄, 山本利春, 他: 機能的筋力測定・評価法体重支持指数(WBI)の有効性と評価の実際。日本整形外科スポーツ医学会雑誌 10(2): 463-468, 1991.
- 14) 小坂則之, 濱田 彩, 他: 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, 2016.
- 15) 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.
- 16) Tegner Y, Lysholm J: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop Relat Res (198): 43-49, 1985.
- 17) 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.
- 18) 山本利春, 黄川昭雄, 他 : アスレチック・リハビリテーションにおける下肢筋力評価の検討. 日本体育学会大会号 (39) : 309, 1988.
- 19) Pencina M. J, D'Agostino R, et al : Evaluating the added predictive ability of a new marker: from area under the ROC curve to reclassification and beyond. *Stat Med*27(2): 157-172; discussion 207-112, 2008.
- 20) Greiner M, Pfeiffer D, et al : Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Prev Vet Med*45(1-2): 23-41, 2000.
- 21) Kanda Y : Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*48(3): 452-458, 2013.
- 22) 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.
- 23) 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性差. *JOSKAS* 38(1) : 74-75, 2013.
- 24) 佐藤謙次, 岡野大樹, 他 : 膝前十字靭帯再建術後の年代別筋力. *JOSKAS* 37(1) : 104-105, 2012.
- 25) 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.
- 26) 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.
- 27) 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.
- 28) Shelbourne K, Wilckens J. H, 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.
- 29) 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.
- 30) 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.