



Title	前十字靱帯再建術後のMRIによる移植腱評価
Author(s)	荻, 成行; 有泉, 光子; 山岸, 恒雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2000, 60(11), p. 568-572
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15198
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

前十字靭帯再建術後のMRIによる移植靭帯評価

萩 成行¹⁾ 有泉 光子¹⁾ 山岸 恒雄²⁾
縣 俊彦³⁾ 多田 信平⁴⁾ 福田 国彦⁴⁾

1) 東京都職員共済組合青山病院放射線科 2) 同整形外科 3) 東京慈恵会医科大学環境保健医学教室 4) 同放射線医学講座

MRI of Anterior Cruciate Ligament Autografts

Shigeyuki Ogi¹⁾, Mitsuko Ariizumi¹⁾,
Tsuneo Yamagishi²⁾, Toshihiko Agata³⁾,
Shinpei Tada⁴⁾, and Kunihiko Fukuda⁴⁾

The purpose of this study was to assess the usefulness of MRI in the evaluation of autografts after anterior cruciate ligament reconstruction. The subjects were 110 patients with anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autografts who underwent clinical examination, MRI, and arthroscopy of the knee. T1- and T2-weighted MR images were obtained in sagittal plane. Clinical findings were categorized into three groups: normal, borderline, and abnormal. The MRI appearances of the autografts were categorized into three types: straight continuous band (type I), interrupted band (type II) and generalized increased intensity band (type III). The clinical findings and MRI findings were compared with arthroscopic findings. Ninety-six percent of the type I showed no autograft tear on arthroscopy. In comparison with the clinical findings, MRI was found to be well correlated with arthroscopic findings. In conclusion, if the clinical findings are normal, patients are to be followed-up without MRI and arthroscopy. However, if clinical findings are either borderline or abnormal, MRI should be performed prior to arthroscopy.

Research Code No.: 505.9

Key words: MR imaging, Anterior cruciate ligament reconstruction, Autogenous tendon graft

Received Sep. 17, 1999; revision accepted June 1, 2000

- 1) Department of Radiology, The Aoyama Tokyo Metropolitan office's Hospital
- 2) Department of Orthopedics, The Aoyama Tokyo Metropolitan office's Hospital
- 3) Department of public health and environmental medicine, The Jikei University School of Medicine
- 4) Department of Radiology, The Jikei University School of Medicine

別刷り請求先
〒150-0001 東京都渋谷区神宮前5-53-3
東京都職員共済組合青山病院放射線科
萩 成行

はじめに

膝蓋靭帯による前十字靭帯再建術後の移植靭帯の評価は、従来整形外科的徒手検査や患者の症状などの整形外科的臨床所見(以下臨床所見)を参考として行われてきた。しかし、臨床所見のみから評価が困難な症例では、より信頼性のある膝関節鏡検査を施行しなければならないことも多い。関節鏡検査は移植靭帯を直接観察できるため最も確実な方法であるが、侵襲的で患者にとって大きな負担である上に観察できる範囲が限られている。一方、MRI検査は非侵襲的で患者の負担も少ないうえ、繰り返し検査を行うことができ、さらに移植靭帯全体の走行や内部の状態の観察が可能である。今回われわれは、臨床所見ならびにMRI所見と関節鏡所見との比較検討を行い、MRIの有用性を評価した。

対象および方法

対象は1988年4月から1997年8月までに当院にて膝蓋靭帯による前十字靭帯再建術を施行し、経過観察された401例のうち、MRI検査と膝関節鏡検査を施行した110例110膝である。内訳は男性52例、女性58例で、平均年齢29.7歳(16~46歳)である。

使用機種は1.5T超伝導MRI装置(Magnetom H15, Siemens社製, Erlangen, Germany)である。肢位は軽度の屈曲位(最大伸展位から約15度の屈曲)とした。撮像方法は冠状断による位置決めの後、移植靭帯を通す大腿骨および脛骨の骨孔に合わせた矢状断像を撮像した。スライス厚は3~4mmで、撮像条件はスピンエコー法によるT1強調像(TR450~650ms, TE15~19ms)および高速スピンエコー法によるT2強調像(TR2000~3330ms, 実効TE80~100ms, Echo Train Length⁷⁾で、FOV200mm, マトリックス数は196×256または210×512, 積算回数は2回である。

MRI施行時期は、術後平均14カ月で、MRI検査から膝関節鏡施行および臨床所見の評価までの期間は平均1.3カ月(10日~2カ月)である。臨床所見の評価は膝関節鏡検査とほぼ同時期に行った。臨床所見および膝関節鏡所見の評価は1名の整形外科医、またMRIの読影は2名の放射線科医

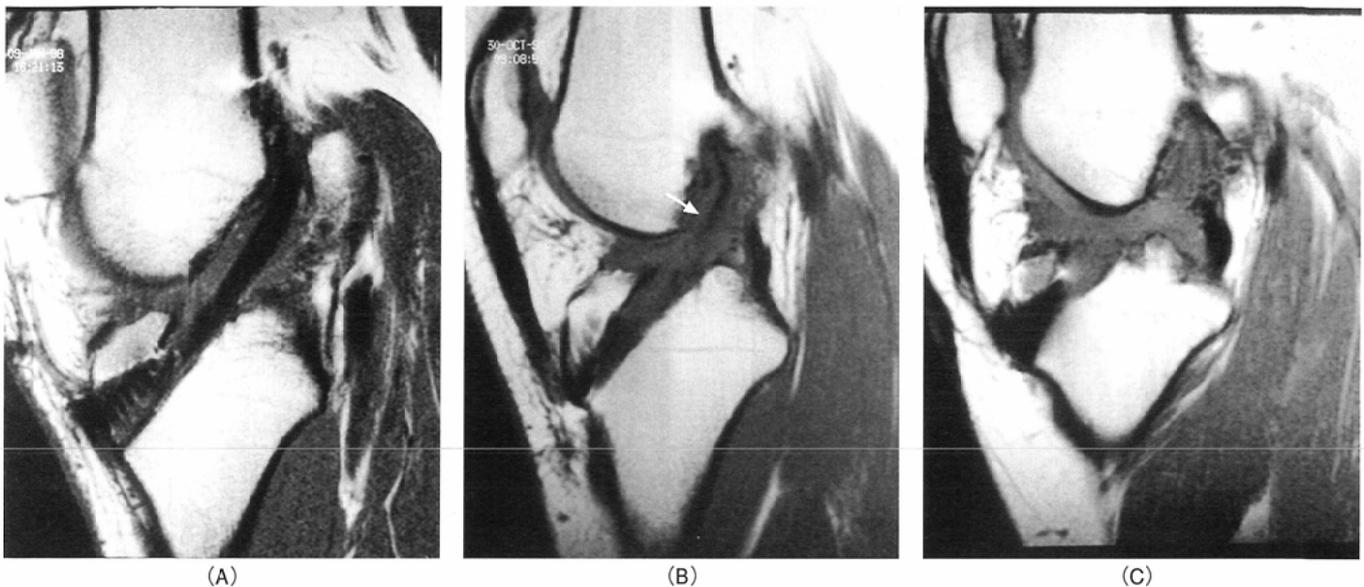


Fig. 1 Classification of the MRI findings.
 (A) Type I: A straight continuous low intensity band from the femoral to the tibial tunnel. (T1WI /465 /15,12months after surgery)
 (B) Type II: An interrupted low intensity band (→). (T1WI/450/15,12months after surgery)
 (C) Type III: Generalized increased intensity without low intensity band. (T1WI/465/15,12months after surgery)

により整形外科および放射線科の間で互いの情報交換なしに行った。また放射線科医のあいだで評価が分かれた場合には、合議により統一した。

MRI所見は移植腱の信号強度によりT1強調像とT2強調像のそれぞれを3型に分類した(Fig. 1)。I型は移植腱が全長にわたり連続した直線状の低信号を示すもの、II型は移植腱の低信号が途絶し、一部に信号上昇を認めるもの、III型は移植腱全体の信号が上昇しているものとした。T1強調像とT2強調像で所見に解離が存在した場合は、移植腱の低信号がより連続して描出されている型に分類した。

臨床所見の評価は、KT-2000 arthrometer試験とInternational Knee Documentation Committee form(以下IKDC form)を用いた。KT-2000 arthrometer試験はKT-2000 arthrometerを用いて膝関節の不安定性を評価する検査の一つである。前方引き出しストレスによる脛骨近位部の変位差が健側と比べ3mm以上を異常とした。またIKDC formは患者の主訴、徒手検査(ラックマン試験、ピボットシフト試験)、膝関節単純X線写真の所見など主観的及び客観的な7項目を総合的に評価する方法である。通常は正常、軽度の異常、異常、極めて異常の4段階に分類されるが¹⁾、今回は評価法を簡略化するために正常と異常に分類した。その上でKT-2000 arthrometer試験とIKDC formの両方で正常のものを臨床所見正常群、どちらか一方が異常のものを境界群、両方異常のものを異常群の3群に分類した。

MRI施行後に行われた膝関節鏡の所見は2群に分類した。すなわち、移植腱に断裂を認めないものを良好群、部分的でも断裂を認めるものを不良群とした(Fig. 2)。断裂に至っていない移植腱の術後変化は多様であり分類が煩雑になるため、良好群のなかに含めた。

以上のようにMRI所見、臨床所見、関節鏡所見を分類した上で、関節鏡所見をゴールドスタンダードとして、MRI

の有用性につき検討を行った。

統計学的解析はロジスティック回帰分析を用い、オッズ比より算出した95%信頼区間が1を含まないことをもって有意とした^{2),3)}。

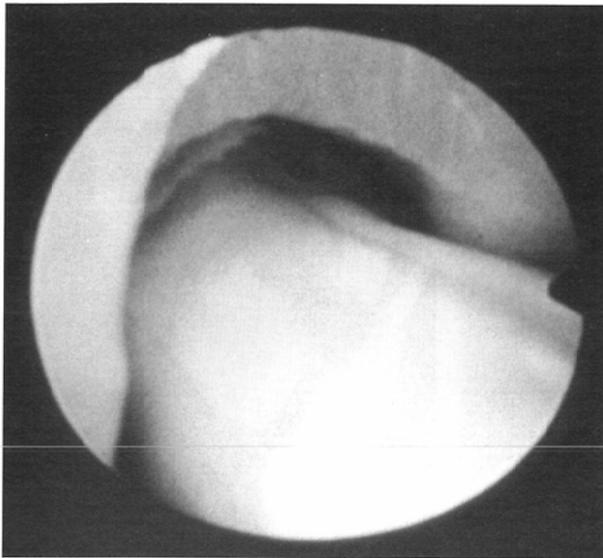
結 果

関節鏡所見とMRI所見ならびに臨床所見の比較をTable 1に示す。MRI所見では、I型75例、II型31例、III型4例であり、臨床所見では、正常群80例、境界群18例、異常群12例であった。また、関節鏡所見では、良好群101例、不良群9例であった。良好群101例のうち、断裂に至っていない移植腱の術後変化はルーフィンピンジメント12例、関節内線維性癒痕10例、滑膜炎10例、サイクロプス⁴⁾(主にルーフィンピンジメントにより生じる移植腱表面の限局性線維性結節)4例であった。これらの術後変化は同一の症例に重複してみられることが多かった。

MRI所見と関節鏡所見との比較では、MRI所見がI型を示した75例のうち、関節鏡所見良好群は72例(96.0%)、不良群は3例(4.0%)であった(Fig. 3)。MRI所見II型31例のうち、関節鏡所見良好群は26例(83.9%)、不良群は5例(16.1%)であった(Fig. 4)。MRI所見III型4例のうち、関節鏡所見良好群は3例(75.0%)、不良群は1例(25.0%)であった(Fig. 5)。

臨床所見と関節鏡所見との比較では、臨床所見正常群80例のうち、関節鏡所見良好群は76例(95.0%)、不良群は4例(5.0%)であった。臨床所見境界群18例のうち、関節鏡所見良好群は15例(83.3%)、不良群は3例(16.7%)であった。臨床所見異常群12例のうち、関節鏡所見良好群は10例(83.3%)、不良群は2例(16.7%)であった。

ロジスティック回帰分析によるMRI所見および臨床所見



(A)



(B)

Fig. 2 Classification of the arthroscopic findings.
(A) Good: no tear of the graft.
(B) Poor: partial tear of the graft.

Table 1 Comparison between MRI and clinical findings with arthroscopic findings.
(A) MRI findings vs. arthroscopic findings.
(B) Clinical findings vs. arthroscopic findings.

MRI	Arthroscopy	
	GOOD	POOR
I	72	3
II	26	5
III	3	1

(A)

Clinical finding	Arthroscopy	
	GOOD	POOR
Normal	76	4
Border line	15	3
Abnormal	10	2

(B)

の関節鏡所見に対するオッズ比はそれぞれ0.333 (95%信頼区間0.112~0.991) および0.725 (95%信頼区間0.290~1.813)であった (Fig. 6). 95%信頼区間の上限はMRI所見では0.991であり、臨床所見では1.813であった。従って、95%信頼区間が1を超えていないMRI所見は関節鏡所見をゴールドスタンダードとした場合臨床所見よりも

より信頼性における検査であることがわかった。

考 察

前十字靭帯再建術後の移植靭帯の評価は通常ラックマン試験、ピボットシフト試験、前方引き出し試験などの徒手の検査のほか、KT-1000あるいはKT-2000 arthrometer試験など関節測定器を用いた検査により行われる⁵⁾⁻⁷⁾。一方、最近のMRI装置の飛躍的な進歩により、MRIにおいても術後移植靭帯の描出が良好となった⁸⁾⁻¹¹⁾。特に臨床検査時に患者が疼痛を訴えた場合や、関節の腫脹や関節液貯留及び筋拘縮がある場合は、正確な臨床所見が得られにくい。このような状態ではMRIによる評価に期待するところが大きい。移植靭帯再断裂の診断には臨床所見とMRI所見を相補的に評価することが有用と思われるが、実際の臨床では臨床所見とMRI所見が合致せず、再断裂を疑っていてもその診断に苦慮する機会が多い。

MRIによる前十字靭帯再建術後の移植靭帯の評価については、これまでも報告があるがその有用性については統一した見解は得られていない。Moesserら⁸⁾は広筋膜を、また、Yamatoら⁹⁾は膝蓋靭帯を用いた移植靭帯の評価を行い、移



Fig. 3 A 33-year-old man with partial tear. (T1WI/450/15, 17 months after surgery)
T1WI shows a straight low-intensity band (type I) in spite of partial tear on arthroscopy.



Fig. 4 23-year-old woman with partial tear. (T2WI/3500 / 100, 12 months after surgery). T2WI shows an interrupted low intensity band (→, type II). A partial tear of the graft was confirmed on arthroscopy.

植腱は種々の信号強度を呈するため通常の前十字靭帯損傷の診断基準をそのまま適用できないとしている。一方, Rakら¹⁰⁾は, 膝蓋腱を用いた移植腱47例を対象とした研究を行いMRIは移植腱の評価に有用な検査法であると報告している。また, Maywoodら¹¹⁾も, 膝蓋腱を用いた移植腱32例を対象とした研究においてMRI所見と関節鏡所見とが一致したと報告している。今回われわれは関節鏡をゴールドスタンダードとして臨床所見とMRI所見を対比したが臨床所見よりもMRI所見の方が移植腱の評価により信頼のおける検査であるという結果が得られた。臨床所見で移植腱の状態の評価に迷う症例においては, MRIを施行することにより不要な関節鏡検査を回避することが可能になると思われる。

われわれのMRI所見と関節鏡所見の比較では, 移植腱が全長にわたり直線状の低信号を呈したI型では関節鏡にて断裂のない症例が96.0%であった。移植腱に途絶を認めるII型では関節鏡にて断裂のない症例が83.9%, 部分断裂が16.1%であった。また移植腱全体の信号が上昇したIII型では断裂の無い症例が75%存在した。したがってII型, III型では偽陽性が多くMRI所見のみから断裂の有無を評価することは困難と思われた。

II型, III型において偽陽性が多い原因の一つとして, 移植腱の成熟度の個人差が考えられる。Arnoczkyら¹²⁾のイヌの実験によれば, 再建直後は移植腱の中心は阻血性壊死に陥り, 8~10週で膝蓋下脂肪組織および関節後方の軟部組織から新生血管が增生し, 移植腱の血行が再開される(再血行

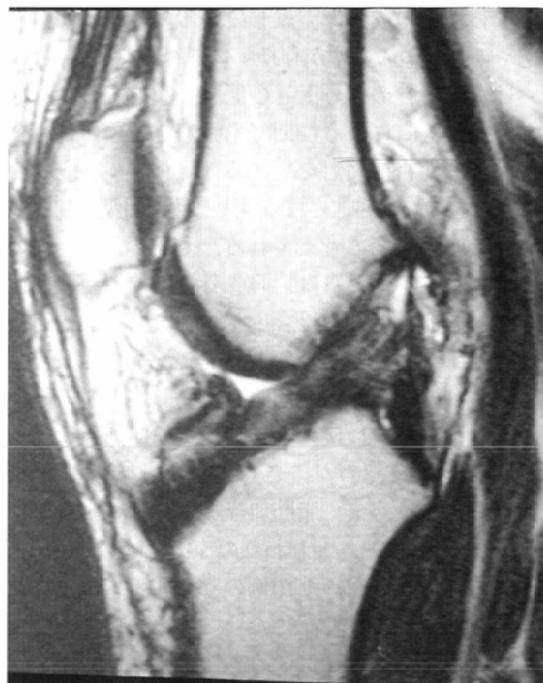


Fig. 5 A 27-year-old man with partial tear. (T2WI/3000/100, 15 months after surgery). Generalized increased signal is seen on T2WI. A partial tear of the graft was present on arthroscopy.

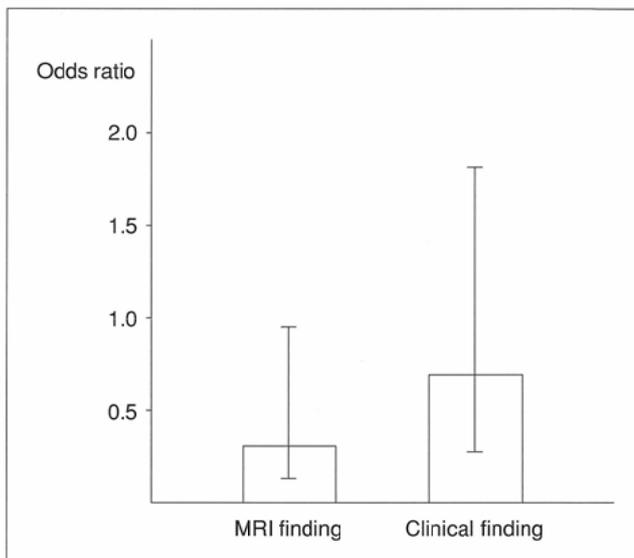


Fig. 6 Comparison of odds ratio between MRI findings and clinical findings. On MRI findings, 95% confidence area of odds ratio is below 1.0.

化)。20週で移植腱全体の血行が再開し, 16週から20週の間には膠原線維の增生と移植腱を覆う滑膜の肥厚がみられ移植腱はその径を増す(細胞増殖)。26週を過ぎると再血行化と細胞増殖はともに減少し, 52週(約1年)で膠原線維は一定の方向に配列し正常の前十字靭帯に類似してくる。黒坂ら¹³⁾は, 術後1年を経過したヒトの膝蓋腱を用いた移植腱の光学顕微鏡所見と膝関節鏡所見は正常の前十字靭帯のそれに類似しており, 移植腱の成熟は術後1年で完成すると報告している。今回われわれが対象とした症例は術後平均14か月であった。Arnoczkyらや黒坂らによれば, 通常この時

期までに移植靭帯の成熟は完成しているのであるが、まだ再血行化や細胞増殖の影響が移植靭帯に残存しており、II型、III型における移植靭帯の信号上昇の原因となっていた可能性がある。今後、MRIによる長期経過観察を行い、信号強度に変化が生じるか否か検討を要する。

また、断裂のないさまざまな術後変化もII型、III型における偽陽性的原因として考えられる。術後変化の一つであるルーフィンピンジメントは、脛骨骨孔の位置が顆間窩天井の傾斜よりも前方にある場合生じやすいとされ¹⁴⁾、Howellら¹⁵⁾は移植靭帯の遠位2/3に信号上昇を認めたと報告している。われわれの症例では関節鏡所見においてルーフィンピンジメントを認めた12例のうち4例でMRI所見において移植靭帯の信号上昇を認めた。さらに、Moesserらは、滑膜組織、関節内線維性癒痕、脂肪組織なども信号上昇の原因となると報告している⁸⁾。われわれの症例では関節鏡において関節内線維性癒痕を認めた10例のうち4例でMRI所見において移植靭帯の信号上昇を認めた。このほか、関節鏡所見において滑膜炎を認めた10例のうち7例で、サイクロプスを認めた4例のうち1例でMRI所見において移植靭帯の信号上昇を認めた。

以上より、II型、III型における偽陽性は、組織学的根拠は得られていないが、正常な移植靭帯の成熟過程における個人差、およびルーフィンピンジメント、関節内線維性癒痕、滑膜炎、サイクロプスなどの術後変化により惹起されると考えられた。さらに、MRI施行後関節鏡検査施行まで平均1.3カ月あり、この間に移植靭帯に異常が生じたり、既存の病変が進行して信号上昇を来した可能性も考えられた。

通常、前十字靭帯再建術後の移植靭帯の評価は、臨床所見を中心に行われており、患者が疼痛や膝の不安定感を訴え

ず、臨床所見に異常を認めない場合は、そのまま経過観察される。臨床所見に異常を認めたり再断裂の判定に迷う場合にはMRIを撮像し、MRI所見がI型を示すようであればさらに経過観察を、II型またはIII型を示すようであれば断裂を含むさまざまな術後変化が考えられるため、臨床診断と患者の状況を考慮した上で、関節鏡を施行すべきであると考えられた。

結 語

1. 膝蓋靭帯による前十字靭帯再建術後平均14カ月における移植靭帯の評価を臨床所見とMRI所見で行った。評価のゴールドスタンダードとして関節鏡所見を用いた。
2. MRI所見II型、III型における偽陽性は、正常な移植靭帯の成熟過程における個人差、およびルーフィンピンジメント、関節内線維性癒痕、滑膜炎、サイクロプスなどの術後変化により惹起されると考えられた。
3. 統計学的にMRI所見の方が臨床所見よりも有意に関節鏡所見と相関していた。したがって、臨床所見に異常があったり、再断裂の判定に迷う症例では、非侵襲的検査であるMRIを関節鏡の前に施行すべきであると考えられる。
4. MRI所見がI型を示すようであればそのまま経過観察を、II型またはIII型を示すようであれば断裂、あるいはその他の術後変化を来している可能性があり、臨床診断と患者の状態を考慮したうえで関節鏡検査を施行すべきであると考える。

本論文の要旨は第9回骨軟部放射線研究会(平成10年1月、長崎)にて報告した

文 献

- 1) Hefti F, Muller W, Jakob RP, et al: Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy* 1: 226-234, 1993
- 2) 森田茂穂 監訳, 注: 医学統計データを読む第2版. メディカルサイエンス・インターナショナル, 1997
- 3) 縣 俊彦 編著: EBM 臨床医学研究の方法論. 中外医学社, 1998
- 4) Recht MP, Pirano DW, Cohen MAH, et al: Localized anterior arthrofibrosis (cyclops lesion) after reconstruction of anterior cruciate ligament: MR imaging findings. *AJR* 165: 383-385, 1995
- 5) Heier KA, Mack DR, Moseley JB, et al: An analysis of anterior cruciate ligament reconstruction in middle-aged patients. *Am J Sports Med* 25: 527-532, 1997
- 6) Katz JW, Fingerth RJ: The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med* 14: 88-91, 1986
- 7) Liu SH, Osti L, Henry M, et al: The diagnosis of acute complete tears of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 77(B): 586-588, 1995
- 8) Moesser P, Bechtold RE, Clark T, et al: MR imaging of anterior cruciate ligament repair. *J Comput assist Tomogr* 13: 105-109, 1989
- 9) Yamato M and Yamagishi T: MRI of patellar tendon anterior cruciate ligament autografts. *J Comput assist Tomogr* 16: 604-607, 1992
- 10) Rak KM, Gillogly SD, Schaefer RA, et al: Anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation with MR imaging. *Radiology* 178: 553-556, 1991
- 11) Maywood RM, Murphy BJ, Uribe JW, et al: Evaluation of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 21: 523-527, 1993
- 12) Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL, et al: Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon. *J Bone Joint Surg* 64(A): 217-224, 1982
- 13) 黒坂昌弘, 阿部修治, 吉矢晋一, 他: 関節鏡視下にみた膝関節靭帯のリモデリング. *関節外科* 10: 827-833, 1991
- 14) Howell SM, Clark JA: Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction and graft impingement. *Clin Orthop* 283: 187-195, 1992
- 15) Howell SM, Berns GS, Farley TE, et al: Unimpinged and impinged anterior cruciate ligament grafts: MR signal intensity measurements. *Radiology* 179: 639-643, 1991