

原 著

人工膝関節全置換術後の膝伸展不全に関連する因子の検討

新潟医療センター、リハビリテーション科；理学療法士¹⁾、

新潟医療センター、整形外科；医師²⁾、済生会新潟病院、整形外科；医師³⁾

わたなべ ひろし¹⁾、かぶらき たけし¹⁾、たかはし としゆき¹⁾、たかはし ゆうた¹⁾、なしもと さとし¹⁾、
 渡邊 博史¹⁾、蕪木 武史¹⁾、高橋 利行¹⁾、高橋 祐太¹⁾、梨本 智史¹⁾、
 いいだ すずむ たかはし ゆうき わたなべ さとし さとう たかし²⁾、
 飯田 晋¹⁾、高橋 勇樹³⁾、渡邊 聡²⁾、佐藤 卓²⁾

目的：人工膝関節全置換術（TKA）後における膝伸展不全（Lag）の発生を予防するために、Lagの関連因子を検討することである。

方法：対象は2018年1月～2019年12月の期間に当院でTKAを施行した女性34名45膝とした。入院中にLagを認めたLag群（17名19膝）と認めなかった非Lag群（19名26膝）に分け、年齢、膝関節可動域、下肢伸展筋力等について検討した。

結果：術前の膝屈曲拘縮や術後の下肢伸展筋力がLagに関連していることが認められた。

結論：理学療法において、術前の膝屈曲拘縮からLagの発生を予測し、術後早期に下肢伸展筋力を発揮しやすい状態にすることが重要である。

キーワード：人工膝関節全置換術、膝伸展不全、関連因子

が重要であり、術前からLagの発生を予測し、Lagに関連した機能不全を防ぐための術後早期介入が必要である。そこで本研究では、TKA後のLagに関連する因子の検討をした。

対象と方法

対象は、2018年1月～2019年12月までの2年間に当院でTKAを施行した女性34名45膝（平均年齢75.1±6.6歳）で両側同時手術例が7名存在し、退院時まで膝屈曲拘縮が残存していた者は除外した。全例手術はMeasured Resection法で、使用したインプラントはMedial Pivot型であった。

方法は、まず入院中にLagを認めたLag群（17名19膝）と認めなかった非Lag群（19名26膝）の2群に分けた。そして、年齢、術前の膝関節可動域（Knee joint range of motion：以下、膝ROM）、術直後麻酔下膝最大伸展角（Lateral femoro-tibial angle：以下、LFTA）（21）、術後早期における炎症所見の評価として、術前及び術後1週時の大腿周径（patella上縁0 cmと5 cm）、術後1週時のC反応性蛋白（C-reactive protein：以下、CRP）や、術前及び退院時の下肢伸展筋力について、2群間で検討した。LFTAは術直後の全身麻酔下での自重による膝最大伸展位X線側面像上で計測し（図1a, b）、下肢伸展筋力はアルケア社製ロコモスキャンにて測定した（図2）。大腿周径では術前に対する術後1週時の割合を、下肢伸展筋力では体重に対する割合を算出し比較した。

統計学的分析は、統計ソフトRにてShapiro-Wilk検定によりそれぞれのデータの正規性を確認したのち、対応のないt検定とMann-WhitneyのU検定を用い有意水準を5%とした。また受信者動作特性曲線（Receiver Operating Characteristic curve：以下、ROC曲線）からLagの有無に対する術前における膝屈曲拘縮のカットオフ値を求めた。

結 果

対象の属性について、年齢はLag群の平均74.6歳、非Lag群の平均75.5歳で有意差を認めなかった。また、他の項目の身長、体重、BMIにおいても2群間で有意差を認めなかった（表1）。

緒 言

変形性膝関節症（Knee osteoarthritis：以下、膝OA）は高齢者に多い一般的な疾患であり、世界の有病率は3.8%で有病者数が約2億6700万人と推計されている（1）。日本における膝OAの有病者数は約2,530万人、有症状患者数は約800万人とされ、40歳以上の中高年者における発生頻度は極めて高いと報告されている（2-4）。また、男女とも年齢の上昇に伴い膝OAのX線変化が段階的に進行する（5）ことから、超高齢社会の進行とともに膝OA患者が増加し重症化することが予想される。重度な膝OA患者には人工膝関節全置換術（Total knee arthroplasty：以下、TKA）が推奨され、優れた治療成績と疼痛の軽減が実証されている（6、7）。しかし、TKA後の患者満足度は、人工股関節全置換術に比べて低いとされており（8-10）、良好な成績が得られるものの課題も残されている。その課題の1つにTKA後多く観察される現象である膝伸展不全（Knee extension lag：以下、Lag）が挙げられ、Lagは他動での膝関節完全伸展が可能であるのに自動での完全伸展が困難な状態と定義されている（11-15）。Lagが存在すると膝屈曲位での歩行となり、屈曲位での荷重が膝関節へのストレスを増大させ疼痛等が生じ、臨床上的問題となる（16-19）。そしてLagは、TKA後の早期身体機能及び身体能力の回復を阻害する要因の1つとされている（20）。そのため、TKA後のLagを予防すること

膝関節角度について、術前の膝 ROM は伸展で差を認め、Lag 群の中央値 -10° 、非 Lag 群の中央値 -7.5° で Lag 群が有意に小さい値であった (図3a)。LFTA は Lag 群の平均 9.1° 、非 Lag 群の平均 4.6° で Lag 群が有意に大きい値であった (図3b)。

炎症所見について、CRP は Lag 群の中央値 2.0 mg/dl 、非 Lag 群の中央値 4.7 mg/dl で Lag 群が有意に小さい値であった (図4a)。大腿周径は 2 群間で有意差を認めなかった (図4b)。

下肢伸展筋力は術後の退院時において差を認め、Lag 群の平均 25.8% 、非 Lag 群の平均 33.9% で Lag 群が有意に小さい値であった (図5)。

Lag の有無に対する術前における膝屈曲拘縮のカットオフ値は 10° であった (図6)。

考 察

Lag に関連する要因の先行研究では、術前の膝伸展 ROM 制限 (22)、大腿四頭筋の筋力低下 (11、12、15、23)、腫脹 (25-27)・疼痛 (11、15、24) による大腿四頭筋活動抑制、ハムストリングス収縮・短縮 (24)、縫工筋・大腿筋膜張筋の過剰活動 (28)、膝蓋骨の可動性低下や腱の滑走性低下 (11、12、15、29)、膝関節受容体の変化 (30、31) 等が報告されている。このように Lag には多種多様な要因が指摘されており、術前、術中、術後の因子があり、これらの要因が混在しているとされている (22)。本研究では、術前の膝屈曲拘縮、LFTA、術後の下肢伸展筋力が lag の関連因子として認められ、先行研究と同様の結果が得られた。LFTA は麻酔下であることから、不安や痛み等による防御的な筋収縮の影響がなく、純粋な膝の後方軟部組織の伸張性を示していると考えられ、LFTA が小さいと Lag が発生しやすいという結果になったと考える。LFTA について我々は 6° 以上であると術後 1 年以上経過時、過伸展になっている可能性があるとして報告しており (21)、LFTA が大きいことは、入院中の Lag 発生予防においては利点であるが、術後長期経過後における過伸展のリスクがあり、そのことを念頭に置きながら後療法を行っていくことが必要と考える。CRP については Lag 群が有意に小さい値で、先行研究とは逆の結果であった。この理由として、両側同時手術例の 7 名中、Lag 群が 1 名、非 Lag 群が 6 名で非 Lag 群に多かったことが影響していると考ええる。また、術後の腫脹や水腫による大腿四頭筋の活動抑制が、TKA 症例では必ずしも Lag の原因にはならないとの報告 (28) もあることから、他の要因に比べて炎症所見である CRP の影響は小さいと示唆される。TKA における標準的な理学療法介入の方向性において、術前から膝伸展 ROM を評価し、術後における Lag の発生を予測することが述べられており (32)、本研究の結果から、ROC 曲線にて Lag の有無に対する術前における膝屈曲拘縮のカットオフ値が 10° と示され、術前の膝屈曲拘縮が 10° 以上であると術後 Lag が生じる可能性が高くなることと示唆された。

Lag は大腿四頭筋による膝伸展の自動運動が、膝最終伸展域において特異的に困難となる現象を指す (22) とされ、Lag が生じている膝最終伸展域での下肢伸展筋力の発揮が不十分な状態であり、主に Lag が生じる要因は筋力の影響と考える。Lag の要因として多種多様の項目が報告されているが、それら全ての項目は、

Lag が生じている膝最終伸展域での下肢伸展筋力の発揮を妨げる要因である。理学療法の介入において、術前は膝伸展 ROM の評価から Lag 発生の予測をし、個々の患者の問題となっている Lag の要因を評価し、術後早期に下肢伸展筋力を発揮しやすい状態に整えることが重要と考える。

結 論

TKA 後における Lag の発生予防のために、Lag に関連する因子について検討した。術前の膝屈曲拘縮と術後の下肢伸展筋力が Lag に関連していることが認められ、理学療法において、術前の膝屈曲拘縮から Lag の発生を予測し、術後早期に下肢伸展筋力を発揮しやすい状態にすることが重要と考える。

文 献

1. Cross M, Smith E et al. The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the Global Burden of Disease 2010 Study. *Ann Rheum Dis* 2014; 73: 1323-30.
2. Yoshimura N, Muraki S et al. Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis and osteoporosis in Japanese men and women: The Research on Osteoarthritis/osteoporosis Against Disability (ROAD). *J Bone Miner Metab* 2009; 27: 620-8.
3. Yoshimura N. Epidemiology of osteoarthritis in Japan: the ROAD study. *Clin Calcium* 2011; 21: 821-5.
4. 吉村典子. 変形性膝関節症の疫学—大規模住民コホート調査 ROAD より—。 *Bone Joint Nerve* 2012; 2(1): 5-9.
5. 古賀 寛, 大森 豪 他. 縦断研究による X 線所見の変化—大規模集団検診による疫学調査から—。 *Bone Joint Nerve* 2016; 6(3): 481-4.
6. Chen PQ, Cheng CK et al. Gait analysis after total knee replacement for degenerative arthritis. *J Formos Med Assoc* 1991; 90: 160-6.
7. König A, Walther M et al. Balance sheets of knee and functional scores 5 years after total knee arthroplasty for osteoarthritis: a source for patient information. *J Arthroplasty* 2000; 15: 289-94.
8. Bachmeier CJ, March LM et al. A comparison of outcomes in osteoarthritis patients undergoing total hip and knee replacement surgery. *Osteoarthritis Cartilage* 2001; 9(2): 137-46.
9. Wylde V, Blom AW et al. Patient-reported outcomes after total hip and knee arthroplasty: Comparison of mid-term results. *J Arthroplasty* 2009; 24(2): 210-6.
10. De Beer J, Petrucelli D et al. Patient perspective survey of total hip vs total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty* 2012; 27(6): 865-9.
11. Hallén LG, Lindahl O. Muscle function in knee extension an EMG study. *Acta Orthop Scand* 1967; 38(4): 434-44.
12. Sprague RB. Factors related to extension lag at the knee joint. *J Orthop Sports Phys Ther* 1982; 3(4): 178-82.

13. Noble PC, Gordon MJ et al. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop Relat Res* 2005 ; 157 - 65.
14. Gondin J, Cozzone PJ et al. Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *Eur J Appl Physiol* 2011 ; 111 : 2473 - 87.
15. Tanner L, Jennifer I et al. Short-term outcomes for total knee arthroplasty patients with active extension lag. *Ann Transl Med* 2018 ; 6 (11) : 204 - 9.
16. 津村 弘. 生体力学からみた変形性膝関節症. *理学療法* 1992 ; 9 (3) : 169 - 76.
17. 峰久京子, 松永義博 他. 膝伸展不全と理学療法—筋放電特性の分析から—. *理学療法ジャーナル* 1995 ; 29 (8) : 530 - 5.
18. 宗圓 聡, 田中清介. 屈曲拘縮に対する人工関節手術とその臨床成績. *関節外科* 1997 ; 16 (1) : 26 - 8.
19. 戸田佳孝. 変形性膝関節症と肥満. *臨床整形外科* 2002 ; 37 (3) : 284 - 6.
20. 丹羽滋郎. 人工関節. 図説整形外科診断治療講座 15—人工関節バイオマテリアル—. 東京 : メディカルビュー社 ; 1990. 78 - 91頁 .
21. 高橋利行, 佐藤 卓他. 人工膝関節全置換術直後麻酔下における X 線側面像での膝最大伸展角と術後最終膝伸展可動域の関係. *日本人工関節学会誌* 2020 ; 50 : 231 - 2.
22. 眞田祐太郎, 境 隆弘他. 人工膝関節全置換術後の膝伸展不全と術前の膝伸展制限との関連性. *理学療法科学* 2017 ; 32 (1) : 11 - 15.
23. Stillman BC. Physiological quadriceps lag: Its nature and clinical significance. *Australian Journal of Physiotherapy* 2004 ; 50 : 237 - 41.
24. 市橋則明. 運動療法学 障害別アプローチの理論と実際, 第 2 版. 市橋則明 (編). 東京 : 文光堂 ; 2014. 233頁.
25. Startford P. Electromyography of the quadriceps femoris subjects with normal knees and acutely effused knees. *Phys Ther* 1982 ; 62 : 279 - 83.
26. Wood L, Ferrell WR et al. Pressures in normal and acutely distended human knee joints and effects on quadriceps maximal voluntary contractions. *Q J Exp Physiol* 1988 ; 73 (3) : 305 - 14.
27. 中山彰一. 変形性膝関節症における筋機能の問題点—関節神経生理的側面から—. *理学療法科学* 1994 ; 21 (2) : 120 - 3.
28. 阪本良太, 武政誠一他. 変形性膝関節症に対する人工膝関節全置換術後の膝伸展不全について. *神戸大学大学院保健学研究科紀要* 2008 ; 24 : 29 - 39.
29. 峰久京子, 松永義博他. 膝伸展不全と理学療法—筋放電特性の分析から—. *理学療法ジャーナル* 1995 ; 29 (8) : 530 - 5.
30. Hurley MV, Newham DJ. The influence of arthrogenous muscle inhibition quadriceps rehabilitation of patients with early, unilateral osteoarthritic knees. *Br J Rheumatol* 1992 ; 32 : 127 - 31.
31. Gotlin RS, Hershkovitz S et al. Electrical stimulation effect on extensor lag and length of hospital stay after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 1994 ; 75 : 957 - 9.
32. 眞田祐太郎, 大澤 傑他. 身体機能の推移から考える人工膝関節全置換術における標準的リハビリテーション. *日本職業・災害医学会誌* 2019 ; 67 : 416 - 24.

英文抄録

Original article

Factors Related Extension Lag after Total Knee Arthroplasty

Department of Rehabilitation, Niigata Medical Center; PT¹⁾, Department of Orthopedic Surgery, Niigata Medical Center; MD²⁾, Department of Orthopedic Surgery, Saishikai Niigata Hospital; MD³⁾
 Hiroshi Watanabe¹⁾, Takeshi Kaburaki¹⁾,
 Toshiyuki Takahashi¹⁾, Yuta Takahashi¹⁾, Satoshi Nashimoto¹⁾,
 Susumu Iida¹⁾, Satoshi Watanabe²⁾, Takashi Sato²⁾,
 Yuki Takahashi³⁾

Objective : The purpose of this study is to investigate factors associated with lag in order to prevent the occurrence of knee extension lag after total knee arthroplasty.

Methods : The subjects were 34 female patients with 45 knees who underwent TKA at our hospital between January 2018 and December 2019. They were divided into Lag group (17 patients, 19 knees) and Non-Lag group (19 patients, 26 knees) with and without Lag during hospitalization, and their age, knee joint range of motion, and knee extensor strength were examined.

Results : It was observed that preoperative knee flexion contracture and postoperative knee extension muscle strength were related to lag.

Conclusion : In physical therapy, we believe it is important to predict lag based on preop. flexion contractures and preparation for the knee to exert extensional muscle strength early in the postop. period.

Key words : total knee arthroplasty, knee extension lag, related factor

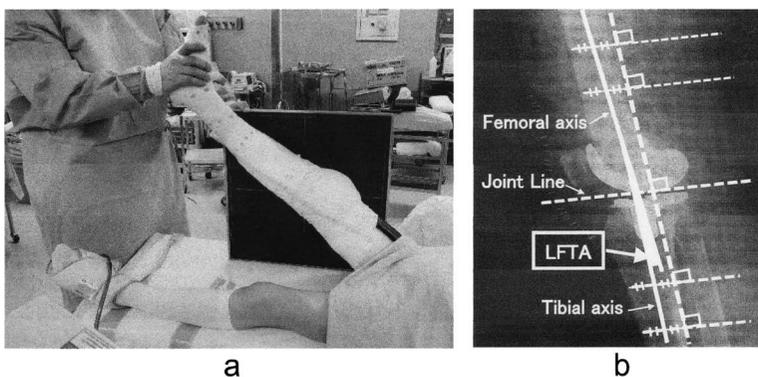


図1. 術直後麻酔下膝最大伸展角
(Lateral femoro-tibial angle: LFTA)

- a. 術直後麻酔下 X 線撮影
 b. 計測方法
1. 脛骨コンポーネント上面の前後端点を結ぶ線に平行で、大腿骨コンポーネントに接する線を Joint Line とする。
 2. その垂直線を大腿骨近位、脛骨遠位方向に引く。
 3. Joint Line から 100 mm と 150 mm の位置で、大腿骨及び脛骨における骨間の中点を定め、中点同士を結んだ線を大腿骨骨軸、脛骨骨軸とする。
 4. 2 軸のなす角を LFTA とする。(伸展を正とする。)

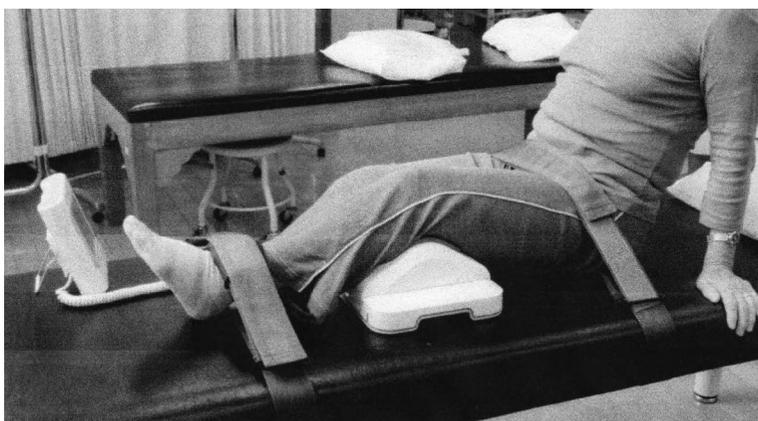
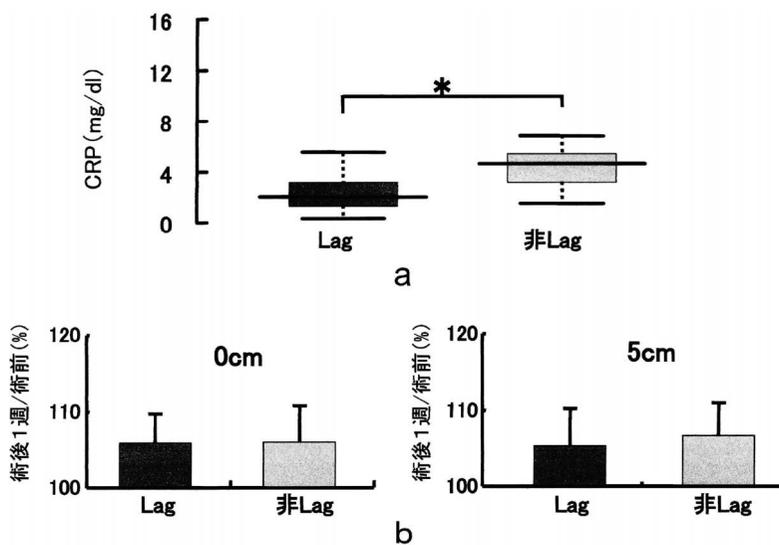
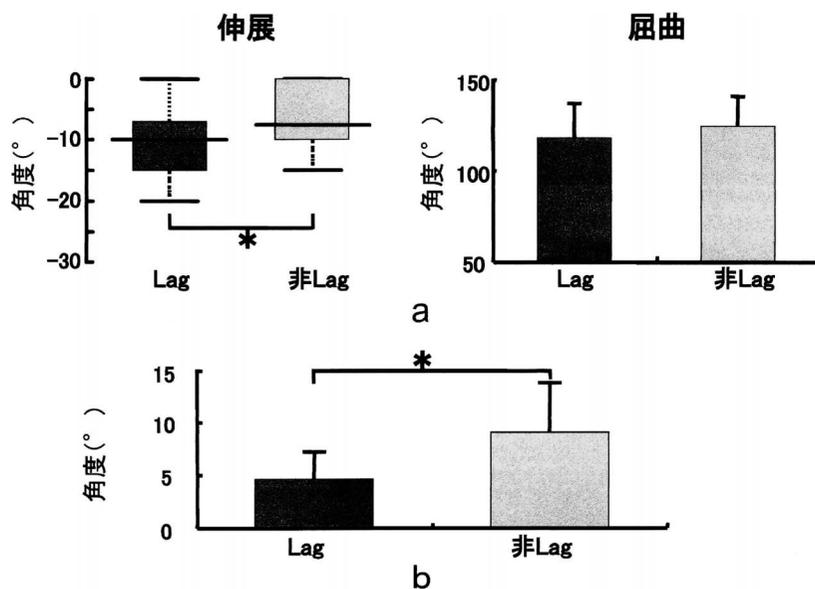


図2. 下肢伸展筋力測定：ロコモスキャン（アルケア社製）

表1. 対象の属性

	Lag	非 Lag	p 値
年齢 (歳)	74.6±5.9	75.5±7.1	0.69
身長 (cm)	150.8±5.4	150.7±7.6	0.65
体重 (kg)	61.5±10.5	57.1±10.1	0.17
BMI (kg/m ²)	27.1±5.0	25.0±3.0	0.11

Lag (Knee extension lag: 膝伸展不全) : Lag を認めた群、非 Lag : Lag を認めなかった群
 P 値 : p-value (有意確率)、BMI : Body Mass Index (体格指数)



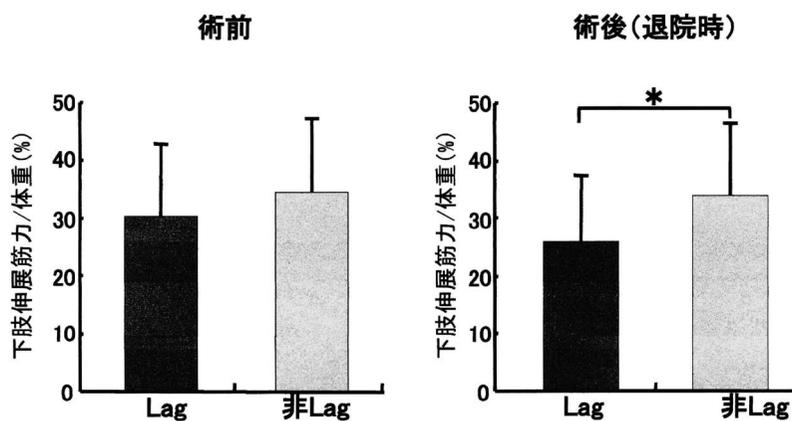


図5. 下肢伸展筋力 (体重に対する割合)

Lag (Knee extension lag: 膝伸展不全) : Lag を認めた群、非 Lag : Lag を認めなかった群
* : $p < 0.05$ (対応のない t 検定)

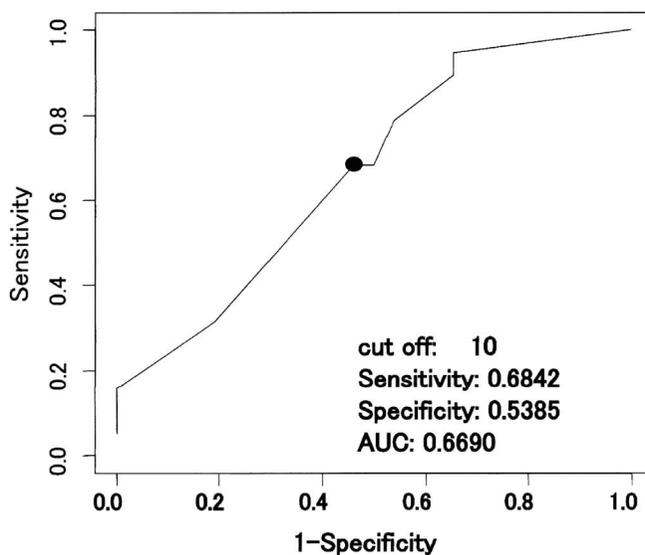


図6. Lagの有無に対する術前膝屈曲拘縮のROC曲線

Lag : Knee extension lag (膝伸展不全)
ROC 曲線 : Receiver Operating Characteristic curve (受信者動作特性曲線)