

大腿二頭筋肉ばなれの MRI 分類

原 著

Classification of the type of biceps femoris muscle strain based on magnetic resonance imaging findings

奥脇 透*, 中嶋耕平*, 半谷美夏*
福田直子*, 水谷有里*, 高橋佐江子*

キー・ワード : muscle strain, biceps femoris, magnetic resonance imaging
肉ばなれ, 大腿二頭筋, MRI

〔要旨〕 大腿二頭筋肉ばなれについて、MRIによる分類を試みた。急性期の大腿二頭筋肉ばなれ 203 例を、損傷部位により I 型：筋線維部、II 型：腱膜部、III 型：筋腱付着部の 3 つの損傷型（タイプ）に分けた。さらに最大損傷部の横断像から 3 つの損傷度（グレード、1 度：わずかな損傷、2 度：部分断裂、3 度：完全断裂）に分類した。その結果、I 型が 9 例（4%）、II 型が 174 例（86%）、III 型が 20 例（10%）であった。最も症例数の多かった II 型で損傷度をみてみると、1 度が 81 例（47%）、2 度が 60 例（34%）、3 度が 33 例（19%）であった。元のスポーツレベルまでの競技復帰時期は 185 例で確認し、I 型が 1.6 週、II 型が 4.9 週、III 型が 22.1 週と、それぞれ間に有意な差を認めた。さらに II 型の中では、1 度が 2.0 週、2 度が 6.4 週、3 度が 9.8 週と、それぞれの間で有意差がみられた。MRI による肉ばなれ分類は、大腿二頭筋の肉ばなれの重症度や予後を推測する上で有用であることがわかった。とくに大腿二頭筋長頭では腱膜損傷が特徴的であり、その損傷度を評価することが重要であると思われた。

はじめに

筆者はこれまで、国立スポーツ科学センター（以下 JISS）にて診療してきたわが国のトップアスリートの肉ばなれを、MRI 所見によって 3 つのタイプに分類できることを示してきた¹⁾。すなわち STIR 像にて高信号域が存在するものの T2*強調画像にて筋腱移行部損傷のないものは I 型（軽症型）、筋腱移行部損傷のあるものは II 型（中等症型）、そして筋腱付着部の完全断裂は III 型（重症型）とした。また競技復帰時期は、それぞれ I 型が約 2 週、II 型が 6 週、III 型が 20 週と有意な差を示し、この分類が肉ばなれの重症度の判断に有用であることを示唆した。さらに I 型や II 型に比べて頻度は低いものの、筋腱付着部での裂離損傷は手術適応を考慮する必要があることも報告した¹⁾。

しかし、この分類は、I 型は画像所見（高信号域

のみ）にて、また II 型と III 型は損傷部位にて、それぞれ判断しており、指標が 2 つあることになった。また II 型と III 型では、症例によってスポーツ復帰時期に大きなばらつきがみられ、それには損傷部位における損傷度の違いが影響している可能性が示唆された。そこで今回、羽状筋の代表であり、さまざまな競技で肉ばなれを生じやすい大腿二頭筋について¹⁾、MRI による肉ばなれの分類を再度検討してみることとした。

図 1 は、大腿二頭筋の機能解剖を理解するためのものである（以下の症例の受傷側が左であり、その MRI 像と対比しやすいように右大腿部を後方からみた模式図）。大腿二頭筋は坐骨結節から長頭が腱として起こり、長い膜状の腱（これが腱膜）となって遠位に向かって斜め外側に筋線維を出している。この腱膜は、筋内腱であり、欧米では aponeurosis または tendon plate とも呼ばれており、ここでは腱膜と記すこととする。この腱膜は、大腿近位部の横断面（図 1 右上）で見ると、半腱様

* 国立スポーツ科学センター

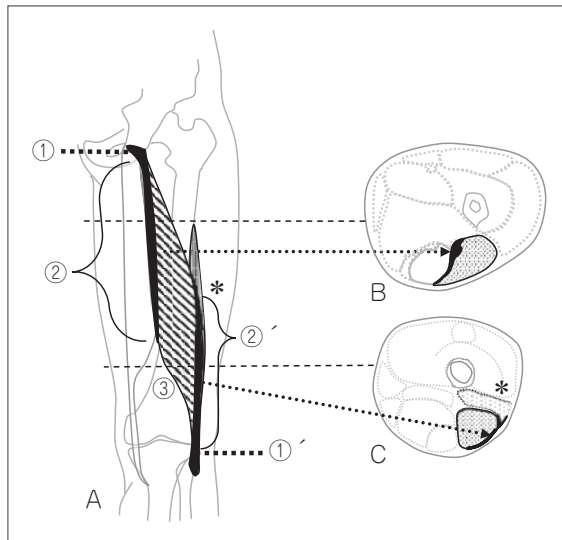


図1 大腿二頭筋の機能解剖
 A：右大腿二頭筋長頭を後方からみた模式図（*は大腿二頭筋短頭）。
 B, C：それぞれ、近位（②）および遠位（②'）の横断面を上から見た図。
 ①, ①'：筋腱附着部であり、起始は坐骨結節、停止は腓骨頭である。
 ②, ②'：腱膜部（黒塗り）であり、断面では矢状断方向に広がっている。
 ③：大腿二頭筋長頭の筋線維部。短頭（*）は遠位深部に位置する。

筋との間を矢状断面方向に広がっている。その後、大腿二頭筋長頭の筋線維は、遠位で再び腱膜に移行し、これに短頭（大腿骨後面の粗線と外側筋間中隔から起始する）からの筋線維が合流し、最終的に腱となって腓骨頭に附着する。短頭は紡錘状筋で、長頭が羽状筋である。この大腿二頭筋が損傷された場合、最も機能が損なわれるのは、附着部（①および①'）であり、次いで腱膜部（②および②'）そして筋線維部（③）の順となることが予想される。そこで今回は、大腿二頭筋についてのMRIによる損傷型を部位にて、I型（筋線維部）、II型（腱膜部）そしてIII型（筋腱附着部）に分類した。これに横断面による損傷度を加えて評価し、競技復帰時期との関係を調べた。

対象と方法

国立スポーツ科学センターにて2001年10月から2017年9月までの16年間に、筆者らが診察とMRIにて肉ばなれと診断した1,078例のうち、大腿二頭筋の肉ばなれ（ハムストリングス附着部損傷を含む）は249例であり、そのうち受傷から7

日以内にMRIを撮像した急性期の203例を対象とした。

MRIは、高磁場MRI装置（Siemens社製Symphony1.5T, Verio3.0TまたはSkyra3.0T）を用い、まず位置決め画像のあとに、脂肪抑制法の一つであるSTIR（Short Inversion-Time Recovery）法（TR5000/TE50/TI230, FA90/150）による冠状断および横断像（必要に応じて矢状断像を追加）を撮像し、次にT2*強調画像（TR600/TE9/FA25）による各断面の撮像を行った¹⁾。

MRI所見については、STIR像にて高信号を示す領域の有無と、STIRおよびT2*強調画像にて筋腱移行部（とくに腱膜）の損傷所見（腱膜の途絶や退縮など）の有無を各断面で調べた¹⁾。それらの所見から、以下のような損傷型と損傷度を判定した。

1) 損傷型（タイプ）分類：主に冠状断面にて評価し、異常所見（高信号域や損傷を示す途絶や解離など）が、筋線維部（筋周膜周辺を含む）にあるものをI型、腱膜部（筋腱移行部を含む）にあるものをII型、そして筋腱附着部から腱性部にあるものをIII型とした（図2）。部位の判断に迷う症例では、横断像や矢状断像でも評価し、それでも迷った場合にはより重い損傷型とした。

2) 損傷度（グレード）分類：冠状断での最大損傷部位の横断面像にて、軟部組織損傷の分類に準じて3段階に分類した。すなわち、1度：わずかな損傷（高信号域のみ）、2度：部分断裂、そして3度：完全断裂である。大腿二頭筋長頭の近位部の肉ばなれII型でみると、腱膜の損傷がないもの（周囲の高信号域のみ）を1度、明らかな腱膜の部分損傷が認められるものを2度、そして損傷がほぼ腱膜全体に及ぶものを3度とした（図3）。腱膜損傷の有無や程度の判断に迷った場合にも、より重い方の損傷度を選択した。

その後、可能な限り3週間ごとの診察とMRI評価を行いながら、元のスポーツレベルに復帰するまで（競技復帰時期）を経過観察した。復帰まで確認できなかったものに関しては、後日問い合わせを行い、あるいは他の外傷・障害で再受診した際の問診にて、競技復帰時期を確認した。MRI分類と競技復帰時期の関係は、Kruskal-Wallisの検定後、帰無仮説を棄却できた場合はペアごとに有意確率を算出し、Bonferroni法でp値を補正し検討した。

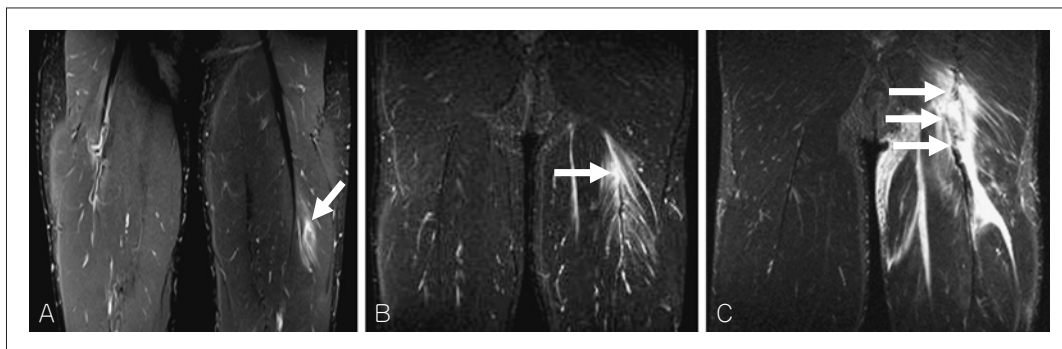


図2 MRI (STIR 冠状断像) による大腿二頭筋肉ばなれの分類
 A : I 型 (筋線維部損傷型), 筋線維部に高信号域 (矢印)
 B : II 型 (腱膜部損傷型), 腱膜の損傷 (矢印)
 C : III 型 (付着部損傷型), 近位腱または付着部損傷 (矢印)

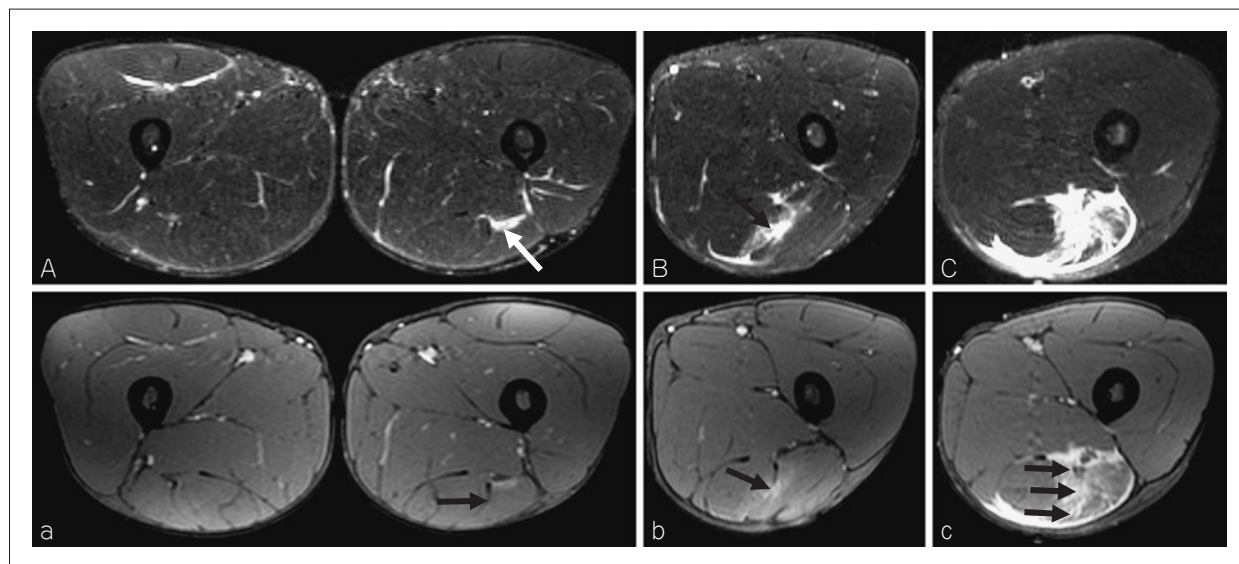


図3 大腿二頭筋肉ばなれ (II 型) の MRI による損傷度分類
 冠状断像での最大損傷部における横断像 (A, B, C : STIR 像, a, b, c : T2*強調画像)
 A, a : 1 度 (軽度損傷) : 腱膜周囲の高信号域 (白矢印) のみ. 腱膜 (➡) は正常.
 B, b : 2 度 (部分断裂) : 腱膜の背側部に途絶がみられる (➡).
 C, c : 3 度 (完全断裂) : 損傷は腱膜の全域にわたっている (➡).

結 果

203 例のプロフィールをみると, 男性が 176 例で 87% を占めており, 女性は 27 例 (13%) であった. 平均年齢は 24.3 歳 (± 4.6 歳, 最年少 : 14 歳, 最年長 : 37 歳) であった. 受傷側は, 左が 103 例, 右が 100 例と, 左右差はみられなかった.

競技種目では, 陸上競技が 110 例 (54%) と最も多く (図 4A), そのうちの約半数に及ぶ 56 例 (51%) が短距離走中の受傷であった (図 4B). 次いでサッカーの 34 例 (17%), ラグビー 16 例

(8%), レスリング 9 例 (4%), フェンシング 8 例 (4%) およびその他 26 例 (13%) の順であった (図 4A). なお, その他の競技は 17 競技で, 柔道, スケルトン (以上が 3 例), アイスホッケー, バレーボール, ハンドボール, ボブスレー, 野球 (以上が 2 例), ウエイトリフティング, カヌー, シンクロナイズドスイミング, 新体操, ソフトボール, 卓球, テコンドー, トライアスロン, バスケットボール, バドミントン (以上が 1 例) であった.

MRI による損傷型 (タイプ) 分類では, 腱膜損傷を特徴とする II 型が 174 例 86% (近位 111 例,

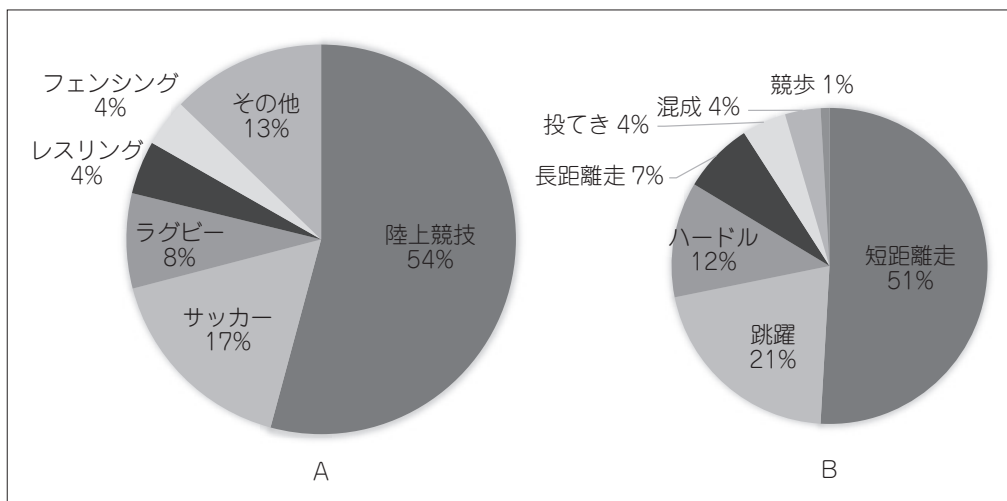


図4 大腿二頭筋肉ばなれの競技種目別割合
 A：競技別割合 (N=203)
 B：陸上競技における種目別割合 (N=110)

表1 大腿二頭筋肉ばなれのMRI分類と競技復帰時期

損傷型	損傷度	症例数	経過例	競技復帰(週)	SD(週)	最短-最長(週)
I	1	2	2	1		1
	2	7	7	1.7	0.8	1~3
	3	0	0	—	—	—
	小計	9	9	1.6	0.7	1~3
II	1	81	76	2.0	1.0	1~6
	2	60	51	6.4	2.2	3~12
	3	33	31	9.8	3.2	4~16
	小計	174	158	4.9	3.7	1~16
III	1	0	0	—	—	—
	2	5	4	25.5	17.7	16~52
	3	15	14	21.2	10.4	14~52
	小計	20	18	22.1	11.9	14~52
合計		203	185			

(ノンパラメトリック検定；*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

遠位63例)と最も多かった(表1および図5A)。III型は20例(10%)で、全て近位部であり、このうちの15例はハムストリングス付着部(共同腱)断裂であった。I型は9例(大腿二頭筋短頭の3例を含む)4%と少なかった。

最も多かったII型を、横断面像での損傷度(グレード)で分類すると、1度が81例(47%)、2度が60例(34%)、そして3度が33例(19%)であった(表1および図5B)。

競技復帰時期は185例(対象の91%)で確認した。I型(9例5%)が1.6週(±0.7週)、II型(158例85%)が4.9週(±3.7週)そしてIII型(18例10%)が22.1週(±11.9週)であり、それぞれに有意差を認めた(表1：TypeI-II：p<0.01, TypeII-III：p<0.001, TypeI-III：p<0.001)。さらに症例の多くを占めたII型に関して、3つの損傷度における競技復帰時期をみたところ、1度が2.0週(±1.0週)、2度が6.4週(±2.2週)、そして3

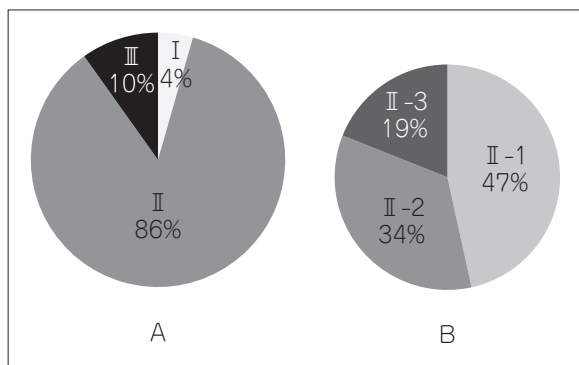


図5 大腿二頭筋肉ばなれのMRI分類別割合
A: 損傷型別割合 (N=203)
B: Ⅱ型における損傷度別割合 (N=174)

度が9.8週(±3.2週)であり、それぞれの損傷度間でも有意な差を認めた(表1: Grade1-2: p<0.001, Grade2-3: p<0.05, Grade1-3: p<0.001)。

以下に、代表的な大腿二頭筋長頭の肉ばなれⅡ型2度の2症例(近位および遠位)について、MRIでの経過を含めて提示する。

＜大腿二頭筋長頭近位部肉ばなれⅡ型2度の症例(図6)＞

19歳男性、陸上競技短距離走選手。疾走中の受傷で、2日後に受診した。初診時MRI(STIR像)では近位腱膜部を中心に高信号域が広がっており、腱膜の一部に途絶を認めた。3週間には損傷部の連続性がみられたが、まだ腱膜の形や信号は不均一であった。8週間にはほぼ均一な肥厚した腱膜となったが、T2*強調画像では腱膜損傷部の信号強度はやや高いままであった。9週で元の競技レベルまでに回復した。

＜大腿二頭筋長頭遠位部肉ばなれⅡ型2度の症例(図7)＞

24歳男性、陸上競技走り幅跳び選手。疾走中の受傷で、3日後に受診した。初診時にはSTIR像にて広範囲の高信号域を認め、遠位腱膜の損傷が疑われた。3週間には同部に肥厚した腱膜を認めたものの、その信号強度はやや高かった。8週間には低信号の肥厚した腱膜となった(T2*強調画像でも同様)。競技復帰時期は10週であった。

■ 考 察

ハムストリングス肉ばなれの重症度分類については、従来の軟部組織損傷の分類に応じた報告(1度: わずかな出血様所見, 2度: 部分損傷, 3度: 完全断裂)^{2,3)}があるが、必ずしも競技復帰時期の指

標とはなっていない³⁾。

Mueller-wohlfahrtら⁴⁾はミュンヘン分類として、筋損傷を機能的障害(軽症)と構造的損傷とで4つのタイプに分類した(遅発性筋痛や筋けいれんも含む)。しかし、この分類を用いたところ、臨床所見からの筋損傷と判断したプロサッカー選手の30%しかMRIにて損傷を指摘できなかったとする報告もある⁵⁾。

またSchneider-Kolskyらは、MRIの冠状断での損傷所見の長さを予後の指標としたが、臨床所見とは中等度の相関にとどまり、ハムストリングス肉ばなれ(軽症から中等症)の予後を決めるのにMRIは必要ではないとしている⁶⁾。

筆者は、典型的な肉ばなれはⅡ型の筋腱移行部損傷であり、とくに付着部の腱が筋内に膜状に入り込んでいる腱膜の損傷が特徴的であることを示した¹⁾。またその腱膜の修復が、肉ばなれの予後に関係していることを報告した¹⁾。同じころ、諸外国でも筋腱移行部の損傷が注目されてきた⁷⁻¹⁰⁾。

Askingらは、短距離走中の大腿二頭筋長頭の肉ばなれでの復帰時期とMRI上の損傷範囲とは相関があり、より近位の腱を損傷されたものは復帰に時間がかかったとしている^{7,8)}。またPollockらは、英国陸上競技の筋損傷分類として、MRI冠状断面での高輝度変化の占拠率と退縮幅で5段階に、3部位(筋膜、筋腱移行部、腱内損傷)を組み合わせ、さらに近位部、筋腹部、遠位部にわけた詳細な分類を提示している^{9,10)}。ここでも損傷が腱に及ぶほど競技復帰に時間がかかることを報告しているが、筋膜と筋腱移行部および腱内の分類が明確でなく、わかりづらい分類となっている。

筆者らは今回、MRIによる損傷部位(損傷型)分類に、横断面での3段階評価(損傷度)を加えたものを報告した。その結果、大腿二頭筋の肉ばなれは、ほとんどが長頭の損傷で、しかも近位あるいは遠位の腱膜損傷が特徴であることがわかった。また腱膜損傷の程度が、競技復帰時期に大きく影響することも明らかとなった。さらに腱膜損傷部の修復状況をMRIにて把握することが、再受傷を予防し、確実な競技への復帰を可能とするのに重要であることが示唆された。この腱膜の修復状況については、T2*強調画像の冠状断および横断像にて、損傷部の形状や信号強度の回復を確認していく必要がある。今後は、このMRIによる分類を、他の筋における肉ばなれでも再検討してい

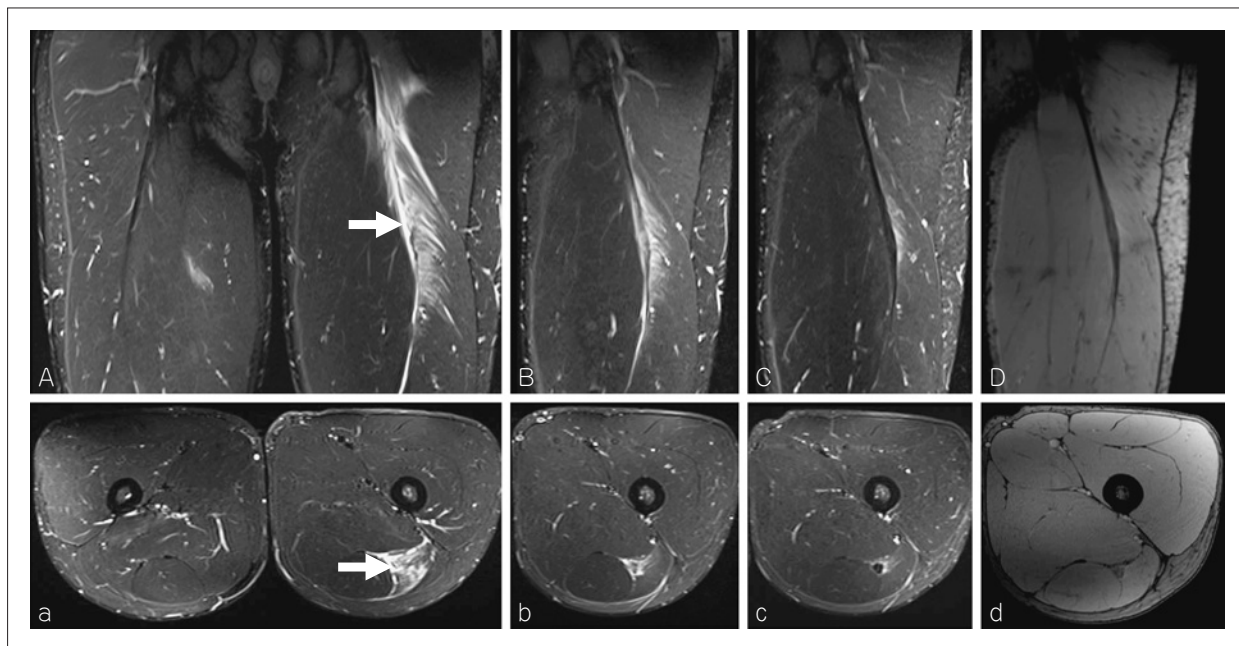


図6 大腿二頭筋長頭近位部肉ばなれII型2度のMRI
 A, a: 受傷後2日目, B, b: 3週後, C, c: 8週後のSTIR像, D, d: 8週後のT2*強調画像.
 A~D: 冠状断像, a~d: 横断像. 初診時には腱膜部を中心に高信号域が広がり, 一部に途絶を認めた (A, a: 矢印). 3週後 (B, b) には損傷部の連続性がみられ, 8週 (C, c) ではほぼ均一な肥厚した腱膜となった. 8週後のT2*強調画横断像 (D, d) では, 腱膜損傷部はまだやや高い信号強度であった.

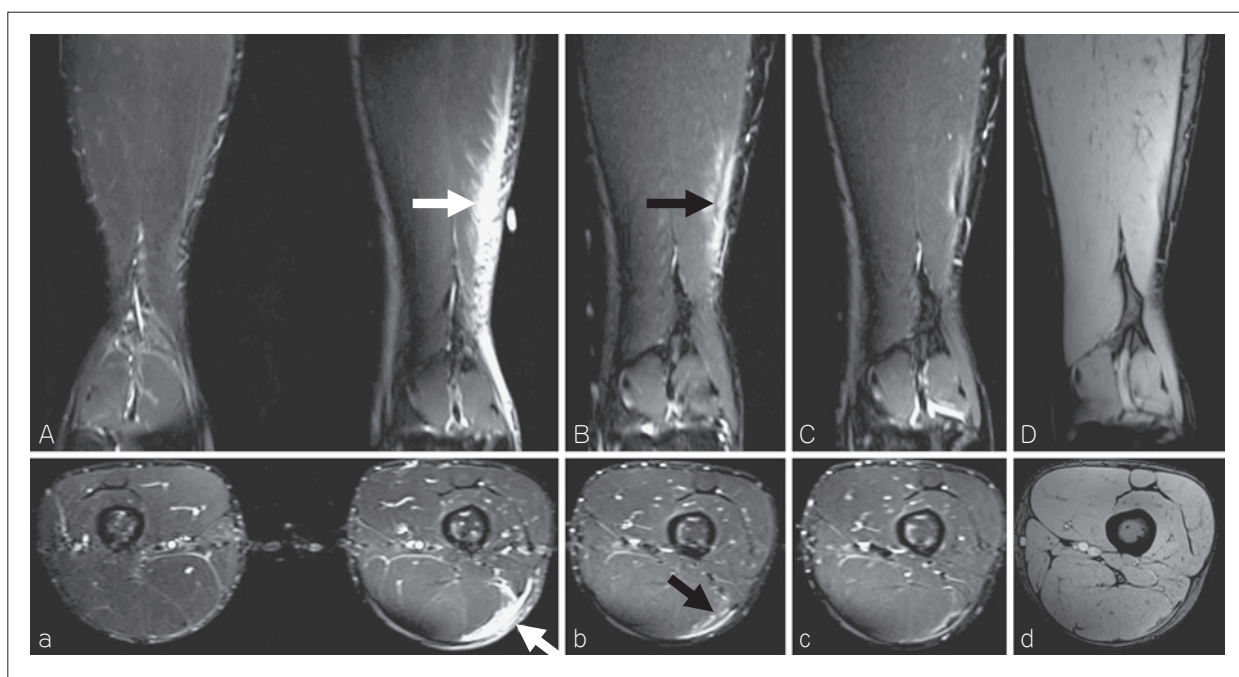


図7 大腿二頭筋長頭遠位部肉ばなれII型2度のMRI
 A, a: 受傷後3日目, B, b: 3週後, C, c: 8週後のSTIR像, D, d: 8週後のT2*強調画像.
 A~D: 冠状断像, a~d: 横断像. 初診時には広範囲の高信号域 (白矢印) を認めた (A, a). 3週後には同部に肥厚した腱膜を認め (B, b: 黒矢印), 8週後には低信号の肥厚した腱膜となった (C, c). T2*強調画像でも同様であった (D, d).

く予定である。

■ まとめ

トップアスリートにおける大腿二頭筋の肉ばなれを、MRI 所見により、3つの損傷部位(損傷型)と3つの損傷度に分類した。大腿二頭筋(長頭)では腱膜損傷(II型)が特徴的であり、その損傷の程度をMRIにて把握し、腱膜の修復過程を追うことが、肉ばなれの診療にとって重要であると思われる。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 奥脇 透. トップアスリートにおける肉離れの実態. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2009; 17: 497-505.
- 2) Hancock CR, Sanders TG, Zlatkin MB. Flexor femoris muscle complex: grading systems used to describe the complete spectrum of injury. Clin Imaging. 2009; 33: 130-135.
- 3) Moen MH, Reurink G, Weir A, et al. Predicting return to play after hamstring injuries. Br. J. Sports Med. 2014; 48: 1358-1363.
- 4) Mueller-Wohlfahrt H-W, Haensel L, Mithoefer K, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. Br. J. Sports Med. 2013; 47: 342-350.
- 5) Eksrtand J, Askling C, Magnusson H, et al. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. Br. J. Sports Med. 2013; 47: 769-774.
- 6) Schneider-Kolsky ME, Hoving JL, Warren P. A Comparison Between Clinical Assessment and Magnetic Resonance Imaging of Acute Hamstring Injuries. Am. J. Sports Med. 2006; 34: 1008-1015.
- 7) Askling C, Tengvar M, Saartok T, et al. Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. Am. J. Sports Med. 2007; 35: 197-206.
- 8) Askling C, Tengvar M, Saartok T, et al. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. Am. J. Sports Med. 2008; 35: 1799-1804.
- 9) Pollock N, James S, Lee J, et al. British Athletics Muscle Injury Classification: anew grading system. Br. J. Sports Med. 2014; 8: 1347-1351.
- 10) Pollock N, Patel A, Chakraverty J, et al. Time to return to full training is delayed and recurrence rate is higher in intratendinous ('c') acute hamstring injury in elite track and field athletes: clinical application of the British Athletics Muscle Injury Classification. Br. J. Sports Med. 2016; 50: 305-310.

(受付：2018年10月30日，受理：2019年2月20日)

Classification of the type of biceps femoris muscle strain based on magnetic resonance imaging findings

Okuwaki, T. *, Nakajima, K. *, Hangai, M. *
Fukuda, N. *, Mizutani, Y. *, Takahashi, S. *

* Japan Institute of Sport Science

Key words: muscle strain, biceps femoris, magnetic resonance imaging

[Abstract] We classified muscle strains of the biceps femoris based on magnetic resonance imaging findings. The patients were 203 cases with an acute strain who were categorized into one of three types: Type I was muscle fiber injury (4%), Type II showed a tear of the tendon plate (or aponeurosis) (86%) and Type III was injury of entheses (10%). We also classified them into three grades using an axial slice of the most injured sites: Grade 1 had a minimal tear, Grade 2 had a partial tear and Grade 3 had a complete tear. Among Type II cases, 47% were Grade 1, 34% were Grade 2 and 19% were Grade 3. We followed 185 cases up to return to play (RTP). The average time to RTP in the three types was 1.6, 4.9 and 22.1 weeks, respectively. Among the Type II cases, the time of each Grade was 2.0, 6.4 and 9.8 weeks, respectively. This JISS classification is very useful for the diagnosis and to presume the prognosis of the muscle strain. Muscle strain of the biceps femoris mainly occur at the tendon plate, so the prognosis may be dependent on assessment of the injured tendon plate.