

大腿直筋肉離れの 超音波検査による損傷部位分類とスポーツ復帰 時期について

Sonographic classification of rectus femoris strains and their prognosis for participation in sport

和田 誠*

キー・ワード：rectus femoris, sonographic classification, muscle strain

大腿直筋, 超音波分類, 肉離れ

【要旨】本研究において、大腿直筋肉離れの損傷部位とスポーツ復帰時期の関係について調査した。超音波検査により損傷部位を筋内腱中心型損傷、内側型損傷、外側型損傷の3つに分類し、スポーツ復帰時期の比較検討を行った。結果は、フィールド復帰時期に差はないが、完全復帰時期において外側型損傷が他の部位の損傷に比べ期間を要する傾向を示した。これは、外側型損傷の筋線維の走行が直線的であり、起始停止が羽状構造をしているため強い収縮力を要することに起因するものと考えられた。初期評価において超音波検査を用いた損傷部位の分類を行い、外側型損傷の場合は、再発予防を考慮した治療計画を行うことが早期スポーツ復帰を可能とする。

はじめに

肉離れの治療においては、その損傷の程度と病態把握が重要である。肉離れの損傷の程度に関する報告は、MRIにおける評価¹⁻³⁾が主流であり、血腫の大きさで判断するもの⁴⁾や、筋線維損傷か腱膜・筋膜損傷が合併するものかで判断するもの^{5,6)}が多い。また、肉離れの分類は、個々の筋ではなく骨格筋全般に関する分類がほとんどである。

骨格筋においては、羽状筋や半羽状筋、紡錘状筋と形態が様々であり、どの骨格筋においても同じ分類で後療法を検討するには無理が生じているのが現状である。大腿直筋は、大腿四頭筋内でも唯一の二関節筋であり、起始が2つに分かれており筋内腱が存在するという特徴的な構造をしている。

スポーツにおいては、早期復帰を望むあまり肉離れの再発を来し、復帰が遅延することが珍し

くない。今回我々は、大腿直筋肉離れをより客観性のある科学的な評価を行うため、超音波検査を用いた損傷部位の分類を行い、それぞれの部位における復帰時期の調査を行った。そして、発生部位とそのスポーツ復帰時期の関係を考察したので報告する。

対 象

平成23年1月から平成27年12月末までに当クリニックを受診した大腿直筋肉離れのうち超音波検査で診断できた患者で調査を行った。ただし、自己収縮力により肉離れを受傷した症例を対象とし、直達外力により受傷した筋挫傷は除いた。対象数は、28人29肢。性別は、男性18人18肢、女性10人11肢であり、平均年齢は17歳(14~38歳)、競技種目は、陸上16肢(そのうち短距離11肢)サッカー10肢、その他3肢であった。

方 法

大腿直筋は、起始部が下前腸骨棘と白蓋上縁か

* 医療法人誠幸会わだ整形外科クリニック

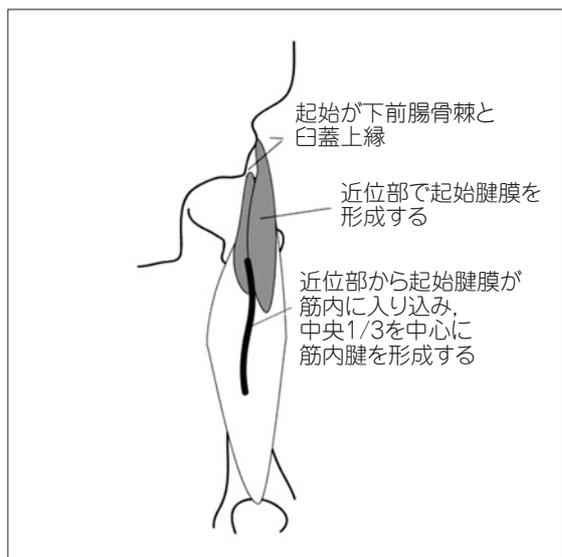


図 1A 大腿直筋構造の特徴
 起始が2ヶ所に分かれており、腱膜構造として近位前方に起始腱膜、筋中央部に筋内腱が存在する。

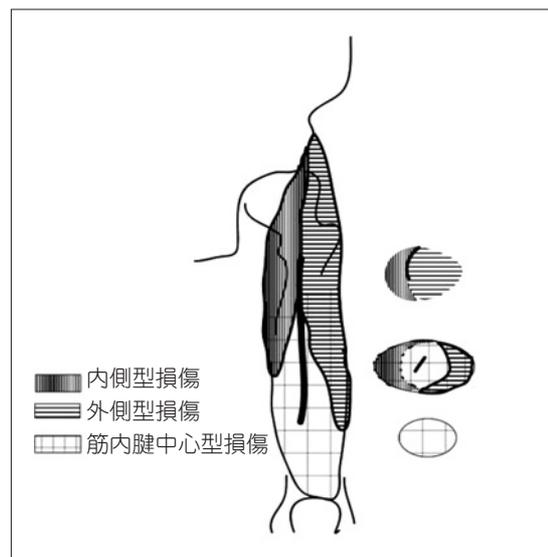


図 1B 損傷部位による分類
 超音波検査短軸走査及び長軸走査にて、3次元的に断裂部を確認。筋内腱中心型、内側型、外側型に分類。(表 1A 参照)

らなり、腱膜構造は、近位では、前面に起始腱膜があり、起始腱膜が筋内に入り込み筋内腱を形成している。そして、遠位後面に広い範囲で停止腱膜が存在する。筋線維は、起始腱部・前面起始腱膜・筋内腱より起始し、後面停止腱膜・停止腱部に移行していく構造である(図 1A)。

初診時の超音波画像診断としては、短軸走査及び長軸走査にて3次元的に断裂の評価を行い、損傷している筋線維を同定し、走行を起始部から停止部まで確認した。

そして損傷部位に着目し、以下の分類を行った。

筋内腱の断裂や筋内腱より起始した末梢筋線維の断裂による筋内腱の退縮といった筋内腱を中心とした構造変化の伴うものを筋内腱中心型損傷、筋内腱の断裂はなく筋内腱の外側の区画内を走行する筋線維、筋腱膜移行部の損傷を外側型損傷、同じく筋内腱の断裂はなく筋内腱の内側の区画内を走行する筋線維、筋腱膜移行部の損傷を内側型損傷とし3つの損傷型に分類した(図 1B, 表 1A)。

超音波画像診断装置は、日立アロカ社製HIVISION-Avius 6-14MHz リニア型プローブを使用した。

そして、復帰時期については、練習を開始した時期と受傷前と同等まで回復した時期の2段階で評価した。

練習開始時期を「フィールド復帰時期」として

以下の条件を満たした時期とした。

1. 自覚症状が無く、超音波検査所見で断裂部の血腫が消失している。
2. 仰臥位で膝下をベッドから垂らし(股関節伸展位)、膝関節の自動屈曲伸展動作を完全伸展位から屈曲90度までの範囲で行い、大腿直筋の伸長収縮ストレスでの誘発痛や断裂部の開大の有無を超音波検査下に確認した。(以下、大腿直筋伸長収縮テストと呼び、誘発痛が出現する場合もしくは断裂部の開大を認めた場合を陽性と表現する。)

受傷前と同等まで回復した時期を「完全復帰時期」として以下の条件を満たした時期とした。

1. 超音波検査にて血腫増大や断裂部拡大などの再発所見を認めない。
2. 競技において、本人が受傷前と同等まで回復したと自己評価できた時点(表 1B)

フィールド復帰後の練習メニューは、軽いランニング程度から行った。その後は、遠心性収縮が急激に増加しないものを選択し負荷を上げていった。疼痛が生じた場合は、練習を中止させ、超音波所見が改善するまで待機した。

統計学的には、正規性の検定(Kolmogorov-Smirnov test)を行った後、多重比較検定としてフィールド復帰時期は正規性が認められなかったためSteel-Dwass 検定を行い、完全復帰時期は正規性が認められたためTukey-Kramer 検定を

表 1A 損傷部位による分類

筋内腱中心型損傷	筋内腱断裂や筋内腱より起始した末梢筋線維の断裂による筋内腱の退縮というような筋内腱を中心とした損傷
内側型損傷	筋内腱の断裂はなく筋内腱の内側の区画内を走行する筋線維，筋腱膜移行部の損傷
外側型損傷	筋内腱の断裂はなく筋内腱の外側の区画内を走行する筋線維，筋腱膜移行部の損傷

表 1B 復帰時期の規定

フィールド復帰時期	1. 自覚症状が無く，超音波検査にて血腫が消失している 2. 大腿直筋伸長収縮テスト※において，誘発痛なく，断裂部の開大を認めない
完全復帰時期	1. 超音波診断にて血腫や断裂拡大等の再発所見がない 2. 競技において，本人が受傷前と同等まで回復したと自己評価できた時点

※仰臥位で膝下をベッドから垂らし（股関節伸展位），膝関節の自動屈曲伸展動作を完全伸展位から屈曲 90 度までの範囲で行い，大腿直筋の伸長収縮ストレスでの誘発痛や断裂部の開大の有無を超音波検査下に確認した。

表 2A 結果 損傷部位と対象数
(単位：肢)

損傷部位	対象数
外側型	17
筋内腱中心型	9
内側型	3

表 2B 結果 損傷部位と復帰時期 (単位：週)

損傷部位	フィールド復帰の平均週数	完全復帰の平均週数
外側型	4.9 (1-11) ^{※1}	8.5 (3-20) ^{※2}
筋内腱中心型	4.1 (1-7) ^{※1}	5.8 (1-10)
内側型	1.3 (1-2) ^{※1}	2.0 (1-4) ^{※2}

※1：P>0.05 ※2：P=0.041<0.05

行った。有意水準は両側 5% とした。統計ソフトは，SAS9.4 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) を用いた。

結 果

損傷部位分類の結果は，肉離れ 29 肢中，外側型損傷 17 肢，筋内腱中心型損傷 9 肢，内側型損傷 3 肢となった (表 2A)。

フィールド復帰時期に関しては，筋内腱中心型損傷と外側型損傷は，ほぼ同時期であり，内側型損傷がやや早期に復帰したという傾向となったが，3 群間に有意差は認めなかった。

完全復帰時期に関しては，外側型損傷が平均 8.5 ± 4.7 週 (3-20 週)，筋内腱中心型損傷が平均 5.8 ± 2.7 週 (1-10 週)，内側型損傷が平均 2.0 ± 1.7 週 (1-4 週) となり，外側型損傷が最も期間を要する結果となった。外側型損傷と筋内腱中心型損傷では有意差を認めなかったが，外側型損傷と内側型損傷の間に有意を認めた (表 2B)。

症例 1. (筋内腱中心型損傷)

15 歳 男子 競技種目 サッカー

現病歴：約 3 週間前にサッカーの試合中に右大腿前面の疼痛が出現。症状持続のため，トレーニングを休止し経過観察するも疼痛・腫脹残存のため来院となる。

初診時超音波所見：長軸走査にて筋内腱から出る筋線維が中央部で断裂し (筋内腱中心型損傷)，短軸走査にて筋内腱を中心に同心円状に血腫を形成していた (Bull's eye 形成)⁷⁾ (図 2A)。

臨床経過：初診時より 1 週間後の受傷後 4 週で自覚症状が消失した。超音波所見では，断裂部の血腫がほぼ消失し，初診時には誘発痛のため困難であった大腿直筋伸長収縮テストが陰性化したため，フィールド復帰時期と判断し，強い遠心性収縮を含まない軽いランニングからフィールド復帰させた。

そして 1 週毎に超音波検査を行いながら，徐々に遠心性収縮負荷の伴うメニューに移行し，受傷

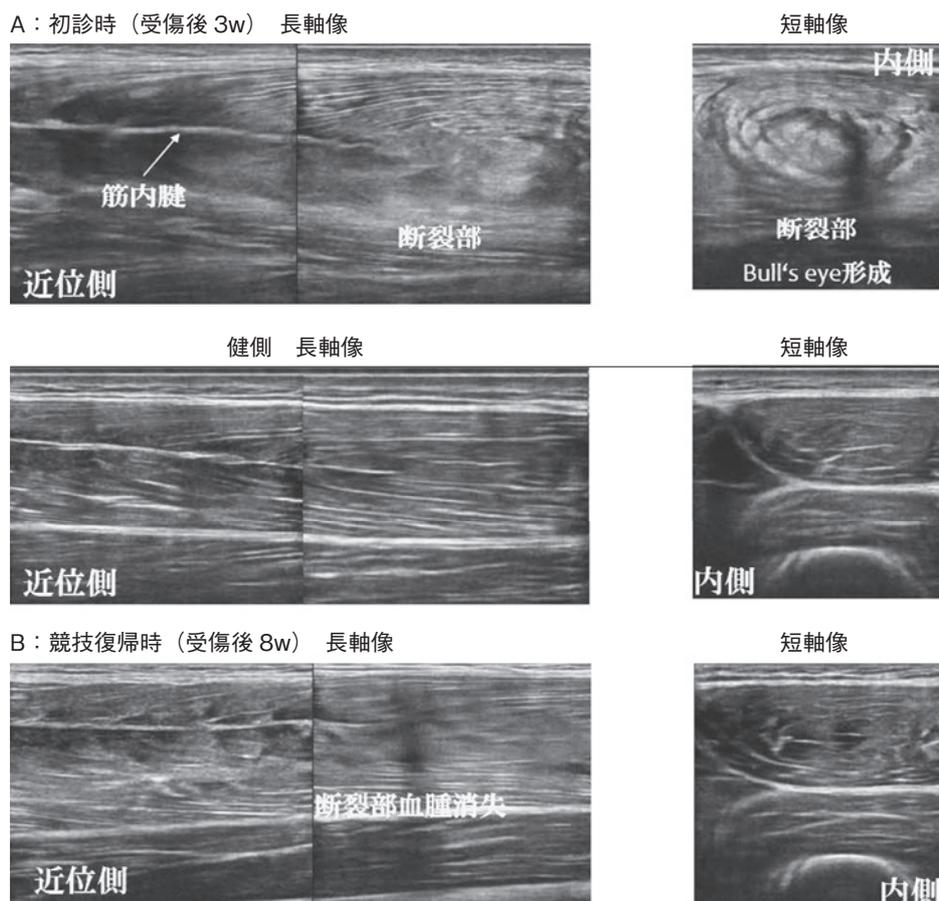


図2 症例1 筋内腱中心型損傷

後7週で試合復帰とした。シュートやロングキックは、最終段階まで禁止した。本人評価としては、受傷後8週で100%のパフォーマンスを発揮できるに至ったとのことであった(図2B)。超音波所見上も再発傾向なく、自己評価としても受傷以前と同レベルまでパフォーマンスが回復したとの評価があり、完全復帰時期を8週とした。

症例2. (外側型損傷)

15歳男子, 競技種目 陸上短距離

現病歴: 約3週間前に大会で走行中に右大腿前面に疼痛を自覚し、症状軽減しないため来院となった。

初診時超音波所見: 外側起始腱膜から出た外側筋線維の断裂を認めた(外側型損傷)。断裂部位は、筋線維停止腱膜移行部であった(図3A)。

臨床経過: 受傷後4週でほぼ完全に症状が消失し、超音波検査にて血腫が減少しており、初診時に誘発痛のため陽性であった大腿直筋伸長収縮テストが陰性であったため、軽負荷トレーニングより開始した(フィールド復帰 図3B)。受傷後11

週で症状再発, 超音波検査で血腫の増大を認め(図3C), スポーツ休止とした。その後, 症状が軽減するまで待機することとなった。

結局, 完全復帰と判断できたのは受傷後20週と大幅に遷延する結果となった(図3D)。

考察

今回の調査においては、内側型損傷の症例は3肢しか認めなかった。その理由としては、この損傷型の内側筋線維は、起始腱・前面起始腱膜・筋内腱内側から起始し、筋弛緩時は、一旦内側に弧を描くように走行し末梢の停止腱膜に停止する。走行距離が長く、紡錘状筋に近い構造⁸⁾であるため、強い収縮力を発揮できないためと考えられた。このことから内側型損傷は、頻度が少なく再発リスクが低いと考えられる。

外側型損傷は、起始腱部・前面起始腱膜・筋内腱外側から出て筋内腱より外側区画を走行する筋線維の損傷であるが、この外側筋線維は、走行が直線的であり、近位側の筋線維起始腱膜移行部と

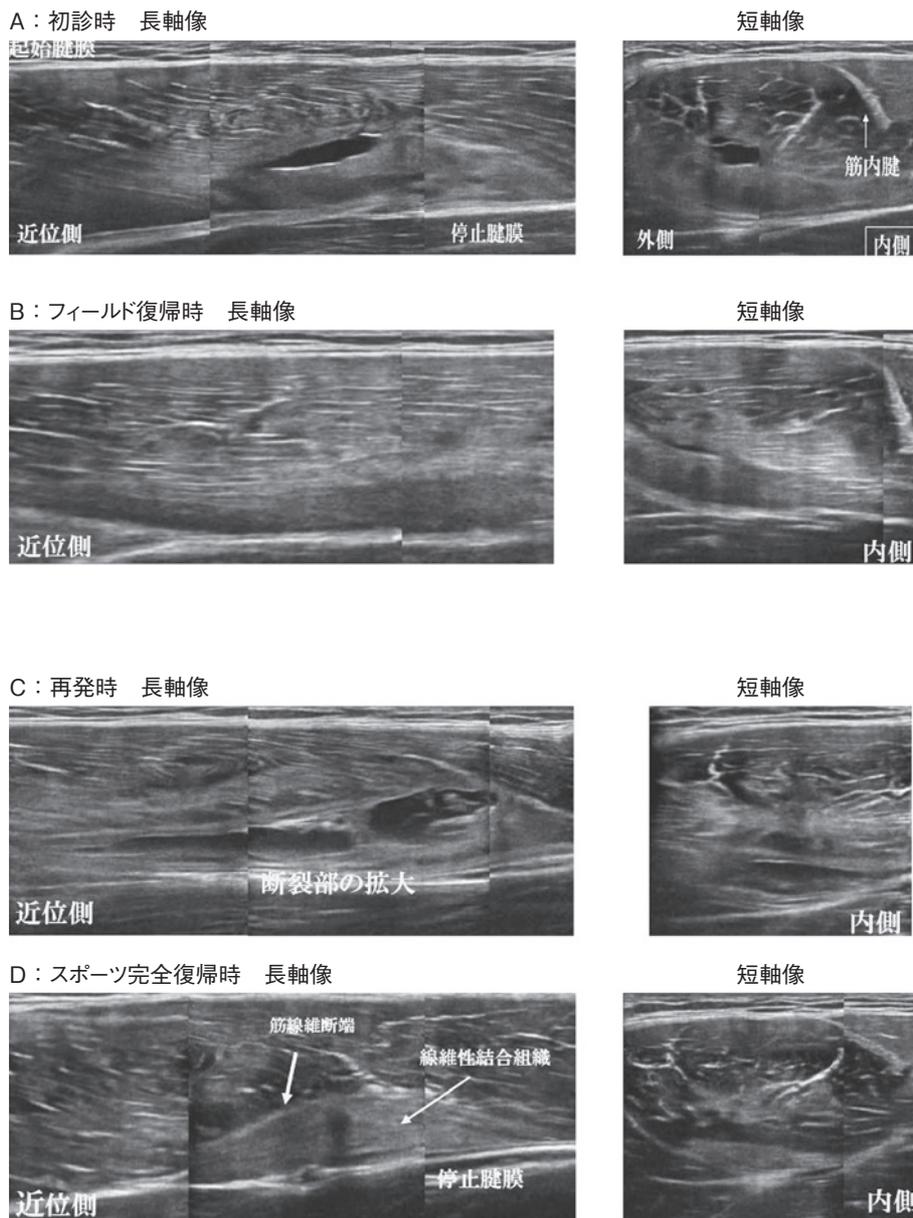


図3 症例2 外側型損傷

遠位側の筋線維停止腱膜移行部の両方で羽状構造を成しており^{8,9)}、強い収縮力を発揮するものと考えられる(図3A)。フィールド復帰後では、トレーニング中に治癒過程の筋線維が強い収縮力にさらされる為、断裂部の増悪や再断裂に陥りやすい。外側型損傷では、特にその頻度が高いと考えられ、遠心性収縮負荷を上げる際は慎重になるべきである。

筋内腱中心型損傷は、筋内腱の断裂や筋内腱より末梢筋線維の断裂による筋内腱の退縮といった筋内腱を中心とした構造変化の伴うもので、超音波検査の短軸像で筋内腱を中心と同心円状に血腫が形成されるため、“bull's eye”⁷⁾と表現される。筋

内腱の損傷を伴わない場合でも、筋内腱が退縮し血腫を形成しているものと考えられる。筋内腱中心型損傷で損傷される筋線維は、筋内腱の遠位から起始しており、筋線維腱膜移行部でなだらかな羽状構造を成している。筋弛緩時の走行は筋内腱終末部を超えるあたりまで軽い紡錘状であり、その後平行に走行し停止腱膜に移行している^{8,9)}。筋線維の走行から考えると外側型損傷より収縮力が弱いことが想定され、そのためフィールド復帰後は、比較的大きな血腫を伴う断裂においても競技復帰への移行がスムーズであり、復帰遅延も外側型と比し少ないと推測される。これらのことを念頭において今回の結果を振り返ってみる。

フィールド復帰は、内側型損傷は他の損傷型に比べ若干早い傾向にあったが、外側型損傷と筋内腱中心型損傷の間にあまり差を認めなかった。つまり強い収縮力が加わらない環境下では、治癒の進行に大きな差は見られなかった。

しかし、完全復帰時期に関しては外側型損傷が他の2つの損傷型と比べ遷延する傾向を示した結果となった。この原因としては、外側型損傷では、(供覧症例2のごとく)フィールド復帰後のトレーニング中に肉離れの再発や血腫の増大を認め、完全復帰が大幅に遅れた症例が数例あったためである。外側型損傷の場合は、トレーニング中のわずかなタイミングのずれにより強い遠心性収縮が加わることで、断裂部に予想以上の負荷がかかり、再断裂や血腫の増大が高頻度に起こると考えられる。それゆえ断裂部の血腫が完全に消失し、線維性組織で充填されるまでトレーニング開始を待つべきと言える。また、大腿直筋伸長収縮テストを復帰における条件のひとつとしているが、このテストにおいては、求心性収縮もしくは等張性収縮時の断裂部の状態しか見ておらず、実践復帰における単なる補助的検査としての位置づけであるということを選手に強調して説明し、実戦での遠心性収縮の強いられるメニューについては、より慎重に進めていくように指導すべきである。

自覚症状としては、断裂部の断面積が小さい間は違和感程度であり、断裂部の面積が大きくなるにつれ疼痛が強くなる。疼痛の程度としては、耐えられないほどの痛みが継続することは少なく、基本的に独歩で来院した。問診から判断すると、筋線維停止腱膜移行部の断裂において、損傷時に一時的な激痛を自覚する場合もあるが、1日経つと歩行可能となり1週間もすると局所の張りを感じるが軽いランニングが可能となる。断裂部の治癒が進んでいない段階でありながら自覚症状があまり強くないということも損傷の拡大や再発を引き起こす要因と考えられる。

一方、筋内腱中心型損傷の症例では、フィールド復帰後にトレーニングの負荷を上げて再発に至ったケースは認められなかった。

また競技種目としては、外側型損傷は陸上短距離などのスプリント系が多かったのに対し、筋内腱中心型損傷はサッカーにおける受傷が多かった。このことは、大腿直筋の筋線維の中でも外側筋線維は、地面を蹴るような動作つまり足関節底

屈筋と連動するような閉鎖性運動連鎖(CKC)で活動すると考えられ、外側型損傷は陸上競技短距離などのスプリント系の競技での受傷が多いと思われる。一方で、筋内腱中心型損傷を起こすような筋内腱の遠位からでる筋線維はボールを蹴るような開放性運動連鎖(OKC)におけるテイクバックから膝関節の伸展に向かう切り返し動作やボールインパクトの衝撃時に活動するものと推測され、サッカーのキック動作などで受傷すると考えられる。フィールド復帰後の練習メニューの立案には、このような種目別特性も考慮に入れることが重要であると考えている。

以上のことから考えると、外側型損傷の場合は、定期的な超音波検査で再発傾向がないか十分に確認した上で、種目特性を考えながら損傷部位に過負荷にならないようなトレーニングメニューの作成が必要と言える。

外側型損傷の場合は、選手本人に再発しやすい損傷部位であることを理解させ、疼痛が消失したフィールド復帰後も注意深くトレーニングを行うよう指導することが不可欠である。また、現場のトレーニングスタッフとの連携が取れる場合は、無症状であっても急激に負荷をあげないように指導し、定期的な超音波検査の必要性を伝えるように心がけている。

肉離れの分類や評価として、血腫の大きさから損傷の程度を評価したものや近年では筋線維損傷か筋膜損傷を合併しているか筋腱移行部の断裂かについてMRIを用いて分類している報告も散見される。本邦では2009年に奥脇が筋腱移行部(筋内腱含む)損傷のないものをI型、筋腱移行部(筋内腱含む)損傷をII型、筋腱移行部の完全断裂をIII型としてスポーツ復帰時期との関係を考察している²⁾。

損傷部位に着目した報告としては、2007年にAskringらがMRIによる大腿二頭筋肉離れの評価とスポーツ復帰時期の関係を調査し、近位部の筋腱移行部の肉離れがスポーツ復帰時期の遷延につながると報告している¹⁰⁾。大腿直筋に関しては、2009年にBaliusらが大腿直筋の中でも筋内腱断裂に注目し、近位部損傷と遠位部損傷でスポーツ復帰時期を調査し、近位部の損傷が復帰まで期間を要すると結論付けている⁷⁾。この論文の中で述べられている近位部は、筋内腱から起始している筋線維ではなく、本研究の起始腱膜から出ている外

側線維のことを述べているものと考えられる。

本研究の分類は、大腿直筋の損傷部位による分類であるが、損傷部の組織構造について少し考察を加える。外側型損傷は、筋線維停止腱膜移行部の損傷（奥脇分類Ⅱ型）が多かったが、筋線維断裂（奥脇分類Ⅰ型）も数例あった。いずれの場合も断裂している筋線維の断面積が小さい症例は早期に完全復帰しているが、断裂部の断面積が大きく、影響を受ける停止腱膜の面積が広いものほど完全復帰に時間を要している。内側型損傷は、すべて筋線維損傷（奥脇分類Ⅰ型）であった。筋内腱中心型損傷は、ほとんどが筋内腱遠位端付近の損傷であり、損傷部の組織構造としては、多少なりとも筋内腱の構造が破綻していた。損傷筋線維の断面積が大きいと長軸像では筋内腱および筋線維の短縮が強くなり、筋内腱の蛇行が近位部まで達し、短軸像では筋内腱とそこから起始している筋線維の退縮に伴い血腫が近位側に拡がり筋周膜を隔てて血腫が幾層にも同心円状に拡がるいわゆるBull's eyeを形成していると考えられた。この筋内腱の短縮を伴う構造破綻が強いほど完全復帰に期間を要した。

大腿直筋の肉離れにおいては、各損傷型における損傷部位の構造上の違いを理解し、スポーツ復帰時期を考慮する必要がある。特に外側型損傷は再発し易い構造であることから治療計画を立てる上で超音波検査は不可欠である。損傷部位分類において外側型損傷の場合は、フィールド復帰後に定期的な超音波検査を行い、適切なトレーニングメニューにより再発を未然に防ぐことでスムーズなスポーツ復帰に繋げることができる。

また、今後は症例を重ねることにより、本研究を踏まえたうえで、損傷部位分類の各損傷型における重症度評価や肉離れの治癒過程における組織修復と超音波下動態検査所見等についても研究を深めたいと考えている。

結 語

大腿直筋肉離れのスポーツ復帰時期をフィールド復帰時期と完全復帰時期の2段階で調査した。

大腿直筋肉離れを損傷部位により外側型損傷、筋内腱中心型損傷、内側型損傷に分類し、各復帰時期の比較検討を行った。

外側型損傷では、フィールド復帰後に再発し易く完全復帰の平均時期が遅れるという結果となっ

た。

このことから大腿直筋肉離れにおいては、初期評価の時点で超音波検査による損傷部位の把握が不可欠であり、外側型損傷の場合は、定期的な超音波検査によるチェックと損傷部位の構造を理解し再発予防を考慮したトレーニングメニューを行うことでスムーズなスポーツ復帰に導くことが重要である。

文 献

- 1) Silder, A et al.: MRI observations of long-term musculotendon remodeling following a hamstring strain injury. *Skeletal Radiol* 37: 1101-1109, 2008.
- 2) 奥脇 透：肉離れの病態に関する臨床研究：MRI. *臨床スポーツ医学* 21: 1131-1138, 2004.
- 3) 山元勇樹ほか：大腿二頭筋長頭近位部の肉離れのMRI所見とスポーツ復帰時期について. *日本臨床スポーツ医学会誌* 19: 617-624, 2011.
- 4) Lin, Y. T. et al.: Sonographic diagnosis of nontraumatic musculotendinous rupture of hamstring. *Journal of Medical Ultrasound* 16: 233-236, 2008.
- 5) Chan, O et al.: Acute muscle strain injuries: a proposed new classification system. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20: 2356-2362, 2012.
- 6) 奥脇 透：トップアスリートにおける肉離れの実際. *日本臨床スポーツ医学会誌* 17: 497-505, 2009.
- 7) Balias, R et al.: Central aponeurosis tears of rectus femoris: practical sonographic prognosis. *Br. J. Sports Med* 43: 818-829, 2009.
- 8) 江玉陸明ほか：大腿直筋の筋・腱膜構造の特徴—肉離れ発生部位との関連について—. *厚生連医誌* 21: 34-37, 2012.
- 9) Bianchi, S et al.: Central aponeurosis tears of the rectus femoris: sonographic findings. *Skeletal Radiol* 31: 581-586, 2002.
- 10) Asking, C. et al.: Proximal Hamstring strains of stretching type in different sports. Injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine* 36: 1799-1804, 2008.
- 11) 稲見崇孝ほか：筋の形態学および機能的考察を行った陳旧性大腿直筋肉離れの一症例. *日本臨床スポーツ医学会誌* 20: 364-369, 2012.
- 12) Cross, T.M. et al.: Acute quadriceps muscle strains. Magnetic resonance imaging features and progno-

Sonographic classification of rectus femoris strains and their prognosis for participation in sport

Wada, M.*

* Wada Orthopaedic Clinic, Osaka, Japan

Key words: rectus femoris, sonographic classification, muscle strain

[Abstract] We investigated the relationship between the location of rectus femoris muscle strains, and the recovery time to participate in sports, using ultrasonography.

We examined 29 patients who came to our clinic after a sports injury involving acute rectus femoris strain by ultrasonography and classified the strains into three types by injury location.

The rectus femoris muscle has a unique structure. It is attached at two areas of the pelvis. The central aponeurosis runs along the middle third of the rectus femoris muscle. Muscle injury can be categorized into the following three types: central aponeurosis type with injury located around the aponeurosis, lateral type with injury located on the lateral side of the central aponeurosis, and finally the medial type with injury located on the medial side of the central aponeurosis. We compared the average recovery time for each injury.

The results showed that there was not a great difference between these three types regarding the recovery time to the point when the injured patient can start training again, but the average time of complete recovery for the lateral type is longer than for the other two types. Some cases with the lateral type had recurrence after re-starting the training, and extra healing time was necessary until full recovery.

Based on structure, the lateral muscle fibers run straight and have a pennate structure at both sides of the myofascial junction. Therefore the lateral muscle fibers can contract strongly. This is the main reason why the lateral type of rectus femoris muscle strain is a recurring injury.

This study suggests that the initial injury assessment is very important, because the recovery time depends on the type of injury and if it is the lateral type, we must give more attention.

Ultrasonography is readily available and can help us prevent muscle strain recurrence. It also allows early return to sports.