

原 著

肩腱板断裂における MRI 画像と筋力との 関連性について

Relationships between MRI and Muscle Strength in Rotator Cuff Tear

村西 壽祥¹⁾ 中野 禎²⁾ 伊藤 陽一³⁾

要 約：肩回旋腱板における変性断裂の多くは棘上筋腱に起こり、断裂に伴う棘上筋の萎縮および筋力低下が生じる。MRI を用いた腱板筋量の画像評価は有用な方法であるが、画像筋量評価と筋力評価の相関は不明である。本研究の目的は、棘上筋腱断裂における残存腱板筋の画像筋量評価と実際の筋力評価の相関について検討を行った。対象は肩峰下インピンジメント症候群および棘上筋腱断裂の診断を受けた 50 例とした。画像筋量評価は棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋の厚みを計測した。筋力評価は肩関節の外転筋力、外旋筋力、内旋筋力の測定を行った。棘上筋腱断裂の程度により非断裂群、小断裂群、大断裂群に分類し、筋の厚みと筋力との関連性について群間比較を行った。棘下筋および小円筋の厚みは、大断裂群において他の群に比較して有意に低下していた。外旋筋力においても、大断裂群が他の群に比較して有意に低下していた。また、棘下筋および小円筋の厚みと外旋筋力の間に有意な相関を認めた。腱板損傷に対する保存的治療や腱修復術後のリハビリテーションにおいて、棘上筋だけでなく残存腱板筋の機能評価と機能強化が重要であると示唆された。

キーワード：肩腱板断裂、画像評価、筋力評価

1. 序文

肩関節は非常に大きな可動性を有する関節であり、その可動性を得るために、肩甲上腕関節は大きな上腕骨頭と浅い関節窩といった解剖学的に不安定な構造となっている。その不安定な肩甲上腕関節の支持組織として、筋、腱、靱帯、関節包といった軟部組織が大きな役割を担っている。その中でも棘上筋、棘下筋、小円

筋、肩甲下筋で構成される肩回旋筋腱板（以下、腱板とする）は、日常生活動作やスポーツ動作における肩甲上腕関節の安定化に関わる組織である^{1) 2)}。腱板による安定化の働きは、Thompson らの上腕骨頭を関節窩へ圧迫することにより肩関節の挙上運動時に骨頭に安定した支点を与える働き³⁾や、Saha の前後方向から骨頭を関節窩に圧迫をすることにより安定化を得るフォースカップルの概念⁴⁾など、その重要性が報告されている。

肩関節疾患において、腱板の損傷や断裂（以下、腱板損傷とする）を呈する病態は多く⁵⁾、加齢や変性による腱板の脆弱化を基盤とする内

Hisayoshi Muranishi

大阪河崎リハビリテーション大学

リハビリテーション学部 理学療法学専攻

E-mail : muranishih@kawasakigakuen.ac.jp

1) 大阪河崎リハビリテーション大学 理学療法学専攻

2) 関西福祉科学大学保健医療学部理学療法学専攻

3) 大阪市立大学大学院医学研究科整形外科

因性^{6) 7)}や、烏口肩峰アーチと上腕骨頭の圧迫や摩擦を基盤とする外因性があげられる^{8) 9)}。いずれの要因においても、腱板損傷は肩関節の機能障害を引き起こし、日常生活やスポーツ活動に制限が生じることが多い。腱板損傷の中でも棘上筋腱断裂が最も多く⁵⁾、筋力低下や関節可動域制限などの機能障害を引き起こす。特に筋力低下において、Itoiらは棘上筋腱断裂例において肩関節外転筋力が20～30%低下すると報告している¹⁰⁾。しかし、臨床において棘上筋腱の単独断裂にも関わらず、棘下筋の萎縮や筋力低下を認める症例もみられ、Herterら¹¹⁾やGerberら¹²⁾も肩関節外旋筋力や内旋筋力の低下を報告している。しかし、棘上筋腱の断裂による残存腱板筋の筋萎縮や筋力低下の有無や、残存腱板へ損傷が波及するために筋萎縮や筋力低下が生じているのかは明らかではない。また、棘上筋腱断裂による機能障害を残存腱板筋が機能代償するのか、機能代償の結果として残存腱板筋に代償性肥大が生じるのか、これらの関連については明らかではない。

一般的な腱板損傷に対する治療は、理学療法や薬物療法などの保存的療法が選択されることが多いが、損傷の程度によっては腱板修復手術などの観血的療法が必要となるため⁸⁾、術後リハビリテーションは理学療法による腱板筋の機能回復が中心となる。そして、保存的療法や観血的療法の両方において、理学療法の決定や効果判定のために腱板筋の評価は必須である。

腱板筋の評価には、画像評価としてMagnetic Resonance Imaging (以下、MRIとする)による腱板損傷や筋萎縮の程度の評価が行われる^{13) 14) 15) 16) 17) 18)}。MRIを用いた筋力の画像評価において、筋量評価は筋萎縮の程度を把握する上で重要であり、一般的に腱板筋の萎縮によって筋力低下が生じると考えられていることから意義深い^{13) 15) 17) 18)}。一方、肩関節機能評価として筋力測定機器や徒手による筋力評価が行わ

れる^{10) 19) 20)}。保存的療法や術後の理学療法において、筋力の回復を知ることは日常生活やスポーツ活動の復帰に欠かせないため、腱板筋の萎縮や筋力の程度を評価することは重要な評価項目となる。また、棘上筋腱断裂における残存腱板への影響を画像評価および筋力評価することは、治療方針の決定や効果判定の上でも重要となる。しかし、画像評価上の筋萎縮と実際の筋力との相関は不明である。

そこで本研究の目的は、棘上筋腱断裂例において、残存腱板筋の画像筋量評価と筋力評価の関連性を中心に調査を行い、棘上筋腱断裂による残存腱板筋への影響について検討を行うことである。

2. 方法

2.1 対象

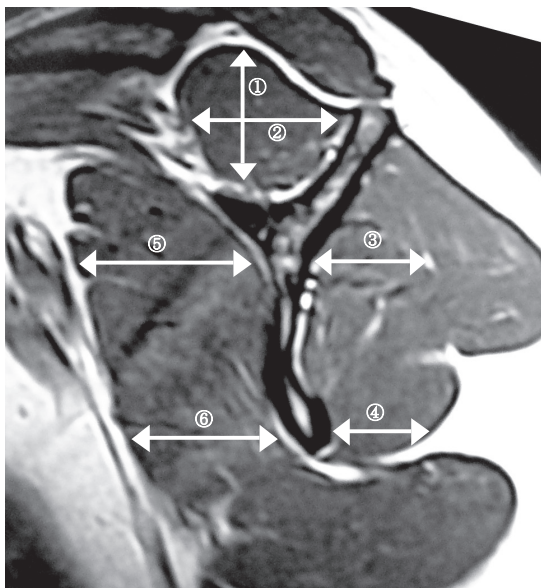
本研究の対象は、肩疾患治療を専門とする整形外科医により、明らかな棘上筋腱断裂を認めない肩峰下インピンジメント症候群と棘上筋腱断裂の診断を受けた50例64関節とした。性別は男性21例、女性29例であり、平均年齢は 58.7 ± 15.2 歳(19～83歳)、平均身長は 159.2 ± 7.0 cm(144.0～173.0cm)、平均体重は 58.6 ± 10.0 kg(36.0～76.6kg)であった。また、棘上筋腱損傷の程度による分類をCofieldら⁵⁾を参考に、肩峰下インピンジメント症候群のみで棘上筋腱に断裂を認めない群(以下、非断裂群とする)21例23関節(52.7 ± 20.5 歳、 161.2 ± 6.3 cm、 61.0 ± 10.0 kg)、棘上筋腱断裂の大きさが2cm未満の群(以下、小断裂群とする)19例26関節(61.0 ± 8.0 歳、 159.2 ± 6.6 cm、 58.8 ± 9.3 kg)、棘上筋腱断裂の大きさが2cm以上の群(以下、大断裂群とする)10例15関節(67.0 ± 5.2 歳、 155.1 ± 8.1 cm、 53.5 ± 10.6 kg)の3群に分類した。なお、各群において非断裂群と

大断裂群の平均年齢にのみ有意な差が認められた ($p<0.05$)。そして全ての症例に対して研究の趣旨について書面にて説明を行い、研究に参加する同意を得た。なお本研究は大阪河崎リハビリテーション大学研究倫理審査委員会にて承認を得た (OKRU26-A137)。

2.2 測定方法

2.2.1 腱板筋の画像評価

腱板を構成する棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋の厚み（以下、筋厚とする）は MRI を用いた画像評価にて計測を行った。MRI 画像は烏口突起最内側部より 1cm 内側部で、Thomazeau らによる Y-shaped view¹³⁾ の斜位矢状断画像をスキャナー GT-X800（セイコーエプソン社製）にてパソコンに取り込んだ。取り込んだ MRI 画像の計測には画像処理ソフト Scion Image（Scion 社製）を用い、各腱板筋の筋厚を計測した。各筋厚の計測部位において、棘上筋は筋腹の垂直方向を縦径、前後方向を横径とし、Scheibel ら²¹⁾ を参考に、棘下筋および肩甲下筋上部は肩甲棘と肩甲骨体部が接する



①：棘上筋 縦径，②：棘上筋 横径，③：棘下筋
④：小円筋，⑤：肩甲下筋 上部，⑥：肩甲下筋 下部

図 1. Y-shapedview における腱板筋の筋厚計測部位（右肩）

部位にて、小円筋および肩甲下筋下部は肩甲骨下角部にて筋厚の計測を行った（図 1）。

2.2.2 肩関節筋力評価

肩関節の筋力測定は Hand-held dynamometer Power Track II（J TECH 社製：以下、HHD とする）を用い、肩関節の外転、外旋、内旋の筋力を測定した。各筋力測定において、肩甲帯および体幹による代償運動を制限するため、背臥位を共通する測定肢位とした。そして、外転筋力は肩関節外転角度 0° および 45° 位、肘関節 90° 屈曲位を測定肢位とし、外旋筋力および内旋筋力は肩関節外転角度 0° および 90° 位、肩関節内外旋中間位を測定肢位とした（図 2）。HHD の設置部位については、外転筋力は肩峰より 15cm 遠位部とし、外旋筋力および内旋筋力は肘頭より 15cm 遠位部とした。

各肢位において 3 秒間の最大等尺性収縮を 2 回行い、2 回の平均値を筋力値として用いた。次に、筋力値に HHD の設置した距離を乗じ、体重で除した体重比筋力値を求めた。各肢位から得られた体重比筋力値は、それぞれ外転筋力 0°、外転筋力 45°、外旋筋力 0°、外旋筋力 90°、内旋筋力 0°、内旋筋力 90° とした。

2.3 データ解析

棘上筋腱損傷分類による 3 群間において、棘上筋縦径と横径、棘下筋と小円筋、肩甲下筋上部と下部の筋厚について各群の平均値の差を検定した。同様に、外転筋力 0° と 45°、外旋筋力 0° と 90°、内旋筋力 0° と 90° の体重比筋力について各群の平均値の差を検定した。統計処理には一元配置分散分析および Tukey の多重比較検定を行い、有意水準は 5% 未満とした。

棘下筋、小円筋、肩甲下筋上部および下部の筋厚と体重比筋力との関係において、棘下筋と外旋筋力 0°、小円筋と外旋筋力 90°、肩甲下筋上部と内旋筋力 0°、肩甲下筋下部と内旋筋



外転筋力 0°



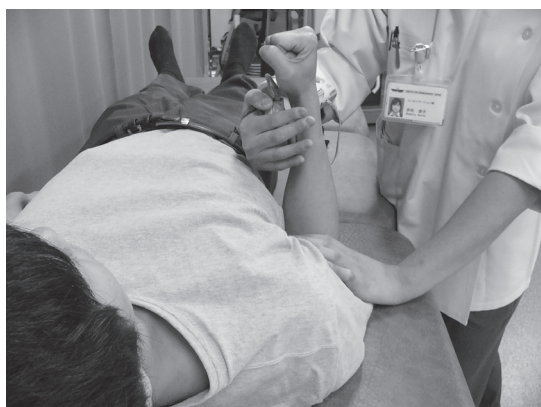
外転筋力 45°



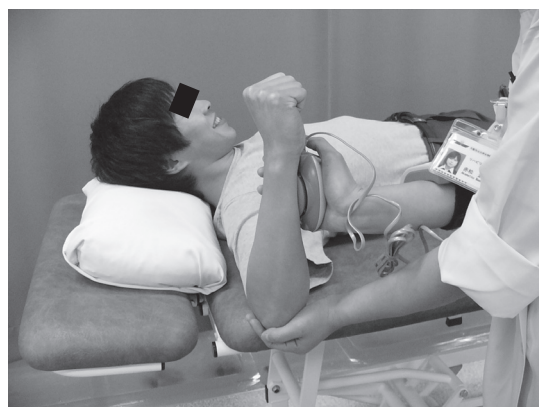
外旋筋力 0°



外旋筋力 90°



内旋筋力 0°



内旋筋力 90°

図2. 測定肢位

力 90° についてピアソンの積率相関係数を求め、有意水準は 5% 未満とした。

なお、統計処理には SPSS version18.0 (SPSS 社製) を用いた。

3. 結果

3.1 棘上筋腱損傷分類による筋厚と筋力の比較

各群の筋厚および体重比筋力の詳細は表 1 に示す。

各群間の筋厚の比較において、棘上筋は縦径および横径とも非断裂群と大断裂群、小断裂群と大断裂群に有意な差がみられた (図 3)。棘下筋は非断裂群と大断裂群、小断裂群と大断裂において有意な差がみられた (図 4)。小円筋は非断裂群と大断裂群に有意な差がみられた (図 4)。肩甲下筋は上部および下部とも各群間に差はみられなかった (図 5)。

各群間の体重比筋力において、外転筋力 0° は非断裂群と大断裂群に、外転筋力 45° は非断裂群と大断裂群、小断裂群と大断裂群に有意な差がみられた (図 6)。外旋筋力 0° および外旋筋力 90° は非断裂群と大断裂群、小断裂群と大断

裂群に有意な差がみられた (図 7)。内旋筋力 0° は非断裂群と大断裂群、小断裂群と大断裂群に有意な差がみられたが、内旋筋力 90° は各群間に有意な差はみられなかった。

3.2 筋厚と筋力の関係

各腱板の筋厚と体重比筋力において、棘上筋は縦径と外転筋力 45° ($r=0.317$)、横径と外転筋力 0° ($r=0.316$)、横径と外転筋力 45° ($r=0.348$) に正の相関がみられた (図 9,10,11)。棘下筋と外旋筋力 0° ($r=0.269$)、棘下筋と外旋筋力 90° ($r=0.334$)、小円筋と外旋筋力 0° ($r=0.334$)、小円筋と外旋筋力 90° ($r=0.426$) に正の相関がみられた (図 12,13,14,15)。肩甲下筋は上部と内旋筋力 0° ($r=0.262$) にのみ正の相関がみられた (図 16)。

4. 考察

腱板損傷の理学療法は、筋力低下や関節可動域制限などの機能障害に対する運動療法を行い、日常生活やスポーツ活動への復帰を目標として実施される。腱板筋は、運動を遂行するた

表 1. 各筋の筋厚および体重比筋力

			非断裂群 (23関節)	小断裂群 (26関節)	大断裂群 (15関節)	合計 (64関節)
筋 厚 (cm)	棘上筋	縦径	0.91±0.16	0.91±0.17	0.74±0.24	0.87±0.20
		横径	1.16±0.20	1.21±0.31	0.83±0.33	1.10±0.32
	棘下筋		0.96±0.30	0.90±0.37	0.57±0.28	0.84±0.35
		小円筋	0.90±0.21	0.86±0.21	0.71±0.30	0.84±0.24
	肩甲下筋	上部	0.97±0.26	0.85±0.23	0.78±0.31	0.88±0.27
		下部	0.88±0.25	0.82±0.28	0.69±0.29	0.81±0.28
体重比筋力 (Nm/kg)	外転筋力	0°	0.23±0.10	0.19±0.07	0.15±0.04	0.19±0.08
		45°	0.20±0.12	0.15±0.08	0.09±0.04	0.16±0.10
	外旋筋力	0°	0.16±0.08	0.14±0.06	0.08±0.03	0.13±0.07
		90°	0.17±0.10	0.17±0.09	0.10±0.03	0.15±0.09
	内旋筋力	0°	0.23±0.11	0.22±0.10	0.15±0.06	0.21±0.10
		90°	0.20±0.12	0.19±0.11	0.14±0.06	0.18±0.11

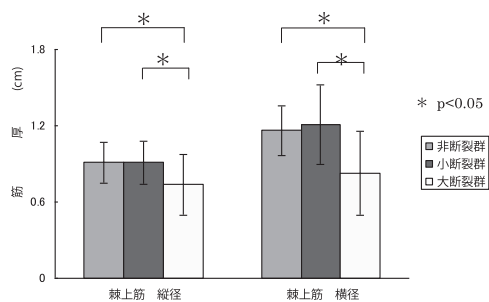


図3. 棘上筋の筋厚の比較

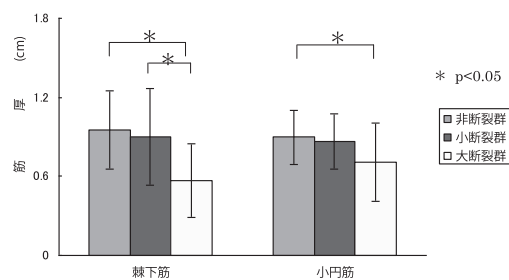


図4. 棘下筋と小円筋の筋厚の比較

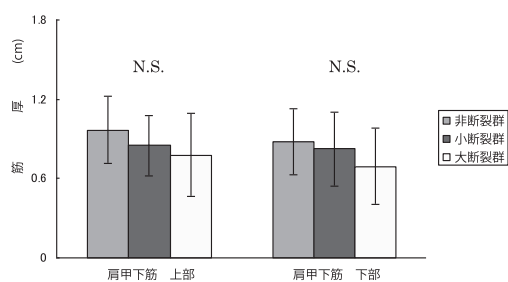


図5. 肩甲下筋の筋厚の比較

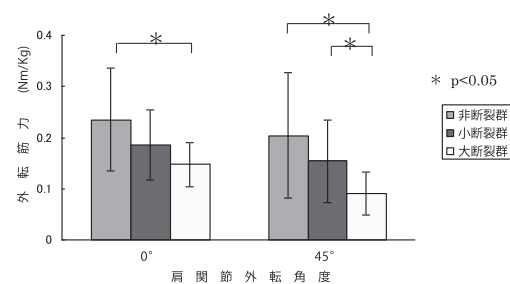


図6. 外転筋力 0°と45°の比較

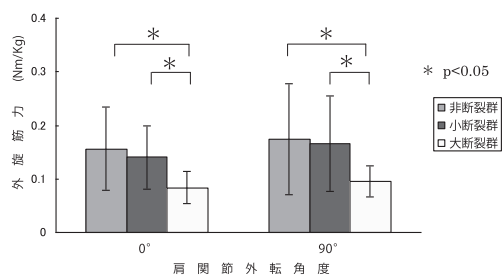


図7. 外転筋力 0°と90°の比較

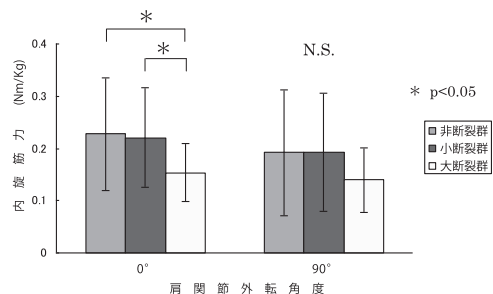


図8. 内転筋力 0°と90°の比較

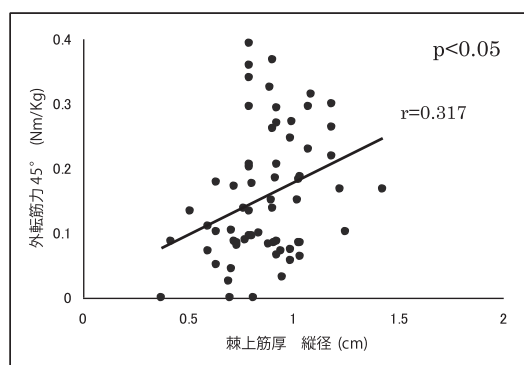


図9. 棘上筋厚縦径と外転筋力 45°との相関

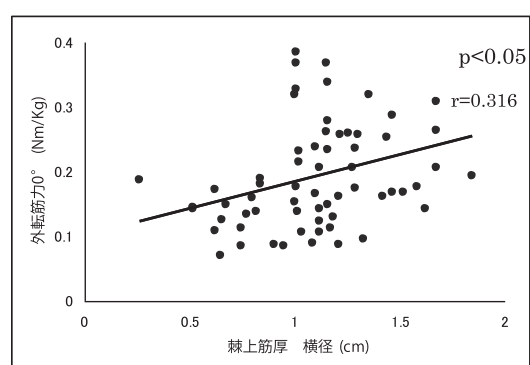


図10. 棘上筋厚横径と外転筋力 0°との相関

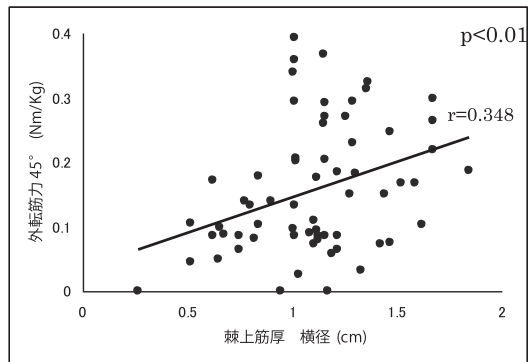


図 11. 棘上筋厚横径と外転筋力 45° との相関

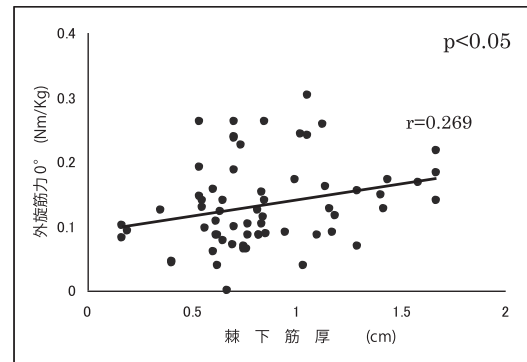


図 12. 棘下筋厚と外旋筋力 0° との相関

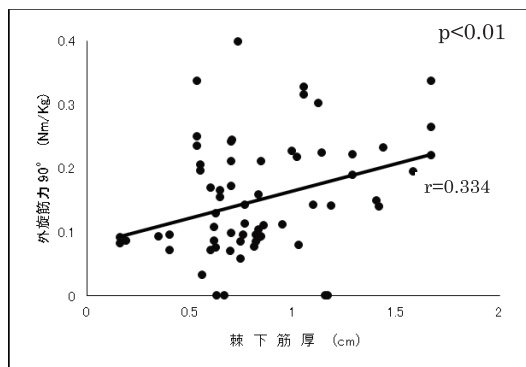


図 13. 棘下筋厚と外旋筋力 90° との相関

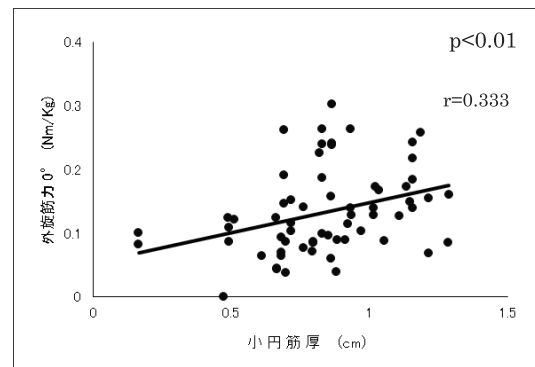


図 14. 小円筋厚と外旋筋力 0° との相関

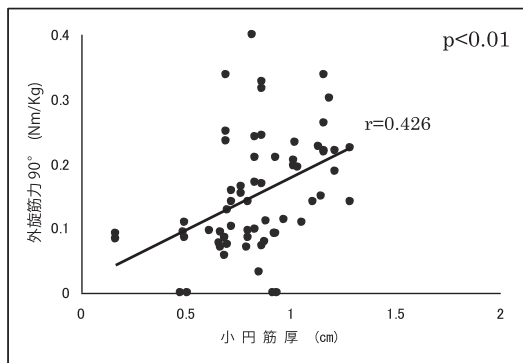


図 15. 小円筋厚と外旋筋力 90° との相関

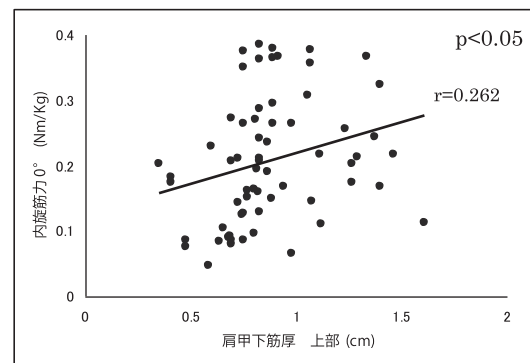


図 16. 肩甲下筋厚上部と内旋筋力 0° との相関

めの動作筋としての機能や肩甲上腕関節の安定性を保つための固定筋としての機能があり、日常生活やスポーツ活動へ復帰するためには、腱板筋の筋力低下の部位や程度を評価することが重要である。

筋力低下の原因には腱板構成筋の萎縮があげ

られ、筋の萎縮を評価する機器として MRI がある。これまで MRI を用いた筋萎縮の評価は Thomazeau らの Y-shaped view 画像による棘上窩断面積と棘上筋断面積の比率を計測することにより、その有用性が報告されているが¹³⁾、棘上筋評価のみで棘下筋、小円筋、肩甲下筋が

含まれていない。また、断面積や比率の計測に時間を要するために、臨床場面で簡便かつ短時間では行えないことがあげられる。そこで本研究では、簡便かつ短時間で行える方法として、Y-shaped view 画像による各筋の筋厚の計測を行い、臨床的指標として用いた。また、筋力評価として、さまざまな筋力測定機器があり、これまでに大型のトルクマシーンによる筋力測定が行われており、筋力評価としての有用性が報告されている^{19) 20) 22)}。しかし、測定肢位の設定が機器に依存されてしまうために、同じ肢位で関節角度を変更することが困難であるなどの使用環境や、高額であり広い設置スペースが必要になるなど施設環境に制限があり、臨床的な評価機器として一般的に用いることが困難である。そこで、本研究では小型で安価であり、トルクマシーンと精度や再現性に差がないと報告されている HHD を筋力測定機器として用いた^{23) 24) 25)}。

本研究の結果より、棘上筋腱断裂の程度によって非断裂群、小断裂群、大断裂群に分類した各群の筋厚比較において、棘上筋は縦径および横径とも大断裂群が他の2群より有意に低下していた。このことは棘上筋腱の断裂程度の増大により棘上筋自身の萎縮が認められ、先行研究^{13) 15)}と同様の結果となった。さらに、棘下筋は大断裂群が他の2群より有意に低下しており、小円筋においても小断裂群と大断裂群に有意に低下していた。このことから、棘上筋腱断裂の断裂程度の増大に伴い、棘上筋の萎縮だけでなく、棘下筋や小円筋においても筋萎縮が生じることが示された。また、棘上筋の機能障害を代償する機能は認められず、棘下筋や小円筋の機能も低下することから肩関節の機能障害が進行する可能性が考えられた。

また、体重比筋力の比較において、外転筋力0°外転筋力45°は大断裂群に有意な低下が認められ、先行研究¹⁰⁾と同様の結果であり、棘上

筋腱断裂や筋萎縮に伴う筋力低下と考える。さらに、外転筋力0°および90°は大断裂群が他の2群より有意な低下が認められた。棘上筋腱断裂程度の増大により棘下筋や小円筋の萎縮が認められたことから、筋萎縮に伴う筋力低下であると考ええる。また、内転筋力0°は大断裂群が他の2群より有意な筋力低下が認められたが、内転筋力90°では各群に有意な差は認められなかった。これらの結果は、棘上筋腱断裂程度の増大により肩甲下筋上部に機能的に影響を与えたのではないかと考えるが、棘下筋や小円筋のような筋萎縮を認めていないことから、筋力低下の要因については今後の検討が必要であると考ええる。

次に、残存腱板筋の筋厚と筋力の関係において、皆川らは腱板を構成する筋は羽状筋の形態をしており、筋腹内に存在している腱性組織を筋内腱として報告している²⁶⁾。棘下筋や小円筋の筋内腱は肩甲骨後面を上下に広がる解剖学的形態であり、肩甲下筋は複数の筋内腱が肩甲骨前面に広がる形態であるため、同じ回旋筋群でも肩関節外転角度によって収縮する部位は異なると考えられている。本研究において、皆川らによる筋内腱の解剖学的特徴を考慮し、棘下筋の機能を反映する肢位として肩関節外転0°位を、小円筋の機能を反映する肢位として肩関節90°位を選択して筋力測定を行った。棘下筋の筋厚は肩関節外転0°位での外転筋力と、肩関節外転90°位での外転筋力とそれぞれ軽度の相関関係が認められたが、棘下筋と肩関節外転90°位での外転筋力や小円筋と肩関節外転0°位での外転筋力においても相関関係が認められた。このため、皆川らの解剖学的特徴と筋力測定部位との関連性を見いだすことはできなかったが、棘下筋と小円筋の外転筋群と肩関節外転筋力との関連性は得られた。そして、棘上筋腱断裂程度の増大により棘下筋や小円筋の筋萎縮が生じることから、肩外転角度0°位と90°位で外転筋

の筋力評価を行うことは、筋萎縮の部位に応じた測定肢位として意義があると考ええる。同様に、肩甲下筋も筋内腱の特徴を考慮して肩甲下筋上部と内旋筋力 0°、肩甲下筋下部と内旋筋力 90°をそれぞれの筋厚が筋力を反映する肢位として筋力測定を行ったが、肩甲下筋上部と肩関節外転 0°位の内旋筋力でのみ相関が認められた。これは、棘上筋腱断裂の程度差による筋萎縮が生じていないことから、肩甲下筋の筋内腱の解剖学的特徴以外の因子の可能性も考えられ、今後の検討が必要である。

これまで MRI を用いた腱板の筋量評価の多くは、Thomazeau らの Y-shaped view による断面積や筋厚の評価を行っており、棘上筋萎縮の程度や脂肪変性との関連性について報告している^{13) 14) 15) 16)}。しかし、これらの報告は棘上筋のみであり、残存腱板筋や実際の筋力との関連性については述べられていない。また筋力評価においては、Itoi らは棘上筋腱損傷例では外転筋力の低下を報告している¹⁰⁾が、画像評価と筋力低下との関連性については述べられていない。本研究では、棘上筋腱断裂の程度による影響として、棘下筋と小円筋の筋萎縮に伴う筋力低下について示した。また MRI により棘上筋、棘下筋、肩甲下筋の画像筋量評価を行い、棘上筋、棘下筋、小円筋において実際の筋力評価と関連性があることを示した。特に、棘下筋および小円筋の画像筋量評価と肩関節外転 0°および 90°位での外旋筋力評価に相関があり、腱板損傷に対する保存的治療や棘上筋腱修復術の術後リハビリテーションにおいて、棘上筋だけでなく残存腱板筋である棘下筋および小円筋の機能評価と機能強化が重要であると考ええる。

しかし、今後の課題として、疼痛による運動制限について検討をしていないため、廃用性機能評価との関連について明らかにすることが必要である。また、同一症例における棘上筋腱断裂の経時的変化について明らかではないた

め、棘上筋腱断裂の進行と残存腱板筋の機能障害との関連について検討が必要である。また、Nakagaki らの筋の萎縮が長期にわたると筋電図上で筋活動がみられないとする報告¹⁸⁾や、畑らの筋腹の脂肪変性が高度な場合は筋の厚みは変化しないという報告²⁷⁾からも、筋の厚みや筋力を用いた量的な評価だけでなく、筋電図などによる質的評価を行うことも必要であると考ええる。

今後、課題に対して検討を行い、腱板機能評価のさらなる検討を行うとともに、腱板損傷における保存的療法や術後リハビリテーションにおける理学療法の効果を明らかにし、腱板損傷に対して効果ある理学療法につなげていきたいと考える。

5. 結論

棘上筋腱損傷 50 例 64 関節において、MRI による画像筋量評価と HHD による筋力評価を行い、残存腱板筋の画像筋量評価と筋力評価の関連性について検討した。棘上筋腱損傷程度による分類を行い、棘上筋腱断裂の大きい群の棘下筋および小円筋の筋萎縮と肩外旋筋力の低下が認められた。棘下筋および小円筋の画像筋量評価と筋力評価において、棘下筋と肩外転 0°外転位での外旋筋力、小円筋と肩外転 90°位での外旋筋力に相関が認められた。

謝辞

本研究に対してご指導を賜りました大阪市立大学大学院医学研究科整形外科学教室伊藤陽一准教授に深謝申し上げます。また、本研究にご参加いただきました患者の皆様に深謝申し上げます。

[文献]

- 1) Poppen NK, Walker PS Forces at the

- glenohumeral joint in abduction. Clin Orthop. 1978;135:165-170.
- 2) Rockwood CA, Masten FA III "The Shoulder" WB Saunders, Philadelphia 1998,p.233-276.
 - 3) Thompson WO,Debski RE,Boardman ND et al A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. Am J Sports Med.1996;24:286-292.
 - 4) Saha AK Dynamic stability of the glenohumeral joint. Acta Orthop Scand.1971;42:491-505,.
 - 5) Cofield RH,Parvizi J,Hoffmeyer PJ, et al Surgical repair of chronic rotator cuff tears,J Bone Joint Surg.2001;83-A:71-77.
 - 6) Brewer BJ Aging of the rotator cuff. Am J Sports Med.1979;7:102-110.
 - 7) Keyes EL Anatomical observation on senile changes in the shoulder. J Bone Joint Surg.1935;17-A:953-960.
 - 8) Neer CS Impingement lesions. Clin Orthop.1983;173:70-77.
 - 9) Hawkins RJ, Kennedy JC Impingement syndrome in athletes. Am J Sports Med.1980;8:151-158.
 - 10) Itoi E,Minagawa H,Sato T et al Isokinetic strength after tears of the supraspinatus tendon. J Bone and Joint Surg.1997;79-B: 77-82.
 - 11) Hertel R,Ballmer FT,Lombert SM et al Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. J Shoulder Elbow Surg.1996;5: 307-313.
 - 12) Gerber C, Krushell RJ Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle clinical features in 16 cases. J Bone Joint Surg.1991;73-B: 389-394.
 - 13) Thomazeau H,Rolland Y,Lucas C et al: Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. Acta Orthop Scand.1996;67: 264-268.
 - 14) Thomazeau H,Boukoba E,Morcet N et al Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. Clin Orthop.1997;344:275-283.
 - 15) Tingart M,Apreleva M,Lehtinen JT et al Magnetic resonance imaging in quantitative analysis of rotator cuff muscle volume. Clin Orthop.2003;415:104-110.
 - 16) Gladstone J,Bishop J,Lo IK et al Fatty infiltration and atrophy of the rotator cuff do not improve after rotator cuff repair and correlate with poor functional outcome. Am J Sports Med.2007;35: 719-728.
 - 17) Hata Y,Saito S,Murakami N et al Volume changes of supraspinatus and infraspinatus muscles after supraspinatus tendon repair. J Shoulder Elbow Surg.2005;14: 631-635.
 - 18) Nakagaki K,Ozaki J,Tomita Y et al Function of Supraspinatus Muscle with torn cuff evaluated by Magnetic resonance imaging. Clin Orthop.1998;318:144-151.
 - 19) Greenfield BH,Donatelli R,Wooden MJ et al Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength between the plane of scapula and the frontal plane. Am J Sports Med.1990;18: 124-127.
 - 20) 鈴木英樹, 伊藤俊一, 鈴木克憲 他 肩関節内外旋筋力の基礎的検討 健常者における筋出力特性と肩関節反復性脱臼患者との比較.理学療法学 1993;20:312-316.
 - 21) Scheibel M,Nikulka C, Dick A et al Structural Integrity and Clinical Function of the Subscapularis Muscukotendinous Unit After Arthroscopic and Open Shoulder Stabilization. Am J Sports Med.2007;35: 1153-1161.
 - 22) 鈴木英樹, 伊藤俊一, 鈴木克憲 他 肩関節内外旋力の基礎的検討 体幹固定が測定値に及ぼす影響と測定値の再現性の検討.北海道理学療法 1993;10:42-45.
 - 23) 川井謙太郎, 齋藤明彦 健常女性肩関節周囲筋筋

- 力の加齢的变化. 理学療法科学 2005,20:207-212.
- 24) 佐藤滋, 鎌田潤也, 上嶋健治 他 ハンドヘルドダイナモメーターの精度評価と臨床応用への検討. 東北理学療法学. 2000,12:6-9.
- 25) 光金正宮 ハンドヘルドダイナモメーターによる筋力腱板構成筋評価の再現性の検討. 総合リハ 1999,27:861-864.
- 26) 皆川洋至, 井樋栄二, 佐藤毅 他 腱板を構成する筋の筋内腱-筋外腱移行形態について. 肩関節 1996,20:103-110.
- 27) 畑幸彦, 村上成道, 後田圭 他 腱板断裂手術例のMRIによる棘上筋筋腹の評価. 肩関節 2005,29: 373-376.