

題目：筋再教育運動が筋膜リリース後の筋筋膜の伸張性および筋力に与える影響

英文題目：Influences of Muscle Re-education Exercises for Myofascial Expansibility and Muscle Strength after Myofascial Release

著者名

勝又泰貴¹⁾，竹井仁²⁾，堀拓朗¹⁾，林洋暁¹⁾

英文著者名

Yasuki Katsumata¹⁾, Hitoshi Takei²⁾, Takuro Hori¹⁾, Hiroaki Hayashi¹⁾

ABSTRACT:

[Purpose] To examine the influence of muscle re-education exercises on the effect of Myofascial release (MFR).

[Subjects] Thirty healthy individuals whose active straight leg raising (SLR) angle was less than 70 degrees were quasirandomly allocated to three groups: MFR for bilateral hamstrings, quadriceps exercise post MFR, hamstrings exercise post MFR.

[Methods] Active SLR, passive SLR and torque of the knee flexion and extension were measured pre and post intervention, and then two days, four days, six days post intervention.

[Results] The expansibility and torque of the knee flexion of the “hamstrings exercise after MFR” group lasted longer than six days and showed the most improvement.

[Conclusion] MFR provided the release of myofascial restrictions and improved the slide and expansibility of the fascia. Performing the exercise post MFR brought effective re-learning of the proper muscle contractions. Therefore, the “hamstrings exercise after MFR” group revealed the longest lasting result and presented the most improvement.

Key words:

Myofascial Release, muscle re-education exercise, time-dependent change

要旨：

〔目的〕筋再教育運動（運動）が筋膜リリース（Myofascial Release：MFR）の効果に与える影響を経時的に検討した。
〔対象〕両脚のハムストリングスに MFR を行う群，MFR 後に大腿四頭筋の運動を行う群，MFR 後にハムストリングスの運動を行う群に準無作為に 10 名ずつ分けられた，自動下肢伸展挙上角度 70° 未満の健常成人 30 名とした。〔方法〕自動・他動下肢伸展挙上角度，膝関節屈曲・伸展トルク値を介入前，介入後，2 日後，4 日後，6 日後に測定した。〔結果〕ハムストリングスの運動を行った群が最も伸張性および屈曲トルク値の改善が大きく，6 日後まで持続した。〔結語〕MFR により筋筋膜の制限を解消し滑走性を改善した上で，運動を行い正しい収縮効率を学習したことが，持続性のある改善効果を生んだと考える。

キーワード：筋膜リリース，筋再教育運動，経時的变化

I. はじめに

筋膜は、身体全体を通して連続的に緊張したネットワークを形成し、すべての器官、筋、神経と、小さい筋線維さえも覆って連結しているとされ、高密度平面組織シート（中隔、関節包、腱膜、臓器包、支帯）だけでなく、靱帯や腱、支帯といった局所高密度化したものも含む¹⁾。筋膜は、このように全身をくまなく覆っていることから「第2の骨格」とも言われている²⁾。筋膜には筋の保護作用の他、筋収縮の際の滑走を助ける役割もあり、筋膜の機能異常による滑走性の低下や基底張力の変性は疼痛の原因となる³⁾。筋膜の機能異常は、筋外膜を形成するコラーゲン線維とエラスチン線維の高密度化・細胞間基質のゲル化・ヒアルロン酸の凝集化の3つの徴候を示す^{3, 4)}。

生活習慣や既往歴の代償により筋膜に負荷がかかり、筋外膜に高密度化が生じると、3層からなる深筋膜の層の間、および深筋膜と筋外膜の間の疎性結合組織に存在するヒアルロン酸⁵⁾が凝集し、ヒアルロン酸の濃度が高くなることで粘稠性が増大⁶⁾し、深筋膜の滑走に障害をもたらす。また、筋外膜は筋周膜と筋内膜に連続している⁷⁾ため、筋外膜の高密度化は筋膜全体にその滑走障害をもたらす。さらに、筋膜には血管や神経およびリンパ管を支持するほかに、それらを通させているという非常に重要な機械的機能もある²⁾。したがって、コラーゲン線維とエラスチン線維の高密度化は貫通部でそれらを絞扼し、循環障害や神経伝導の阻害といった障害を引き起す原因となる⁸⁾。循環障害による組織温の低下は、ヒアルロン酸のさらなる粘稠性増大をもたらす、基質をゲル化する⁶⁾。このこともまた、筋膜の滑走を阻害する一因となる。

筋膜リリース（Myofascial Release : MFR）は、従来、オステオパシー領域で行われていたものをアメリカの理学療法士 John F. Barnes が体系化したもので、持続する穏やかな圧と伸張により組織の温度やエネルギーの状態を高め、身体の細胞間物質内の流動性をより多く作り出すプロセスを助ける。穏やかな伸張はまず、膜に形態記憶性と伸張性を与えるエラスチン線維を引き伸ばし、持続的な伸張により続いて膜に強度を与えるコラーゲン線維を引き伸ばす。結果的に、基質の密度が変化し、コラーゲン線維の制限がリリース、すなわち筋膜の高密度化が解消される²⁾。

MFR のゴールは、高密度化を解消し、バランスの取れた姿勢において筋骨格系全体の身体平衡を元に戻すことである。Aaron らによると、二峰性側弯症患者に対して横隔膜・腸腰筋を中心とする体幹・下肢の MFR を1日に60分、1週間に2日の頻度で6週間施行したところ、姿勢や体幹の可動域が改善した⁹⁾とあり、Barnes によると、胸郭出口症候群患者に対し腸腰筋や上肢を中心とする全身的な MFR を30分、1日に2〜3回、1週間に5日の頻度で2週間施行し、肩甲帯の疼痛が減少、姿勢が改善し荷重が正中となった¹⁰⁾とある。また、Ajimsha らによる慢性腰痛のある看護師80名に対する MFR の報告には、腰背部を中心とする体幹・下肢の MFR を1日に40分、1週間に3日の頻度で8週間施行し、疼痛が減少し日常生活の動作能力が改善した¹¹⁾とあり、Marszalek らによる喉頭全摘出術後患者40名に対する MFR の報告には、頸部を中心とした上肢・頭部の MFR を1回施行し、食道圧が減少（嚥下が改善）した¹²⁾とある。このように、MFR の効果に関する報告は、症例報告のほか研究報告も散見される。しかし、これらの報告はいずれも、障害に応じて必要とされる複数部位に対し数週間に渡って行った結果であり、1部位への MFR1 回の効果とその持続について調査・検討したものは我々の渉猟する限りない。

我々は先行研究¹³⁾において、MFRを両側下肢のハムストリングスに180秒ずつ実施した際の関節可動域や柔軟性の改善といった効果が1日以上持続し、30秒3セットずつ実施した静的ストレッチングよりも改善の程度が大きかったことを報告した。しかし、習慣化された日常生活動作において、1回の治療における MFR の効果が持続するとは考えにくい。また、筋外膜の高密度化を生じている部位ではその筋は短縮位、拮抗筋は延長位となり、延長位である筋は特にアクチンに対するミオシンヘッドの滑走が充分ではない。そのため短縮位で過用を生じている筋と、延長位となっている筋ともに本来の収縮が行われなくなる¹⁴⁾。

そのため、短縮位にあるハムストリングスの拮抗筋である大腿四頭筋の筋再教育運動を行うことで、大腿四頭筋の筋出力の改善と、大腿四頭筋の筋再教育運動および動的ストレッチングによるハムストリングスへの相反抑制が期待される。そこで我々は、ハムストリングスの MFR 後、大腿四頭筋の筋再教育運動を行った群と、MFR 単独の群を比較したところ、両群ともに MFR の効果は2日後まで持続していたが、可動域・筋出力ともに両群間に有

意な差はなく、拮抗筋の筋再教育運動の影響を認めなかった¹⁵⁾。

次に我々は、MFRを実施したハムストリングスに対して筋再教育運動を行うことで、ハムストリングスの筋出力の改善と、高密度化解消後の深筋膜の滑走性改善による可動域の拡大を期待し、ハムストリングスのMFR後、ハムストリングスの筋再教育運動を行った群と、MFR単独の群を比較した¹⁶⁾。その結果、両群ともにMFRの効果は2日後まで持続し、可動域・筋出力ともにハムストリングスの筋再教育運動を行った群の方がMFR単独の群よりも有意に高値を示した。

ここまでの先行研究を通して、MFRの効果は2日以上持続することが明らかとなった。また、MFR後に拮抗筋である大腿四頭筋の筋再教育運動を行うよりもハムストリングスの筋再教育運動を行った方が、MFRにより改善したハムストリングスの伸張性と筋出力をより高め、長く維持できる可能性が示唆された。しかし、大腿四頭筋およびハムストリングスの筋再教育を行った2つの先行研究は、筋再教育運動を行った筋のトルク値しか計測しておらず、計測した角度も異なっている。そのため、同一条件下の研究とはいえ比較ができない。

そこで本研究の目的は、筋再教育運動がMFRの効果に与える影響について、ハムストリングスのMFR後に大腿四頭筋の筋再教育運動を行った群と、ハムストリングスの筋再教育運動を行った群の可動域と筋出力の改善率の変化について、計測項目と条件を統一し、追跡期間を6日間に延長して比較および検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象者は、体幹・下肢に整形外科的既往がなく自動下肢伸展挙上（active straight leg raising : ASLR）70°未満の成人30名（男性18名、女性12名）とした。年齢の平均値（範囲）は26.2（22-36）歳、身長と体重の平均値（標準偏差）は167.2（9.3）cm、59.1（10.2）kgであった。対象者を男女均等に分けるため準無作為に、両脚のハムストリングスにMFRを180秒行う群（MFR群）10名（男性6名、女性4名）、両脚のハムストリングスのMFR後に大腿四頭筋の筋再教育運動を行う群（MFR and quadriceps exercise群：以下、MFR-quad群）10名（男性6名、女性4名）、両脚のハムストリングスのMFR後にハムストリングスの筋再教育運動を行う群（MFR and hamstrings exercise群：以下、MFR-ham群）10名（男性6名、女性4名）の3つに分けた。本研究は、医療法人社団苑田会倫理審査委員会の承認（承認番号：12）を得たうえで、被験者に対して事前に研究の主旨を十分に説明し、同意を得て実施した。

2. 方法

ハムストリングスに対するMFRは、坐骨結節周囲と膝関節近位部後面に手を置き、その間を治療対象とした。施行時間は180秒とし、両下肢のハムストリングスに対して施行した。

筋再教育運動は、運動の適量設定¹⁷⁾を参考に、以下の最大筋力推定式を用い1 repetition maximum（1RM）を算出した。

$$1RM [kg] = \frac{\text{負荷量 [kg]}}{\text{運動を完全に遂行できた回数相当の\% or 1RM [\%]}} \times 100 [\%]$$

筋再教育運動は、負荷量を神経筋の協調性改善を目的とする強度である1RMの40%に、範囲を膝関節屈曲30 - 90°に、速度を2秒に1回に、回数を40回にした。大腿四頭筋の筋再教育運動として、昇降式ベッド上端座位にて両側の大腿部をベルトにて固定し、体幹伸展や骨盤後傾等の代償運動に注意させながら一側の膝関節を90°屈曲位から30°屈曲位までの求心性の伸展運動を行わせた。膝関節30°屈曲位はゴニオメータにて計測し、この角度になった時に下腿遠位部に目標物が当たるように設定した。ハムストリングスの筋再教育運動は、挙上した昇降ベッド上に腹臥位となり両下肢をベッドから降ろし、両股関節90°屈曲位、運動側の膝関節30°屈曲位で足先が床に接地する肢位にて、股関節の伸展を抑制するために計測肢の大腿をベルトで固定し、膝関節を30°屈曲位から90°屈曲位までの求心

性の膝関節屈曲運動を行わせた。膝関節90° 屈曲位はゴニオメータにて計測し、この角度になった時に踵部に目標物が当たるように設定した。各運動ともに開始肢位へ戻す際は、目標物に各部位が当たると同時にできるだけ力を抜くよう指示し、検者によって他動的に開始肢位へ戻した。

計測は、計測者2名、記録兼管理者1名で、計測者が割り付けられた群を知らないPROBE法にて行った。背臥位にてゴニオメータ（東大式）を用いて、体幹に平行な線を基本軸、大転子と大腿骨外顆を結ぶ線を移動軸として両側のASLRおよび他動SLR（passive SLR：PSLR）を計測した。この時、Kendall¹⁸⁾と中俣ら¹⁹⁾の方法を参考に、骨盤と非計測肢をベルトにて固定し、SLR角を計測した。また、IdotaらによるSLR時の骨盤角度と年齢の相関式²⁰⁾を参考に、SLR時の骨盤後傾約9°までは正常範囲内の骨盤後傾角度とし、それよりも大きく後傾する場合を過度な骨盤後傾による代償と判断した。ASLRは、疼痛自制内にてハムストリングスの伸張により膝関節が屈曲あるいは過度な骨盤後傾といった代償が生じた位置より速やかに角度を戻し、膝関節が0°位かつ正常範囲内の骨盤後傾角度で計測した。PSLRは、計測者が対象者の踵部を把持し他動的に下肢を挙上し、ASLR同様に疼痛自制内にて膝関節が0°位かつ正常範囲内の骨盤後傾角度で計測した。また、端座位にて股関節90°屈曲位で両側の大腿部をベルトにて固定し、筋出力を計測した。ハンドヘルドダイナモメータ（ANIMA社製ミュータスF-1）のアタッチメントを下腿遠位部に当て、膝関節30°屈曲位と90°屈曲位における膝関節伸展および屈曲時の両側の1 Isometric Maximumを計測し、その値と下腿長（膝裂隙からアタッチメントまでの距離）よりトルク値を算出し、体重で除した[N・m/kg]。この時の値をそれぞれ、30°屈曲トルク値、90°屈曲トルク値、30°伸展トルク値、90°伸展トルク値とした。

各計測項目は、それぞれ3回行い平均値を算出し、介入後以降のそれぞれの値と介入前の値の差（変化量）を求め、介入前の値で除した変化率 [%] を扱った。計測は、介入前、介入後、2日後、4日後、6日後に実施した。

統計解析は、計測項目（ASLR、PSLR、屈曲トルク値、伸展トルク値）と経時的な変化および各計測項目の左右の値を要因とした三元配置分散分析を行い、下肢の左右差について検討した。その後、年齢、性別、身長、体重、1RM および介入前の各計測項目で調整した反復測定による共分散分析を行った。各計測時期における群間の差、各群における各計測時期の差は、分散分析を行った後、それぞれ Tukey HSD 法、Dunnett 法により解析した。有意水準は 5%とした。統計解析ソフトウェアには SPSS statistics 22（IBM）を用いた。

III. 結 果

1RM、ASLR、PSLR および各トルク値の左右の値について、有意な主効果を認めなかったため、全被験者の計測結果を左右で平均して取り扱った。共変量とした項目（年齢、性別、身長、体重、1RM、介入前の各計測項目）についても有意な主効果を認めなかったことから、各群の身体的特徴に差はないと判断した（表 1）。一方、各計測項目の群間および計測時期に交互作用を認めた。

表 2～4 に、各群における計測項目ごと（ASLR、PSLR、各トルク値）の経時的变化を示した。

ASLR の変化率は、MFR - ham 群のみ 6 日後まで、他の 2 群は 4 日後まで有意に増加し、6 日後の MFR - ham 群は MFR 群に比べ有意に高かった（表 2）。PSLR の変化率は、全ての群で 6 日後まで有意に増加し、6 日後の MFR - ham 群の値は他の 2 群よりも有意に高かった。

屈曲トルク値の変化率は、30° と 90° とともに、MFR - ham 群のみ 6 日後まで、MFR 群は 4 日後まで有意に増加し、MFR - quad 群に有意な変化はみられなかった（表 3）。また、6 日後の MFR - ham 群の値は他の 2 群よりも有意に高かった。伸展トルク値の変化率は、30° と 90° とともに、MFR - quad 群のみ 6 日後まで有意に増加し、MFR - ham 群に有意な変化はみられなかった（表 4）。MFR 群においては 30° では介入後、90° では 2 日後まで有意に高い値を示した。6 日後の MFR - quad 群の値は 30° で MFR 群よりも、また、90° で他の 2 群よりも有意に高かった。

表1 各群の身体的特徴と介入前の可動域および筋出力

	MFR群	MFR-quad群	MFR-ham群
性別 (男性 / 女性)	6 / 4	6 / 4	6 / 4
年齢 [歳]	25.7 (22-36)	26.3 (22-32)	26.7 (22-31)
身長 [cm]	169.4 (9.8)	164.1 (9.3)	168.1 (8.9)
体重 [kg]	60.9 (9.1)	56.8 (9.8)	59.6 (12.0)
1RM [kg]	23.0 (6.0)	23.6 (5.9)	20.9 (6.1)
ASLR [°]	52.9 (8.7)	54.2 (5.9)	52.9 (6.7)
PSLR [°]	59.4 (8.7)	63.1 (4.9)	61.9 (5.9)
30° 屈曲トルク値 [N・m/kg]	0.88 (0.35)	0.87 (0.33)	0.95 (0.35)
90° 屈曲トルク値 [N・m/kg]	1.04 (0.40)	0.91 (0.33)	0.96 (0.28)
30° 伸展トルク値 [N・m/kg]	0.84 (0.25)	0.72 (0.13)	0.84 (0.25)
90° 伸展トルク値 [N・m/kg]	1.43 (0.51)	1.30 (0.38)	1.46 (0.50)

値は平均値 (標準偏差: 年齢のみ範囲を記載)。

表2 SLR [%] の経時的変化

		MFR 群	MFR-quad 群	MFR-ham 群
介入前	ASLR	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
	PSLR	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
介入後	ASLR	17.7 (7.8)* ^{a)}	17.5 (9.0)* ^{a)}	21.8 (13.7)* ^{a)}
	PSLR	13.6 (2.4)* ^{a)}	14.3 (5.1)* ^{a)}	17.9 (4.0)* ^{a)}
2日後	ASLR	13.8 (6.6)* ^{a)}	15.7 (11.8)* ^{a)}	18.7 (12.3)* ^{a)}
	PSLR	10.5 (2.4)* ^{a)}	11.5 (5.6)* ^{a)}	15.2 (3.4)* ^{a)}
4日後	ASLR	8.2 (4.0)* ^{a)}	11.7 (8.8)* ^{a)}	16.2 (12.5)* ^{a)}
	PSLR	6.6 (1.7)* ^{a)}	9.4 (5.3)* ^{a)}	13.6 (3.2)* ^{a)}
6日後	ASLR	2.1 (1.6)	9.8 (9.2)	14.0 (11.2)* ^{a)}
	PSLR	2.8 (1.9)* ^{a)}	6.7 (3.8)* ^{a)}	10.7 (2.9)* ^{a)}

値は平均値 (標準偏差), *: $p < 0.05$, ^{a)}: Dunnett 法にて介入前と比較した時の結果。

表 3 屈曲トルク値 [%] の経時的変化

		MFR 群	MFR-quad 群	MFR-ham 群
介入前	30° 屈曲位	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
	90° 屈曲位	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
介入後	30° 屈曲位	21.8 (10.2)* ^{a)}	6.7 (23.1)	24.0 (8.3)* ^{a)}
	90° 屈曲位	15.9 (7.2)* ^{a)}	1.9 (19.4)	22.8 (10.4)* ^{a)}
2 日後	30° 屈曲位	18.6 (9.3)* ^{a)}	15.0 (18.4)	20.4 (7.5)* ^{a)}
	90° 屈曲位	12.9 (6.8)* ^{a)}	7.9 (12.5)	20.9 (8.5)* ^{a)}
4 日後	30° 屈曲位	10.7 (7.2)* ^{a)}	9.6 (12.2)	16.5 (9.6)* ^{a)}
	90° 屈曲位	8.8 (5.1)* ^{a)}	6.8 (14.1)	20.6 (11.6)* ^{a)}
6 日後	30° 屈曲位	7.6 (8.2)	7.4 (10.7)	15.3 (9.5)* ^{a)}
	90° 屈曲位	4.0 (3.0)* ^{a)}	5.3 (10.2)	18.3 (11.9)* ^{a)}

値は平均値 (標準偏差), *: $p < 0.05$, ^{a)}: Dunnett 法にて介入前と比較した時の結果.

表 4 伸展トルク値 [%] の経時的変化

		MFR 群	MFR-quad 群	MFR-ham 群
介入前	30° 屈曲位	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
	90° 屈曲位	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
介入後	30° 屈曲位	13.4 (14.8)* ^{a)}	21.3 (7.2)* ^{a)}	3.1 (28.6)
	90° 屈曲位	13.3 (9.8)* ^{a)}	19.4 (10.3)* ^{a)}	2.2 (14.8)
2 日後	30° 屈曲位	9.0 (12.4)	20.5 (5.6)* ^{a)}	16.8 (22.5)
	90° 屈曲位	11.6 (9.3)* ^{a)}	18.1 (14.7)* ^{a)}	9.7 (11.2)
4 日後	30° 屈曲位	7.5 (15.3)	18.2 (5.5)* ^{a)}	14.2 (22.5)
	90° 屈曲位	10.2 (9.3)	15.0 (8.9)* ^{a)}	6.8 (8.8)
6 日後	30° 屈曲位	3.3 (8.1)	15.1 (5.6)* ^{a)}	10.9 (22.0)
	90° 屈曲位	4.6 (6.5)	14.0 (10.1)* ^{a)}	4.6 (6.2)

値は平均値 (標準偏差), *: $p < 0.05$, ^{a)}: Dunnett 法にて介入前と比較した時の結果.

IV. 考 察

SLR の変化について、本研究の結果、ASLR と PSLR とともに MFR - ham 群が最も高い改善率を示した(表 2)。特に ASLR については、他の群よりも効果が持続した。ASLR は妊婦患者の骨盤輪の疼痛誘発テスト、PSLR は腰下肢痛および坐骨神経痛の誘発テストと、ASLR、PSLR とともに疼痛の評価に用いられるが、さらに ASLR は SLR の動筋である大腿四頭筋の筋力評価、PSLR はハムストリングスの伸張性の評価にも用いられる²²⁾。しかし、MFR - ham 群の伸展トルク値は 30°、90° とともに介入前との間に有意な差は示さず、大腿四頭筋の筋力向上による ASLR の改善ではないことが分かる。このことから、MFR がもたらす影響について自動運動と他動運動に違いがあると考ええる。

MFR は主に、深筋膜とその下層の筋外膜を治療対象とし、これを実施することで深筋膜のコラーゲン線維とエラスチン線維の配列が整い、本来の形態と柔軟性を取り戻すとされている²⁾。また、コラーゲン線維とエラスチン線維の配列が整うことで、ヒアルロン酸の凝集化や筋膜貫通部での神経・血管・リンパ管の絞扼を解消し、ヒアルロン酸の潤滑油としての働きを取り戻すことにもつながる³⁾。これら筋膜の機能異常(高密度化)が解消することで、深筋膜と筋外膜間の滑走、さらには筋周膜が包む筋束間、筋内膜が包む筋線維間の滑りが円滑になる⁴⁾。Ichikawa ら²¹⁾ は、健康成人の外側広筋に対し MFR を 4 分間行った群と、ホットパックを 10 分間または 20 分間行った群、常温パック(室温 26℃、湿度 70%)を 10 分間または 20 分間行った群の浅層および深層深筋膜移動距離と筋硬度を比較し、MFR 後のみ浅層および深層深筋膜移動距離と筋硬度が改善したと報告している。MFR による深筋膜移動距離と筋硬度の改善はすなわち、筋筋膜の滑走性と柔軟性の改善を意味する。今回、全ての群に対し MFR を施行しており、MFR によって大腿後面の筋筋膜の滑走が円滑となった結果、全ての群の介入後の SLR が改善したと考える。

自動運動について、筋収縮は本来、上位中枢からの入力がある運動神経-筋紡錘-Ia 群線維の回路(γ -loop)を介して α 運動神経を興奮させ生じる²³⁾。筋紡錘は筋内膜に付着する⁷⁾ことから、高密度化は筋膜を介して筋紡錘にも持続的な伸張を加え、錘内筋線維の適切な収縮を阻害し、Ia 群線維の活性を抑制する²⁴⁾。結果的にその筋の十分な収縮と、Ia 抑制性介在神経を介しての拮抗筋の協調した弛緩が得られにくくなる。そのため、MFR - ham 群では高密度化が解消したことで、 γ -loop における神経伝導が正しく伝わるようになったハムストリングスが、筋再教育運動によって適切な収縮と弛緩を学習した。その結果、ASLR 時の過剰な遠心性収縮を抑制し、大腿四頭筋による下肢挙上に協調して弛緩できるようになり、MFR - ham 群のみ 6 日後まで効果が持続したと考える。また、ASLR の変化率が MFR - quad 群よりも MFR - ham 群で高かったことから、大腿四頭筋の筋再教育運動時の相反抑制によるハムストリングスの弛緩よりも、ハムストリングスの収縮・弛緩の学習の方が、動筋・拮抗筋のバランス改善効果が大きい可能性が示唆された。

一方で、先行研究¹⁵⁾同様に、今回も SLR の動筋である大腿四頭筋の再教育運動を実施した MFR - quad 群は、ASLR に関して MFR 群との間に差を示さなかった。また、膝伸展トルク値は膝関節 30° 屈曲位と 90° 屈曲位とともに MFR - quad 群が最も改善しているにもかかわらず、MFR - ham 群よりも ASLR の改善が持続しなかった。これには 2 つの要因が影響したと考える。一つは、ハムストリングスに MFR しか実施していなかった点である。MFR によりハムストリングスの滑走性は改善したものの収縮の再学習をしなかったため、大腿四頭筋とハムストリングスの協調性およびハムストリングスの筋筋膜の滑走の改善が持続しなかった。その結果、ASLR が効率的に行われず、MFR 群と差がない改善程度となったと考える。もう一つは、大腿四頭筋に対しては MFR を実施せずに筋再教育運動のみを実施したので、大腿前面の筋膜の高密度化が解消されていなかった可能性がある点である。大腿四頭筋とハムストリングスのような動筋と拮抗筋は互いに協調し、調和の取れた運動を生じる。高密度化は、直接その下層の筋の機能異常だけでなく、筋膜や筋間中隔の連結を介して拮抗筋へも影響する⁷⁾。つまり、ハムストリングスに高密度化が生じハムストリングスの伸張を阻害している場合、その高密度化は大腿四頭筋に影響し大腿四頭筋の筋膜にも機能障害を生じさせている可能性がある。よって、ハムストリングスの高

密度化解消・伸張性改善目的の MFR に加えて筋再教育運動を実施するだけでなく、大腿四頭筋の評価をした上で必要に応じて事前に高密度化の影響を除去する目的で MFR を実施しておくことで、SLR の動筋である大腿四頭筋の機能がさらに向上する可能性がある。

トルク値に関しては、MFR - quad 群では伸展トルク値が、MFR - ham 群では屈曲トルク値がそれぞれ 6 日後まで改善し、その改善率が拮抗筋のトルク値よりも有意に高い値を示した（表 3, 4）。

MFR 群の結果より、ハムストリングスの高密度化を解消し伸張性が改善したことで、短縮位にあると仮定したハムストリングスと、拮抗筋で延長位にあると仮定した大腿四頭筋の筋長は正常に近付き、屈曲トルク値・伸展トルク値ともに改善した¹⁴⁾と考える。さらに、筋再教育運動を行うことでその筋長での筋収縮を再学習し、筋再教育運動を行った動筋優位にトルク値が増加したと考える。

筋再教育運動を行った筋の拮抗筋のトルク値が介入前と比較して有意な改善を示さなかった点について、今回行った筋再教育運動（40%の負荷にて 40 回の求心性収縮）は、目的とする筋群の拮抗筋群を意識的に収縮させ目的とする筋群に相反抑制を生じさせ伸張を促す動的ストレッチング²⁵⁾と類似した方法である。動的ストレッチングのトルク値に関して、Fletcher ら²⁶⁾は腿挙げやカーフレイズといった下肢を中心とする動的ストレッチング 6 種類をジョギング前にそれぞれ 12 回×2 セット行い、垂直とびと等速性求心性最大膝屈曲トルクが有意に高くなったと報告している。また、Sekir ら²⁷⁾は大腿四頭筋とハムストリングスの動的ストレッチングを 15 回×2 セット行い、求心性・遠心性の最大膝伸展・屈曲トルクともに有意に高くなったとしている。一方で、Beedle²⁸⁾らは上肢・下肢の対角線上のスウィングを 15 回×3 セット行い、ベンチプレスおよびレッグプレスの 1RM に変化はなかったと報告している。また、Herda ら²⁹⁾はハムストリングスの動的ストレッチングを 12～15 回（30 秒間）×4 セット行い、等尺性最大膝屈曲トルクに変化はなかったとし、Papadopoulos ら³⁰⁾も大腿四頭筋とハムストリングスの動的ストレッチングを 15 回×6 セット行い、等速性求心性膝伸展・屈曲トルクともに変化はなかったと報告している。このように、動的ストレッチングがトルク値に及ぼす影響については賛否両論あるが、山口ら²⁵⁾は動的ストレッチング後に筋トルク値の向上を認めなかった研究では 45～90 回（15 回×3～6 セット）と動的ストレッチングの量が多かったことから、10～30 回（10～15 回×1～2 セット）が適切であると推奨している。本研究における筋再教育運動の実施回数も 40 回と多い方に分類され、そのため筋再教育運動が相反抑制として拮抗筋に抑制的に働き、MFR - quad 群では屈曲トルク値の、MFR - ham 群では伸展トルク値の有意な改善を示さなかった可能性がある。

本研究では、ハムストリングスを覆う深筋膜にのみ MFR を施行しており、他部位の筋膜の影響を考慮していない点が限界と考える。筋膜は全身を覆う、連続した組織である¹⁾。そのため、ハムストリングスの短縮の原因がハムストリングス（大腿後面）の筋外膜の高密度化によるものだけでなく、その近位部である殿部あるいは遠位部である下腿後面の高密度化によるものである可能性がある⁷⁾。

また、Ichikawa ら²¹⁾により MFR の即時的な深筋膜の移動距離の改善は超音波画像により証明されているが、今回は持続的に深筋膜の移動距離が改善していたのか、また深筋膜の移動距離と伸張性・トルク値との関連性については不明である。

筋膜の連続を考慮した介入方法や、深筋膜の移動距離の経時的な変化および深筋膜の移動距離と伸張性等の身体機能との関係については今後の課題であると考ええる。

今回の結果より、MFR は既存の高密度化を解消し筋膜を整えるための治療手段の 1 つに過ぎず、他の運動療法と併用することでその効果は増大・持続し、身体の機能異常の解消・二次的合併症の予防・再発の予防に繋がるといえる。その 1 例として、MFR を行い高密度化を解消した筋に対する筋再教育運動の実施が有効であると

考える.

引用文献

- 1) Stecco L, Stecco C : 筋膜マニピュレーション実践編. 竹井仁 (訳), 医歯薬出版, 東京, 2011, pp vi-15 .
- 2) 竹井仁 : 筋膜リリース 系統別・治療手技の展開改訂第3版. 竹井仁・他編, 協同医書出版社, 東京, 2014, pp138-158.
- 3) Stecco C, Stern R, Porzonato A, et al. : Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surg Radiol Anat*, 2011, 33 (10) : 891-896.
- 4) Stecco C, Porzionato A, Lancerotto L, et al. : Histological study of the deep fasciae of the limbs. *J Bodyw Mov Ther*, 2008, 12 (3) : 225- 230.
- 5) McCombe D, Brown T, Slavin J, et al. : The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery. *J Hand Surg Br*, 2001, 26 (2) : 89-97.
- 6) Matteini P, Dei L, Carretti E, et al. : Structural behavior of highly concentrated hyaluronan. *Biomacromolecules*, 2009, 10 (6) : 1516-1522.
- 7) Stecco L : 筋膜マニピュレーション理論編. 竹井仁 (訳), 医歯薬出版, 東京, 2011, pp2-20.
- 8) Lundborg G, Dahlin LB : Anatomy, function, and pathophysiology of peripheral nerves and nerve compression. *Hand Clin*, 1996, 12 (2) : 185-193.
- 9) LeBauer A, Brtalik R, Stowe K : The effect of myofascial release (MFR) on an adult with idiopathic scoliosis. *J Bodyw Mov Ther*, 2008, 12 (4) : 356-363.
- 10) Barnes JF : Myofascial release in treatment of thoracic outlet syndrome. *J Bodyw Mov Ther*, 1996, 1 (1) : 53-57.
- 11) Ajimsha MS, Daniel B, Chithra S : Effectiveness of myofascial release in the management of chronic low back pain in nursing professionals. *J Bodyw Mov Ther*, 2014, 18 (2) : 273-281.
- 12) Marszałek S, Zebryk-Stopa A, Kraśny J, et al. : Estimation of influence of myofascial release techniques on esophageal pressure in patients after total laryngectomy. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2009, 266 (8) : 1305-1308.
- 13) 勝又泰貴, 竹井仁, 美崎定也・他 : 筋膜リリースの持続効果—即時効果と持続時間に関する検討—. 徒手理学療法, 2010, 10 (2) : 39-44.
- 14) Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ : The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *J Physiol*, 1966, 184(1) : 170-192.
- 15) 勝又泰貴, 竹井仁, 美崎定也・他 : 筋膜リリースの持続効果に対する検討 (第一報). 日本理学療法学術大会, 2011.
- 16) 勝又泰貴, 竹井仁, 若尾和昭・他 : 筋膜リリースを施行した筋に対する筋再教育の影響. 徒手理学療法, 2013, 13 (2) : 39-45.
- 17) 竹井仁 : メディカルトレーニングセラピー 系統別・治療手技の展開改訂第3版. 竹井仁・他編, 協同医書出版社, 東京, 2014, pp480-500.
- 18) Kendall FP, McCreary EK, Provance PG : Muscle Testing and Function, 4th ed. , Williams & Wilkins, Baltimore, 1993, pp38-48.
- 19) 中俣修, 堀川博代, 池田由美・他 : 骨盤・下肢固定による伸展下肢挙上テスト測定角度への影響. 東京保健科学学会誌, 1998, 1 (1) : 63-65.
- 20) Idota H, Yoshida T : Clinical Significance of the Straight-Leg-Raising Test : *J Jpn Orthop Assoc*, 1991, 65 (11) : 1035-1044.

- [illegible]