

# 下腿後面の筋膜マニピュレーションが 腓腹筋の伸長性・筋膜滑走特性・足関節可動性に及ぼす影響

## The effect of fascial manipulation on the calf on gastrocnemius extensibility, superficial fascia sliding and mobility of the ankle joint

身体運動科学研究領域

5022A022-7 祁答院 久史

研究指導教員：川上 泰雄 教授

### 【緒言】

筋膜は骨格筋を包んでその構造を支持する膜状の結合組織であり、浅筋膜と深筋膜の2層に分かれている。骨格筋と密接している深筋膜は、筋の活動によって選択的に変形する性質をもっている (Findley et al., 2012)。伸長・収縮時において深筋膜に接する骨格筋には筋の走行沿って滑る動きが生じており、筋膜滑走と呼ばれている (Stecco et al., 2015)。また、筋・筋膜間には疎性結合組織が存在しており、筋膜滑走に関連する (Stecco, 2015; Stecco, 2011)。また、疎性結合組織にはチキソトロピー (揺変性) と呼ばれる性質があり、温度上昇や振動刺激に反応して粘弾性が低下する (Lakie et al., 1988)。疎性結合組織の粘弾性が低下した場合、筋膜を構成するコラーゲン線維や筋・筋膜間の可動性が向上するといわれる (Stecco, 2015)。

筋膜マニピュレーション (MFM) とは、特定の筋に対して徒手または機器による様々な方向への力学的刺激を加える手法である (竹井, 2001)。下腿後面への MFM に関する報告において、下腿三頭筋の筋硬度を変化させることなく足関節 ROM を増加させることが示されている (Ikeda et al., 2019)。MFM が関節可動性増加をもたらす要因として、筋の伸長性増加と筋膜滑走の変化であることが言説として述べられている (竹井, 2001)。しかし、MFM がもたらす筋の伸長性への影響について、介入後の筋束長に変化はなかったとの報告がある (Yoshimura et al., 2020)。一方で、筋膜の動きについて定量的に測定した研究では、足関節背屈時の深筋膜が遠位方向に移動したと報告されているが (Wilke et al., 2020)、下層の筋との間の滑走については着目されていない。そのため、MFM による筋膜滑走の変化については示されておらず、MFM が筋膜滑走の変化をもたらすかどうかについて明らかになっていない。また、MFM を構成する力学的刺激について、筋の走行に対して長軸または内外側方向の剪断刺激と圧迫刺激が存在する (勝又ら, 2017; Boehme, 1996)。しかし、剪断刺激と圧迫刺激のそれぞれがもたらす、関節可動性への貢献度については明らかでない。

以上のことを踏まえ、本研究の目的として、MFM がもたらすとされる筋の伸長性変化と筋膜滑走の変化をあわせて定量化し、関節可動性増加との関連性を検証することである。先行研究の知見を踏

まえ、圧迫刺激ではなく剪断刺激の影響によって筋の伸長性と筋膜滑走が増加し、関節可動性が高まるといった仮説を立てた。さらに、筋の伸長方向に沿って行う長軸方向への剪断刺激は、内外側方向への剪断刺激よりも関節可動性増加に効果的であったと仮説を立てた。

### 【方法】

健常な一般成人男性 10 名 (年齢: 23.5±2.1 歳, 身長: 172.0±4.9cm, 66.7±10.3kg) とした。すべての対象者に対し、下腿後面を対象とした長軸方向への剪断刺激+圧迫刺激 (MFM-L)、内外側方向への剪断刺激+圧迫刺激 (MFM-T)、圧迫刺激のみ (MFM-C)、介入なし (CON) の 4 条件を実施した。各 MFM 条件では、腹臥位・安静状態の対象者の下腿後面の軟部組織 (腓腹筋内側頭を中心とする筋腹部) に対して、作業療法士の有資格者が徒手による介入を 5 分間行った。圧力センサを両手手掌の小指球部 (豆状骨直上) に貼付した。圧力は先行研究の知見を参考にして 18-30mmHg の範囲内で維持した (相野ら, 2020)。MFM 実施前後において、腹臥位および膝関節完全伸展位にて等速性ダイナモメーターを用いて足関節最大受動背屈角度 (ROM) と足関節受動底屈トルクの最大値を測定した。筋束および深筋膜の変位を定量化するため、腓腹筋内側頭の筋腹に超音波プローブを固定して超音波 B モード画像を撮影した。さらに、撮影した動画から PF30° と DF20° 時における筋厚、羽状角、筋束長、筋膜移動距離、浅・深部筋束移動距離、筋膜滑走距離を測定した。統計処理について、条件内比較では繰り返しのある 2 元配置分散分析 [時間 (PRE・POST) × 介入条件] を行い、有意な相互作用・主効果が認められた場合は、対応のある t 検定による PRE と POST の比較を行った。また、PRE と POST に有意差が認められた項目について変化量を算出し、1 元配置分散分析による条件間の多重比較を行った。いずれも危険率 5% 未満を持って統計的に有意とした。

### 【結果】

MFM-L、MFM-T において、POST で ROM の有意な増加と、受動底屈トルクの有意な低下が認められた (図 1)。また、受動底屈トルクにおける PRE と POST の変化量について、各条件間での比較を行った結果、剪断刺激を加えた条件 (MFM-L、MFM-T) と剪断刺激を加えていない条件 (MFM-C、CON) との間に有意差が認められた。

筋束長は、MFM-L、MFM-T の DF20°において POST で有意に増加した(図2)。筋束長の変化量は MFM-L と MFM-C、MFM-L と CON の間に有意差が認められた。深部筋束移動距離はいずれの条件において有意な変化が認められなかったのに対し、浅部筋束移動距離は MFM-L と MFM-T において POST で有意な増加が認められた。また、POST の測定における深筋膜の平均変位データを算出した結果、MFM-L において遠位方向への変位が最も小さい傾向にあった(図3)。

### 【考察】

MFM-L と MFM-T において ROM 増加と受動底屈トルク低下が認められた。これは MFM が関節可動性に及ぼす影響について示した先行研究と同様の結果であった(Ikeda et al., 2019; Behara et al., 2015)。また、MFM-C において有意な変化がなかったことから、MFM による関節可動性増加への効果は、主に剪断刺激の影響を受けていることが考えられ、仮説を支持する結果となった。しかし、MFM-L と MFM-T では ROM および受動底屈トルクの変化量に条件間の有意差が認められず、仮説とは異なる結果となった。その要因として、両者の筋束長および筋膜滑走距離の変化量に差異がなかったことによる可能性が推測された。

MFM-L と MFM-T において DF20°時の筋束長が有意に増加した。剪断刺激が筋束長増加をもたらした要因として、剪断刺激が腓腹筋の筋スティフネスを低下させたことによる可能性が示唆された。先行研究において、足関節背屈の静的ストレッチング後に筋スティフネスが低下し、同一足関節角度における筋束長が増加したことを報告している(Fowles et al., 2000)。本研究では徒手により皮膚上から腓腹筋筋腹部を両手で伸ばすようにして5分間維持した。そのため、ストレッチングと同様に筋腹部には持続的な伸長刺激が加えられていたことが推察された。筋腹部への剪断刺激を加えたことにより、ストレッチングと同様に筋スティフネスが低下し、それに伴い筋束長が増加したのではないかと考察した。また、筋束長が増加した MFM-L と MFM-T において ROM 増加と受動底屈トルク減少が生じている。受動トルク低下とともに腓腹筋の筋腹部長の増加が示された報告を踏まえると(Nakamura et al., 2012)、筋腹部の伸長性増加により足関節可動性の増加が生じた可能性が示唆された。

MFM-L と MFM-T において、介入後に筋膜滑走距離が増加した。これは、剪断刺激が筋膜滑走を増加させるという仮説を支持する結果であった。筋膜滑走距離の増加が生じた要因として、深筋膜と筋腹部における並列弾性要素の変化が考えられた。剪断刺激によってチキソトロピーの性質を持つ深筋膜と筋の間に存在する疎性結合組織の粘弾性を低下させたことが、筋膜滑走距離の増加に影響したと考えられた。遠位筋束移動距離はいずれの条件においても有意な

変化が認められなかった一方で、浅部筋束移動距離は MFM-L と MFM-T において近位方向への有意な増加が認められた。しかし、腓腹筋の筋束および筋・腱移行部は遠位方向に移動することが先行研究で示されており(Nakamura et al., 2012)、本研究はそれに反する結果となった。その要因として、MFM によって下腿後面の皮膚の伸長性増加が生じ、それに伴い超音波プローブ自体が遠位方向に変位したことによる影響の可能性が推測された。超音波プローブの変位は、深筋膜移動距離および筋膜滑走距離の測定にも影響した可能性が考えられたため、測定した深筋膜移動距離と筋膜滑走距離の結果は、皮膚の牽引による超音波プローブの変位を考慮した上で更なる検証が必要であることが示唆された。

結論として、MFM-L と MFM-T では ROM 増加と受動底屈トルク低下が認められたことから、関節可動性の変化は剪断刺激の影響を受けていることが明らかになった。また、MFM-L と MFM-T における ROM および受動底屈トルクの変化量に有意差が認められなかったことから、長軸方向および内外側方向への剪断刺激において、関節可動性増加の効果に差異がないことが明らかになった。さらに、MFM-L と MFM-T において、筋束長と筋膜滑走距離が有意に増加したことから、剪断刺激は筋の伸長性と筋膜滑走を増加させることが示された。

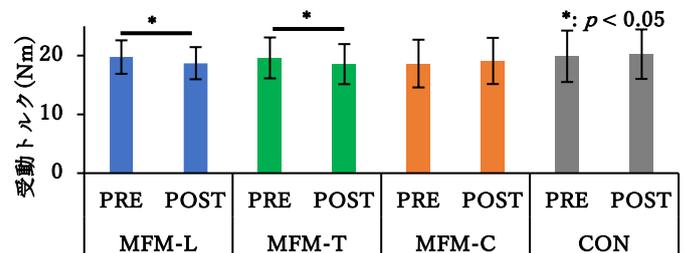


図1. 介入前後での受動底屈トルク

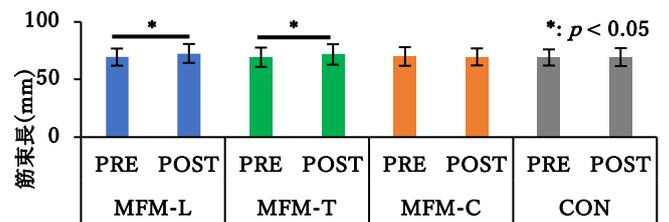


図2. 介入前後での足関節背屈 20°時の筋束長

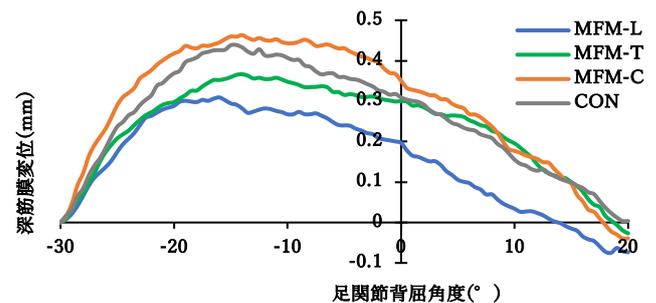


図3. POST の測定における深筋膜の平均変位データ