

<膝関節伸展動作が腓腹筋内側頭およびヒラメ筋の腱組織動態に及ぼす影響>

身体運動科学研究領域

5009A071-7 平田 浩祐

研究指導教員：川上 泰雄 教授

第 1 章 緒論

下腿三頭筋は腓腹筋内側頭 (MG), 外側頭 (LG), ヒラメ筋 (SOL) からなる足関節底屈筋である。下腿三頭筋各筋の構造や組成には様々な協働筋間差が報告されている。また超音波法により, 各筋が付着する腱膜の安静時や筋収縮時における動態を観察した研究も多くなされている。

近年, MG と SOL の腱膜動態を観察した研究において, 各筋の特性の違いや筋電図活動から予想される腱組織の伸長と実際の腱組織動態に違いがみられることが報告されている (Oda et al., 2007, Chino et al., 2008, Mitsukawa et al., 2010)。動物実験により, 筋が周囲に存在する結合組織や筋膜などの物理的な結合により筋張力が自身の腱以外に伝達され, 発揮される腱張力に影響を与えることや隣接する筋との相対位置変化が主働筋の張力に影響を与えることが知られている (Huijing and Baan, 2001, 2003)。そのためヒト生体においても周囲に存在する組織が筋や腱の長さ変化に影響を与える可能性が考えられる。

MG と SOL は共有腱であるアキレス腱を有しているため, 足関節動作により各筋の腱膜動態を個別に検討することは難しい。SOL は足関節のみに跨る単関節筋, MG は膝関節にも跨る二関節筋であるから, 膝関節の屈曲伸展動作を用いることにより MG の筋腱複合体のみを変化させることができると考えられる。また, MG と SOL を含む周囲の組織との相対位置変化や筋活動の有無が筋腱動態に影響を与える

可能性がある。そこで本研究は, 膝関節伸展動作が, MG および SOL の腱膜動態を検討することを目的とした。

第 2 章 下肢筋群安静時における膝関節伸展動作が腓腹筋内側頭およびヒラメ筋の腱膜動態に及ぼす影響

【目的】 動物実験での先行研究により筋長変化や周囲の組織との相対位置変化が筋や腱に影響を及ぼすことが報告されている (Huijing and Baan, 2001)。そのため, 膝関節伸展動作を用いた MG および SOL の相対位置変化が各筋の腱膜動態に与える影響を検討することを目的とした。

【方法】 被験者は健康な成人男性 7 名 (年齢: 24.6 ± 1.0 歳, 身長: 173.9 ± 4.6 cm, 体重: 61.9 ± 4.5 kg) とした。下肢筋群安静時での膝関節伸展動作を 2 つの足関節角度 (解剖学的正位, 底屈 20 度) にておこなわせた。試行中の MG の深部腱膜および SOL の後部腱膜を MG の筋腹部位, MG の筋腱移行部 (MTJ) 位置の 2 箇所において超音波装置により撮像した。筋電図は MG, LG, SOL および前脛骨筋より導出した。筋力計により足関節トルクを測定した。また, 外果, 大腿骨外側顆および大腿骨外側顆と大転子の中点に貼付した反射マーカーから動作中の膝関節角度を算出し, 全ての被験者に共通した膝関節角度 20 度 (伸展位) と 80 度 (屈曲位) での測定データを分析した。

【結果および考察】 試行中の腱膜の変位は足関節角度の影響を受けなかった。筋腹位置にお

いて MG が SOL より有意な伸長を示し、SOL には変位がみられなかった。MTJ 位置においては MG、SOL ともに変位がみられなかった。足関節角度変化により MG の外部腱長変化が生じる (De Monte et al., 2006) が、膝関節伸展動作による MTJ 位置で MG に変位が認められなかったことから膝関節伸展動作により MG の外部腱は伸長しないことが分かった。これは MG の外部腱の腱膜部位と SOL の腱膜が結合組織により結合しており腱長変化が生じなかった可能性を示唆した。筋腹位置において MG の腱膜は膝関節の伸展による筋腱複合体長の変化に対しわずかな変位であった。このことから、Bojsen-Møller et al. (2010) の結果と同様に、筋腹位置においても周囲の組織との結合による影響が考えられた。

第 3 章 足関節底屈筋群の活動の有無が膝関節伸展動作による腓腹筋内側頭およびヒラメ筋の腱膜動態に及ぼす影響

【目的】 先行研究に挙げられている MG と SOL の予想に反する腱膜動態は力発揮時におけるものであった。また、筋収縮が周囲の組織に張力や長さ変化を生じさせることが報告されている。そこで、筋活動の有無が膝関節伸展動作による MG と SOL の腱膜動態に及ぼす影響を検討することを目的とした。

【方法】 第 2 章の実験設定において、足部の条件のみを変化させた。足部の条件は、足関節解剖学的正位において、足関節底屈筋群を活動させない状態 (Passive 条件) および膝関節完全伸展位、足関節解剖学的正位での最大随意による等尺性足関節底屈トルクの 20% を発揮した状態 (Active 条件) の 2 種類とした。

【結果および考察】 MG の筋電図活動は屈曲位に対し伸展位で有意に高い値を示し、SOL は屈曲位に対し伸展位で有意に低い値を示した。試行中の腱膜の変位は筋活動の有無による影

響を受けなかった。筋腹位置において MG が SOL より有意な伸長を示し、SOL には変位がみられなかった。MTJ 位置においては MG、SOL ともに短縮がみられた。Active 試行において、屈曲位と伸展位で MG および SOL の筋活動が異なったにもかかわらず MTJ 位置において筋間に差はみられなかった。これは第 2 章同様、MG の外部腱と SOL の腱膜が結合していることを示唆している。また、筋腹位置において SOL の筋活動が低下したにもかかわらず腱膜の短縮はみられなかったことから、筋腹位置においても周囲の組織との結合による影響が考えられた。

第 4 章 総括論議

足関節角度、筋活動の有無の影響を受けず MG の MTJ 位置において MG と SOL の腱膜は類似した動態を示し、筋腹位置においては筋間差がみられたものの筋腱複合体長変化や筋活動から推察された腱膜動態とは異なるものであった。Bojsen-Møller et al. (2004) は MG の筋腹位置において、MG および SOL の腱膜間に結合組織はみられなかったが、遠位になるほど結合組織の付着がみられるとしている。このことから、MTJ 以遠では筋間の結合組織が腱膜動態に影響を及ぼしていると考えられる。筋腹位置においては筋間の結合組織による影響は少ないことから、筋膜や筋区面膜などが腱膜動態に影響を与えたと考えられる。

下腿三頭筋の筋腱複合体には共調現象が存在し、これは隣接する腓腹筋およびヒラメ筋の腱動態に影響を与えることが明らかになった。また、その影響には部位差があることが示唆された。さらに、この部位差は、両筋の周囲に存在する組織による、筋間の解剖学的な結合の強さの違いによるものと考えられた。