

博士（人間科学）学位論文 概要書

**Architectural and functional properties of
the semitendinosus muscle in the hamstring muscles**

ハムストリングスにおける半腱様筋の構造的
および機能的意義に関する研究

2008年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

久保田 潤

Kubota, Jun

研究指導教員： 福林 徹 教授

本論文の概要

これまで、筋の形態や機能に関する基礎的研究は数多く行われており、スポーツ現場での外傷発生のメカニズムやその予防、受傷後のリハビリテーションといったスポーツ整形外科学分野に対して大きく貢献している。特に外傷発生メカニズムを十分に理解するにあたり、骨格筋固有の形態的および機能的特徴に関する知見を得ることは重要であると言える。

大腿部後面に位置するハムストリングスは、繰り返し強大な筋力を出力することにより高いパフォーマンス発揮に大きく関与しており、スポーツ活動において非常に重要な筋群である (Koulouris and Connell 2006)。その反面、ダッシュやジャンプ、キックなどの動作中に外傷、特に肉離れの発生頻度が高いことが知られている (Kujala et al. 1997; Gabbe et al. 2002)。先行研究では外傷の初発および再発の予防の重要性を示唆している報告が多い。しかし、ハムストリングス各筋の解剖学的・機能的特徴は十分に明らかになっていない。

ハムストリングスの中でも半腱様筋は非常に興味深い形態的特徴を有している。大腿二頭筋長頭、半膜様筋とともに二関節筋ではあるものの、半腱様筋のみ紡錘状筋である。さらに筋腹には腱画と呼ばれる腱状組織が存在し、筋を二分している。さらに二分される近位部・遠位部はそれぞれ別の神経枝によって支配されている (Woodley and Mercer 2005)。しかし、ヒトの半腱様筋が有する機能的特徴、さらには半腱様筋の形態と機能との関係について不明な点が多い。

近年、核磁気共鳴画像 (MRI) や超音波、筋電図といった測定機器の改良によって、骨格筋の形態および機能について多角的かつ詳細な検討が可能となり、非一様な筋収縮動態が報告されている (Pappas et al. 2002; Kinugasa et al. 2006)。また、このような手法・機材を用いることによって獲得された骨格筋に関する詳細な情報は、臨床現場への応用にとって非常に重要なものとなる。

以上より、半腱様筋の形態的および機能的特徴を定量的に評価することは、筋固有の特徴といった基礎的知見の獲得だけでなく、外傷発生のメカニズムやその予防といった臨床現場への応用につながるものと思われる。そこで本研究は、MRI や筋電図、超音波といった機材を用いて半腱様筋の形態や機能の評価することを目的とした。さらに、ハムストリングスにおける半腱様筋の機能的意義について検討した。

第一の実験では、膝関節屈曲筋群に対する伸張性収縮運動後にハムストリングス各筋の断面積や T2 値がどのように変化をするのか検討した。その結果、運動前と比べて 2 日後

以降に半腱様筋の近位部および中央部の断面積は増大した。また、T2 値は運動直後に大腿二頭筋長頭・短頭および半腱様筋で増大するものの、半腱様筋のみ 3 日後以降においても大きく増大した状態が続いた。さらに、半腱様筋の近位部および中央部は遠位部と比べて T2 値が増大した。この結果、半腱様筋内において伸張性運動の前後での断面積および T2 値の変化に部位差が生じ、腱画付近で大きく変化することが示された。

第二の実験では、半腱様筋の近位部および遠位部にワイヤ電極を挿入し、股関節および膝関節の角度を変えた 4 肢位において、半腱様筋各部位の神経筋活動がどのような動態を示すか検討した。その結果、最大筋力発揮時の筋活動は筋の長さに依存して変化し、筋が伸長した状態（股関節 90 度屈曲位、膝関節 0 度位）では他の肢位と比べて小さい筋活動が示された。また、筋が伸長した状態および短縮した状態（股関節 0 度位、膝関節 90 度屈曲位）において近位部と遠位部とで筋活動に差異が生じた。

第三の実験では、超音波断層装置を用いて膝関節等尺性収縮時の腱画の形状変化を観察することにより、半腱様筋がどのような収縮動態（筋線維収縮、筋厚増大）を示すのか検討した。その結果、中央層と比べて表層の方が移動量が大きく、表層と中央層で筋線維の短縮動態が異なることが示された。また浅層、中央層では筋厚は増大するものの、深層では筋厚は増大せず、半腱様筋内の各層で筋厚の増大の程度が異なり、半腱様筋の収縮動態は筋内で一様ではないことが示された。

以上の実験結果より、半腱様筋内に見られた運動負荷に対する反応の部位差は、筋腹に位置し筋を二分する腱画の存在と関係していることが考えられる。また、神経筋活動の部位差は、腱画を挟んで近位部と遠位部とで異なる神経枝が支配しており、肢位によって異なる活動動態をとる可能性が示され、筋の機械的な短所を補うための機能であることが示唆された。

半腱様筋の筋腹付近に見られた筋の長軸方向および短軸方向への収縮動態の非一様性が認められた。半腱様筋は異なる三点から始まっており、筋の遠位部には深部腱膜を有している紡錘状筋であることを考えると、腱画の機能として半腱様筋の収縮時に筋束間のひずみを緩衝し、発揮筋力の伝達効率を高めていることが考えられる。半腱様筋の筋腹に腱画が“V 字状”に存在することによって、筋内に存在する半腱様筋の構造的・機能的短所を補間し、筋収縮時において筋線維配列の不均一性を助長させない役割を担い、発揮筋力の伝達効率を高めていることが示唆された。

本研究よりハムストリングスにおける半腱様筋固有の形態的および機能的特徴を示した。得られた知見がハムストリングスの外傷発生メカニズムの解明および予防法の確立といった臨床応用のための 基礎的知見となることが期待される。