

上腕三頭筋腱の力学的特性の規定因子とそのトレーニング効果

宮本直和¹ 村田浩一郎² 杉崎範英¹ 若原 卓¹ 金久博昭³ 福永哲夫⁴ 川上泰雄¹

(¹早稲田大学スポーツ科学学術院, ²早稲田大学スポーツ科学研究センター,

³東京大学大学院総合文化研究科, ⁴鹿屋体育大学)

Factors Affecting Mechanical Properties of Triceps Brachii Tendon and Their Trainability

Naokazu Miyamoto¹, Koichiro Murata², Norihide Sugisaki¹, Taku Wakahara¹

Hiroaki Kanehisa³, Tetsuo Fukunaga⁴ and Yasuo Kawakami¹

(¹Faculty of Sport Sciences, Waseda University, ²Waseda University Sport Science Research Center

³Department of Life Sciences, University of Tokyo, ⁴National Institute of Fitness and Sports in Kanoya)

【目的】 腱は、筋と骨を結合させる非収縮組織であり、弾性を有する。腱弾性を表す指標の一つにスティフネスがある。スティフネスは、女性よりも男性が、一般人よりも長距離走者が高値を示すように、個人差の存在が確認されている。スティフネスは、腱の太さ（腱断面積）や長さ（腱長）および材質（ヤング率）といった物理因子によって規定され、スティフネスの個人差はこれら物理因子の個人差によるものと予想される。横断的に腱の形態および力学的特性を調べた先行研究では、鍛錬者の腱断面積は非鍛錬者のそれよりも大きいものの、腱長やヤング率には差がないと報告されている。このことと、筋腱複合体の生理学的背景を併せて考えると、鍛錬者が実施していたトレーニングによって腱に与えられたメカニカルな刺激が、物理因子のうちの腱断面積を増加させた可能性が考えられる。しかし、実際に短期的なトレーニングを実施させた場合、腱断面積が増加したという報告は1例に留まり、トレーニングの効果は明らかとなっていない。

そこで本研究では、まず上腕三頭筋腱のスティフネスを定量し、その個人差に関与する因子について検討し、その後、レジスタンストレーニングが上腕三頭筋腱に及ぼす影響について検討することを目的とした。

【結果と考察】 研究1では、等尺性肘関節伸展筋力発揮中の上腕三頭筋外側頭筋腱移行部の移動距離を、超音波法を用いて計測し、上腕三頭筋外側頭が発揮した張力と腱伸長の関係から、上腕三頭筋腱のスティフネスを定量した。その結果、上腕三頭筋腱の力学的特性の測定は、反復測定間および測定日間において、いずれも高い再現性を有することが確認された。上腕三頭筋腱のスティフネス (83 N/mm) は、先行研究において報告されている腓腹筋腱 (87 N/mm, Magnusson et al. 2001) とほぼ同程度であった。また、スティフネスには大きな個人差がみられた (CV=26%)。さらに、上腕三頭筋腱のスティフネスとそれを規定すると考えられる腱断面積と腱長およびヤング率との関係性を調べることで、スティフネスの個人差に関与する因子について検討した。その結果、

スティフネスと腱断面積 ($r=0.52$, $p<0.05$) およびヤング率 ($r=0.59$, $p<0.01$) との間に有意な正の相関関係が認められたことから、スティフネスの個人差に関与する物理因子は、腱の長さ（腱長）ではなく、太さ（腱断面積）と材質（ヤング率）であることが示された。スティフネスの個人差に関与する因子のうち腱断面積は、筋体積および最大筋力と有意な正の相関関係を示した。このことから、トレーニングによって筋体積および最大筋力を増加させた場合、腱断面積が増加すると推察された。

研究2では、12週間の肘関節伸展レジスタンストレーニングが上腕三頭筋腱に及ぼす影響について検討した。その結果、トレーニング後の上腕三頭筋体積は平均33%、肘関節伸展最大筋力は16%の有意な増加を示した。しかし、腱においては、張力の増加に伴って腱伸長が増加したものの、スティフネスは変化せず、それを規定する物理因子である腱断面積、腱長、ヤング率のいずれも変化しなかった。このことは、筋体積や最大筋力の増加が、腱形態や力学的特性の変化に関与しているわけではない可能性が示された。

本研究の結果、スティフネスは腱断面積およびヤング率との間で有意な正の相関関係を示した。このことから、スティフネスの個人差に関与する、スティフネスを規定する物理因子は、腱の太さ（腱断面積）と材質（ヤング率）のであると考えられた。本研究で実施した、肘関節伸展レジスタンストレーニングは、上腕三頭筋の肥大を生じさせ、肘関節伸展最大筋力および上腕三頭筋腱伸長を増加させた。しかし、先行研究で報告されているような、トレーニング後のスティフネスの増加はみられず、腱の太さ（腱断面積）や長さ（腱長）および材質（ヤング率）にも変化はみられなかった。このことは、本研究における短期的なトレーニングは、劇的に筋を肥大させたものの、スティフネスおよびそれを規定する物理因子を変化させなかったことから、筋体積や最大筋力の増加の程度は、必ずしも腱形態や力学的特性の変化に関与しないことを意味している。