

修士論文要旨

研究テーマ： 大腿四頭筋における筋内脂肪が筋の伸長による最大等尺性筋力の低下に与える影響について

学籍番号 2370013

氏 名 亀山 麻夏斗

研究指導教員 古川 公宣 教授

研究指導補助教員 _____

概 要

【背景・目的】

一般的に、筋力や筋機能の客観的な指標として、筋量や除脂肪筋量、筋内脂肪量などが用いられている。筋量は、筋線維間における脂肪組織も筋量に含まれるために、過大評価となる恐れがある¹⁾。また、除脂肪筋量は、筋量から脂肪量を引いた値を表すため、理論的には最も良い指標と考えられるが、高齢者における研究では、運動機能を中程度しか反映していないことが報告されている²⁾。一方、筋内脂肪量は、筋機能や移動能力の低下と最も強い関連があることが報告されている³⁾。

筋内脂肪は、筋束間もしくは筋線維間に沈着する非収縮組織と考えられており、筋収縮を阻害することが報告されている⁴⁾。この筋内脂肪量は、MRI で一般的に撮影される T1 強調画像で専用ソフトを用いて分析し、計測することが可能である。

青年男性を対象として肥満と筋力の関連性を調べた先行研究では、大腿四頭筋が短縮位となる膝関節屈曲 40°では、肥満者の膝伸展最大等尺性筋力は、非肥満者と比較して、25%有意に大きいものに対し、膝関節屈曲 80°では両群に有意な差は認めなかったと報告されている⁵⁾。すなわち、非肥満者では、膝関節屈曲 40°と比較して、膝関節屈曲 80°では膝伸展最大等尺性筋力が 1.3 倍に増加するのに対し、肥満者では 1.1 倍しか増加していない。また、BMI と筋内脂肪率には正の相関を認めることが、先行研究で報告されている⁶⁾ことから肥満者では、大腿四頭筋が伸長位であると筋内脂肪の影響で筋力の増加率が阻害されるものと推察されるが、筋内脂肪との関連性については明らかにされていない。

筋の長さ、すなわち筋の伸長と筋力の関係性を示した 2 次曲線のグラフに基づくと、膝関節屈曲角度が大きくなるほど大腿四頭筋が伸長され、膝関節屈曲角度が 60° から 90° で筋力は最大となり、筋の至適伸長角度を超えると最大筋力は低下する。先行研究⁵⁾を当てはめると、筋内脂肪が多い肥満者では、この 2 次曲線が左にシフトすることが原因で、膝関節屈曲 40°と比較して、膝関節屈曲 80°の最大筋力の増加率が低いことが考えられる。一方、大腿四頭筋の至適伸長を超える範囲において、筋内脂肪が多い人では、筋内脂肪が少ない人と比較すると、筋内脂肪の影響によって最大筋力が低下しやすいのではないかと推測される。

本研究の目的は、大腿四頭筋及び各筋における筋内脂肪率と座位に対する腹臥位の膝伸展最大等尺性筋力の低下率の関係性を明らかにすることである。大腿四頭筋の中でも大腿直筋の筋内脂肪率が高いほど伸長位における最大等尺性筋力の低下率が大きいのではないかと仮説を立てた。

【対象・方法】

包含基準は、身体活動性を統一するため、1週間に1時間以上の運動をしない20～30歳代の健常男性の中から、BMIが19以下、20-22、23-24、25以上から5名ずつ計20名を募集し、右下肢を対象とした。除外基準は、下肢に外傷歴や手術歴の既往がある人とした。

筋力の測定は、ハンドヘルドダイナモメーターを用いて座位で膝関節屈曲90°、大腿直筋が伸長される腹臥位で股関節伸展10°膝関節屈曲90°及び大腿四頭筋がより伸長される膝関節屈曲130°の3肢位で膝伸展最大等尺性筋力の測定し、最高値を選択した。3肢位におけるそれぞれの最大値を、座位90°をS90、腹臥位90°をP90、腹臥位130°をP130とし、腓骨頭から外果までの長さに最大筋力を乗算して最大モーメント力(Nm)を算出し、体重(kg)で割って補正した。また、S90とP90及びP130の筋力差をS90で割り、S90に対するP90及びP130の低下率を算出した。

筋内脂肪の測定は、大転子頂部と腓骨頭を結んだ線の垂直二等分線を右大腿中央レベルとし、1.5T(テスラ)のMRIを用いてT1強調像の横断画像を撮影した。得られた画像においてMedical Image Processing, Analysis, and Visualization (MIPAV) softwareを使用して筋横断面積を算出した。次に、筋内脂肪の面積を分析し、筋内脂肪面積を筋横断面積で割り、筋内脂肪率を算出した。

統計学的解析は、P90及びP130の筋力低下率と大腿四頭筋および各筋の筋内脂肪率の関係性を調べるために、相関係数を用いて評価した。Shapiro-Wilk検定を用いてデータの正規性を検定し、正規分布している場合はPearson相関係数を、正規分布していない場合はSpearman相関係数を用いた。

【結果】

大腿四頭筋の筋内脂肪率が多いほど、P90すなわち、股関節伸展10°膝関節屈曲90°で行った伸長位膝伸展最大等尺性筋力が低下することが分かった($r = 0.483$, $P = 0.031$)。また、その低下率は特に大腿四頭筋の中でも、内側広筋の筋内脂肪率と最も強い相関関係($r = 0.651$, $P = 0.002$)があることが分かった。一方、さらに伸長位となるP130では、伸長による筋力の低下率と筋内脂肪率には相関関係がないことが分かった。

【考察】

本研究の結果から、仮説と反して大腿直筋よりも内側広筋の筋内脂肪率が、伸長による筋力低下と強い関係性があることが示された。山内らは、本研究で行ったP90における最大筋力発揮時の筋活動と筋内脂肪率との関係性を調べ、内側広筋の筋内脂肪率が高い程、内側広筋の筋活動が低いことを報告している⁷⁾。よって、股関節伸展10°膝関節屈曲90°の肢位で発揮される最大筋力は、内側広筋の筋内脂肪がその筋活動を下げたことで、最大筋力が低下したのではないかと推察される。また、仮説と反してP90よりもさらに伸長位となるP130の筋力低下率は筋内脂肪率と関係性は認めなかった。高橋らは、紡錘筋では、筋全体の伸長と筋束の伸長は、同程度に伸長されるのに対し、羽状筋においては、筋の伸長が強くなると、筋束の伸長が筋全体の伸長を下回り筋束長が短縮する、いわゆる、筋束の伸長抑制機構：ギアリング効果が発生することを報告している⁸⁾。大腿四頭筋は羽状筋であることから、P130のように筋の伸長が強すぎると筋内脂肪の量とは関係なく筋束長が短縮するため、筋力が低下するものと考えられる。

【文献】

- 1) Freilich RJ. Neuromuscul Disord.5:415/422.1995.
- 2) Wages NP. BMC Geriatr. Jul 28;20(1):255. 2020.
- 3) Lanza MB. Front Physiol.10;11:614415:10.3389/fphys.2020.
- 4) Biltz NK. J Physiol. Jul;598(13):2669-2683. 2020.
- 5) Maffiuletti NA. Eur J Appl Physiol.103(4):484-4.2008.
- 6) Murphy R. Am J Clin Nutr. May;99(5):1059-65. 2014.
- 7) Yamauchi K. Aug;58(2):548-556. 2023.
- 8) Takahashi K. Med Sci Sports Exerc. Nov 1;55(11):2035-2044. 2023.