

主論文の要旨

**Differences in the mass and quality of the quadriceps
with age and sex and their relationships with knee
extension strength**

〔 大腿四頭筋の筋量と筋質の年齢および性別による違いと
膝伸展筋力との関係 〕

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻
運動・形態外科学講座 整形外科学分野

(指導：今釜 史郎 教授)

水野 隆文

【緒言】

近年、サルコペニア診断のパラメータとして、筋量のみならず筋質も重要視されつつある。骨格筋の質的な変化は、筋細胞内脂肪、筋内脂肪、筋間脂肪や筋の線維化、速筋繊維のサイズ減少などが原因とされる。筋質の評価方法の一つとしてコンピュータ断層撮影(CT)が提案されており、CT値(CTV)を利用した筋肉の脂肪浸潤の定量化が試みられてきた。また、大腿四頭筋は加齢により筋量が著しく減少するとされ、サルコペニアに強く関連する重要な筋肉の一つであるが、その筋量や筋質についてのデータは不足している。本研究では、一般住民における大腿中央部CTデータを用いて、大腿四頭筋の筋量・筋質の年齢・性別による違いと、膝伸展筋力との関係性を評価した。

【対象および方法】

国立長寿医療研究センター・老化に関する長期縦断疫学研究(NILS-LSA)の第七次調査のうち2012年2月～7月の参加者である日本人520名(男性273名、女性247名、平均年齢63.1歳40～91歳)を対象とした。右大腿中央部CTデータを撮影・解析し、筋量は筋肉の横断面積(CSA)を、筋質はCTVを用いて評価した。大腿四頭筋の4つの構成筋(大腿直筋、内側広筋、外側広筋、中間広筋)と大腿四頭筋合計(4つの構成筋の合計値)、筋間脂肪組織(CSAのみ評価)、大腿四頭筋全体(大腿四頭筋合計+筋間脂肪組織)について(Fig. 1)、5つの年代と性別で層別化しCT計測値の統計量を記述し、年代差・性差については背景因子を調整した一般線形モデルを用いて検証した。また年齢とCT計測値の関係を詳細に評価するために、性別・構成筋毎に一次式と二次式の適合性を検証した。参加者520名のうち472名(男性254名、女性218名、平均年齢62.3歳40～89歳)で等尺性膝伸展筋力が測定された。膝伸展筋力とCT計測値との関係の評価のために年齢を調整した重回帰分析を行った。統計解析はSAS ver.9.3(SAS Institute, NC, USA)を用いて行い、 $p < 0.05$ を統計学的に有意差ありとした。

【結果】

CT計測値と年齢・性別についての解析では、大腿直筋CTVを除いて、男性は女性よりも高い平均値を示した(大腿直筋CTV、 $p=0.402$ 、筋間脂肪組織CSA、 $p=0.035$ 、その他、 $p < 0.001$)。いずれの筋肉のCSAとCTVは高齢になると減少するトレンドを示した(男性： $p < 0.001$ 、女性：内側広筋CTV、 $p=0.004$ 、その他、 $p < 0.001$) (Table 1)。筋間脂肪組織CSAはいかなるトレンドも示さなかったが(男性： $p=0.938$ 、女性： $p=0.139$)、大腿四頭筋全体の中で筋間脂肪組織が占める割合は高齢になると男女共に増加するトレンドを示した($p < 0.001$)。男性は大腿四頭筋全体CSA($p=0.016$)、大腿四頭筋合計CSA($p=0.021$)、内側広筋CSA($p=0.010$)と外側広筋CSA($p=0.038$)と全てのCTV(大腿直筋、 $p=0.044$ 、その他、 $p < 0.001$)は高齢になると二次関数的に低下した(Fig. 2、3)。女性の大腿直筋CTVは下に凸の二次式となり($p=0.031$)、その他は全て直線的に低下した(いずれも $p < 0.001$)。Body Mass Index、病歴、喫煙、アルコール摂取量、摂取カロリー量、身体活動量を調整した一般線形モデルでは筋間脂肪組織CSAを除く全ての計

測値で年代の主効果を認めた(筋間脂肪組織 CSA、 $p=0.651$ 、その他、 $p<0.001$) (Table 2)。全ての計測値で性別の主効果(大腿直筋 CTV、 $p=0.005$ 、その他、 $p<0.001$)を認めた。大腿直筋 CTV($p=0.002$)、外側広筋 CTV($p=0.029$)、中間広筋 CTV($p=0.036$)、大腿四頭筋全体 CTV($p=0.008$)、大腿四頭筋合計 CTV($p=0.006$)は性別と年代の交互作用を認めた。交互作用を認める計測値における男女同年代間の post-hoc 検定では、外側広筋 CTV と大腿四頭筋全体・合計 CTV は 40 代-70 代では性差を認めたが、80 代以上は認めなかった(外側広筋 40 代、 $p=0.009$; 50-70 代、 $p<0.001$; 80 代以上、 $p=0.888$; 大腿四頭筋全体 40 代、 $p=0.004$; 50-70 代、 $p<0.001$; 80 代以上、 $p=0.960$; 大腿四頭筋合計 40 代、 $p=0.010$; 50-70 代、 $p<0.001$; 80 代以上、 $p=0.926$)。大腿直筋 CTV は 60 代のみ有意な性差を認めた。(60 代、 $p=0.007$ 、その他、 $p>0.05$)。

大腿四頭筋と膝伸展筋力に関する解析では、大腿四頭筋合計 CSA と CTV は、男女共に膝伸展筋力と有意に関連したが($p<0.001$)、筋間脂肪組織 CSA は関連を認めなかった(Table 3)。構成筋に分けた解析では、男性は内側広筋 CSA ($p<0.001$) と中間広筋 CSA ($p=0.001$) が膝伸展筋力と有意に関連し、女性は内側広筋 CSA ($p<0.001$)、外側広筋 CSA ($p=0.006$)、大腿直筋 CSA ($p=0.020$) と中間広筋 CTV ($p=0.025$) が膝伸展筋力と有意に関連した(Table 4)。

【考察】

CT 計測値と年齢・性別についての解析では男性は女性よりも広い CSA、高い CTV を示された。また、年齢に関連した減少形態にも性差を認め、男性では大腿四頭筋全体・合計 CSA、内側広筋 CSA、外側広筋 CSA や全 CTV で二次曲線的な低下を示す一方で、女性は大腿直筋 CTV 以外の全てで直線的な減少を示した。さらに、背景因子を調整した場合、若年では性差を認める一方で、大腿四頭筋全体 CTV や外側広筋 CTV は高齢では性差が消失することが判明した。これらの結果から、女性は高齢になるまでは男性よりも筋肉の脂肪成分が多いものの、男性は高齢になると女性と同じ程度まで脂肪が蓄積することが示唆された。この性別、年齢、構成筋による違いは、筋組成(速筋と遅筋の割合)、下肢アライメント、性ホルモン(エストロゲン、アンドロゲン)や大腿直筋は唯一の二関節筋であるような構成筋毎の機能的な違いが要因となって生じることが以前の報告からは推測される。

大腿四頭筋と膝伸展筋力に関する解析では、大腿四頭筋全体では CSA のみならず CTV も独立して筋力と関連したが、筋間脂肪組織との関連は乏しかった。これは大腿中央部全体では筋間脂肪組織よりも CTV が筋力との関連が強いという以前の報告と一致した。また、構成要素に分けた解析により、男女で筋力に関連する要素が異なることが判明した。内側広筋 CSA は共通するが、男性は中間広筋 CSA、女性は外側広筋 CSA と大腿直筋 CSA の関連が強い結果であった。本研究では原因の同定は困難であるが、以前の報告からはこの性差は、筋組成、筋活動の違い、特に女性に多い変形性膝関節症から生じる筋活動の抑制などが原因となる可能性がある。また、CTV は女性の中間広筋のみ筋力と関連するが、これは中間広筋では遅筋繊維の割合が相対

的に多いことや、等尺性膝伸展運動時のトルク発生に大きく関与する筋肉であるなどの特性から、脂肪蓄積による筋肉の機能障害が生じやすい可能性が推測される。今回の研究は幅広い年代の一般住民を対象として大腿四頭筋の各構成筋の CSA のみならず CTV を評価した初めての研究であり、本研究を通して中高年の加齢に伴う筋肉の劣化による筋力低下への理解が進むと考えられる。CSA と CTV を合わせた CT 評価により大腿四頭筋の加齢変化や膝伸展筋力への貢献度をある程度推定可能であり、年齢や性別に応じたトレーニング方法の決定や調整に役立つと期待される。

【結論】

本研究は横断的な調査研究ではあるが、大腿四頭筋の筋量・筋質の年齢との関係性は性別や構成筋により異なることが示された。また、膝伸展筋力に寄与する大腿四頭筋の筋量・筋質は、性別・構成筋毎に異なることが示された。大腿四頭筋 CSA と CTV は年齢に関連する筋肉の劣化や筋力を客観的に評価するのに有用である。