

主論文の要旨

**Three-dimensional comparison of intramuscular  
fat content between young and old adults**

〔 高齢者と若齢者における骨格筋内脂肪の3次元比較 〕

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻  
健康増進医学講座 健康スポーツ医学分野

(指導: 押田 芳治 教授)

吉子 彰人

## 【緒言】

加齢に伴う骨格筋量の低下は、いわゆるサルコペニアとして知られている。それに加えて、骨格筋内部に霜降り状に蓄積する脂肪（いわゆる筋内脂肪）が増加する。所定の筋内に含まれる筋内脂肪の割合（筋内脂肪率）の増加は、発揮筋力や身体機能と負の関係を示すだけでなく、インスリン抵抗性を惹起するとの報告がある。したがって近年では、加齢に伴う筋の量的指標の変化だけでなく、その内部の質的指標である筋内脂肪率にも着目する必要性が提案されつつある。

これまでの多くの研究において、筋内脂肪率の測定には、磁気共鳴画像装置 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) やコンピューター断層装置 (Computed Tomography, CT) で撮影された大腿中央部および下腿近位 30%の横断画像が用いられてきた。これは、画像の測定や分析に要する時間や手間に起因する。これに対して、下腿部の全長の筋内脂肪率を明らかにした先行研究は、筋内脂肪率の分布が下腿全長において均一でないことを明らかにした。これはつまり、四肢の筋内脂肪率が測定部位によって異なることを示している。しかしながら、高齢者と若齢者の大腿部における筋内脂肪率の分布は十分に明らかにされておらず、またそれを3次元的に比較したものはみられない。そこで本研究では、高齢者と若齢者における筋内脂肪率の分布を大腿部の全長で3次元的に比較することで、加齢に伴う筋内脂肪率の変化を明らかにすることを目的とした。

## 【対象と方法】

対象は、疾患や傷害のない健常な高齢者 15 名 (男性 7 名, 女性 8 名; 平均年齢 70.7 ± 3.8 歳) と若齢者 15 名 (男性 8 名, 女性 7 名; 平均年齢 21.0 ± 0.4 歳) とした。磁気共鳴画像装置 (MAGNETOM Verio, Siemens Healthcare Diagnostics K.K, Tokyo, Japan) を用いて、右脚大腿部全長の連続横断画像を撮影した (図 1a, 1b)。撮影のプロトコルは以下の通りであった; repetition time = 604 msec, echo time = 11 msec, voxel resolution = 0.75 mm, optimized field of view (FOV) = 256 × 256 mm, slice thickness = 10 mm, and interslice gap = 0 mm。1 人あたり約 50 枚の撮像画像に対して画像処理を行ない、大腿部を構成する 3 つの筋群 (大腿四頭筋, ハムストリングスおよび内転筋) で筋内脂肪体積, 筋組織体積を測定した (図 1c, 1d)。また、体積による筋内脂肪率 [= 筋内脂肪体積 / (筋内脂肪体積 + 筋組織体積) × 100] を算出した。さらに、50 枚の画像の中から、大腿部全長 10%ごとに相当する画像 11 枚を抽出し (0% = 大転子, 50% = 大腿中央部, 100% = 大腿骨外顆), 各画像の筋内脂肪の横断面積 (cross sectional area, CSA) と筋組織 CSA, および CSA による筋内脂肪率 [= 筋内脂肪 CSA / (筋内脂肪 CSA + 筋組織 CSA) × 100] を算出した。高齢者と若齢者の体型の違いを考慮して、各体積および横断面積を体重で補正した。対応のない t 検定を用いて、筋内脂肪体積, 筋組織体積および体積による筋内脂肪率を高齢者と若齢者で比較した。さらに 2 元配置分散分析 (年齢 × 部位) を用いて、筋内脂肪 CSA, 筋組織 CSA, および CSA による筋内脂肪率の年齢差と部位差を検討した。

## 【結果】

筋内脂肪体積は、高齢者と若齢者の間に有意差が認められなかったのに対して、筋組織体積は高齢者で有意に低値が示された。さらに、高齢者の大腿四頭筋およびハムストリングスにおける体積による筋内脂肪率は、若齢者よりも有意に高値を示した(表 1)。

筋内脂肪 CSA を大腿部の全長で比較したところ、ハムストリングスの一部 (40-60%位) において、高齢者に有意な高値が認められた (図 2)。一方、高齢者の筋組織 CSA は、3 つの筋群の筋腹付近において、若齢者と比較して有意に低値を示した (図 3)。高齢者の CSA による筋内脂肪率は、各筋群の一部分において (大腿四頭筋; 0%, 70-90%, ハムストリングス; 30-60%, 80%, 内転筋; 0%), 若齢者よりも高値を示した。さらに、高齢者と若齢者の筋内脂肪率に部位差がみられるか否かを検討したところ、ハムストリングスにおいて、大腿中央部の値がその他の部位 (高齢者; 20%, 30%, 70-100%, 若齢者; 20%, 30%) に比べて有意に高値を示した (図 4)。

## 【考察】

本研究では、体積と筋全長 11 箇所 の CSA を用いて、筋内脂肪、筋組織および筋内脂肪率の 3 つのパラメータを測定し、高齢者と若齢者で比較した。その結果、筋内脂肪体積および CSA は、年齢間で差がみられなかった。一方で、高齢者の筋組織体積および CSA は、若齢者よりも有意に低値を示し、さらに高齢者の筋内脂肪率は、若齢者よりも高値を示した。さらに、両者のハムストリングスにおいて、大腿中央部の筋内脂肪率がその他の部位 (20%, 30%, 70-100%) に比べて有意に高値を示したことから、筋内脂肪率の部位差が確認された。

加齢に伴う骨格筋の変化として、“骨格筋量および機能の減少 (サルコペニア)” が広く一般的に認識されている。本研究では、筋組織体積を高齢者と若齢者で比較した結果、大腿部のいずれの筋群においても、高齢者に有意な低値が示された (表 1)。また、体型の違いを考慮し体重で補正した値の比較においても、同様の結果が得られたことは、本研究の高齢者がサルコペニアである可能性をより強調するものであった。一方で、筋内脂肪 CSA および体積では、年齢間の差がみられなかった。これは、先行研究と異なり、“加齢による筋内脂肪量の増加” を支持しない結果であった。筋内脂肪の絶対量 (体積や CSA) は、加齢に加えて運動や食事などの生活習慣に起因するとの先行研究を考慮すると、可能性の 1 つとして、本研究で対象とした高齢者は、若齢者と同等レベルの身体活動量を維持していたものと推察される。実際に我々の研究グループはその点に着目し、高齢者と若齢者の身体活動量を比較した結果、両者で有意な差がみられなかったこと報告している (Hioki et al. *Clinical Physiol Funct Imaging* 2015)。筋の内部に占める脂肪の割合は、筋内脂肪率として筋組織量および筋内脂肪量から算出される。筋内脂肪率を高齢者と若齢者で比較した結果、大腿部のいずれの筋群においても、高齢者で有意な高値が示された。高齢者の筋内脂肪率が若齢者よりも高値であったのには、上述の結果を考慮すると、脂肪量の差ではなく、サルコペニアによっ

て生じる筋量の差が起因となっていることが示唆された。すなわち高齢者は、加齢に伴う筋量の減少を抑制することで、若齢者と同等の筋内脂肪率を維持できるのではないかと考えられる。

大腿の筋内脂肪率は、多くの先行研究において、中央部 (50%位) から測定されてきた。本研究でも同様に、大腿中央部の大腿四頭筋の筋内脂肪率を測定し、年齢間で比較した。その結果、先行研究と異なり、高齢者と若齢者の間には統計的な有意差が認められなかった (図 4)。これに対して、体積による大腿四頭筋の筋内脂肪率を同じく高齢者と若齢者で比較したところ、高齢者で有意に高値が示された (表 1)。この結果は、大腿中央部での筋内脂肪率の評価が、年齢間の差を見逃す可能性を示唆している。さらに、ハムストリングスの大腿中央部の筋内脂肪率は、近位・遠位に比べて、高値を示すことも明らかとなった。これは、ハムストリングスの筋内脂肪率が筋全長に対して不均一に分布し、部位依存的な差があること、さらには大腿中央部の値が筋全体の値を過大評価することを示した。したがって、ハムストリングスの筋内脂肪率は、大腿中央部の単一画像からではなく、複数の画像から評価された値を考慮すべきであると考えられる。

#### **【結論】**

高齢者の筋内脂肪率が若齢者よりも高値であることは、両者の筋組織量の違いに起因することが明らかとなった。さらにハムストリングスにおいて認められた筋内脂肪率の部位差は、筋内脂肪率を複数箇所から測定する必要性を示唆した。