

研究区分：若手研究

MR を用いた筋スクリーニング法の確立

渡邊 康晴【医学教育研究センター 医療情報学ユニット】

【背景・目的】変形性膝関節症は、膝の関節機能が低下して変形を起こし、痛みが生じる疾患である。整形外科疾患の中でも症例数が多く、鍼灸や柔道整復の主要な治療対象でもある。変形性膝関節症の発症と進行には、加齢と肥満、大腿の筋力低下が大きく関わる。肥満や筋力低下が大きな影響をもたらすにも関わらず、筋機能の評価は十分ではなく、臨床現場では簡便な徒手的な筋力測定が行われているにすぎない。

骨格筋は、収縮しない状態が長く続くと萎縮を起こす。筋萎縮において加齢が及ぼす影響はきわめて大きく、40 歳以降では毎年 0.5% ずつ筋容積が減少して筋力が低下する。加齢による筋力減少、いわゆるサルコペニアは、単なる筋の萎縮にとどまらず、運動単位数と運動ニューロンが減少し、ついには筋細胞の脂肪置換が生じる。したがって筋内脂肪の分布状況、筋細胞の形状、筋容積をモニターできれば、サルコペニアの病態を各の筋レベルで解析できる可能性がある。

MRI を用いると、筋の脂肪化や筋細胞の平均的な形状変化を非侵襲的に捉えることができる。筋萎縮やサルコペニアの初期段階を MRI でスクリーニング的に捉えることが出来れば、筋力減少に起因する数多くの疾患の予防に役立つ。そこで、サルコペニアによる筋力減少が発症の背景となる変形性膝関節症に対し、MR 装置を用いた筋スクリーニング評価法の適用をめざし、大腿部にある筋の脂肪化と筋形状を解析した。サルコペニアでは肥満を併発することが多く、肥満とサルコペニアに密接な関わりがあるとされることから、BMI (Body Mass Index) が正常な者に加え、肥満との違いを検討した。

【対象・方法】本学の学生ボランティア男性 16 名を対象とした。対象の BMI を算出し、肥満 (1 度) の基準である 25 以上を指標として 2 群に分けて測定を行った。正常体型群 7 名 (年齢: 26.6 ± 5.2 歳、BMI: 20.6 ± 1.5)、肥満体型群 9 名 (年齢: 23.6 ± 3.5 歳、BMI: 31.3 ± 5.0) であった。

測定装置として臨床用 MRI 装置 TrioTim (Siemens) を用いた。コイルは、body matrix coil とした。測定は安静仰臥位で行った。

筋の脂肪化率を測定するため、dixon 法を用いた。dixon 法は水を強調した画像と脂肪を強調した画像をそれぞれ取得する 3D 撮像シーケンスで、筋容積や皮下脂肪の容積測定に適していることに加え、筋の脂肪化率の算出を行える。そこでスライス断面を膝蓋骨上縁 10cm に設定し、この断面上で同定できる筋に関心領域において筋の脂肪化率 (Fat Fraction) を求めた。関心領域は、外側広筋、中間広筋、内側広筋、大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋の 6 カ所に設定した。Fat Fraction は左右それぞれに算出し、左右の平均値を解析に用いた。

続いて筋細胞の平均的な形状変化を観測する

ため、diffusion MRI を撮像した。この撮像法で得られる画像を解析する拡散テンソルイメージング (DTI) を用いると、筋細胞形状の変化を非侵襲的に評価することができる。そこで、筋細胞の短軸長軸比を反映する FA (Fractional Anisotropy) を用いて評価した。

【結果】正常体型群における大腿筋群の Fat Fraction を Fig.1 に示す。筋ごとに Fat Fraction は大きく異なり、各筋の Fat Fraction に有意な違いが見られた。大腿四頭筋の中で、最も Fat Fraction が高かったのは外側広筋で、続いて中間広筋、内側広筋の順であった。内側広筋の筋内脂肪化は際だって低く、外側広筋と中間広筋との間に有意差が見られた (それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$)。ハムストリングの中では大腿二頭筋の Fat Fraction が高く、最も低かった半腱様筋との間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。

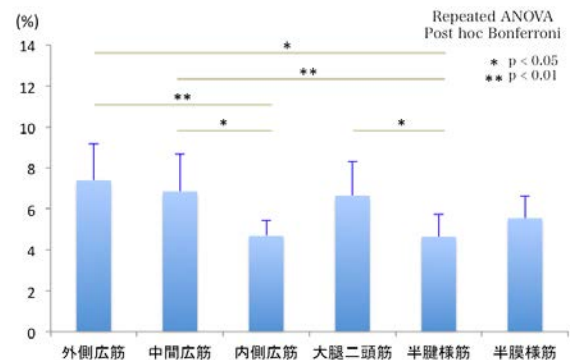


Figure 1. 正常体型における大腿筋群の Fat Fraction

肥満体型群における大腿筋群の Fat Fraction を Fig.2 に示す。大腿四頭筋の Fat Fraction は正常体型群によく類似しており、外側広筋、中間広筋、内側広筋の順であった。ハムストリングでは半膜様筋の脂肪化が顕著であり、半腱様筋との間に有意な差を認めた。

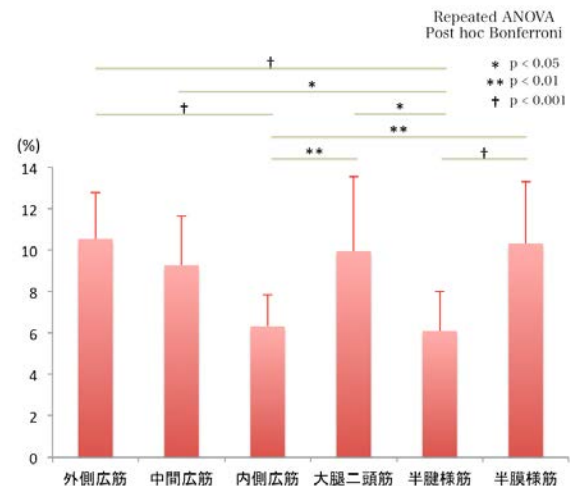


Figure 2. 肥満体型における大腿筋群の Fat Fraction

正常体型、肥満体型の2群を群間で比較すると、全ての関心領域で肥満体型の Fat Fraction が高値を示し、外側広筋、大腿二頭筋、半膜様筋でそれぞれ有意な差が見られた (Fig.3)。

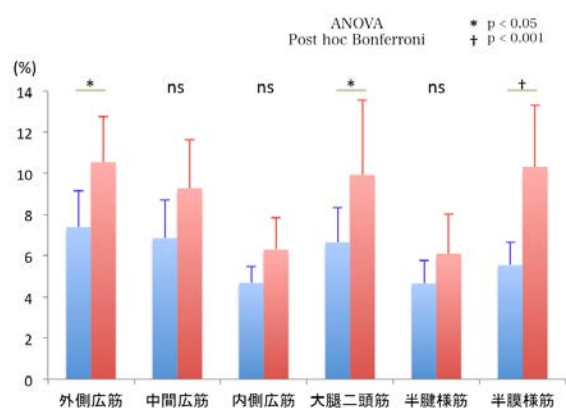


Figure 3. 体型の違いによる大腿筋群のFat Fraction

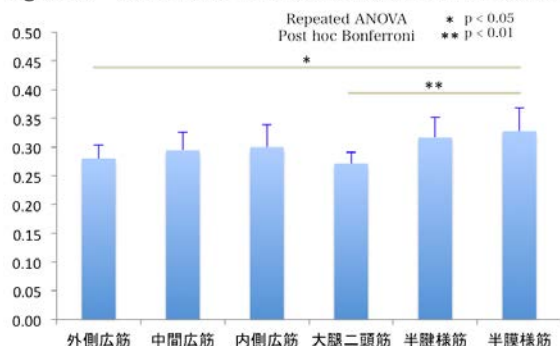


Figure 4. 正常体型におけるFractional Anisotropy

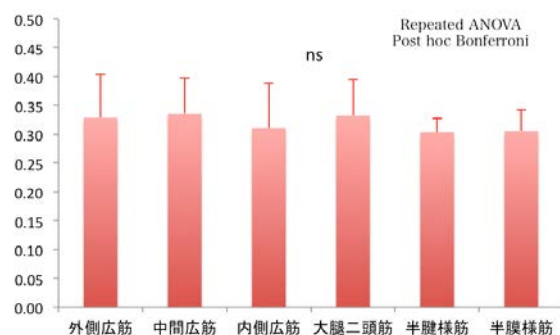


Figure 5. 肥満体型におけるFractional Anisotropy

筋細胞形状を測定する Fractional Anisotropy の結果を Fig.4 と Fig.5 に示す。正常体型の FA は Fat Fraction と対照的に外側広筋と大腿二頭筋で低く、半膜様筋で高かった。これらの間には有意な差が見られた (それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$, Fig.4)。一方、肥満体型の FA では有意な差は観察されなかった (Fig.5)。

【考察】

正常体型における大腿部の Fat Fraction で筋群間に有意差が観察され、筋内脂肪を MRI で定量することができた (Fig.1)。従来、筋内の脂肪測定では超音波を用いた手法が主流であり、すでに多くの研究がなされている。MRI を用いた場合

のメリットは、断層画像を撮影するため、深部筋の解析が容易であり、一度に多くの筋内脂肪データを取得可能である。解剖学的な筋領域の同定も同時行えるため、スクリーニングに適している。

正常体型においても肥満体型においても、各筋群で Fat Fraction に有意な差が認められた。その要因として、各筋の使用頻度や収縮に対する負荷の程度が異なること、筋線維タイプの割合が各筋で異なることが挙げられる。

筋は、筋線維タイプによって脂肪化の進行速度が異なることが知られている。脂肪化しやすいのは速筋線維 (type IIb) であり、遅筋線維である Type I は脂肪化しにくい。すなわち、type IIb (速筋線維) の割合が高い筋は、脂肪化しやすい筋でもある。今回の実験結果では、正常体型と肥満体型の比較において、外側広筋、大腿二頭筋、半膜様筋で Fat Fraction に群間の有意差が見られた (Fig.3)。正常体型と肥満体型で脂肪化の進行が筋ごとに異なる機序として、各筋線維タイプの割合が筋ごとに異なっており、その割合の違いが影響している可能性がある。事実、Dehmane らは、大腿二頭筋は type IIb (速筋線維) の割合が他の筋よりも高いことを報告しており、今回の結果と一致している。

今後、中高年齢と女性を対象として実験を継続し、筋クリーニングの有用性を検証する予定である。