

2. MRS

MRスペクトロスコピー (MRS) が もたらす情報

— ^1H -MRSによる筋内脂肪量の 半定量的評価を中心に

高島 弘幸 札幌医科大学附属病院放射線部
栗原 俊之 立命館大学スポーツ健康科学部

MRスペクトロスコピー (MRS) は、生体内に存在する代謝物質を非侵襲的に検出できる手段として着目されている。特に、水素原子 (プロトン) の化学シフトを利用した ^1H -MRS (プロトン磁気共鳴分光法) は、水素原子が生体内に大量に含まれていることから、他の核種のMRSに比べて検出感度が高く、通常のイメージングコイルで信号を検出できることや、任意の関心領域からのみの信号を検出できることなどの利点があり、数多くの研究が行われてきた。例えば、脳神経領域では、N-アスパラギン酸 (NAA) や乳酸、コリンなどの代謝物質が検出できることで、脳虚血や脳腫瘍のシグナルとして臨床応用されつつある。

筋肉の場合には、筋内に含まれる重要な代謝物質として乳酸、クレアチン、アデノシン三リン酸 (ATP) やアデノシン二リン酸 (ADP) などが挙げられるが、骨格筋に ^1H -MRS を用いると、骨格筋内部に多く含まれる水と脂肪のスペクトルが大きく検出されてしまう。そのため骨格筋では、上記の代謝物質を調べるために ^1H -MRS よりも、リン酸 ^{31}P -MRS (37~40 頁参照) やグルコース ^{13}C -MRS を使うことが多い。しかしながら、代謝物の信号を検出するために水抑制を用いることによって、骨格筋細胞内に脂肪滴として存在する細胞内脂肪 (intramyocellular lipids : IMCL) と、皮下脂肪や筋線維に沿って筋線維間脂肪細胞として存在する細胞外脂

肪 (extramyocellular lipids : EMCL) を分離して検出できると、Boeschら¹⁾により報告されてからは、骨格筋に ^1H -MRS を用いた研究が増えてきた。

骨格筋への ^1H -MRS 応用研究

^1H -MRS の利点は、①非侵襲で繰り返し測定に使えること、②浅部筋だけでなく深部筋の測定も可能になったこと、および、③筋生検 (バイオプシー) では困難であったIMCLとEMCLの分離を容易にしたことである^{2), 3)}。そのことによって、まず着目されたのは、生活習慣病の要因とされているインスリン抵抗性が、IMCLと高い相関関係にあることであった。IMCLもEMCLも脂肪細胞なので、肥満に伴い増加することは自明であったが、BMIや体脂肪率をマッチングさせた被検者間でIMCLの量が大きく異なることが確認され、それがインスリン感受性と負の相関関係にあることが示された^{4), 5)}。したがって、 ^1H -MRSを骨格筋に用いることで生活習慣病の簡易測定に役立つ可能性がある。

しかしながら、長距離選手においては、インスリン感受性が高くてもIMCL含有量が高いことが知られており、これは“アスリートパラドックス”と言われて^{6)~9)}。一方、遅筋線維の多いヒラメ筋で、速筋線維の多い腓腹筋よりもIMCL

含有量が多いこと¹⁰⁾などから、有酸素代謝能がIMCLの蓄積と密接に関連することも指摘されている。実際、持久的運動を行った際に、EMCL量は変化せず、IMCL量だけが減少したことが確認された^{1), 11), 12)}。この結果、EMCLが代謝不活性の脂質で、IMCLが運動時にエネルギーとして使われる可能性が示唆され、このことから、被検者のアスリート能力の評価にも利用できる可能性がある。

^1H -MRS における 測定の問題点

以上のように、骨格筋内のIMCL量を測定することで多くの情報が得られると期待されているが、得られるものは代謝物の絶対量ではなく、基準物質に対する相対量であることに注意する必要がある。

絶対量を算出するためには、同じボクセル内に存在する水やクレアチン、皮下脂肪、または、骨髓内の脂肪ピークなど基準となる物質との比較を行うことになる。基準物質の濃度が比較的安定している場合は定量評価が可能となるが、基準物質の濃度が測定時に変化したり、被検者間で濃度が異なる場合、あるいは、同一被検者内でも、期間をおいて測定する際に基準物質の濃度が一定でない場合には、定量的な評価が困難となる。また、その際に、各基準物質内のプロト