

シンポジウム 3 超音波画像診断技術を用いた生体組織の 評価とその応用

12月16日(日) 13:20-15:00

会場：第1会場 テルサホール

司会 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 池添冬芽

超音波エラストグラフィによる組織粘弾性の評価と臨床応用

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 椎名 毅

超音波エラストグラフィは、組織の弾性（硬さ）を実時間で簡便に可視化できる方法として、2003年に世界に先駆けて、我が国の産学官連携の研究成果を基に実用化された。そして、乳がんや肝硬変などの組織の硬化性病変を伴う疾患に対して、形態や機能の異常が顕在化する前の早期診断や良悪性の鑑別診断において有用性が実証されるに伴い、現在では、各超音波機器メーカーとも、Bモード、ドプラ法に次ぐ第3のモードとしてエラストグラフィ機能を搭載した診断装置を提供するまでになった。一方で、エラストグラフィの原理は、組織圧迫によるひずみを画像化する strain elastography と体内に剪断波を発生させて、その速度分布を用いる shear wave imaging の2つがあり、それぞれ画像の解釈や計測法に特色がある。Strain elastography の利点は、簡便性、実時間性に優れ、高空間分解能で、乳がん腫瘍等では病理像による組織型との対応が良いことなどが挙げられる。一方、ひずみ値自体は定性的なので、ひずみ分布のパターンから患部を検出するのに使われる。これに対し、shear wave imaging の利点は剪断波速度から弾性率が求まる定量性である。ただし、組織の不均一性による剪断波の屈折、反射などの影響を受けやすく、計測値に誤差や様々なアーチファクトが生じやすい。そのため常に数値の信頼度に注意し、アーチファクトの有無を確認することが必要となる。現在、エラストグラフィの臨床応用は、乳腺、甲状腺、前立腺などのがん、慢性肝炎、動脈硬化の診断、RF 焼灼治療効果、整形外科での筋の硬さの評価など様々な領域への適用が試みられており、それによる医療技術の向上が期待されている。また、2016年には肝臓の硬さ計測に対するエラストグラフィの保険適用が認められている。本講演では、このような超音波エラストグラフィによる組織粘弾性の評価法の基礎とその臨床応用について概説したい。

筋腱複合体の形態と機能に関する新たな視座：生体計測の知見から

早稲田大学スポーツ科学学術院 川上泰雄

骨格筋は、筋線維の数や筋内配置、腱組織の形態的特徴などに関して独特の形状を有し、その出力特性と深く関係している。また、骨格筋の特徴として極めて高い量的可塑性（肥大・萎縮）を有し、筋量増減に応じて骨格筋形状も複雑に変化し、身体運動能力を大きく左右する。こうした知見は、超音波法などを中心とした組織画像解析による生体計測を通じて蓄積されてきている。筋線維の集合体である筋束の数や長さ、腱組織の形や大きさは筋によって様々であるが、いずれの骨格筋も「筋腱複合体」とみなすことができる。腱組織は力を加えられると伸長し、張力が除かれると元の長さに戻る性質（弾性）をもっており、歩行やランニング、ジャンプといった身体運動において、筋線維による収縮力と弾性体である腱組織のバネ機能が相補的・相乗的にはたらく（筋腱相互作用）ことで、高いパワーや運動効率を達成する。腱組織の弾性は筋力トレーニングや不活動によって変化することが、人間の腱組織の力学的特性の生体計測を通じて明らかになっている。最近の研究によって、筋腱相互作用の活用方略が「動きのコツ」として運動技術と関係し、プライオメトリックトレーニングによる「バネ」能力の向上効果と関係することを示唆する結果が得られている。骨格筋は筋線維・腱組織のほかに水、脂肪、神経・血管、膜性構造を内外に含み、これらの構成成分が骨格筋の力学的特性（粘弾性・力発揮特性）に影響を及ぼす。こうした骨格筋の「質」的特性について、近年注目が集まっている。加齢によって筋内の水分や脂肪組織の割合が増加し、骨格筋内の相対的な「実質」が減少する可能性が示されているが、こうした変化は骨格筋の材質特性や筋力発揮特性に多大な影響を及ぼす。本発表では以上の点について講演者のグループの研究成果を紹介させていただき、人間の骨格筋特性の評価とその応用に関して、参加者との議論を深めたい。

超音波画像診断装置を用いた筋量および筋特性の評価と理学療法への応用

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 池添冬芽

超音波画像診断技術は定量的・非侵襲的かつ簡便・リアルタイムに生体筋を評価することができる非常に有用な手法である。我々は超音波画像で評価した筋厚を筋量の指標とした臨床研究によって、加齢による筋萎縮がもっとも著しい下肢筋は大腰筋であることや歩行困難で長期間歩行していない高齢者では特に大腿四頭筋の廃用性萎縮が著しいこと、高齢者の日常生活活動量には中殿筋が関連していることなどを報告してきた。さらに、体幹筋については日常生活動作が自立している高齢者では体幹深部筋の萎縮がみられないが、長期臥床している高齢者では萎縮していることなどを報告した。

また、我々は筋内の非収縮組織（脂肪や結合組織）の増加といった骨格筋の質的变化を超音波画像の筋輝度を用いて評価し、若年者と比較して高齢者の大腿直筋の筋輝度は有意に高値を示すことや加齢に伴う筋の質的变化は量的変化よりも比較的早期の段階から生じていること、筋の質的变化も高齢者の筋力低下を招く要因であることを報告している。

近年、個別の筋の硬さをリアルタイムに評価することが可能である超音波エラストグラフィ技術が注目を集めている。特に組織内部に剪断波を発生させて硬さを評価する剪断波エラストグラフィでは、外部からの圧迫を必要としないため押し方の違いによる操作者依存性が少なく再現性がよいこと、弾性率の絶対値を算出できるということから、筋の硬さを定量的に評価する手段として推奨されている。我々は剪断波エラストグラフィ機能による弾性率を用いて、個別の筋の伸張性やストレッチング効果の検証を行っている。

本シンポジウムでは筋厚や筋輝度、弾性率を用いた評価法について、信頼性の高い評価をするための基本的な手技や注意点について述べる。さらに、筋厚や筋輝度、弾性率を用いた先行研究を紹介しながら、超音波画像診断技術が理学療法へどのように活用できるかについて考えてみたい。