

1. USの技術進歩で変わる臨床の今と未来

2) 腹部超音波における高画質化と機能診断がもたらす臨床的有用性

杉本 勝俊 / 糸井 隆夫 東京医科大学消化器内科

従来、腹部超音波検査はBモードを中心とした形態診断が中心であった。近年、組織の中を伝播する剪断波の速度より組織の硬さを推定する超音波 Shear wave Elastography (以下, SWE) が開発され、より詳細な組織性状診断が可能となっている。SWEは、特に実臨床において、慢性疾患の肝線維化の推定に広く利用されている。加えて、組織の減衰を定量的に測定可能な Attenuation Imaging (以下, ATI) や、組織の粘性を反映する dispersion slope を測定可能な Shear wave Dispersion map for SWE (以下, SWD) Imaging が開発され、複数のパラメータにより組織性状診断が可能になってきている。本稿では、SWE, ATI, および SWD に関し説明するとともに、それらの超音波パラメータを用いた非アルコール性脂肪性肝疾患 (以下, NAFLD) 評価における有用性に関し、自検例を中心に概説する。

本稿では、キャノンメディカルシステムズ社の装置の機能につき説明させていただくことをご容赦いただきたい。

Shear wave Elastography (SWE)

現在、超音波エラストグラフィの主流はSWEである。その原理は、超音波プローブからプッシュパルス(超音波を1点に収束させた、通常より強い超音波)を組織内に送信し、組織を内部から振動させ、内部に剪断波と呼ばれる横波を発生させる(超音波は縦波である)。この剪断波の速度をドブラ技術で計測

し(速度表示:m/s)、さらに、弾性率とヤング率との関係からヤング率に変換して、肝硬度(kPa)を計測している。この速度表示と肝硬度表示は相互に変換が可能であり、基本的に同じことを表現しているが、肝硬度表示では、粘性がないものと仮定し計算しており、現実と矛盾している(生体は粘・弾性体である)。したがって、速度表示で表現する方が、粘・弾性体を評価しているという点において、より正確であると考えられる。剪断波の速度(shear wave speed:SWS)は、肝臓の線維化程度と相関しており、肝線維化の程度の推定に有用であるとの報告が散見される¹⁾。しかし、SWSは、「弾性」の要素と考えられる線維化以外にも、「粘性」の要素と考えられる炎症・うっ血・黄疸などの影響も受けることが報告されている²⁾。

Attenuation Imaging (ATI)

ATIは、エラストグラフィとは直接関連がない技術であるが、超音波の特性を利用した画像技術である。すなわち、超音波は、特に脂肪肝の程度が強くなるに従い、減衰が高度になる性質がある。このことは、超音波の日常臨床で実感することであるが、ATIはその実感を定量的に測定したものである。超音波画像は、sensitivity time control (STC)、カラーゲイン、フォーカスなどの設定により、純粋に減衰を反映した画像ではない。そこで、それらの減衰を修飾する要

素を排除し、純粋に超音波の減衰を反映した画像がATIである。ATIにより測定される attenuation coefficient (以下, AC) は、脂肪化の程度と密接に関連していると報告されている³⁾。

Shear wave Dispersion map for SWE (SWD) Imaging

生体は、弾性と粘性の両方の成分を有する粘・弾性体である。純粋な弾性体(現実には存在し得ないが)では、SWSはプッシュパルスの周波数によらず一定となるが、生体のような粘・弾性体では、SWSはプッシュパルスの周波数により変化する性質がある⁴⁾。つまり、SWSは(プッシュパルスの)周波数依存性(dispersion)を有している。図1は、レオロジー力学の一つであるVoigtモデルを用い、弾性率を一定にして、粘性率だけを変化させてプロットしたグラフである。このグラフが示すように、周波数が増加するにつれて、これらの曲線は右肩上がりに上昇するが、粘性率が高い方が、よりこの曲線の勾配(dispersion slope)が大きいことが見て取れる。すなわち、粘性率を直接計測しなくても、dispersion slopeを計測することにより、間接的に粘性の大きさを知ることが可能となる。そして、このdispersion slopeをカラーマッピングしたものが、SWD Imagingである。われわれは、SWDの特性を理解する目的で、さまざまな程度の急性肝障害および線維化モデルラット