

3. 硬さを極める

3) 血 管

——位相差トラッキング法による 血管弾性率の測定とエラストグラフィ

小形 幸代 自治医科大学循環器内科

現代の日本は、食生活の欧米化や高齢化、ストレスなどの影響により、生活習慣病の発症リスクが増加している。この生活習慣病は動脈硬化を進行させ、脳血管障害や心臓病など、生死にかかわる重大な病気に発展することが知られている。動脈硬化の初期は、血管壁の弾力性が失われて硬くなるが、次第に血管内にプラークが生じて血管内腔が狭小化し、最終的には、血栓を形成して血管が閉塞する状態となる。これらの過程で重要な臓器への血流供給が減少するため、循環障害による多様な病態を呈してくる。

本稿では、超音波診断装置を用いて、非侵襲的に動脈硬化による血管の弾力性の低下やプラークの質的診断を行う方法として、位相差トラッキング法による血管弾性率の測定およびエラストグラフィについて述べる。

血管弾性率の測定原理

位相差トラッキング法による血管弾性率の測定は、東北大学大学院工学研究科の金井らのグループにより開発された。

1. 位相差トラッキング法の原理

位相差トラッキング法は、体表から送信した超音波パルス（パルス送信100～250 μ s）に対する動脈壁内部の多数の設定点からの反射波の位相変化を高精度に検出する方法である。血管壁の位相変化を受信した波形の振幅は、パルス送信間隔で変わらず、位相のみが変化するという制約付き最小二乗法を用いて、各測定点の変位をサブミクロンオーダーでトラッキングし変位を計測する。従来の超音波診断法で用いられているBモード画像よりも、はるかに高精度であり、位

相差トラッキング法による位相変化の検出精度は変位として約0.2 μ mである。

使用する超音波診断装置は、通常臨床で使用している装置で、プローブはリニア型超音波プローブ（中心周波数7.5～10MHz）を経皮的に使用する。得られた各点の位相変化をもとに、2点間の変位の差から、数百 μ mの厚さの壁内各層ごとの厚みの時間変化を計測する^{1), 2)}（図1）。

2. エラストグラフィの原理

血管壁の最大壁厚となる心臓拡張末期の壁厚を hd 、心臓収縮期の最小壁厚と拡張末期の最大壁厚の差を Δh とする（ $\Delta h < 0$ ）。同時に上腕で測定した血圧の脈圧を Δp とすると、血管壁の径方向弾性率 E_r は、 $E_r = \Delta p / (\Delta h / hd)$ で求められる。さらに、ポアソン比=0.5と弾性特性の壁内等方性を仮定し、心臓拡張末期での内半径を rd とすることにより、円周方向の弾性率 E_θ は $E_\theta \approx 0.5 \times (rd / hd + 1) \times E_r$ と近似的に算出できる。この円周方向弾性率 E_θ の計測をプラーク内のすべての微小領域について行うため、1本の超音波ビーム上で、厚さ0.375mmの層の設定点を深さ方向に75 μ mごとにシフトさせながら、各深さにおける円周方向弾性率 E_θ を算出することにより、深さ方向のエラストグラフィが得られる。

さらに血管軸に沿って、リニア型プローブから60本の超音波ビームをほぼ同時に送信することによって、そこから得られる画像内の血管軸方向18mm×径方向9.4mmの領域に60点×125点を設定

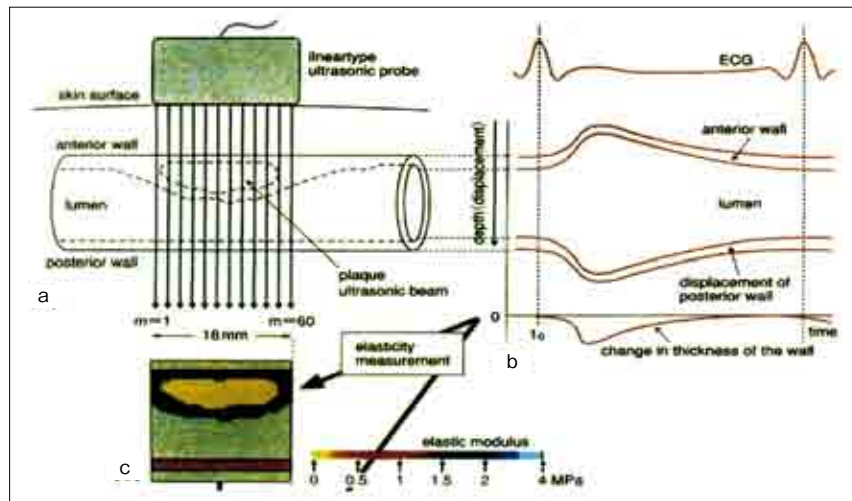


図1 位相差トラッキング法の原理
（参考文献2）より引用）