

HDI5000の最新超音波診断技術 特にSonoCT, panoramic imaging, XRESの臨床的有用症例について

Newest Technologies of HDI5000 in Ultrasonography
Clinical Usefulness of SonoCT, Panoramic Imaging, XRES

中田 典生	Norio Nakata	内山 眞幸	Mayuki Uchiyama	桜井 智生	Tomoo Sakurai
土肥美智子	Michiko Dohi	砂川 好光	Yoshimitu Sunakawa	原田 潤太	Junta Harada
最上 拓児	Takuji Mogami	松浦 重雄	Sigeo Matuura		

東京慈恵会医科大学附属柏病院 放射線部

近年、多くの超音波の新しい技術が開発されてきている。従来のリアルタイム超音波診断装置においては、グレースケール像とはBモード像とほぼ同義語であった。しかし最近5、6年の間に通常のBモード像のほかにTissue Harmonic Imaging、real-time compound Imagingなど複数のグレースケール像の表示法が開発され、臨床応用されてきた。これらの新技術については、多くの論文によってその臨床的有用性が検討されるようになってきている。今回筆者らは、ハイエンド超音波診断装置であるHDI 5000に搭載されている最新技術のSonoCT™ (Real-time Spatial Compound Imaging)、panoramic imaging (extended field of view)、XRES™について、甲状腺、頸動脈、乳腺、腹部、表在臓器、睾丸などの臨床例を提示して、それらの臨床的有用性を検討した。またこれらの技術が超音波診断や実際の診療においてどのような改善や影響を及ぼすのかを考察した。

Recently, many new ultrasound technologies have been developed. In conventional ultrasonography, gray-scale image is thought to be defined as B-mode image. In five to six years, some new methods, such as Tissue Harmonic Imaging, real-time compound Imaging, have been developed, and applied clinically. Many papers evaluated such new gray-scale imaging techniques about clinical usefulness. We present various cases of thyroid, carotid artery, breast, abdomen, soft tissue, scrotum using newest technologies of SonoCT™ (Real-time Spatial Compound Imaging), panoramic imaging (extended field of view), XRES™. We evaluate the clinical usefulness of those technologies and discuss the impacts and effects of diagnosis and medical practice.

Key Words: Ultrasound, Gray Scale Image, SonoCT, Panoramic Imaging, XRES

1. はじめに

超音波検査は、臨床医にとって最も身近な画像診断モダリティの一つである。近年、超音波診断装置の開発は世界的規模で行われるようになった。北米放射線学会をはじめとするさまざまな国際学会においても、超音波検査の多様な使い道から生まれる多彩な発表を目にすることができる。たとえば、宇宙ステーションや有人火星探査船での超音波検査、スポーツ医学での利用、(日本独特の)スクリーニング超音波検査での腎癌発見に関する発表、頸動脈スクリーニング検査の研究などがその実例である。このような多彩な分野で、技術的進歩を背景に超音波検査は普及してきた。しかしながら近い将来行われるであろう日本の医療改革、CTやMRIの高性能化とその臨床的普及も考慮しながら、超音波検査の臨床的役割の棲み分けがなされなければならないのも事実である。また最近、Harmonic Imaging、real-time compound Imaging、extended field-of-view、三次元画像などさまざまな超音波表示法が開発されてきた¹⁾²⁾³⁾。

筆者らは、今回グレースケール像(従来はBモードとほぼ同義語として用いていたが、最近さまざまな画像表示法が開発されたので従来のBモード像を区別する意味であえてグレースケール像と呼ぶことにする)を中心に頸部、頸動脈、乳腺、腹部、表在臓器、睾丸など広い臨床領域についてHDI 5000の最新技術について臨床的有用性を検討し、これらの最新技術が超音波診断にあたるインパクトについて考察する。

2. XRES™

XRESとは、MRIで使用するadaptive filterの超音波画像への応用である。従来のMRIのfilter処理とは、画像に対して均等に画像処理がなされる。adaptive filterとは、ある目的とする一つの画素(ピクセル)についてその周囲のテンソル^(注)を計算し、目的とする画素と周囲のテンソルとの間に差があまりない場合はsmoothingやaveragingなどのfilter画像処理を加え、もし目的とする画素と周囲のテンソルとの間

に差がある程度存在する場合はfilter処理を制限する手法である。従来のfilter処理では、内部エコーの画像処理を加えようとすると、境界エコーまで均等にぼやけた画像となってしまう。しかし超音波画像にadaptive filterをかけることにより、画素の信号に差がある境界部分は明瞭に保ちつつ、内部エコーが不均一なスペックルパターンなどのノイズを目立たなくさせることが可能である。このadaptive filterはもともと、スパイ衛星から地上を偵察する際に使用する目的で開発された技術で、民間用に転用された例では、地上の望遠鏡から天体観測をする際に、遠くにある他の銀河の様子を観察することに役立っている。またこのfilterはノイズの中に何か物体や境界線がある場合、これらだけを強調することにより、人間のパターン認識能力を助ける。XRESは画像処理の一種であり、でき上がった超音波画像に対する後処理に相当する。

adaptive filterは、画像の各画素について個別に計算するため、処理にある程度の時間を要するとされ、従来の超音波診断装置では実用的ではなかった。しかし近年のコンピュータ計算速度の高速化と集積度アップによる価格の低下によって、市販の超音波診断装置でもリアルタイムにadaptive filterをかけることができるようになった(超音波の場合、1フレームあたり350,000,000回の処理が必要とされている)。XRESはMRIや他の画像診断装置に用いられた新技术を応用することにより超音波画像のBreakthroughが生まれる良い実例の一つである。

注：テンソル(tensor)：テンソルとは数学用語で座標の取り方によって変わる量(物理量)のことをいう。ここでいうテンソルとは、MRIで用いる拡散テンソル画像とは異なり、画像の各画素に対してその周囲の画素が有するグレースケールの値を指すと考えられる。

3．頸動脈

頸動脈の超音波診断は欧米では広く普及し、一部でスクリーニング検査として施行されることもある。したがって欧米では、検査手順や検査項目がすでに確立しつつある検査である。しかし検査法は時としてtechniqueを要し、計測されたデータはかならずしも客観性があるとは言えない。日本では、検査手技の複雑さや動脈硬化性疾患の母集団の欧米との格差などにより、欧米ほど普及していないのが現状である。だが近年の疾病の欧米化や検査装置の進歩により検査数は増加傾向にある。一方MRAやCTなどの他の診断装置の進歩により、今後の頸動脈カラードプラ検査の臨床的役割には議論されるべき点がある。比較的手軽な超音波検査ではあるが、頸動脈の超音波カラードプラ検査については、両側内外頸・椎骨動脈についてFFT解析、狭窄率の算定などフルコースで施行するとハイエンドの超音波検査を使用しても他の領域に比べて検査時間のかかる検査である。

その一方でグレースケール像による内中膜複合体の厚みの測定は、手軽に動脈硬化の程度を判定するのに有用である。ただし従来のBモード像では頸動脈前壁の多重反射が起こり測定に適しないことが多い。SonoCT™やSonoCT + XRESを使うことにより石灰化プラークからの多重反射や音響陰影がある程度抑制される。図1では頸動脈洞部後壁の石灰化したプラークが描出されている。頸動脈前壁の多重反射も最低

限に抑えられている。

SonoCT + XRESにより潰瘍形成やプラーク内部エコーの詳細像などのプラークの臨床的な危険度の把握が容易になると考えられる。



図1：頸動脈プラーク(SonoCT XRES)

4．甲状腺

甲状腺の超音波検査は、外来診療に携わる耳鼻科医や甲状腺専門医にとっては、内科診断学の聴診器に相当する手軽かつ有用な医療デバイスである。

しかしながら独立した超音波室や中央検査室での超音波検査では、撮像された画像がかならずしも客観性をもって外来医に伝わらないのが実情である。

そこで外来医はCTなど他の画像診断も参考にしなければならないことがある。panoramic imagingは、CTやMRIのような客観性のある断層像をより高分解能でX線被曝なしに撮像できる点で、単純CTよりはるかにメリットがある。CTも超音波検査も甲状腺腫瘍の良悪性診断には必ずしも有用とは限らず、実際の診療では吸引細胞診にたよることが多い。しかし吸引細胞診は甲状腺腫瘍全例に適応することは困難であり、その選択には画像診断が必要である。この点で、頸部CTに置き換わる画像診断法としてpanoramic imagingによる方法は、超音波検査を依頼した外来医にとって非常に有用な画像であると考えられる(図2、3)。



図2：慢性甲状腺炎(panoramic SonoCT)



図3：甲状腺濾胞腺腫(panoramic SonoCT)

5. 乳腺

乳腺疾患の超音波検査において、SonoCTにXRESを加えることによりスペックルがさらに減弱し、細かい線状エコーが表示されるようになった結果、乳腺の内部エコー、高輝度点状エコーや腫瘍境界エコーがさらに繊細かつ精細に表示可能になった(図4、5)。またフリーハンドでの生検では、SonoCTを用いると生検針の描出が容易になることが知られている。panoramic imagingは乳頭腫瘍間距離の測定には非常に有用な表示モードである(図6)。一方病変の横方向のサイズが大き

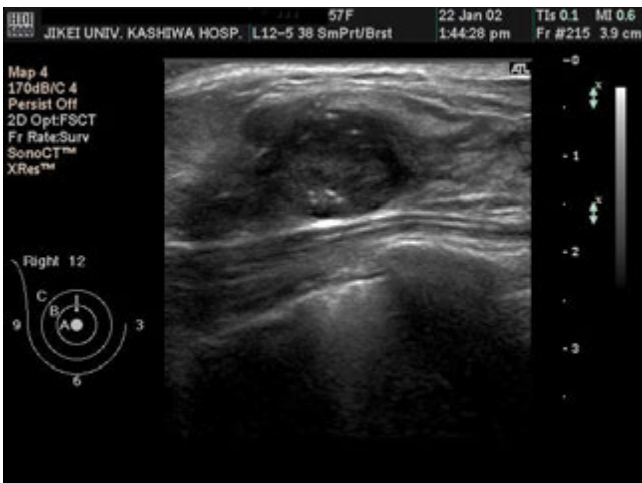


図4：乳癌(SonoCT XRES)

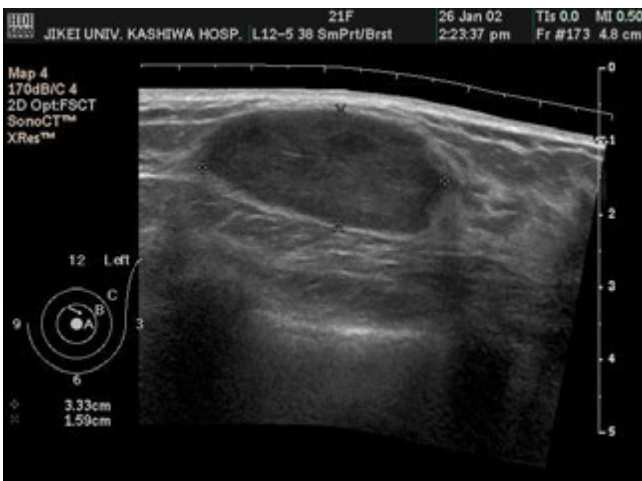


図5：線維腺腫(panoramic SonoCT XRES)



図6：乳癌の乳頭腫瘍間距離の測定(panoramic SonoCT XRES)

い場合や、腫瘍に接する乳管が拡張していたり、隣接した乳管内に病変が疑われている場合は、正常乳腺と病変部の位置関係の把握に有用である。

当院では形成外科における乳房再建術の術前検査としても有用と考えられる。SonoCTは従来のBモード電子走査法に替わる次世代のグレースケール像である。近い将来SonoCTは、乳腺超音波検査の主流になる可能性がある新技術である。

6. 腹部

現在、腹部の一般的に使用されているコンベックス型プローベには通常のBモードのほかに、SonoCT、Harmonic、XRESおよびその複合処理が可能となっている。XRESを含めるとざっと8通りのグレースケール画像が可能であり、慣れないユーザーはその選択に迷うことも予想される。筆者は、通常のルーチンのスキャンではSonoCTを最初から使用することになっている。またSonoCTで病変の質的診断(嚢胞等)に苦慮する場合は、HarmonicのSonoCT(HSCT)に切り換えて、さらに観察することになっている。最新技術であるXRESについては、これから詳細な検討が必要であるが、フリーズ後もオン・オフが可能であるので、リアルタイム検査時は検査者の好みで選択してもよいと考える。

図7-aとbは、他院において通常の超音波で腎腫瘍を疑われ、精査エコーを依頼された症例である。SonoCT(図7-a)にて腫瘍の内部エコーや境界が不明瞭であったため、さらにHarmonic SonoCT XRES(図7-b)まで行うことにより腎嚢胞という正確な診断に到達する場合もあった。このように超音波診断の専門家として精査エコーを依頼された場合のadvantageは、正しい診断を導き出すためにベストな選択である。

これらの画質改善により肝腫瘍性病変の発見は容易になり(図8)、アーチファクトによる見落としも少なくなると思われる反面、これらの複雑な画像処理により、肝内部エコーの判定が困難となっている。すなわち肝内部エコーが粗かどうかの微妙な判定は困難である。

7. 四肢・軟部組織

四肢軟部組織の腫瘍のうち、プローベの口径を越える比較的大きい腫瘍の画像化にはpanoramic imagingが有用であ

り、またSonoCTはガングリオンなどの嚢胞性病変の表示に有用である(図9)。一般に軟部組織腫瘍の超音波診断は非特異的な場合が多いが、外科医にとっては軟部組織腫瘍が嚢胞性かどうかの判定が穿刺細胞診や穿刺吸引術の適応を決定する上で重要であり、この判定や嚢胞成分の位置やサイズの把握にはpanoramic imagingが有用である。また骨関節疾患、特に肩関節や股関節の画像診断では、超音波検査が有用であり、SonoCTを用いることにより骨関節の境界エコーの良好な描出が診断を助ける(図10)。



図 7-a : 腎嚢胞(SonoCT)



図 7-b : 腎嚢胞(Harmonic SonoCT XRES)



図 8 : 転移性肝癌(SonoCT XRES)



図 9 : 肘部皮下ガングリオン(panoramic SonoCT)



図 10 : 2ヶ月女児の正常股関節(SonoCT XRES)

8 . 睪丸

欧米では睪丸・男性生殖器の超音波検査は重要な位置を占めている。当施設でも、睪丸エコーの検査数が増加している。panoramic imagingを用いると精巣、精巣上部、精索を一つの画面内に表示し、相互の位置関係を明示することが可能になり有用であった。また精巣腫瘍や精索の病変は、しばしばサイズがプローベの口径より大きかったり、横に長い病変であったりすることが多いためpanoramic imagingが有用である(図11、12)。



図 11 : 精巣腫瘍(panoramic SonoCT)



図 12 : 鼠径ヘルニア術後の精索断端炎(panoramic SonoCT)

9. 考察

HDI5000のようなハイエンド超音波診断装置が進歩する一方、超音波診断装置においてもダウンサイジングと低価格化は、ますます進むであろう。これにより今後さらなる小型超音波装置の普及も考えられるが、超音波診断の基本については、従来の手法が普遍的に継承されていくものと考えられる。

超音波診断装置は手軽に使用できるものとなっていくにしても、その診断手技の奥は深く、習得には時間もかかることにはかわりはない。しかし循環器や産婦人科の医師の間では、すでに超音波診断装置は聴診器のような、臨床の場で欠かせない道具の一つとなりつつある。これに対してHDI5000のようなハイエンド超音波診断装置は、必要に応じてSonoCT、panoramic imaging、XRES、三次元画像、カラードプラ法、造影剤などを駆使する精密検査を担っている。

筆者のような超音波専門医にとって、高精細な画像を提供してくれる多様なグレースケール画像法は、一般的な従来のBモードスクリーニング検査との差別化をはかることが可能であり、超音波診断学的には非常に有用である。一方高額な装置を用い、専門家による精密検査に対しても、日本の診療報酬は一定であることが問題点であり、今後の課題でもある。この解決方法の一つが、超音波診断装置の共通利用である。装置の運営の効率化とこれによるコストダウンは、中央検査室的な空間で、放射線科医、消化器内科医、循環器内科医、外科医、産婦人科医など多数の専門家がshareしながら検査を行う環境を作るのが理想的である。現在の超音波検査は、循環器科、産婦人科、泌尿器科、整形外科、眼科、皮膚科、小児科...など多岐にわたる領域にまたがっており、とても一人の専門家ではカバーはできないのが現状である。しかも日本では、超音波診断全般をカバーできる放射線科医や中央検査室の医師が少ない。本装置のような高額な装置を日本でもっと普及させるためには、病院内の環境作りと幅広いユーザー予備群からの精密検査のオーダーへの要求の増加が必要であると考えられる。

従来の超音波検査は探触子を用いてスキャンして観察し、その場で病変をみつけてリアルタイムに診断する手法が一般的となっている。したがって検査が終了した時点で超音波診

断の大半が終了している。これはリアルタイム超音波断層検査が普及してから今日まで超音波診断医の普遍的検査手順であった。しかし、SonoCTを用いるようになりSonoCTが従来のBモード法に置き換わって用いられるようになってから、この普遍的な検査法に疑問をもつようになってきた。すなわち旧来のスペックルやアーチファクトに満ちた超音波像ではみえないような、より精細な組織学的構造がSonoCTを用いることによってみえるのではないかと？ その証拠にいったんフリーズした静止画像をデジタルズームすると、より細かい脈管や結合組織の構造が見えることに気がつく。これは群反射体の集合を画像化した旧来の超音波画像から、より小さい反射源からのエコーを捉えられているのではないかと？ 仮に、より微細な組織構築が描出されるのであれば、病理組織像のようにズームイン、ズームアウトをしながら診断しなければならないのではないかと考えるようになった。さらにXRESを用いることによりもっと細かい構造が明瞭化する可能性がある。このように考えると、従来のリアルタイム検査法で十分な観察ができるのであろうか？ という疑問につきあたる。すなわち、SonoCT、Harmonic、XRESなどを駆使する超音波検査では、リアルタイムに人間の動体視力だけで行う検査法のほかに、顕微鏡による病理診断のように静止画像の拡大による観察も必要になるかもしれない。またこの拡大画像により、新たな超音波診断学の扉が開かれているとも考えられる。SonoCTは特に表在臓器で優れた画質を提供する。この新しいMicroscopic US診断は、まだ始まったばかりであり、これから各領域においてより詳細で新しい所見が発見される可能性がある。

10. まとめ

今回、グレースケール像を中心に頸部、頸動脈、乳腺、腹部、表在臓器、睾丸など広い臨床領域について、SonoCT、XRES、panoramic imagingは有用でありその実例を示した。

HDIは米国ATL ULTRASOUND Inc.の登録商標です。

参考文献

- 1) Entrekin RR, et al : Real-time spatial compund imaging: application to breast, vascular, and musculoskeletal ultrasound. *Seninars inUltrasound, CT, and MRI* 22 : 50-64, 2001.
- 2) Cooperberg PL, et al : Extended field-of-view ultrasound. *Seninars inUltrasound, CT, and MRI* 22 : 65-77, 2001.
- 3) Nakata N, et al : Ultrasound virtual endoscopic imaging. *Seninars inUltrasound, CT, and MRI* 22 : 78-84, 2001.