

5) ハナフィーレンズやコヒーレント法などの超音波技術と その臨床応用について

自治医科大学臨床検査医学講座
谷口 信行

【講演概要】

Agent Detection Imaging (ADI) の基礎的技術であるハナフィーレンズやコヒーレント法などの原理及びそれを用いた超音波造影法の実例について述べた。ADI は、超音波造影剤による画像をより均一で明瞭に表示するための技術であり、その基礎技術としてプレジヨントランスミットパルスシェーピング、ハナフィーレンズ、ダイナミックトランスミットフォーカスの3つが重要とされている。

Precision transmit pulse shaping (プレジヨントランスミットパルスシェーピング) は、Acuson の作成した用語の一つである。診断に用いられる超音波信号はパルス波として送受信され、一般的にはその1つのパルス幅が長いほど周波数帯域が狭くドプラ信号処理のような周波数解析には向いているが、カラードプラ法でもわかるように距離分解能が悪くなる欠点を有している。逆にパルス幅を狭くすると、距離分解能は良くなるが、周波数帯域が広がるため、基本波と高調波を区別するような周波数解析およびハーモニックイメージなどにも向かなくなる。そこで、1パルスの長さを変えないではじめと終わりの部分の波の形を変形すると、周波数スペクトルの形を三角型からドーム型に変化させ裾の広がりを抑えることができ、両者の重なった部分を抑えられる。すなわち、この手法は距離分解能を保ったままで、周波数の分離を良くするものである。

これまでレンズ方向のフォーカスは1点だけで可能であった。ハナフィーレンズは、これを改善するため素子のレンズ方向の厚さを外側に行くほど厚く逆に中心部ほど薄くし、1つの素子で広帯域の周波数を送受信できるようになった。すなわち、中心部に近い部分は高周波の送信が可能であるため浅い部分の観察に適し、端の部分ほど低周波数であるため、深い部分の観察に適する。この工夫により1回の送信で浅いところから深いところまでフォーカスする事ができるためフォーカスのきいた画像が得られる。

また、画像の分解能をあげるため探触子の素子方向で多段フォーカスをかけると、フレームレートが低下する。Dynamic transmit focus(ダイナミックトランスミットフォーカス)はフレームレートの低下を避けるため、あらかじめ送信時のパルス波形を、例えば深さ方向に3段フォーカスを行うなら、3度に分けて送受信を行わないで、各素子ごとに一度に3つの深さに適する波形を作成して送信し、受信時にそれぞれの深さに適した部分のみを拾うことで、1度に2つの深さにフォーカスされた画像を得ることができる。

これらを総合した ADI の画像の最も重要な点は、組織内にある超音波造影剤を均一に壊すことにより、深さに関わらず均一な造影剤の像を得ることである。これらは、既に述べた技術を使って空間分解能の良い高フレームレートの画像を得ることとダイナミックトランスミットフォーカスを使ってそれぞれの深さに与えるパワーを均一にして造影剤を壊すことで可能になった。

ADI の臨床例として、腎細胞癌の肝転移、悪性リンパ腫の小結節、肝細胞癌の TAE 後などについて提示し、いずれも良好な画像が得られた。特に腎細胞癌の肝転移では門脈相での造影効果によりターゲットパターンが明瞭に解り肝細胞癌との鑑別に有用であった。また肝細胞癌の治療例では、治療直後であるにもかかわらず門脈相で造影効果があり、治療が不十分であることが解った。なお別の長所として、他の装置ではもともとの断層像による構造物も造影部分もグレースケールで表示されるため、造影された部分が区別しにくいのと比べ、このシステムでは造影剤の像はカラーで表示されるため、静止画像でも造影の有無が判断しやすい。

【質問 1】

プレジジョン・トランスミット・パルスシェーピングについて

【解答 1】

この用語は、Acuson 社の作成したもので、この用語のみでは何を表してるか理解するのは難しいと思います。内容については、講演概要に記載しました。また説明の一部は、第 10 回の神田先生への質問 3 も重なり、そちらも参考にしてください。臨床的な理解としては、従来では相容れなかった距離分解能と周波数解析の両方を良くしたパルス波形を作成することで、より明瞭なハーモニック画像を得ることができるものと考えたいと思います。

【質問 2】

dynamic transmit focusing について

【解答 2】

1 枚の超音波像を得るには一定の時間が必要です。例えば、これまでの dynamic focus のように電子フォーカスを使って深さごとに画像を作成・合成していたため、3 枚から 1 枚の画像を合成するなら 1 枚の画像をつくるのに 3 倍の時間がかかることになり、フレーム数が低下します。そこで、例えば 3 枚を合成する場合、深さごとに別々に送信しないで、浅い部分、中間、深い部分の 3 つの深さ分のパルス波形を合成したものを一度に発射します。受信時には、それぞれの深さに適した信号だけを使用して各深さごとの画像を作れば、これまでの 1 枚の画像を作成するのにかかる時間で、3 つの深さの画像を作成できることになります。

実はここでは 3 つの深さで説明しましたが、処理時間などの関係で実用化させて

いるのは現在 2 点のみのようです。

【質問 3】

レボピストの注入方法、追加投与について

【解答 3】

今回の症例は、上肢の静脈でいずれもやや細径の 21G で 7ml を 1ml/sec で bolus injection しています。検討の腫瘍は 1 カ所であり、画像も明瞭であったため追加投与は行っていません。

【質問 4】

注射針の影響等による造影のタイミングのズレは？また、絶対的な時間だけの評価は難しいのではないかと思うのですが、時相の調整の工夫は？

【解答 4】

一般的に細い注射針では、遅れて造影されるようです。今回の例でも、これまでの報告よりやや遅れている印象があります。これは意図的に細径にしたわけではなく、血管がもろく太い血管が確保できなかったためです。なお、今回の時間と血管相の関係は、初心者にも理解し易くなるように一般的な時間を大まかに設定したもので（注入後 30 秒以内を動脈相、30-60 秒を門脈相、3 分（5 分）を後期相；なお用語はまだ確定していません）、ご質問の通り造影剤の注射速度、針の径、個体などにより変化することは十分に考えられます。実際に判断する場合の時相調整は、断層像を参考に経験的に動脈が造影されている時相、門脈内に造影剤が見える時相のように大まかにとらえる必要があります。

【質問 5】

CT/MRI 検査結果とのマッチングは？その他、検査を省略できる可能性は？

【解答 5】

今回の症例では行っていません。この点については今後大変重要で、造影剤の能力を引き出せる超音波装置がそろってきた現在、各施設からの検討が待たれます。これまでも、肝細胞癌については dynamic CT などと比べて、遜色がないとの報告が見られます。