

初心に戻って超音波の基礎

初心に戻って超音波の基礎を初歩から
音を波動力学と量子力学で考え
人体の生理学的特徴を念頭にいれ超音波での
観察を基本から見直し基本に忠実に
そして新たな発見を！

はじめに

- 超音波装置は使い方しだいで日常診療での情報収集に威力を発揮できるモダリティーと考えられる。この装置の操作法の基礎を習熟する事により臨床現場に威力を発揮できるものと考え基本原理について考えてみた。一般的な書籍より深く踏み込んで述べる。特に誰も教えてくれなかった事を出来るだけもりこむようにした。あくまでも推測レベルである事を念頭に置いて楽しく思考を巡らせてもらいたい。

ギリシヤ神話でのエコー

- エコーは妖精、ナルキッソスに恋をしゼウスの妻ヘラの怒りで姿を消され他人の言葉だけを繰り返すようになり、ナルキッソスはその復讐で自分しか愛せなくなり、水に映る自分に引き込まれて死ぬ。ドップラーのナイキストはこの語源でPRF以上の血流は測定不可

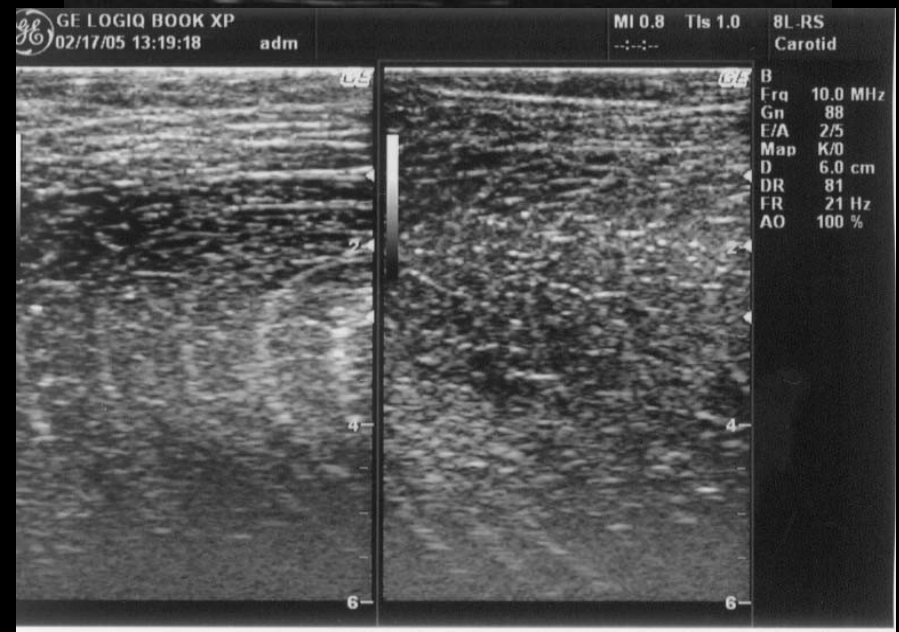
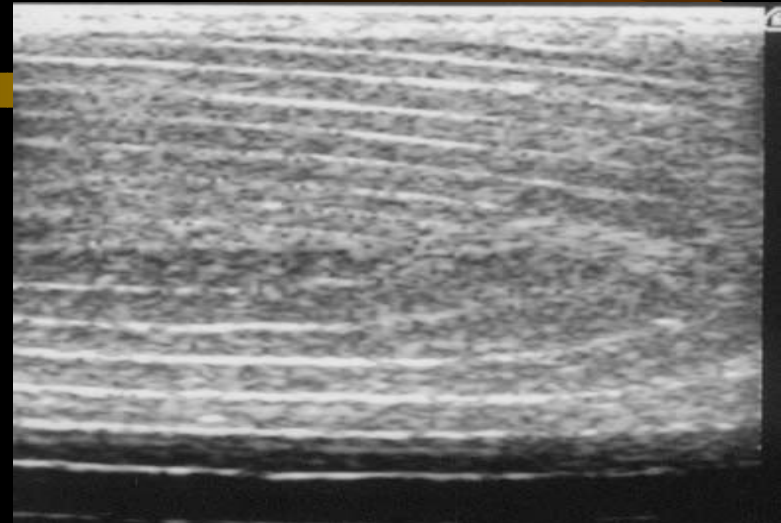
超音波力学とは波動力学と量子力学との複合体

- 波動力学でビームの形成やフォーカシングを行う
- 量子力学で信号解析を行う
- ハーモニックを考える
- ドップラーを考える
- 超音波治療を熱力学で考える

超音波診断装置のルーツ

- 魚群探知機の応用で生まれ、最初は記録紙にカウンター方式で表示
- 日本人のS. O. N. Yの4者で開発
- 診断装置はデジタル化で発展を遂げている。
- その原理が魚群探知機にフィードバックし、マグロ追尾型ソナーを漁師が使用していてその価格は医療用と差が無い。しかしデジタル化により感が鈍り釣果は落ちた。アナログが判断しやすいとの事！

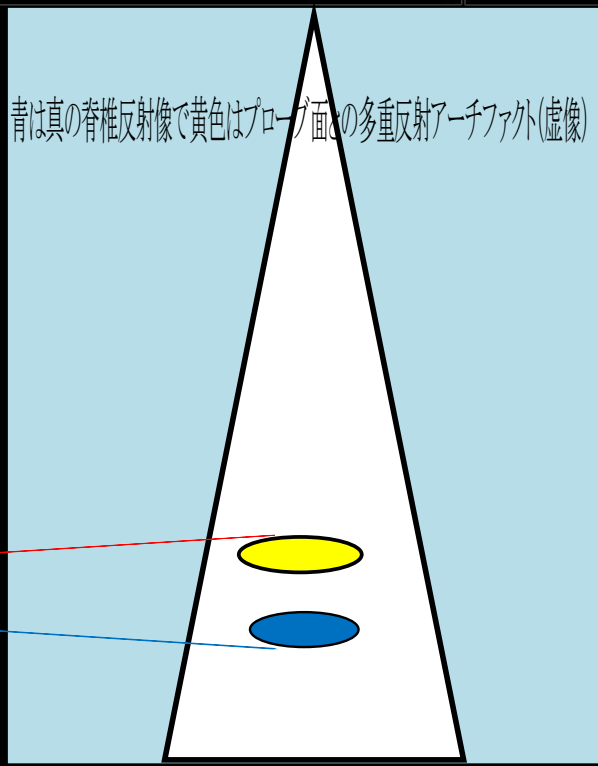
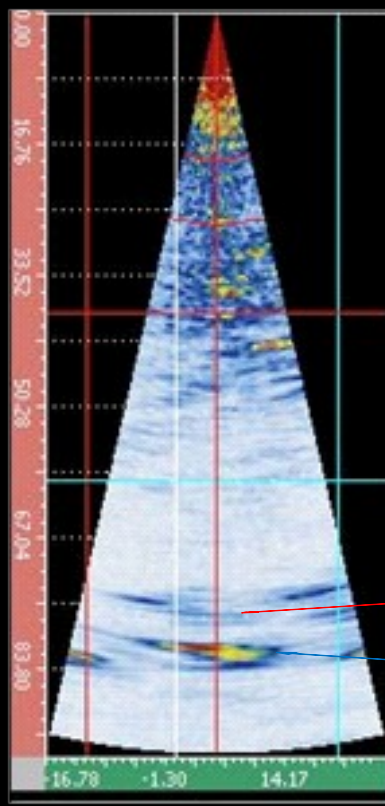
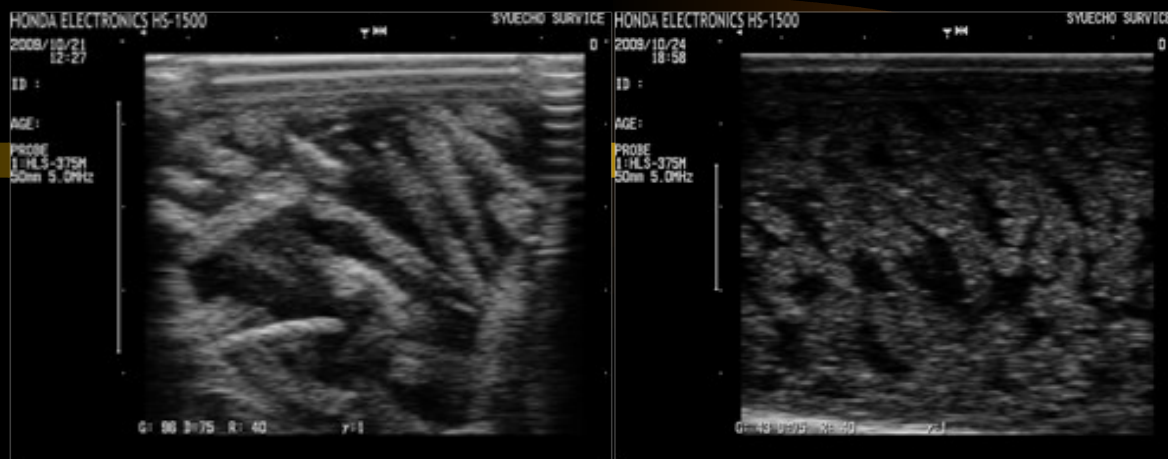
マグロを超音波で診る



缶詰サクランボとミカンの超音波像



紅ショウガ、しらたき、工業用装置でのまぐろ超音波像



波動力学とは

- 音はある周波数をもった波動
- 音は物質による特定の音速を有する
- 半波長以上の物質に反射する性質がある
- 音は球面波であるがビーム状に直線的に送信出来る。
縦波の合成利用
- 人体は音の透過性が良く、音速が診断の情報収集に最適な位置にあると考えられる。
- 波動に量子を乗せて移動させる事が出来、人体には 1 MHzで細胞内へ物質を挿入する研究成果がある。肌の美白や血栓溶解、遺伝子治療など効果が確認され、製品化されたものもある。

量子力学での信号解析とは

- ピンポン玉で例えると陽のピンポンと陰のピンポンが二つ並んで進行するとする
- 一個のピンポン大未満の障害物は乗り越えるがそれ以上はピンポン大以上の境界面のインピーダンス($Z = \rho C$)の差に応じて跳ね返る。
- 反射率 $Z_1 - Z_2 / Z_1 + Z_2$ ($Z_1 - Z_2 = 0$ で反射無し)
- 境界がピンポン大以上でもインピーダンスの差が無い場合は明らかに物質が違ってもすり抜けて行く
- 超音波装置は60dbで1000個中1個の反射を表示可能

アカジンミーバイを調べる

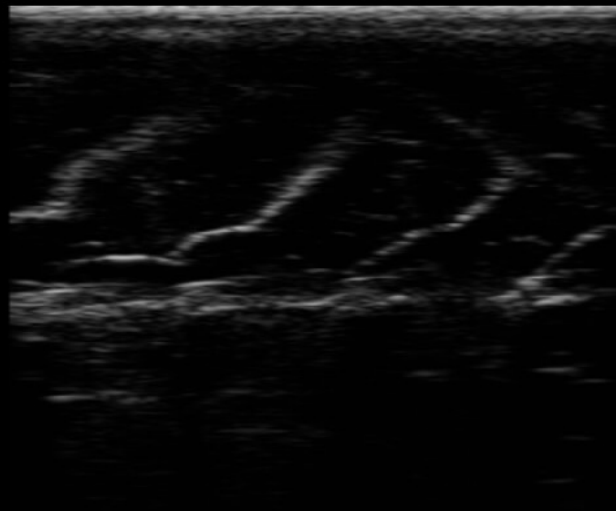
HONDA ELECTRONICS HS-1500

2007/10/17
08:08

ID :

AGE:

PROBE
1: HLS-375M
50mm 10.0MHz



G: 65 D: 75 R: 40

γ: 5

ARAGAKI HP

0



- 高級魚アカジン、重量2キロ前後で最も美味しい大きさとされている。
- 超音波で寄生虫や病変、異物など認めない
- 鱗の影響が軽微で品質判定可能

ハーモニックを考える

- 波は物質を進行中に歪みを生じてくる
- 歪みは整数倍に起る
- ある程度の距離（深部領域の反射波）を進行した反射波は多くのハーモニック成分を有する
- これをフーリエ変換し1、2、3次...と取り出し必要な成分を積分し信号を作る
- デジタルは位相エンコード法で、波動に位相差を付けて最初からハーモニック成分を持ったビームを送波し上記と同じ解析で信号を作る
- 超音波に同位相周波数の物質は波動量に応じて同期周波数を発生する。（コントラストハーモニック）

水産試験場での検査風景



- アカナーの検査中
- 右上がアカナーで非常に美味しいが猛毒のシガトキシンを多量に含むと言われている。琉大で試薬開発されたしかし.....
- 実際には中らなかつた。沖縄では流通禁止！
- 鹿児島では高級魚？中らないらしい！

ドップラーを考える

- 音で物体の位置を測定する場合、近づくものは、周波数は高く、遠ざかるものは低くなる。
- ドレミのミ音で発信、ド音で受信の時、ミからドへの変移のスピードで遠ざかる。このミからドへの周波数の差をドップラー変移周波数と言う
- 最大の利点は移動速度と方向が同時に計測できる
- PRF以上の周波数変移は測定不可能 (ナイキスト)
- また対象物体が周囲に対して、インピーダンスの差が極度に大きい場合ドップラー変移が発生する (エラストグラフィ)
- 次式で表される $F_d = (2V \cdot \cos\theta \cdot F_0) \div C$

Bモード超音波画像とは

- 組織の音響インピーダンスの境界比
- 組織音速の差によるビームの屈折
- 組織音速の差によるビーム方向画像伸縮
- 組織の不均一性によるスペックル
- 組織減衰率による画像表示変化
- 非線形化によるアーチファクト

装置機能を使いこなすとは？

- 信号を得るためのビームの形成にはある距離が必要でハーモニックも同じ
- フォーカシングは必要であるが重要なのは走査法と考える。プローブ厚とフレネルゾーン
- ドップラーにおいてはPRFの調整は最重要
- キテコの介在は絶対必要！波動はデジタルで管理出来ない。位相エンコードでも同じ結果。クロス法で補間を取るがそれでも表面は困難

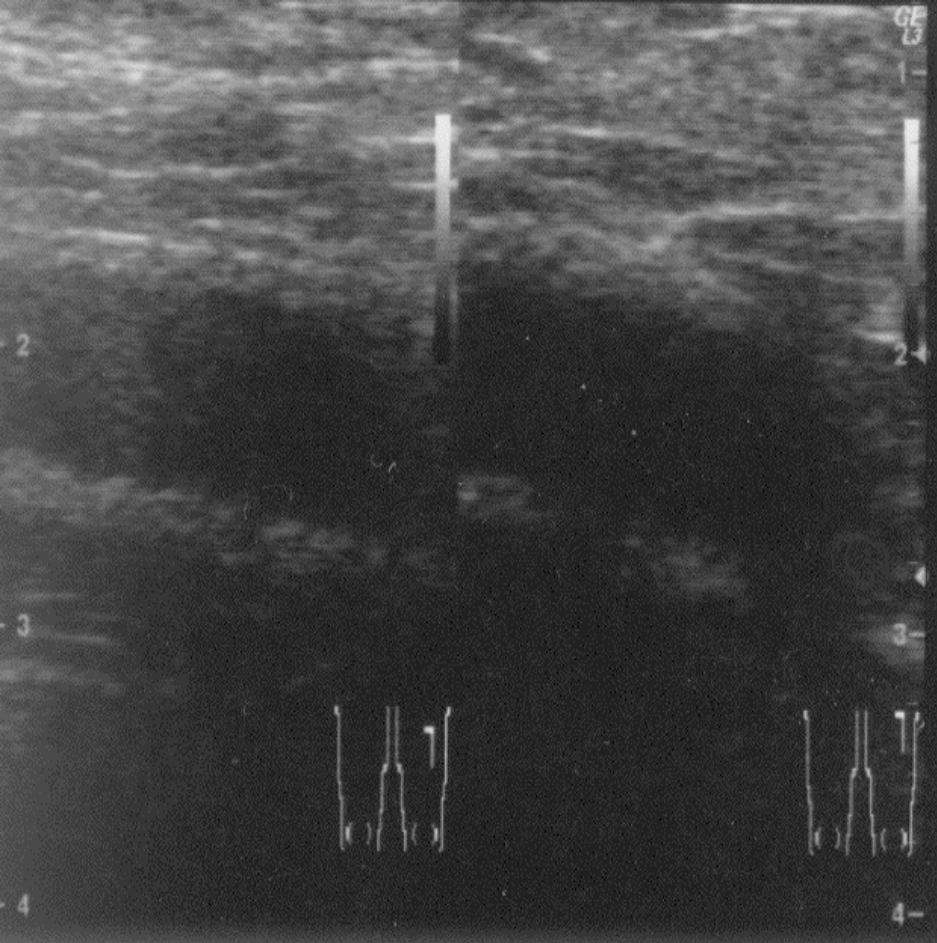
フォーカシングとは？

- ピントを合わす
- 病気にピントを合わすのであって、写真のピントを合わす事とは意味合いが違い、症状の原因にピントを合わす
- 大腸憩室炎を、虫垂炎と思い込みそればかり観察に専念、目の前に見えている憩室炎を見逃す。
- フォーカスを変える作業は視点をを変える最も有効な技術で必要に応じてプローブ切り替え、ゲイン調整などを行う。
- 付随して左手作業が多くなる

目的を素直に忠実に

- 初級レベルの技師は、目的も知らずに先輩と同じ画像を描出する事に専念することが多い
- 初心者は確診または除外診を明確に観察余裕が出来て関連所見、他の所見を！
- スクリーニングほど技術を要する
- 血管解剖を熟知し位置関係をこれで示す
- 主訴を背景に描出すべき空間構築を予想する
- 使用周波数を目的に合わす。体表の巨大血腫（10cm径）の深部に存在する血管破綻を10MHzで確認できなかった。3.5MHz使用にて解決

人工血管の超音波像



- 編み込みダクロンの素材
- 壁構造ではなく網目構造が観察
- 拍動性に乏しい
- 接続部の動脈が瘤状に拡張し拍動性を示した

装置を使いこなす

- 電源のON,OFF
 - 情報入力および取り込み方法
 - ゲイン、PRF、フォーカス、ドップラー調整などの走査方法
 - プローブ形状、周波数、ゼリー及びキテコの使用法
 - 安全性確保のための出力調整 (1998年米国FDAより出力調整による熱発生抑制メカニカルインデックスが装置使用者に義務付けされている) 臓器別に出力量基準があり最も低いのが目の水晶体観察で 17 mW 以下の調整 (SPPAの理解)
- 他に体温 39° の患者の検査時は 15分以内に検査終了する事。サーマルインデックス (SPTAの理解)

解剖を熟知せよ

- 臓器の位置関係はあたりまえ
- 血管走行を覚える
- 組織の病理および細胞構築を知る
- 組織の超音波物理を知る
- 生体の特徴を念頭に入れる

技を磨く

- 生理検査のK氏は左利きで、患者に対して、どの位置からでもまた、左手、右手関係なく自由に走査及び装置の調整が行える。
- 右利きが、左手使用の訓練をすると同じ効果が得られる。
- 非常に利便性が高く、創造性も高くなる

異常消化管ガスの血管内逆流

- 生理検査のK氏との共同作業
- 私が患者の左側でプローブ左手操作
- K氏が装置調整を両手で私の手の動きに追従して作成した映像、K氏の瞬時的発想で作られたもの

競り直後の風景，尻尾に切り口がないものは30キロ以下

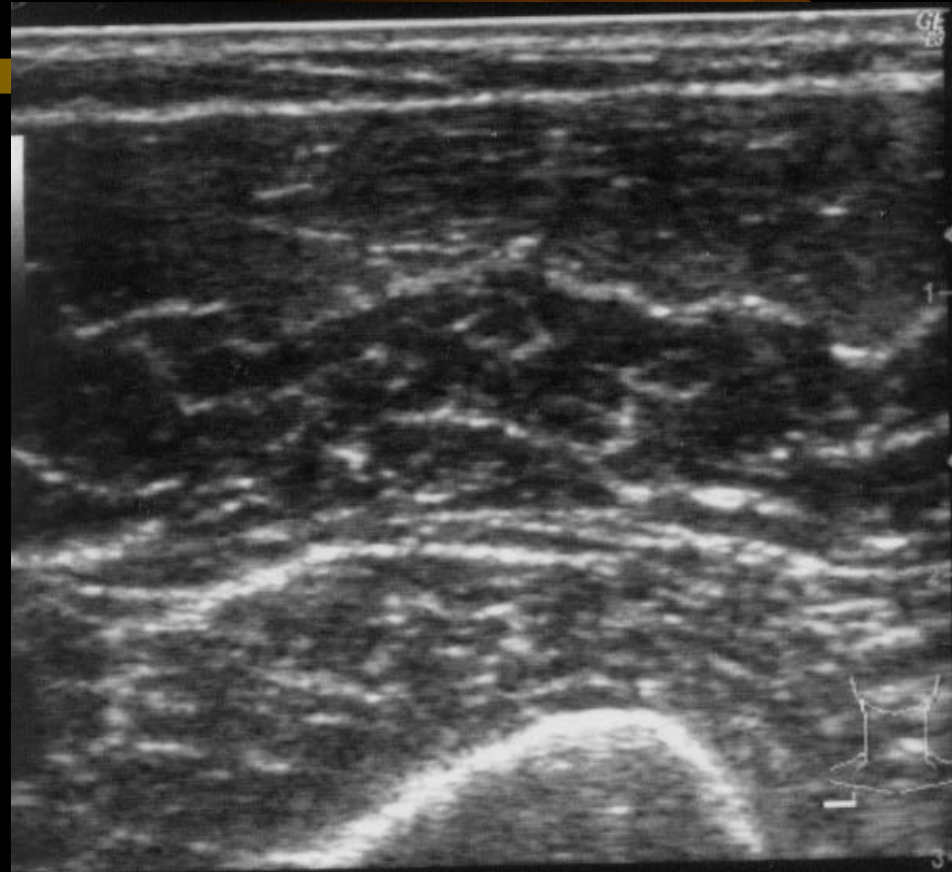


検査時の工夫

- 患者とのコミュニケーションで主訴や病歴など医師に伝えてない重要事項を知る。話しかけながら検査を進めると協力的で時間を要しても文句が出ない事が多い
- 体位変換や呼吸調整で観察しやすくするまた腫瘍の性状が同定できる事もある
- プローブ走査法の変更　プローブを変えたりゼリーの粘張度を可変したり無しにしたりの操作工夫
- 装置機能を存分に使う（左手フル活動）
- ドップラーによる血流評価（PRF設定を変え周囲との差を明確にする）

上腕筋の観察特に伸縮時のエコー変化

- 上腕二頭筋と上腕筋
- 屈曲で膨隆低エコー化
- 伸展で伸縮筋繊維繊維細均一高エコー
- 上腕筋にAVMの症例で伸展時に発痛



体位变换



- 仰臥位
- 左側臥位
- 右側臥位

股関節周囲の解剖



幼児股関節正常工二一

- 体位と走査手順 1
 - 水平断にて臼蓋、関節包、骨頭を観察し左右差の有無を確認し記録する。

体位と走査手順 2

- 矢状断にて臼蓋、骨頭、関節包を観察するこの時、時計回り、反時計回りにプローベを走査してくまなく観察する。骨頭の形状および関節胞の領間や左右差を確認する。

所見と計測

- 常に同じ部位を計測するため、何らかの指標を作る。
下肢動静脈または靭帯に対して??で中間位内外旋などと定義しておく事が重要である。

超音波のピットホール

- 周波数を上げると全てが高い空間分解能？
- プローブ厚以下の結節は表面からプローブ厚まで分解困難
- 皮膚面からの評価にはプローブ厚と同じ厚さ以上のキテコを要する
- デジタルはアナログに比べて非常にデータの帯域幅が狭い

HONDA ELECTRONICS HS-1500

2007/10/15
18:54

ID :

AGE:

PROBE
1-HLS-375M
50mm10.0MHz

D +: 3.4mm

ARAGAKI HP

0



G: 36 D:75 R: 40

γ:5



手根管を 10MHz で観察

- 手根管症候群へ新しい観察法
- 手を開いた状態より小指から順に親指までの動作
- 開いたり握りしめたりの動作

気胸を超音波で観る？

- 肺はエコーで見えない
- 何故気胸を推測できるか
- 肺と胸膜との刷れ動きを観察する事

椎骨動脈の観察

- 前方アプローチはプロローブの圧迫で苦しい
- 胸鎖乳突筋をウインドウで軽減
- 椎間孔が正面となる

内頸静脈の観察

- 内頸静脈はプローブの軽い圧迫で潰れてしまう
- 触れるか触れないかのソフトタッチで描出
- 通常は見落としている

黄体出血

- 黄体 4 cmと異常腫大
- 内部エコー—高エコー—粗雑不均一
- 子宮内膜の帯状高エコー

肝悪性リンパ腫

- 肝内及び腹腔動脈周囲に20mm大の類円形でCECを有する結節が多発している。
- CECに動脈血の信号を認める

急性精巣炎

- 精巣の腫大
- 内部エコー—織細均一—
に低エコー—地図様領域を認める
- 陰嚢の圧痛と熱感

胆石移動



- 胆嚢頸部に結石を認める
- 体位変換にて移動

尿管結石

- 腎盂の軽度拡張
- 尿管に結石を認める
- ASは弱いがドップラーにて強信号を呈す

卵巢腫瘍

- 右卵巢の辺縁不整、
内部高エコー粗雑、
低エコー領域の混在

胆石胆嚢炎

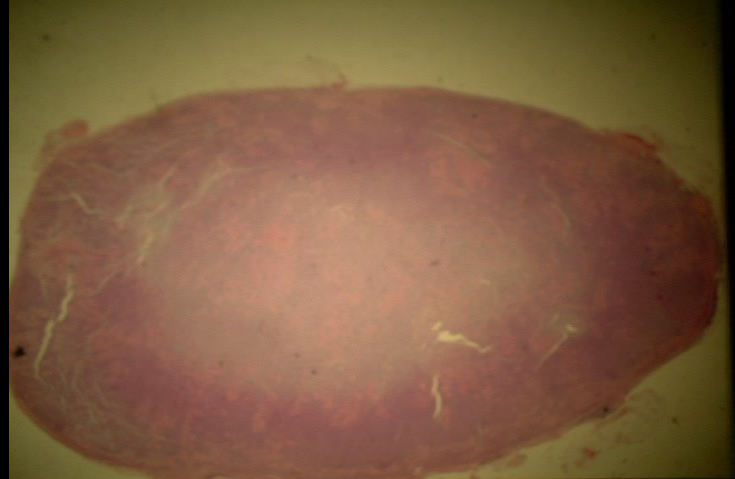
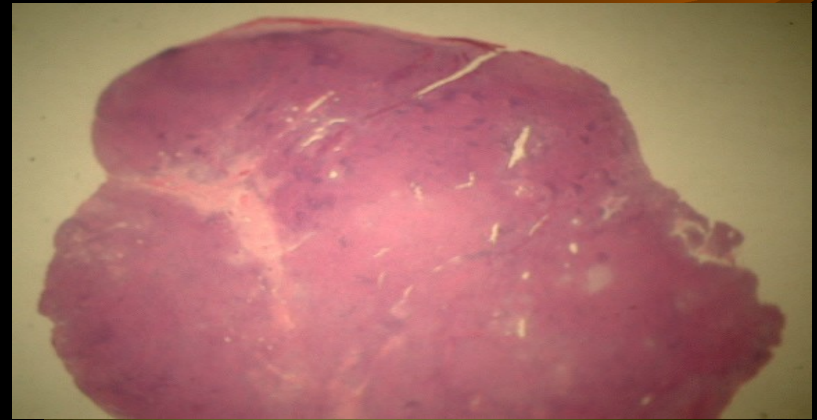
- 胆嚢頸部に結石を認めASを伴う
- 胆嚢体部に結石を認めコメットエコー
- 胆嚢壁の肥厚と層構造を認める
- 周囲の高エコー粗雑
- 圧痛と発熱

悪性リンパ腫

- 長軸、短軸比が低い
- 内部構造が低エコー
- 塊状をなす
- 周囲血管の造成
- リンパ門の不明瞭
- 異常血行路の流入
- 後方エコー増強

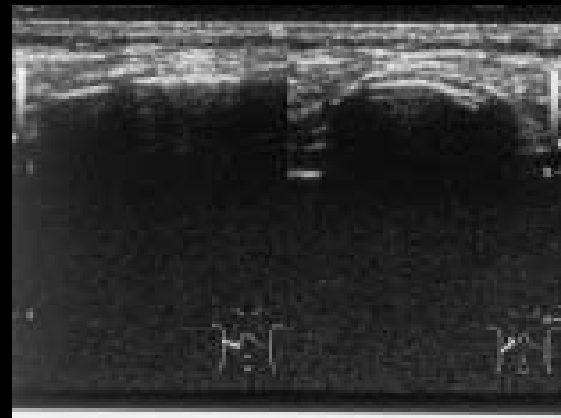
悪性リンパ腫病理像

- 上段ホジキン
- 超音波所見に類似
- 下段亜急性リンパ節炎
- 超音波データー保存無し



肋骨骨折

- 受症 5 日後の超音波像
- 仰臥位困難
- 呼吸時に激痛
- 血腫を認める
- 受症 1 月後の超音波像
- 患部側臥位可能
- 呼吸時に軽い痛み
- 血腫の消失



口蓋扁桃腺膿瘍

- 上段右口蓋扁桃腺炎
- 下段左口蓋扁桃腺膿瘍



大殿筋損傷

- 肉眼的に皮下出血に一致するエコーフリースペース層
- 筋繊維の中断とエコーフリースペースの存在
- 圧痛の一致

肘関節周囲炎

- サトウキビの収穫の為、鉈を上下に振る作業を行った
- 肘外側部の疼痛
- 腱付着部の肥厚、筋の低エコー化
- 上江洲医師の診断により腱鞘炎

膵頭十二指腸動脈瘤IVR



- 膵頭部に最大径 50 mm の複数個認める
- 塞栓術前のドプラー像

臍頭十二指腸動脈瘤IVR後



- 動脈瘤内にコイルを多量に挿入し治療
- 血流に方向性が生じた、血流量も減少
- ドプラーで信号の低下と2分する血流の方向性を示す
- 3.5 MHzで観察し、コイルの存在はエコーで同定できない。ハーモニック使用でも状況変化なし

胆嚢炎

- 胆嚢壁の肥厚
- 層構造
- 周囲軟部組織の高輝度粗雑化
- 描出時に圧痛

肝損傷

- 中肝静脈起支部に境界明瞭、辺縁不整な低エコー領域
- 腹部強打、疼痛
- 肝表面平滑、断烈無し
- モリソン窩にエコーフリースペース無し

門脈気腫

- 肝実質に点状高エコーを瀰漫性に認める
- 門脈内に点状高エコー粒の流体を認める

腎細胞癌

- 右腎下局部に巨大、
辺縁不整の腫瘤を認
める
- 腎より動脈血の流入
を認める

水腎症改善直後

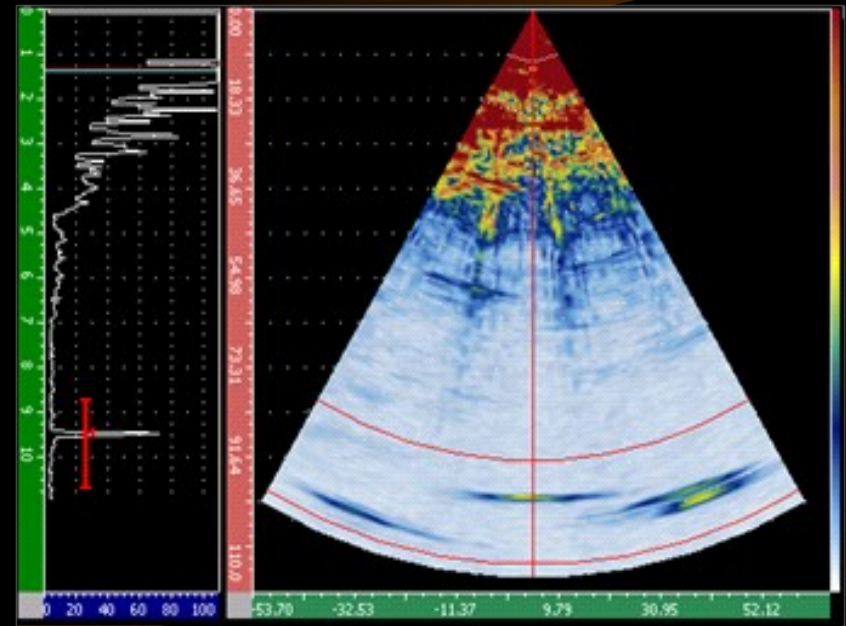
- 拡張腎盂の改善
- 腎周囲のエコーフリースペース
- 膀胱内に結石を認める

ドップラーの利用方法

- 尿管結石に反応
- 原理不明であった
- 原理が組織の硬さによるものと判明
- エラストグラフィの開発
- 粗雑不均一像での硬い組織の評価可能

ダイナミックテストの必要性

- 画像はミカン缶詰を超音波検査
- 超音波透過性を認める底面エコーが確認
- ミカンからのエコーと思われる反射あり
- 確認のため缶を揺らす
- 連動して内部のミカンが動くのがリアルタイムに認められた



組織の違いによる穿刺ガイドライン

表示誤差

- 脂肪の音速は約 1400 m/s で、筋肉は約 1540 m/s とされている。超音波装置の音速設定は一般に 1530 m/s 程度であるらしい。
- 肥満などで脂肪だらけの人の表示は深部方向のみ約 1.1 倍大きくなるので、穿刺ガイドラインより実際は数%浅く穿刺する必要がある。 $\sin(1/1,1) - ①$
- スライス面に沿っての観察は 16 ゲージ針でも先端の確認が困難
- 厚み方向、スライス面に直角に穿刺で確認しやすくなる
- ドップラーをかけて針に振動を与えながら刺入する方法もある。PRFを下げた方がより効果的
- 体表領域は超音波で空間的位置を確認し結節性の対象は指で固定しブラインドで穿刺するのが成功率が最も高かった。IVRで 8 cm 深部の 3 mm 径の動脈瘤を比較的スムーズに穿刺し治療を行った

超音波ガイドで失敗例の多い物

- 内頸静脈
- 総頸動脈と並走で穿刺に注意を要する
- プローブの軽い圧迫で簡単に潰れ消失
- 胸鎖乳突筋ウィンドウで観察し正面A-P方向よりアプローチするのが効果的では

水産試験場でのテストデータ

—

QuickTime™ と
PowerPoint Video 1 併用プログラム
をインストールするために必要な

- 体長10cmのヤイトハタの心臓ドップラー像調律 60 心拍で心房と心室が十字で観察された
- 完熟もずくの 10 MHz 超音波断層像 (Bモード) 茎内に空洞が出来ている。胆嚢壁のRASに類似する画像。これを認めると熟しているとの事 (水産試験場のもずく先生の説明)

超音波の利点

- 機動性が良い (移動可能)
- リアルタイム性
- 高空間分解能
- 省エネルギー
- 人体に低浸侵性
- 走査が簡易
- 調整が簡易
- 機能豊富 (FFT解析)

超音波診断装置で見えているもの

装置の性能に依存するが、最も依存性の高いものは術者の能力でありリアルタイム観察による点で見えたものを線にし、さらに面に換え、最終的に立体空間を把握し、目的を点で捉える能力と組織の音響学的知識が必要である。簡単に言えば、解剖と超音波物理を理解する事につきる。シグナルだけを観察するのではなく、ノイズも重要な所見と考えよ。デジタルは鮮明で多機能であるが、重要なノイズがカットされる事が多い。デジタルとアナログは若干操作法が異なる。

最後に

- 超音波装置を活用してもらおうことが最大の目的である。しかし膨大な情報がリアルタイムに収集されるので必要情報を念頭に入れて検査する。またこの装置は微弱な音波で組織レベルの情報を提供するものなので当然の事ながら衝撃に弱く破損しやすいので操作法を習熟し大切に扱う事、使用にあたって十分注意する事が重要である。これからの省エネ時代に最も活躍していくモダリティーと考えるので、目標は認定を取得し技術を身につける。これからは機械ではなく技術で収益が上がる。しかし日々の努力が必要で若ければ若い程身に付く技術は多いので、今日から始めてください超音波の基本を念頭に入れながら

制作

- 事業所名 周超音波検査研究所
住所 南城市玉城堀川555
- 代表 新垣 周三
- e-mail: syuecho@yahoo.co.jp
- URL <http://syuzou.awk.jp/>
(サイト周超音波研究所)
- ブログ アイディア先端技術で省エネ
を目指す周超音波研究所