

超 音 波 診 斷

中央大學校 醫科大學 放射線科學教室

副教授 金 鍵 相

Introduction of Ultrasonic Diagnosis

Department of Radiology, College of Medicine, Chung-Ang University

Vice Prof. Kim, Kun Sang, M.D.

序 言

超音波를 利用한 診斷이 시도되기는 상당히 오래 전부터이다. 그러나 부분적으로나마 醫科大學에서 강의가 실시되기는 1960년대 후반이고, 우리나라에서 실제 臨床에 활발히 응용되기는 1970년대 후반이라고 보아진다. 따라서 일선에서 환자와 직접 만나야되는 의료인들 가운데는 아직도 超音波診斷은 생소하기도 하고 매일 저녁 TV에서 방송되는 일기예보 기상도보다도 불확실한 것처럼 느껴지기도 할 것이다.

超音波診斷을 올바르게 이해하기 위해서는 실제 증례를 통한 경험도 중요하지만 音響學과 超音波診斷裝置에 관한 이해가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 우선 基礎原理를 간단히 기술하고자 하는 바이며, 기회가 있는대로 臨床을 다루고자 하는 바이다.

超音波 診斷의 原理

1. 基 礎

1) 超音波란 무엇인가?

音波는 空氣 또는 다른 媒質의 振動이다. 우리가 귀로 들을 수 있는 音波는 그 周波數가 1초에 16 cycle에서 20000 cycle 사이의 音波이다. 이들은 可聽音이라 하고, 이 可聽音의 周波數를 벗어난 音波를 超音波라고 한다.

周波數의 단위는 HERTZ(Hz)라 하고, 1 Hz는 1 cycle/秒이고, 1 MHz는 1백만 Hz이며, 1백만 cycle/秒이다. 대개 診斷에 利用되는 超音波는 1 MHz에서 10 MHz사이의 周波數를 갖는다.

2) 超音波의 傳播速度

人體를 통과하는 超音波는 人體內部에서 相互作用을 한다. 일반적으로 超音波는 媒質의 硬度和 密度에 따라 다르게 作用하는데, 硬도가 커지면 超音波의 傳播速度가 빨라지고, 密度가 커지면 감소한다. 따라서 超音波의 傳播速度는 氣體에서 느리고 液體에서는 氣體에서보다 빠르며, 固體에서는 가장 빠르다. 人體內部에서의 平均 傳播速度는 1초당 1540 m(1540/sec)이다.

3) 超音波의 減衰와 임피던스

超音波의 强度和 振幅은 媒質 속을 진행함에 따라 減小한다. 이러한 현상을 減衰라 하고, 減衰는 吸收 Absorption, 反射 Reflection, 散亂 Scattering에 의해 발생한다. 減衰는 높은 周波數의 超音波일수록 심하다. 따라서 高周波數의 超音波에 의한 映像은 그림이 선명한 잇점이 있으나 깊게 위치한 病變을 보는데는 적당치 않다고 할 수 있다.

임피던스는 조직의 密度와 관계가 있고, 式으로 표시하면

임피던스 = 密度 × 電波速度이다.

인체조직의 임피던스는 空氣 0.0004, 脂肪 1.38, 水 1.48, 腎臟 1.62, 軟部組織 1.63, 肝 1.65, 骨 7.80이고 강철은 40.00이다.

4) 超音波의 反射, 散亂, 屈折 및 도플러 효과
 임피던스가 서로 다른 두개의 媒質의 境界面
 에서는 超音波의 反射를 볼 수 있다. 대부분의
 超音波診斷器가 反射波를 기록하여 映像을 形成
 하는 方式을 擇하고 있음으로 反射現象은 대단
 히 중요하다. 超音波의 波長이 境界面보다 작을
 때는 反射現象이 생기나, 境界面의 크기가 超音
 波의 波長보다 작을 때는 散亂現象이 일어나게
 된다.

超音波의 진행방향이 境界面에 대하여 수직일
 때 즉 入射角이 直角일 때는 境界面에서는 超音
 波의 一部는 入射方向과 正反射 方向으로 反射
 가 일어남과 同時에 反射되지 않은 超音波는 入
 射된 方向과 같은 方向으로 계속 進行된다. 그러
 나 超音波의 入射角이 直角이 아닐 경우, 反射되
 지 않는 超音波는 제 2의 媒質을 통과할 때 方向
 을 바꾸게 된다. 이러한 現象을 屈折이라 한다.

超音波가 움직이고 있는 物體가 入射되었을
 때 이 物體가 超音波의 音源에 가깝게 다가오고
 있으면 入射된 超音波의 周波數에 비해 反射되
 는 超音波의 周波數가 증가하고 반대로 이 物體
 가 超音波의 音源으로부터 멀어지고 있으면 入
 射된 超音波의 周波數에 비해 反射되는 超音波
 의 周波數는 감소하게 된다. 이러한 現象을 도
 플러 효과 doppler effect라 하고 血流測定 등에
 응용된다.

2. 超音波診斷裝置

1) 探觸子 Transducer

映像診斷에 쓰이는 超音波 探觸子 transducer
 는 超音波를 發生시키기도 하고 超音波를 受信
 하기도 한다. 이는 소위 壓電效果를 이용한 것인
 데 壓電效果 즉 piezoelectric effect는 수정 cry-
 stal 또는 도자기 ceramic 같은 結晶體에 電氣
 를 가하면 壓力이 發生하고 반대로 壓力을 가하
 면 電氣가 發生하는 現象을 말한다. 쉬운 예로
 라이터돌을 넣지 않는 라이터를 생각할 수 있다.
 라이터의 레버를 누르면(壓力을 가하면) 스파크
 가 發生하여(電氣가 發生하여) 가스에 점화하게
 되는 것은 우리 주변에서 壓電效果 piezoelectric
 effect를 이용한 좋은 예라 할 수 있다.

臨床에서 사용되는 超音波診斷器의 探觸子

Transducer는 電氣가 가해질때는 超音波를 發
 生하여 人體에 投射하게 되고 이 超音波가 人體
 를 透過하는 동안 反射되는 超音波는 다시 探觸
 子에 入射되어 電氣로 바뀌어 기록하게 되는 것
 이다.

대개의 診斷用 探觸子는 펄스모드 pulsed
 mode로 作動되는데 이는 일정시간 超音波를 보
 내고 일정시간은 超音波를 받아들이는 式을 말
 한다.

探觸子에 發生된 超音波는 하나의 音束을 形
 成하게 된다. 音束은 近距離音場 near zone과
 遠距離音場 far zone에 따라 모양과 크기가 달
 라진다.

近距離音場은 프레넬존 fresnel zone이라고도
 하고 近距離音場의 길이는

$$\text{Fresnel zone(mm)} = \frac{[\text{Transducer diameter(mm)}]^2}{4 \times \text{波長(mm)}}$$

의 공식으로 계산하며 近距離音場에서의 音束의
 直徑은

$$\text{音束直徑(mm)} = \text{Transducer diameter (mm)} - \left(\frac{2 \times \text{波長(mm)} \times \text{거리(mm)}}{\text{Transducer diameter}} \right)$$

의 공식으로 계산한다.

어떤 일정한 크기의 探觸子에서는 周波數를
 크게 하면 音束直徑이 작아지고 近距離音場이 길
 어진다. 또 周波數가 같을 때 探觸子의 크기를
 크게 하면 近距離音場이 길어진다.

超音波映像의 質은 흔히 側方向分解能 lateral
 resolution으로 말을 한다. 側方向分解能이란 超
 音波의 進行方向과 수직인 方向으로 2개의 反射
 體를 분리된 反射로 식별할 수 있는 최소의 거
 리를 말하고 音束의 直徑과 같다. 따라서 좋은
 質의 映像을 얻기 위해서는 높은 周波數의 探觸
 子를 쓰거나, 같은 周波數에서는 크기가 큰 探
 觸子를 쓰는 것이 필요하나 探觸子의 周波數가
 클수록 투과력이 떨어져 깊게 위치한 病變을 보
 기가 어려움을 감안해야 할 것이다.

探觸子는 350°C이상으로 가열하면 壓電效果를
 일으키는 성질을 잃어버린다. 따라서 探觸子를
 오토클레이브로 소독하는 일은 삼가야 할 것
 이다.

2) A모드, B모드, M모드

超音波의 映像은 여러가지 형태로 기록된다.

우선 心電圖에서 보는 것과 같이 펄스의 형태의 기록방법이 있다. 이것을 amplitude mode 즉 A모드라고 한다. 超音波가 지나가는 경로에서 발생된 반사파의 강도가 크면 波高가 높은 그림으로 반사파의 강도가 약하면 波高가 낮은 그림으로 기록된다. 두점사이의 정확한 거리측정, 中心線移動등의 正確한 測定등에 이용된다.

B모드의 “B”는 “Brightness”를 뜻하는 것으로서 超音波가 지나가는 경로에서 발생된 反射波들이 A-모드에서는 펄스로 기록이 되나 B-모드에서는 점으로 기록이 된다. 반사파가 강하면 밝은 점으로, 반사파가 약하면 어두운 점으로 기록되며 거의 모든 超音波映像이 B-모드에 의한 기록이다.

“Motion mode” 즉 M-모드는 B-모드의 한 방법으로 특정부위의 반사체가 움직이는 상태를 시간에 따라 연속기록하는 것으로서 심장, 심장판막 등의 상태를 기록하는데 쓰인다.

3) 리얼타임, Real time

B-모드를 이용하여 人體의 映像을 얻고자 할 때 探觸子 Transducer를 手動으로 움직이지 않으면 안된다. 이렇게 해서 2차원적인 映像을 얻는 방법을 static scan이라 하고 널리 이용되고 있다. 그러나 움직이고 있는 물체를 즉시 즉시 映像化하는데는 static scan의 手動式은 너무 느리므로 探觸子를 모터를 써서 재빨리 움직이게 하거나(1초당 30회 정도) 아니면 여러개의 探觸素子 transducer elements를 조합시켜 만든 큰 探觸子내부에서 探觸素子를 차례로 電氣로 자극하여 빠른 스캔을 하도록 한다.

리얼타임방식을 즉시즉시 영상을 만들어냄으로 움직이는 물체를 진단하는데 많이 이용되고 있다.

4) 아티팩트, Artifact

超音波映像에 의한 診斷에서 아티팩트를 이용하는 것은 대단히 중요하다.

아티팩트라 함은 실제로는 존재하지 않는 映像이 기록이 되던가, 있어야 할 映像이 기록이 되지 않던가 또는 실제의 크기, 실제의 형상과 다른 것으로 기록이 되는 것 등을 말한다. 아티팩트는 진단에 방해가 되기도 하고 크게 도움을 주기도 한다.

殘響 reverberation은 실제에는 없는 반사를 映像化하고 있는 것이다. 제 1 반사체(探觸子)를 떠난 超音波가 제 2 반사체(人體內部에 있는)에 반사를 하면 이것이 다시 제 1 반사체(探觸子)로 되돌아와 電氣로 바뀌어 정보로서 기록이 된다. 그러나 되돌아 온 초음파의 전부가 電氣로 바뀌는 것이 아니고 그중 일부는 探觸子面에서 다시 반사된다. 이때 반사된 超音波는 다시 제 2 반사체로 되돌아 가고 여기서 다시 반사되어 探觸子로 되돌아 오고 이러한 과정이 계속 되풀이 됨으로 해서 일어나는 것이 殘響 reverberation이다. 실제 映像에서 殘響은 제 2 반사체 후면에 제 1 반사체와 제 2 반사체의 거리와 동일한 간격으로 출현하여 연속적으로 나타나며 선행하는 반사파에 비해 후속되는 반사파의 강도가 항상 약한 것이 특징이다. 腸의 空氣 또는 囊腫性 病變의 전면에서 그 후방쪽으로 나타나는 것을 흔히 관찰할 수 있다.

陰影 shadowing은 超音波에서는 좀 特別한 뜻으로 사용된다. 陰影은 주로 超音波를 강하게 반사하거나 흡수하는 구조물후방(주로 후자의 경우에서 흔히 관찰된다)에 발생한다. 膽石이나 腎石의 후방에서 보이는 超音波의 空白이 陰影 즉 shadowing이다.

後方增強 Posterior enhancement은 주위의 組織에 비해 超音波의 減衰가 현저하게 弱하게 일어나는 구조물 후방에서 관찰되는 反射振幅의 增強을 말한다. 膽囊, 膀胱, 囊腫의 後面에서 보이고 경우에 따라서는 囊腫性 病變 自體는 確認되지 않고 後方增強만으로 그 앞쪽에 囊腫性 病變이 위치함을 알아내는 경우도 있어 대단히 중요한 아티팩트이다.

曲面反射體나 斜位反射體에서 아티팩트가 발생할 가능성이 많다. 이는 超音波가 正反射될 확률이 적어서 曲面의 일부가 기록이 되지 않거나 斜位反射體가 실제 보다 낮은 반사의 映像이 기록이 되는 것을 말한다. 따라서 동글게 생긴 病變이나 橫隔膜과 같은 曲面反射體의 全體的인 映像을 얻기 위해서는 探觸子의 각도를 조절하여 正反射에 의한 映像을 기록하도록 노력하여야 할 것이다.

3. 超音波診斷의 長點 및 短點

최근의 급격한 기술의 개발로 인하여 종래에 X線에만 의존하던 映像診斷分野에 새로운 方法이 도입되어 臨床醫學의 발전에 크게 이바지하고 있음은 주지의 사실이다.

그러나 超音波, CT, 核醫學, NMR 等の 여러가지 映像診斷法을 무조건 마구 利用하기에는 경제적·시간적인 不利益이 큰 관계로 이들을 적절하게 이용하는 지혜가 있어야 될것이다. 따라서 各 診斷法의 長, 短點을 아는 것이 지혜로운 이용의 첩경이라 할수 있다.

어떤 診斷法을 선택하는데 있어서 고려해야 될 사항은 대개 10가지 정도이다.

① Availability, 즉 장비가 우선 있어야 겠다. 超音波보다 CT가 有用하다고 생각되는 경우에도 가까운 곳 또는 같은 병원내에 CT가 없으면 超音波檢査를 먼저해야 옳을 것이다.

② Quality of Equipment 즉 어느 장비라도 다 갖추어져 있는 상태라도 우수한 장비쪽을 먼저 선택하는 것이 옳을 것이다.

③ Expierence 아무리 좋은 장비가 있다고 하더라도 검사 및 판독에 경험이 없다면 이용할 수가 없음은 당연한 일이라 하겠다.

④ clinical impression 임상진단여하에 따라 먼저 시행해야 될 검사법이 달라진 것이다.

기타 고려해야 될 사항은,

⑤ How much proof needed

⑥ Age of patient

⑦ Cost

⑧ How fast answer needed

⑨ Radiation

⑩ Invasiveness 등이다.

초음파의 검사의 장점을 살펴보면 우선 환자에게 전혀 고통을 주지 않는다는 점을 들 수 있다(noninvasiveness). 그리고 전혀 조영제를 쓰지 않는다는 점도 장점이 되겠다. 조영제에 대한 과민반응이 흔하지는 않으나 역시 부담스러운 일임에는 틀림없다(no contrast media). 방사선을 사용하지 않는 점도 어린애, 임신부등의 검사에서 큰 장점이 되겠고, 기계장비가 단순하여 값이 싸고 환자침상 곁에서도 쉽게 검사를 행할 수 있는 것도 장점이 되며, CT 등이 소위 횡단면상만을 얻을 수 있는데 비해 어떠한 방향에서도 단면상을 얻을 수 있는 것도 장점이다. (flexible approach). 映像面에서는 囊腫과 固形腫塊의 감별이 쉽게 된다는 점도 큰 장점이 되겠다.

단점으로서의 臟器의 機能을 알수 없다는 점, 좋은 映像을 얻기 위해서는 많은 경험이 필요하다는 점, 腸內가스 등의 防害要因이 많다는 점 등을 들 수 있겠다.

한정된 지면으로 超音波의 基本을 說明하고자 했으나 拙筆로 제대로 整理가 되지 않았다고 생각한다. 보다 깊이 알기를 원한다면 F.W. 크렘 카우著, 金周完, 朴琇誠 共譯의 一潮閣 發行, “超音波診斷의 原理”를 권하는 바이다.