

초음파 팬텀 내 모노필라멘트의 해상력 개선에 대한 연구

— Improvement on resolution of mono-filament wire —

신흥대학방사선과 · 경기대학화학과*

마상철 · 공영건*

— 국문요약 —

초음파 Q/A팬텀은 조직동기물질(TMM)과 표적물질로 구성한다. 표적물질은 데드존, 거리분해능, 축분해능, 수직과 수평거리 정확성 등을 평가하는 모노필라멘트로 TMM과 조화를 이뤄 선명하게 나타나야 한다. 본 연구의 목적은 금속성 모노필라멘트와 나일론 모노필라멘트를 이용하여 TMM 내에서 최적의 해상력을 표현할 수 있는 선 표적물질을 얻기 위해 탈기수와 C15 g TMM을 합성하여 모노필라멘트를 설치하고 SONOACE 6000C 3.5~7.5 MHz를 주사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 0.1 mm 금속성 모노필라멘트와 0.12 mm, 180데니아 나일론 모노필라멘트에서 점상의 선명한 에코 양상을 관찰할 수 있었다.
2. 0.2 mm 금속성과 나일론 모노필라멘트는 다중반사에 의한 헤성꼬리음영이 관찰되었다.
3. 데드존과 거리분해능은 0.1 mm 나일론 모노필라멘트가 유용한 것으로 나타났다.
4. 나일론 모노필라멘트는 금속성 모노필라멘트에 비해 견고성과 수축성이 우수하여 팬텀제작에 유리한 것으로 나타났다.
5. TMM의 경도 차가 모노필라멘트의 에코 양상에 많이 관여하지 않는 것으로 나타났다.

I. 서 론

초음파검사는 인체 단면을 실시간(real time)으로 관찰할 수 있는 유일한 진단법으로 모든 방향에서 영상화할 수 있으며 전산화단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI) 장비에 비해 가격이 저렴하고 설치 공간의 제한이 적어 대부분의 병·의원에서 스크리닝 방법으로 애용하고 있다. 최적의 진단은 최상의 영상에서 이루어진다고 볼 때, 진단장치의 정도관리는 매우 중요하며, 이는 Q/A 팬텀(quality assurance phantom)을 이용하여 측정한다. 기본적으로 X선의 파장은 $0.1 \sim 1.0 \times 10^{-7}$ mm로 영상의 분해능에 영향을 주지 않으나 초음파의 파장은 0.1~0.6 mm로 생체 조직 보다 크기 때문에 산란파의 상호간섭이 영상의 질에 영향을 미친다¹⁻³⁾. 따라서 초음파 Q/A(quality assurance) 팬텀은 인체 실질장기를 나타낼 수 있는 에코 양

상(echo pattern)을 만족시켜야 하고, 2,5 MHz~10 MHz 범위에서 관찰이 가능해야 하며, 공간해상력(spatial resolution)을 평가할 수 있는 내부 구조를 설계하여 어느 정도의 미세한 질병까지 감별할 수 있는 가를 나타낼 수 있는 능력이 있어야 한다⁴⁻⁶⁾. 혹자는 주기적인 초음파 Q/A의 필요성을 부정하기도 하나, 사실은 팬텀을 이용하여 초음파 진단장치의 기본적인 이상 유무를 파악하고 거리분해능(axial resolution), 측방향분해능(lateral resolution), 폭분해능(slice thickness resolution), 영상 균일성(image uniformity), 회색도(gray scale), 투과성(penetration), 등을 확인함으로써 진단장치의 급격한 결함을 예방하여 질병의 오진을 방지할 수 있다⁷⁻¹¹⁾.

초음파 팬텀의 평가 내용은 제품마다 상이하나 일반적으로 데드 존(dead zone), 초점 영역(focal zone), 수직거리 해상력 측정(vertical measurement calibration), 수평거

리 해상력 측정(horizontal measurement calibration), 거리 분해능(axial resolution), 기능적 해상력(functional resolution), 영상 균질성(image uniformity), 회색도 표시(gray scale display) 등으로 구성되어 있으나, 주로 분해능을 평가하는데 초점이 맞춰져 있다¹²⁻¹⁵⁾. 분해능 평가는 모노필라멘트 와이어를 표적 물질(target material)로 삽입하여 설계한다¹⁶⁻¹⁸⁾. 본 연구는 모노필라멘트 와이어를 개선하여 제작하고, TMM 내에서 최적의 해상력을 평가할 수 있는 표적물질을 제시함으로써 초음파 Q/A 팬텀의 해상력을 증가시키는 데 목적이 있으며, 이는 초음파 진단장치의 성능 개선으로 이어져 초음파 영상 진료 서비스가 보다 향상될 것으로 기대한다. 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 모노필라멘트의 성분검사
- 2) 조직등가물질(tissue mimicking materials)의 합성
- 3) 모노필라멘트(target materials)의 해상력 실험
- 4) 모노필라멘트의 평가

II. 재료 및 방법

1. 초음파 진단장치 및 재료

- SONOACE 6000C(Medison)
 - 3.5 MHz convex probe
 - 7.5 MHz linear probe
 - sonographic echo printer(Doshiba)
- A 사 팬텀의 모노필라멘트 와이어(mono-filament wire)
- 0.08~0.2 mm 금속 모노필라멘트 와이어(metallic mono-filament wire)
- 0.08~0.2 mm 나일론 모노필라멘트 와이어(mono-filament nylon wire)
- acryl PVC
- sonic gel

2. 고분자 합성 장치

- Polyesterpolyol, polyetherpolyol, 2,4-and 2,6-toluenediisocyanate(TDI), methylene
- diisocyanate(MDI), Diamine oligomer, N,N-dimethylformamide(DMF), ethanol, methanol, methylethylketone(MEK), thylaceyaye(EA)
- IR : IR 810 n-spectrophotometer(JASCO)

- 1H-NMR : Varian Company Model Gemine 200 (200MHz)
- TMM reflector : active carbon(C type TMM)

3. 실험방법

모노필라멘트를 이용한 해상력 측정은 거리분해능, 축분해능, 폭분해능, 수평과 수직거리 해상력, 데드 존 등에 이용된다. 해상력 실험을 위해 사용한 표적물질은 A 사 팬텀의 0.1 mm 나일론 모노필라멘트 와이어를 기준으로 하여, 0.08 mm, 0.1 mm, 0.2 mm의 금속성 모노필라멘트 와이어, 그리고 유색 80 denier, 무색 130 denier, 무색 180 denier, 0.08 mm, 0.1 mm, 0.12 mm, 0.2 mm의 나일론 모노필라멘트 와이어 등을 이용하였다. 우선 사각의 acryl PVC 통을 모노 필라멘트의 숫자만큼 준비하고 각각의 acryl PVC 통에 금속성 또는 나일론 모노필라멘트 와이어를 수평으로 4~8개 설치하였다. 그리고 모노필라멘트가 수평을 유지하도록 끝을 잡아 당겨 고정하고, 그 주위에 물이 새지 않도록 접착제로 폐워 제작한 후 탈기수를 부어 모노필라멘트의 분해능을 측정하였다. 또한 해상력이 양호하게 나타난 군에 대하여 같은 방법으로 모노필라멘트를 설치하고 폴리우레탄계의 active carbon 15 g TMM을 합성하여 채운 후 다시 분해능을 측정하였다. 분해능 측정은 3.5 MHz와 7.5 MHz 프로브를 이용하여 여러 번 모노필라멘트 부위를 종단주사(longitudinal scan)하여 가장 선예한 영상을 출력하였으며, 출력 상에 나타난 모노필라멘트에 대해 점상 에코(dot echo)의 크기와 선명도 그리고 다중반사(reverberation artifact) 등의 여부를 육안으로 비교·관찰하여 평가하였다.

폴리우레탄 주제의 합성은 한 단계법으로 합성하였으며, 4구플라스크에 condenser, stirrer, 온도계를 설치한 후 반응 플라스크에 polyesterpolyol, 연장제, dimethylformamid를 넣고 50℃에서 가열 교반시켰다. 이 반응조에 TDI를 첨가하여 75 ± 5℃에서 계속 가열 교반시켰고 반응이 진행됨에 따라 용액의 점도가 증가하므로 methylethylketone을 첨가하여 점도를 조절하였다. 폴리에테르계 폴리올 합성은 4구플라스크에 column과 condenser를 설치하고 ethyleneglycol 1.5 mol(93.20 g)을 넣고 온도를 100℃까지 올린 후 adipic acid 1 mol(146.20 g)을 서서히 넣어 diol속에 녹아 들어가게 하였다. 반응기의 온도를 150℃로 가열하여 에스테르화 반응이 일어나도록 하여 column을 통하여 물이 분리되게 하였다. 그리

고 온도를 서서히 200℃까지 상승시켜 수분을 제거한 후 산가가 1.08 이하로 되면 고진공 하에서 수분을 제거하였다. 폴리에테르계 폴리우레탄 주제의 합성은 두 단계법으로 하였다. 4구플라스크에 condenser, stirrer 온도계를 설치한 후 반응 플라스크에 polyetherpolyol, TMP와 TPP(안정제)를 넣고 가열 교반하였다. 이 때 TMP가 완전히 녹으면 50℃ 이하로 급속 냉각시킨 후 P-MDZ을 넣고 75~85℃에서 4시간 가열 교반시켰고 반응 후 70℃로 감온하여 EA를 첨가하고 가열기를 정지시킨 후 1시간 동안 교반 혼합시켰으며 주제인 prepolymer를 완성하였다.

표 1. 모노필라멘트 와이어의 분해능

wire type	freq. (MHz)	echo size(mm)	echo pattern
A Co. phantom wire	7.5	1.5×1.5	good
metallic wire 0.08 mm	"	1.0×0.8	weak
" 0.1 mm	"	1.5×1.0	good
" 0.12 mm	"	1.6×1.2	good
" 0.2 mm	"	2.0×1.0	reverbration
nylon wire 0.08 mm	"	0.8×0.8	weak
" 0.1 mm	"	1.2×1.2	good
" 0.12 mm	"	1.5×1.5	good
" 0.2 mm	"	2.0×1.0	reverbration
" 80 denier	"	1.3×1.3	good
" 180 denier	"	1.6×1.6	good

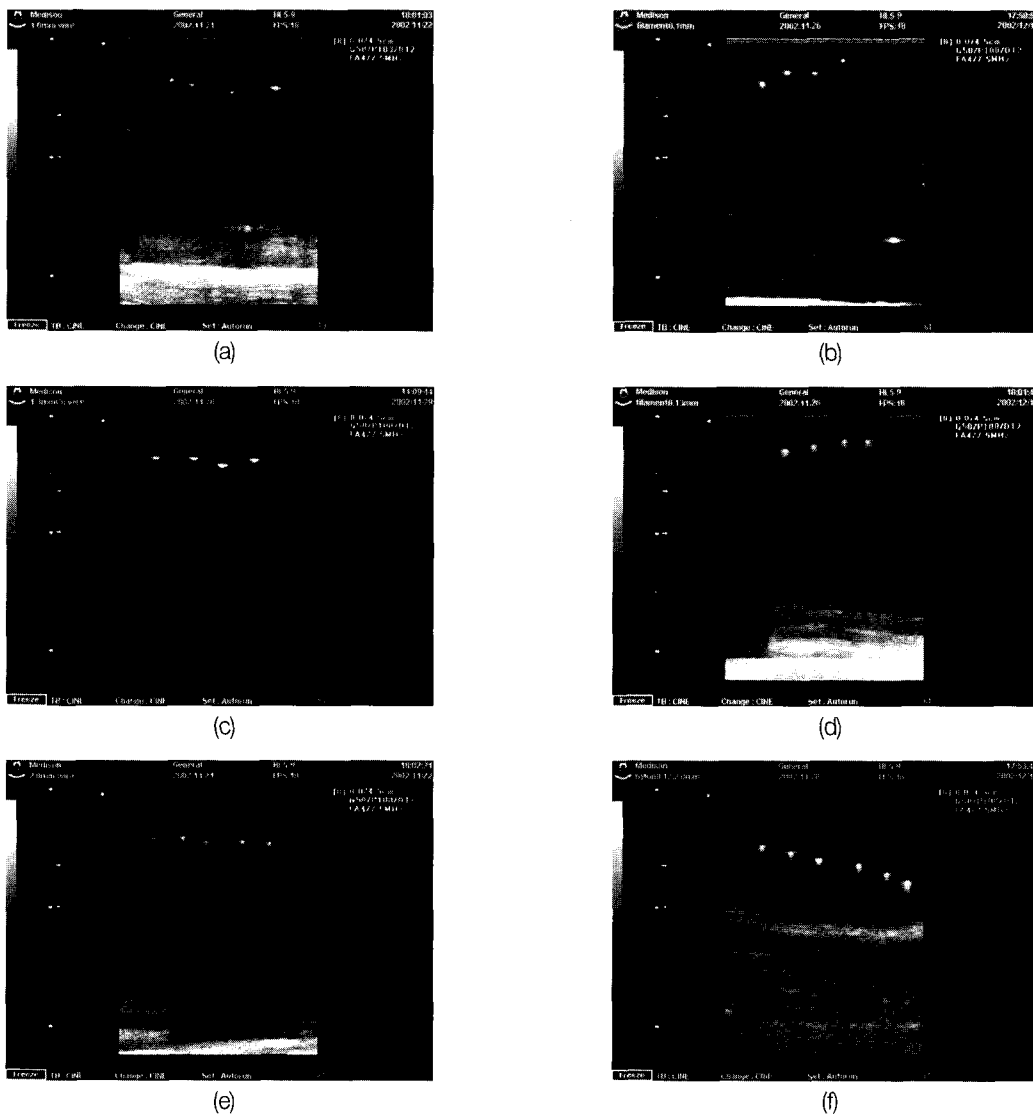


그림 1. 수중 모노필라멘트의 에코 양상

(a : 0.1 mm metallic mono-filament wire, b : 0.1 mm nylon mono-filament wire, c : 0.12 mm metallic mono-filament wire, d : 0.12 mm nylon mono-filament wire, e : 0.2 mm metallic mono-filament wire, f : 0.2 mm nylon mono-filament wire)

Ⅲ. 결 과

실험을 위해 12×10×7 cm 플라스틱 통에 각각의 금속성 또는 나일론 모노필라멘트 와이어의 간격을 일정하게 유지하여 수평으로 탄력성을 유지하여 설치하고, 그 안에 탈기수를 채워 7.5 MHz 굽자형 프로브(convex probe)로 주사하였다. 모니터를 실시간으로 관찰하면서 모노필라멘트 와이어의 단면이 선예하게 나타났을 때 정지하고, 영상

을 에코 프린터에 출력하였고, 출력된 영상에서 점상 에코의 휘도와 크기, 다중반사음영 유무를 관찰하여 비교 평가하여 표 1과 같은 결과를 얻었다. 한편 동일한 휘도를 나타내기 위해 파라미터는 출력 100, 게인 80으로 하고 시간게인보상(TGC)과 DR(dynamic range)은 고정하였다.

A사 팬텀의 필라멘트 와이어는 7.5 MHz에서 가로, 세로 1.5×1.5 mm 크기의 선예한 점상의 고 에코를 나타냈으며, 이것을 기준으로 금속성 모노필라멘트 와이어와 나일

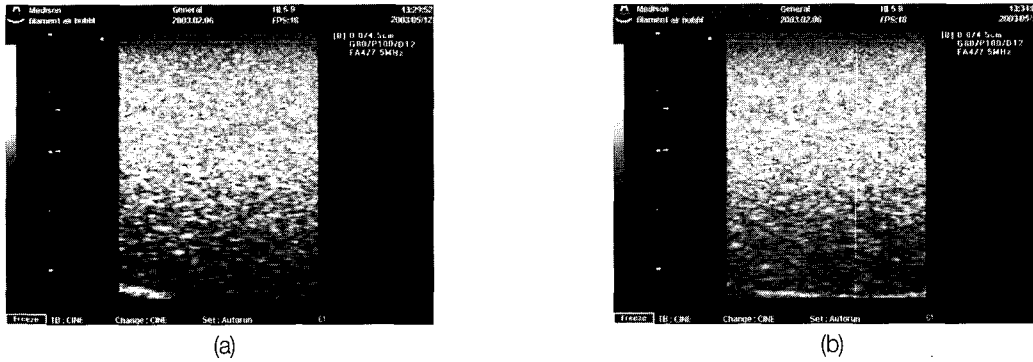


그림 2. 기포가 형성된 TMM

(a : 0.1 mm nylon mono-filament wire, TMM 경도1, b : 0.1 mm nylon mono-filament wire, TMM 경도3)

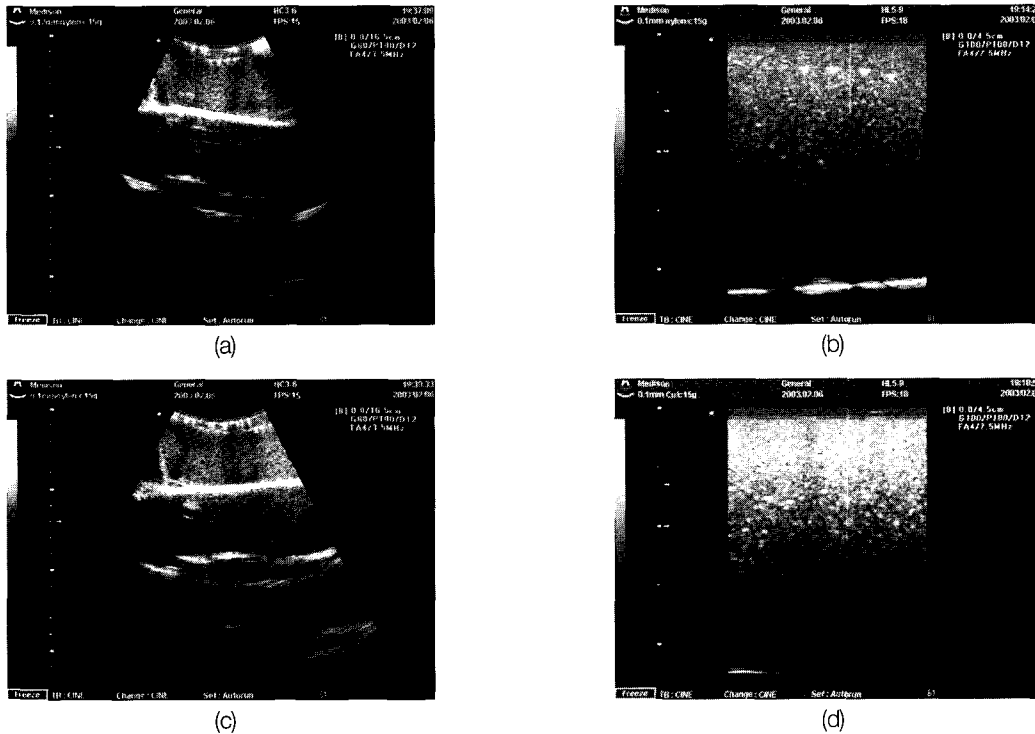


그림 3. TMM의 나일론 모노필라멘트 해상력 실험

(a : 0.1 mm nylon mono-filament wire, 3.5 MHz, b : 0.1 mm nylon mono-filament wire, 7.5 MHz, c : 0.1 mm metallic mono-filament wire, 3.5 MHz, d : 0.1 mm metallic mono-filament wire, 7.5 MHz)

론 모노필라멘트 와이어의 점상 에코를 비교 평가하였다. 금속성 모노필라멘트 와이어의 경우, 0.08 mm는 0.1 mm에 비해 약한 에코 양상을 보였고, 0.1 mm는 A사 팬텀 필라멘트와 유사한 고 에코 양상을 보였으며, 0.2 mm는 필라멘트 와이어 뒷부분에 2 mm의 혜성꼬리(comet tail echo)를 동반한 다중반사음영을 보였다. 나일론 모노필라멘트 와이어의 경우, 0.08 mm와 80데니아(denier)는 0.08 mm 금속성 모노필라멘트 와이어와 유사한 비교적 약한 에코 양상을 보였으며, 0.1 mm, 0.12 mm와 130데니아, 180데니아는 양호한 에코 양상을 보였고, 특히 180 데니아와 0.12 mm 나일론 모노필라멘트 와이어는 A사 팬텀 필라멘트 와이어와 유사한 선명한 점상의 고 에코 양상을 보인 반면, 0.2 mm에서는 금속성 모노필라멘트 와이어와처럼 다중반사음영을 나타내 꼬리가 긴 에코 양상을 보였다. 에코의 직경은 금속성 모노필라멘트는 가로 직경이, 나일론 모노필라멘트는 세로 직경이 약간 크게 나타났다.

한편, C15 g TMM의 경도를 5단계로 변화하여 0.1 mm 나일론 모노필라멘트 와이어를 설치하고 7.5 MHz와 3.5 MHz 프로브로 해상력 실험을 한 결과, 5개의 샘플 모두 그림 2와 같이 미세 기포(air bubble)에 의한 다중반사 음영이 관찰되고, 기포의 반사체가 점상의 강한 반사음영을 나타내 모노 필라멘트와 감별이 어려웠다. 그 후 폴리머 우레탄 합성 시 진공 탈포하여 미세 기포를 제거하고 합성한 C15 g TMM의 2차 모노 필라멘트 해상력 실험 결과 0.1 mm와 0.12 mm 나일론 모노필라멘트 와이어는 점상의 선명한 에코를 나타냈으며, 0.2 mm 나일론 모노필라멘트 와이어는 수중 실험과 마찬가지로 다중반사 음영을 나타냈다. 또한 금속성 모노필라멘트 와이어도 나일론 모노필라멘트 와이어와 같이 0.12 mm에서 가장 선명한 점상의 에코를 나타냈으며 0.2 mm에서는 다중반사를 관찰할 수 있었으나 나일론 모노필라멘트 와이어에 비해 약한 반사를 보였다. 그림 3은 C15 g TMM의 0.1 mm 나일론 모노필라멘트를 설치하고 각각 3.5 MHz와 7.5 MHz 프로브로 주사한 해상력 실험 영상이다.

IV. 고 찰

데드존, 거리분해능, 축분해능, 폭분해능, 수평 또는 수직거리 해상력 등의 평가는 0.1~0.2 mm 나일론 모노필라멘트(nylon mono-filament) 또는 금속성 모노필라멘트(metallic monofilament)등의 선 표적물질(line target)을

수직군(vertical group), 수평군(horizontal group) 그리고 데드존(dead zone group) 등의 기하학적 구조로 설계한다. 나일론은 금속성 필라멘트에 비해 필라멘트 원형의 미세 가공이 수월하고 산과 알칼리 및 유기용매에 안전하고 열에 의한 저항성이 좋기 때문에 현재까지 필라멘트 표적(filament target)으로 이용되고 있다. 필라멘트 표적의 수와 간격(interval spacing)은 사용 목적에 따라 상이하나, 보통 데드존은 1 mm 간격으로 2~10 mm 깊이에 8~10개 정도의 필라멘트 표적을 순차적으로 설치하고, 수직군은 1~2 cm 간격으로 18 cm까지, 수평군은 1~2 cm 간격으로 5 cm 또는 10 cm 깊이에 각각 8~10개 정도를 설치한다. 거리분해능과 축분해능의 필라멘트 와이어 간격은 1 mm~5 mm까지 순차적으로 간격을 유지하여 10여 개의 필라멘트를 7~16 cm 깊이에 설치하는데¹⁹⁾, 필라멘트 와이어의 설치 시 간격과 깊이의 정확성은 매우 중요하므로 팬텀 제작 시 세심한 주의가 필요하다. 또한 초음파 Q/A 테스트에 이용하는 프로브의 선택은 기본적으로 임상에서 사용하는 다양한 주파수를 이용하는 것이 좋으며, 루틴 테스트(routine test)에서도 하나 이상의 프로브 이용하는 것이 실제 주사 시 결함을 예방할 수 있는 방법이다. 본 실험에서는 0.08 mm, 0.12 mm, 0.1 mm, 0.2 mm의 금속성 모노필라멘트 와이어, 그리고 유색 80 denier, 무색 130 denier, 무색 180 denier, 0.08 mm, 0.1 mm, 0.12 mm, 0.2 mm의 나일론 모노필라멘트 와이어 등을 탈기수와 TMM 내에 설치하고 3.5 MHz와 7.5 MHz 주파수를 이용하여 주사하였다. 실제의 거리분해능, 축분해능, 폭분해능, 데드존, 수직 또는 수평거리 해상력 등을 평가하는 것이 아니므로 모노필라멘트의 간격은 임의로 설정하였으며 각각의 모노필라멘트에 대한 단면의 에코 상태를 관찰하는 데 주력하였다. 모노필라멘트의 설치 시 금속성 모노필라멘트는 일정한 탄력성을 유지하는데 어려움이 있었으며 쉽게 단절되었고 TMM 내에서 나일론 모노필라멘트에 비해 수평 유지력이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 금속이 갖는 물리적 특성 때문인 것으로 보인다. 각 단면의 에코 양상이 기존의 나일론 모노필라멘트(A사 팬텀)와 유사하게 나타난 것은 0.1 mm 금속성 모노필라멘트와 0.12 mm, 180 denier 나일론 모노필라멘트이며, 수중 실험과 TMM 실험에서 유사한 에코 양상을 나타내 실제 초음파 Q/A 팬텀의 표적물질로 사용할 수 있을 것으로 보이나, 금속성 모노필라멘트는 TMM에서 화학적인 안전성과 TMM 내에 모노필라멘트를 구성하여 설치하는데 굴곡과 단절을 일으킬 수 있다는 측면에서 금속성보다 나일론 모노필라멘트의 사용이 유리할 것으로

보인다. 또한 데드존과 거리분해능의 평가는 1.0 mm 간격으로 여러 개의 모노필라멘트를 설치해야 하므로 에코 양상이 각각 1.0×0.8과 0.8×0.8 mm로 나타난 0.08 mm 나일론 모노필라멘트 또는 금속성 모노필라멘트가 유용할 것으로 보인다. 그러나 금속성과 나일론 모노필라멘트 모두 0.2 mm 이상의 직경에서 다중반사에 의한 comet tail echo가 길게 나타나 해상력을 평가하는데 부적합한 것으로 나타났다. 금속성과 나일론 모노필라멘트의 에코 크기 비교에서 금속성 모노필라멘트의 가로 직경이 근소하게 크게 나타난 것은 나일론 보다 금속의 임피던스가 크므로, 이것에 의한 반사량의 증가로 해석되나, 직경이 0.2 mm 이하의 와이어에서는 크게 문제가 되지 않을 것으로 보인다. 한편 경도를 변화한 TMM의 초기 실험에서 TMM의 미세기포는 후방산란에 의한 다중반사에 의해 모노필라멘트의 음영이 나타나지 않아, TMM의 제작시 진공 탈모에 의한 미세 기포의 제거가 중요한 변수로 지적되었다. 그 후 기포를 제거한 TMM의 실험에서 각각 3.5 MHz와 7.5 MHz 프로브를 이용해 데드존을 실험하여 양호한 점상의 분명한 에코 양상을 관찰할 수 있어, 결국 수중 또는 TMM 내에서의 모노 필라멘트의 에코 양상에 대한 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. TMM의 경도 변화에 의한 모노필라멘트의 에코 양상은 경도가 증가함에 따라 투과심도가 낮아지므로 심부에 있는 반사체를 인식할 수 없지만, 본 실험에서는 TMM의 두께를 5 cm으로 한정하였으므로, 그 안에서의 모노 필라멘트의 반사 에코의 정도는 크게 차이가 나지 않는 것으로 관찰되었다.

V. 결 론

초음파 분해능은 모노필라멘트 와이어를 표적 물질(target material)로 삽입하여 데드존(dead zone), 수직 거리 해상력 측정(vertrical measurement calibration), 수평거리 해상력 측정(horizontal measurement calibration), 거리분해능(axial resolution), 폭분해능(slice thickness resolution), 측분해능(lateral resolution) 등으로 평가한다. 초음파검사 시 분해능은 검사의 성과를 나타내는 중요한 요소로써, 이것의 평가는 초음파 Q/A 팬텀을 이용하여 결정하므로 분해능을 결정하는 모노필라멘트의 성분 및 구성은 매우 중요하다. 이러한 측면에서 본 연구는 여러 개의 금속성 모노필라멘트와 나일론 모노필라멘트를 수중과 합성한 C15 g TMM 내에서 상호 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금속성 모노필라멘트 0.1 mm와 나일론 모노필라멘트 와이어 0.12 mm, 180 denier는 선예한 점상의 에코 양상을 보여 표적물질로의 유용성 보였다.
2. 금속성과 나일론 모노필라멘트 모두 0.2 mm에서 다중반사에 의한 comet tail echo가 나타나 표적물질로 부적합 한 것으로 나타났다.
3. 나일론 모노필라멘트는 금속성 모노필라멘트에 비해 조작성과 탄력 유지성이 우수한 것으로 나타났다.
4. 데드존과 거리분해능의 측정은 0.1 mm 나일론 또는 금속성 모노필라멘트가 유용한 것으로 나타났다.
5. TMM의 경도에 따른 모노필라멘트의 에코 양상은 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. McDicken, W.N Diagnostic Ultrasonic Principle and use of instruments, 3th edition, Church Livingstone, New York, N. Y. pp.323-27. 1991.
2. Nassiri DK and Hill CR. The use of angular scattering measurements to estimate structural parameters of human and animal tissues, J. Acoust. Soc. Am 79 2048-2054, 1986.
3. Nicholas D. Evaluation of backscattering coefficients for excised human tissues: Results, interpretation and associated measurements. ULtrasound med. Biol. 8, 17-22. 1979.
4. Zagzebski J A, Madsen E L, Frank G R, A teaching phantom for sonographers, Journal of Clinical Ultrasound, vol. 19, pp.27-38. 1991.
5. Stewart C. Bushong, Diagnostic ultrasound physics, biology, and instrumentation, Mosby, pp.147-151. 1991.
6. Michael R. Williamson, M.D, Essentials of ultrasound, W.B. Saunders company, pp.225-28. 1996.
7. Brooke R et al, Sonography of the abdomen, Raven press 1995.
8. Chivers R C, Hill C R, Ultrasound in medicine and biology, vol. 2, pp.25., 1975.
9. Copeland LK et al. Integration of transabdominal technique into an ongoing program. Am J. Obstet. Gyneocol, 161, pp.1289-1290. 1989.

10. Gerard J. principles of Anatomy and physiology, sixth ed.. Harper Collins. 1990.
11. Gibson K I, Gibson R N, A home-made phantom for learning ultrasound guided invasive techniques, Australasian Radiology, vol. 9, no. 4, pp.356-7. 1995.
12. Lin T, Ophir J and Potter G, Frequency-dependent ultrasonic Breast phantom for assessing Ultrasonic Imaging System Performance and for Training Ultrasonographers : Part 1, Journal of Clinical Ultrasound, vol. 10, pp. 67-75. 1982.
13. Duck A F Physical Properties of Tissue - A comprehensive reference book, United State Edition, Academic Press Inc., San Diego, California. 1990.
14. Foster F S, Hunt J W, Transmission of ultrasound beams through human tissue focusing and attenuation studies, Ultrasound in Med & Biol, vol. 5, pp.257-268. 1979.
15. Frederic L, et al, Theoretical framework for spectrum analysis in ultrasonic tissue characterisation, J Acoust. Soc. Am 73 (4), pp.1366-1372. 1983.
16. Madsen E L, Zagzebski J A et al, Ultrasonically tissue mimicking liver including the frequency dependence of backscatter, American Association of Medical Physics, vol. 9, pp.5. 1982.
17. Madsen E L, Zagzebski J A, Banjavie R A and Jutila R E. Tissue mimicking materials for Ultrasound Phantoms, American Association of Medical Physics, vol. 5, no. 5, 1978.
18. Madsen E L, Zagzebski J A, Ghilardo-Netto T, An Anthropomorphic torso section phantom for ultrasound imaging, American Association of Medical Physics, vol. 7, no. 1.
19. Hedrick, Hykes, Starchman, Ultrasound physics and instrumentation, 3th edition.

• Abstract

Improvement on resolution of mono-filament wire

Sang Chull Ma · Young Kun Kong*

*Dept. of Radiotechnology, Shin Heung College · Dept. of Chemistry, Kyunggi University**

The purposes of this study are to improve the ultrasound resolution of various nylon and metallic mono-filament wires. Therefore, it was tested that it analyze on nylon mono-filament wire of 0.1 mm in A Co.'s ultrasonic phantom and synthesis of C15 g tissue mimicking materials(TMM), analyze resolution of nylon and metallic mono-filament wires in water and TMM.

The results obtained were summarized as follows:

1. Metallic mono-filament wire of 0.1 mm and nylon mono-filament wire of 0.12 mm, 180 denier showed that it cleared dot echo pattern.
2. Metallic and nylon mono-filament wire of 0.2 mm showed that it cleared comet tail echo by reverberation artifact.
3. Nylon and metallic mono-filament wire of 0.1 mm showed that it can used for dead zone and axial resolution test.
4. Nylon mono-filament wire compared with metallic mono-filament wire showed that it satisfy elasticity and construction.
5. Degree of hardness of TMM not changed mono-filament's echo textures.

Key words : tissue mimicking materials, mono-filament wire