

혈관협착팬텀의 제작 및 파워도플러의 영상 평가

Manufacture of Flow Phantom with Stenosis and Imaging Evaluation of Power Doppler

박희영*, 배종림**, 김정구*

(Hee-Young Park*, Jong-Rim Bae**, Jeong-Koo Kim*)

*한서대학교 방사선학과, **대구대학교 물리학과

(접수일자: 2009년 6월 30일; 수정일자: 2009년 8월 19일; 채택일자: 2009년 11월 9일)

혈관협착의 혈류 정보와 초음파 진단장비의 품질보증을 위한 혈관협착 팬텀을 자동 주입기를 이용하여 제작하였다. 혈관협착의 진단에 효율성이 높은 파워 도플러를 이용하여 제작된 혈관 협착 팬텀의 유용성을 조사하고, 초음파 영상 파라미터에 따른 혈관협착의 정도를 확인하였다. 혈관 협착 팬텀은 직경이 각각 8mm와 2.4mm인 실리콘 튜브로 혈관협착이 70%가 되도록 제작하였으며, 인체 조직과 유사한 음향 특성을 가지고 있는 젤라틴을 이용하여 실리콘 튜브를 감싸 주었다. 평면형 탐촉자를 이용하여 측정하였을 때 정상 혈관의 직경은 대체적으로 감소되어 측정 되었으며, 협착 혈관의 직경은 증가되어 측정되었다. 이득이 60% 이상, PRF가 3000Hz 이상, 필터가 max와 같은 급격한 변화를 제외하고는 각각의 파라미터에 크게 영향을 받지 않았으며, 각도에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 곡면형 탐촉자를 이용할 경우 이득, PRF, 필터, 각도등에 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제작된 자동주입기를 이용한 혈관 협착 팬텀은 혈관 협착 진단의 품질보중에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어: 혈관협착, 팬텀, 파워도플러, 자동주입기

투고분야: 초음파 및 탄성파 분야 (4.7)

Flow phantom with stenosis was manufactured using an auto-injector to obtain angiostenotic flow information and quality assurance (QA) for ultrasound diagnostic instrumentation. Effectiveness of manufactured flow phantom with stenosis was investigated with power Doppler that was known to have diagnostic efficiency for angiostenosis. The flow phantom with stenosis was manufactured to 70% stenosis with 8 mm and 2.4 mm silicon tube, and silicone tube was covered with gelatin that has acoustic characteristics similar to soft tissue. When the linear transducer was used for measurement, the estimated diameter of normal vessel was measured lower than that of normal value, and the estimated diameter of stenosed vessel was measured higher than that of normal value. The measured parameters were not affected except for the radical conditions such as gain of 60%, PRF of 3000 Hz, use of maximal filter or angle. In addition, when the convex transducer was used for measurement, measurement parameters were affected by gain, PRF, filter, and angle. Therefore it is expected that flow phantom with stenosis manufactured with an auto-injector will be utilized effectively for QA of angiostenotic diagnosis.

Keywords: Angiostenosis, Phantom, Power Doppler, Auto Injector

ASK subject classification: Ultrasonic and Elastic Waves (4.7)

I. 서론

초음파 진단장비는 인체 장기를 검사하는데 있어서 매우 유용한 장치이며, 지난 20년 동안의 급격한 장치 발달

로 인하여 현대 의료 영상분야에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 다양한 임상정보를 제공함에 따라 의료영상 분야에서 이용 빈도가 계속 증가하고 있는 실정이다. 그 중 초음파 도플러는 인체 내에 있는 혈류 속도와 변화 그리고 단면상이나 입체적으로 혈류 분포를 검사하는데 유용한 검사법으로 특히 혈관과 심장 내부의 단면 및 입체적인 형태에 따른 임상 정보는 심장 및 순환기

세동의 질병 뿐 만 아니라 종양 조직의 검사 등에 매우 유용한 장비이다. 또한 혈류의 시간에 따른 동적인 영상과 정보를 제공할 수 있기 때문에 순환기 세동의 질병 진단에 필수적인 기기로 널리 사용 되고 있다. [1,2]

현대의 식생활이 서구화 되어 감에 따라 그에 따른 혈관 질환도 늘어가고 있는 추세이며, 그 중 혈관 벽이 좁아지는 혈관 협착증이 대뇌에서 발생하는 경우 반신마비를 일으키고, 소뇌에서 발생하는 경우 어지러움 증이나 운동실조 등을 유발하기 때문에 혈관 협착의 정도와 혈액의 흐름 등의 연구가 절실한 편이다. [3] 일반적으로 생리적인 혈류의 정보와 함께 해부학적인 정보를 제공하며, 실시간 흐름 시각화를 제공할 뿐만 혈류의 방향 및 혈관의 폐쇄 협착 유무를 알 수 있는 검사 방법으로 초음파 칼라도플러를 이용하지만, 혈류 정보가 최대속도가 아닌 평균 속도를 얻는 펄스반복 주파수가 제한되기 때문에 계속할 수 있는 도플러 편향의 폭이 제한되는 단점이 있다. [4] 또한 칼라 도플러보다 옐리어싱을 제거해주고, 외관상으로 반의 각도에 영향을 받지 않으며, 낮은 속도의 흐름에서 영상을 개선시켜 주는 파워 도플러를 이용하는 방법이 있다. 이러한 파워 도플러의 임상 적용은 간의 종양과 신장의 이상을 포함하여 뇌혈관 질병과 조직의 염증 등에서 다양한 분야에서 연구되어 왔으며 초음파 도플러로부터 얻어진 흐름의 정보는 작은 양의 혈류 흐름을 평가하고 종양 혈관의 정량화, 혈류 양의 차이점을 감지, 3차원 재구성 연구, 증강 효과 연구 등을 측정하기 위한 연구에도 사용되어진다. [5-7] 파워 도플러는 칼라 도플러와 결합되어 있는 혈액 흐름 정보를 나타내는 혈관 협착증 진단에 효율성이 높은 것으로 알려져 있다. [8,9] 혈관 협착증은 동맥에서 동맥으로 전파되는 미세 색소에 의한 원위부 동맥의 폐쇄, 협착 원위부(遠位部)의 혈류 역학적 장애로 인한 관류 저하, 그리고 동맥 줄기부의 협착 부위에서 형성된 혈전이 발생하는 것으로 병변 부위 혈류의 역학적 장애 정도를 파악하는 것은 죽상 경화성 동맥 협착성 질환의 예후를 정하고 치료적 접근을 모색하는데 도움이 된다. 동맥이 협착되거나 폐쇄된 경우 동맥의 협착 정도와 병변의 위치 및 측부순환로의 존재여부기 혈류역학에 중요한 영향을 미치는 요인들이다. 이러한 요인들을 확인하는 좋은 방법은 혈관조영술이 있으나 혈관조영술은 고가의 장비와 전문 인력이 필요하여 일반적으로 사용하기에 어려움이 있다. 또한 침습적 시술에 따른 합병증도 동반될 수 있으며 급성기 뇌경색 환자를 대상으로 하는 경우 신경학적 합병증의 발생 가능성이 높다는 단점이 있다. 이러한 혈류역학적 장애 정도를 알기 위

한 비침습적인 방법으로 초음파를 널리 이용하고 있으며, 그 중 도플러 초음파는 혈류를 측정, 평가하는데 유용하고, 검사가 용이, 경제적이고 합병증이 없다는 장점을 가지고 있다. [10-13]

초음파진단장비의 품질보증은 장치의 성능을 최적화하여 항상 일정한 영상을 유지함으로써 초음파 영상의 질 저하로 발생하는 변화를 검출하는 것을 의미하며, 초음파진단장비의 품질보증은 각종 팬텀을 이용하여 성능을 평가한다. 일반적인 초음파진단장비의 팬텀으로는 QA 팬텀을 임상에서 사용하지만 초음파 진단영역의 다양화로 인하여 유방조직 검사용 팬텀, 체내 주사용 직장 팬텀, 초음파 도플러 팬텀 등이 있다. 특히 초음파진단장비를 이용한 심혈관 검사의 품질보증을 위하여 초음파 도플러 팬텀에 관한 연구는 상당히 진행되었으나, [14, 15] 혈관협착을 가지는 팬텀에 대한 연구는 미진한 편이다. 현재 국내 병원에서는 많은 초음파진단장비가 설치되어 운용되고 있으나, 정기적인 초음파진단장비의 품질관리에는 크게 신경을 쓰지 못하는 실정이며, B-모드 영상의 정도관리를 위한 QA 팬텀을 대학병원 급의 병원에서 구비하여 정기적으로 관리하고 있는 정도이다. 최근 심혈관질환에 대한 초음파진단장비의 이용은 늘어나는 실정이나, 심혈관질환에 대한 초음파진단장비의 품질관리에 필요한 초음파 혈류 팬텀은 대부분의 병원에서 구비하지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 임상에서 사용되는 초음파진단장비를 이용하여 혈관협착의 올바른 진단을 위한 품질보증에 이용되는 혈관협착 팬텀의 제작하기 위하여 임상에서 쉽게 구할 수 있는 혈관 조영재를 주입하는 자동 주입기를 이용하여 혈관협착을 가지는 팬텀을 직접 제작하고, 혈관협착의 진단과 관련된 파워도플러의 파라메타에 따른 영향을 평가하여 혈관협착 진단의 유용성을 평가하고 이에 따른 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 실험

2.1. 혈관협착 팬텀 제작

그림 1은 본 실험에서 제작한 혈관협착 팬텀을 나타낸 것이다. 인체의 약 70%가 수분으로 되어있다는 점을 감안하여 수조 내부에 증류수를 채운 아크릴 박스(8×11×13 cm)와 혈관협착을 만든 실리콘 튜브로 양측에 직경이 8 mm인 정상혈관과 혈관협착 부위를 나타내는

가운데에는 직경이 2.4 mm인 혈관협착의 팬텀을 제작하였다. 또한 감쇠가 0.3 dB/cmMHz, 음속이 1,540 m/s인 인체 조직과 유사한 음향 특성을 가지는 젤라틴을 이용하여 실리콘 튜브를 6×10×8 cm로 제작하여 혈관협착 부위를 감싸도록 하였으며, 실리콘 튜브와 아크릴 박스를 고정 시켜주기 위해 혈관협착 팬텀의 양쪽으로 아크릴로 제작한 튜브를 연장하여 실리콘 튜브가 휘는 것을 방지하였다. 아크릴 박스의 벽은 다중반사 아티팩트를 최소화할 수 있는 폴리우레탄을 이용하여 흡음층으로 내벽을 감싸도록 제작하였다. 14, 16i 실리콘으로 자체 제작한 혈관협착 팬텀에서 정상혈관의 직경 D를 8 mm, 혈관협착 부위의 직경 d를 2.4 mm로 하였을 때 혈관협착의 정도는 $S(\%) = \left(\frac{D-d}{D}\right) \times 100$ 에 의해 70%의 혈관협착을 가지도록 제작하였다.

2.2. 실험방법

그림 2은 제작된 혈관협착 팬텀 측정시스템의 개략도이다. 일반적으로 병원 내에서 조영제를 자동으로 주입해주는 조영제 자동주입기를 이용하여 혈관협착 팬텀에

모조혈액 (blood mimicking)을 흘려준다. 본 실험에서 사용한 조영제 자동주입기 (EmpowerCT, EZEM, USA)는 듀얼 시스템으로 주입 조정 장치에서 일정한 흐름의 데이터를 입력하면 실린지를 통하여 실리콘 튜브로 모조혈액을 흘려보내는 장치이며, 200 mL 실린지는 전자적으로 제어되며 장착되어 있는 소프트웨어를 사용하여 자동 주입기의 실린지에 일정한 모조혈액이 흐르도록 구성하였다. 모조혈액의 유동속도는 도플러 스펙트럼을 이용하여 수축기 최고속도와 이완기 최저속도를 측정하여 펄스가 있는 혈류를 만들었으며, 경동맥과 신동맥의 수축기 최고속도와 이완기 최저속도를 기준으로 0.4~2 m/s로 조정하여 사용하였으며, 4번의 주기 중에서 첫 번째 주기는 실험 시스템을 유지하기 위해 제외 시켰으며, 나머지 2~4주기에 해당하는 흐름에서 데이터를 수집하도록 하였다. 모조혈액은 혈액과 유사한 점도를 유지 시켜주기 위하여 글리세롤 33 %와 증류수를 혼합하여 제작하였으며, 혈관내의 적혈구를 대신하여 지름 5 μm의 녹말 입자를 넣어 인체의 혈관에서 흐르는 혈액과 유사하도록 만들었다. [16] 또한 모조 혈액이 혈관협착 팬텀으로 역류하는 것을 방지하기 위하여 3way clamp를 이용하였으며, 모조 혈액 내의 녹말 입자가 침전되지 않도록 저장소에서 교반 시켜주었다. 혈관협착 팬텀 내부의 초음파 영상을 획득하기 위하여 초음파 진단장치 (SA-6000C, medison, korea)의 파워도플러 모드에서 평면형 탐촉자 (HL5-7 : 7.5 MHz)와 곡면형 (C3-7ED : 3.5~5 MHz) 탐촉자를 이용하여 제작된 협착혈류 팬텀의 특성을 조사하고 파워 도플러의 영상 조절 파라메타인 이득, PRF (pulse repetition frequency), 필터, 각도의 변화에 대한 특성 평가를 하였으며, 혈관협착의 영상을 종축과 횡축으로 확인하여 보았다.

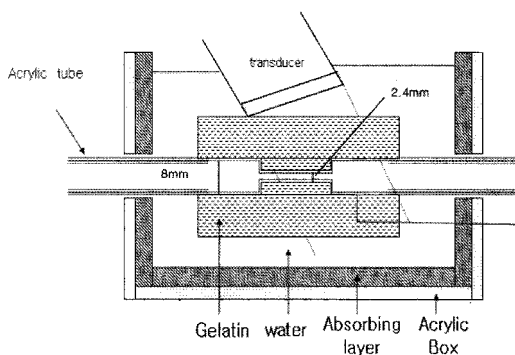


그림 1. 제작된 혈관협착 팬텀
Fig. 1. Manufactured flow phantom with stenosis.

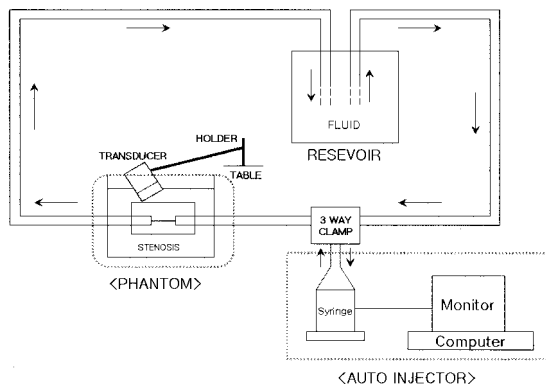


그림 2. 혈관협착 팬텀 측정시스템의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of measurement system for flow phantom with stenosis.

III. 결 과

3.1. 파워 도플러를 이용한 혈관협착 팬텀 평가

본 연구에서 제작한 혈관협착 팬텀을 파워 도플러를 이용하여 기본적으로 평가하여 보았다. 그림 3은 혈관협착 팬텀의 초음파 영상을 나타낸 것으로 혈관협착 팬텀의 직경 측정은 초음파진단장비의 길이 측정 알고리즘을 사용하였으며, 정상혈관은 8 mm, 혈관 협착은 2.4 mm의 직경으로 정상적으로 측정되었으며, 조영제 자동 주입기의 시스템을 이용하여 모조혈액의 흐름 속도 정상혈관의

경우 수축기 최고 속도 1 m/s와 이완기 최저 속도 0.4 m/s의 속도를 나타내었으며, 혈관 협착 부위에서는 수축기 최고 속도가 2 m/s로 나타났다. 또한 혈관협착 팬텀 내부를 둘러싼 흡음층으로 사용된 폴리우레탄은 다중반사 아티팩트를 현저히 줄이는 것으로 나타났다.

3.2. 혈관협착 팬텀의 유용성 평가

본 연구에서는 파워 도플러가 칼라 도플러에 비하여 앨리어싱이 없고 비의 각도에 영향을 받지 않으며 낮은 혈류 흐름에서도 영상이 개선되는 파워 도플러를 사용하여 제작된 혈관협착 팬텀의 유용성을 초음파 진단장치의 영상 파라메타인 이득, PRF, 필터, 각도 등의 변수를 조절하여 영상을 평가하였다.

그림 4는 평면형 탐촉자를 이용하여 이득의 변화에 따른 혈관협착 팬텀의 직경 변화를 나타낸 것이다. D (L)과 D (T)는 각각 정상 혈관에 대한 종축과 횡축영상의 혈관 지름을 나타내었으며, d (L)과 d (T)는 각각 혈관협착을 가지는 혈관에 대한 종축과 횡축영상의 혈관 지름을 나타내었다. 정상혈관의 경우 이득이 증가 할수록 혈관의 직

경은 대체적으로 증가하였으며, 이득이 60 % 이상에서는 허상으로 인하여 혈관의 직경이 급격히 증가하였다. 협착이 있는 혈관의 경우 대체적으로 실제보다 혈관의 직경이 크게 나타났으며, 정상혈관과 마찬가지로 이득이 60 % 이상에서 혈관의 직경이 급격히 증가함을 알 수 있었다. 또한 종축영상에서는 혈관의 직경을 종축으로 횡축영상에서는 혈관의 직경을 횡축으로 측정하였으며, 혈관협착 팬텀에 대한 횡축 영상이 종축 영상보다 오차가 크게 나타나는 것은 측정된 횡축 분해능이 종축 분해능 보다 낮기 때문이다. 그림 5는 평면형 탐촉자를 이용하여 이득의 변화에 따른 실제 초음파의 종축 영상을 나타낸 것으로 이득을 제외한 기타 파라메타로 각도는 60°, PRF 1500 Hz, 필터는 low의 상태로 두었다. (a)는 이득이 20 %인 경우 정상 혈관은 직경이 감소되어 보이고 협착 혈관의 직경은 증가되어 보임을 알 수 있으며, 이것은 이득이 잦을 경우 혈류 속도의 감도가 떨어져 정상혈관에서는 혈류의 신호가 과소평가되어 나타나며, 혈관 협착인 경우 혈관 직경이 큰 곳에서 작은 곳으로 흐르기 때문에 혈류 속도의 감도가 떨어져도 혈류의 신호가 과대평가되어 나타나기 때문으로 사료된다. 또한 (b)는 이득이 60 %인 경우는 정

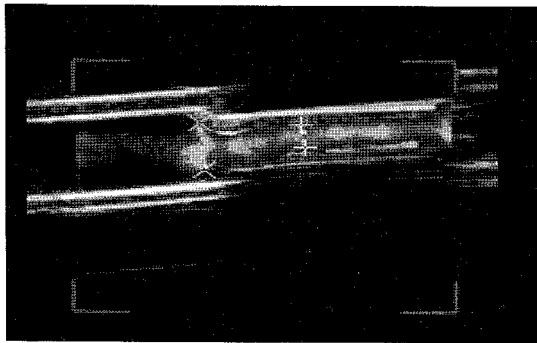


그림 3. 혈관협착 팬텀의 초음파 영상
Fig. 3. Ultrasound diagnostic image of flow phantom with stenosis.

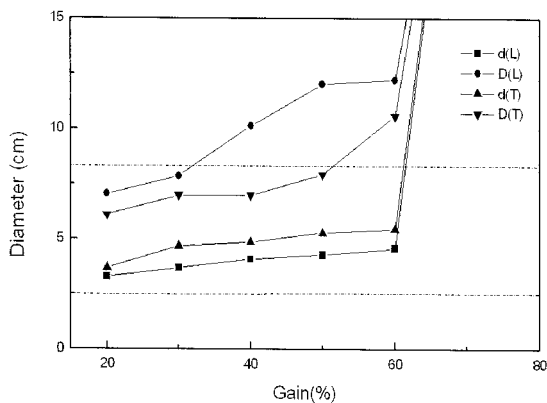
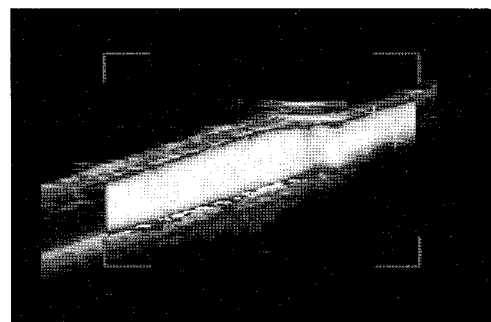
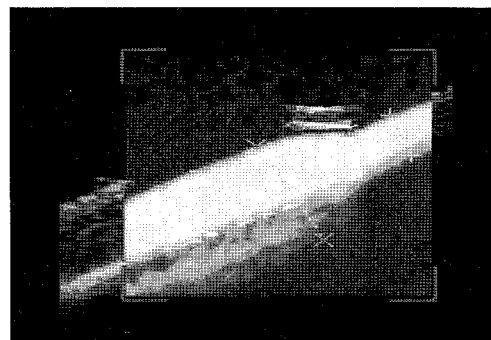


그림 4. 평면형 탐촉자를 이용한 이득에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 4. Variations of the vessel diameter according to change of gain using linear transducer.



(a)



(b)

그림 5. 평면형 탐촉자를 이용한 이득에 따른 혈관협착 팬텀의 파워도플러 초음파 종축 영상 (a) 이득 20% (b) 이득 60%
Fig. 5. Sagittal power doppler ultrasound images of flow phantom with stenosis according to change of gain using linear transducer (a) gain 20% (b) gain 60% .

상혈관과 협착 혈관 모두 급격한 허상으로 인하여 실제 직경보다 크게 증가되어 보임을 알 수 있다.

그림 6은 PRF의 변화에 따른 혈관협착 팬텀의 혈관 직경 변화를 나타낸 것이다. 정상 혈관의 경우 직경이 감소되어 측정 되었으며, 협착 혈관인 경우 직경이 증가되어 측정 되었다. PRF가 증가함에 따라 정상 혈관과 협착 혈관의 직경이 감소함을 알 수 있다. 이것은 PRF의 값이 클수록 혈류 속도의 감도가 떨어져 혈류 신호가 점점 과소평가되어 나타나는 것으로 사료된다.

그림 7은 필터의 변화에 따라 혈관협착 팬텀의 혈관 직경의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 필터는 wall filter의 차단주파수를 조절하는 것으로 필터가 증가함에 따라 정상 혈관의 경우 직경이 감소되었으며, 협착 혈관인 경우 직경이 증가되었다. 또한 필터가 증가함에 따라 정상 혈관과 협착 혈관의 직경이 감소함을 알 수 있다.

그림 8은 각도의 변화에 따른 혈관협착 팬텀의 혈관 직경의 변화를 나타낸 것이다. 각도 파라메타는 초음파 진단상비에서 조절할 수 있는 초음파 빔의 입사 각도를 의미하며, 이득이 증가함에 따라 정상 혈관과 협착 혈관

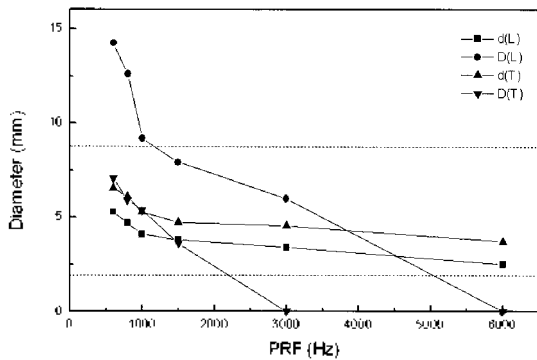


그림 6. 평면형 탐촉자를 이용한 PRF에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 6. Variations of the vessel diameter according to change of PRF using linear transducer.

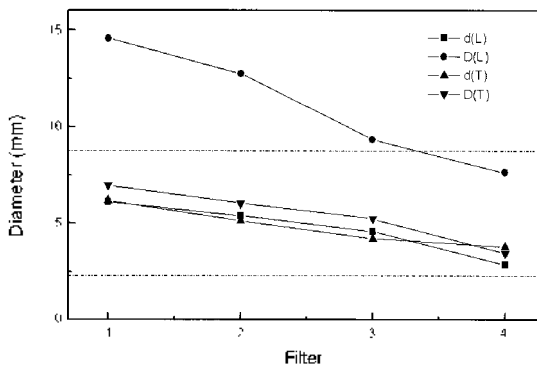


그림 7. 평면형 탐촉자를 이용한 필터에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 7. Variations of the diameter of the vessel according to change of wall filter using linear transducer.

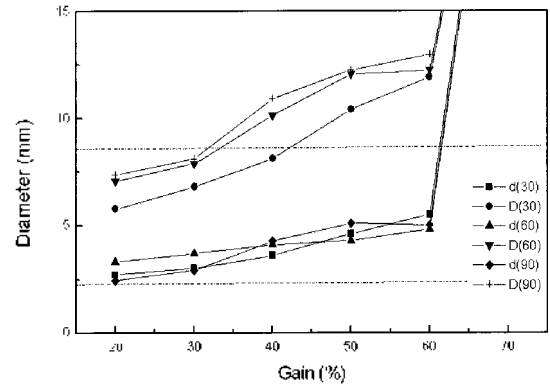
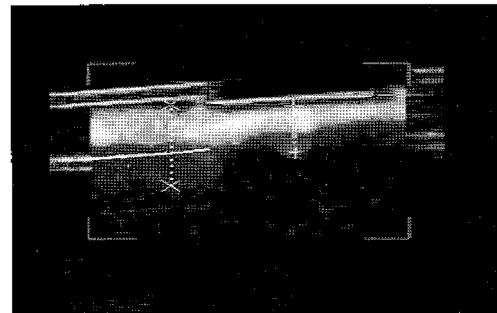
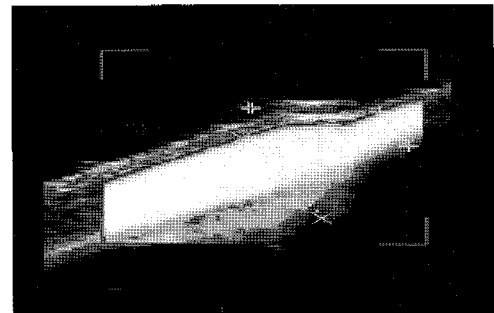


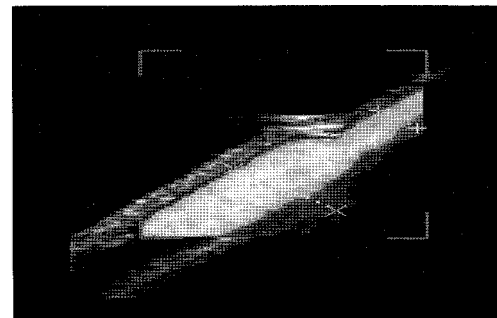
그림 8. 평면형 탐촉자를 이용한 각도에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 8. Variations of the diameter of the vessel according to change of angle using linear transducer.



(a)



(b)



(c)

그림 9. 평면형 탐촉자를 이용한 각도에 따른 혈관협착 팬텀의 파 위도플러 초음파 중축 영상

(a) 각도 90° (b) 각도 60° (c) 각도 30°

Fig. 9. Sagittal power doppler ultrasound images of flow phantom with stenosis according to change of angle using linear transducer.

(a) angle 90° (b) angle 60° (c) angle 30°

의 직경이 다소 증가 하기는 하였지만 각도로 인한 변화는 관측되지 않았다. 그림 9는 탐촉자의 각도의 변화에 따른 정상 혈관과 협착 혈관의 변화를 이득이 50 % 일 때 종축으로 나타낸 영상이다. (a)는 각도가 90°인 경우이며 정상 혈관과 협착 혈관 모두 직경이 증가되어 보인다. (b)는 각도가 60°인 경우 정상 혈관과 협착 혈관은 다소 증가 되어 보인다. (c)는 각도가 30°인 경우로 정상 혈관과 협착 혈관이 증가 되어 보인다.

그림 10은 곡면형 탐촉자를 이용하여 이득의 변화에 따른 혈관협착 팬텀의 직경 변화를 나타낸 것이다. 평면형 탐촉자를 이용한 경우와 같이 정상혈관의 경우 이득이 증가 할수록 혈관의 직경은 대체적으로 증가하였으며, 이득이 60 % 이상에서는 허상으로 인하여 혈관의 직경이 급격히 증가하였다. 그림 11은 곡면형 탐촉자를 이용하여 PRF의 변화에 따른 혈관협착 팬텀의 직경 변화를 나타낸 것이다. 평면형 탐촉자를 이용한 경우와 유사하게 PRF가 증가함에 따라 정상 혈관인 경우 직경이 대체로 감소되어 측정되었고, 협착 혈관인 경우 직경이 증가되어 측정 되었으며, PRF의 값이 증가 할수록 정상 혈관과 협착 혈관

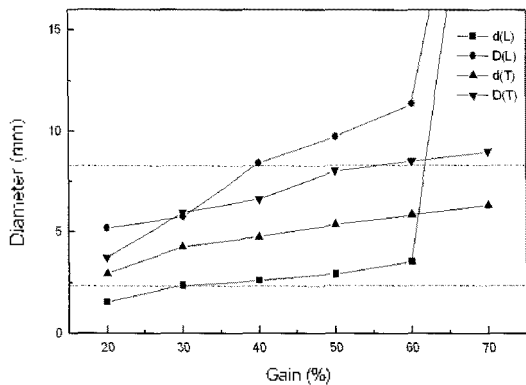


그림 10. 곡면형 탐촉자를 이용한 이득에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 10. Variations of the vessel diameter according to change of gain using convex transducer.

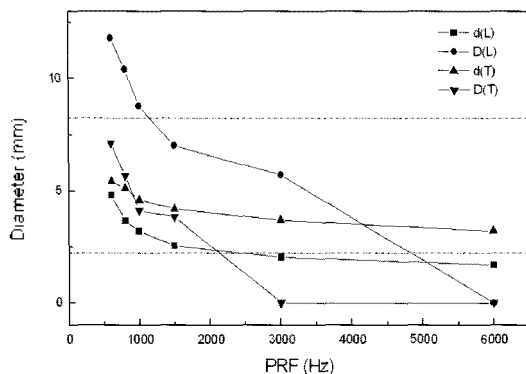
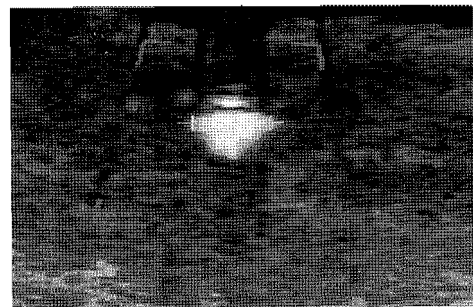


그림 11. 곡면형 탐촉자를 이용한 PRF에 따른 혈관 직경의 변화
Fig. 11. Variations of the vessel diameter according to change of PRF using convex transducer.

의 직경이 감소함을 알 수 있었다. 그림 12는 곡면형 탐촉자를 이용하여 필터의 변화에 따른 정상 혈관의 변화를 횡축 영상으로 나타낸 그림이다. (a)는 필터가 low인 경우이며 정상 혈관의 직경이 7.5 cm로 다소 감소되어 나타나며 (b)는 필터가 high인 경우이며 (c)는 필터가 max인 경우로 필터가 증가함에 따라 정상 혈관의 직경이 점차 감소하여 나타남을 알 수 있다. 일반적으로 횡축영상에 대한 혈관의 직경 측정은 횡축과 종축으로 시행되어야 하나, 횡축 측정이 종축 측정에 비하여 분해능이 떨어진 것을 확인해보기 위하여 횡축 방향으로만 측정하였으며, 종축측정에 비하여 횡축측정이 오차가 크게 나타났다. 평면형 탐촉자와 곡면형 탐촉자를 이용하여 측정된 정



(a)



(b)



(c)

그림 12. 곡면형 탐촉자를 이용한 필터에 따른 혈관협착 팬텀의 파워도플러 초음파 횡축 영상
(a) low (b) high (c) max

Fig. 12. Transverse power doppler ultrasound images of flow phantom with stenosis according to change of wall filter using convex transducer.
(a) low (b) high (c) max

상 혈관의 직경은 대체적으로 감소되어 측정 되었고, 협착 혈관의 직경은 증가되어 측정 되었다. 이것은 혈류 속도는 협착 부위 전에는 감소하고 협착 부위에서는 증가한다는 이론과 같은 결과를 확인 할 수 있었으며, [17,18] 평면형 탐촉자를 이용할 경우 이득이 60 %이상, PRF가 3000 Hz 이상, 필터가 max 와 같이 급격한 변화를 제외하고는 각각의 파라메타에 대해 크게 영향을 받지 않았으며, 곡면형 탐촉자를 이용하는 경우 파라메타의 변동에 혈관의 직경이 증가하거나 감소하는 경향을 보이며, 이득, PRF, 필터 등에 영향을 받는 것으로 나타났다. 일반적으로 곡면형 탐촉자는 평면형 탐촉자에 비하여 깊이가 깊은 영역을 관측하는데 유용하므로 혈관 협착 검사시 평면형 탐촉자가 더 유용한 것으로 사료된다.

도플러 초음파 검사는 혈류의 유무뿐만 아니라 혈관의 폐쇄 및 협착 유무, 혈류의 방향, 박동성 및 혈류속도 파형을 분석함으로써 많은 혈류역학적 정보를 제공해 주는 검사 방법으로 도플러 영상을 정확히 분석하기 위해서는 도플러 신호에 영향을 주는 여러 요인들에 대한 이해가 선행되어야 함을 알 수 있었으며, 부적절한 파라메타의 설정이 허상을 유발할 수 있으며 실제 혈류역학적 정보를 왜곡할 수 있으므로 적절한 기기 설정방법을 이해하면 이러한 허상에 의해 유발되는 오진을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 기존의 유체팬텀이 정상혈관과 협착혈관을 동시에 관측할 수 없는데 비하여 본 연구에서 제작된 혈관협착 팬텀은 정상혈관과 협착혈관을 동시에 관측할 수 있어 혈류의 난류에 관한 정보 획득과 적혈구의 응집 차이와 같은 혈류에 대한 기초연구와 중풍환자 및 동맥경화 환자의 임상적 연구에 유용하게 이용될 것으로 여겨진다.

IV. 결 론

진단용 초음파 장비의 품질보증을 위한 혈관 협착의 혈류 정보와 협착 정도를 연구하기 위한 팬텀을 입장에서 쉽게 취급하는 자동 주입기를 이용하여 혈관 협착 팬텀을 제작하였으며, 제작된 혈관협착 팬텀의 유용성을 확인하기 위하여 파워도플러 모드에 대한 혈관협착의 정도를 확인하기 위하여 파워도플러에서 제시된 파라메타의 적절한 조정범위를 확인하였다. B-모드를 이용한 초음파 영상으로 정상 혈관의 직경과 협착 혈관의 직경을 측정할 결과 제작된 혈관협착 팬텀의 직경과 일치함을 확인하였

다. 또한 파워 도플러 초음파의 이득, PRF, 필터, 각도 등의 파라메타를 이용하여 제작된 팬텀의 유용성을 평가한 결과 이러한 파라메타의 setting 기술이 영상의 질에 영향을 주는 부분을 확인하였다. 평면형 탐촉자를 사용하여 측정된 결과 최적의 setting은 이득이 30 %, PRF가 1500 Hz이하, 필터가 low 이었으며 종축영상에서 빔의 각도는 영향을 주지 않았다. 혈관협착 팬텀에 대한 횡축 측정이 종축 측정보다 오차가 크게 나타났으며 이것은 횡축 분해능이 종축 분해능 보다 낮기 때문이라 여겨진다. 곡면형 탐촉자를 사용한 경우 혈관 직경의 크기가 대부분의 파라메타에 의존하는 것으로 나타났으며, 최적의 상태를 정의하기는 어려웠다.

본 연구에서 제작한 혈관협착 팬텀은 혈관 협착 진단 및 초음파 진단장비의 품질보증에 유용하게 사용할 수 있으리라 여겨진다.

참 고 문 헌

1. 김현진, "간종양에 대한 색 Doppler 초음파검사와 출력 Doppler 초음파검사의 비교 연구", 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, 1997
2. 권병덕, 권 양, 임승철 외, "Doppler Ultrasound를 이용한 뇌기저 동맥의 혈류 속도 측정", *대한신경외과학회지*, 18권, 3호, 379-388쪽, 1989
3. Gordon I.L., "Effect of stenosis on transit-time ultrasound measurements of blood flow", *Ultrasound in Medicine & Biology*, vol. 21, no. 5, pp. 622-633, 1995
4. James A. Zagzebski *Essentials of ultrasound physics* Mosby, Missouri, pp. 116-117, 2000
5. Macsweeney JE, Cosgrove DO, Areson J., "Colour Doppler Energy(power) mode ultrasound", *Clin. Radiol.*, vol. 51, no. 6, pp. 387-390, 1996
6. Rubin JM, Bude RO, Corson PL, et al., "Power Doppler US : a potentially useful alternative to mean frequency-based color Doppler US", *Radiology*, vol. 190, no 3, pp. 853-856, 1994
7. von Krger M.A., Evans D.H., "Doppler ultrasound tracking instrument for monitoring blood flow velocity", *Ultrasound in Medicine & Biology*, vol. 28, no. 11, pp. 1499-1508, 2002
8. Barth R.A., Shortliffe L.D., "Normal pediatric testis : comparison of power Doppler and color Doppler US in the detection of blood flow", *Radiology*, vol. 204, no. 2, pp. 380-393, 1997
9. Gollı M., Kriaa S, Said M, et al., "Intrahepatic spontaneous portosystemic venous shunt: Value of color and power Doppler sonography", *J. of Clinical Ultrasound*, vol. 28, no. 1, pp. 47-50, 2000
10. Meyerowitz CB, Fleischer AC, Pickens DR, et al., "Quantification of tumor vascularity and flow with amplitude color Doppler sonography in experimental model: preliminary results", *J. Ultrasound Med.*, vol. 15, no. 12, pp. 827-833, 1996

11. Ander Nilsson, Per-Ake Olafsson, Lennart Carlstedt, et al., "Color Doppler Energy : computer Analysis of color to Assess angle Dependency and Detection of Volume Flow Differences", *J. Ultrasound Med.*, vol. 16, no. 4, pp. 275-279, 1997
12. Cameron J. Ritchie, Warren S. Edwards, Laurence A. Mack, et al., "Three -dimensional ultrasonic angiography using power doppler", *Ultrasound in medicine & Biology*, vol. 22, no. 3, pp. 277-286, 1996
13. Guo z. Moreau M, Ricky DW, et al., "Quantitative investigation of in vitro flow using three-dimensional color Doppler ultrasound", *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 21, no. 6, pp. 807-816, 1995
14. D. W. Rickey, P. A. Picot, D. A. Christopher and A. Fenster, "A Wall-Less Vessel Phantom For Doppler Ultrasound Studies", *Ultrasound in medicine & Biology*, vol. 21, no. 9, pp. 1163-1176, 1995
15. Kumar V, Ramnarine, Dariush K, Nassiri, Peter R, Hoskins And Jaap Lubbers, "Validation Of a New Blood-Mimicking Fluid For Use In Doppler Flow Test Objects", *Ultrasound in Medicine & Biology*, vol. 24, no. 3, pp. 451-459, 1998
16. 최춘곤, "Flow Signal in 3D TOF MRA : Flow Phantom Study", 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1995
17. 한병인, *사진과 그림으로 배우는 초음파 뇌혈류 검사*, 푸른솔, 2004
18. Cameron J. Ritchie, Warren S. Edwards, Laurence A. Mack, et al., "Three -Dimensional Ultrasonic Angiography Using Power Doppler", *Ultrasound in medicine & Biology*, vol. 22, no. 3, pp. 277-286, 1996

저자 약력

●박 희 영 (Hee-Young Park)

2003년 2월 : 한서대학교 방사선학과 석사
 2007년 2월 : 한서대학교 방사선학과 석사
 현재 : 적십자병원

●배 종 림 (Jong-Rim Bae)

한국음향학회지 제 22권 4E호 참조

●김 정 구 (Jeong-Koo Kim)

한국음향학회지 제 27권 2호 참조