

# 상완동맥 Doppler 영상의 입사각 의존성과 Aliasing에 관한 연구

## — The Study of Aliasing and Incidence Angle Dependence of Doppler Image on Humeral Artery —

안동성소병원 영상의학과 · 가야대학교 방사선학과<sup>1)</sup>

김상진 · 지태정<sup>1)</sup>

— 국문초록 —

반접현상(Aliasing)을 제거하기위한 방법 중 속도범위(velocity scale)를 높이는 방법은 동일 조건하에서 속도범위를 높여줌으로써 혈류의 방향이 반대로 나타나는 현상이 점차 사라지는 것을 확인할 수 있었다. Doppler angle을 0°에 가깝게 하는 실험에서는 각도의 변화에 따른 스펙트럼 과형에서 유의한 차이점을 발견을 하지 못했다. 실제 초음파 검사(Ultrasonography)를 시행할 때는 검사의 편의성과 신속성, 정확성을 고려해서 속도범위에 변화를 주어 검사함으로써 보다 정확한 검사가 시행되리라고 본다. 또한 Doppler Angle에 따라 혈류속도는 기하학적으로 증가하였으며, 70° 이상에서는 측정불가능 할 정도로 수치가 급상승하여 혈류속도가 Doppler Angle에 크게 의존한다는 것을 알 수 있었다. 혈류의 방향에 따른 실험에서는 입사각이 60° 이상에서 오차범위가 증가하였고, 70° 이상에서는 매우 큰 차이를 보였다. 따라서 입사각은 60° 이하가 적당하다고 보며, 사지 혈관(extremity vessel)의 혈류속도를 구하는 데 있어서 Doppler 각도는 45°에서 60°가 적절한 것으로 사료된다.

중심 단어 : 도플러, 반접현상, 입사각, 혈류속도

### I. 서 론

도플러 효과(Doppler effect)는 움직이는 반사체를 검출하여 진단에 사용되고, 혈류 측정을 특성화하는 곳에 이용 된다. 음속에 의해 혈관내의 혈류 상태를 나타낼 수 있는 Doppler 신호는 혈관의 중심축에서는 혈류가 빠른 속도를 나타내고, 혈관 벽에 가까운 혈구일수록 속도가 감소되어 0에 가깝게 된다. 이러한 Doppler 초음파의 원리는 반사체에서 반사되어 오는 신호를 transducer로 수

신하여 신호를 영상화한다. 이때 Doppler의 수신음의 수신하는 시간이 충분하지 못하면 반사체에서 발생된 신호가 불명확한 현상이 발생한다. 이 불명확한 신호가 반접현상(Aliasing)이며, 이는 Doppler 주파수가  $\pm PRF/2$ 를 넘는 경우에는 주파수 Aliasing이 발생하게 되어 높은 주파수가 낮은 주파수로 오인되고 혈류의 방향도 역전되는 현상이 발생 한다<sup>1)</sup>. 그러므로 혈류속도 측정시 부정확한 값을 나타낼 수가 있다.

Doppler 이용에서 하지정맥류와 당뇨병 등의 혈관계 질환의 원인을 이해하기 위해서는 혈액의 유속과 점도 등의 혈류 관련 측정이 매우 중요하다<sup>2)</sup>. 특히, 혈액 유속은 모세혈관에서 적혈구가 세포에 공급하는 산소량과 관련되어 있다<sup>3)</sup>. 따라서 심혈관계 질환을 효과적으로 진단하기 위해서는 정확한 혈류 속도의 측정과 스펙트럼분석이 중

\*접수일(2008년 7월 29일), 1차 심사(2008년 8월 20일), 2차 심사(2008년 11월 21일), 채택일(2008년 11월 26일)

책임저자: 지태정, (621-748) 경남 김해시 삼계동 60번지  
가야대학교 방사선학과  
TEL : 055-330-1185, C.P. : 016-506-9460  
E-mail : taejeong@kornet.net

요하며 이때 도플러 각(Doppler angle)의 혈관 내 혈액이 흐르는 방향에 대한 각( $\cos \theta$ )은 혈류속도를 정확하게 측정하는데 가장 중요한 인자이다. Gill(1979)은  $60^\circ$  이상에서 각 교정을 하였을 때 혈류량의 정량적 계산에 부적합하고,  $90^\circ$  가까이 교정 하였을 때 angle corrected velocity 계산에 착오를 주며,  $0^\circ$  가까이 하였을 때 도플러 편향(Doppler shift)이 커지며 혈류속도는 낮게 측정된다고 하였고<sup>4)</sup>, Kenneth과 Scott(1990)는 혈관 Doppler 영상에서  $30\sim 60^\circ$  각 교정이 가장 적당하다고 하였다<sup>5)</sup>. 또, Christopher(1992), Merritt(1987), Grant(1990) 등은 경동맥 혈류속도측정에 있어서 각 교정을  $70^\circ$  이상으로 하였을 때, 도플러 편향(Doppler shift)이 점차 낮아지고, 정확한 속도측정이 되지 않기 때문에  $45\sim 60^\circ$ 로 하는 것이 바람직하다고 하였다<sup>6-8)</sup>.

따라서 본 연구는 실제 검사에서 가장 용이하게 사용할 수 있는 Doppler spectrum의 속도범위(velocity scale)를 높이는 방법과 Doppler angle의  $\cos \theta$  변화에 따른 Aliasing 제거 효율과 유용성을 알아보기 위해 지금까지 연구가 부족한 상완동맥(Humeral Artery)의 혈류속도를 측정하여 Doppler angle 변화에 따른 혈류속도의 오차를 실험을 통해 확인해 봄으로써 사지(Extremity)검사에서의 유효성을 알아보고자 하였다.

## II. 실험장비 및 방법

### 1. 실험장비

본 실험의 초음파 장치는 ACUSON(Sequoia 512, USA, 2003)으로 전원 : 220VAC, Version : 6.07, Transducer : 4C1, 15L8w, 8L5, EC10C5로 구성되었다. 실험을 하기 전에 실험에 사용된 초음파 장치와 관련된 업체의 정기 점검에서 15L8w의 Transducer의 몸체, 표면, 손잡이, connector, DL pin, cable, SLT, x-element, image 상태의 점검 결과 이상이 없었으며, Image Quality Test도 전반적인 보드체크와 개별 보드체크, 외부 노이즈 체크, 자동 Power supply check 등 모든 항목이 정상으로 나타났다. 관련 탐촉자(transducer)로는 10 MHz의 선형탐촉자(linear array transducer)의 15L8w를 사용하였으며, 초음파 영상을 얻기 위해 PACS(Picture Archiving and Communication System), 결합중매로 Aquasonic jel을 사용하였다.

### 2. 측정 대상 및 측정방법

본 실험의 측정 대상은 건강한 20대 남성 10명을 대상으로 하였으며, 평균 연령 26.7세, 체중 68.3 kg, 신장 168 cm였다. 측정 부위는 대상자의 상완동맥(Humeral Artery)을 측정하였으며, 측정 대상자별로  $1^\circ$ 에서  $80^\circ$ 까지  $10^\circ$ 의 간격을 두고 측정하였다. 측정각도 사이에는 10분씩의 시간 간격을 두었으며 대상자별로 2~3일 간격으로 총 5회씩 반복 측정 하였다. transducer 각도 측정은 현재 임상에서 사용하고 있는 방법으로 초음파 장치에서 지원하는 Doppler angle 측정법을 이용하였다. velocity scale를 높였을 때와 Doppler angle을  $0^\circ$ 에 가깝게 했을 경우의 Aliasing 제거 효율을 알아보고 Doppler angle에 따른 혈류 속도의 변화를 측정하였다. 색 도플러는 펄스와 도플러를 결합하여 영상과 함께 유동적인 혈류흐름을 측정하였다<sup>6)</sup>.

### 3. Aliasing 제거 효율 분석

Aliasing 제거 효율 측정은 Doppler angle을  $60^\circ$ 로 고정하고 기타 조건은 동일하게 하여 같은 조건하에서 velocity scale만 조정하여 실험을 통한 도플러 스펙트럼의 변화를 기록한 후 영상을 비교해서 Aliasing의 제거 정도를 파악하여 그 유용성을 분석하였다. 또한 Doppler angle을  $0^\circ$ 에서  $10^\circ$ 씩 변화를 주어 그 변화의 도플러 스펙트럼을 기록한 후 영상을 비교해서 Aliasing의 제거 정도를 파악하여 Doppler angle의 변화에 따라 제거 효율을 분석하였다.

$$NL(kHz) = \frac{PRF(kHz)}{2}$$

NL : Nyquist limit

PRF : pulse repetition frequency<sup>9)</sup>

### 4. 혈류속도측정 분석

상완동맥(Humeral Artery)을 측정 대상 부위로 하여 모든 조건은 같게 하고 Doppler angle을  $10^\circ$  차이로 변화를 주어 10분 간격으로 5회 측정하여 혈관의 최대 수축기 혈류속도를 구하여 5회의 실험 결과 값과 angle에 따른 속도 변화를 기록한 후 그 값을 데이터화 하였다. 또한 angle에 따른 5회의 실험 결과에서 그 값들의 평균치를 구한 후 angle에 따른 평균치와 오차를 기록하였다.

1) 도플러 편향(Doppler shift)과  $\cos(\theta)$ 의 효과 방법

Doppler shift는 혈관검사에서 음원과 관측자의 이동 방향에 따라서 변화되는 음원의 주파수와 관측되는 주파수의 차이를 말한다. 따라서 움직이는 조직의 반사면이 음원을 향해  $V[m/sec]$ 로 이동하고 음원에서 출력되는 음의 주파수를  $f_0$ , 반사면에서 반사음의 주파수를  $f_r$ 이라고 할 때 Doppler shift ( $f_D$ )는

$$f_D = f_0 - f_r = \frac{2f_0 V}{c}$$

로 표시되며  $c$ 는 매질 중에서의 음파속도이다.

초음파 진단에서 매질의 경계면이 음원을 향해 움직일 경우나 그 반대의 경우 반사음의 주파수는 다르게 나타난다.

혈관계에 이용되고 있는 도플러 효과(Doppler effect)는 심혈관은 물론 복부혈관 검사와 모든 혈관의 혈류검사에 응용되고 있는 방식으로 하였다. 혈관 내 혈액이 흐르는 방향에 대하여 어떤 각도( $\theta$ )로 음이 입사되고 혈구의 이동속도를  $V[m/sec]$ 라 하며 입사주파수를  $f_0$ , 반사주파수를  $f_r$  그리고 음의 속도를  $c[m/sec]$ 라 하면 도플러 편향(Doppler shift)  $f_D$ 는

$$f_D = f_r - f_0 = \frac{2f_0 V \cos \theta}{c}$$

로 표시되며 음의 입사각  $\theta$ 가  $90^\circ$ 가 되면  $\cos 90^\circ$ 는 0이 되므로 이 경우에는 Doppler shift 주파수는 측정되지 않는다. 혈액과 같이 움직이는 조직에서 반사되는 초음파는 Doppler effect를 보이며 주파수가 변형된다. transducer에서 입사되는 초음파가 멀어지는 적혈구에 부딪힌 후 반사되어 돌아오는 에코의 주파수는 감소하고, 다가오는 적혈구에 반사되어 돌아오는 주파수는 증가한다.

혈류속도를 측정하기 위해서는 반사체의 속도를 도플러 공식에 응용하여 구하였다.

$$V = \frac{f_D \times c}{2 \times f_0 \times \cos \theta}$$

이 편위의 검출이 pulse Doppler method이며 혈류분포를 실시하여, 단층 반사음영상 위에 색 표시된 것이 color Doppler method이다. 적혈구에 반사하는 반사음에 의해 transducer에 상대적으로 근접하는 혈류는 적색, 멀어질수록 혈류는 청색으로 표시 되었다.

2) 혈류속도 측정

혈류속도 측정은 분석할 때 최고 혈류속(peak velocity)의 결정, 저항계수(resistive index : RI), 혈류속도 촉진과 촉진계수(acceleration과 acceleration index : AI)를 결정하는데 촉진계수는 최고수축기유속(peak systolic velocity)을 촉진수치(acceleration)로 나누어서 결정한다.

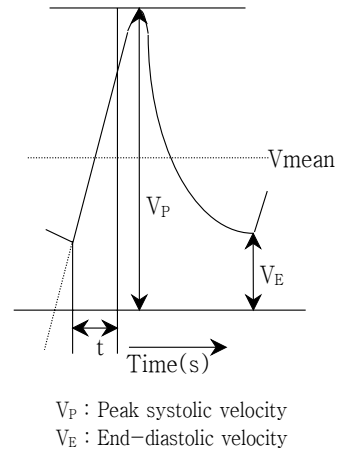


Fig. 1. The graph which shows the measurement of blood flow velocity from the Doppler sonography.

A/B ratio(peak systole/minimum end diastole)

$$A/B \text{ ratio} = \frac{V_P}{V_E} \text{가 되고,}$$

저항계수, 즉 RI(Resistive Index)

$$= \frac{V_P - V_E}{V_P} \text{가 되고,}$$

맥동계수, 즉 PI(Pulsatility Index)

$$= \frac{V_P - V_E}{V_{mean}} \text{가 되고,}$$

혈류속도촉진, 즉 Acceleration =  $\frac{V_P - V_E}{t}$  가 되고,

촉진계수, 즉 AI(Acceleration Index)

$$= \frac{V_P - V_E}{t} = \frac{V_P - V_E}{t \cdot V_P} \text{가 된다.}$$

### III. 결 과

#### 1. 속도 범위(velocity scale)를 높일 경우의 Aliasing 제거 효율

속도 범위(velocity scale)를 높일 경우의 Aliasing 제거 효율 실험에서는 Doppler angle을 60°로 고정하고, 상완동맥의 같은 부위에 velocity scale만 변화시켜 Aliasing 제거에 유용성이 있는지 알아보았다. 측정 결과 혈류의 방향이 반대로 나타나는 현상이 점차 사라지는 것을 확인하였다(Fig. 2). v/s=5 cm/s 영상에서는 Doppler 신호 spectrum의 파형을 거의 알아 볼 수 없을 정도로

spectrum 파형이 역전현상으로 나타나 Aliasing이 매우 큰 것을 알 수 있었다. 하지만 v/s=60 cm/s로 가까워질수록 spectrum의 파형은 정상적으로 측정되었다(Fig. 2. v/s=60 cm/s). 또한 spectrum 파형은 속도에 비례하여 발생하였다.

#### 2. 도플러 각(Doppler angle)을 0°에 가깝게 했을 경우의 Aliasing 제거 효율

Doppler angle에 따른 실험결과 ; 그래프의 velocity scale을 상대적으로 비교 분석해 보면 Angle을 80°에서 40°까지는 Aliasing의 뚜렷한 발생은 없었으나, 30° 이

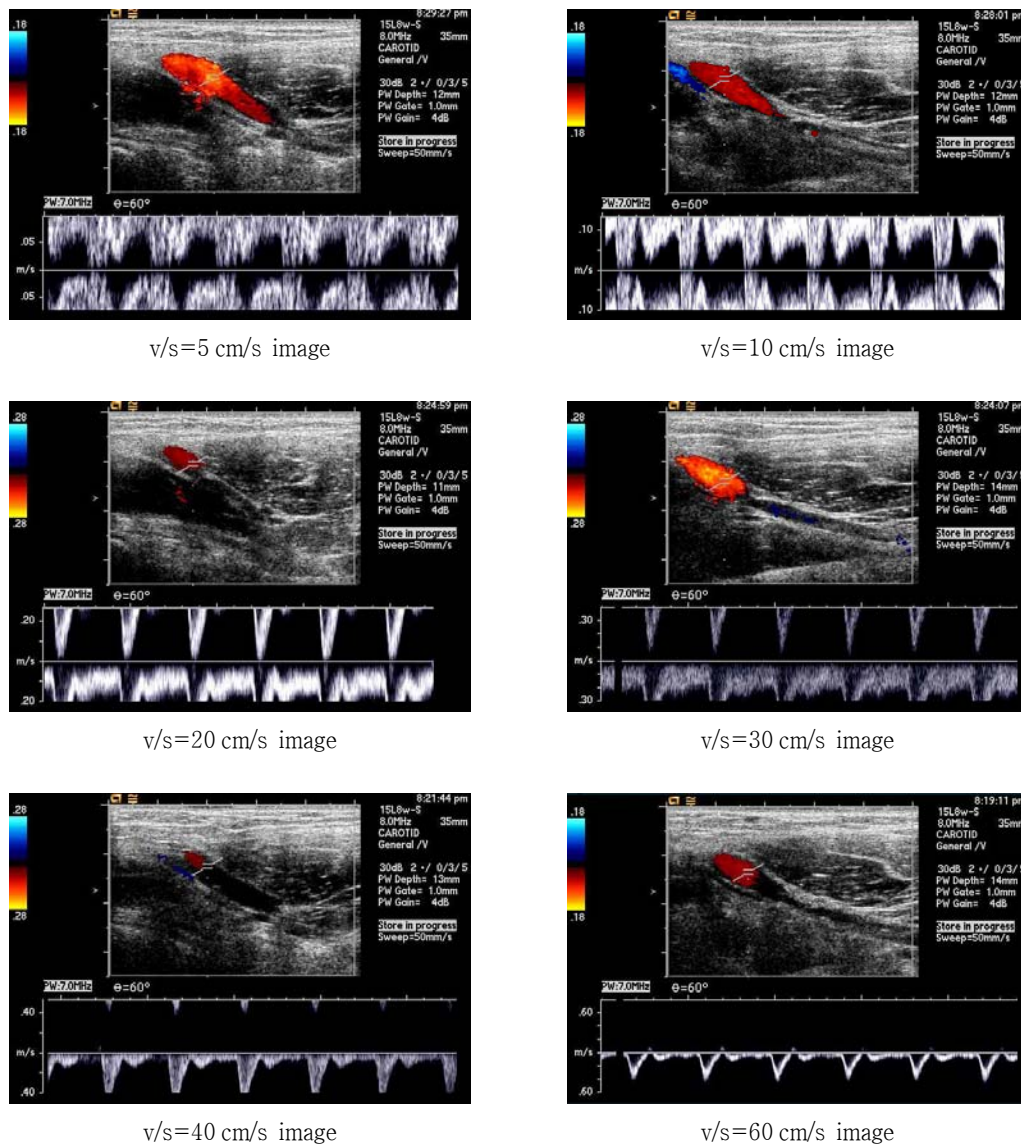


Fig. 2. Ultrasonographic images of Aliasing removal efficiency which from the humeral artery it follows in velocity scale.

하에서는 Aliasing이 발생하는 것으로 확인 되었다. 따라서 Doppler angle을 감소시켰을 때 Aliasing이 점차 더 발생하는 것을 볼 수 있었다. 이 실험에서는 30° 이하의

Doppler angle에서는 Aliasing의 감소에 뚜렷한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

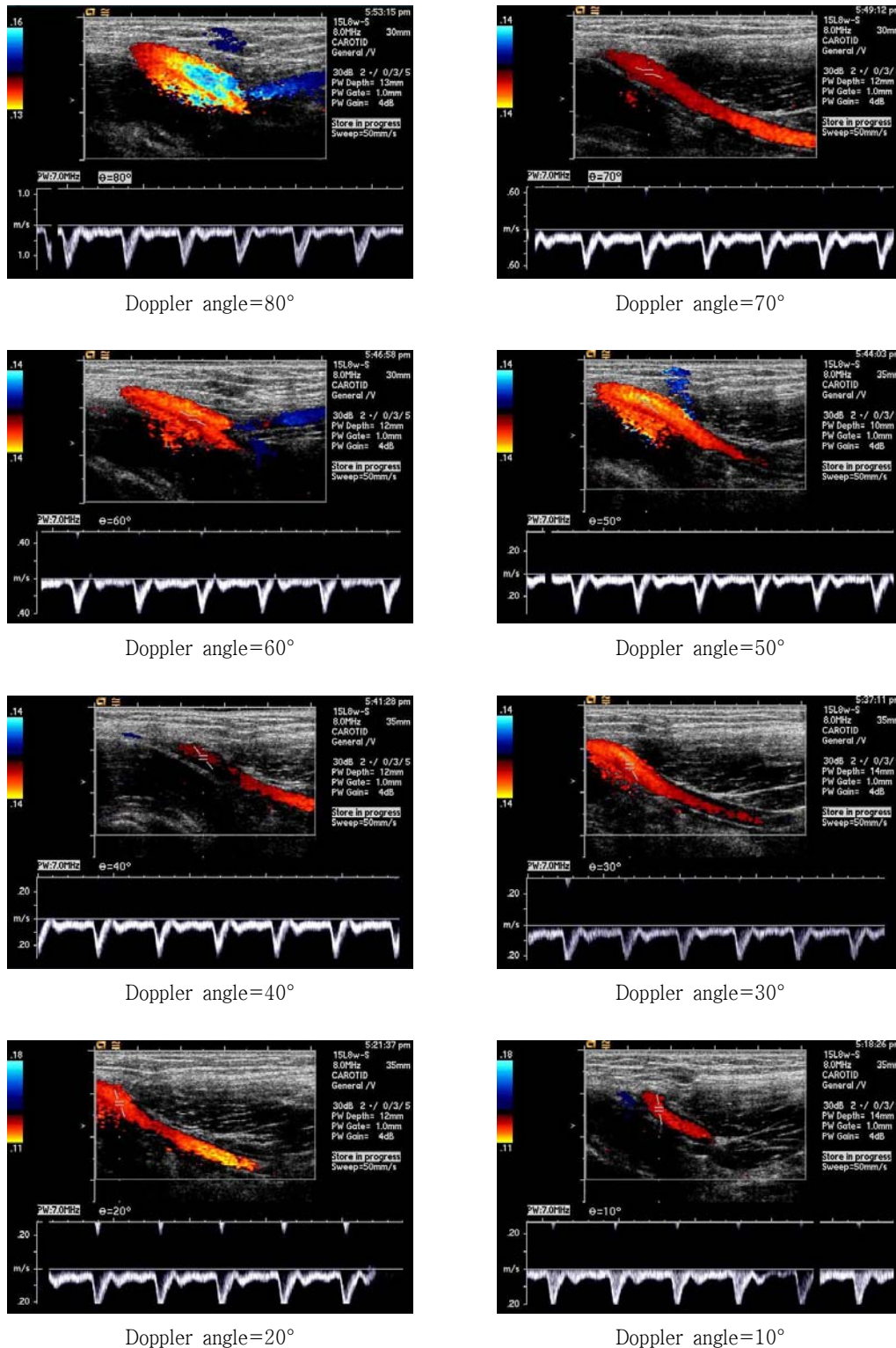


Fig. 3. Aliasing changes from the humeral artery which it follows in Doppler angle change.

**Table 1.** Change value of the blood flow velocity which it follows in change in Doppler angle.

unit : cm/s

Angle (degree)	1st	2nd	3rd	4th	5th	mean
1°	16±1.81	15±1.49	16±1.29	15±0.94	15±0.74	15.4±0.57
10°	18±1.20	18±1.52	17±0.70	18±0.88	18±0.74	17.8±0.22
20°	19±2.02	18±1.15	18±1.05	20±1.29	17±1.20	18.4±1.06
30°	22±1.41	21±1.25	22±0.74	22±0.74	23±1.33	22.0±0.71
40°	24±1.69	23±1.20	23±0.82	24±1.15	24±1.20	23.6±0.57
50°	28±1.33	28±1.29	30±1.32	29±0.99	31±1.79	29.2±1.33
60°	35±1.55	34±1.94	35±1.41	35±1.20	35±0.94	34.8±0.45
70°	49±2.31	48±2.94	48±1.52	48±1.73	47±1.15	48.0±0.71
80°	97±3.21	95±2.81	99±1.70	98±1.52	98±1.52	97.4±1.57

Values are mean ± SD, n=3, p-value < 0.05

3. 도플러 각(Doppler angle)에 따른 혈류속도의 변화

Doppler angle에 따라 혈류속도는 기하학적으로 증가하는 것으로 나타났다. Doppler angle이 70°가 넘어가면 서부터는 측정값이 급상승 하였으며, 1°에서 혈류속도와 80°에서의 혈류속도 차이는 82 cm/sec의 차이를 보였다 (Table 1). 이는 혈류속도가 Doppler angle에 크게 의존한다는 것을 알 수 있다. 또한 측정 각도에 따른 혈류속도의 오차도 비례하여 증가하였으며 각도가 클수록 오차

범위가 크게 나타났다. 하지만 측정 횟수에 따른 차이는 유의한 변화가 없었다.

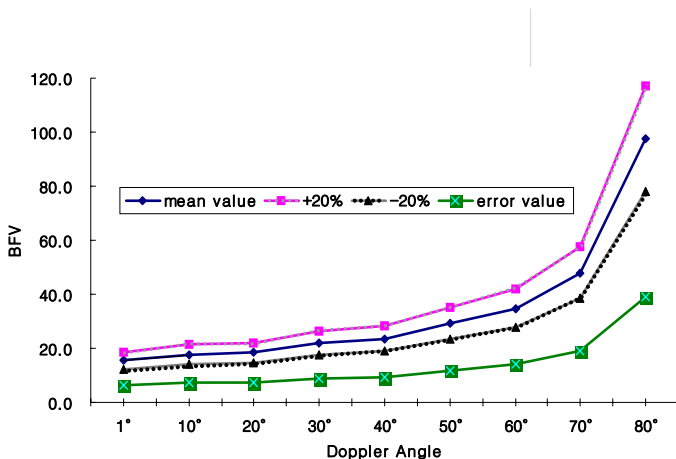
IV. 고 찰

Doppler 신호에서 불명확한 spectrum은 초음파 진단에 많은 영향을 미친다. 이러한 Aliasing 현상을 제거하기 위한 방법은 PRF를 증가시키거나 Doppler spectrum의 velocity scale을 높이는 방법, spectral scale이 최대로 고정되어 있을 경우 base-line을 이동시키는 방법(zero shifting)과 Doppler angle을 0°에 가깝게 하는 방법 등이 있다.

Gill(1979)은 60° 이상에서 각 교정을 하였을 때 혈류량의 정량적 계산에 부적합하고, 90° 가까이 교정하였을 때 angle corrected velocity계산에 착오를 주며, 0° 가까이 하였을 때 Doppler shift는 커지며 혈류속도는 낮게 측정된다고 하였고<sup>4)</sup>, Kenneth(1990) 등은 혈관 Doppler 영상에서 30~60° 각 교정이 가장 적당하다고 하였다<sup>5)</sup>. 또한 Christopher(1992), Merritt(1987), Grant(1990) 등은 경동맥 혈류속도측정에 있어서 각 교정을 70° 이상으로 하였을 때, Doppler shift가 점차 낮아지고, 정확한 속도측정이 되지 않기 때문에 45~60°로 하는 것이 바람직하다고 하였다<sup>6,7,8)</sup>.

색 Doppler를 이용한 혈류의 속도 계산에서 속도는 여러 요인에 의해서 결정되는데, Nelson 및 Wells 등은 속도는 다음과 같은 공식에 의해서 계산된다고 하였다.

$$V = FC / (2F_0 \cos \theta)$$



**Fig. 4.** From above 60° the error value accomplishes the steep slope with change of the blood flow velocity which it follows in change in Doppler angle it increases.

\* BFV : Blood Flow Velocity(cm/sec)  
 \* +20% : +20% error value of mean value  
 \* -20% : -20% error value of mean value

F는 Doppler shift를, C는 조직에서의 초음파의 속도,  $F_0$ 는 transducer의 주파수, 그리고  $\theta$ 는 혈류에 대한 Doppler beam의 상대적 각도이다<sup>10,11)</sup>.

이상의 문헌들이 나타나고 있듯이 Doppler angle은 혈류측정에서 매우 중요한 측정요소이다. 이번 실험은 Doppler angle이 변함에 따라 혈류속도가 어떻게 변하고 그 오차가 어떻게 변하는지 실험을 통해 알 수 있었다.

속도 범위(velocity scale)를 높일 경우의 Aliasing 제거 효율 실험에서 Doppler angle을 60°로 고정하고, 상완동맥의 같은 부위를 velocity scale만 변화시키면서 Aliasing 제거에 유용성이 있는지 실험해 본 결과, 같은 조건하에 velocity scale를 높여줌으로써 혈류의 방향이 반대로 나타나는 현상이 점차 사라지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, Doppler angle을 0°에 가깝게 했을 경우와 50° 및 80°로 했을 경우의 Doppler 신호 spectrum의 파형을 비교해 보면 spectrum의 파형 상 큰 차이점을 발견을 하지 못했다. 본 실험에서는 Doppler angle을 80°에서 40°까지는 Aliasing의 뚜렷한 발생은 없었으나, 30° 이하에서는 Aliasing이 발생하는 것으로 확인되었다. 따라서 Doppler angle을 감소시켰을 때 Aliasing이 점차 더 발생하는 것을 볼 수 있었다. 따라서 이 실험에서는 30° 이하의 Doppler angle은 Aliasing의 감소에 뚜렷한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 실제 초음파 검사를 시행할 때는 검사의 편의성과 신속성, 정확성을 고려해서 속도 범위에 변화를 주어 검사함으로써 보다 정확한 검사가 시행되리라고 본다.

한편 혈류속도는 Doppler angle에 따라 기하학적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 70°가 넘어가면서 측정불가능할 정도로 수치가 급상승하며 Doppler angle이 10°에서 혈류속도와 80°일 때의 혈류속도의 차이가 82 cm/sec의 차이가 생기는 것을 알 수 있었다. 이는 혈류속도를 측정하는데 있어 각도의 비중이 크다는 것을 의미하며 측정 각도에 따라 혈류속도의 오차가 크게 발생하는 것으로 확인되었다. 한편 혈류의 방향에 대하여 입사각이 60°가 넘으면 오차가 증가하여 70° 이상에서는 더욱 값이 크게 나타났다. Kenneth(1990) 등은 혈관 도플러 영상에서 30~60° 각 교정이 가장 적당하다고 하였다<sup>5)</sup>. 또한 Christopher(1992), Merritt(1987), Grant(1990) 등은 경동맥 혈류속도측정에 있어서 각 교정을 70° 이상으로 하였을 때, Doppler shift가 점차 낮아지고, 정확한 속도측정이 되지 않기 때문에 45~60°로 하는 것이 바람직하다고 하였다<sup>6-8)</sup>.

이번 실험에서는 측정대상이 남성에게 제한되어 있었다

는 점에서 여성을 대상으로 했을 때와의 비교 실험이 부족한 면이 있었고, Doppler angle을 0°에 가깝게 했을 경우의 Aliasing 제거 효율의 실험에서는 각도별 velocity scale의 범위를 일정하게 통일하지 못한 점과 측정시 5회의 측정 시작 시간이 일률적이지 못하고, 변동이 있었으며 측정 당시 대상자의 개인 환경의 변화(스트레스 등)를 체크하지 못한 점 등의 제한점이 있었다. 따라서 이번 실험으로 사지 혈관의 검사에서 혈류속도의 측정에 좀 더 정확한 측정이 이루어질 것으로 기대된다.

## V. 결 론

상완동맥 Doppler 영상에서 입사각 의존성과 Aliasing을 제거하기 위한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, velocity scale을 높여 줌으로써 Aliasing 현상이 점차 사라지는 것을 확인할 수 있었으며, 둘째, Doppler angle의 변화에 따른 스펙트럼 파형에서는 큰 차이점을 발견을 하지 못했다. 셋째, 본 실험에서는 Doppler angle을 80°에서 40°까지는 Aliasing의 뚜렷한 발생은 없었으나, 30° 이하에서는 Aliasing이 발생하는 것으로 확인되었다. 따라서 Doppler angle을 감소시켰을 때 Aliasing이 점차 더 발생하는 것을 볼 수 있었다. 넷째, 혈류의 방향에 대하여 입사각이 60°가 넘으면 오차가 13.9 cm/sec가 증가하고 70°에서는 19.2 cm/sec, 80°에서는 39.0 cm/sec로 급상승하게 되는 것을 알 수 있었다. 따라서 상완동맥에서 측정된 본 실험에서도 Doppler angle의 각도가 60°가 적당한 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 기존 문헌과 유사하게 나타났지만 Doppler angle이 30~60°인 점과 각도에 따른 혈류속도의 오차 범위를  $\pm 20\%$ 로 볼 때 이를 만족하는 혈류속도의 Doppler angle은 45°에서 60°가 사지 혈관의 검사에 적절한 각도로 사료 된다.

## 참 고 문 헌

1. 권성재 : 초음파 영상 시스템에서 새로운 도플러 평균주파수 확장 방법, 한국산학기술학회논문지, Vol. 8, No. 5, p.1048, 2007
2. Enderle, J., Blanchard, S. and Bronzino, J., "Introduction to Biomedical Engineering," Academic Press of Burlington, pp.505-548, 2005

3. Shin, S., Ku, Y., Park, M. S. and Suh, J. S., "Slit-Flow Ektacytometry : Laser Diffraction in a Slit Rheometer," *Cytometry Part B (Clinical Cytometry)*, Vol. 65B, No. 1, pp.6-13, 2005
4. Gill RW. : Pulsed Doppler with B-mode imaging for quantitative blood flow measurement. *Ultrasound Med Biol*, 5, 223-235, 1979
5. Kenneth JW, Scott H : Doppler US, *Radiology* 174, pp.297-307, 1990
6. Merritt CRB. Doppler color flow imaging. *J Clin Ultrasound*, 15, 591-597, 1987
7. Christopher RB. : Doppler Color Imaging. 1st ed. Churchill Livingstone, 7-96, 1992
8. Grant EG, Wong W, Tessler F, et al. : Assurance of consistent peak-velocity measurement with a variety of Duplex instruments. *Radiology*, 177, 265-272, 1990
9. David Cosgrove, Hylton Meire, Keith Dewbury : *Abdominal and General Ultrasound Volume 1*, Churchill Livingstone, p.84, 1994
10. Nelson TR, Pretorius DH : The Doppler Signal : where does it come from and what does it mean?, *AJR*, 151, 439-447, 1988
11. Wells PNT. Basic principles of Doppler Physics. In Taylor KJW, Burns PN, Wells PNT. *Clinical Application of the Doppler ultrasound*. 1st ed. New York : Raven, 1-25, 1988



• Abstract

## The Study of Aliasing and Incidence Angle Dependence of Doppler Image on Humeral Artery

Sang-Jin Kim · Tae-Jeong Ji<sup>1)</sup>

*Department of Radiology, Sungso Hospital, Andong*

<sup>1)</sup>*Department of Radiological Science, Kaya University, Gimhae*

Among methods to eliminate aliasing effects, the method of increasing velocity scale gradually eliminated the phenomenon in which the direction of the blood flow appeared in reverse. It was done by increasing the velocity scale while maintaining other parameters in the same state. The method of setting the Doppler angle to 0° did not show significant changes in the wave pattern of the spectrum according to the angle. In actual ultrasonography tests, more accurate tests are expected to be carried out by applying variations to the velocity scale under the considerations of speed, accuracy, and convenience of the examination. The results showed that blood flow velocity increases exponentially according to the Doppler Angle. When the angle goes over 70°, the velocity value increases to an unmeasurable state. This indicates that in blood flow velocity measurements, the blood flow velocity is very dependent on the Doppler Angle. It also shows that the error increases when the incidence angle to the direction of blood flow exceeds 60°, and when the angle exceeds 70°, the error becomes even greater.

In addition, the experiment results showed that an angle below 60° is appropriate and for blood flow velocity measurements in extremity vessels, the most appropriate Doppler Angle is from 45° to 60°.

---

Key Words : Doppler, Aliasing, Doppler angle, blood flow velocity