

초음파를 이용한 혈액에서의 에코형성의 변화에 대한 실험적 연구

한양대학교 의과대학 방사선과학 교실

이왕렬 · 이기형 · 성정호 · 이승로 · 함창곡 · 김정진

— Abstract —

Experimental Study in the Evaluation of the Changes of the Blood Echogenicity on Ultrasonography

W. Y. Lee, M.D., K. H. Lee, M.D., J. H. Sung, M.D.,

S. R. Lee, M.D., C. K. Hahm, M.D., J. J. Kim, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Hanyang University

It has been known that the echogenicity of unclotted blood under stasis is induced by mixture of red blood cell and fibrinogen and it is changed by hematocrit, temperature, fibrinogen concentration and hemolysis.

Author analyzed the echogenicity of human unclotted static blood in vitro with changing temperature, hematocrit, plasma fibrinogen concentration and also the echogenicity of hemolyzed blood and pure plasma.

The results were as follows;

1. As the temperature was increased, the echogenicity of the blood was increased.
2. After hemolysis of the blood with saponin, the echogenicity of blood was scanty or nearly absent despite of the changes of temperature.
3. As the hematocrit was increased, the echogenicity of the blood was increased.
4. As the fibrinogen concentration was increased, the echogenicity of the blood was increased.
5. No significant echogenicity was found in the plasma.

I. 서 론

임상적으로 종양 혈관질환 및 외상을 비롯한 각종 질환에서 장기내 또는 잠재공간내로 출혈이 동반될 수 있다. 이를 진단하기 위한 방사선학적 방법으로는 혈관촬영술 전산화단층촬영술 및 초음파촬영술등이 있다. 혈관촬영술은 원인 질환의 진단 및 치료방침의 결정에 매

우 유익하기 때문에 많이 이용되지만 침습적이고 출혈된 혈액 자체를 직접 진단할 수 없기 때문에 이차적으로 이용된다. 전산화단층촬영술은 출혈된 혈액을 직접 볼 수 있으며 양과 위치를 가장 정확하게 진단할 수 있다. 그러나 소요시간이 길며 검사비용이 비싸고 또한 방사선 피해가 있는등의 단점이 있다. 반면에 초음파촬영술은 값싸고 빠르고 손쉽게 또한 반복하여 시행할 수 있으므로 보다 많이 이용된다.

출혈된 혈액은 대부분이 응고되나 그렇지 않은 경우도 있으며, 시간경과에 따라 성분의 변화가 일어나며 이에 따라 초음파검사상 다양한 소견을 보인다.

이 논문은 1985년 2월 16일에 접수하여 1985년 3월 16일에 채택되었음.

저자는 혈관외에 존재하는 정체상태의 비응고된 혈액의 에코형성에 변화를 초래할 수 있는 인자들을 조사하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재 료

대조군은 정상성인의 신선혈과 상수도물을 사용하였고 이외의 실험군은 혈액은행에 보관되어 있는 전혈과 혈장을 사용하였다.

이때 사용된 전혈에는 항응고제로써 ACD(acid citrate dextrose) 용액이 포함되어 있었다.

대조군에는 정상성인의 신선혈 또는 상수도물 50ml를 그리고 각 실험군에서는 전혈 또는 혈장 50ml를 용량 100ml, 내경 50mm 길이 60mm인 파이렉스 용기(시험관)에 각기 분주하여 초음파검사에 임하였다.

초음파검사에 이용된 기계는 Toshiba Sonolayer-C Model SAC-12A scanner로 5MHz transducer를 사용하여 contact scan을 시행하였으며 사용된 transducer의 직경은 15mm이었다.

(1) 제 1군 대조군

정상성인에서 혈액 50ml를 채혈후 즉시 시험관에 넣고 초음파검사를 시행하였고 또한 상수도물 동량을 시험관에 모집하여 실온에서 1시간이상 방치한 후 초음파검사를 시행하였다.

(2) 제 2군 온도 변화군

사용된 보존혈의 헤마토크리트치는 40%이었다. 4개의 시험관에 검체를 분주하고 얼음통 또는 온수통을 사용하여 각 시험관내 검체의 온도가 10℃, 20℃, 30℃, 40℃가 유지되도록 하여 초음파검사를 시행하였다.

(3) 제 3군 적혈구 용혈군

제 2군에서 사용된 혈액과 동일한 조건의 혈액을 4개의 시험관에 분주하고 각 시험관에 고농도의 Saponin 용액을 첨가하여 적혈구를 용혈시켰으며 이를 도말염색하여 적혈구의 용혈을 증명한 후에 제 2군에서와 같은 방법으로 각 시험관내 검체의 온도를 10℃, 20℃, 30℃, 40℃로 유지시켜 초음파검사를 시행하였다.

(4) 제 4군 헤마토크리트치 변화군

혈액에서 적혈구를 분리하여 혈장섬유소원을 함유하는 완충된 생리식염수에 재고정하여 4개의 시험관에 분주한 후 각 시험관내검체의 헤마토크리트치를 10%, 20%, 30%, 40%로 만든 다음 초음파검사를 시행하였다. 각 시험관내 검체의 헤마토크리트치와 실측자와의 오차는 $\pm 10\%$ 내 었다. 이때 각 시험관내 검체의 온도는 20℃, 혈장섬유소원 농도는 400mg/dl이었다.

(5) 제 5군 혈장섬유소원 농도 변화군

혈액에서 적혈구를 분리하여 완충된 생리식염수에 재고정하여 4개의 시험관에 분주한 후 각 시험관내 검체의 혈장섬유소원 농도가 200mg/dl, 400mg/dl, 600mg/dl, 800mg/dl가 되도록 유지시켜 초음파검사를 시행



Fig. 1. The sonographic scanning feature. The angle between the transducer and the blood was right angle.

하였다. 이때 각 시험관내 검체의 온도는 20 °C, 헤마토크리트치는 50 %이었다.

(6) 제 6 군 혈장군

혈장만으로 초음파검사를 시행하였고 이때 혈장의 온도는 20 °C이었다.

2. 방 법

실험군은 대조군(제 1 군), 온도변화군(제 2 군), 적혈구 용혈군(제 3 군), 헤마토크리트치 변화군(제 4 군), 혈장섬유소원 농도변화군(제 5 군) 및 혈장군(제 6 군)으로 구분하였다. 제 1 군은 혈액 1개 상수도물 1개, 제 2 군부터 제 5 군까지는 각각 4개, 그리고 제 6 군은 1개로 나누어 초음파검사를 시행하였다. 초음파검사의 동일성을 고려하여 각 시험관내 검체의 높이를 25mm로 균일하게 하였으며 대조군을 제외한 모든 실험군에서 초음파검사를 하기 전에 시험관을 충분히 흔들어서 검체의 균질화를 꾀한 후 1분 방치한 다음 초음파검사를 시행하였으며 transducer를 가능한 검체의 표층과 직각이 되게끔 하였다(Fig.1).

모든 실험군에서 초음파영상을 얻어 검체가 나타내는 에코의 수, 모양 및 양상을 육안적으로 관찰하였고, 각 군별로 비교 분석하였다.

III. 결 과

1. 제 1 군 대조군

채혈 즉시 초음파검사를 시행한 대조군의 혈액에서는 전반적으로 가는 과립상의 에코가 관찰되었으며 부분적으로 거친 에코를 나타내었다(Fig.2). 이는 적혈구의 응집에 의하여 나타나는 것으로 생각되었다. 상수도물의 초음파영상에서는 에코가 전혀 관찰되지 않았다(Fig.2).

2. 제 2 군 온도 변화군

혈액의 온도가 10 °C일 때에는 가는 과립상의 에코가 균질하게 관찰되다 온도를 상승시킴에 따라 에코의 수가 증가되었으며 에코의 모양이 선상 또는 불규칙하게 관찰되었고 전반적인 에코양상은 거칠고 비균질하였다(Fig.3).

3. 제 3 군 적혈구 용혈군

모든 용기내에서 가는 과립상의 에코가 관찰되었으며 에코양상은 균질하였다. 온도변화에 따른 에코의 수, 모양 및 양상의 변화는 미미하였다(Fig.4).

타군과 비교시 보다 반향적(echogenic, 反響的)으로 보였던 것은 gain control 차이에 의한 것으로 생각되었다.

4. 제 4 군 헤마토크리트치 변화군

헤마토크리트치가 10 %일 때에는 가는 과립상의 에코가 균질하게 관찰되었고 헤마토크리트치를 증가시킴에 따라 선상 또는 불규칙한 모양의 에코가 나타나 헤마토크리트치가 40 %일 때에는 매우 거칠고 비균질한 에

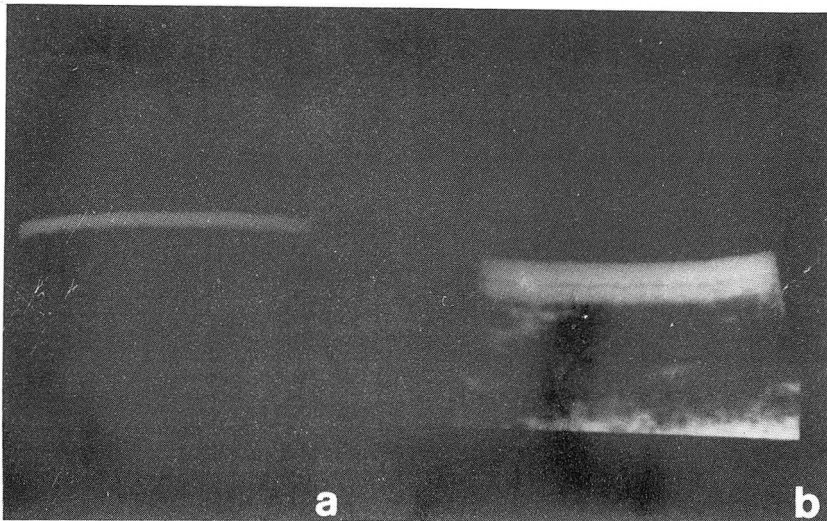


Fig. 2. The echogenicity in tap water and fresh blood. There was no echo in tap water, but there were granular or tubular echoes in fresh blood. a: tap water, b: fresh blood

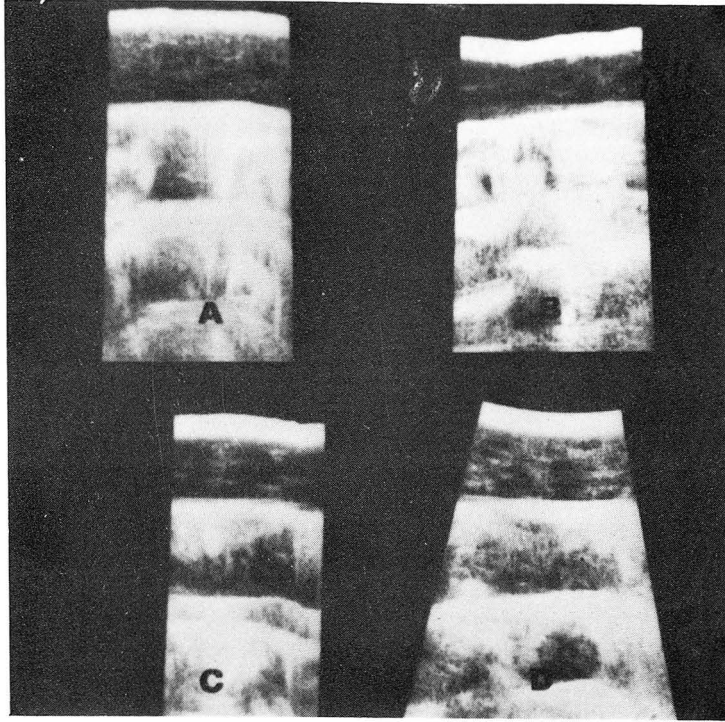


Fig. 3. The echogenicity of blood in different temperature. As the blood temperature was increased, the echogenicity of the blood was increased. A: 10°C, B: 20°C, C: 30°C, D: 40°C

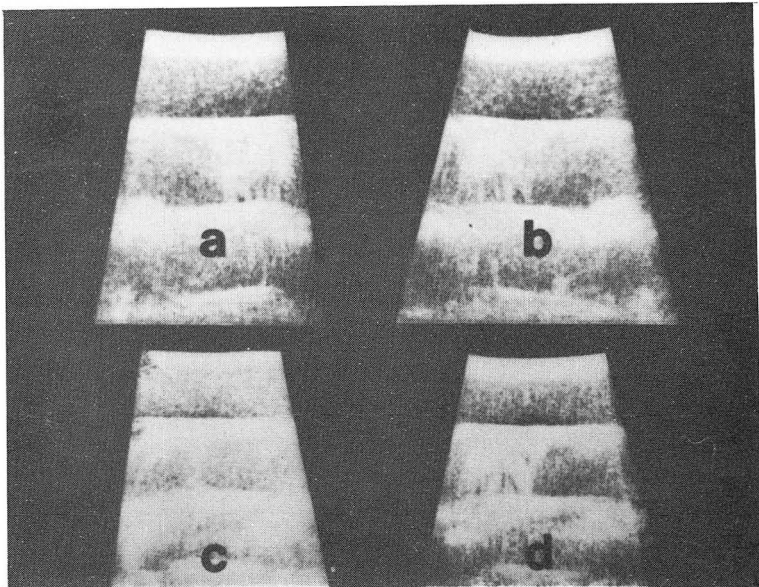


Fig. 4. The echogenicity of blood after hemolysis. There were only fine granular echoes in every test tube. A: 10°C, B: 20°C, C: 30°C, D: 40°C

코양상이 관찰되었다 (Fig.5).

5. 제 5 군 혈장섬유소원 농도 변화군

혈장섬유소원 농도가 200mg/dl 인 경우에는 소수의 과립상의 에코가 관찰되었으며 농도를 증가시키에 따라 보다 많은 과립상의 에코가 관찰되었고 농도가 800mg/dl 인 경우에는 매우 비균질한 에코양상이 관찰되었다 (Fig.6).

6. 제 6 군 혈장군

대조군인 물의 초음파영상과 같이 에코가 전혀 관찰되지 않았다.

IV. 고 찰

1970년대 후반부터 발전되어 임상에 널리 이용되기 시작한 초음파검사는 조직간 반향에 의하여 영상을 만들기 때문에 인체 각종 장기의 형태는 물론 각종 국소 질환의 진단이 가능하다. 그러나 초음파가 골격과 공기를 투과하지 못하는 단점때문에 성인의 두개강내와 흉곽내 병변의 진단에는 제한이 있다. 특히 초음파는 액

체와 고체를 구별할 수 있는 큰 이점이 있어 각종 낭종이나 혈관등이 잘 보인다. 초음파검사상 순환중인 혈액은 에코를 형성하지 않기 때문에 무반향적 (anechoic, 無反響的)으로 나타난다. 반면에 정체된 혈액이나 출혈에 의하여 장기내 또는 잠재공간에 고여있는 혈액은 에코를 형성하며¹⁾ 혈액의 상태에 따라 다양한 에코형성을 나타낸다.

정체된 혈액내의 에코형성은 적혈구의 응집 (aggregation)에 의하여 생기며, 적혈구 응집의 가장 전형적인 형태는 연진 (Rouleau)형성이다²⁾. 따라서 적혈구 응집을 증가시킬 수 있는 조건들은 또한 혈액의 에코형성을 증가시킬 수 있으며 이런 조건들로는 혈액 온도의 증가, 헤마토크리티치의 증가, 혈장섬유소원 농도의 증가 및 외인성 고분자물질 농도의 증가등이 있다고 보고되고 있다³⁾.

혈액온도의 증가는 적혈구 응집과 적혈구 침강속도를 증가시켜^{3,4)} 이에 의하여 혈액의 에코형성을 증가시킬 수 있다. 또한 온도의 증가가 혈액의 고분자물질에 영향을 줌으로써 이차적으로 혈액의 에코형성을 증가시킬 수 있다고 하며²⁾ 확실한 기전은 밝혀지지 않았지만 Bull 등⁵⁾은 고분자물질이 적혈구의 표면전하를 감소시

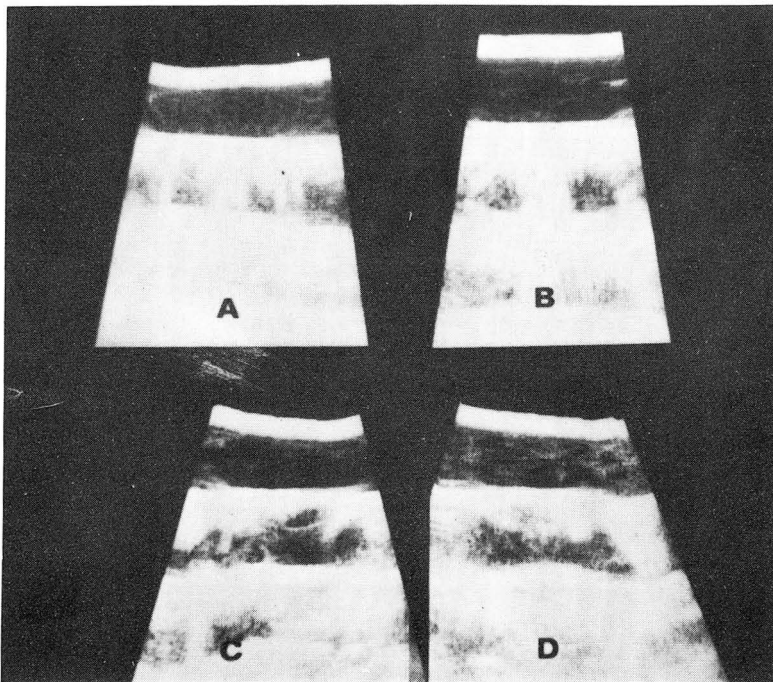


Fig. 5. The echogenicity of blood in different hematocrit. As the hematocrit was increased, the echogenicity of the blood was increased.
A:10%, B: 20%, C:30%, D:40%

켜 적혈구 응집을 촉진시킨다 하였다. 즉 정상 적혈구의 표면에는 Zeta-potential이라는 아주 약한 음성전하가 있어 적혈구응집을 방지하나 고분자 물질에 의하

여 이 표면의 음성전하가 감소되거나 소실되기 때문에 적혈구의 응집이 촉진된다는 것이고 이외에도 Sigel 등²⁾은 고분자 물질에 의하여 형성된 단일층(monolayer)

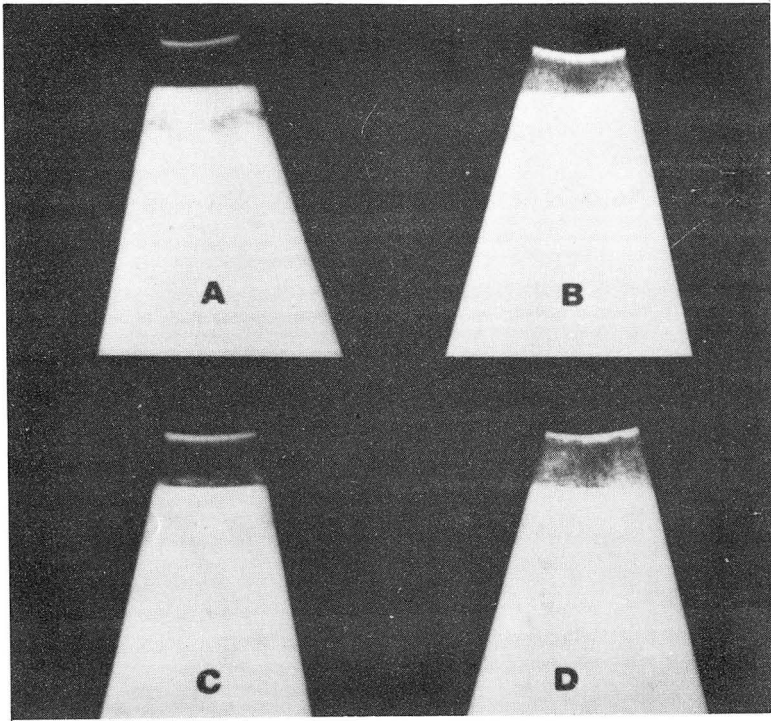


Fig. 6. The echogenicity of blood in different plasma fibrinogen concentration. As the plasma fibrinogen concentration was increased, the echogenicity of the blood was increased.
A:200mg/dl, B:400mg/dl, C:600mg/dl, D:800mg/dl

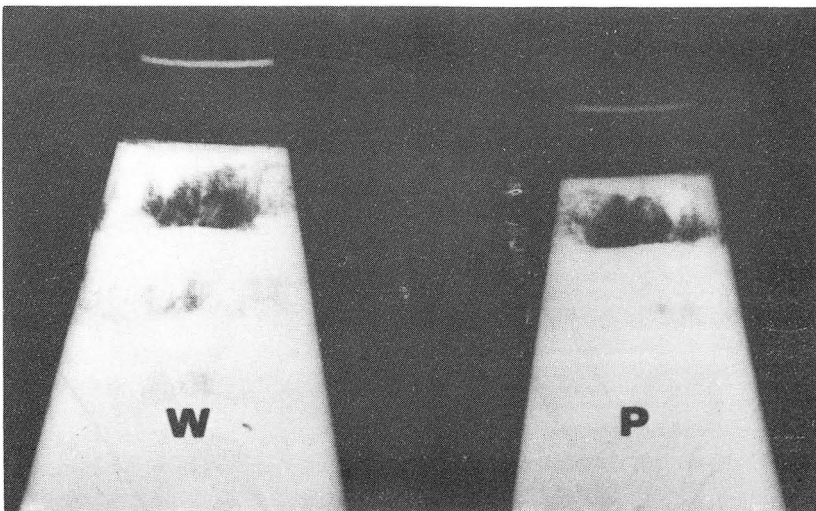


Fig. 7. The echogenicity of tap water (W) and plasma (P). There was no echo in plasma such as tap water.

이 적혈구의 표면을 연결하기 때문에 또한 혈액의 에코형성이 증가된다고 보고하였다.

Sigel 등²⁾의 실험에서도 혈액온도의 상승 헤마토크리트치의 증가 및 혈장섬유소원농도의 증가에 따라 에코의 수와 크기가 증가하였고 모양이 불규칙하여져 전반적인 에코양상이 비균질하게 나타나는 것을 관찰할 수 있어 저자의 연구와 동일한 결과를 보여주었다. 또한 그들은 정상인의 혈액과의 비교로써 다발성골수종 환자의 혈액에서 월등히 많은 에코형성이 관찰되어 그 이유를 다발성골수종환자의 혈액에 포함되어 있는 고분자 물질의 일종인 M-단백질때문이라 하였다. 따라서 온도 헤마토크리트치 및 혈장섬유소원을 포함한 고분자 물질들이 혈액의 에코형성에 영향을 주는 인자임을 확인할 수 있었다. 아울러 혈장이 무반향인 점을 감안하면 혈액의 에코형성에는 적혈구가 꼭 필요하다는 사실도 알 수 있었다.

V. 결 론

정상성인의 신선혈 혈액은행에 보관된 혈액 및 혈장을 사용하여 혈액의 온도 헤마토크리트치 및 혈장섬유소원 농도를 변화시켜가며 초음파검사를 시행하였고 또한 *saponin*을 투여하여 적혈구를 용혈시킨 혈액과 혈장도 초음파검사를 시행하였다.

이들의 초음파검사 소견을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정상성인 신선혈에서는 비교적 균일한 과립상의 에코와 일부의 불규칙한 모양의 에코를 관찰할 수 있었다. 상수도물에서는 에코가 관찰되지 않았다.

2. 혈액의 온도를 증가시킴에 따라 혈액의 에코형성이 증가되었다.

3. 적혈구를 용혈시킨 뒤에는 온도의 변화에 관계없이 소수의 미세한 에코만 관찰되었다.

4. 혈액의 헤마토크리트치를 증가시킴에 따라 혈액의 에코형성이 증가되었다.

5. 혈장섬유소원 농도를 증가시킴에 따라 혈액의 에코형성이 증가되었다.

6. 혈장에서는 상수도물에서와 같이 에코가 전혀 관찰되지 않았다.

7. 혈액의 에코형성이 혈액온도, 헤마토크리트치 및 혈장섬유소원 등의 변화에 의하여 영향을 받는다는 사실을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Sigel B, Coelho JCU, Spigos DG et al: *Ultrasonography of blood during stasis and coagulation. Invest radiol* 16:71-76, 1981.
2. Sigel B, Coelho JCU, Schade SG et al: *Effect of plasma proteins and temperature on echogenecity of blood. Invest radiol* 17:29-33, 1982.
3. Gordon MB, Cohn DJ: *The effect of external temperature on the blood sedimentation rate of the red blood corpuscles. Am J Med Sci* 176:211-214, 1928.
4. Wartman W B: *Effect of room temperature on sedimentation rate of red blood cells of man. Am J Med Sci* 212:207-210, 1946.
5. Bull BS, Brailsford JD: *The zeta sedimentation ratio. Blood* 40:550-559, 1972.