

적혈구 침강속도에 대한 Westergren tube 각도, 온도 및 NaCl 농도가 미치는 영향

김도균 · 김영홍 · 유창준

경북대학교 수의과대학

(1995년 10월 2일 접수)

The effect of Westergren tube angle, temperature and osmolarity with the different percent of NaCl solution on erythrocyte sedimentation rate

Do-kyun Kim, Young-hong Kim, Chang-jun Yu

College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University

(Received Oct 3, 1995)

Abstract : Erythrocyte sedimentation rate is influenced by plasma protein, red cell itself and physiological conditions and it is clear that the measurement of erythrocyte sedimentation rate varies with technique and various environmental factors.

The effect of temperature, angle of test tube, and osmolarity with different percent of NaCl solution on erythrocyte sedimentation rate on sheep was determined by modified Westergren method.

In sheep, as the angle of Westergren tube was decreased from 90° to 45°, erythrocyte sedimentation rate was increased in both diluted plasma and NaCl solutions.

As temperature was increased from 4°C to 20°C at 45° angle, erythrocyte sedimentation rate was increased.

In ruminants, this modified Westergren methods, erythrocyte 1: plasma 9 instead of erythrocyte 4: plasma 6(whole blood), enable them to have meanings as dog therefor, using this method, clinical can determine the erythrocyte sedimentation rate of ruminants for diagnosis.

Because erythrocyte sedimentation rate was changed according to the angle of Westergren tube, temperature as erythrocyte diluted with NaCl, this study detected that the change of temperature, the angle of Westergren tube could change erythrocyte sedimentation rate by effecting red cell itself.

The increase of osmolarity owing to change of NaCl percent resulted in the decrease of rapid erythrocyte sedimentation rate. So this fact indicate that deformability and the change of red cell volume have meaning in the change of erythrocyte sedimentation rate.

Key words :

서 론

Fåhræus¹⁾는 일찍이 적혈구 침강속도(ESR)에 대하여

연구를 하였다. 그는 혈장의 점도, 혈구나 혈장의 비중, 적혈구의 크기는 침강속도에 실제적으로 관계가 없으며 적혈구 연전(rouleaux)만이 유일한 요인이라고 보고하였다²⁾. 그후 많은 학자들에 의해 침강

의 기전과 검사방법 등에 대한 광범위한 연구가 되어져 왔으며, 현재 질병의 비특이적인 지표(sickness index)로서 크게 주목받고 있다.^{1,3,6-10}

초기 때부터 사용되던 방법중 하나인 Westergren법이 지금도 전세계적으로 표준 적혈구 침강속도 측정 방법으로 통용되고 있다.^{2,3,11,12} 적혈구 침강속도는 항응고제로 처리한 혈액을 일정시간 정지시켰을 때 적혈구가 침강 tube 내에서 침강한 거리를 mm로 표시한 것이다. 본 방법은 이용하기에는 비교적 간편하지만 결과에 영향을 미치는 요인이 아주 많고 복잡하므로 더 많은 연구들이 요구되어진다고 보고하고 있다.¹³

적혈구는 혈장보다 비중이 크므로 항응고제로 처리한 혈액을 정지시키면 침강하게 된다. 적혈구 침강속도의 중요한 영향인자는 연전형성이다. 정상적인 적혈구 표면에는 음성하전을 띠는 sialic acid(N-acetylneuraminic acid)의 carboxyl 그룹이 존재하여 정전기적인 반항력(electrostatic repulsive force)을 유발해 연전을 형성하지 않으나, 적혈구 두께 크기인 5nm의 정전기적 음전하성(electrostatic negative charge)에 대해 dextran이나 혈장단백질과 같은 거대분자들이 흡수시켜 버리는 힘이 작용하였을 때 축을 이루면서 연전을 형성하게 된다고 보고하였다.¹⁴⁻¹⁷ 또한 음전하성을 흡수하는 거대분자의 흡수력은 분자의 비대칭 정도와 분자량에 비례한다고 보고하였다.¹⁸ 연전의 형성에 영향을 미치는 인자로는 비대칭성의 거대분자인 혈장단백질, 적혈구세포의 특징, 기타 생리적인 요인 등이 있는데 아주 복잡하고 다양하다고 보고되어 있다.^{19,19,21}

적혈구 침강속도는 질병의 유무, 이미 발생한 질병의 악화나 개선정도, 치료반응정도 등에 대한 비특이적인 지표가 되는데 sickle cell disease와 같은 비정상적인 적혈구 모양(poikilocytosis), 적혈구 수의 증가(polycythemia), 혈장단백질의 이상, 담즙산의 과다, 백혈구의 과다한 증가(leucocytosis), trichinosis 등의 경우에 적혈구 침강속도는 감소할 수 있고, 여성이 남성보다 빠르고, 연령의 증가, 종양, 감염, collagen vascular disease, 심장의 경색, 맥관성 혈전, 임신, 갑상선 질병, 빈혈 등의 경우에 증가되어 질병의 비특이적인 지표가 된다고 보고되어 있다.^{2,20-27}

적혈구 침강에 영향을 미치는 실험방법상의 인자들은 침강 tube의 각도와 직경의 크기, 혈액 원심분리의 정도, 실험온도, 혈액의 저장기간, 혼합한 항응고제 종류, 시험관의 진동정도 등이라고 보고되어 있다.^{9-11,21,28,29} 종의 특이성에 있어서는 반추수는 대단히 느린 침강속도를 나타내고 말에서는 아주 빠른 침강속도를 보이며, 개는 그 중간정도의 속도를 나

타낸다고 보고되어져 있다.^{17,30}. 실험온도를 증가시킴에 따라 적혈구 침강속도는 증가한다는 보고도 있다.^{5,17,30,31}

시험관 각도를 0도 부터 증가시켰을 때 점차로 적혈구 침강속도는 증가를 나타내어 45도 각도에서 최고값을 나타내고 그후 90도 각이 될 때까지 점차 감소한다고 하였다.^{9,10}. 또한 적혈구 침강속도는 혈장측 인자 뿐만아니라 적혈구 형태나 상태변화에 따른 적혈구 자체요인에 의하여서도 영향을 받는다고 보고하였다.^{9,19,31}

본 실험은 면양에서 온도, 각도 및 NaCl 농도변화에 따른 적혈구 침강속도를 측정 비교함으로써 정상적인 상태에서 적혈구의 침강속도와 온도 및 각도변화가 적혈구 침강속도에 미치는 영향을 규명하고자 하였고 또한 서로 다른 농도의 NaCl을 첨가함으로써 삼투압 현상이 적혈구 침강속도에 미치는 영향을 밝히고자 실시하였다.

재료 및 방법

임상적으로 건강하고 성숙한 Merino종 면양 10두를 성별 구별없이 사용하였으며, 실험횟수는 각 개체별로 아래의 4가지 조건에 따라 각각 최소한 40회 이상 실시하였다. 혈액은 경정맥에서 주사기로 채혈하였고, 항응고제로는 heparin을 사용하였다. 채혈 후 혈액은 4°C 냉장보관하였으며 2시간 내지 6시간 이내에 실험을 실시하였다. 채집혈액은 2,000rpm에서 20분동안 원심분리하여 혈장을 완전히 분리하였다. 분리된 적혈구는 혈장 또는 혈장 대신 0.9% NaCl, 5% NaCl, 9% NaCl로 각각 희석비 1:9로 희석한 다음, 각각의 희석용액과 3.8% sodium citrate 용액을 4:1의 비율로서 혼합하였다. 희석된 용액은 충분히 혼합하였다.

관경이 2.5mm, 길이 200mm의 눈금이 있는 Westergren tube로 희석혈액을 흡입하여 액면을 0점에 일치시켰다. 흡입한 Westergren tube의 하단 끝을 고무를 이용하고 상단부는 스프링을 이용하여 90도 각이 되게 Westergren대 위에 직립 고정시켰다. Westergren tube를 직립 고정시킨 후 다음과 같은 4가지 조건으로 실험을 실시하였다.

1. 항온기 온도 4°C, tube 각도 90°
 2. 항온기 온도 4°C, tube 각도 45°
 3. 항온기 온도 20°C, tube 각도 90°
 4. 항온기 온도 20°C, tube 각도 45°
- 각 tube의 적혈구 침강수치는 매 1시간 간격으로

측정하였다.

결 과

적혈구와 혈장은 1 : 9의 비율

4°C에서 각도에 대한 실험 : 4°C 때 90°각과 45°각에서 1시간 경과 후의 평균 및 표준편차의 값은 각각 $0.6 \pm 0.3\text{mm}$ 와 $33.4 \pm 5.7\text{mm}$ 였으며, 4시간 경과 후에는 $3.7 \pm 1.4\text{mm}$ 와 $107.8 \pm 11.1\text{mm}$ 로 현격한 차이를 나타냄으로써 시간이 경과함에 따라 차이의 증가를 보였다. 4°C에서 90°에 비하여 45°에 있어서 적혈구 침강속도에 증가경향이 고도로 유의성이 인정되었다. (4시간째 $p < 0.0001$, Fig 1).

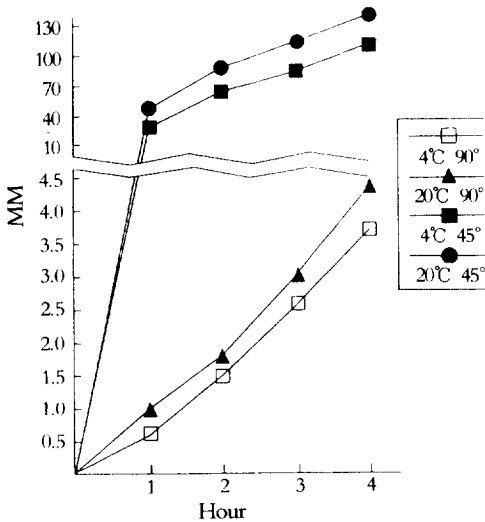


Fig 1. Erythrocyte sedimentation rate at room temperature and lower temperature with different angle of Westergren tube in sheep(erythrocyte + plasma).

20°C에서 각도에 대한 실험 : 온도 20°C 때 90°각과 45°각에서 각각 1시간 경과 후의 평균 및 표준편차의 값은 $1.0 \pm 0.5\text{mm}$ 와 $47.5 \pm 8.7\text{mm}$ 였으며 마지막 4시간 경과 후에는 $4.4 \pm 1.1\text{mm}$ 과 $141.0 \pm 12.4\text{mm}$ 로 시간의 경과에 따라서 차이는 커졌으며 20°C에서 90°에 비하여 45°에 있어서 적혈구 침강속도의 증가경향의 유의성이 인정되었다(4시간째 $p < 0.001$ Fig 1).

90°각도에서 온도에 대한 실험 : 온도 20°C 때, 90°경우와 4°C 때 90°인 경우에서 처음 1시간 경과후의 평균 및 표준편차의 값은 $1.0 \pm 0.5\text{mm}$ 의 $0.6 \pm 0.3\text{mm}$

로 거의 차이가 없었으며 4시간째에는 $4.4 \pm 1.1\text{mm}$ 와 $3.7 \pm 1.4\text{mm}$ 로 다소의 차이를 나타냈는데 90°에서 20°C에 비하여 4°C에 있어서 적혈구 침강속도의 감소경향의 유의성을 명백히 확인할 수 없었다(4시간째 $p < 0.05$, Fig 1).

45°각도에서 온도에 대한 실험 : 20°C 때 45°경우와 4°C 때 45°인 경우에서 처음 1시간에서 평균 및 표준편차의 값은 $47.5 \pm 8.7\text{mm}$ 와 $33.4 \pm 5.7\text{mm}$ 로 나타났고, 4시간째는 $141.0 \pm 12.4\text{mm}$ 와 $107.8 \pm 11.1\text{mm}$ 의 차이로 20°C에 비해, 4°C에서 적혈구 침강속도의 감소의 유의성이 인정되었다(4시간째 $p < 0.05$, Fig 1).

적혈구와 NaCl 용액을 1 : 9의 비율

20°C에서 각도에 대한 실험 : 20°C 때 90°각과 45°각에서 처음 1시간째의 평균 및 표준편차의 값은 $2.6 \pm 1.1\text{mm}$ 와 $83.9 \pm 8.1\text{mm}$ (0.9% NaCl, Fig 2, 3, 4), $1.8 \pm 0.7\text{mm}$ 와 $79.5 \pm 8.7\text{mm}$ (5% NaCl, Fig 3, 4), $1.2 \pm 0.4\text{mm}$ 와 $71.7 \pm 7.9\text{mm}$ (9% NaCl, Fig 3, 4)로 차이를 보이기 시작하여 4시간째에는 $10.1 \pm 3.1\text{mm}$ 와 $182.9 \pm 9.3\text{mm}$ (Fig 2, 3, 4), $8.2 \pm 1.8\text{mm}$ 와 $180.8 \pm 10.1\text{mm}$ (Fig 3, 4), $6.6 \pm 1.6\text{mm}$ 와 $175.7 \pm 9.5\text{mm}$ (Fig 3, 4)로 차이는 현격히 커졌다. 온도 20°C에서 tube 각의 90°에 비해 45°에서 적혈구 침강속도의 증가경향이 모든 농도에서 고도로 유의성 있게 나타났다(4시간째 $p < 0.00001$, Fig 2, 3, 4; $p < 0.00001$, Fig 3, 4; $p < 0.00001$, Fig 3, 4).

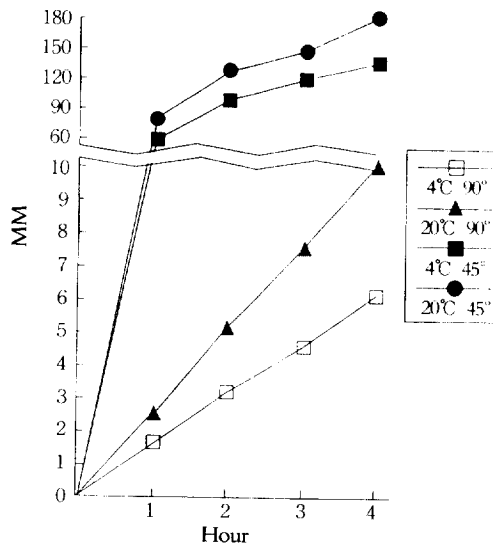


Fig 2. Erythrocyte sedimentation rate at room temperature and lower temperature with different angle of Westergren tube in sheep(erythrocyte + 0.9% NaCl).

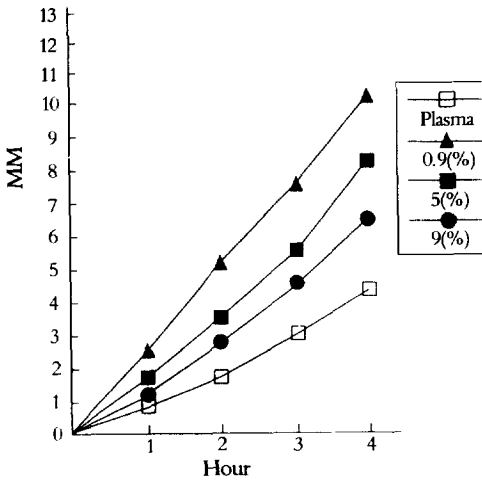


Fig 3. Erythrocyte sedimentation rate at different percents of NaCl solution in sheep(20°C 90°).

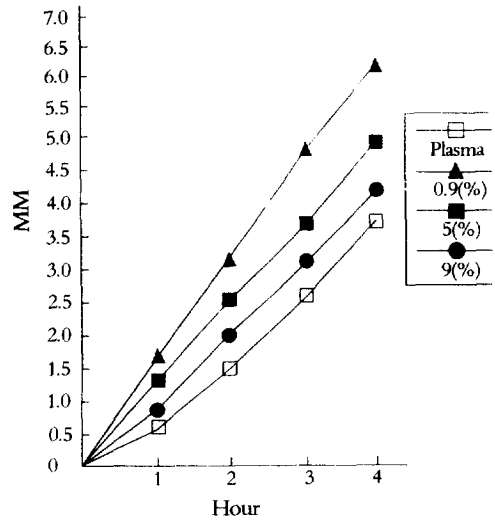


Fig 5. Erythrocyte sedimentation rate at different percents of NaCl solution in sheep(4°C 90°).

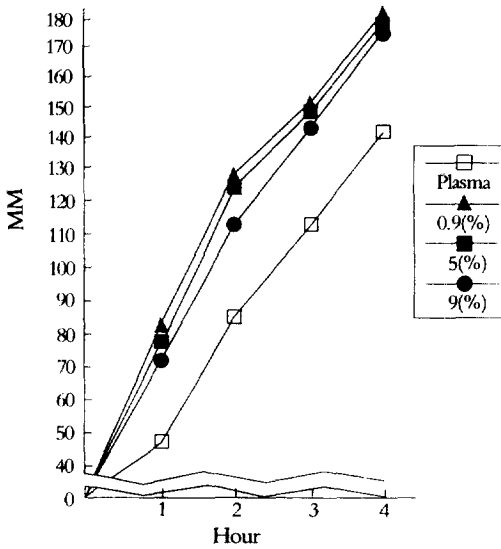


Fig 4. Erythrocyte sedimentation rate at different percents of NaCl solution in sheep(20°C 45°).

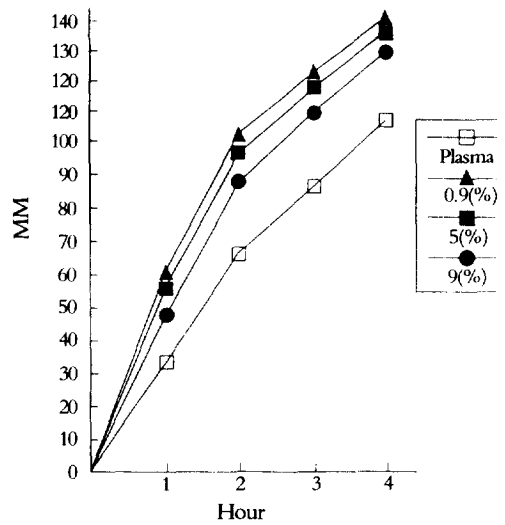


Fig 6. Erythrocyte sedimentation rate at different percents of NaCl solution in sheep(4°C 45°)

4°C에서 각도에 대한 실험 : 4°C 때 90°와 45°에서 처음 1시간째의 평균 및 표준편차의 값은 $1.7 \pm 0.5\text{mm}$ 와 $60.7 \pm 4.3\text{mm}$, $1.3 \pm 0.4\text{mm}$ 와 $56.9 \pm 5.2\text{mm}$, $0.9 \pm 0.4\text{mm}$ 와 $49.3 \pm 6.0\text{mm}$ 로 차이를 보이기 시작하여 4시간째에는 $6.2 \pm 1.6\text{mm}$ 와 $141.0 \pm 0.2\text{mm}$, $4.9 \pm 1.1\text{mm}$ 와 $137.2 \pm 4.2\text{mm}$, $4.2 \pm 0.8\text{mm}$ 와 $129.5 \pm 5.0\text{mm}$ (Fig 5, 6)로 현격한 차이를 보였다. 온도 4°C

에서 tube 각의 90°에 비해 45°에서 적혈구 침강속도의 증가경향이 모든 농도에서 고도로 유의성이 인정되었다(4시간째 $p < 0.00001$, 0.9% NaCl; $p < 0.00001$, 5% NaCl; $p < 0.00001$, 9% NaCl).

90°각도에서 온도에 대한 실험 : 20°C 때 90°와 4°C 때 90°에서 처음 1시간에서 평균 및 표준편차의 값은 $2.6 \pm 1.1\text{mm}$ 와 $1.7 \pm 0.5\text{mm}$, $1.8 \pm 0.7\text{mm}$ 와 $1.3 \pm$

0.4mm, $1.2 \pm 0.4\text{mm}$ 와 $0.9 \pm 0.4\text{mm}$ 로 차이를 보이기 시작하여 4시간째에는 $10.1 \pm 3.1\text{mm}$ 와 $6.2 \pm 1.6\text{mm}$, $8.2 \pm 1.8\text{mm}$ 와 $4.9 \pm 1.1\text{mm}$, $6.6 \pm 1.6\text{mm}$ 와 $4.2 \pm 0.8\text{mm}$ (Fig 3, 5)로 아주 근소한 차이만을 나타내었지만 90°각에서는 4°C에 비해 20°C에 있어서 적혈구 침강속도의 증가경향이 모든 농도에서 유의성 있게 인정되었다(4시간째 $p < 0.05$, 0.9% NaCl: $p < 0.05$, 5% NaCl, $p < 0.05$, 9% NaCl).

45°각도에서 온도에 대한 실험 : 20°C때 45°와 4°C때 45°에서 처음 1시간째의 평균 및 표준편차의 값은 $83.7 \pm 8.1\text{mm}$ 와 $60.7 \pm 4.3\text{mm}$, $79.5 \pm 8.7\text{mm}$ 와 $56.9 \pm 5.2\text{mm}$, $71.7 \pm 7.9\text{mm}$ 와 $49.3 \pm 6.0\text{mm}$ 로 차이를 보이기 시작하여 4시간째에는 $182.9 \pm 9.3\text{mm}$ 와 $141.0 \pm 2.7\text{mm}$, $180.8 \pm 10.1\text{mm}$ 와 $137.2 \pm 4.2\text{mm}$, $175.7 \pm 9.5\text{mm}$ 와 $129.5 \pm 5.0\text{mm}$ (Fig 4, 6)로 차이를 나타내어서 45°각에서 4°C에 비해 20°C에 있어서 적혈구 침강속도의 증가경향이 모든 농도에서 유의성이 인정되었다(4시간째 $p < 0.01$, 0.9% NaCl: $p < 0.01$, 5% NaCl; $p < 0.01$, 9% NaCl), 동일한 조건하에서 NaCl로 희석한 적혈구 침강속도는 혈장으로 희석한 액에서 보다 0.9%, 5%, 9% NaCl 모두에서 더 빠른 것으로 나타났다. 또한 NaCl의 농도가 증가함에 따라서 적혈구 침강속도는 모든 조건에서 NaCl 농도에 반비례하는 경향을 나타내었다(Fig 3~6).

20°C때 90°경우에 NaCl 농도에 대한 실험 : 1시간째에 $1.0 \pm 0.5\text{mm}$ (혈장), $2.6 \pm 1.1\text{mm}$ (0.9% NaCl), $1.8 \pm 0.7\text{mm}$ (5% NaCl), $1.2 \pm 0.4\text{mm}$ (9% NaCl)을 나타냈고, 4시간째에는 $4.4 \pm 1.1\text{mm}$ (혈장), $10.1 \pm 3.1\text{mm}$ (0.9%), $8.2 \pm 1.8\text{mm}$ (5%), $6.6 \pm 1.6\text{mm}$ (9%, NaCl)로 혈장희석에 대해 0.9%에서는 유의한 감소경향이 인정되었고(4시간째 $p < 0.001$), 0.9%에 비해 5%에서는 유의한 감소경향을 인정할 수 없었으나(4시간째 $p > 0.05$), 9%에 있어서는 유의한 감소경향을 인정할 수 있었다(4시간째 $p < 0.01$, Fig 3).

20°C대 45°경우에 NaCl 농도에 대한 실험 : 1시간째에 $47.5 \pm 8.7\text{mm}$ (혈장), $83.9 \pm 8.1\text{mm}$ (0.9% NaCl), $79.5 \pm 8.7\text{mm}$ (5% NaCl), $71.7 \pm 17.9\text{mm}$ (9% NaCl)을 나타냈고, 4시간째에는 $141.0 \pm 12.4\text{mm}$ (혈장), $182.9 \pm 9.3\text{mm}$ (0.9% NaCl), $180.8 \pm 10.1\text{mm}$ (5% NaCl), $175.7 \pm 9.5\text{mm}$ (9% NaCl)로 혈장희석액에 비해 0.9%에서는 유의한 감소경향이 인정되었고(4시간째 $p < 0.001$), 0.9%에 비해 5%에서는 유의한 감소경향을 인정할 수 없었으나(4시간째 $p > 0.05$), 9%에 있어서는 감소경향을 인정할 수 있었다(4시간째 $p < 0.01$, Fig 4).

4°C때 90°경우에 NaCl 농도에 대한 실험 : 1시간째

에 $0.6 \pm 0.3\text{mm}$ (혈장), $1.7 \pm 0.5\text{mm}$ (0.9% NaCl), $1.3 \pm 0.4\text{mm}$ (5% NaCl), $0.9 \pm 0.4\text{mm}$ (9% NaCl)를 나타냈고, 4시간째에는 $3.7 \pm 1.4\text{mm}$ (혈장), $6.2 \pm 1.6\text{mm}$ (0.9% NaCl), $4.9 \pm 1.1\text{mm}$ (5% NaCl), $4.2 \pm 0.8\text{mm}$ (9% NaCl)로 혈장 희석액에 비해 0.9%에서는 유의한 감소경향이 인정되었고(4시간째 $p < 0.001$), 0.9%에 비해 5%에서는 유의한 감소경향을 인정할 수 없었으나(4시간째 $p > 0.05$), 9%에 있어서는 감소경향을 인정할 수 있었다(4시간째 $p < 0.01$, Fig 5).

4°C때 45°경우에 NaCl 농도에 대한 실험 : 1시간째에 $33.4 \pm 5.7\text{mm}$ (혈장), $60.7 \pm 4.3\text{mm}$ (0.9% NaCl), $56.9 \pm 5.2\text{mm}$ (5% NaCl), $49.3 \pm 6.0\text{mm}$ (9% NaCl)을 나타냈고, 4시간째에는 $107.8 \pm 11.1\text{mm}$ (혈장), $141.0 \pm 2.7\text{mm}$ (0.9% NaCl), $137.2 \pm 4.2\text{mm}$ (5% NaCl), $129.5 \pm 5.0\text{mm}$ (9% NaCl)로 혈장희석액에 비해 0.9%는 유의한 감소경향이 인정되었고(4시간째 $p < 0.001$), 0.9%에 비해 5%에서는 유의한 감소경향을 인정할 수 없었으나(4시간째 $p > 0.05$), 9%에 있어서는 감소경향을 인정할 수 있었다(4시간째 $p < 0.01$, Fig 6).

고 찰

적혈구 침강속도는 Robin Fährcrus¹가 처음으로 이론을 체계화한 후 진당상의 질병에 대한 비특이적인 지표이면서 전세계적으로 사용되어지고는 있으나 적혈구 침강속도 결과에 미치는 인자들이 매우 많고 복잡하여 아직 명확히 밝혀지지 않고 있는 점들이 많다고 보고하였다. Susanna²는 적혈구 침강기간은 다음 세단계; 1) Van der Waals force에 의해 적혈구들이 약하게 결합되는 예비응집기, 2) 거대분자들에 의하여 연전형성으로 침강이 강하게 일어나는 침전기, 3) 적혈구가 침강 tube의 바닥에 쌓이는 packing period로 구분된다고 보고하였다. 이에 본 실험에서는 본격적으로 침강이 일어나는 제2단계인 침전기의 성적을 주로 하여 고찰하고 유의성을 검증하였다.

온도에 대한 실험 : 온도는 적혈구 연전형성에 영향을 미침으로써 적혈구 침강속도에 변화를 유발하는데, 일반적으로 농도가 증가하면 적혈구 침강속도는 증가하는 것으로 보고되었고, 실험온도는 적혈구 침강속도를 올바르게 측정하기 위하여서는 반드시 고려해야 한다고 보고하고 있다.^{3,6,17,31}

적혈구를 혈장과 1:9의 비율로 희석한 경우에 있어 각도 90°에서 4°C에서 20°C로 온도가 증가되었을 때 적혈구 침강속도의 증가는 유의성이 인정되지 않

았는데(Fig 1), 이는 Nicolas⁵의 소에 있어서 온도의 차이는 적혈구 침강속도에 거의 영향을 미치지 못한다는 보고와 유사한 결과를 나타냈고, 45°각도에서는 4°C에서 20°C로 온도를 증가시킨 경우, 적혈구 침강속도의 증가경향이 유의성 있게 인정되어서(Fig 1), 적혈구 침강속도는 실험온도가 증가함에 따라 증가한다는 보고와 일치점을 나타냈다^{5,17,30,31}. 본 실험에서 90°각도에서는 온도변화에 대한 적혈구 침강속도의 유의성 있는 차이가 인정되지 않았다. 45°각도에서는 온도에 대한 유의성이 인정된 것은 45°각에서 90°각에서 보다 적혈구 침강속도가 훨씬 큰 것이 그 원인이 아닌가 고찰되어 진다. 전체적으로 볼 때 침강속도가 클수록 온도에 대한 유의성이 커서 온도가 침강속도에 미치는 영향에 대한 유의성은 침강속도의 크기에 비례하는 것을 알 수 있었다.

적혈구를 각종 농도의 NaCl(0.9%, 5%, 7%) 용액으로 희석한 경우에서는 4°C에서 20°C로 온도가 증가한 경우, 적혈구 침강속도의 증가가 유의성 있게 인정되어서(Fig 3~6), 적혈구 침강속도는 실험온도가 증가함에 따라 증가한다는 보고에 일치되었고^{5,17,30,31}, Nicolas⁵의 반추류인 소에 있어서 온도의 차이는 적혈구 침강속도에 거의 영향을 미치지 못한다는 보고와는 차이를 나타냈다.

본 실험에서 혈장이 제거된 상태에서 온도의 차이가 적혈구 침강속도의 변화를 유발한 사실은 적혈구 침강속도는 혈장측 인자 뿐만아니라 적혈구측 인자에 의하여 서로 영향을 받는다는 보고^{19,20}를 뒷받침하여 주었고 특히 혈장이 제거된 상태에서 온도의 변화가 적혈구 침강속도에 변화를 유발했다는 사실은 온도의 영향이 혈장측 인자 뿐만아니라 적혈구 세포 자체에도 상당한 영향을 미쳐서 적혈구 침강속도에 변화를 유발한다고 추측되어 진다.

각도에 대한 실험 : Olsen(1966)³², Dani 등(1992)³³은 침강 tube의 각도는 적혈구 침강속도에 영향을 미쳐서 각도를 0°로부터 45°까지 증가시키면 각도증가에 비례하여 적혈구 침강속도는 증가하고 45°에서 최고속도를 나타내고, 여기에서 90°까지 증가시키면 다시 각도에 반비례하여 침강속도는 감소한다고 보고했다.

적혈구를 혈장과 1:9의 비율로 희석한 경우에서는 전통적인 Westergren 방법의 90° 고정에 비해, 침강 tube의 각도를 45°로 기울이는 것은 적혈구의 침강속도를 증가시켜 신속한 결과를 확인할 수 있다고 보고하였다^{34,35}. 본 실험에서 20°C, 45°와 4°C, 45°에서 동일조건하에서 각도 90°에 비하여 유의한 침강속도의 증가를 나타내어 상기 저자들의 연구결과와 일치함을 보였다(Fig 1).

적혈구를 각종 농도의 NaCl(0.9%, 5%, 9%) 용액으로 희석한 경우에 있어서도 20°C, 45°와 4°C, 45°각에서 동일조건하에서 90°각에 비하여 아주 현저한 침강속도의 증가를 나타내었다(Fig 1~6).

이상의 각도와 온도에 대한 고찰에서 다음과 같은 사실을 인정할 수 있게 해주었다. 적혈구를 혈장으로 희석시에 온도 20°C 상태에서 각도를 90°에서 45°로 변화시켰을 때와 온도 4°C 상태에서 각도를 90°에서 45°로 변할 때 두가지 경우 모두에서 적혈구 침강속도의 현저한 증가를 유발하여 각도변화에 따른 적혈구 침강속도 변화가 고도로 유의성 있게 인정되어 졌으며(Fig 1), 각도 45°에서 온도를 4°C에서 20°C로 변화시켰을 때는 적혈구 침강속도의 증가가 유의성 있게 인정되어 졌으며, 각도 90°에서는 온도를 4°C에서 20°C로 변화시켰을 때는 적혈구 침강속도에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났(Fig 1). 또한 각도변화에 다른 적혈구 침강속도의 변화에 비해 온도변화에 의한 적혈구 침강속도의 차이는 적은 것을 알 수 있었다(Fig 1). 이 사실로 미루어서 각도가 온도보다는 적혈구 침강속도에 더 많은 영향을 미치는 요인인 것을 알 수 있었다.

NaCl 농도에 따른 삼투압 차이가 적혈구 침강에 미치는 영향에 대하여서는 Susanna(1985)³⁶, Laurencc(1986)³⁷, Reinhart(1990)³⁸ 등도 적혈구 침강속도는 혈장측 인자 뿐만아니라 적혈구측 인자에 의하여서도 영향을 받는다고 보고하였다. 또한 적혈구 침강속도는 삼투압이 증가함에 따라서 감소하며, 적혈구의 기형이나 모양은 혈구응집에 주요한 역할을 한다고 보고하였다. Sickle cell anemia에서 적혈구 침강속도의 감소는 적혈구 자체에 기인한다고 보고하였다³⁹. 이에 본 실험의 4가지 실험조건(① 4°C, 90°, ② 4°C, 45°, ③ 20°C, 90°, ④ 20°C, 45°)에서 0.9%, 5%, 9% NaCl의 순으로 농도를 변화시켜 삼투압을 변화시켰을 때 적혈구 침강속도는 동일 조건에 대하여 감소하였는 바(Fig 3~6), 삼투압의 증가는 적혈구 침강속도 감소를 유발하는 사실을 확인할 수 있었고, 혈장이 제거된 상태이기 때문에 적혈구의 모양이나 기형은 적혈구 침강속도에 영향을 미칠 수 있다는 보고를 뒷받침해 주었다.

Osbaldiston(1971)⁴⁰, Bull 등(1972)⁴¹ Kallner(1991)⁴², Dani³³ 등(1992)은 적혈구 침강속도 연구에서 실험기술상의 문제들을 보다 개량된 방법으로 연구하여 왔다. 연전을 거의 형성하지 않는 반추류에서 전통적인 Westergren방법으로 적혈구 침강속도를 측정시 Jain(1986)^{30,35}은 면양을 처음 1시간에 1~2mm이하, 10시간에 5~10mm의 침강속도로 매우 느리기 때문에 일반적으로 진단에서는 많은 의의를 지니지 않

고, 적혈구 침강속도가 말과 반추류의 중간인 개에서는 의의가 크다고 보고하였다. 이에 본 실험에서 전통적인 Westergren 방법의 희석농도인 전혈액(적혈구 : 혈장=6 : 4)대신에 수정된 희석농도(적혈구 : 혈장=1 : 9)를 사용하고 각도 45°, 온도 4~20°C에서 측정시, 적혈구 침강속도는 면양에서는 1시간에 47.5mm(20°C, 45°)와 33.4mm(4°C, 45°), 4시간에 141mm와 107.8mm를 나타내어서 전통적인 희석방법에 비해 아주 빠른 침강속도를 나타내었다. 그러므로 본 실험에서 사용한 적혈구 : 혈장=1 : 9의 수정된 희석방법이 반추수의 적혈구 침강속도에 대해 개와 마찬가지로 의의를 지닐 수 있게 하였을 뿐만 아니라 적혈구 : 혈장의 희석비를 높임으로써 보다 신속한 결과의 유출을 할 수 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 앞으로 보다 신속하고 정확한 적혈구 침강속도를 측정하기 위하여서는 반추류 뿐만 아니라 각 동물에서 적절한 희석농도와 시험관의 각도 그리고 실험온도에 대한 더 많은 연구가 요구되어 진다.

결 론

면양에서 온도, 각도변화에 따른 적혈구 침강속도와 서로 다른 농도의 NaCl을 첨가함으로써 삼투압 현상이 적혈구 침강속도에 미치는 영향에 대한 본 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 적혈구를 혈장 및 0.9% NaCl로 희석시 각각 90°각에 비하여 45°각에서 적혈구 침강속도의 현저한 증가경향이 인정되었다.
2. 적혈구를 0.9% NaCl로 희석시 온도차이에 대한 적혈구 침강속도의 변화가 인지되었고, 이는 온도의 차가 혈장 뿐만아니라 적혈구 자체에도 영향을 미쳐 적혈구 침강속도의 변화를 유발한다고 추측되어 진다.
3. 반추수인 면양의 적혈구 침강속도는 적혈구와 혈장의 희석비를 1 : 9로 하여 45°각에서 관찰시 빠른 적혈구 침강속도가 나타났고 이는 반추류에서도 임상적으로 활용할 수 있는 의의를 지닐 수 있다고 사료되어 진다.
4. NaCl 농도변화로 인한 삼투압의 증가는 적혈구 침강속도의 감소를 유발하였고 이는 적혈구의 형태나 기형은 침강속도에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Fahracus R. The suspension stability in the blood. *Physiol Rev* 1929; 9: 241~274.
2. Bull BS, Brailford JD. The Zeta Sedimentation Ratio. *Blood* 1972; 40: 550~559.
3. International council for standization in hematology(ICSH) recomenations for measurement of erythrocyte sedimentation rate. *J Clin Pathol* 1993; 46: 198~203.
4. Kernick D, Jay AW, Rowlands S, Skibo L. Experiment on rouleaux formation. *Can J Physiol Pharmacol* 1973; 51: 690~699.
5. Nicolsa RE. A study of phenomenon of erythrocyte sedimentation. *J Lab Clin Med* 1942; 27: 1317~1327.
6. Brain SM. An Evaluation of the Relative Merits of the Wintrobe and Westergren Sedimentation Methods Including Hemocrite Correction. *A JCV* 1974; 62: 502~510.
7. Ernst E. Erythrocyte sedimentation rate history and importance today. *Acata Med Austriaca* 1990; 17: 65~67.
8. Koepke JA. A survey of erythrocyte sedimentation rate and methology. *Lab Med.* 1971; 1: 36.
9. Susanna E, Bedell MD, Booker T, Bush MD. Erythrocyte Sedimentation Rate from Folklore to Facts. *Am J Med* 1985; 78: 1001~1008.
10. Trevisanuto D, Danni C, Chiodim E, Cantaruti F, Zanardo V. The micro-ESR with the capillary tube inclined to 45 degrees in the "sepsis screen" of neonatal infection due to beta-hemolytic B-group *Streptococcus*. *Pediatr-Med Chir* 1992; 14: 507~508.
11. Mayer J, Pospisil Z, Litzman J. The mechanism of erythrocyte sedimentation in Westergren's examination. *Biorheology* 1992; 29: 261~271.
12. Wintrobe MM, Lanberg JW. A standardized technique for the blood sedimentation test. *Am J Med Sci* 1935; 189: 102~115.
13. Ernst E. Blood sedimentation-Hemorheology in Practice. *Foetschr Med* 1993; 111: 57~60.
14. Chien S, Jan KM. Red Cell Aggregation by Macromolecules: Role of Surface Absorption and Electrostatic repulsion. *Journal of Supramolecular structure* 1973; 1: 385~409.
15. Cohien S. Rheumatology and Immonology. New York : *Grunne & Stratton* 1979; 65~81.
16. Jan KM, Chien S. Role of the electric charge in red blood cell interactions. *J Gen Physiol* 1973; 61: 683~654.

17. William B, Wartman MC. Effect of room temperature of sedimentation rate of blood cells of man. *Am J Med Sci* 1993; 212: 207~210.
18. Chien S, Luse SA, Jam KM, Usami S, Miller LH, Fremownt H. Effects of macromolecules on rheology and ultrastructure of red cell suspensions. Proceedings of the Sixth European Conference on Microcirculation. *Karger Press* 1971; 29~34.
19. Lawrence C, Fabry ME. Erythrocyte sedimentation rate during steady state and painful crisis in sickle cell anemia. *Am J Med* 1986; 81: 801~808.
20. Reinhart WH, Singh A. Erythrocyte aggregation: The role of cell deformability and geometry. *Eur J Clin Invest* 1990; 20: 458~462.
21. Albin Laundau. Microsedimentation. *Am J of Diseases of Children* 1993; 45: 691~734.
22. Diant GJ, Van Werh Jw. Plasma viscosity and erythrocyte sedimentation rate in Inflammatory and non-inflammatory rheumatic disorders. *Clin Rheumatol* 1992; 11: 66~71.
23. Flinchler RM, Page MI. Clinical significance of extreme elevation of the erythrocyte sedimentation rate. *Arch Intern Med* 1986; 146: 1581~1583.
24. Gillum RF, A racial difference in erythrocyte sedimentation. *J Natl Med Assoc* 1993; 85: 47~50.
25. Krylov AA. Accelerated erythrocyte sedimentation syndrome. *Klin Med Mosk* 1991; 69: 78~80.
26. Martin DG, Hall JE, Patrick DH. Evaluation and Zeta sedimentation ratio in dog. *Ara J Vet Re* 1985: 46.
27. Robert JF, Pearson D. Prospective assessment of role of five tumor makers in breast cancer. *Cancer Immunol Immunother* 1991; 33: 403~410.
28. Barra V, Amilachwari M, Soriano G, Barra M, Carillo W, Blanoco N, Garcia P. Modified Erythrocyte Sedimentation Rate. *Bol Med Hos Infant Mex* 1990; 47: 256~260.
29. Kallner A. On the temporal development of erythrocyte sedimentation rate using sealed vacuum tube. *Am J Hematol* 1991; 37: 186~189.
30. Osbaldiston GW. Erythrocyte sedimentation rate studies in sheep, dog and horse. *Cornell Veterinarian* 1971; 61: 386~339.
31. Rourke MD, Plass ED. An investigation sedimentation rate of the red cell. *J Clin Invest* 1929; 7: 365~387.
32. Olsen RE. Determining the Erythrocyte Sedimentation Rate of Cattle. *J Am Vet Med Asso* 1966; 148: 801~803.
33. Jain NC. Veterinary hematology. 4th ed. Lea & Febiger 1986; 55~56.
34. Dani C, Trevisanuto D, Chiodin E, Cantarutti E, Zanardo V. The micro-ESR with the capillary tube inclined 45 degree in the "sepsis of neonatal infection" due to beta-hemolytic B-group Streptococcus. *Pediatric Med chir* 1992; 14: 507~508.
35. Kernick D, Jay AW, Rowland S. Erythrocyte settling. *Can J Physiol Pharmacol* 1974; 52: 1167~1177.