

## 개 희석혈의 적혈구침강율(ESR)에 의한 적혈구 침층용적(VPRC)치의 간접계산법

이 방 환 · 박 영 준  
전남대학교 수의과대학  
(1989. 1. 31 접수)

### Indirect calculation for volume of packed red cell(VPRC) by means of erythrocyte sedimentation rate(ESR) of diluted blood in dogs

Bang-whan Lee, Young-jun Park  
College of Veterinary Medicine, Chonnam National University  
(Received Jan 31, 1989)

**Abstract:** The study was undertaken to obtain indirect values of volume of packed red cell (VPRC) without centrifugation, using the erythrocyte sedimentation rate (ESR) of diluted blood in dogs. ESRs of diluted blood using the diluent of autologous plasma in which formed numerous RBC-rouleau clumps, autologous serum in which formed a few RBC-rouleau clumps, and 5% dextrose or 6% sucrose solutions in which formed numerous RBC-aggregation clumps, were accelerated. But, ESR of diluted blood using the 0.9% saline, D-S, ACD-B, CDP or D-PBS solutions were sluggish, because erythrocytes were dispersed in these diluents.

Reliable values of VPRC on the basis of the correlating regressive equation to the ESR could be derived from values of 60°-angled-micro-ESR/40 min in the mixture, four parts of 5% dextrose solution and one part of whole blood.

In the ESR values of diluted blood with low ratio, 1:1~3:1, 60°-micro-ESR was higher than 60°-Wintrobe-ESR. But, in the diluted blood with high ratio, 4:1~5:1, there was no different ESR values. For an aid of practical use, authors suggested a list of the 60°-micro-ESR/40 min in the diluted blood with equivalent VPRC of whole blood.

**Key words:** volume of packed red cells (VPRC, PCV), erythrocyte sedimentation rate (ESR), dextrose solution, canine.

### 서 론

적혈구침층용적(VPRC)의 측정은 혈액의 변화를 동반하는 각종 질병의 진단 및 기타의 각종 혈액실험에 있어서 거의 필수적으로 수행되어지는 기본과정의 하나이다. 그런데 수의임상에 있어서는 원거리의 야외진료의 경우가 많아서 현장에서 VPRC 측정이 불가능하다는 이유때문에 진단의 차질을 초래하거나 또는 진료

행위를 지연시키게 되는 사례가 발생한다. 만일 VPRC의 야외 현장측정이 가능해진다면 이러한 야외진료의 난처한 일은 해소될 것이며 특히 야외 현장에서 혈액손실(빈혈)의 정도의 측정, 탈수정도의 측정 또는 VPRC에 상관하는 적혈구침강율(ESR)의 교정평가등이 필요한 경우에는 더욱 응급의 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

지금까지 알려진 VPRC 측정법은 동물의 종별에 따

본 연구는 전남대학교 학술진흥재단의 지원(1988~1989)에 의하여 수행되었음.

른 일정한 비교원심력(RCF)을 이용한 고성능의 원심 분리과정을 필요로 한다. 이 연구에서는 회석혈액의 ESR을 이용함으로써 원심분리과정을 거치지 않고 실험실이 아닌 어느 곳에서도 수시로 VPRC치를 구할 수 있는 VPRC 간접측정법을 개발하는데 목적을 두고 있다.

이 연구를 시도하게 된 이론 근거는 i) 동일 혈액표본에서의 ESR은 VPRC치의 증가에 따라 역상관적으로 증감된다는 사실, ii) ESR에 영향을 미치는 개체별 또는 비경상적인 혈장요인(plasma factors)은 혈장을 회석함으로써 극소화될 수 있다는 당위성, iii) 그리고 이와 더불어 혈액회석제로서는 적혈구(RBC)에 손상을 주지 않으면서 RBC의 연전상(rouleau) 형성이나 응집(aggregation) 형성을 잘 일으키는 등장용액을 선택함으로써 적혈구침강속도를 가속화하면 측정시간이 단축된다는 추리에서 유도되었다.

이 연구에서 목적으로 하는 최종 대상동물은 아의진료대상의 경제동물이지만 혈액표본의 구득이 용이한 점을 감안하여 먼저 예비적 실험단계로서 개를 대상으로 하여 이 실험을 실시하게 되었다.

### 재료 및 방법

**실험동물** : 1회 채혈량(약 20~40ml)을 고려하여 품종에 무관하여 체중 15kg 전후의 1세 이상의 건강한 성견 20두(암컷 12두, 수컷 8두)를 구입하여 2주간의 예비사육을 실시한 후 공시하였다.

**혈액** : 의측요피경맥에서 무균적으로 채혈하여 항응고 처리하지 않은 혈액은 혈청분리에 이용하고 disodium-EDTA(1.5mg/ml)로 항응고처리한 혈액은 hematocrit(VPRC) 측정, ESR측정 및 혈장 분리에 이용하였다. 혈액은 채혈 후 즉시 공시하였으며 실험진행중에는 5°C의 냉장고에 보존하면서 사용하였다.

**혈액회석제** : ESR측정에 이용되는 혈액회석제는 혈액보존제로 이용되고 있는 NIH formula B의 acid citrate-dextrose(ACD-B) 용액<sup>1</sup>과 citrate-phosphate-dextrose(CPD) 용액<sup>1</sup>, 혈구세척액으로 이용되는 GIBCO Lab. 제의 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>-free-Dulbecco's phosphate buffered saline(D-PBS) 용액, 기타 혈액실험에서 흔히 쓰여지는 등장액으로서 0.9% saline용액, 5% dextrose 용액, 0.9% saline 용액과 5% dextrose용액의 동량 혼합(D-S)용액, 6% sucrose 용액 그리고 이들 회석제와의 대조를 위해서 autologous plasma와 autologous serum 등 계 9종의 혈액회석제가 이용되었다. 이들 중 D-PBS를 제외한 나머지는 모두 실험실에서 직접 조제하여 사용하였다.

**혈액회석제의 선택** : 혈액회석제의 선택은 회석액내에서의 RBC의 형태검사와 회석혈액의 ESR측정 결과에 의해서 이루어졌다. RBC의 형태검사는 RBC의 osmotic fragility test의 술식에 준하여 각 회석액 5ml에 혈액 0.02ml씩을 혼합하여 실온에서 30분간 정치한 후 400×g 10분간 원침하여 용혈여부를 관찰하는 한편 그 침전 RBC의 현저표본을 만들어 경검에 의하여 RBC의 형태변화, rouleau 또는 aggregation의 형성여부를 관찰하였다. 이와 동시에 각 회석액 2와 혈액 1의 비율로 혈액을 회석하여 45도 경사 ESR을 측정하였다. 이리하여 RBC의 형태변화가 없이 rouleau 또는 aggregation이 형성되면서 적혈구침강속도가 빠른 것을 이 실험에서 사용되는 ESR 측정용 혈액회석제로 선발하였다.

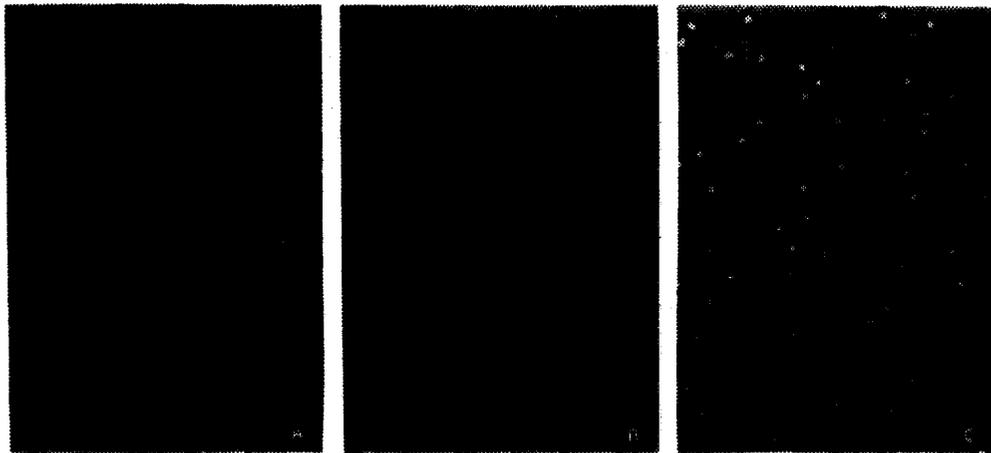
**ESR측정** : 직경 3mm의 Wintrobe hematocrit관을 이용한 ESR(Wintrobe-ESR) 측정법과 직경 1.1~1.2mm의 nonheparinized capillary hematocrit관을 이용한 ESR(micro-ESR) 측정법을 채택하여 수직-경사-경용의 ESR 측정대에서 ESR을 측정하였으며 측정환경 온도는 실온 또는 필요에 따라서 10°C, 20°C 및 30°C의 항온장치를 이용하였다. ESR 측정치는 총전혈액 전체의 길이에 대한 혈장층의 길이의 백분율(%)로 표시하였으며 특히 경사-ESR의 측정에 있어서는 소경의 ESR 측정시간이 지난 후 즉시 측정관을 수직으로 세워 3분간 정치한 후 판독하였다.

**Hematocrit 또는 VPRC 측정** : capillary hematocrit법에 의하였다.

### 결 과

**혈액회석제의 선택** : 9종의 각 회석액내에서의 RBC의 형태변화 및 그 회석혈액에서의 ESR측정 결과는 Table 1에 요약되었다. 이 표에서 보는 바와 같이 RBC의 형태에 변화를 일으키지 않고 RBC의 rouleau(Fig 1의 A) 또는 aggregation(Fig 1의 B)의 Clumps를 형성하면서 ESR이 높아지는 것은 plasma, serum, 5% dextrose액 및 6% sucrose액이었다. 반대로 0.9% saline액, S-D액, ACD-B액, CPD액 및 D-PBS액은 모두 RBC의 dispersion(Fig 1의 C)을 일으켜 앞의 네 가지 회석혈액에 비해서 ESR의 현저한 감소( $p < 0.01$ )로 나타났다.

그런데 plasma나 serum은 본 실험에서 대조로 이용하였을 뿐 원래 목적으로 하는 실용적인 회석제로 이용될 수 없으며 또한 6% sucrose액은 RBC의 aggregation을 일으켜 ESR을 높이는 장점이 있기는 하나 이것보다는 같은 장점을 가진 5% dextrose액이 실제 임



**Fig 1.** Red cell clumps or dispersion in different blood diluents.

- A : Erythrocyte-rouleaux formation in autologous plasma.  
 B : Erythrocyte-aggregation formation in mixture of 5% dextrose solution and blood.  
 C : Erythrocyte-dispersion in mixture of 0.9% saline solution and blood.

**Table 1.** Summarized data of red blood cell morphology and erythrocyte sedimentation rate in mixture of blood and various diluents using five canine blood samples

| Blood diluents    | Tests             | RBC morphology in mixture of 20 $\mu$ l of blood and 5ml of diluent |                         | 45°-angled ESR in mixture of blood(1ml) and diluents(2ml) |                                  |
|-------------------|-------------------|---|-------------------------|---|----------------------------------|
|                   |                   | RBC-shape   | Formation of RBC clumps | 45°-Wintrobe-ESR/hr (Mean $\pm$ SD)                       | 45°-micro-ESR/hr (Mean $\pm$ SD) |
| Autologous plasma | Normal            | Normal  | Many rouleau clumps     | *83.4 $\pm$ 0.6   | **83.4 $\pm$ 0.9                 |
| Autologous serum  | Normal            | Normal  | A few rouleau clumps    | 73.6 $\pm$ 1.1  | 77.0 $\pm$ 1.6                   |
| 5% dextrose sol.  | Normal            | Normal  | Many aggregation clumps | 72.8 $\pm$ 4.3  | 72.0 $\pm$ 4.2                   |
| 6% sucrose sol.   | Slightly crenated | Slightly crenated   | Many aggregation clumps | 71.2 $\pm$ 3.1  | 71.6 $\pm$ 4.0                   |
| 0.9% saline sol.  | Slightly crenated | Slightly crenated   | Dispersed RBC           | 38.8 $\pm$ 4.3  | 59.6 $\pm$ 4.3                   |
| D-S sol.          | Normal            | Normal  | Dispersed RBC           | 35.6 $\pm$ 4.1  | 61.8 $\pm$ 1.3                   |
| ACD-B sol.        | Normal            | Normal  | Dispersed RBC           | 35.2 $\pm$ 3.3  | 57.6 $\pm$ 2.6                   |
| CPD sol.          | Slightly crenated | Slightly crenated   | Dispersed RBC           | 36.8 $\pm$ 2.9  | 64.4 $\pm$ 2.3                   |
| D-PBS sol.        | Slightly crenated | Slightly crenated   | Dispersed RBC           | 38.8 $\pm$ 4.3  | 61.2 $\pm$ 1.5                   |

D-S : Mixture of same volume of 0.5% dextrose and 0.9% saline.

ACD-B : Acid-citrate-dextrose, NIH Formula B.

CPD : Citrate-phosphate-dextrose.

D-PBS : Co<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> free Dulbecco's phosphate buffered saline.

\* : In 45°-Wintrobe-ESR, L.S.D. was 4.35(t0.05) and 5.84(t0.01) among nine blood diluents.

\*\* : In 45°-micro-ESR, L.S.D. was 3.62(t0.05) and 4.84(t0.01) among nine blood diluents.

상에서 많이 이용되어 실용성이 높다는 점을 감안하여 앞으로의 ESR 측정 실험에서는 5% dextrose액을 혈액 희석제로 이용하기로 하였다.

**ESR 측정 결과 각도의 설정 :** 희석혈액의 ESR에 상관하는 VPRC를 신속히 구하기 위해서는 RBC의 침강 속도가 빨라야 하며 동시에 판독이 용이하게 될 수 있어야 한다. 이 실험에서는 동일 혈액표본에서 희석액

을 가하지 않은 전혈(whole blood)과, 그리고 5% dextrose액 : whole blood의 비율을 2 : 1과 4 : 1로 혼합한 2종의 희석혈액으로 만들어 이들에 대한 90도(수직), 60도 및 45도 경사의 Wintrobe-ESR/hr 및 micro-ESR/hr을 측정하여 비교평가하였다. 그 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 90도(수직)에서는 두 ESR 측정에서 다같이 60도나 45도 경사에 비해서 ESR이 현저히

**Table 2.** Comparison of ESR values in accordance with different angles of Wintrobe-or capillary-ESR tubes in blood diluted with 5% dextrose solution in five canine blood samples

| Blood dilution<br>(5% Dextrose:<br>whole blood) | Angled-micro-ESR/hr at 20°C |          |           | Angled-Wintrobe-ESR/hr at 20°C |           |            |
|---|-----------------------------|----------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|
|   | Degrees of angle            |          |           | Degrees of angle               |           |            |
|   | 90°                         | 60°      | 45°       | 90°                            | 60°       | 45°        |
| Whole blood                                     | 23.2±14.6                   | 43.3±7.5 | 46.1±5.9* | 23.1±15.7                      | 37.9±15.3 | 40.6±13.2* |
| Diluted blood(2 : 1)                            | 43.0±18.9**                 | 71.2±4.6 | 75.1±4.5* | 56.6±9.5**                     | 73.6± 5.1 | 75.0± 5.2* |
| Diluted blood(4 : 1)                            | 81.6±12.3                   | 85.7±4.9 | 90.1±4.5* | 86.1±6.5                       | 87.8± 5.5 | 91.4± 6.5* |

\* : ESR reading was indiscernible because of remained blood on the tube wall.

\*\* : ESR reading was indiscernible because of turbidity on surface of red cell sedimentation.

**Table 3.** Effect of different ratio of 5% dextrose solution to whole blood on 60°-micro-and 60°-Wintrobe-ESRs at room temperature in five canine blood samples

| 5% Dextrose:<br>Whole blood | 60°-micro-ESR/hr (%) |          |           | 60°-Wintrobe-ESR/hr (%) |          |           |
|-----------------------------|----------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
|                             | VPRC (ml/100ml)      |          |           | VPRC (ml/100ml)         |          |           |
|                             | 20                   | 40       | 60        | 20                      | 40       | 60        |
| 1 : 1                       | 58.5±3.1             | 28.2±7.5 | 11.6± 3.7 | 32.8±12.9               | 15.1±4.6 | 5.2± 1.3  |
| 2 : 1                       | 82.5±1.5             | 66.6±5.2 | 45.8±12.4 | 83.2± 1.9               | 65.8±6.5 | 42.9±17.6 |
| 3 : 1                       | 88.1±1.1             | 74.8±3.3 | 59.9± 4.2 | 88.2± 1.4               | 76.2±3.5 | 54.5±12.2 |
| 4 : 1                       | 91.8±1.5             | 81.2±2.8 | 67.0± 3.5 | 92.2± 0.8               | 82.9±3.1 | 67.0± 5.3 |
| 5 : 1                       | 92.0±1.5             | 85.1±3.3 | 74.3± 6.4 | 92.9± 1.2               | 86.2±3.3 | 74.8± 6.9 |

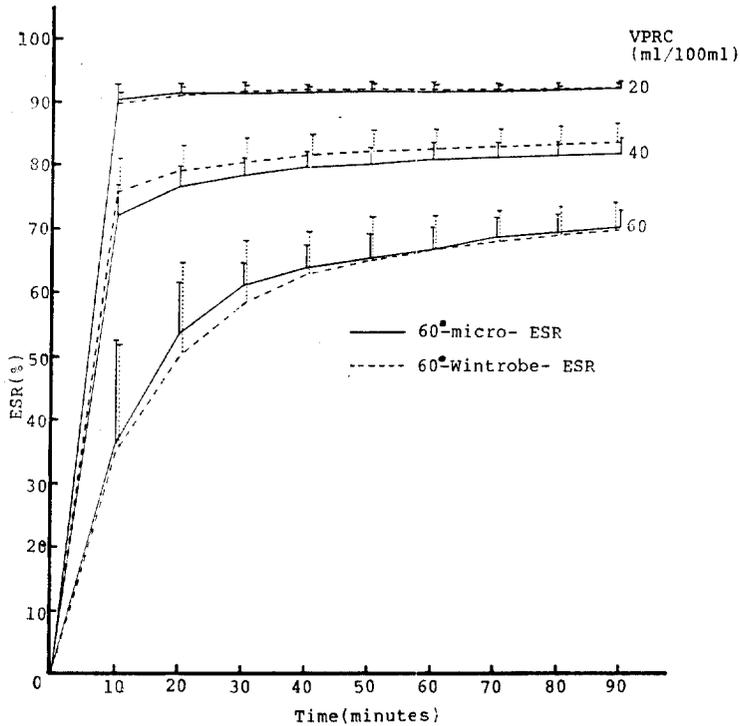
저조하였으며 ( $p < 0.01$ ) 동시에 특히 90도 경사의 2 : 1의 희석혈액에서 침강한계층이 혼탁하여 판독이 어려웠다. 반면에 45도 경사에서는 침강속도가 가장 빨랐지만 측정관벽에 혈액부착물이 잔존하여 정확한 판독을 기대할 수 없었다. 그러나 60도 경사에서는 45도 경사에 비해서 그 평균 ESR치에 있어서 감소경향을 보였을지라도 통계학적 유의차는 없었으며 ( $p > 0.05$ ) 동시에 수직에서나 45도 경사에서 나타났던 판독의 난점도 없었으므로 결국 60도 경사의 ESR측정이 가장 적절한 것으로 판단되었다.

**ESR측정을 위한 혈액희석 비율의 설정** : 선행된 실험에서 ESR측정을 위한 혈액희석제로서는 5% dextrose액이 적절하였고 그 ESR측정 경사각도는 60도 경사가 적절하다고 판단되었다. 이 실험에서는 5% dextrose액으로 whole blood를 희석하여 60도 경사의 ESR을 측정할 경우 그 희석비율은 어느 정도가 적절한가를 판단하기 위해서 수행되었다. 하나의 동일 혈액표본에서 VPRC가 각각 20, 40 및 60ml/100ml이 되도록 자가혈장으로 조정하고 이 조정된 혈액을 다시 5% dextrose액으로 1배(1 : 1) 2배(2 : 1), 3배(3 : 1) 및 4배(4 : 1)로 희석하여 그 각 희석혈에 대한 60도 경사 Wintrobe-ESR/hr(60°-Wintrobe-ESR/hr) 및 60도-

경사 micro-ESR/hr(60°-micro-ESR/hr)를 비교평가하였다.

그 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 5% dextrose sol : whole blood의 비율이 1 : 1인 경우에는 ESR이 극히 저조하였고, 2 : 1 이상의 희석에서부터는 ESR이 현저히 높아졌으나 VPRC치가 높아짐에 따라 표준편차가 커지는 경향을 보였다. 결국 2가지 ESR측정방법 중에서 그리고 각종의 희석비율중에서 ESR 측정치의 표준편차가 가장 적었던 것은 4 : 1 희석혈액의 60°-micro-ESR/hr이었다. 따라서 편차가 가장 적은 상관적 VPRC치를 유도하기 위해서는 5% dextrose액으로 4배 희석한 혈액의 60°-micro-ESR측정이 가장 적절하다고 판단되었다. 또한 ESR측정관의 비교에 있어서 3 : 1 희석 이하에서는 희석비율이 낮아질수록 Wintrobe-ESR치가 micro-ESR치보다 낮아졌으나 4 : 1 이상의 높은 희석비율에서는 두 ESR측정법에 의한 ESR치의 차이가 없어진다는 점도 주목되었다.

**희석혈액의 ESR측정시간의 설정** : 선행된 실험에서 혈액희석제, ESR측정관의 경사각도 및 혈액의 희석비율이 결정되었으므로 이 실험에서는 동일 혈액표본을 사용하여 VPRC가 20, 40 및 60ml/100ml이 되도록 자가혈장으로 조정하고, 이들 VPRC가 다른 각 혈액

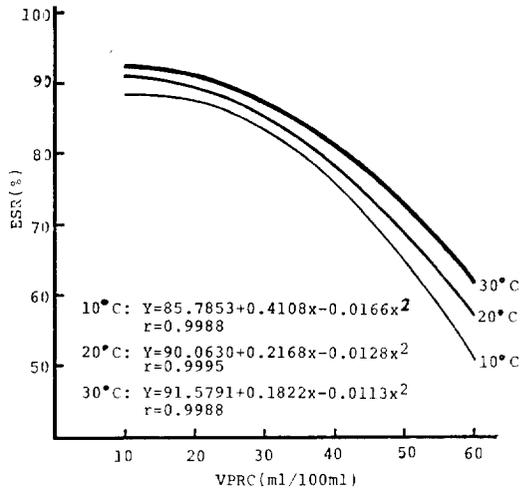


**Fig 2.** Changes of 60 degree-angled micro- and Wintrobe-ESRS at 30°C with the lapse of time in the diluted blood, four parts of 5% dextrose solution to one part of blood, from five canine blood samples.

을 5% dextrose액으로 4배(4:1) 희석하여 60°-micro-ESR와 60°-Wintrobe-ESR을 10분 간격으로 90분간 관찰함으로써 적절한 ESR측정시간을 모색하였다.

그 결과 Fig 2에서 보는 바와 같이 VPRC치가 낮은 20 및 40ml/100ml군에서는 10분까지의 사이에 그리고 VPRC치가 높은 60ml/100ml군에서는 30분까지의 사이에 두 ESR측정법에서 다같이 ESR의 급상승을 보이고 그 이후부터 갑자기 완화되었다. 또한 표준편차는 VPRC치가 높을수록 커지는 경향을 보였으나 VPRC 60ml/100ml 군에서도 30분(micro-ESR) 내지 40분(Wintrobe-ESR)에서부터는 표준편차는 현저하게 축소되었다. 이와 같은 소견으로 미루어 가장 단시간의 측정에서 편차가 적은 안정된 ESR치를 구하기 위해서는 40분간의 60°-micro-ESR측정이 가장 적절한 것으로 판단되었다.

**VPRC실측치와 희석혈액 ESR치와의 상관관계:** 하나의 개 혈액표본을 자가혈장으로 조정하여 VPRC가 20, 25, 30, 35, 40, 45 및 50ml/100ml로 되도록 하여 7개의 VPRC를 달리하는 혈액표본을 만들어 앞의 실험의 결과에 따라 이들 각 혈액표본을 5% dextrose액



**Fig 3.** Correlation between volume of packed red cell(VPRC) of whole blood and 60 degree angled micro-ESR/40min of diluted blood, four parts of 5% dextrose solution to one part of whole blood: The data were derived from eighteen canine blood samples.

**Table 4.** Values of 60 degree-angled micro ESR/40 min in the diluted blood, four parts of 5% dextrose solution to one part of whole blood, equivalent to to volume of packed red cell (VPRC) of whole blood in dogs

| VPRC<br>(ml/100ml) | Values (%) of 60°-micro-ESR/40min. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | Ambient temperature (°C)           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                    | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |
| 10                 | 88.2                               | 88.7 | 89.3 | 89.8 | 90.4 | 90.9 | 91.3 | 91.5 | 91.8 | 92.0 | 92.3 |
| 15                 | 88.2                               | 88.6 | 89.1 | 89.5 | 90.0 | 90.4 | 90.7 | 91.0 | 91.2 | 91.5 | 91.8 |
| 20                 | 87.4                               | 87.8 | 88.2 | 88.5 | 88.9 | 89.3 | 89.6 | 89.9 | 90.1 | 90.4 | 90.7 |
| 21                 | 87.1                               | 87.5 | 87.9 | 88.2 | 88.6 | 89.0 | 89.3 | 89.6 | 89.8 | 90.1 | 90.4 |
| 22                 | 86.8                               | 87.2 | 87.5 | 87.9 | 88.2 | 88.6 | 88.9 | 89.2 | 89.5 | 89.8 | 90.1 |
| 23                 | 86.5                               | 86.9 | 87.2 | 87.6 | 87.9 | 88.3 | 88.6 | 88.9 | 89.2 | 89.5 | 89.8 |
| 24                 | 86.1                               | 86.5 | 86.8 | 87.2 | 87.5 | 87.9 | 88.2 | 88.5 | 88.8 | 89.1 | 89.4 |
| 25                 | 85.7                               | 86.1 | 86.4 | 86.8 | 87.1 | 87.5 | 87.8 | 88.1 | 88.5 | 88.8 | 89.1 |
| 26                 | 85.2                               | 85.6 | 85.9 | 86.3 | 86.6 | 87.0 | 87.3 | 87.7 | 88.0 | 88.4 | 88.7 |
| 27                 | 84.8                               | 85.2 | 85.5 | 85.9 | 86.2 | 86.6 | 86.9 | 87.3 | 87.6 | 88.0 | 88.3 |
| 28                 | 84.3                               | 84.7 | 85.0 | 85.4 | 85.7 | 86.1 | 86.4 | 86.8 | 87.1 | 87.5 | 87.8 |
| 29                 | 83.7                               | 84.1 | 84.5 | 84.8 | 85.2 | 85.6 | 86.0 | 86.3 | 86.7 | 87.0 | 87.4 |
| 30                 | 83.2                               | 83.6 | 83.9 | 84.3 | 84.6 | 85.0 | 85.4 | 85.8 | 86.1 | 86.5 | 86.9 |
| 31                 | 82.6                               | 83.0 | 83.3 | 83.7 | 84.0 | 84.4 | 84.8 | 85.2 | 85.6 | 86.0 | 86.4 |
| 32                 | 81.9                               | 82.3 | 82.9 | 83.1 | 83.5 | 83.9 | 84.3 | 84.7 | 85.0 | 85.4 | 85.8 |
| 33                 | 81.3                               | 81.7 | 82.1 | 82.4 | 82.8 | 83.2 | 83.6 | 84.0 | 84.5 | 84.9 | 85.3 |
| 34                 | 80.6                               | 81.0 | 81.4 | 81.8 | 82.2 | 82.6 | 83.0 | 83.4 | 83.9 | 84.3 | 84.7 |
| 35                 | 79.8                               | 80.2 | 80.6 | 81.1 | 81.5 | 81.9 | 82.3 | 82.8 | 83.2 | 83.7 | 84.1 |
| 36                 | 79.1                               | 79.5 | 79.9 | 80.4 | 80.8 | 81.2 | 81.7 | 82.1 | 82.6 | 83.0 | 83.5 |
| 37                 | 78.3                               | 78.7 | 79.2 | 79.6 | 80.1 | 80.5 | 81.0 | 81.4 | 81.9 | 82.3 | 82.8 |
| 38                 | 77.4                               | 77.9 | 78.4 | 78.8 | 79.3 | 79.8 | 80.3 | 80.8 | 81.2 | 81.7 | 82.2 |
| 39                 | 76.6                               | 77.1 | 77.6 | 78.0 | 78.5 | 79.0 | 79.5 | 80.0 | 80.5 | 81.0 | 81.5 |
| 40                 | 75.7                               | 76.2 | 76.7 | 77.2 | 77.5 | 78.2 | 78.7 | 79.2 | 79.8 | 80.3 | 80.9 |
| 41                 | 74.7                               | 75.2 | 75.8 | 76.3 | 76.9 | 77.4 | 77.9 | 78.4 | 79.0 | 79.5 | 80.0 |
| 42                 | 73.8                               | 74.3 | 74.9 | 75.4 | 76.0 | 76.5 | 77.1 | 77.6 | 78.2 | 78.7 | 79.3 |
| 43                 | 72.8                               | 73.4 | 73.9 | 74.5 | 75.0 | 75.6 | 76.2 | 76.8 | 77.3 | 77.9 | 78.5 |
| 44                 | 71.7                               | 72.3 | 72.9 | 73.5 | 74.1 | 74.7 | 75.3 | 75.9 | 76.5 | 77.1 | 77.7 |
| 45                 | 70.7                               | 71.3 | 71.9 | 72.6 | 73.2 | 73.8 | 74.4 | 75.0 | 75.6 | 76.2 | 76.8 |
| 46                 | 69.6                               | 70.3 | 70.9 | 71.6 | 72.2 | 72.9 | 73.5 | 74.1 | 74.8 | 75.4 | 76.0 |
| 47                 | 68.4                               | 69.1 | 69.8 | 70.5 | 71.2 | 71.9 | 72.6 | 73.2 | 73.9 | 74.5 | 75.2 |
| 48                 | 67.3                               | 68.0 | 68.7 | 69.5 | 70.2 | 70.9 | 71.6 | 72.3 | 72.9 | 73.6 | 74.3 |
| 49                 | 66.1                               | 66.8 | 67.6 | 68.3 | 69.1 | 69.9 | 70.6 | 71.3 | 72.0 | 72.7 | 73.4 |
| 50                 | 64.8                               | 65.6 | 66.4 | 67.2 | 68.0 | 68.8 | 69.5 | 70.2 | 71.0 | 71.7 | 72.4 |
| 52                 | 62.3                               | 63.2 | 64.1 | 64.9 | 65.8 | 66.7 | 67.5 | 68.3 | 69.0 | 69.8 | 70.5 |
| 54                 | 59.6                               | 60.6 | 61.5 | 62.5 | 63.4 | 64.4 | 65.2 | 66.0 | 66.9 | 67.7 | 68.5 |
| 56                 | 56.7                               | 57.8 | 58.9 | 59.9 | 61.0 | 62.1 | 62.9 | 63.7 | 64.6 | 65.4 | 66.3 |
| 58                 | 53.8                               | 55.0 | 56.1 | 57.3 | 58.4 | 59.6 | 60.5 | 61.4 | 62.3 | 63.2 | 64.1 |
| 60                 | 50.7                               | 52.0 | 53.2 | 54.5 | 55.7 | 57.0 | 58.0 | 58.9 | 59.9 | 60.8 | 61.8 |

으로 4배(4:1)로 희석하여 10°C, 20°C와 30°C의 환경온도별로 60-micro-ESR/40min을 측정하였다. 이와 같은 실험을 18두의 개 혈액표본에서 반복하여 VPRC의 변량에 상관하는 희석혈액 ESR의 회귀(regression)를 구하였다.

그 결과 Fig 3에서 보는 바와 같이 3단계의 온도층에서 각각 상이한 이차성 회귀방정식의 곡선회귀를 보였으며 상관계수(r)는 0.9988~0.9995로서 모두에서  $p < 0.001$  수준의 높은 유의성이 인정되었다. 이들 회귀방정식에 의하여 VPRC에 상관하는 4배 희석혈액의 ESR을 구하여 실제로 응용될 수 있도록 Table 4에 종합하였다. ESR와 온도의 상관은 대체로 직선상관을 보였으므로 이 표에서 10°C와 20°C와의 사이 그리고 20°C와 30°C와의 사이의 ESR치는 그래프상의 직선연결에 의하여 구하였다.

전혈의 직접 VPRC치와 희석혈액 ESR에 의한 간접 VPRC치와의 비교: 이 실험은 희석혈액의 ESR측정에서 유도된 간접 VPRC치의 신빙성을 확인하기 위해서 수행되었다. 20두의 개 혈액에서 capillary hematocrit법에 의한 VPRC(direct VPRC)치를 구하고 한편으로는 같은 혈액을 5% dextrose액으로 4배 희석하여 10°C, 20°C, 30°C의 온도층별로 60-micro-ESR/40min을 측정하여 이에 상관하는 간접 VPRC치를 Table 4에서 구하여 Chi-square test에 의하여 두 VPRC치의 상동여부를 검정하였다. 그 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 각 온도층에서 다같이  $p > 0.99$ 의 높은 상동성이 인정되었다.

## 고 찰

ESR이 VPRC에 역상관적으로 증감된다는 것은 이미 잘 알려진 사실이며,<sup>2-4</sup> 근년에 저자등<sup>5-9</sup>에 의한 소

와 산양의 ESR측정실험에서도 확인된 바 있다. RBC의 침강을 일으키는 많은 요인중에서 가장 중요한 것은 rouleau 형성에 의해서 RBC가 작은 덩이(clumps)로 되어야한다는 것으로 집약되고 있다. 반대로 saline액과 같은 rouleau 또는 RBC를 분산시키는 용액을 가했을 때는 RBC의 침강이 그만큼 늦어진다는 것도 잘 알려져 있다.<sup>10</sup> 또한 RBC의 침강을 주도하는 rouleau 형성은 지금까지의 지견을 종합했을 때 대체로 RBC 자체의 요인에 의한 것보다 오히려 혈장요인에 의해서 더 크게 영향된 것으로 알려져 있다.

이와 같은 사실을 기초로 하여 이 실험에서는 혈액을 희석함으로써 VPRC를 상대적으로 감소시키고 또한 ESR에 영향을 미치는 혈장요인을 극소화하며 동시에 rouleau 또는 aggregation과 같은 RBC의 덩이를 형성할 수 있는 희석액을 선택 사용하게 된다면 ESR의 침강이 가속화하게 되어 비교적 순수한 RBC량(VPRC)에 상관하는 ESR치를 단시간에 구할 수 있을 것으로 추리하였다.

그런데 본 실험에서 사용된 9종의 혈액희석제중에서 자가혈장이나 자가혈청은 다과의 차이는 있지만 RBC의 rouleau형성을 일으켰고, 5% dextrose액과 6% sucrose액은 RBC의 aggregation을 일으켰으며 이들에 의한 희석혈액은 RBC의 dispersion을 일으켰던 다른 희석제에 의한 희석혈액보다 RBC의 현저한 증가를 보였다. 그리하여 ESR을 촉진시키는 전술한 4종의 희석제중에서 실제로 가장 손쉽게 구할 수 있는 5% dextrose액을 혈액희석제로 택하여 이 실험을 진행하였다. dextrose액과 같은 aggregant 역할을 하는 것으로는 백혈구 분리실험에 이용되었던 methylcellulose액이 알려져 있으나<sup>11</sup> 이에 관해서는 급우의 후속된 연구결과가 기대된다.

**Table 5.** Comparison of direct values of volume of packed red cell (VPRC) obtained by capillary hematocrit method in whole bloods with indirect values of VPRC derived from 60-micro-ESR/40 min in the mixture, one part of whole blood to four parts of 5% dextrose solution, in twenty dogs

|                      | Direct VPRC by capillary hematocrit | Indirect VPRC derived from ESR in the diluted blood |                       |                       |
|----------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
|                      | (T)                                 | 10°C(O <sub>1</sub> )                               | 20°C(O <sub>2</sub> ) | 30°C(O <sub>3</sub> ) |
| No. of blood samples | 20                                  | 20  | 20                    | 20                    |
| Range                | 35.4~54.7                           | 32.2~60.4   | 32.9~59.7             | 34.8~58.9             |
| Mean±SD              | 45.8±5.4                            | 46.6±6.3  | 45.5±6.0              | 45.3±6.2              |
| Chi-square test      |                                     | (O <sub>1</sub> -T)                                 | (O <sub>2</sub> -T)   | (O <sub>3</sub> -T)   |
| X <sup>2</sup>       |                                     | 5.39  | 3.30                  | 3.44                  |
| DF                   |                                     | 19  | 19                    | 19                    |
| P                    |                                     | >0.99   | >0.99                 | >0.99                 |

ESR측정에 있어 측정관을 수직으로 부터 약간만 기울게하면 ESR이 예민하게 촉진된다는 사실은 이미 잘 알려진 바이며<sup>12-17</sup> 본 실험의 결과에서는 90도(수직), 60도 및 45도 경사중 45도 경사에서 ESR이 가장 높았으나 측정관벽에 혈적의 잔존으로 관독에 난점이 있었으므로 60도 경사의 ESR 측정법을 택하였다.

ESR측정관의 내경의 차이가 ESR에 미치는 영향에 관해서는 침강속도가 느린 수직 ESR 측정실험에서는 일관성이 없는 보고가 많으나 경사 ESR 측정실험에서는 공통적으로 내경이 가장 작은 capillary tube에서 ESR치가 가장 높게 나타난다고 하였다.<sup>5-9, 18</sup> 본 실험의 결과에서는 5% dextrose액으로 혈액을 희석할 경우 낮은 희석비율에서는 capillary tube에서 ESR치가 높았으나 희석비율이 높아질수록 내경의 차이에 의한 ESR의 차이는 점차로 축소되어 4배 희석부터는 VPRC가 높은 경우에도 Wintrobe-ESR치나 micro-ESR치의 차이가 인정되지 않았다. 따라서 본 실험에서 채택한 4배 희석혈액의 ESR치는 Wintrobe-ESR치나 micro-ESR치가 같다고 보아야 한다. 다만 Wintrobe-ESR에서는 그 표준편차가 micro-ESR에서 보다 크게 나타나므로 이 실험에서는 표준편차가 적은 micro-ESR 측정법을 택하게 되었다.

ESR측정시의 환경온도가 상승할수록 ESR치가 높아진다는 것은 오래 전부터 알려졌으며<sup>19, 20</sup> 최근에 저자 등<sup>5-9</sup>에 의한 소와 산양의 ESR측정 실험에서는 환경온도의 상승에 따라 ESR은 거의 직선상관의 상승으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 10°C, 20°C 및 30°C 별로 VPRC의 변량에 따른 ESR치를 구하고 그 사이의 세부분온도에 해당하는 ESR치는 직선상관의 가정에서 구하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 개 혈액을 5% dextrose액으로 4배 희석하여 60도 경사에서 40분간 micro-ESR을 측정하면 그 ESR치에 의해서 신빙성있는 간접 VPRC치를 구할 수 있다고 사료되었으며 실제 응용실험(Table 5)의 결과에 의해서도 입증되었다.

## 결 론

개 희석혈액의 ESR을 측정하여 원심분리과정을 거치지 않고 VPRC치를 구하는 방법을 시도하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 혈액희석제로서 autologous plasma는 수많은 RBC-rouleau clumps를, autologous serum은 소수의 RBC-rouleau clumps를, 그리고 5% dextrose액과 6% sucrose액은 수많은 RBC-aggregation clumps를 형성하면서 높은 ESR을 나타냈다.

2. 5% dextrose액과 whole blood를 4:1로 혼합한 희석혈액으로 60°-micro-ESR/40min을 측정하면 VPRC와 ESR와의 상관적 이차성 회귀방정식에 의거한 신뢰도가 높은 간접 VPRC치를 구할 수 있었다.

3. 5% dextrose액에 의한 낮은 희석혈액의 ESR치는 Wintrobe-ESR치보다 micro-ESR치가 높았으나 5% dextrose액과 whole blood의 희석비율이 4:1~5:1로 높아지면 두 ESR치는 차이가 없어졌다.

4. 실제적 이용의 편의를 위해서 VPRC에 상관하는 희석혈액의 60°-micro-ESR/40min치의 측정환경온도별 일람표를 제시하였다.

**謝辭**: 본 연구를 수행하는데 있어서 꾸준히 협조하여 주신 김정배선생님과 민병단군(대학원생) 그리고 신창륙, 한미, 배동열, 오춘호 및 이채민 제군들의 노고를 기록에 남기고자 합니다.

## 참 고 문 헌

1. Wintrobe MM, Lee GR, Boggs DR, et al. *Clinical hematology*. 8th ed. Philadelphia: Lea & Febigar, 1981; 492~493.
2. Olsen RE. *Erythrocyte sedimentation rate of cattle*. M.S. Thesis University of Illinois, Urbana, 1960.
3. Olsen RE. Determining the erythrocyte sedimentation rate of cattle. *J Am Vet Med Assoc* 1966; 148:801~803.
4. Bianca W. Correction of the erythrocyte sedimentation rate of bovine blood in relation to the hematocrit value. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 1973; 115:130~134.
5. 이방환, 신종욱. 경사관법에 의한 우 혈액의 적혈구침강을 측정. 대한수의학회지 1986; 26:175~185.
6. 신성식, 이방환, 신종욱. 경사모세관법에 의한 산양혈액의 적혈구침강을 측정. 대한수의학회지 1986; 26:187~194.
7. 김경진, 이방환. 경사모세관법에 의한 우의 적혈구침강속도에 미치는 환경온도의 영향. 한국일상수의학회지 1987; 4:1~7.
8. 이방환. 소 혈액의 45도 경사모세관법에 의한 ESR측정에 있어서 환경온도 및 PCV에 상관하는 관계적 예기 ESR치. 대한수의학회지 1987; 27:339~345.
9. 이방환, 박영우, 신종욱. 소 혈액의 45도-경사-1 Wintrobe관에 의한 적혈구침강을 측정기에 있어서

- 환경온도 및 적혈구 침착용적치에 상관하는 관계적 예기 적혈구침강율. 대한수의학회지 1988; 28: 187~192.
10. Maxine MB. *Outline of veterinary clinical pathology*. 3rd ed. Ames Iowa: Iowa state Univ press, 1978; 64~89.
  11. Böym A. Isolation of leukocytes from human blood. A two phase system for removal of red cells with methyl cellulose as erythrocytes-aggregant. *Scand J Clin Lab Invest* 1968; 21 (Suppl):9~29.
  12. Sturkie RD, Textor K. Sedimentation rate of erythrocyte in chickens as influenced by method and sex. *Poultry Sci* 1957; 37:60~63.
  13. Washburn AH, Meyers AJ. The sedimentation of erythrocyte at an angle of 45 degrees. *J Lab Clin Med* 1957; 49:318~330.
  14. Ramakrishna pillai MG; Nair SG. A critical evaluation of the methods for assessing ESR in domestic animals. *Kelala J Vet Sci* 1974; 5:56~67.
  15. Kohll RN, Singh S, Singh M. Studies on erythrocyte sedimentation rate in buffaloes. I. Evaluation of various techniques. *Indian Vet J* 1975; 52:915~918.
  16. Leman AD, Mengeling WL, Penny RH, et al. *Disease of swine*. 5th ed. Ames Iowa: Iowa state Univ press, 1981; 27~40.
  17. Harth O, Vaupel P, Corinth G. Is the angled-tube method useful for measuring sedimentation of blood corpusles after Westergren. *Dtsch Med Wschr* 1982; 107:1185~1189.
  18. Stuart J, Barrett BA, Prangnell DR. Capillary blood collection in hematology. *J Clin Pathol* 1974; 27:869~874.
  19. Nichols RE. A study of the phenomena of erythrocyte sedimentation. *J Lab Clin Med* 1942; 27:1317~1327.
  20. Jain NC, Kono CS. Erythrocyte sedimentation rate in the dog and cat: Comparison of two methods and influence of packed cell volume, temperature and storage of blood. *J Small Ani Prac* 1975; 16:671~678.
-