

## 빈혈환자에서 자동 ESR 기기인 Test 1과 Westergren법의 비교

대전보건대학 임상병리과<sup>1</sup>, 충북대학병원 진단검사의학과<sup>2</sup>, 충남대학병원 진단검사의학과<sup>3</sup>

김일택<sup>1</sup> · 김종석<sup>2</sup> · 박연보<sup>3</sup> · 임재실<sup>3</sup>

### Comparative Evaluation of Erythrocyte Sedimentation Rate by the Test 1 Analyzer and Westergren method in Patients with Anemia

Kim, Il Taek<sup>1</sup>., Kim, Jong Seok<sup>2</sup>., Park, Yeon Bo<sup>3</sup>., Lim, Jae Sil<sup>3</sup>

*Department of Clinical Pathology, Daejeon Health College, Daejeon, Korea<sup>1</sup>*

*Department of Laboratory medicine, Chungbuk Nat'l Univ. Hospital, Cheongju, Korea<sup>2</sup>*

*Department of Laboratory medicine, Chungnam Nat'l Univ. Hospital, Daejeon, Korea<sup>3</sup>*

Erythrocyte sedimentation rate(ESR) measurements were performed in a total of 191 blood samples from patients below a hematocrit of 35% by both the Test-1(SIRE Analytical Systems, Udine, Italy) and the Westergren method, endorsed as the reference method for ESR by the International Council for Standardization in Hematology(ICSH). The corrected Westergren ESR values were also obtained applying the formula of Fabry (corrected ESR = ESR measured x 15/55-Hct).

Linear regression analysis showed a close correlation ( $r=0.85$ ) between the two methods both before and after ESR correction in total samples. There was no significant correlation difference between two methods in both two groups with hemoglobin  $\geq 9\text{g/dl}$  and  $<9\text{g/dl}$  before and after ESR correction ( $r=0.873$ ,  $r=0.827$  respectively before correction and  $r=0.867$ ,  $r=0.830$  respectively after correction). Also, for two groups with hematocrit  $\geq 24\%$  and  $<24\%$ , no significant difference was observed ( $r=0.859$ ,  $r=0.792$  respectively before correction and  $r=0.782$ ,  $r=0.842$  respectively after correction). However, for samples with  $<60\text{mm}$  Westergren ESR before correction, a better correlation coefficient was obtained than samples with  $\geq 60\text{mm}$ ( $r=0.701$ ,  $r=0.541$  respectively). In corrected Westergren ESR, also samples that were obtained with  $<40\text{mm}$  showed better correlation than samples with  $\geq 40\text{mm}$  ( $r=0.690$ ,  $r=0.347$  respectively).

In conclusion, we found a good correlation between Test-1 and Westergren measurements in patients with anemia but an expert group discussion is required to solve discrepancy between two methods in blood samples with very high ESR.

---

**Key Words** : Erythrocyte Sedimentation Rate(ESR), Test 1, Anemia, Westergren

---

교신저자 : 김일택, (우)300-711 대전광역시 동구 가양2동 77-3

대전보건대학 임상병리과

Tel : 042-670-9164

E-mail : itkim@djhealth.ac.kr

## I. 서 론

적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate ; ESR)는 비특이적이고 예민도가 낮은 검사이긴 하지만(Kallner, 1991), 급성기 염증성 반응의 신뢰할만한 직접적인 지표로서 인식되고 있으며(Van Leeuwen와 van Rijswijk, 1994), 검사비용이 저렴하고 신속하게 직접적으로 결과를 알 수 있기 때문에 현재도 널리 이용되고 있다(Hertzman, 1993).

ESR의 측정법은 1921년 Westergren에 의해 구연산소 다 항응고제에 채혈한 희석혈액을 이용한 Westergren 측정법이 고안되었으며(Westergren, 1921), ICSH는 이 방법을 약간 변형시켜 K3-EDTA 항응고제에 채혈한 혈액을 이용하는 방법을 참고방법으로 권장하고 있다(ICSH, 1993). 그러나 이 참고방법은 수기법으로 손이 많이 가며 번거롭고 무엇보다 검사자에게 감염의 위험성이 있다는 것이 문제점으로 지적되고 있다(Caswell와 Stuart, 1991; Patton 등, 1989).

이러한 문제점을 해소하기 위해 밀폐된 채혈시험관을 이용하여 자동판독할 수 있는 Sediplast ESR system (Polymedco, Cortland Manor, NY, USA)이나, Diesse Ves-Matic System(Diesse Diagnostica Senese, Milano, Italy) 등이 개발되어 유럽이나 미국의 검사현장에 도입되고 있으며(Zlonis, 1993) 우리나라에도 상당수가 보급되어 있다.

최근 들어서는 완전 자동화 ESR 기기인 TEST 1(SIRE Analytical Systems, Udine, Italy)이 국내시장에도 소개되어 상당수의 종합병원에 설치되어 사용되고 있다. Test 1 기기는 150 $\mu$ l의 미량 혈액을 20g의 원심력이 걸려 있는 모세관으로 흐르게 한 다음, 37 $^{\circ}$ C 조건이 유지되고 있는 판독 지점에서 950nm의 적외선을 투과하여 흡광도를 측정하는 전혀 새로운 방식의 ESR 측정법으로서(Plebani, 1998) 재현성이 좋을뿐만 아니라 ICSH 표준법인 Westergren 방법과 비교했을 때 상관성이 매우 좋은 것으로 보고되고 있다(Giavarina 등, 2002 ; Romero 등, 2003).

그러나 저자들의 실무경험을 통해서 볼 때, 혈색소 값이 매우 낮은 빈혈환자의 경우에는 두 방법간에 상당한 차이를 확인할 수 있었으므로 이러한 결과가 통계적으로 유의한 의미가 있는지를 알아 보기위해 본 연구를 수행하게 되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험대상

2004년 7월 12일 부터 8월 22일까지 충남대학병원과 충북대학병원의 진단검사의학과에 의뢰된 ESR 검체 중 ICSH(1988) 기준에 따라 Hematocrit 수치가 35% 이하인 191명의 환자(남자 97명, 여자 94명)를 대상으로 자동 ESR기기인 TEST-1과 ICSH의 표준법인 Westergren 결과를 비교 평가하였다.

### 2. 실험방법

환자로부터 K3-EDTA 진공시험관에 채혈한 혈액을 먼저 SE-9000(TOA Medical Electronics Co., Kobe, Japan) 자동혈구계산기로 혈색소(Hemoglobin ; Hb)와 적혈구용적률(Hematocrit ; Hct)을 측정하였다.

ESR의 측정은 모든 혈액 가검물을 TEST-1 자동 ESR 기기에서 먼저 측정된 다음, 4시간 이내에 Westergren 법의 원리를 이용한 VACUETTE<sup>®</sup> Manual ESR System (Greiner Bio-One Co., Kremsmünster, Austria)을 이용하여 수기법으로 ESR을 측정하였다.

Westergren 법에서 적혈구 용적이 ESR에 미치는 영향을 교정하기 위하여 Fabry(1987)의 교정 공식을 이용하였다.

Fabry 교정 공식 : Corrected ESR = ESR x (15/55-피검자의 Hct)

### 3. 통계처리

실험 결과는 SPSS/PC package(version 10.0)를 이용하여 적혈구용적률 24% 이하군과 이상군의 평균비교를 위하여 Group t-test를 하였으며, Test 1과 Westergren 방법의 상관관계를 알아보기 위하여 단순 선형 회귀분석법(simple linear regression analysis)에 의해 통계적인 유의성을 분석하였다. p<0.05일 경우에 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

### III. 결 과

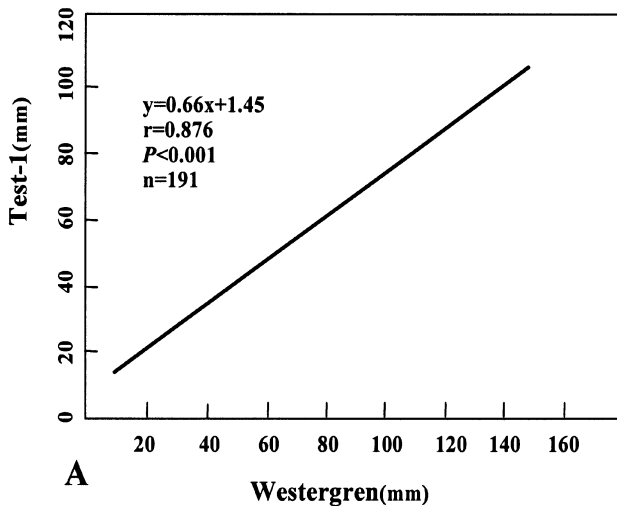
#### 1. 적혈구용적률에 따른 평균치의 비교

적혈구용적률 35% 이하인 총 191명의 혈액 가검물을 24% 이하군(26명)과 이상군(165명) 및 전체대상군(191명)으로 나누어 평균값을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 모든 비교 대상군에서 Test-1 ESR 값이 교정전 Westergren ESR보다는 낮게 나왔고, 교정후의 Fabry ESR 값보다는 높게 나왔다. 적혈구용적률이 24% 이상군에서는 Westergren ESR이 교정후보다 27.63mm 높은 반면에, 24% 이하군에서는 교정후보다 41.42mm나 높은 수치를 보여 Westergren ESR이 적혈구용적률의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 그러나 24% 이하군과 이상군의 평균 차이는 Group t-test를 하여본 결과, Test-1 ESR이나 Westergren ESR의 교정전과 교정후 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ).

Westergren ESR을 Fabry 공식에 의해 교정한 결과를 보면, 전체대상군과 24% 이하군 및 24% 이상군에서 거의 동일한 결과(각각 36.74mm, 36.70mm, 36.75mm)를 보여 주고 있어 Fabry 공식이 적혈구용적률이 ESR에 미치는 영향을 잘 보정해 주고 있다는 것을 알 수 있었다.

#### 2. 혈색소와 적혈구용적률에 따른 상관관계 분석

전체대상군에 대해 Test-1과 Westergren 방법 사이의



**Table 1.** Mean value of ESR(mm/hr) by Hematocrit level (Mean  $\pm$ SD)

Method	<24% (n=26)*	$\geq$ 24% (n=165)	Total (n=191)
Test-1	51.00 $\pm$ 5.79	44.38 $\pm$ 2.3	45.28 $\pm$ 2.15
Westergren	78.12 $\pm$ 8.07	64.38 $\pm$ 2.92	66.25 $\pm$ 2.76
Fabry	36.70 $\pm$ 3.92	36.75 $\pm$ 21.33	36.74 $\pm$ 1.53

\*There is no significant difference in the mean value of ESR between <24% and  $\geq$ 24% group ( $p>0.05$ )

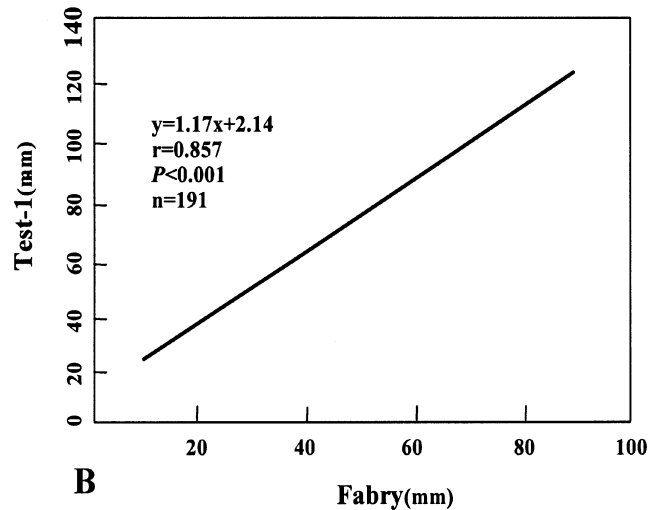
상관성을 단순 선형 회귀분석법에 의해 분석해 본 결과 교정전( $r=0.876$ )이나 교정후( $r=0.857$ ) 모두 비슷하게 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다(Fig. 1).

혈색소값을 9.0g/dL 이상군과 9.0g/dL 이하군으로 나누어 두 방법간의 상관성을 분석해 보면 교정전( $\geq 9.0$ g/dL :  $r=0.827$ ,  $<9.0$ g/dL :  $r=0.873$ )이나 교정후( $\geq 9.0$ g/dL :  $r=0.867$ ,  $<9.0$ g/dL :  $r=0.830$ ) 모두 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다(Fig. 2).

적혈구용적률값을 24% 이상군과 24% 이하군으로 나누어 비교하였을 때에도, 교정전( $\geq 24\%$  :  $r=0.859$ ,  $<24\%$  :  $r=0.792$ )이나 교정후( $\geq 24\%$  :  $r=0.782$ ,  $<24\%$  :  $r=0.842$ ) 모두 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다(Fig. 3).

#### 3. ESR에 따른 상관관계 분석

빈혈의 지표가 되는 혈색소와 적혈구용적률과는 별도



**Fig. 1.** Comparison of two methods for ESR measurements in total samples: Test 1 vs. Westergren method. A. Linear regression graph showing the correlation between the Westergren ESR test results(x-axis) and those of the Test 1(y-axis) before Fabry correction. B. The correlation between two methods after Fabry correction.

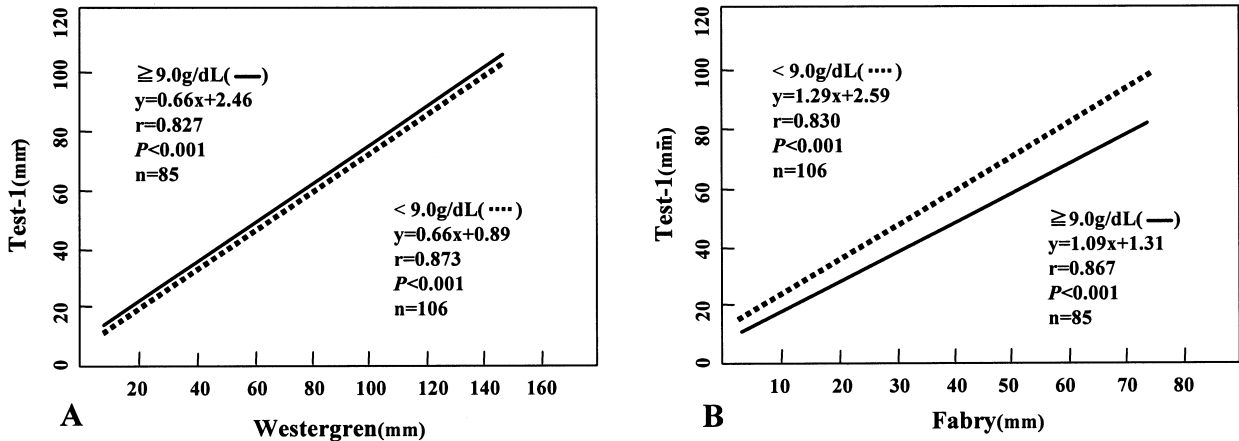


Fig. 2. Comparison of two methods for ESR measurements between  $<Hb 9.0\text{g/dl}$  and  $\geq Hb 9.0\text{g/dl}$  group : Test 1 vs. Westergren method. A. Linear regression graph showing the correlation between the Westergren ESR test results(x-axis) and those of the Test 1(y-axis) before Fabry correction. B. The correlation between two methods in the low( $<9.0\text{g/dl}$ ) and high( $\geq 9.0\text{g/dl}$ ) hemoglobin groups after Fabry correction.

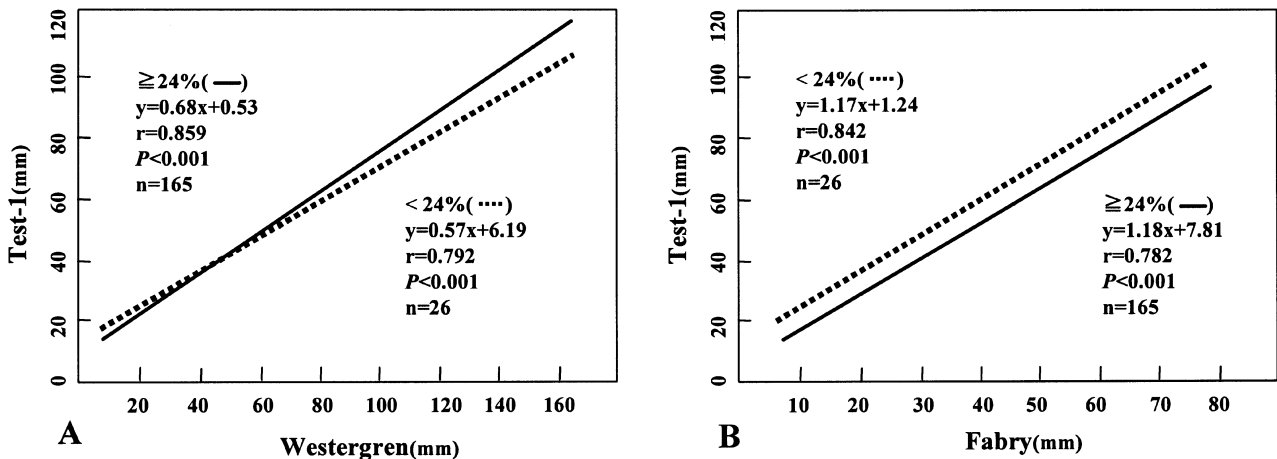
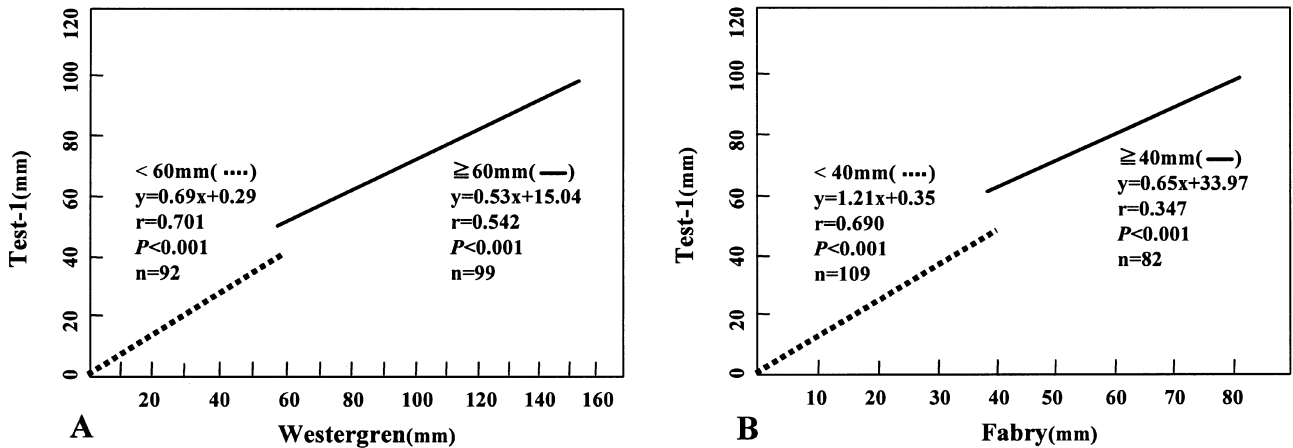


Fig. 3. Comparison of two methods for ESR measurements between  $<Ht 24\%$  and  $\geq Ht 24\%$  group : Test 1 vs. Westergren method. A. Linear regression graph showing the correlation between the Westergren ESR test results(x-axis) and those of the Test 1(y-axis) before Fabry correction. B. The correlation between two methods in the low( $<24\%$ ) and high( $\geq 24\%$ ) hematocrit groups after Fabry correction.

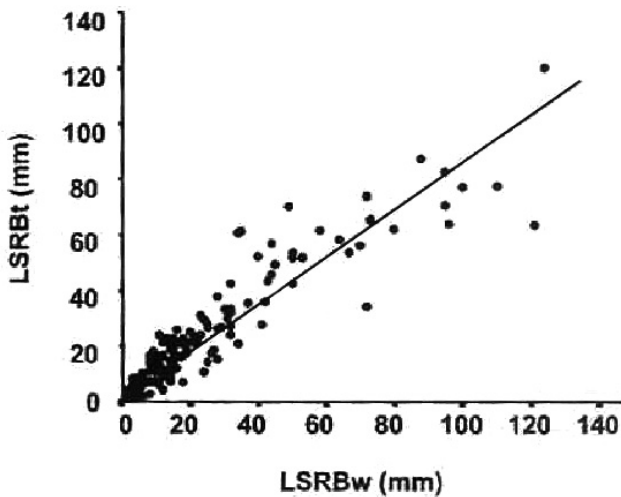
로 ESR이 낮은군과 높은군을 비교하여 두 방법간의 상관관계를 분석하여 보았다. 교정전 Westergren ESR은 60mm를 기준으로, 그리고 교정후 Fabry ESR은 40mm를 기준으로 두 방법간의 상관관계를 분석해 본 결과, 교정전( $<60\text{mm} : r=0.701, \geq 60\text{mm} : r=0.542$ )이나 교정후( $<40\text{mm} : r=0.690, \geq 40\text{mm} : r=0.347$ ) 모두 ESR이 낮은군보다 높은군에서 상대적으로 상관관계가 낮은 것으로 나타났다(Fig. 4). 교정했을 때의 상관계수 차이가 0.343으로 교정전의 0.159보다 큰 값을 보여, 교정후가 교정전보다 더 상관성이 떨어짐을 알 수 있었다.

#### IV. 고 찰

ICSH에서는 새로운 ESR 측정법을 임상검사 현장에 적용할 때에는, 적혈구용적률이 35% 이하인 검체군을 대상으로 Westergren법과 비교하여 그 상관성을 평가하도록 권장하고 있다(ICSH, 1988). 이러한 ICSH의 기준을 적용하여 적혈구용적률이 35% 이하인 191명의 입원 및 외래 환자를 대상으로, 자동 ESR 기기인 Test-1 과 Westergren법의 원리를 이용한 VACUETTE® Manual ESR System을 이용하여 ESR을 측정하였다. Westergren



**Fig. 4.** Comparison of two methods for ESR measurements : Test 1 vs. Westergren method. A, Linear regression graph showing the correlation between the Westergren ESR test results(x-axis) and those of the Test 1(y-axis) in the low(<60mm) and high(≥60mm) ESR groups before Fabry correction. B, The correlation between two methods in the low(<40mm) and high(≥40mm) ESR groups after Fabry correction.



**Fig. 5.** Adolfo Romero 등의 보고에서 나타난 LSRBw (Westergren ESR)와 LSRBt (Test-1 ESR)의 상관관계 ( $\rho:0.917$ ,  $P<0.01$ )

법의 ESR 측정치는 적혈구용적률이 ESR에 미치는 영향을 보정하기 위하여 Fabry의 교정식에 따라 교정하였으며, 교정전과 교정후의 두 방법간의 상관성을 알아보기 위하여 혈색소, 적혈구용적률 및 ESR값을 기준으로 분석하여 보았다.

혈색소의 경우는 전체 대상군과 9.0g/dL 이상군과 이하군으로, 적혈구용적률의 경우는 전체 대상군과 24% 이상군과 이하군의 세 가지 대상군으로 분류하였고, ESR의 경우는 교정전은 60mm를 기준으로 이상군과 이하군으로

Fabry 교정치는 40mm를 기준으로 이상군과 이하군의 두 가지 대상군으로 나누어 두 방법간의 상관관계를 알아보았다.

혈색소와 적혈구용적률에 의해 분류된 세가지 대상군에서는 교정전이나 교정후 모두 두 방법간의 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 다른 연구자들(Shin 등, 1999; Plebani 등, 1998; Romero 등, 2003)의 결과와 비교하여 보았을 때, 상관계수는 약간 낮게 나타났지만 비슷하게 높은 상관성을 보여 주었다. 저자들의 실무경험으로는 혈색소치가 참고범위에 들어가는 환자들에 비해 혈색소치가 낮은 빈혈 환자에서는 두 방법간의 측정값이 심한 차이를 보이는 경우가 많아, 이러한 사실이 통계적으로 유의성이 있는지를 알아보고자 본 연구를 수행하게 된 것인데 예상과는 달리 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이러한 실제 경험적인 자료와 본 연구결과에서 나타난 차이는 분석 대상을 ICSH 기준에 따라 적혈구용적률이 35% 이하인 환자만을 대상으로 하여 35% 이상인 정상군이 분석대상에서 제외됨으로써 상대적으로 적혈구용적률이 높은 정상군과 비교하지 못한데서 그 원인을 찾아볼 수 있을 것이다. 이러한 추론의 근거는 본 연구결과에 자료를 제시하진 않았지만, 분석대상군을 적혈구용적률에 상관없이 무작위로 추출하여 297명의 ESR 값을 측정한 다음 혈색소 9.5g/dL 이상군과 이하군으로 나누어 비교해 보았을 때 9.5g/dL 이하군이 이상군보다 상관계수가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 알 수 있다( $r=0.910 > r=0.762$ ).

ESR을 기준으로(교정전 60mm, 교정후 40mm 기준) 낮은 군과 높은 군을 비교했을 때에는 두 방법간의 상관성에 상당한 차이가 있음을 보여 주었다. 즉 ESR이 낮은 군에 비해 높은 군에서 상대적으로 상관성이 낮음을 확인할 수 있었다(교정전;  $r=0.701 > r=0.542$ , 교정후;  $r=0.690 > r=0.347$ ). 이러한 결과를 다른 보고자의 결과와 비교해 보면, Shin 등(1999)과 Plebani 등(1998)의 보고에서는 ESR이 높은 군에서도 상관성이 좋은 것으로 보고하고 있으나, Romero 등(2003)의 보고에서는 ESR이 낮은 군과 높은 군을 따로 구분하여 비교하진 않았으나 상관관계를 분석한 Scattergram(Fig. 5)을 보면 ESR이 높은 군에서 분산점들이 선형회귀선에서 멀리 떨어져 있음을 보여주었다.

이상의 결과로 미루어 볼 때, Test-1 자동 ESR 기기가 혈색소나 적혈구용적률이 낮은 환자에서도 Westergren 방법과의 상관성이 좋은 것으로 나타나, Test-1 기기에 의한 ESR 측정법이 임상적으로 신뢰할 수 있고 또한 고유한 장점인 신속성과 미량의 검체를 이용한다는 점에서 매우 효율적인 것으로 판단된다. 그러나 ESR이 높은 환자들에서는 ESR이 낮은 정상군에 비해 상관성이 떨어지는 것으로 나타나 추가적인 연구가 요망되며, Test-1과 Westergren ESR 값이 심한 차이를 보이는 경우 올바른 문제해결 방법이 무엇인지에 대하여 관련 전문가들 사이에 진지한 연구검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 2004년 7월 12일 부터 8월 22일까지 충남대학병원과 충북대학병원의 진단검사의학과에 의뢰된 ESR 검체 중 ICSH(1988) 기준에 따라 적혈구용적률 값이 35% 이하인 191명의 환자(남자 97명, 여자 94명)를 대상으로 자동 ESR 기기인 TEST-1과 ICSH의 표준법인 Westergren 결과를 비교평가 하였다. Westergren ESR은 Fabry 공식을 이용하여 교정전과 교정후의 ESR 값을 산출하여 Test-1과의 상관관계를 분석하였다.

전체 가검물을 대상으로 Test-1과 Westergren법 사이의 상관성을 분석해 본 결과 교정전이나 교정후 모두 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다. 혈색소 값을 9.0g/dL 이상군과 이하군, 적혈구용적률을 24% 이상군과 이하군으로 나누어 두 방법간의 상관성을 비교할 때도 교정전이나 교정후 모두 상관성이 매우 높은 것으로 나타났

다. 그러나 ESR을 교정전 60mm와 교정후 40mm를 기준으로 높은 군과 낮은 군을 비교하였을 때에는, 혈색소나 적혈구용적률을 기준으로 비교했을 때와는 달리 교정전이나 교정후 모두 ESR이 낮은 군보다 높은 군에서 상관성이 떨어지는 것으로 나타나 이에 대한 추가 연구와 문제 해결책이 제시되어야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Caswell M, Stuart J. Assessment of Diesse Ves-matic automated system for measuring erythrocyte sedimentation rate. *J Clin Pathol* 44:946-949, 1991
2. Fabry TL. Mechanism of erythrocyte aggregation and sedimentation. *Blood* 70:1572-1576, 1987
3. Giavarina D, Capuzzo S, Cauduro F, Carta M, Soffiati G. Internal quality control for erythrocyte sedimentation rate measured by TEST-1 Analyzer. *Clin Lab* 48(9-10):459-462, 2002
4. Hertzman A, Evans TI, Sanders KM, et al. Effects of blood storage on the erythrocyte sedimentation rate. *J Rheumatol* 20:2178-2179, 1993
5. International Committee for Standardization in Haematology. Guidelines on selection of laboratory tests for monitoring the acute phase response. *J Clin Pathol* 41:1203-1212, 1988
6. International Council for Standardization in Haematology. ICSH recommendations for measurement of erythrocyte sedimentation rate. *J Clin Pathol* 46:198-203, 1993
7. Kallner A. On the temporal development of erythrocyte sedimentation rate using sealed vacuum tubes. *Am J Hematol* 37:186-189, 1991
8. Patton WN, Meyer PJ, Stuart J. Evaluation of sealed vacuum extraction method (Seditainer) for measurement of erythrocyte sedimentation rate. *J Clin Pathol* 42:313-317, 1989
9. Plebani M, De Toni S, Sanzari MC, Bernardi D, Stockreiter E. The TEST 1 automated system: a new method for measuring the erythrocyte sedimentation rate. *Am J Clin Pathol* 110(3):334-340, 1998
10. Romero A, Munoz M, Ramirez G. Length of

- sedimentation reaction in blood: a comparison of the test 1 ESR system with the ICSH reference method and the sedisystem 15. *Clin Chem Lab Med* 41(2): 232-237, 2003
11. Shin KS, Kim JS, Son BR. Evaluation of the Test 1 for measuring erythrocyte sedimentation rate. *J Clin Pathol and Quality Control* 21:223-228, 1999
  12. Van Leeuwen MA, van Rijswijk MH. Acute phase proteins in the monitoring of inflammatory disorders. *Baillieres Clin Rheumatol* 8:531-552, 1994
  13. Westergren A. Studies of the suspension stability of the blood in pulmonary tuberculosis. *Acta Med Scand* 54:247-282, 1921
  14. Zlonis M. The mystique of the erythrocyte sedimentation rate: a reappraisal of one of the oldest laboratory tests still in use. *Clin Lab Med* 13: 787-800, 1993