

## Antiglobulin Gel Technique을 이용한 직접 항글로블린검사 및 불규칙항체 선별검사

연세대학교 의과대학 임상병리학과교실

신정원 · 정석훈 · 남정현 · 김현옥 · 권오현

= Abstract =

### The Direct Antiglobulin Test and Antibody Screening Test based on the Antiglobulin Gel Technique

Jeong Won Shin, M.D., Seok Hoon Jeong, M.D., Chung Hyun Nahm, M.D.,  
Hyun Ok Kim, M.D., and Oh Hun Kwon, M.D.

*Department of Clinical Pathology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea.*

**Background :** The Gel test is a new method, which has become commercially available within the last few years for the detection of antibodies against red blood cell antigens. The procedures are standardized and easy to perform, and provide clear and stable reactions that improve the interpretation of results. In this study, we conducted the Gel test to investigate its usefulness in direct antiglobulin test (DAT) and irregular antibody screening.

**Methods :** A total of 40 paired samples were tested in DAT using the Gel test and the conventional tube test. And 46 patient's sera in which irregular antibodies previously identified by the tube test were screened for the irregular antibodies by the Gel test. We assumed the lower detection limits of antibody levels using Rh immunoglobulin and evaluated the sensitivity of the Gel test using the commercially available monoclonal antibodies.

**Results :** Of the 40 samples tested for DAT, 33 samples were agreed in the results between the Gel test and the tube test (concordance rate; 83%). Four samples were positive by the Gel test but negative by the tube test, and 3 samples were vice versa. When

<접수 : 1996년 1월 29일>

<수정본 접수 : 1996년 3월 7일>

\* 교신저자 : 신 정 원

서울시 서대문구 신촌동 134번지

연세의료원 임상병리과(전화 : 361-6495)

comparing the Gel test with the conventional tube test for antibody screening, all irregular antibodies were detected in samples clinically relevant antibodies encountered by the tube test. The lower detection limits of Rh immunoglobulin of two methods were same (4 ng/mL). The LISS/Coombs cards of the Gel test showed equal or superior to the tube test in the detection of all antibodies except "enzyme-only" anti-c and clinically non-significant cold type antibodies.

**Conclusions :** The Gel test is a fast, reliable and sensitive method, and comparable to routine tube test in DAT and antibody screening test(Korean J Clin Pathol 1996; 16(3):411~8).

**Key Words :** Gel test, Direct antiglobulin test, Irregular antibody screening

## 서 론

대부분의 검사실에서는 적혈구 항원-항체 반응을 시험관법으로 응집을 관찰하여 검출하고 있다. 통상적으로 실온식염수, 알부민가온 그리고 항글로불린단계의 3단계 검사를 시행하며, 검사실에 따라서는 민감도를 높이기 위하여 low ionic strength saline (LISS)을 사용하기도 한다(1-2).

시험관법은 여러가지 조건에서 응집유무를 관찰할 수 있으며, 특별한 기구나 장비가 필요없고 검사비용이 적게 드는 장점이 있으나, 시간이 오래 걸리고 혈구 세척 과정이 필요하며, 검사자에 따라 결과의 판독이 다를 수 있고, 특히 응집이 약할 때는 판독이 어려운 단점이 있다(3).

최근 소개된 Gel test는 적혈구와 항체를 반응시켜 Sephadex® gel를 통하여 원침시키면 응집이 일어난 적혈구는 gel의 상부에 포착되지만, 응집이 일어나지 않은 적

혈구는 gel의 하단에 가라앉는 원리를 이용하여 개발된 검사이다. 시험관법에 비하여 검사가 간편하고 객관적으로 판독할 수 있으며, 반응이 장시간 유지되는 장점이 있는 것으로 알려져 있다(3).

이에 본 연구에서는 Gel test로 직접 항글로불린검사와 불규칙항체 선별검사를 시행하여 시험관법과 결과를 비교하고 그 유용성을 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### I. 재료

직접 항글로불린검사는 1995년 8월부터 10월에 변역용 혈성 질환이 의심되어 혈액은행에 직접 항글로불린검사가 의뢰되었던 세브란스병원 환자 40명을 대상으로 시행하였다. 불규칙항체 선별검사는 시험관법으로 불규칙항체가 동정되었던 환자 38명의 동결 혈청과 한냉혈구응집반응으로 한냉항체가 검출된 8명의 혈청으로 시행하였다.

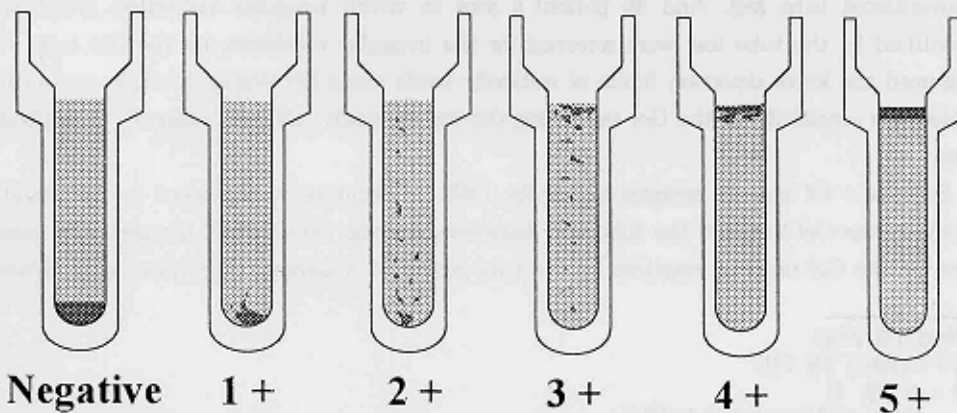


Fig. 1. Interpretation of agglutination reactions in the Gel test.

## I. 방법

### 1. 직접 항글로블린 검사

#### 1) Gel test

DiaMed-ID® (DiaMed, Murten, Switzerland)를 사용하였다. Modified LISS 용액 (DiaMed) 500 µl에 EDTA 전혈 4 µl를 혼합하여 0.8% 적혈구부유액을 만든 후, antiglobulin gel이 들어있는 microtube에 적혈구부유액 50 µl를 첨가하고 910 rpm에서 ID-centrifuge 24S (DiaMed)를 이용하여 10분간 원침하였다. 결과는 음성에서 5+까지 6단계로 나누어 판정하였으며 gel 하단에 적혈구가 모두 가라앉아 있으면 음성으로, gel 상단에 적혈구가 포착되어 떠를 이루고 있으면 5+로 하였다(3) (Fig. 1).

#### 2) 시험관법

EDTA 전혈을 자동혈구세척기 (Centra-W, IBC, USA)를 이용하여 생리식염수로 3회 세척 후 5-8% 적혈구부유액을 만들었다. 적혈구부유액 한방울을 시험관에 떨어뜨리고 다가항글로블린시약 (Ortho Diagnostic Systems, NJ, USA) 2방울을 첨가한 후 1000 x g에서 15초간 원침하여 응집유무를 관찰하였다.

#### 3) 최소검출농도

300 µg/ml Rho(D) human immunoglobulin (Miles Inc., IN, USA)을 4배수 단계희석한 항혈청을 R<sub>1</sub>R<sub>1</sub>(CCDee) screening cell (Baxter Diagnostics Inc., FL, USA)에 37℃에서 30분간 감작시키고 이를 자동혈구세척기로 3회 세척하여 적혈구부유액을 만든 후 Gel test 및 시험관법으로 직접 항글로블린검사를 시행하였다. 반응이 있는 가장 낮은 농도를 각 검사의 최소검출 농도로 하였다.

### 2. 불규칙항체 선별 및 동정 검사

#### 1) Gel test

##### a. LISS/Coombs 카드

0.8% 적혈구부유액인 Panel cell I, II, III (DiaMed) 각각을 antiglobulin gel이 들어있는 microtube에 50 µl씩 넣고 환자 혈청 25 µl를 첨가하였다. 이를 37℃에서

15분간 반응시킨 후 910 rpm에서 ID-centrifuge 24S로 10분간 원침하였다. 결과는 직접 항글로블린검사와 동일한 방법으로 판독하였다.

##### b. NaCl/Enzyme 카드

Neutral gel이 들어있는 3개의 microtube에 papain으로 처리된 panel cell I, II, III (DiaMed)를 각각 50 µl씩 넣고 환자 혈청 25 µl를 첨가하였다. LISS/Coombs 카드와 같은 방법으로 반응시킨 후 판독하였다.

#### 2) 시험관법

##### a. 실온식염수단계

시험관에 screening cell I, II (Baxter Diagnostics Inc.)를 1방울씩 분주하고 환자 혈청을 2방울씩 첨가한 후, 1000 x g에서 15초간 원침하여 응집이나 용혈유무를 관찰하였다.

##### b. 일부민단계

위 시험관에 22% albumin (Baxter Diagnostics Inc.)을 1방울씩 가하고 37℃에서 15분간 반응시킨 후 1000 x g에서 15초간 원침하여 응집유무를 관찰하였다.

##### c. 항글로블린단계

위 시험관의 적혈구를 식염수로 3회 세척한 후 다가 항글로블린시약을 2방울씩 가하고 1000 x g에서 15초간 원침하여 응집유무를 관찰하였다.

#### 3) Gel test의 최소검출농도 측정

300 µg/ml Rho(D) human immunoglobulin을 생리식염수로 2배수 단계희석하여 LISS/Coombs 카드로 Gel test를 시행하였다.

#### 4) 불규칙항체에 대한 민감도

항-Fy<sup>a</sup>, 항-Fy<sup>b</sup>, 항-Jk<sup>a</sup>, 항-Jk<sup>b</sup>, 항-K, 항-S 그리고 항-s가 포함된 항혈청 (Ortho Diagnostic Systems)을 각각 1:2에서 1:256까지 생리식염수로 단계희석한 후 Gel test (LISS/Coombs 카드) 및 항글로블린단계의 시험관법을 시행하여 결과를 비교하였다.

#### 5) 불규칙항체 선별능

시험관법으로 온난성 및 한냉성 불규칙항체가 동정된

환자 혈청과 한냉혈구응집검사로 한냉항체의 농도가 반정량된 환자 혈청을 사용하여 LISS/Coombs 카드와 NaCl/Enzyme 카드로 Gel test를 시행하였다.

## 결 과

### 1. 직접 항글로블린검사

#### 1) 임상검체 결과의 비교

직접 항글로블린검사가 의뢰된 총 40예 중 14예는 Gel test와 시험관법으로 모두 양성, 19예는 모두 음성으로 33예의 결과가 일치하였으며, 일치율은 83%이었다. 검사 결과가 일치하지 않은 7예 중 4예는 Gel test로는 양성이었으나 시험관법으로는 음성이었고, 3예는 시험관법으로는 양성이었으나 Gel test로는 음성이었다.

두 검사에서 모두 양성인 환자의 진단명은 용혈성빈혈, 신생아 용혈성 질환, ABO 불일치 신장이식, 그리고 Evan's syndrome 등이었다. Gel test에서만 양성이었던 환자 4명의 진단명은 신생아 고빌리루빈혈증, 신생아 용혈성 질환, 알레르기성 혈관염, 재생불량성빈혈이었으며, 시험관법에서만 양성이었던 환자 3명의 진단명은 뇌농양, 약제유발성 용혈성빈혈, 용혈성빈혈이었다.

#### 2) 최소검출농도

항-D에 대한 최소검출농도는 Gel test가 3 ng/ml이었

고, 시험관법은 0.75 ng/ml이었다.

### 2. 불규칙항체 선별검사

#### 1) 최소검출농도

Gel test의 LISS/Coombs 카드와 항글로블린단계의 시험관법에서 항-D에 대한 최소검출농도는 모두 4 ng/ml이었다.

#### 2) Gel test와 시험관법의 민감도 비교

시험한 모든 항혈청은 LISS/Coombs 카드와 항글로블린단계의 시험관법으로 거의 같은 농도까지 검출되었다 (Fig. 2).

#### 3) 불규칙항체 선별능

##### a. 온난성 불규칙항체

항-E나 항-c 항체가 등정된 모든 검체는 LISS/coombs 카드에서보다 NaCl/Enzyme 카드에서 반응이 강해졌다. 시험관법으로 항-c가 등정된 6 검체 모두는 LISS/Coombs 카드와 NaCl/Enzyme 카드로 선별되었다. 한편 시험관법으로 항-E 항체만 등정되었던 6 검체 중 LISS/Coombs 카드로는 2 검체에서, NaCl/Enzyme 카드로는 4 검체에서 항-c 항체가 함께 검출되었다. 항-D, 항-Fy<sup>a</sup> 그리고 항-Fy<sup>b</sup>는 LISS/Coombs 카드에서 모두 선별되었다 (Table 1).

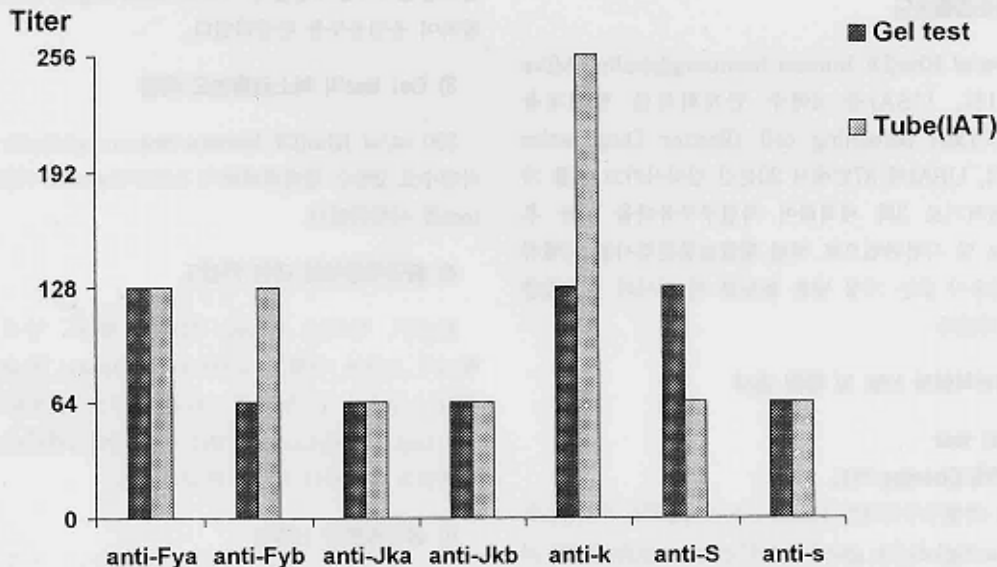


Fig. 2. Comparison of sensitivity between the Gel test and the tube test.

**Table 1.** Comparison of the Gel test with the conventional screening tube test.

| Antibody<br>specificity             | Gel test    |             | Tube test §    |
|-------------------------------------|-------------|-------------|----------------|
|                                     | LISS/Coombs | NaCl/Enzyme | RT/Albumin/AHG |
| Anti-D                              | 2           | 2           | 2              |
| Anti-E                              | 4           | 6           | 6              |
| Anti-E + anti-c                     | 6           | 8           | 6              |
| Anti-Fy <sup>a</sup>                | 2           | 0           | 2              |
| Anti-Fy <sup>b</sup>                | 1           | NT†         | 1              |
| Anti-P <sub>1</sub>                 | 2           | NT          | 5              |
| Anti-Le <sup>a</sup>                | 8           | NT          | 9              |
| Anti-Le <sup>b</sup>                | 1           | NT          | 3              |
| Anti-M                              | 4           | NT          | 4              |
| Non-specific cold Ab*               | 0           | NT          | 5              |
| Clinically significant<br>cold Ab † | 3           | NT          | 3              |

\* Narrow thermal range cold antibody.

† Wide thermal range cold antibody.

‡ NT, not tested.

§ All antibodies detected through room temperature phase to antihuman globulin phase were included.

#### b. 한냉성 불규칙항체

시험관법으로 항-P<sub>1</sub>, 항-Le<sup>a</sup>, 항-Le<sup>b</sup> 및 항-M 항체가 동정된 검체를 사용하였다. 항-Le<sup>a</sup>가 있는 9 검체 중 8 검체와 항-M이 있는 4 검체 모두는 LISS/Coombs 카드로 검출되어 일치율은 각각 89%와 100%이었다. 그러나 항-P<sub>1</sub> 항체는 5 검체 중 2 검체 (40%), 항-Le<sup>b</sup> 항체는 3 검체 중 1 검체 (33%)만이 검출되었다 (Table 1).

#### c. 한냉항체

낮은 온도에서만 반응하는 한냉항체가 있는 5 검체는 LISS/Coombs 카드로 선별되지 않았으나, 반응온도범위가 넓은 한냉항체가 있는 3 검체는 LISS/Coombs 카드로 모두 선별되었다 (Table 1).

### 고 찰

Gel test는 1984년 처음 개발되어 1988년 상품화되었으며(4), 5cm × 7cm 크기의 카드에 6개의 microtube가 들어있어 6가지 시험을 동시에 하고 그 결과를 비교할 수 있도록 고안되어 있다.

각 tube는 상하 두개의 방으로 나뉘어져 있는데 상부의 방은 적혈구 응집이 일어나는 곳이고, 하부의 방에는 40 μ의 Sephadex® gel이 들어있어 원침에 의하여 응집의 유무와 정도를 관찰할 수 있다(3). Neutral, specific 그리고 antiglobulin의 3가지 gel이 있으며, 검사에 따라 선택하여 사용할 수 있다. Neutral gel은 Sephadex® gel로만 구성되어 있고 papain이나 bromelin 등의 효소로 처리된 적혈구 응집체를 포착하는 역할만을 하며, 불규칙항체의 선별 및 동정, 한냉항체 정량검사 등에 이용할 수 있다. Specific gel은 항-A, -AB, -D, -C, -c, -E, -e, -K 등의 특이항체와 gel의 혼합체이며, 항원특이성을 규명하는데 이용된다. Antiglobulin gel은 antiglobulin과 gel의 혼합체이며, 직접 및 간접 항글로블린검사에 이용된다(3).

직접 항글로블린검사는 생체 내에서 적혈구에 IgG나 보체 (C3d)의 부착 여부를 보기 위하여 사용되며, 양성인 경우 자가항체, 동종면역 항체, 약제유발성 항체 등에 의한 용혈을 의심할 수 있다(5,6). Sokol 등(7)은 자가면역 용혈성빈혈 환자 검체의 41%에서 온난 자가항체를, 51.8%에서 한냉 자가항체를, 18.2%에서 약제유발성 항체를, 그리고 7.2%에서 혼합성 자가항체를 검출하였다고

보고하였다. 한편 남 등(8)은 우리나라 환자의 직접 항글로블린검사 양성 의 원인으로 60.4%가 온난 자가항체, 15.4%가 약제유발성 항체, 11.0%가 한냉 자가항체, 7.5%가 동종 면역항체, 그리고 2.6%가 혼합성 자가항체 이었으며, 외국에 비하여 온난 자가항체의 빈도가 높은 반면 한냉 자가항체와 혼합성 자가항체의 빈도는 낮다고 보고하였다.

Gel test와 시험관법을 이용한 직접 항글로블린검사 결과는 93.4~99.1%에서 일치하는 것으로 보고되고 있으나(9,10), 본 연구에서는 일치율이 83%로 상대적으로 낮았다. 이는 대상 검체수가 적고 시험관법의 결과 해석 기준이 검사자에 따라 다를 수 있기 때문인 것으로 생각되었다. Frey-Wattstein 등(11)은 Gel test에서 직접 항글로블린검사 양성으로 나타난 임상검체 중 40%가 시험관법에서는 음성이어서 Gel test가 시험관법보다 민감하다고 보고한 바 있지만, 본 연구에서는 시험관법으로 0.75 ng/ml까지의 항-D를 검출할 수 있었던 반면 Gel test로는 3 ng/ml까지만 검출되어 숙련된 검사자가 검사를 시행하는 경우에는 오히려 시험관법이 Gel test보다 민감한 것으로 생각되었다. 그러나 Gel test에서는 적혈구세척단계가 생략되므로 검사가 간편하고 시간이 적게 걸리며, 숙련된 검사자가 아니라도 1+~약양성에 대하여 신뢰할 수 있는 객관적인 결과를 얻을 수 있다는 점을 고려한다면 중, 소형 병원에서는 시험관법 대신 Gel test를 직접 항글로블린검사에 이용할 수 있을 것으로 생각되었다.

불규칙항체는 자연항체인 항-A와 항-B를 제외한 모든 동종항체를 포함하며, 비예기항체 (unexpected alloantibody) 또는 비정형항체 (atypical alloantibody)라 하기도 한다(12). 불규칙항체는 검사실에서의 혈액형 결정을 어렵게 할 뿐 아니라 수혈 부작용을 일으킬 수도 있으므로 그 선별 및 동정이 중요하며 외국인에서의 불규칙항체의 빈도는 0.3-38%로(13,14), 우리나라 사람에서는 0.3-1.73%(15-21)로 보고되고 있다. Lapiere 등(3)은 항-D항체를 이용하여 최소검출농도를 측정 한 결과 Gel test (LISS/Coombs카드 2.3 ng/ml, NaCl/Enzyme 카드 1.4 ng/ml)가 시험관법(2.6 ng/ml)보다 민감하다고 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서 Gel test의 LISS/Coombs 카드와 항글로블린단계 시험관법의 최소 검출농도는 4 ng/ml로 같았다. 한편 Gel test의 선별능에 대한 평가는 보고자에 따라 차이가 있는데 Pottier 등(22)은 Gel test로 불규칙항체가 선별된 281 검체 중 63

검체가 시험관법으로는 동정되지 않았다고 보고하였으며, Lapiere 등(3)은 불규칙항체가 있는 400 검체 중 Gel test로는 359 검체(90%)가 선별되었으나 시험관법으로는 243 검체(61%)만이 선별되어 Gel test의 선별능이 더 좋다고 하였다. 그러나 Rosiers 등(23)은 Gel test가 항-Kell, 항-Duffy 그리고 항-Ss 항체에 대한 선별능은 높지만 항-Kidd, 항-Lewis 그리고 항-P<sub>1</sub> 항체 선별능은 시험관법보다 낮다고 하였으며, Phillips 등(24)도 Gel test의 항-S 항체 선별능이 시험관법보다 낮다고 하였다. 본 연구에서는 Gel test의 온난성 불규칙항체에 대한 선별능은 시험관법에 비하여 높거나 같았으며, 특히 NaCl/Enzyme 카드를 사용하면 반응이 강화되는 양상을 보여 온난성 불규칙항체의 경우 NaCl/Enzyme 카드를 사용함으로써 선별능을 높이는 데 도움이 될 것으로 생각되었다. 반면 한냉성 불규칙항체인 항-P<sub>1</sub>, 항-Le<sup>a</sup>, 항-Le<sup>b</sup> 그리고 항-M 항체에 대한 Gel test의 선별능은 시험관법에 비하여 같거나 낮았으며 특히 항-P<sub>1</sub>과 항-Le<sup>a</sup> 항체 선별능은 매우 낮았다. 한편 낮은 온도에서만 반응하는 한냉항체는 Gel test로 검출되지 않았지만 반응온도 범위가 넓은 한냉항체 모두는 Gel test로 검출되어, Gel test로 임상적 의의가 있는 한냉항체만을 선별할 수 있을 것으로 생각되었다.

## 요 약

**배경 :** 최근 소개된 Gel test는 시험관법에 비하여 검사가 간편하고 객관적으로 판독할 수 있으며, 반응이 장시간 유지되는 장점이 있는 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 Gel test로 직접 항글로블린검사와 불규칙항체 선별검사를 시행하여 시험관법과 결과를 비교하고 그 유용성을 평가하고자 하였다.

**방법 :** 세브란스병원에 입원하여 직접 항글로블린검사가 의뢰된 환자 40명의 EDTA전혈로 시험관법과 Gel test를 시행하였으며, 시험관법으로 불규칙항체가 동정된 환자 38명과 한냉혈구응집반응으로 한냉항체가 검출된 8명의 혈청을 대상으로 Gel test로 선별 및 동정 검사를 시행하였다. 최소검출농도를 추정하기 위하여 Rho(D) human immunoglobulin을 사용하였으며 민감도를 구하기 위하여 상품화된 항혈청을 희석하여 그 역가를 측정, 비교하였다.

**결과 :** Gel test와 시험관법의 직접 항글로블린검사 결



과 일치율은 83%였고, Gel test의 최소검출농도는 3 ng/mL, 시험관법은 0.75 ng/mL이었다. 두 검사간의 불규칙항체 선별 민감도는 차이가 없었으며, 최소검출농도도 4 ng/mL로 같았다. Gel test는 시험관법에 비하여 온난성 불규칙항체 선별능은 좋았으나, 한냉성 불규칙항체 선별능은 낮았다.

**결론** : Gel test는 시험관법을 대체하여 직접 항글로불린검사와 불규칙항체 선별검사에 이용될 수 있으며, 효소 처리카드를 겸용함으로써 검사실의 온난성 불규칙항체 선별능을 높일 수 있을 것으로 생각되었다.

### 참 고 문 헌

1. Walker RH, ed. Technical manual. 11th ed. Bethesda, MD. American Association of Blood Banks, 1993:179.
2. Shirey RS, Boyd JS, Ness PM. Polyethylene glycol versus low-ionic-strength solution in pretransfusion testing : a blinded comparison study. *Transfusion* 1994;34:368-70.
3. Lapierre Y, Rigal D, Adam J, Josef D, Meyer F, Graber S, et al. The Gel Test: a new way to detect red cell antigen-antibody reactions. *Transfusion* 1990;30:109-13.
4. Lapierre Y. Gel tests and their evolution. *Transfusion Clinique et Biologique*. 1994;1:115-9.
5. Walker RH, ed. Technical manual. 11th ed. Bethesda, MD. American Association of Blood Banks, 1993:175,647,672.
6. Judd WJ, Barnes BA, Steiner EA, Oberman HA, Averill DB, Butch SH. The evaluation of a positive direct antiglobulin test (autocontrol) in pretransfusion testing revisited. *Transfusion* 1986;26:220-4.
7. Sokol RJ, Hewitt S, Stamps BK. Autoimmune haemolysis : an 18-year study of 865 cases referred to a regional transfusion centre. *Br Med J* 1981;282:2023-7.
8. 남정현, 이종욱, 박규은, 김현욱, 권오현, 이선호. 직접 항글로불린검사 양성 환자들의 면역혈액학적 분석. *대한수혈학회지* 1995;6:35-44.
9. Pagani A, Isernia P, Salvaneschi L, Rossi D, Rinablini C. Gel test and agglutination test in pretransfusion investigation : A comparative study. Present and Future of The Gel Test. First International Symposium, Montreux 17-18 March 1993:40-7.
10. Meyer F, Rigal D, Lyon CRTS. Gel test and red cell auto-antibodies. Present and future of the Gel test. First International Symposium, Montreux 17-18 March 1993:72-5.
11. Frey-Wettstein M, Froelicher S. Positive direct antiglobulin test (DAGT) using the gel system. *Beitrage zur Infusionstherapie* 1992;30:378-81.
12. Walker RH, ed. Technical manual. 11th ed. Bethesda, MD. American Association of Blood Banks, 1993:333-4.
13. Giblett ER. Blood group alloantibodies. An assessment of some laboratory practices. *Transfusion* 1977;17:299-308.
14. Walker RH, Lin D-T, Hartrick MB. Alloimmunization following blood transfusion. *Arch Pathol Lab Med* 1989;113:254-61.
15. 김현욱, 원동일, 권오현. 수혈대상환자의 불규칙항체 빈도 및 그 임상적 의의. *대한수혈학회지* 1993;4:35-41.
16. 이명희, 조한익, 김상인. 한국인에서의 혈액형 항체에 관한 연구. *대한혈액학회지* 1986;21:243-56.
17. 한규섭, 오원일, 박명희, 김의중, 김상인. 한국인의 혈액형 불규칙항체에 관한 연구. *대한혈액학회지* 1989;24:145-53.
18. 김혜경, 김대원, 김영기, 김인선, 이갑노, 백승룡. Panel cell에 의한 불규칙항체동정경험 -57예 분석. *임상병리와 정도관리* 1989;11:339-45.
19. 김백수, 김현욱, 송경순, 이삼열. "Type and screen"법 실시에 따른 불규칙항체 검출빈도. *대한수혈학회지* 1990;1:47-50.
20. 강득용, 이동화, 유훈, 조태호, 박양서, 이상주 등. 한국인 임신부의 각종 혈액군 항체 검출빈도에 관한 연구. *대한혈액학회지* 1981;16:97-106.

21. 최범열 등. 자가제조 panel 혈구들 이용한 불규칙항체 동정에. 적십자 혈액사업 및 연구보고서 1991:85-93.
22. Pottier C, Quillet P, Baufine-Ducrocq H. Gel test : Interpretation and value of a new technique for the detection of irregular antibodies. *Annales de Biologie Clinique* 1992;50:679-85.
23. Burin des Rosiers N, Nasr O. Irregular erythrocyte antibody screening using gel-test. Analysis of 35,882 samples. *Revue Francaise de Transfusion et d Hemobiologie* 1993 ;36:391-9.
24. Phillips PK, Whitton CM, Lavin F. The use of the antiglobulin 'gel test' for antibody detection. *Transfusion Medicine* 1992;2:111-3.