

Kastle-Meyer(KM) test의 위양성 반응과 시약 적용 방법에 관한 연구

김채린¹, 김창용², 김민영¹, 유제설^{3*}

¹순천향대학교 법과학대학원 석사, ²순천향대학교 법과학대학원 석사과정, ³순천향대학교 법과학대학원 교수

A study on the false-positive reaction of Kastle-Meyer(KM) test and the application of KM reagent

Chae-Lin Kim¹, Chang-Yong Kim², Min-Yeong Kim¹, Je-Seol Yu^{3*}

¹Master's Degree, Division of Forensic Science, Soonchunhyang University

²Master's Course, Division of Forensic Science, Soonchunhyang University

³Professor, Division of Forensic Science, Soonchunhyang University

요약 Kastle-Meyer (KM) test는 현장에서 잠재혈흔을 확인하는 예비검사 방법으로, 다른 방법에 비해 감도가 뛰어난 반면, 혈액이 존재하지 않는 곳에서도 위양성 반응이 나타날 수 있다. 본 연구에서는 이러한 KM test의 위양성 반응의 문제를 해결하기 위해 새로운 적용 방법을 제시하고자 하였다. 새로운 KM test 적용 방법의 효과와 위양성의 식별 가능성을 확인하기 위해 기존의 두 가지 KM test 적용 방법과 반응 시간 및 양상을 비교하였다. 실험 결과, 실험에 사용된 KM test 적용 방법 간의 감도에는 유의한 차이가 없었으며, 희석비율이 5000:1 이하인 혈액에서는 즉시 양성 반응이 나타나 위양성과 구분하기 용이했다. 하지만 혈액의 희석비율이 높아질수록 양성 반응의 발현 시간이 늦어지면 서 위양성과 구분하기 어려웠고, 새로운 KM test 적용 방법은 반응의 양상을 통해 이를 보완할 수 있었다. 따라서 본 연구는 KM test가 현장에서 보다 정확하게 사용될 수 있도록 새로운 적용 방법을 제시하였다.

주제어 : 법과학, 잠재혈흔, 페놀프탈레인, 캐슬 마이어, 위양성, 융합

Abstract Kastle-Meyer (KM) test is one of presumptive tests used to detect latent blood in crime scenes. While this method is more sensitive than others, false positive reaction can be shown where blood does not exist. In this study, we tried to suggest a new application method to solve this problem. Reaction time and aspect of reaction of this new method was compared with two conventional methods in order to identify the effectiveness and identifiability. As a result, there was no statistically significant difference in sensitivity between the methods. In addition, in case of blood with a dilution ratio of 5000:1 or less, positive reaction showed immediately, making it easy to distinguish the reaction from false positive reaction. However, it became difficult to distinguish them with the reaction time as the dilution ratio increased, and this phenomenon could be supplemented observing aspect of the reaction when using the new method. Therefore, this study suggested a new method for KM test that can be used more accurately in the field.

Key Words : Forensic Science, Latent Blood, Phenolphthalein, Kastle-Meyer, False-positive, Convergence

*This study was supported by Soonchunhyang University Research Fund.

*Corresponding Author : Je-Seol Yu(haplf@naver.com)

Received August 12, 2020

Accepted October 20, 2020

Revised September 24, 2020

Published October 28, 2020

1. 서론

사건 현장에서 체액을 확인하는 것은 법과학에서 매우 중요한 부분이다. 혈흔은 사건 현장에서 흔하게 발견되는 체액 중 하나이며, 혈흔을 이용한다면 사건의 정황을 해석하는 데 많은 도움을 받을 수 있다[1-4]. 하지만 혈액이 묻은 옷을 세탁하고, 현장에 흩뿌려진 혈흔을 닦아내는 등의 혈흔을 은폐하려는 시도로 인해 사건 현장에서의 혈흔은 주로 육안으로 확인하기 어려운 잠재혈흔(latent blood) 상태로 존재하게 된다[5].

현장에서는 예비검사(presumptive test)를 통해 잠재혈흔이 존재하는지 확인한다. 대부분의 경우, 이러한 예비검사에는 heme에 의해 촉매 되는 산화-환원 반응을 이용하는 peroxidase reagent가 사용된다[6,7]. 적혈구 속 헤모글로빈의 주성분인 heme에 존재하는 철에 의해 시약이 산화하여 변색되는 원리를 이용하는 것이다[7,8]. 이러한 peroxidase reagent에는 tetramethylbenzidine (TMB), orthotolidine, luminol, leuco malachite green (LMG), leuco crystal violet (LCV), Kastle-Meyer (KM) 시약 등이 있다[6].

KM 시약은 peroxidase reagent 중 하나인 페놀프탈린(phenolphthalin)을 이용한 혈흔 예비검사 시약이다. KM 시약의 저장 용액(stock solution)은 페놀프탈레인(phenolphthalein), 수산화칼륨 또는 수산화나트륨, 아연 분말, 증류수를 혼합하여 환류(reflux)시켜 제조한다[6]. 페놀프탈레인 용액은 염기성 환경에서 진한 분홍색을 띠기 때문에, 강한 염기성 물질인 수산화칼륨 또는 수산화나트륨은 무색의 페놀프탈레인 용액이 분홍색을 띠도록 만드는 역할을 한다. 아연 분말은 이 페놀프탈레인 용액을 페놀프탈린 용액으로 환원시켜 시약의 색이 짙은 분홍색에서 옅은 노란색으로 바뀌도록 한다. 따라서 저장 용액은 옅은 노란색을 띤다. 작업 용액에는 이 저장 용액과 과산화수소수, 에탄올이 포함되어 있다[6]. 혈액 속 헤모글로빈의 heme group에 있는 철 이온이 촉매 작용을 하여 과산화수소가 물과 산소로 분해되고, 이렇게 생성된 산소는 페놀프탈린 용액을 다시 페놀프탈레인 용액으로 환원시킨다[9]. 결과적으로 옅은 노란색의 작업 용액이 혈액을 만나면 짙은 분홍색으로 바뀐다[3,4].

선행 연구에 따르면, KM test는 다른 예비검사 기법들에 비하여 높은 감도와 특이성을 갖고 있어서 오랫동안 사용되어온 기법이다[10-12]. 또한, 유류한지 30년이 지난 혈흔 시료에서도 양성반응을 보였다는 연구 결과에 비추어 보았을 때 오래된 혈액을 검출하는 데도 효과적인

인 기법이라고 할 수 있다[9]. 뿐만 아니라, KM test는 대부분의 잠재혈흔 증강 기법들에 의한 영향을 받지 않아 검체에 다른 예비검사 방법을 사용한 뒤에도 KM test를 사용하여 다시 한 번 검사해볼 수 있다는 장점이 있다[13].

하지만 KM test는 산화-환원 반응을 이용한 예비검사에 해당하기 때문에 필연적으로 위양성 반응이 나타나게 된다. KM 시약이 위양성 반응을 나타내는 이유에는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째로, 혈액이 아니라더라도 산화-환원 반응을 일으킬 수 있는 물질에 시약이 노출된다면 혈액에 노출되었을 때와 같은 반응이 일어나 용액의 색이 분홍색으로 변하게 된다[14]. 두 번째로, 시간이 지나면 공기 중의 산소가 시약을 산화시키기 때문에 heme이나 다른 촉매가 없어도 시약의 색이 변할 수 있다[7]. 따라서 시약의 색이 즉시 변하지 않고 천천히 변한다면 이 역시 위양성 반응으로 볼 수 있다[13]. 앞서 언급한 첫 번째 위양성 원인은 현장 조사를 통해 위양성 물질의 가능성을 확인해 볼 수 있지만, 두 번째 위양성 원인은 필연적이며 높은 비율로 희석된 혈액과 구별하기 어렵다는 점 때문에 감도가 좋은 KM test를 현장에서 사용할 때 정확한 해석을 어렵게 하고 있다.

본 연구에서는 KM 시약을 검체에 적용하는 방법을 바꾸어 양성 반응과 위양성 반응을 구별할 수 있는 새로운 방법을 소개할 것이다. 또한, 기존에 알려진 두 가지 KM 시약을 적용하는 방법과 본 연구에서 제시하는 새로운 방법의 민감도 및 위양성의 양상을 비교함으로써 그 효과성을 입증하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

“Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology 3rd edn.”에서 제시한 KM 저장용액을 제조하는 데는 페놀프탈레인 분말 (Sigma-Aldrich, USA), 수산화칼륨 (Merck, Germany), zinc powder (Daejung, Korea), 증류수를 사용하였다[6]. KM 저장용액 완제품은 phenolphthalein redux reagent - DCB101 (Sirchie®, USA)을 사용하였다. 에탄올, 3% 과산화수소수는 Daejung (Korea) 제품을 사용하였다.

혈액은 IRB 승인을 받아 모집공고를 내어 만 25세의 남성을 공여자로 선별한 뒤 채취하였으며, 채혈 후 바로 EDTA tube에 넣어 냉장보관 하였고 채혈 시점으로부터

한 달 이내의 것만을 사용하였다. 희석 혈액은 혈액과 탈이온수를 1:100, 1:500, 1:1000, 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:30000, 1:40000 비율로 희석하여 제조하였다. 시료는 각 비율로 희석한 혈액과 전혈을 검체에 10 µL씩 떨어뜨려 준비하였으며, 공시료는 증류수만을 검체에 떨어뜨려 준비하였다.

검체로는 흰색 면 100% 티셔츠와 슬라이드글라스를 사용하였다. Transfer medium을 결정하기 위한 예비실험에서, filter paper (CHMLAB, Spain)을 사용하였을 때 위양성이 면봉에 비하여 매우 빠르게 나타났기 때문에 transfer medium으로 멸균면봉 (Poongsung, Korea)을 사용하였다. 카메라 본체는 EOS 100D (Canon, Japan)를 사용하였고, 렌즈는 18-55 mm f/3.5-5.6 EF-S zoom lens (Canon, Japan)를 사용하였다.

2.2 시약 적용 방법

2.2.1 분무법을 사용한 KM test

본 방법을 이용한 실험은 “Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology 3rd edn.”을 참고하여 진행하였다[6]. 페놀프탈레인 2 g과 수산화칼륨 20 g, 증류수 100 mL, zinc powder 20 g을 섞은 용액이 무색이 될 때까지 환류 장치로 환류시켜 저장용액을 제조하였다. 저장용액이 완성되면, 저장용액 20 mL와 에탄올 80 mL를 완전히 섞어준 뒤, 3% 과산화수소 5 방울을 떨어뜨려 작업용액을 제조하였다. 완성된 작업용액을 분무기에 넣고 검체에서 약 30 ~ 45 cm 떨어진 곳으

로부터 분무하였고, 반응 여부를 확인한 후에 색이 나타나는 데까지 걸리는 시간을 측정하였다.

2.2.2 Sirchie®에서 제시한 KM test

본 방법을 이용한 실험은 Sirchie®의 phenolphthalein redux reagent - DCB101의 “technical information”을 참고하여 진행하였다[15]. 증류수에 적신 멸균 면봉으로 검체를 닦아서 혈액을 채취한 후, 에탄올 3 방울과 DCB101 3 방울을 순서대로 떨어뜨렸다. 이후에 3% 과산화수소 3 방울을 떨어뜨려서 반응 여부를 확인하였고, 색이 나타나는 데까지 걸리는 시간을 측정하였다.

2.2.3 본 연구에서 제시하는 KM test

2.2.1에서 만든 저장용액에 멸균 면봉을 담가 완전히 적신 후에 3% 과산화수소 3 방울을 떨어뜨려 혈액을 채취할 면봉을 제조하였다. 이 면봉으로 검체를 닦아서 혈액을 채취한 후 반응 여부를 확인하고, 색이 나타나는 데까지 걸리는 시간을 측정하였다.

2.3 결과 비교 방법

2.3.1 위양성의 양상 비교

공시료에 방법 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3으로 각각 시약을 적용했을 때 나온 위양성 반응 양상을 비교하였다.

2.3.2 혈액 희석 비율에 따른 반응 시간

방법 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3을 이용하여 전혈 및 8 단계

Table 1. Comparison of methods 2.2.1, 2.2.2, and 2.2.3

	Method 2.2.1	Method 2.2.2	Method 2.2.3
Stock solution	Combine phenolphthalein 2 g, potassium hydroxide 20 g, deionized water 100 mL and zinc powder 20 g. Reflux until the solution becomes colorless.	DCB101 (Sirchie®)	Combine phenolphthalein 2 g, potassium hydroxide 20 g, deionized water 100 mL and zinc powder 20 g. Reflux until the solution becomes colorless.
Used solutions	Stock solution 20mL Ethyl alcohol 80 mL 3% hydrogen peroxide 5 drops	Stock solution 3 drops Ethyl alcohol 3 drops 3% hydrogen peroxide 3 drops	Stock solution 3 drops Hydrogen peroxide 3 drops
Method of reagent application	Mix all the 'used solutions' to make working solution, and then spray the working solution directly on a suspected spot of blood.	Wipe blood with a cotton swab, and then drop each of the 'used solutions' on the cotton swab.	Wipe blood with a cotton swab soaked in each of the 'used solutions.'
Reference	Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology 3rd edn.	Sirchie® phenolphthalein redux reagent - DCB101 “technical information”	-

비율로 희석한 혈액에 각각 적용했을 때의 반응 여부 및 시간을 기록하고 비교하였다.

3. 결과

3.1 반응의 양상

3.1.1 분무법을 사용한 KM test

혈액에 대한 양성 반응의 경우, Fig. 1의 (b)와 같이 혈흔을 유류한 곳을 중심으로 반응이 나타나기 시작하였으며, 시간이 경과할수록 색이 진해지고 반응이 나타나는 면적이 넓어졌다. 위양성 반응의 경우 Fig. 3의 (a)와 같이 넓은 표면에서 나타났으며, 시간이 경과할수록 색이 진해지고 반응이 나타나는 면적이 넓어져 양성 반응과 유사한 양상을 보였다.

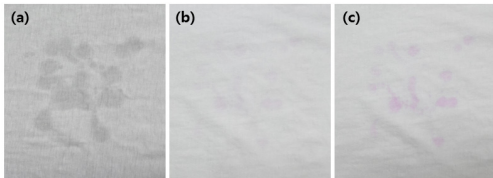


Fig. 1. Appearance of positive reaction when applying the reagent with method II.2.1, after deposition of blood diluted at a rate of 1:10000 on a white cotton T-shirt. (a) Before reagent application, (b) 30 seconds after reagent application, (c) 3 minutes after reagent application.

3.1.2 Sirchie®에서 제시한 KM test

양성 반응의 경우, Fig. 2의 (b)와 같이 혈액을 닦아낸 부분이 먼저 분홍색으로 변했고, 시간이 경과할수록 색이 진해지고 반응이 나타나는 면적이 넓어졌다. 위양성 반응의 경우에도 Fig. 3의 (b)와 같이 검체를 닦아낸 부분이 먼저 분홍색으로 변했고, 시간이 경과할수록 색이 진해지고 반응이 나타나는 면적이 넓어졌다.

3.1.3 본 연구에서 제시하는 KM test

양성반응의 경우, Fig. 2의 (c)와 같이 혈액을 닦아낸 부분이 먼저 분홍색으로 변했고, 시간이 경과할수록 색이 진해지고 반응이 나타나는 면적이 넓어졌다. 반면, 위양성 반응의 경우 Fig. 3의 (c)와 같이 탈지면과 막대의 경계 부분에만 짙은 분홍색 ring이 형성되었다.

3.2 혈액 희석 비율에 따른 반응 시간

3.2.1 공시료에서의 위양성 반응 발현 시간

방법 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3으로 공시료에 시약을 적용했을 때 반응이 나타나기 시작한 시간은 Fig. 4와 같다. 방법 2.2.1과 2.2.2를 사용했을 때는 유사한 시간대에서 위양성 반응이 나타났지만, 방법 2.2.3을 사용한 경우에는 앞선 두 방법을 사용했을 때보다 긴 시간이 지나서야 위양성 반응이 나타났다. 하지만 세 가지 기법 모두 표준편차가 큰 편에 해당했다. 가장 빠른 반응 시간은 방법 2.2.1의 경우 235 초, 방법 2.2.2의 경우 164 초, 방법 2.2.3의 경우 746 초였다.

3.2.2 분무법을 사용한 KM test

방법 2.2.1로 시약을 적용했을 때 양성 반응이 나타나기 시작하는 시간은 Fig. 4와 같다. 전혈, 1:100, 1:500, 1:1000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때는 양성 반응이 모두 즉시 나타났다고 볼 수 있는 3 초 이내에 관찰되었다. 1:5000, 1:10000, 1:20000 비율로 희석한 혈액에서는 시약 적용 즉시 양성 반응이 나타나지는 않았지만, 대부분 4 분 이내에 양성 반응이 나타났다. 하지만 대체로 혈액의 희석 비율이 높아질수록 양성 반응이 나타나는 시간이 느려졌다. 1:30000, 1:40000 비율로 희석된 혈액에서는 시약 적용 후 4 분 이상의 시간이 지나고 나서 양성 반응이 나타났다.

3.2.3 Sirchie®에서 제시한 KM test

방법 2.2.2로 시약을 적용했을 때 양성 반응이 나타나기 시작하는 시간은 Fig. 5와 같다. 전혈, 1:100, 1:500, 1:1000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때는 양성 반응이 모두 즉시 나타났다고 볼 수 있는 3 초 이내에 관찰되었다. 1:5000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때도 대부분 반응이 즉시 나타났다. 1:10000, 1:20000 비율로 희석한 혈액에서는 시약 적용 즉시 양성 반응이 나타나지는 않았지만, 대부분 4 분 이내에 양성 반응이 나타났다. 하지만 대체로 혈액의 희석 비율이 높아질수록 양성 반응이 나타나는 시간이 느려졌다. 1:30000, 1:40000 비율로 희석된 혈액에서는 대부분 시약 적용 후 4분 이상의 시간이 지나고 나서 양성 반응이 나타났다.

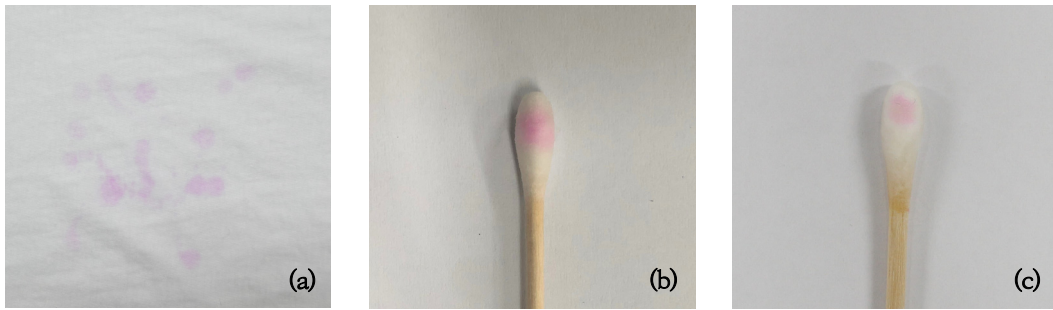


Fig. 2. Appearance of positive reaction when applying the reagent with methods 2.2.1, 2.2.2, and 2.2.3. (a) 3 minutes after applying the reagent with method 2.2.1. on blood diluted at a rate of 1:10000 on a white cotton T-shirt, (b) applying the reagent with method 2.2.2. on cotton swab which was used to wipe blood diluted at a rate of 1:10000 on a slide glass, (c) applying the reagent with method 2.2.3. on cotton swab which was used to wipe blood diluted at a rate of 1:10000 on a slide glass.

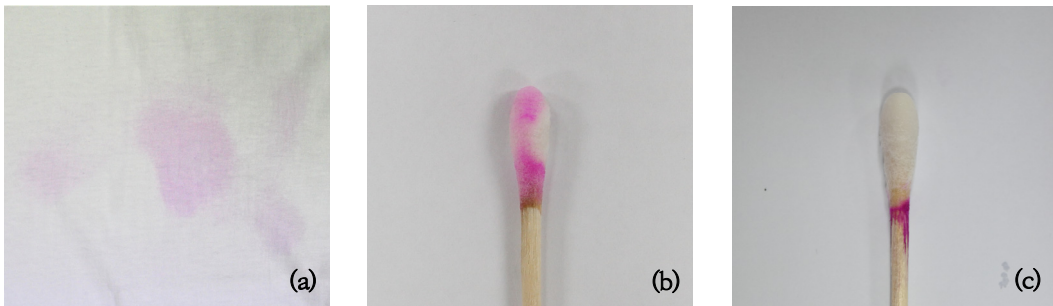


Fig. 3. Appearance of false-positive reaction when applying the reagent with methods 2.2.1, 2.2.2, and 2.2.3. (a) 5 minutes after applying the reagent with method 2.2.1. on a blank sample (white cotton T-shirt), (b) applying the reagent with method 2.2.2. on cotton swab which was used to wipe a blank sample on a slide glass, (c) applying the reagent with method 2.2.3. on cotton swab which was used to wipe a blank sample on a slide glass.

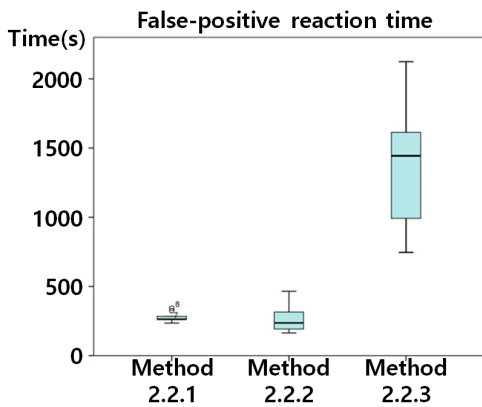


Fig. 4. The time at which false-positive reaction began appearing when applying the reagent on blank samples.

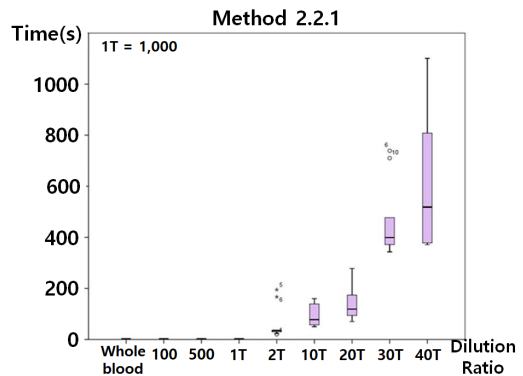


Fig. 5. The time at which positive reaction began appearing when applying the reagent on diluted blood samples with method 2.2.1.

3.2.4 본 연구에서 제시하는 KM test

방법 2.2.3으로 시약을 적용했을 때 양성 반응이 나타나기 시작하는 시간은 Fig. 6과 같다. 전혈, 1:100, 1:500, 1:1000, 1:5000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때는 양성 반응이 모두 즉시 나타났다고 볼 수 있는 3 초 이내에 관찰되었다. 1:10000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때도 대부분 반응이 즉시 나타났다. 1:20000 비율로 희석한 혈액에 시약을 적용했을 때는, 10 개의 검체 중 4 개의 검체에서 4 분 이내에 양성 반응이 나타났으며, 나머지 6 개의 검체에서는 시약 적용 후 4 분 이상의 시간이 지나고 나서 양성 반응이 나타났다. 1:30000, 1:40000 비율로 희석된 혈액에서는 대부분 시약 적용 후 4 분 이상의 시간이 지나고 나서 양성 반응이 나타났다.

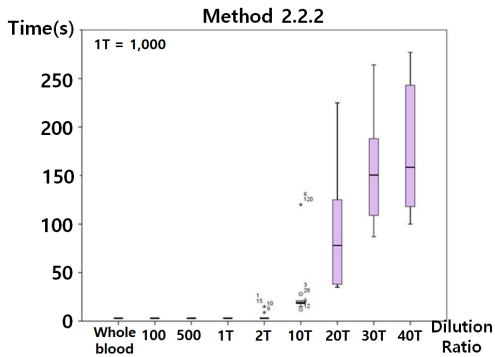


Fig. 6. The time at which positive reaction began appearing when applying the reagent on diluted blood samples with method 2.2.2.

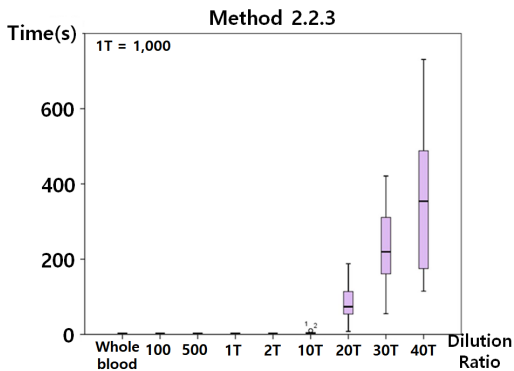


Fig. 7. The time at which positive reaction began appearing when applying the reagent on diluted blood samples with method 2.2.3.

4. 결론 및 고찰

Kastle-Meyer(KM) test는 다른 예비검사 기법들에 비하여 높은 감도와 특이성을 가져 추천되는 단일 검사 기법이지만 공기 중 산소에 의해 시약이 산화되어 나타나는 위양성이 다른 예비검사 시약에 비해 쉽게 일어난다. 본 연구에서는 이러한 위양성의 위험을 줄이는 방법을 소개하고 이 새로운 방법의 효과성을 확인하고자 하였다.

예비실험을 통해 시약으로 미리 적혀둔 면봉을 사용하여 검체를 닦아내는 방법 (방법 2.2.3)을 사용하면 양성 반응과 위양성 반응을 확실하게 구분할 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 이 방법을 기존에 알려진 KM 시약을 적용하는 방법인 분무법 (방법 2.2.1), 검체를 닦아낸 면봉에 시약을 떨어뜨리는 방법 (방법 2.2.2)과 각각 비교하여 이 방법의 이용 가능성을 검토하였다.

먼저 양성과 위양성 반응 간의 양상을 비교하였다. 방법 2.2.1과 방법 2.2.2를 사용한 결과 간에는 큰 차이를 발견할 수 없었다. 하지만 본 연구에서 제시한 방법을 사용했을 때에는 양성 반응과 위양성 반응 간의 양상 차이가 뚜렷했다. 양성 반응의 경우 검체를 닦아낸 부분에서만 분홍색이 나타난 것에 반해 위양성 반응은 검체를 닦아낸 부분이 아닌 면봉의 아랫부분에서 분홍색이 나타나 이 두 가지 반응을 육안으로 확실하게 구분할 수 있었다.

다음으로 각 혈액 희석 비율별 반응 시간을 비교하였다. 세 가지 방법 모두 혈액의 희석비율이 증가함에 따라 양성 반응이 나타나는 시간이 점진적으로 증가하였다. 희석 비율과 반응 시간이 정비례하지 않았고, 같은 비율로 희석한 동일한 양의 혈액을 도포한 검체들 간에도 반응 시간이 일정하지 않았기 때문에 양성 반응 발현 시간에서는 규칙성을 찾아내기 어려웠다. 각 실험 결과를 Fig. 3의 공시료 실험 결과와 비교해 보면, 방법 2.2.1을 사용했을 때 1:20000 이상의 비율로 희석한 혈액에서는 평균 위양성 반응 발현 시간보다 긴 시간이 지나 반응이 나타난다는 것을 알 수 있다. 방법 2.2.2를 사용했을 때는 1:30000 이상의 비율로 희석한 혈액에서 평균 위양성 반응 발현 시간보다 긴 시간이 지나 반응이 나타났다. 방법 2.2.3을 사용했을 때의 반응 시간도 방법 2.2.1, 2.2.2를 사용했을 때와 큰 차이가 없었다. 이를 통해 방법 2.2.3을 사용하더라도 시약의 감도가 크게 감소하지 않는다는 것을 알 수 있다. 하지만 기존에 사용하던 방법인 2.2.1, 2.2.2와 새로운 방법인 2.2.3 간의 차이도 존재했다. 방법 2.2.1, 2.2.2를 사용했을 때는 희석 비율에 따른

반응 시간이 상대적으로 서서히 증가했지만 방법 2.2.3을 사용했을 때는 1:10000의 비율로 희석한 혈액과 1:20000의 비율로 희석한 혈액의 반응 시간 간에 확실한 차이가 있었다. 또한, Fig. 3에서 볼 수 있듯이 방법 2.2.3을 사용했을 때 위양성 반응이 나타나는 시간이 방법 2.2.1, 2.2.2를 사용했을 때보다 현저히 느렸기 때문에 양성과 위양성 반응을 보다 쉽게 구분할 수 있었다.

이렇듯 다른 혈흔 시약을 이용했을 때보다 KM test를 이용했을 때 위양성 반응이 현저히 빠르게 나타나는 이유는 시약 자체의 활성화 에너지가 매우 낮기 때문일 것으로 생각된다. 그러나 이러한 반응 현상의 정확한 화학적 메커니즘에 관하여는 밝혀진 바가 없으므로 이에 관한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 선행연구를 통해 오래된 검체에서도 검사가 가능하며, 다른 혈흔 예비검사 방법에 비해 감도가 높고, 다른 예비검사 방법을 사용한 뒤에도 사용할 수 있다는 장점이 있는 KM test[9-13]의 위양성 판별과 관련된 문제를 해결하고자 하였다. 결론적으로, 본 연구에서 새롭게 소개하는 적용 방법을 사용했을 때, 기존에 이용되어오던 두 방법에 비해 민감도는 떨어지지 않으면서 양성과 위양성 간에 양성 차이가 확연했다. 또한, 본 연구에서 새로이 제시한 방법을 사용했을 때, 시약을 적용하고 10 분 이상의 시간이 지난 뒤에야 위양성 반응이 관찰되었다. 이는 다른 방법에 비해 양성과 위양성 간의 시간 차이가 확실한 것이므로 이 방법을 이용한다면 양성 과 위양성 반응을 용이하게 구분할 수 있음을 의미한다. 따라서 새로운 방법을 현장에서 사용한다면 잠재 혈흔의 유무를 보다 명확하게 구분할 수 있을 것이며, 육안상 혈흔으로 의심되는 물질이 진짜 혈흔이 맞는지도 확인할 수 있을 것이다.

하지만 KM test는 혈흔에 대한 확인시험이 아닌 예비 시험이라는 점, 양성 반응의 시간이 일정하지 않다는 점은 여전히 KM test의 한계로 남아있다. 이는 시험 결과에 대한 주관적인 해석이 필요하며 이 해석 결과가 수사 요원에 따라 달라질 수 있다는 것을 의미하기 때문이다. 또한, 현재 법과학 분야에서 사용되고 있는 모든 혈흔 예비시약의 감도는 DNA 검사의 감도에 비해 현저히 낮은 점에 비추어 볼 때, 시험 결과가 음성 또는 위양성 반응으로 판단되더라도 DNA가 검출될 가능성은 여전히 존재할 수 있다. 따라서 혈액예비검사 결과가 음성이라도 혈액이 존재할 가능성이 논리적으로 예상된다면 DNA 검사를 하는 것이 바람직하다.

REFERENCES

- [1] J. T. Fish, L. S. Miler, M. C. Braswell & E. W. Wallace. (2013). *Crime Scene Investigation Third Edition*. Amsterdam : Elsevier
DOI : 10.4324/9781315721910
- [2] R. R. Ogle. (2012). *Crime Scene Investigation and Reconstruction Third Edition*. London : Pearson
- [3] G. Schiro. (1997). *Collection and Preservation of Blood Evidence from Crime Scenes*. Crime Scene Investigator Network [Online].
www.crime-scene-investigator.net/blood.html
- [4] S. S. Tobe, N. Watson & N. N. Daeid (2007), Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA, *Journal of Forensic Sciences*. 52(1), 102-109.
DOI : 10.1111/j.1556-4029.2006.00324.x
- [5] S. J. Seashols, H. D. Cross, D. L. Shrader & A. Rief. (2013). A Comparison of Chemical Enhancements for the Detection of Latent Blood. *Journal of Forensic Sciences*, 58(1), 130-133.
DOI : 10.1111/j.1556-4029.2012.02259.x
- [6] R. S. Ramotowski. (2013) *Advances in fingerprint technology*. New York : CRC Press
DOI : 10.1201/b12882
- [7] H. C. Lee, T. M. Palmbach & M. T. Miller. (2001). *Henry Lee's Crime Scene Handbook*. Amsterdam : Elsevier
- [8] J. I. Creamer, T. I. Quickenden, M. V. Apanah, K. A. Kerr & P. Robertson (2003), A comprehensive experimental study of industrial, domestic and environmental interferences with the forensic luminol test for blood. *The Journal of Biological and Chemical Luminescence*, 18(4), 193-198.
DOI : 10.1002/bio.723
- [9] M. J. Lee et al. (2018). Comparative study of serological detection methods on old bloodstain samples. *Analytical Science and Technology*, 31(5), 201-207.
DOI : 10.5806/AST.2018.31.5.201
- [10] M. Cox. (1991). A Study of the Sensitivity and Specificity of Four Presumptive Tests for Blood. *Journal of Forensic Sciences*, 36(5), 1503-1511.
DOI : 10.1520/jfs13170j
- [11] M. Vennemann, G. Scott, L. Curran, F. Bittner & S. S. Tobe. (2014). Sensitivity and specificity of presumptive tests for blood, saliva and semen. *Forensic Science Medicine and Pathology*, 10(1), 69-75.
DOI : 10.1007/s12024-013-9515-6
- [12] M. Grodsky, K. Wright & P. L. Kirk. (1951). Simplified Preliminary Blood Testing. An Improved Technique and a Comparative Study of Methods. *The Journal of Criminal Law Criminology and Police Science*, 42(1), 95-104.
DOI : 10.2307/1140307

- [13] V. Stewart, P. Deacon, N. Zahra, M. L. Uchimoto & K. J. Farrugia. (2018). The effect of mark enhancement techniques on the presumptive and confirmatory tests for blood. *Science & Justice*, 58(6), 386-396.
DOI : 10.1016/j.scijus.2018.06.007
- [14] S. Bleay, V. Sears & R. Downham. (2017). *Fingerprint Source Book*. London : Home Office Centre for Applied Science and Technology.
- [15] Sirchie®. (2014). *Technical Information - DCB101 Phenolphthalein Solution*. USA : Sirchie®

김 채 린(Chae-Lin Kim) [학생회원]



- 2018년 2월 : 경희대학교 응용물리학과(이학사)
- 2020년 8월 : 순천향대학교 법과학대학원(법과학석사)
- 관심분야 : 법과학, 지문, 혈흔
- E-Mail : rynna_1004@daum.net

김 창 용(Chang-Yong Kim) [학생회원]



- 2018년 2월 : 김천대학교 간호학과(간호학사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 석사과정
- 관심분야 : 법과학, 지문, 혈흔
- E-Mail : gkid1229@naver.com

김 민 영(Min-Yeong Kim) [학생회원]



- 2018년 2월 : 전북대학교 화학과(이학사)
- 2020년 8월 : 순천향대학교 법과학대학원(법과학석사)
- 관심분야 : 법과학, 지문, 혈흔
- E-Mail : tear-nightmare@daum.net

유 제 설(Je-Seol Yu) [정회원]



- 1998년 2월 : 경찰대학 법학과(법학사)
- 2007년 2월 : 경북대학교 과학수사학(과학수사학석사)
- 2015년 2월 : 경기대학교 범죄학(범죄학박사)
- 2009년 ~ 2011년 : 경찰대학 경찰학과 교수
- 2012년 1월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 교수
- 관심분야 : 법과학, 지문
- E-Mail : haplf@naver.com