

연구단보: 섬유부착 전사테이프에 모세관작용을 이용한 용제전이로 부착섬유의 신속하고 간단한 채취

이 본 · 임채연¹ · 정지원¹ · 김해중² · 성태명^{2,*}

한국과학수사학회, ¹충남대학교 과학수사학과, ²대전보건대학교 과학수사학과

Technical Note

Fast and Simple Collection of Adherent Fibers from Tape Lifts by Transferring Solvent using Capillary Action

Bon Lee, Chae Yeon Lim¹, Ji Won Jeong¹, Hae Jung Kim², and Tae-myung Sung^{2,*}

The Korean Academy of Scientific Criminal Investigation, Daejeon, 34186 Korea

¹*Department of Scientific Criminal Investigation, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*

²*Department of Forensic Science, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, 34504, Korea*

**E-mail: sungtm@hit.ac.kr*

(Received April 30, 2022; Revised May 2, 2022; Accepted May 19, 2022)

요약: 섬유는 상호 접촉을 동반하면서 발생하는 사망 또는 성폭력 사건 등에서 가해자, 피해자 또는 사건 현장의 상호 관련성을 입증하는데 유용하게 활용될 수 있다. 사건현장에서 섬유를 채취하는 가장 일반적인 방법은 전사테이프법이며, 다양한 분석을 위해서는 섬유를 분리해야 한다. 섬유를 분리하는 다양한 방법들이 활용되고 있으나 대부분 많은 시간과 노력이 소요되어 보다 간단하고 신속한 채취법이 요구되고 있다. 섬유가 부착된 부위에 핀셋 끝부분의 모세관작용을 이용하여 용제를 섬유 부착부위에 전이시킴으로써 접착제성분의 용해 후, 핀셋으로 섬유를 곧바로 집어 채취하는 것이 가능하여 신속한 채취가 가능하였다. 또한 모세관작용에 의한 미량의 용제 전이로 섬유 채취 시 용제 흡입에 의한 유해성을 크게 감소시킬 수 있었다. 이러한 모세관작용에 의한 용제전이법은 개별섬유채취를 위한 V형 절단채취법과 다량섬유채취를 위한 섬유부착면채취법에 적용하여 섬유의 신속한 채취가 가능하였다.

Abstract: Fibers could be usefully employed to prove the interrelationship between perpetrators, victims, or crime scenes in death or sexual violence cases that occur through mutual contact. The most common method of collecting fibers at crime scenes is tape lifting, and for various analyses, fibers must be separated from the tapes. Various methods of separating fibers are being used, but most of them require a lot of time and effort. Thus simpler and faster collecting method is required. By transferring the solvent to a fiber attached site by using the capillary action of tweezers to the area to which the fiber is attached, it is possible to immediately collect the fiber with tweezers after dissolving the adhesive component. In addition, it can significantly reduce the harmfulness caused by solvent inhalation due to a trace amount of solvent transfer by capillary action. This solvent transfer method by capillary action can be applied to the V-shaped cutting method for individual fiber preparation and the fiber attached surface collection one for a large number of fibers to enable fast collection of fibers.

Key Words: Forensic fibers, Tape lifts, Capillary action, Solvent transfer, Adhesive tape

서 론

섬유는 용도에 따라 다양한 성분 및 형태로 구성되고 생산과정에서 상이한 처리 절차로 물리적 및 화학적으로 상이한 특성을 가지며, 접촉 시 쉽게 전이되는 특성이 있기 때문에 사건·사고에서 상호 관련성을 입증하는 중요한 흔적 증거물 중 하나이다. 상호 접촉에 의한 섬유의 교환법칙¹에 따라 가해자, 피해자 또는 사건 현장과의 상호 관련성을 입증하는데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 섬유 증거물은 용의자의 자백의 신뢰성을 검증하는 용도로서 용의자의 주장을 입증하는데도 활용될 수 있다.²

섬유의 동일성 여부 판단은 섬유 자체의 성분과 색상을 부여하는 염료 또는 안료, 그리고 첨가제를 분석하여 판단 할 수 있으며, 주요 분석법으로는 현미경에 의한 비교³, 적외선분광분석법^{4,5}, 라만분광법⁶, 현미분광광도법⁷, 액체크로마토그래프-질량분석법⁸, 레이저작마 유도결합플라즈마-질량분석법⁹, 모세관 전기영동법¹⁰ 및 박층크로마토그래프법^{11,12} 등을 활용하여 동일 종류의 섬유 여부를 판단할 수 있다.

위와 같은 다양한 분석을 위해 섬유를 채취하는 방법은 사건현장의 상황과 증거물의 상태에 따라 상이하나, 가장 널리 활용되는 방법은 전사테이프법으로, 점착성이 있는 테이프로 섬유를 눌러 부착시켜 채취하는 방법이다. 이 방법은 Frei-Sulzer에 의해 처음으로 소개되었으며¹³, Martin에 의해 널리 권장되었다.¹⁴ 손으로 채취하는 방법¹⁵은 개별섬유 또는 섬유뭉치(fiber tufts)를 핀셋으로 채취하는 방법으로 섬유가 육안 또는 가변광원에 보일 정도로 충분히 커야 채취할 수 있다.

다른 채취법으로는 1:1 taping법^{16,17}으로 섬유가 채취되는 부위와 동일한 영역으로 정확히 나타내며, 빗질과 솔질(Combing or brushing)^{18,19}은 모자를 쓴 후 현장이나 근처에 버리고 간 경우 유용하게 활용될 수 있는데, 주로 모발에서 섬유를 채취할 때 사용할 수 있다. 진공흡착법은 테이프로 채취하기 어려운 넓은 면적이나 차량의 트렁크 또는 내부에서 섬유를 채취할 때 사용한다. 긁어내는 방법²⁰은 문혀 있거나 부패된 사체에서 섬유를 채취할 때 유용하다.

위에 소개된 섬유 채취법 중 목매사 및 추락사 등의 사건·사고에서 가장 널리 활용되고 있는 채취법은 전사테이프법으로 육안으로 보이지 않는 섬유라도 현장상황을 고려하여 접촉 추정부위의 쓸림 등에 의한 훼손된 표면에서 섬유를 채취할 수 있고 표면

에 부착된 섬유를 비교적 선택적으로 채취할 수 있는 장점이 있다.

전사테이프에 부착된 섬유를 다양한 방법으로 분석하기 위해서는 전사테이프로부터 섬유를 분리하여 슬라이드글라스 또는 금속판에 옮겨야 한다. 저자들이 확인한 바로는 전사테이프에서 섬유를 채취하는 과정이 구체적으로 기술된 자료는 “A Forensic Fiber Examiner Training Program”²¹이 유일하였으며, 주요 절차는 섬유를 옮기고자 하는 위치에 용제를 점적하고, 섬유가 부착된 바깥 부위를 메스를 사용하여 V형으로 투명점착판을 자른 후 자일렌을 떨어뜨려 점착제성분을 섬유로부터 녹여 낸 후 핀셋으로 집어 용제가 점적된 슬라이드글라스 또는 금속판에 옮긴다. 이러한 방법은 과도한 용제의 사용으로 인체에 대한 유해성을 초래하며 인접 섬유의 채취를 어렵게 할 수도 있다. 이러한 유해성을 줄이기 위해 음압의 후드에서 섬유분석을 권하고는 있으나 점착제 성분이 없는 의류와 같은 대조섬유를 분석할 경우 미세한 압력차이로 슬라이드글라스 또는 금속판으로부터 섬유가 소실되거나 다른 감정물에 오염될 가능성도 상존한다. 이런 가능성 때문에 선진국의 일부 국가에서는 상호 오염의 가능성을 차단하기 위해 사건현장 증거물과 용의자의 의류 등의 대조증거물의 취급을 각각 상이한 실험실에서 처리할 것을 요구하고 있으나 국내의 여건에서는 아직 적용하기 어려운 실정이다. 또한 섬유증거물의 증거력을 증가시키기 위해서는 특이 섬유의 검출과 더불어 검출되는 동종 섬유의 수가 많을수록 증거력이 가중되므로 많은 섬유를 간단하고 신속하게 전사테이프로부터 채취할 수 있는 보다 개선된 방법이 요구되고 있다.

이에 저자들은 위의 단점을 극복하고 비교적 위생적이면서도 신속한 섬유채취법으로 섬유가 부착된 점착제성분을 용해시키는데 필요한 용제를 모세관작용을 통해 섬유부위에 전이시켜 신속하게 채취할 수 있었다. 이 방법을 기존의 V형 절단채취법에 적용시켰을 때 보다 신속한 섬유 채취가 가능하였으며, 전사테이프의 겉면을 투명플라스틱판의 양면테이프에 고정된 후 섬유부착부위를 노출시킨 상태에서도 다량의 섬유를 신속하게 채취할 수 있었다.

이러한 모세관작용에 의한 용제전이법은 섬유의 동일성 여부 판단을 위한 현미경²² 또는 적외선분광광도계^{23,24} 등을 포함한 다양한 분석을 신속하게 수행하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

1. V형 절단에 의한 섬유 채취

전사테이프는 가장 일반적으로 형태인 투명점착판 및 흰색대지판으로 구성된 것을 사용하였다. 부착된 섬유를 금속판에 채취하기 위해서 실체현미경 (OLYMPUS BX51, OLYMPUS, Japan)의 약 20배율 하에서 Fig. 1과 같이 검출섬유를 관찰하고 부착된 섬유 주위로 마크하였다. 섬유 외부를 V형으로 투명점착판을 메스로 절단하였다. 섬유를 옮기고자 하는 위치에 마이크로피펫으로 자일렌 2 μ L 정도를 점적한 후 핀셋(Dumont tweezer, Style 5, Dumoxel, PA)의 끝을 붙인 상태로 점적한 자일렌에 한 번 접촉한 후 전사테이프의 섬유부착 부위에 핀셋의 끝을 접촉하였다. 핀셋의 끝부분을 벌려 용제를 전이시켜 점착제성분을 용해시킨 후, 곧바로 핀셋으로 섬유를 집어 내어 점적된 자일렌에 핀셋 끝을 담근 후 끝부분을 벌린 상태로 금속면에 수회 두드리면서 섬유를 용제로 분리하였다. 핀셋 끝에 섬유가 없음을 현미경으로 확인하고 자일렌이 휘발된 후 점적부위에서 섬유를 확인하였다. 슬라이드글라스에 섬유를 채취하는 과정도 동일하게 수행하였다.

2. 다량의 색상섬유 채취

전사테이프를 실체현미경 20배율 하에서 대조섬유와 유사한 섬유에 동일 형태로 표시 하였다. 그런 다음 투명플라스틱판(약 10 cm×10 cm×2 mm)에 양면테이프(약 5 mm 너비)를 두 줄로 부착하고 전사테이프의 투명점착판과 흰색대지판을 분리한 후 투명점착판의 겉면을 양면테이프에 부착시켜 섬유 부착부위가 노출되게 하였다. 섬유를 옮기고자 하는 금속판에 자일렌을 2 μ L 정도 가한 후 핀셋 끝부분을 붙인 상태에서 점적한 자일렌에 접촉하였다. 채취하고자 하는 섬유에 핀셋의 끝을 접촉한 후 핀셋 끝부분을 벌려 자일렌을 전이시켰다(Fig. 2). 핀셋으로 섬유를 집어 점적해 놓은 자일렌에 접촉하여 섬유를 핀셋 끝에서 탈락되게 하였다. 핀셋 끝에 섬유가 없음을 현미경으로 확인하고 자일렌이 휘발된 후 점적부위에서 섬유를 확인하였다. 슬라이드글라스에 섬유를 채취할 경우에도 동일한 방법으로 채취하였다.

3. 다량의 흰색계 섬유 채취

전사테이프의 투명점착판의 겉면을 양면테이프가 부착된 투명플라스틱판에 부착하여 전사테이프의 섬유부착 점착제부위가 노출되게 하였다. Fig. 3에서와

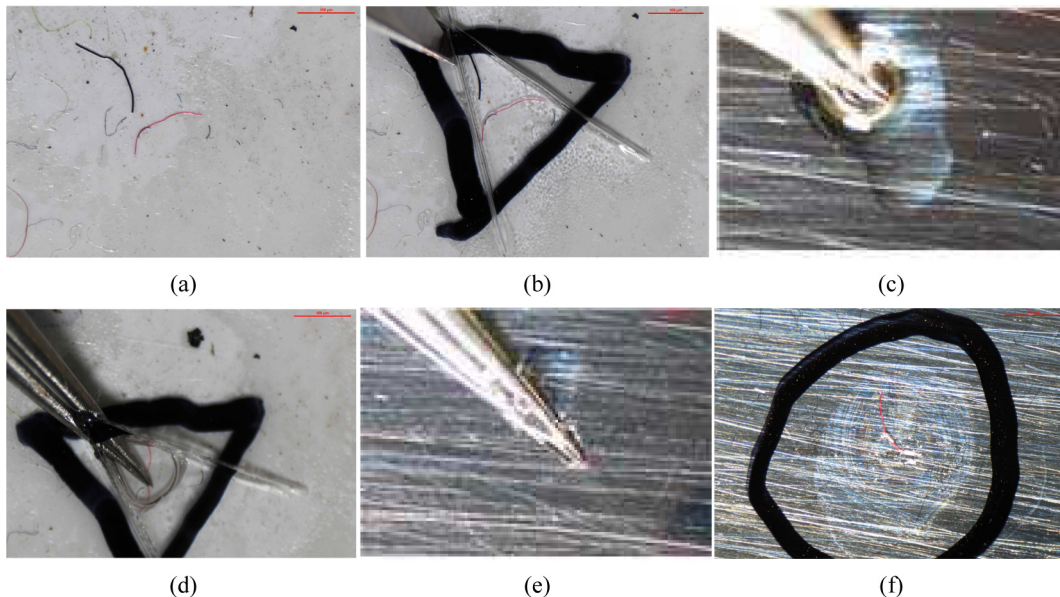


Fig. 1. Collecting a fiber from a tape lift. (a) investigate a target fiber (a red fiber), (b) mark outside the fiber and cut in a V shape with a scalpel, (c) drop about 2 μ L of xylene and touch the tip of tweezers, (d) touch the tip of tweezers to the fiber and pick it up after dissolving adhesive component, (e) place the fiber into deposited xylene, (f) a collected fiber on a metal plate.



Fig. 3. A step to investigate more visibly for white type fibers. (a) place a black sheet under a transparent plastic plate, (b) a white fiber is more visible.

섬유의 검출과 동시에 동일 섬유 검출 개수²⁷도 매우 중요하므로 원칙적으로는 모든 섬유를 채취하고 분석하여 동일성 여부를 판단해야하기 때문에 보다 간단하고 신속한 섬유채취법이 요구된다.

기존의 섬유 채취법은 자일렌과 같은 용제를 피펫으로 비교적 다량 가하여 점착제성분을 용해시킨 후 핀셋으로 섬유를 채취하는 방법으로 인체에 대한 유해성과 인접섬유의 채취를 어렵게 만들 수 있는 단점이 있었다. 따라서 모세관작용을 이용하여 적당량의 용제를 섬유에 가함으로써 용제의 사용을 최대한 줄여 인체에 대한 유해성을 감소시키고 신속하게 섬유를 채취할 수 있었다.

1. V형 절단에 의한 섬유 채취

전사테이프에서 섬유를 채취하는 기존의 방법²¹은 섬유가 관찰되는 부위를 메스(scalpel)를 사용하여 V형으로 투명점착판을 자른 후 자일렌을 한 방울 떨어뜨리고 절개된 부위를 들어 올린 후 섬유를 뽀족한 핀셋으로 집어 빼 내고, 그런 다음 채취된 섬유를 몇 방울의 자일렌이 점적된 용제에 떨어뜨려 옮기는 방법을 사용하였다.

이 방법은 개별 섬유를 비교적 간단한 방법으로 채취할 수 있는 장점은 있으나 피펫으로 용제를 부착섬유부위에 가함으로써 과량의 용제가 가해져 인체에 대한 유해성이 증가하고 인접부위의 점착제성분을 용해시켜 인접부위 섬유의 채취를 방해하기도 한다. 따라서, 이러한 단점을 극복하기 위해서는 적절한 양의 용제를 섬유 부착부위로 전이시키는 것이 필요하다. 전사테이프에 사용되는 주요 점착제성분은 유기용제 기반에 아크릴 및 고무 성분²⁸으로 점착제의 용해성과 채취과정에서 소요되는 시간과 휘발성

및 인체에 대한 유해성을 고려하여 자일렌을 사용하였으며, 숙련된 섬유분석가라면 휘발성은 더 커지만 유해성이 훨씬 작은 에탄올을 용제로 사용하는 것도 적절한 것으로 판단되었다.

저자들은 Fig. 1과 같이 핀셋 끝부분의 모세관작용을 이용하여 적당량의 용제를 선택적으로 전사테이프의 섬유 부착부위에 전이시킬 수 있었고, 섬유 부착부위의 점착제성분을 선택적으로 용해시킴으로써 위의 단점을 해결할 수 있었다. 또한 슬라이드글라스 또는 금속판의 섬유 이동부위에 먼저 자일렌을 2 μ L 정도 점적하는 것은 핀셋에 부착된 섬유를 잘 떨어지게 하고 용제가 증발하면서 섬유가 표면에 부착되게 하여, 적외선분광광도계의 ATR을 이용한 섬유 분석에서는 추가적인 전처리 없이 섬유의 종류를 확인할 수 있는 이점이 있었다.

2. 다량의 색상섬유 채취

널리 사용되는 전사테이프는 겉면이 투명점착판이고 바탕면은 흰색대지판으로 구성되어 있다. 흰색대지판에서는 흰색계 섬유를 제외한 색상 섬유를 관찰하는 것이 적절하였다.

먼저, 관찰되는 섬유의 크기를 고려할 경우 실체현미경의 20배율 정도에서 색상 및 섬유의 두께를 기준으로 종류별로 원형 또는 사각형 등의 상이한 형태로 마크하는 것이 섬유 채취 시 동일 종류별로 섬유를 채취하는데 유용하였다. 동일종류로 추정되는 섬유는 모두 채취 및 확인해야 하기 때문에 보다 신속하고 간단한 채취법이 요구된다. 이러한 목적에 충족될 수 있는 방법으로 Fig. 2와 같이 투명점착판의 겉면을 양면테이프가 부착된 투명플라스틱판에 부착하여 고정시킴으로써 현미경 관찰 시 쉽게 발생할

수 있는 작업거리(working distance)의 변화를 최소화할 수 있었다.

섬유를 옮기고자 하는 슬라이드글라스 또는 금속판에 자일렌을 2 μ L 정도 점적한 후 핀셋을 접촉하면 모세관작용에 의해 미량의 용제가 핀셋의 끝부분에 함유됨으로써 섬유가 부착된 부위에 선택적으로 필요한 만큼의 용제를 전이시켜 신속하고 위생적인 채취가 가능하였다. 용제가 점적된 부위에 채취된 섬유를 핀셋 끝을 벌리면서 수 회 가볍게 두드리면 일반적으로는 섬유가 이탈되지만, 섬유채취 시 점착제 성분이 핀셋의 끝에 많이 부착될 경우 섬유가 이탈되지 않을 수도 있기 때문에 현미경을 이용하여 섬유의 잔류여부를 확인하는 것이 유용하였다.

Fig. 2의 (h)와 같이 다량의 섬유시료를 채취하여 신속한 분석이 가능하였으며, 적외선분광광도법 분석 후 동일시료를 이용하여 현미경에 의한 색상, 두께 및 염료성분 등의 추가 분석에 활용하는 것이 가능하였다.

3. 다량의 흰색계 섬유 채취

흰색계 섬유를 흰색대지판에서 관찰하는 것은 유사한 색상으로 인하여 고도의 집중력이 필요한 작업으로 섬유분석 전문가들에게는 매우 비효율적인 방법일 것이다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 방법으로 저자들은 Fig. 3과 같이 투명점착판의 겉면이 부착된 투명플라스틱판 밑에 검정색 시트지를 깔아 흰색섬유가 더욱 뚜렷하게 관찰될 수 있게 하였다. 이후 단계에서는 색상섬유를 채취하는 방법과 동일하게 섬유를 옮길 부위에 점적한 자일렌에 핀셋 끝을 접촉하여 소량의 자일렌을 채취한 후 섬유에 접촉하

여 점착제성분을 녹여 섬유를 분리하였다. 핀셋으로 섬유를 집은 후 점적된 용제로 옮김으로써 다량의 섬유를 신속하게 채취할 수 있었다.

결 론

섬유부착 전사 테이프에 모세관작용을 이용한 용제전이로 부착 섬유의 신속하고 간단한 채취 결과를 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전사테이프에서 섬유를 채취하는 방법은 많은 시간과 노력이 요구되는 지루한 과정으로 보다 신속하고 간단한 채취법이 요구되고 있다. 소량의 섬유를 채취할 경우 V형 섬유채취법은 점착제성분을 용해시키는데 사용되는 용제를 핀셋 끝부분의 모세관작용에 의해 전이시킴으로써 섬유 부착부위를 선택적으로 용해 후 신속하게 채취할 수 있었으며, 인체에 대한 유해성 또한 크게 감소시킬 수 있었다.

2. 다량의 색상섬유를 채취할 경우 투명플라스틱판에 섬유가 부착된 점착판의 겉면을 양면테이프로 고정 후 핀셋 끝부분의 모세관작용으로 용제를 가하면서 핀셋으로 바로 섬유를 채취할 수 있었다. 또한 흰색계 섬유를 다량 채취할 때에는 투명플라스틱판 밑에 검정색 시트지를 놓음으로써 흰색계 섬유를 보다 선명하게 관찰하면서 신속한 채취가 가능하였다.

3. 이와 같이 핀셋 끝부분의 모세관작용을 이용한 용제의 전이는 전사테이프로부터 섬유를 신속하게 채취하고 인체에 대한 유해성도 크게 줄인 방법으로써 섬유분석에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. E Locard (1928), Dust and its analysis. *Police J* 1; 39-48.
2. S Suzuki, Y Higashikawa, R Sugita, and Y Suzuki (2009), Guilty by his fibers: suspect confession versus textile fibers reconstructed simulation, *Forensic Science International*, 189(1-3): 27-32.
3. SJ Palenik (1999), Microscopical examination of fibers. In: J Robertson, C Roux, and KG Wiggins (eds) *Forensic examination of fibres*, 3rd edn. CRC Press, New York, pp 146-176.
4. MC Grieve (1995), Another look at the classification of acrylic fibres, using FTIR microscopy, *Sci Justice* 35; 179-190.
5. K Krishnan (1984), Applications of FT-IR microsampling techniques to some polymer systems, *Polym. Prep* 25; 182-184.
6. IP Keen, GW White and PM Fredericks (1998), Characterization of fibres by Raman microprobe spectroscopy. *J Forensic Sci* 43; 82-89.
7. G Sauzier, E Reichard, WV Bronswijk, SW Lewis, and JV Goodpaster (2016), Improving the confidence of "questioned versus known" fiber comparisons using microspectrophotometry and chemometrics, *Forensic Chem* 2; 15-21.

8. M Huang, J Yinon and ME Sigman (2004), Forensic identification of dyes extracted from textile fibers by liquid chromatography mass spectrometry (LC-MS). *J Forensic Sci* 49(2); 238-249.
9. JM Gallo and JR Almirall (2009), Elemental analysis of white cotton fiber evidence using solution ICP-MS and laser ablation ICP-MS (LA-ICP-MS). *Forensic Sci Int* 190(1); 52-57.
10. JW Jorgenson and KD Lukacs (1981), High-resolution separations based on electrophoresis and electroosmosis. *J Chromatogr A* 218; 209-216.
11. IB Beattie, JL Roberts and RJ Dudley (1981), Thin layer chromatography of dyes extracted from polyester, nylon and polyacrylonitrile fibres. *Forensic Sci Int* 17; 57-00.
12. JM Home, and RJ Dudley (1981), Thin layer chromatography of dyes extracted from cellulosic fibres. *Forensic Sci Int* 17; 71-78.
13. M Frei-Sulzer (1951), Die Sicherung van Mikrospuren mit Klebeband. *Kriminalistik* 10/51; 190-194.
14. E Martin (1966), New types of adhesive strips and protection of microscopic evidence. *Int Crim Police Rev* 200; 200-204.
15. F Springer (1999), Microscopical examination of fibers. In James Robertson, Michael Grieve (eds) *Forensic examination of fibres*, 2nd edn. CRC Press, New York, p 102.
16. J Coyle, A Larkin, K Smith, S Mayo, A Chan, and W Hunt (2004), fibre mapping-A case study. *Sci Justice* 50; 192-194.
17. KD Wael, L Lepot, K Lunstroot, and F Gason (2016), 10 years of 1:1 taping in Belgium-A selection of murder cases involving fibre examination. *Sci Justice* 56(1); 18-28.
18. FJ McKenna and JC Sherwin (1975), A simple and effective method for collecting contact evidence. *J Forensic Sci Soc* 15; 277-280.
19. RME Griffin and C Crawford (1997), An improved method for the preparation of combs for use in hair combing kits. *Sci Justice* 37; 109-113.
20. SF Springer (1999), Microscopical examination of fibers. In: James Robertson, Michael Grieve (eds) *Forensic examination of fibres*, 2nd edn. CRC Press, New York, p 104.
21. SWGMAT (2004), A Forensic Fiber Examiner Training Program, pp 22-24, https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/09/22/fiber_examiner_training_program.pdf (2022. 04. 25. 검색).
22. SJ Palenik (1999), Microscopical examination of fibers. In James Robertson, Claude Roux, Kenneth G. Wiggins (eds) *Forensic examination of fibres*, 3rd edn. CRC Press, New York, pp 146-176.
23. MC Grieve (1995), Another look at the classification of acrylic fibres, using FTIR microscopy. *Sci Justice* 35; 179-190.
24. K Krishnan (1984), Applications of FT-IR microsampling techniques to some polymer systems. *Polym Prep* 25; 182-184.
25. CA Pounds and KW Smalldon (1975), The transfer of fibres between clothing materials during simulated contacts and their persistence during wear-part 1: fibre transference. *J Forensic Sci Soc* 15; 127-132.
26. TG Schotman, and JVD Weerd (2015), On the recovery of fibres by tape lifts, tape scanning, and manual isolation. *Sci Justice* 55(6): 415-421.
27. TW Biermann and MC Grieve (1996), A computerized data base of mail order garments: a contribution towards estimating the frequency of fibre types found in clothing. Part 1: The system and its operation. *Forensic Sci Int* 77; 65-73.
28. A Pizzi and KL Mittal (2003), *Handbook of adhesive technology*. 2nd, 816-817, Marcel Dekker, Inc, USA.

<저자정보>

이 본(사무원), 임채연(대학원생), 정지원(대학원생), 김해중(교수), 성태명(교수)