

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.355

JCCT 2019-11-43

건성안검사용 셀룰로즈 스트립 개발

Development of Cellulose Strip for Dry Eye Inspection

이명구* , 정명진*

Myeonggu Lee* , Myeong-jin Jeong*

요약 건성안 진단에 있어서 가장 많이 사용되는 방법 중 하나이나, 부정확한 결과로 신뢰도가 떨어지는 쉬르머 검사법을 대체할 수 있는 눈물양 측정 도구를 개발하고자 하였다. 이를 위해 다양한 흡수체에 대한 흡수성 시험을 통하여 알파 셀룰로즈 펄프를 흡수체로 선택하였다. 2차례에 걸쳐 시제품을 제작하여 평가하였으며, 최종적으로 알파 셀룰로즈 펄프를 폴리우레탄에 접착한 스트립 형태의 눈물양 측정 도구를 제작하여 사용성 평가를 실시하였다. 그 결과 해외에서 최근에 개발된 눈물양 측정 도구인 Strip Meniscometry와 유의한 상관성을 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 측정시간 및 측정의 정확성 측면에서 쉬르머 검사법의 대체 검사법으로 유효한 것으로 판단되었다.

주요어 : 쉬르머 검사법, 알파 셀룰로즈 펄프, 폴리우레탄, 스트립, 눈물양 측정 도구

Abstract Schirmer test is one of the most used methods for the diagnosis of dry eye. We attempted to develop a tear level measurement tool to replace unreliable Schirmer test with inaccurate results. Absorbency tests for various absorbents were carried out. As a result, a cellulose pulp was selected as the absorbent. Prototypes were produced and evaluated twice. Finally a tear level measurement tool in the form of a strip of a cellulose pulp adhered to a polyurethane was prepared. Usability evaluation of prepared tear level measurement tool was performed. As a result, it was confirmed that it has a significant correlation with SM tube developed oversea recently. In addition, it was judged to be useful as an alternative to the Schirmer test in terms of measurement time and accuracy.

Key words : Schirmer test, a Cellulose pulp, Polyurethane, Strip, Tear level measure tool

1. 서론

2007년 Dry Eye Workshop(DEWS)에서는 건성안을 ‘눈물층의 불안정성으로 눈의 불편감, 시력 장애, 안구 표면에 손상을 줄 수 있는 질환’으로 정의하고 있으며, 원인은 눈물의 절대량이 부족한 경우와 증발이 많은 경우로 나누어진다.[1] 건성안은 현대인에게서 흔히 발병되는 보편적인 질환으로 건조감, 불편감이 주된

증상이지만 중증의 건성안의 경우에는 통증과 각막손상이 유발될 수 있고 시각적 기능이 저하되어 시력과 관련된 일상 활동을 제한하고 피로감이 심해져 심리적으로나 육체적으로 삶의 질에 영향을 줄 수 있다.[2]

건강보험심사평가원에 따르면 최근 5년간(2009~2013년)의 건강보험 및 의료급여 심사결정 자료를 이용하여 분석한 결과 국내에서 건성안으로 인해 진료를 받은 환자는 2009년 175만 여명에서 2013년 222만여 명으로 5

*정희원, 을지대학교 보건환경안전학과 교수
접수일자: 2019년 8월 30일, 수정완료일자: 2019년 9월 12일
게재확정일자: 2019년 9월 25일

Received: August 30, 2019 / Revised: September 12, 2019
Accepted: September 25, 2019
* Corresponding Autor: jmj123@eulji.ac.kr
Dept. of Environment Health and Safety, Eulji University, Korea

년간 약 47만 명(26.7%)이 증가하였으며, 연평균 증가율을 약 6.1%로 나타냈고, 건성안 총 진료비는 2009년 521억 원에서 2013년 726억 원으로 5년간 약 205억 원(39.3%)이 증가하였으며, 연평균 증가율은 8.6%로 나타났다고 보고하였다.[3]

건성안 진단과 분류에 있어서 흔하게 사용되는 검사로써 슈르머검사(Schirmer's test)가 지난 100여 년간 유용하게 사용되어 왔다.[4] 슈르머검사는 길이 35 mm, 폭 5 mm의 왓트만지(Whatman paper)로 왓트만지의 한쪽 끝을 구부려 하안검의 귀쪽 1/3 지점에 삽입하여 하안검낭에 존재하는 눈물을 흡수시켜 눈물의 양을 측정하는 방법으로, 검사용지를 눈 속에 삽입하는 과정에서 통증과 더불어 반사적인 눈물을 분비하게 하여 재현성이 낮고 부정확한 방법으로 알려져 있다.[5] 최근에 왓트만지의 자극감을 개선할 목적으로 자극감이 없이 눈물 메니스커스의 눈물 양을 측정할 수 있는 SM Tube라는 Strip Meniscometry가 일본에서 개발되어 눈물검사도구로 사용되고 있으며, 건성안 평가에 유용한 수단이 될 것으로 판단하고 있다.[6]

따라서 본 연구는 기존 슈르머용지를 대체할 수 있으면서 SM Tube와 같이 신속한 검사가 가능하며 정확성이 높고, 재현성이 좋으면서 이물감이 적은 건성안 검사 도구를 국산화하고자 하였다. 이에 몇몇 소재에 대하여 흡수제로서의 유용성을 평가하고 이들을 흡수제로 하여 제작한 도구들을 대상으로 건성안 검사용 도구로써 적합한지를 평가하고자 하였다.

II. 연구 방법 및 결과

건성안을 측정하는 방법은 슈르머 검사지를 이용하든, 새로 개발된 검사도구를 건성안 판단에 있어서 이용하든 일정시간동안 눈물을 흡수시켜 흡수길이를 건성안을 판단하는 원리를 기반으로 하고 있다. 즉, 측정시간이 짧을 것, 일정시간에 흡수길이가 길어질 것, 흡수길이가 균일하여 판단하기가 용이할 것 등이 건성안 측정 도구로써 가장 중요한 요소라 할 수 있다.

슈르머 검사지 및 SM Tube와 같은 튜브형 검사도구의 흡수제의 흡수 현상은 모세관 현상으로 설명되어 질 수 있다. 즉, 모세관 현상은 액체의 응집력과 관과 액체 사이의 부착력의 차이에 의해 일어난다. 응집

력이란 같은 물질끼리 결합하는 힘을 말하며, 부착력이란 서로 다른 물질이 결합하는 힘을 말한다. 액체에 모세관을 넣었을 때 액체와 관의 부착력에 의해 액체는 관을 타고 올라가고, 다음에는 응집력 때문에 액체는 다시 뭉치려고 하기 때문에 아래에 있는 액체를 끌어 올리게 된다. 이러한 현상이 반복되면서 액체는 모세관을 타고 상승하게 되는 데 액체와 관의 부착력이 모세관 안에 있는 액체에 작용하는 중력과 균형을 이룰 때까지 상승하게 된다. 어느 경우이나 안팎의 액면의 높이(h)는 다음과 같은 식에 따라 결정된다.[7]

$$h = 2 T \cos\theta / r \rho g$$

h : 액면의 높이, T : 표면장력, θ : 접촉각, r : 관의 반지름 ρ : 액체의 밀도, g : 중력가속도
따라서, 같은 시간에 같은 액체에 대하여 액면의 높이(h)를 높게 하는 것이 주요 개발 요소로 판단되며, 이를 위해서는 흡수제의 선택이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

새로운 건성안 검사 도구의 개발 목적은 기존의 슈르머 검사지를 이용하여 검사하는 경우에 비해, 검사시간을 단축하므로 검사지가 각막을 자극하여 이물감 및 불편함을 더 가중시키고 반사적인 눈물분비를 유발하여 정확한 검사가 어려운 단점을 극복하고자 하는 것이다. 이를 위하여 흡수지의 단면적을 작게 하여 각막과 만나는 부분을 작게 하는 동시에 눈물 흡수속도가 빠르고 흡수높이의 판별이 용이하여 신속하며 정확하게 판정할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 그 무엇보다도 흡수제의 개발 및 선택이 가장 중요하다고 하겠다.

1. 흡수제 유용성 평가

흡수제 선택에 있어서는 일정한 눈물에 대하여 액면의 높이가 높을 것, 그리고 모든 방향으로 동일한 흡수 능력을 갖을 것을 기준으로 검토하였다.

물질이 물을 흡수하는 원리는 모세관 현상 때문이다. 액체의 응집력에 의해 물이 가는 관을 따라 올라가는 현상이며, 물을 잘 빨아들이기 위해서는 작은 구멍이 많아야 한다. 즉, 밀도가 작은 물질일수록 내부에 물질을 저장할 수 있는 빈 공간이 크므로 수분 흡수량이 많을 것이다. 따라서 흡수성이 큰 물질을 흡수제로 활용하기 위하여 현재 실용화되어 활용되고 있는 흡수물질을 대상으로 조사 분석하였다. 현재 개발되어진 SM

Tube의 흡수제가 레이온 및 펄프로 구성되어 있다는 것에 착안하여, 알파 셀룰로스 펄프(α -cellulose pulp)와 고흡수성 폴리머(SAP : Super Absorbent Polymer)를 대상으로 흡수제로서의 가능성을 시험하고자 하였다.

알파 셀룰로스 펄프(α -cellulose pulp)의 특성은 셀룰로스 중 가성소다 수용액에 녹지 않는 물질을 알파-셀룰로오스라 하며, 20~30°의 접촉각을 가진 친수성이며, 물과 대부분의 유기용매에 불용성인 물질로 수분 흡수도가 매우 높다. 고 흡수성 폴리머(SAP : Super Absorbent Polymer)는 고분자 사슬관에 가교결합(crodd-linking)을 통한 3차원의 망상구조 또는 단일 사슬구조에서 친수성기의 도입에 따라 유체의 흡수현상을 나타내는 폴리머이다. 고 흡수성 폴리머는 일반 폴리머 재료에 비하여 흡수성이 월등히 높기 때문에 위생용품의 슬림화 및 고성능화를 실현하기 위하여 필수적인 고 기능성 재료로서 기존의 펄프를 급속히 대체하고 있다.

따라서 기존의 흡수제를 대신할 수 있는 최적의 흡수제를 선정하기 위하여 현재 건성안 검사에 사용되고 있는 쉬르머 검사지, 페놀레드 실, SM Tube와 수분 흡수도가 높은 것으로 알려진 알파 셀룰로스 펄프 및 SAP를 대상으로 흡수성 실험을 실시하였다. 흡수액은 눈물과 비슷한 PH를 갖는 콘택트렌즈 다목적관리용액을 사용하여, 흡수액에 흡수제를 담그고, 5초, 10초, 15초, 30초 단위로 흡수높이를 측정하였다.

그 결과는 Table 1과 같으며, 흡수높이가 높은 순서는 SAP, SM Tube, 페놀레드 실(PRT), 알파 셀룰로스 펄프, 쉬르머 검사지로 나타났다. 따라서 검사시간을 단축하기 위해서는 같은 시간에 흡수높이가 높은 흡수제를 사용하는 것이 유리할 것이며, 알파 셀룰로스 펄프 및 고 흡수성 폴리머(SAP)는 흡수제로 사용이 가능하다고 판단하였다.

표 1. 흡수제별 시간변화에 따른 흡수 높이
 Table 1. Absorption height with time cange of absorbents
 단위 : mm

	5초	10초	15초	30초
알파 셀룰로스 펄프	8	11	13	15
고흡수성 폴리머(SAP)	17	24	29	Max
SM Tube	13	19	24	Max
쉬르머 검사지	7	8	10	13
페놀레드 실(PRT)	10	15	18	23

2. 시제품 제작 및 비교분석

1)1차 시제품 제작 및 비교분석

현재 주로 사용되고 있는 쉬르머 검사지는 길이 35mm, 폭 5mm의 와트만지로 되어 있으며 하안검 낭에 존재하는 눈물을 5분 동안 흡수시켜 눈물의 양을 측정하는 방법이다. 최근 일본에서 개발되어 사용되고 있는 SM Tube는 하안검 낭의 눈물 메니스커스에 5초간 닿게 하여 눈물의 양을 검사하는 방법으로 폴리우레탄과 폴리에스터로 만들어진 튜브구조에 레이온과 펄프로 알려진 흡수제를 충전한 구조를 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 흡수제로 알파 셀룰로스 펄프(셀룰로스)와 SAP를 선택하여 이를 폴리에스터에 접착한 형태의 튜브 형 구조를 갖도록 제작하였으며, 눈물 흡수거리를 측정하기 쉽도록 튜브 끝 부분에 청색 염료를 인쇄하였다.

시제품의 흡수력을 평가하기 위하여 SM Tube와 제작한 튜브 타입 검사 도구 2종에 대하여 흡수거리를 측정하였다. 평가방법으로는 각각 검사 도구를 리뉴 5 μ 에 5초간 접촉하여 그 흡수높이를 측정하였다.

현재 수입하여 사용하고 있는 SM Tube 와 본 연구에서 제작한 시제품 Cellulose Tube 와 SAP Tube를 비교하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

표 2. 튜브 타입 검사 도구별 흡수거리 비교
 Table 2. Comparison of absorption distance by tube type inspection tools
 단위 : mm

	SM Tube	Cellulose Tube	SAP Tube
1회	17	20	15
2회	18	20	14
3회	17	21	13
평균	17.3	20.3	14

실험결과를 보면, 외산 제품인 SM Tube와 새로이 개발한 Cellulose Tube와 SAP Tube에 대하여 같은 량의 눈액과 같은 시간의 흡수거리는 비슷한 것으로 나타났다. Cellulose Tube, SM Tube, SAP Tube 순으로 흡수거리가 컸다. 따라서 새로이 개발한 Cellulose Tube와 SAP Tube를 안구건조증 검사에 활용하는 것은 특별한 문제점은 없을 것으로 확인되었다. 그러나 SAP Tube의 경우 같은 튜브 내에서 위치에 따라 불규칙적인 흡수거리를 보여 흡수거리를 측정하는 데 불편함으로 보

이는 반면 실험에 사용한 3가지 튜브형 검사도구중 Cellulose Tube의 지시약의 색변화가 가장 균일하여서 검사 후 판독에 있어서 가장 유리할 것으로 확인되었다. 따라서 새로이 개발한 Tube 형 검사도구 또한 경쟁력이 있을 것이라고 판단되어 진다.

2) 2차 시제품 제작 및 사용성 평가

흡수제에 대한 흡수력을 평가하기 위한 2차례의 실험 결과, 흡수제 자체로의 흡수력은 SAP가 가장 큰 것으로 나타났으나, 튜브형태로 제작한 경우에는 오히려 흡수 능력이 저하하고, 불규칙적인 흡수 높이로 판독에 어려움을 보였다. 이는 흡수제의 균일성의 문제 및 눈물을 흡수하고 팽윤되어 겹쳐지는 성질로 실용화에 걸림돌이 될 것으로 판단하여, 기존의 SM Tube와 유사한 특성을 나타낸 Cellulose Tube의 구조를 개선하여 2차 시제품을 제작하여 사용성 평가를 하였다.

기존의 SM Tube 및 1차 시제품은 일본에서 개발한 SM Tube와 같은 구조로 흡수제를 폴리우레탄으로 흡수제를 감싸는 튜브형태의 구조를 갖고 있으므로, 향후 상품화하여 판매 시 분쟁을 없애기 위하여 구조를 개선한 2차 시제품은 0.1mm 두께의 폴리우레탄에 Cellulose를 폭 0.6mm 두께 0.3mm로 성형하여 접착하는 형태의 구조를 갖도록 제작하였다. 이를 1차 시제품인 Cellulose Tube와 구분하여 Cellulose Strip 이라 명하였다.

개발된 Cellulose Strip 눈물 띠 측정 도구의 유용성을 평가하고자 건성안 판별에 활용되고 있는 눈물검사법으로 SM Tube 와 Cellulose Strip의 상관성 분석 및 신뢰도를 평가하여, Cellulose Strip의 임상에서의 진단적 가치와 기준을 마련하고자 하였다.

성인 남녀 30명(60안)을 대상으로, 기존의 SM Tube와 개발한 Cellulose Strip과의 상관관계를 분석하였으며, 이를 위하여 SM Tube와 Cellulose Strip을 하안검의 눈물 메니스커스에 닿게 하여 5초간 눈물을 흡수시킨 후 도구에 표시된 길이를 mm 단위로 측정하였다. 한편, SM Tube와 Cellulose Strip를 동일인에게 각 3회 측정 후 일관되게 나오는 정도를 확인하여 신뢰도를 분석하였다.

(1) 상관성 분석

기존에 개발되어 건성안 평가에 유용한 수단으로 평

가받고 있는 SM Tube와 본 연구에서 제작한 Cellulose Strip은 Fig. 1과 같이 중등도의 유의한 상관성을 보였다 ($r=0.57$, $p<0.001$). 이는 본 연구에서 제작한 Cellulose Strip을 기존의 검사법을 대체하여 건성안검사도구로 사용할 수 있음을 보여주고 있다 하겠다.

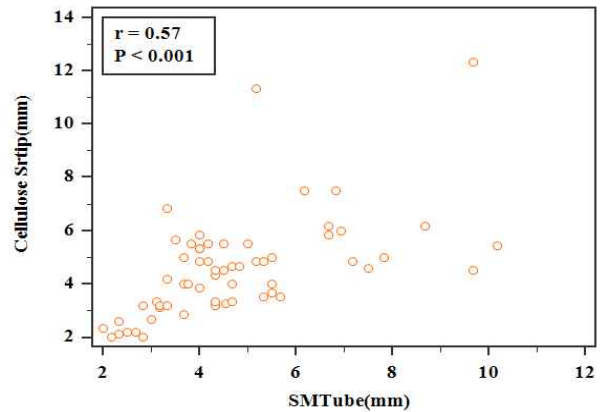


그림 1. SM Tube와 Cellulose Strip의 상관성
Fig. 1. Correlation of SM tube and Cellulose Strip

(2) 신뢰도 분석

SM Tube와 Cellulose Strip을 동일 검사자에 의해 총 3회 실시하여 급내상관계수(Intraclass Coreelation Coefficient, ICC)로 평가하였다. 0.40미만은 좋지 않음, 0.40-0.60 보통, 0.60-0.75는 좋음, 0.75-1.00은 매우 좋음 등으로 해석되며, Table 1과 같이 SM Tube의 급내상관계수는 0.67로 좋은 신뢰도를, Cellulose Strip은 0.82로 매우 좋은 신뢰도를 보여주고 있으며, 이는 본 연구에서 제작한 Cellulose Strip이 좀 더 정확하게 건성안 판별에 유효한 검사법이 될 수 있음을 보여준다 하겠다.

표 3. SM Tube와 Cellulose Strip의 급내상관계수
Table 3. ICC of SM Tube and Cellulose Strip

	SM Tube	Cellulose Strip
ICC	0.67	0.82

III. 결론

건성안 진단에 있어 가장 많이 사용되는 방법 중 하나인 쉬르머 검사법이 대표적이나 진단결과가 부정확하며 재현성이 낮은 것으로 알려져 있다. 따라서 이를 대체

하기 위한 몇몇의 연구가 수행되어져 왔으며 일본에서 최근 SM Tube라는 Strip meniscometry가 개발되어 눈물검사도구로 사용되고 있으며, 건성안 평가에 유용한 수단으로 평가되고 있다. 따라서 본 연구는 쉬르머 검사법을 대체하고 일본에서 개발한 SM Tube 이상의 효율성을 갖는 건성안 진단 도구를 개발하여 국산화하는 데 목적을 두었다. 본 연구에서 개발된 검사 도구는 다양한 흡수체에 대한 흡수성을 검토하고, 이를 바탕으로 2회 시제품 제작과 시험을 통하여 흡수성이 큰 알파 셀룰로스 펄프를 흡수체로 하여 폴리우레탄에 이를 접착한 스트립 형태의 Cellulose Strip 검사 도구를 제작하였다. 이를 하안검의 눈물 메니스커스에 닿게 하여 5초간 눈물을 흡수시킨 후 측정된 결과 Cellulose Strip 측정값과 SM Tube 측정값 사이에 중등도의 상관성을 보여 대체 검사법으로 유효하다고 평가할 수 있었다. 또한, Cellulose Strip의 신뢰도는 82%로 SM Tube의 67%보다 높은 신뢰도를 보였다.

결론적으로 본 연구에서 제작한 Cellulose Strip는 자극감이 적고 검사시간이 짧으면서 높은 신뢰도와 정확도를 보여 건성안을 판별하는 유효한 검사법으로 현재 가장 많이 사용되고 있는 쉬르머 검사법 뿐 만 아니라 외국산 눈물검사 도구를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] The definition and classification of dry eye disease: report of the Definition and Classification Subcommittee of the International Dry Eye WorkShop (2007). *Ocul Surf* 2007;5:75-92.
- [2] Janine AS, Julie A et al. : The epidemiology of dry eye disease: report of the epidemiology subcommittee of the international dry eye workshop(2007), *Ocul Surf.* 5(2). 93-107, 2007.
- [3] Health Insurance Review & Assessment Service : Dry eye syndrome. It can still occur during spring and summer, 2014. [http://www.hira.or.kr/dummy.do?pgmid=HIRAA020041000000&cmsurl=/cms/notice/02/1324964_24959.html&subject=\(5 April 2015\).](http://www.hira.or.kr/dummy.do?pgmid=HIRAA020041000000&cmsurl=/cms/notice/02/1324964_24959.html&subject=(5 April 2015).)
- [4] Kim WJ, KIM HS et al. : Current trends in the recognition and treatment of dry eye: A survey of ophthalmologists, *J Korean Ophthalmol Soc.* 48(12), 1614-1622, 2007.
- [5] Lee B J et al. : A Study on the Reliability of

- Dry eye Inspection Methods, *J. Korean Oph. Opt. Soc.*, Vol.13, No.1, pp 15-20, 2008
- [6] Moon Kyoung Kim, Yong Woo Ji et al. : Efficacy of Strip Meniscometry for Dry Eye Syndrome Diagnosis: *J Korean Ophthalmol Soc.* 57(10), 1521-1526, 2016.
- [7] Son B J: *Fluid Mechanics* : Tower Publiser, p. 36-37, 1983
- [8] Strip Meniscometry Tube, ECHO ELECTRICITY CO., LTD. 2015.
- [9] KIM KS: *Cellulose and Lyocell Fiber* : Information Analysis, KISTI, 2003.
- [10] Kang SG: *Super Absorbent Polymers for Disposable Diapers and Sanitary Napkins* : *Polymer Science and Technology*, 13(4), 431-440, 2002.