

중량측정법에 의한 하이드로젤 콘택트렌즈의 함수율 측정에 관한 연구

김태훈 · 예기훈 · 성아영

대불대학교 안경광학과

투고일(2008년 10월 30일), 수정일(2008년 11월 20일), 게재확정일(2008년 12월 9일)

목적: 본 연구의 목적은 수분제거 방법과 건조 방법에 따른 함수율 측정에 관하여 알아보려고 하였다. **방법:** 다양한 함수율을 갖는(47%~58%) 72개의 하이드로젤 콘택트렌즈를 대상으로 중량측정법으로 함수율을 측정하였다. 실험실 온도는 25°C, 습도는 21%로 유지하였다. 두 방법 모두 저온처리 후 실온에서 30분 건조하여 무게를 측정하는 방식으로 측정하였다. **결과:** Dry blotting 방법은 함수율이 $47.43 \pm 8.48\%$ 로 측정되었으며, Wet blotting 방법은 $48.15 \pm 8.36\%$ 로 측정되었다. 또한 Wet blotting 방법으로 측정한 함수율이 약 0.7% 정도 높게 측정되었다. 건조 방법에 따른 함수율에서 vacuum oven을 사용하여 건조한 함수율이 $47.89 \pm 8.06\%$, microwave oven을 사용하여 건조하여 측정한 함수율이 $49.56 \pm 7.06\%$ 로 나타났으며, microwave oven을 사용하여 측정한 함수율이 약 1.67% 높은 함수율을 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p > 0.05$). **결론:** 렌즈의 함수된 무게를 측정하기 위한 Dry blotting 방법과 Wet blotting 방법 중 Wet blotting에 의한 방법이 무게가 높게 측정되었으며, 함수율 역시 더 높게 측정되었다. 또한 건조된 무게를 측정하기 위해 렌즈를 건조시키는 방법에 있어 vacuum oven을 사용한 건조보다 microwave oven로 건조하여서 측정한 함수율이 더 높은 값을 나타내었으나 microwave oven을 사용할 경우 더 정확한 측정을 위해 그 microwave의 조사 강도나 시료의 위치에 있어 더욱 세심한 주의가 필요하다.

주제어: 함수율, 중량측정법, dry blotting, wet blotting

서 론

함수율은 하이드로젤 콘택트렌즈의 물리적 특성 중 가장 중요한 단일성질로 렌즈의 편안함과 피팅 특성을 결정하는 매우 중요한 요소이다^{1,2}. 콘택트렌즈의 함수율은 침착물의 양상과 산소투과율을 비롯한 광학적 특성 같은 콘택트렌즈의 물리적 성질에 많은 영향을 미친다^{1,3,5}. 이런 함수율은 온도와 상대습도의 조건을 부여하여 함수율을 결정짓는 평형함수율(equilibrium water content)을 말하며, 온도와 습도, 함수율 측정 시 사용되는 용액의 염화나트륨의 농도에 따라 그 측정치가 변하게 된다⁶.

콘택트렌즈의 함수율 측정방법은 중량측정법과 굴절률 측정법이 있으며^{3,4,7}, 중량측정법은 함수된 렌즈의 무게와 건조된 렌즈의 무게를 측정한 후 계산식에 의해 구해진다⁸. 중량측정법은 특별한 측정기가 필요치 않아 임상에서 간단하게 사용될 수 있는 장점을 가지고 있지만 측정 시 여러 변수에 의해 오차가 생길 수 있다. 또한 중량측정법에 의한 함수율의 측정은 함수된 렌즈의 무게를 측정하

는 방법이 다양하고 함수된 렌즈를 건조 시키는 방법 역시 다양한 방법이 있다⁹. 그러므로 함수율 측정과 그 방법에 있어 명확하게 규정이 필요함에도 불구하고 국내의 KS규격이나 식약청의 '의료기기기준규격'에서 이에 대한 규정이나 명확한 측정방법에 대한 사항에 없는 실정이다.

이에 본 연구는 임상에서 비교적 많이 사용되고 있는 중량측정법에 의해 국내에 시판되고 있는 여러 종류의 하이드로젤 콘택트렌즈의 함수율을 측정하고, 그 측정방법에 따른 함수율의 차이를 분석하였다.

실험 방법

1. 실험 시료

국내에 시판되고 있는 다양한 함수율을 가진 3종류의 하이드로젤 콘택트렌즈 72개를 대상으로 중량측정법에 의한 함수율을 측정하였다. 실험 시료는 100 mg~300 mg의 무게를 갖는 -3.50D와 -5.50D의 하이드로젤 콘택트렌즈를 사용하였다. 실험실 온도는 25°C, 습도는 21%로 유지

하였다.

2. 실험 방법

다음 식을 사용하여 중량측정법에 의한 함수율을 측정하였다⁹.

$$^wH_2O = \frac{m_{hydrated} - m_{dry}}{m_{hydrated}} \times 100$$

1) 표면 수분제거 방법에 따른 함수율 측정

하이드로젤 콘택트렌즈의 표면 수분 제거는 linen cloth를 사용한 Dry blotting 방법과 portion Whatman #1 filter paper를 사용한 Wet blotting 방법을 사용하여 각각 $m_{hydrated}$ 을 구하고 함수율을 측정하였다.

2) 건조 방법에 따른 함수율 측정

m_{dry} 측정을 위해 100°C의 vacuum oven(세종과학, SJ-201D)에서 18시간 건조한 후 실온에서 30분 유지하여 무게를 측정하는 방법과 microwave oven에서 500W~650W 정도의 세기로 10분 건조한 후 실온에서 30분 유지하여 무게를 측정하는 방식으로 각각 m_{dry} 을 측정하였다.

렌즈의 건조 시 시료 병에 CaSO₄(Drierit)를 넣어 건조시켰으며, 무게측정은 전자저울(Ohaus, AR2140, USA)을 사용하였다.

3. 통계처리

실험 결과는 mean±S.D.로 표시하였으며, SPSS 13.0을 사용하여 통계처리 하였다. 또한 p<0.05인 결과를 얻었을 때 유의성이 있는 것으로 하였다.

결 과

1. 표면 수분제거 방법에 따른 함수율

함수된 무게를 측정하기 위한 표면의 수분 제거 방법은 Dry blotting 방법과 Wet blotting 방법이 있다⁹. 두 가지 방

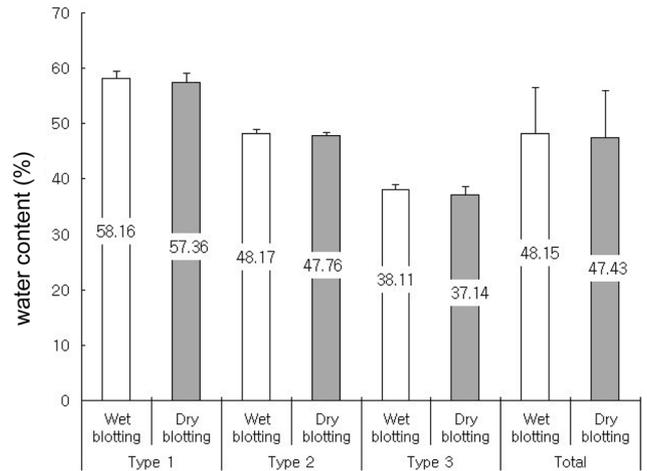


Fig. 1. Comparison of water contents of hydrogel contact lens blotted by Dry blotting method and Wet blotting method.

법으로 함수된 무게를 측정하였으며, 건조된 무게 측정을 위한 렌즈의 건조는 vacuum oven을 사용하였다. 이 둘의 방법으로 함수율을 측정한 결과 전체적으로 Dry blotting 방법은 47.43±8.48%, Wet blotting 방법은 48.15±8.36%로 측정되었으며, Wet blotting 방법으로 측정된 함수율이 약 0.7% 정도 높게 측정되었다. 렌즈의 종류별 각 함수율의 차이는 조금 뚜렷한 차이를 나타내었으며, 약 0.4%~1%까지 Wet blotting 방법으로 측정된 함수율이 높게 측정되었다. 하지만 각 방법에 대해 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05) (Table 2, Fig. 1).

2. 건조 방법에 따른 함수율

건조된 무게를 측정하기 위해 렌즈를 건조시키는 방법은 vacuum oven을 사용하는 방법과 microwave oven을 사용하는 방법이 있으며⁹, 각각의 방법으로 건조된 무게를 측정하여 함수율을 계산한 결과 vacuum oven을 사용하여 건조한 함수율이 47.89±8.06%, microwave oven로 건조하여 측정된 함수율이 49.56±7.05로 나타났으며, 전체적으로는 약 1.67% 높은 함수율을 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다(p>0.05). 함수율 별로 나눈 렌즈의 종류별 함수율 차이는 그 종류별로 다른 차이를 나타냈으며, Type 1은 microwave oven이 약 2.25% 높게 함수율이 측정되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). 그러나 Type 2의 경우는 vacuum oven으로 건조하여 측정된 함수율이 약 0.91% 더 크게 측정되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). Type 3의 경우는 약 1% microwave oven로 건조하여 측정된 함수율이 더 크게 측정되었으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05) (Table 3, Fig. 2).

Table 1. SCLs used in the experiment

materials	water content (%)	diameter (mm)	diopter (D)
Etafilcon A	58	14.2	-3.50
			-5.50
Galyfilcon A	47	14.0	-3.50
			-5.50
base on HEMA	41	14.0	-3.50
			-5.50

Table 2. Statistics of water contents with blotting methods

Lens	Water removing method	Number of lens	Mean	Std. Deviation	p-value
Type 1	Wet blotting	12	58.1608	1.3558	0.219
	Dry blotting	12	57.3858	1.6305	
Type 2	Wet blotting	12	48.1689	0.7465	0.150
	Dry blotting	12	47.7595	0.5869	
Type 3	Wet blotting	12	38.1071	0.8890	0.064
	Dry blotting	12	37.1429	1.4680	
Total	Wet blotting	36	48.1456	8.3631	0.719
	Dry blotting	36	47.4294	8.4808	

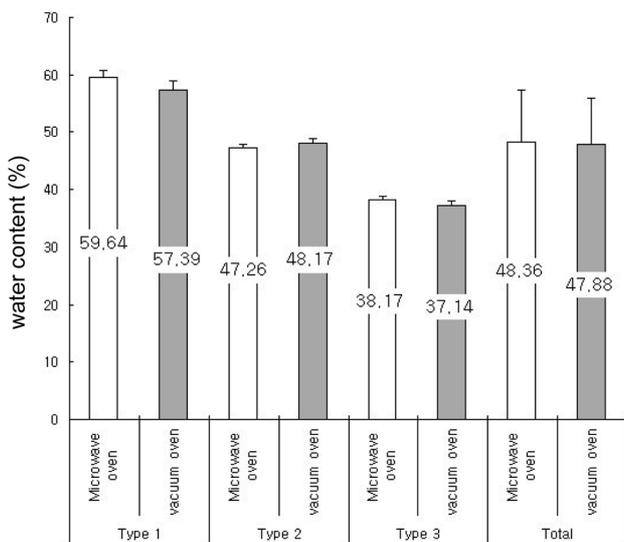


Fig. 2. Comparison of water contents of hydrogel contact lens dried by microwave oven method and vacuum oven method.

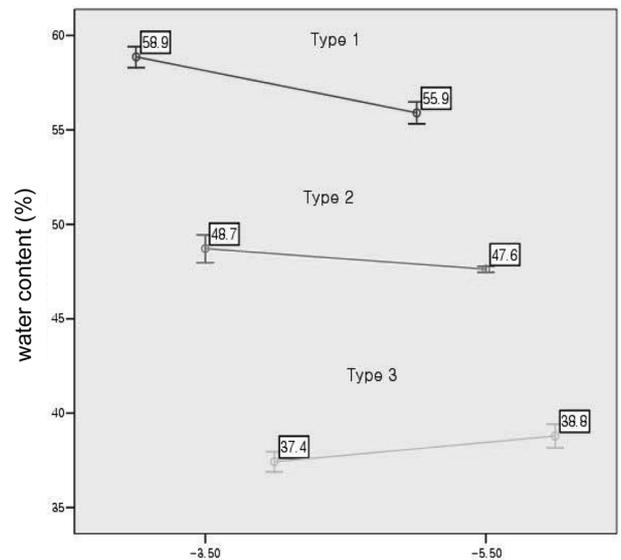


Fig. 3. Comparison of water contents with refractive power (-3.50D, -5.50D).

3. 굴절력별 함수율 차이

각 렌즈의 종류에서 굴절력별 함수율의 차이를 알아보기 위해 Wet blotting 방법을 사용한 함수된 무게와 vacuum oven을 사용한 건조된 무게를 이용하여 함수율을

측정한 결과 Type 1에의 경우 -3.50D가 $58.87 \pm 0.22\%$, -5.50D가 $55.90 \pm 0.22\%$ 로 측정되어 -5.50D가 약 3% 정도 낮게 측정되었다($p < 0.05$). 또한 type 2의 경우 역시 -3.50D가 $48.71 \pm 0.29\%$, -5.50D가 $47.63 \pm 0.063\%$ 로 측정

Table 3. Statistics of water contents with dry methods

Lens	Dry method	Number of lens	Mean	Std. Deviation	p-value
Type 1	Microwave oven	12	59.6402	1.1995	0.001
	Vacuum oven	12	57.3858	1.6304	
Type 2	Microwave oven	12	47.2594	0.6618	0.005
	Vacuum oven	12	48.1689	0.7465	
Type 3	Microwave oven	12	38.1679	0.7227	0.856
	Vacuum oven	12	37.1429	0.8890	
Total	Microwave oven	36	49.5576	7.0553	0.353
	Vacuum oven	36	47.8873	8.0631	

Table 4. Statistics of water contents with refractive power (-3.50D, -5.50D)

Lens	Refractive Power	Number of lens	Mean	Std. Deviation	p-value
Type 1	-3.50D	6	58.8678	0.2166	0.000
	-5.50D	6	55.9038	0.2221	
Type 2	-3.50D	6	48.7124	0.2868	0.004
	-5.50D	6	47.6255	0.0625	
Type 3	-3.50D	6	37.4263	0.2056	0.002
	-5.50D	6	38.7880	0.2493	

되어 -5.50D가 약 1% 정도 낮게 측정되었다($p < 0.05$). 그러나 Type 3의 경우에는 이와는 반대로 -3.50D가 $37.43 \pm 0.21\%$, -5.50D가 $38.79 \pm 0.25\%$ 로 측정되어 -3.50D 약 1%정도 낮은 함수율 값을 나타내었다($p < 0.05$) (Table 4, Fig. 3).

고 찰

함수율은 하이드로젤 콘택트렌즈의 매우 중요한 특성이며¹⁰, 이로 인해 콘택트렌즈의 여러 가지 물리적 특성이 변화하게 된다. 함수율은 콘택트렌즈를 구분하는 기준으로도 사용되며, 하이드로젤 콘택트렌즈의 특성을 파악하는데 있어 매우 중요한 정보이다¹¹.

함수율 값을 나타내는데 있어 함수율 측정방법과 그 측정 환경에 대한 정보가 명확하지 않을 경우 그 함수율 값 또한 정확하지 않을 수 있다. 국내의 경우 의료기기인 콘택트렌즈는 식약청의 의료기기기준규격¹²에 따라 함수율의 표시와 오차 범위가 표시치의 $\pm 2\%$ 이내이어야 하지만 이는 측정방법과 측정환경에 따라 그 값이 상이하게 나타날 수 있기 때문에 먼저 함수율 측정방법에 있어 그 방법과 환경에 대한 명확한 규정이 선행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 함수율 측정 방법 중 중량측정법으로 함수율을 측정하였으며, 건조방법과 함수된 무게를 측정하기 위해 여러 가지 방법에 의해 함수율을 측정하였다. 함수된 무게를 측정하기 위해 렌즈표면의 수분을 제거하는 방법으로는 Dry blotting과 Wet blotting이 있으며, 일반적으로 Wet blotting 방법으로 함수율을 측정하였을 때 더 높게 함수율이 측정될 수 있다⁹. 본 연구에서도 Dry blotting 방법은 $47.43 \pm 8.48\%$, Wet blotting 방법은 $48.15 \pm 8.36\%$ 로 측정되어, Wet blotting 방법으로 측정된 함수율이 약 0.7% 정도 높게 측정되었다. 그러나 그 차이에 있어 식약청의 의료기기기준규격에서 명시한 $\pm 2\%$ 이내의 오차를 나타내지 않아 두 가지 방법을 사용함에 무리가 없을 것으로 판단된다.

건조된 무게를 측정하기 위해 렌즈를 건조시키는 방법 역시 vacuum oven을 사용하여 건조하는 방법과 microwave oven을 사용하여 건조하는 방법이 있으며, 그 방식에 따라 함수율의 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서도 vacuum oven을 사용하여 측정된 함수율보다 microwave oven로 건조하여 측정된 함수율이 전체적으로 약 1.67% 높은 함수율을 나타내었다. 그러나 렌즈 종류별로 그 차이가 서로 상반되게 나타나는 경우가 있었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p > 0.05$). Vacuum oven을 사용하여 렌즈를 건조할 경우 16~18시간의 시간이 필요하여 그 측정에 있어 많은 시간이 소요되는 단점이 있는 반면 전체적으로 일정한 건조 상태를 나타내었다. Microwave oven을 사용한 건조는 비교적 짧은 시간인 10분 정도의 시간에 건조가 완료될 수 있으나, microwave oven 안에서의 시료의 위치에 따라 microwave가 조사되는 정도가 달라 질 수 있어 그 건조 정도가 일정하지 않은 단점을 나타내었다.

굴절력별 함수율의 차이는 렌즈의 종류에 따라 그 차이에 대한 양상이 달랐으며, 이것은 각 렌즈의 재질에 많은 영향을 받는 것으로 판단되며, 렌즈의 중심두께 및 형상도 이와 연관되어 함수율의 차이를 나타낸 것으로 판단된다. 이에 대한 연구는 추가적으로 진행되어야 될 것으로 보인다.

중량측정법에 의한 콘택트렌즈의 함수율 측정은 간단한 장비를 통해 그 값을 구할 수 있는 장점을 가지고 있지만 검사자와 검사환경에 따라 오차가 발생할 경우가 있어 검사 시 매우 주의가 필요할 것으로 판단되며, 그 측정환경과 측정방법에 따라 차이를 나타내기 때문에 그 측정방법과 측정환경을 명시할 필요가 있을 것으로 판단된다. 이를 위해 국내 현실에 맞는 함수율 측정과 그 방법에 대한 명확한 규정의 재정이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

중량측정법에 의한 하이드로젤 콘택트렌즈의 함수율 측정은 함수된 무게 측정과 건조된 무게 측정 방법에 있어 다양한 방법이 있으며, 본 연구는 그 방법에 따라 측정된 함수율의 차이를 비교하였다. 함수된 무게 측정을 위한 표면 수분 제거 방법은 Dry blotting 방법에 비해 Wet blotting이 무게가 높게 측정되며, 함수율 역시 높게 측정되었다. 또한 건조된 무게 측정을 위한 렌즈 건조 방법은 vacuum oven을 사용한 방법보다 microwave oven을 사용한 방법이 함수율이 더 높게 측정되었다. 그러나 microwave oven을 사용한 렌즈의 건조 시 더 정확한 측정을 위해 반드시 그 microwave의 조사 강도나 시료의 위치에 있

어 더욱 세심한 주의가 필요하며, 이에 대한 명확한 규정 역시 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

This research was financially supported by the KATS and ministry of Education, Science Technology (MEST) and Korea Industrial Technology Foundation (KOTEF) through the Human Resource Training Project for Regional Innovation.

참고문헌

- Masnick K. B. and Holden B. A., "A study of water content and parametric variations of hydrophilic contact lenses", *Aust. J. Optom.*, 55:481-487(1972).
- Sheridan M. and Shakespeare A. R., "Changes in dimensions of soft contact lenses during wear", *Contacto*, 26:7-12(1982).
- DeDonateo L. M., "Changes in the hydration of hydrogel contact lenses with wear", *Am. J. Optomphysiol. Opt.*, 59(3):213-214(1982).
- Fatt I. and Chaston J., "Swelling factors of hydrogels and the effect of deswelling (drying) in the eye on power of a soft contact lens", *Int. Contact Lens Clin.*, 9:146-153(1982).
- Hovding G., "The fluid contact of hydrophilic contact lenses on the eye", *Acta. Ophthalmol.*, 61(5):889-897(1983).
- 박용복, 김수복, "콘택트렌즈 교실", *진과과학사*, pp. 244-246(1996).
- Fatt I. and Chatson J., "The effect of temperature on refractive index water content and central thickness of hydrogel contact lenses", *Int. Contact Lens Clin.*, 7:250-255(1980).
- Brennan N. A., Efron N., Truong V. T., and Watkins R. D., "Definitions for hydration changes of hydrogel lenses", *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 6(3): 333-338(1986).
- ISO 18369-4, "Ophthalmic optics - Contact lenses - Part 4: Physicochemical properties of contact lens materials", 2006.
- 김덕훈, 성아영, "콘택트렌즈학 개론", *현문사*, pp. 36-37(2004).
- 마기중, 이근자, "콘택트렌즈", *대학서림*, pp. 211-212 (1995).
- 식품의약품안전청고시 제2007-82호, "하드콘택트렌즈/소프트콘택트렌즈", 2008.

A Study on the Measurement of Water Content in Hydrogel Contact Lens by Gravimetric Method

Tae-Hun Kim, Ki-Hun Ye and A-Young Sung

Department of Ophthalmic Optics Daebul University

(Received October 30, 2008: Revised November 20, 2008: Accepted December 9, 2008)

Purpose: The purpose of this study is to understand a relation of water content measurement with two different method, water removal method and dry method. **Methods:** 72 hydrogel contact lens containing various water content (ranged from 47% to 58%) were measured by the gravimetric method at 20°C and 21% of the humidity. We weighed the dried test specimen at room temperature for 30 min after cooling. **Results:** In dry blotting method, the water content was measured to 47.43±8.48%. The water contents was measured to 48.15±8.36% with wet blotting condition. It was found that wet blotting method showed the higher water content of about 7% than dry blotting method. In water content with two dry methods, each of results was measured by 47.89±8.06% and 49.56±7.06%. In case of microwave method, the water content was measured significantly higher water content of about 1.67% than vacuum oven method. However, no statistical difference was found ($p>0.05$). **Conclusions:** In water removal method (Dry blotting method and Wet blotting method) to weigh hydrated test specimen, wet blotting method showed significantly higher water content than dry blotting method. Also in case of dry methods (vacuum oven and microwave) to weigh dry test specimen, water content of microwave method showed higher water content than vacuum oven method, but it should be noted that microwave oven method must be used carefully to measure accurateness on the specimen position and wave power.

Key words: water content, gravimetric method, dry blotting, wet blotting