

프레넬 간초펠드 자극기의 임상적 유용성

Clinical Usefulness of Fresnel Ganzfeld Stimulator

한정우 · 공윤진 · 박태관 · 운영훈

Jung Woo Han, MD, Yoon Jin Kong, MD, Tae Kwann Park, MD, Young Hoon Ohn, MD, PhD

순천향대학교 의과대학 부천병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Bucheon Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

Purpose: To compare electroretinogram (ERG) waveforms acquired using a ganzfeld stimulator and a Fresnel ganzfeld stimulator.

Methods: ERGs were recorded with a ganzfeld stimulator and a Fresnel ganzfeld stimulator from both eyes of 25 volunteers. Peak-to-trough amplitudes and peak implicit times were compared between both eyes and between a ganzfeld stimulator and a Fresnel ganzfeld stimulator. ERGs taken from the sitting and supine positions were also compared using the Fresnel ganzfeld stimulator.

Results: There was no statistically significant difference between the Fresnel ganzfeld stimulator and dome-shaped ganzfeld stimulator in amplitude and implicit time of dark adapted 0.01, 3.0 ERG, photopic 3.0 ERG, photopic 3.0 flicker. The differences in amplitude and implicit time between the right and left eyes were not influenced by the Fresnel ganzfeld stimulator. Additionally, no differences were observed in ERGs obtained from the sitting and supine positions using the Fresnel ganzfeld stimulator.

Conclusions: The newly developed ganzfeld stimulator with a sealed Fresnel lens can be considered as a reliable alternative method for measuring ERGs. Fresnel ganzfeld stimulator is useful for patients having problems with mobility or uncooperative children.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(12):1874-1879

Key Words: Electroretinogram (ERG), Fresnel lens, Ganzfeld stimulator

망막전위도(electroretinogram, ERG)는 비침습적이고, 객관적이며, 전체 망막 기능의 이상을 반영할 수 있어 많은 망막 질환을 진단하기 위해 이용되고 있다. 임상적으로 사용되고 있는 망막 전위도 검사는 국제 임상시각전기생리학회(International Society for Clinical Electrophysiology of Vision, ISCEV)의 권고에 따라 짧은 시간의 자극을 이용하

여 검사를 시행한다.¹

그동안 망막전위도를 얻기 위해 돔 형태의 ganzfeld 자극기를 이용하여 망막에 자극을 주었으며 이것이 표준으로 이용되어 왔다.^{2,4} 하지만 이 자극기는 부피가 크고 받침대 위에 세워서 사용하기 때문에 환자가 앉은 자세로 머리를 고정하여야만 측정이 가능하였다(Fig. 1). 따라서 거동이 불편한 환자 혹은 소아환자에서는 검사가 힘들다는 단점이 있었다. 최근 ganzfeld 반구 앞면에 Fresnel 렌즈가 몰딩(Molding)된 Veris사의 Fresnel ganzfeld 자극기가 국내에 정식으로 시판되었다. Fresnel 렌즈는 집광렌즈의 하나로서 볼록렌즈처럼 빛을 모아주는 역할을 하면서도 두께는 줄인 렌즈이다(Fig. 2). Fresnel ganzfeld 자극기는 Fresnel 렌즈의 빛을 모아주는 성질을 이용하여 기존의 돔형 ganzfeld

■ Received: 2015. 5. 15. ■ Revised: 2015. 7. 24.

■ Accepted: 2015. 9. 25.

■ Address reprint requests to **Young Hoon Ohn, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University
Bucheon Hospital, #170 Jomaru-ro, Wonmi-gu, Bucheon 14584, Korea
Tel: 82-32-621-5425, Fax: 82-32-621-5435
E-mail: yjohn@schmc.ac.kr

© 2015 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

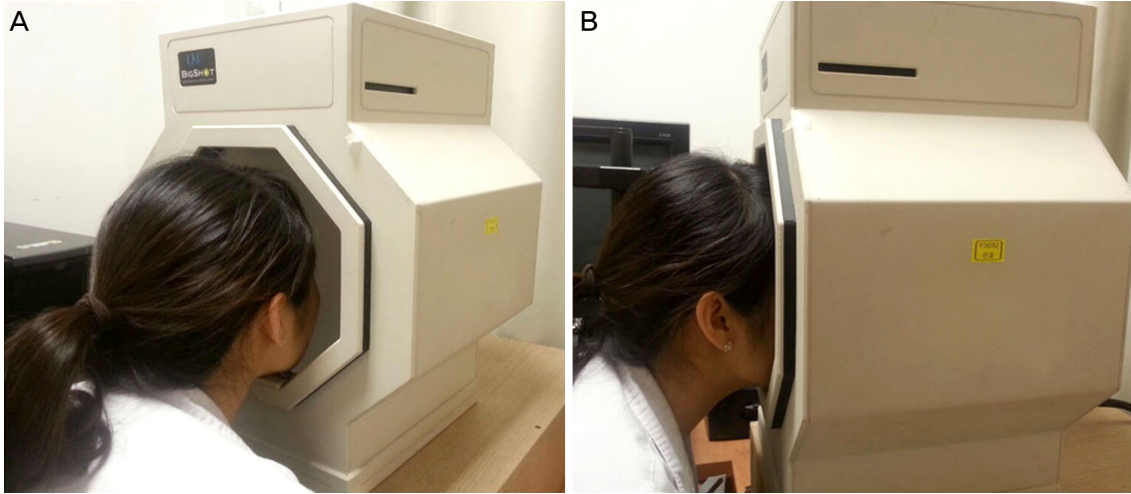


Figure 1. The traditional dome-shaped ganzfeld stimulator. (A) Front (B) Side.

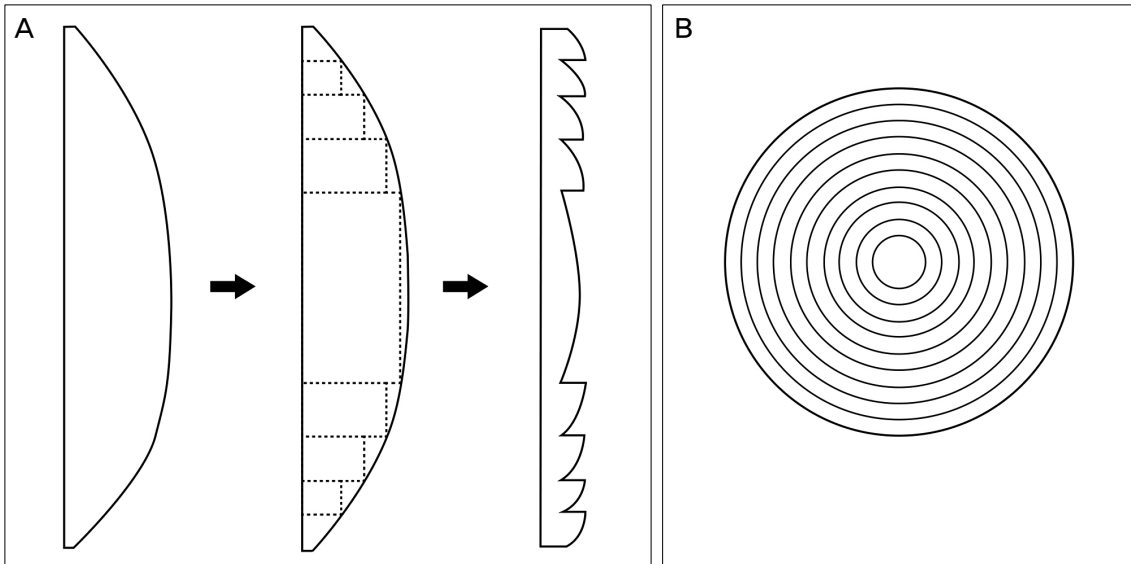


Figure 2. The shape of Fresnel lens. Fresnel lens is made by removing the non-refractive part of a conventional lens, leaving the lens with a thin profile. (A) Side. (B) Front.

자극기와 동일한 자극을 망막 전체에 줄 수 있도록 고안되었다(Fig. 3). 또한 기존의 자극기보다 부피를 줄일 수 있었으며 앉은 자세가 아니더라도 측정할 수 있도록 하였다(Fig. 4).

현재까지 기존에 사용하던 돔 형태의 ganzfeld 자극기와 Fresnel ganzfeld 자극기를 비교하여 망막전위도를 측정하는 연구는 없었다. 이에 이번 연구에서 저자들은 두 자극기를 이용한 망막전위도의 측정치를 비교하였다. 또한 Fresnel ganzfeld를 이용하여 얻은 망막전위도를 양안 간에, 그리고 앉은 자세와 누운 자세에서 측정하여 비교하여 Fresnel ganzfeld 자극기의 임상적 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 안과 질환 및 안과적 합병증을 유발할 수 있는 당뇨병, 고혈압 등의 전신질환이 없고, 망막전위도에 영향을 미치는 약물을 사용한 과거력이 없는 25명을 대상으로 하였다. Fresnel ganzfeld 자극기를 이용한 망막전위도는 VERIS Science 5.0.1 (EDI Inc., Redwood City, CA, USA)을 사용하여 측정하였고, ISCEV에 의해 표준화된 5가지 기본 반응인 간체반응(Dark-adapted 0.01 ERG), 최대복합반응(Dark-adapted 3 ERG), 진동소파전위(Dark-adapted 3.0 oscillatory potentials), 단일섬광추체반응(Light-adapted 3 ERG), 30 Hz 점멸반응(Light-adapted 3.0 flicker)을 기록하였다. 기존의 돔형의 ganzfeld를 이용한 망막전위도는 UTAS-

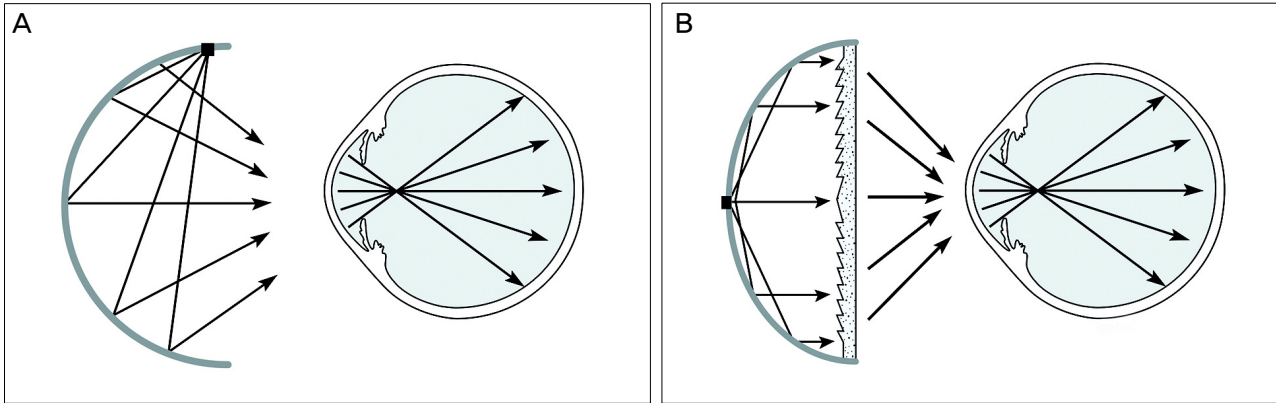


Figure 3. Comparison of dome-shaped ganzfeld stimulator and Fresnel ganzfeld stimulator. (A) Conventional ganzfeld. (B) Fresnel ganzfeld.



Figure 4. Fresnel ganzfeld stimulator. Its lightweight construction, built-in infra-red video display, and stimulus trigger make it an ideal handheld stimulator for the reclining or supine subject. (A) Front side. (B) Back side. (C) Supine position.

E3000 (LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA)을 이용하였다. 실험은 검사에 대해 환자에게 충분히 설명한 후 동의를 얻고 진행하였다.

25명은 두 차례에 걸쳐 기존의 ganzfeld stimulator와 Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 측정하였으며 측정 간격은 24시간 이상의 시간 차이를 두었다. 검사는 모든 피검자에 대해 동일한 환경에서 동일한 방법으로 같은 검사자에 의해 진행되었다. 양안에 Phenylephrine hydrochloride/tropicamide 5 mg/5 mg/mL (Mydrin-P®, Santen, Japan)를 수회 점안하여 충분히 산동된 후 30분 동안 암순응을 시켰다. 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine® 0.5%, Alcon, Fort Worth, TX, USA)를 점안하여 국소마취를 하고, 양안에 Burian-Allen 전극을 삽입하였으며, 이때 전극에 hydroxypropylmethylcellulose (Hycell soln®, Sam Il Pharm. Seoul, Korea)를 도포하여 전도를 좋게 하고 피검자의 각막을 보호하도록 하였다. 접지 전극은 이마 중심에, 기준 전극은 검사 안과 같은 쪽의 외안각 바깥쪽에 부착시켰으며, Fresnel ganzfeld 자극기 앞에 얼굴을 위치시킨 후 빛자극을 주었다. 암순응반응은 0.01 cd/s/m²의 약한 백색광을 2초 간격으로 주면서 간체반응을 기

록하고, 백색의 3.0 cd/s/m² 표준빛자극을 2초 간격으로 주면서 복합반응을 기록하였다. 5분가량의 명순응 후 명순응반응 검사를 시행하였다. 배경조명을 30 cd/m²로 조정하고, 백색의 3.0 cd/m²의 표준빛 자극을 사용하였으며 자극을 1초에 30회 주면서 30 Hz 점멸반응을 기록하였다. Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 망막전위도를 측정하고 24시간 이상 경과 후 기존의 돔형 ganzfeld 자극기를 이용하여 같은 방식으로 양안의 망막 전위도를 측정하였다.

대상군의 간체반응에서 b파의 진폭과 반응도달 시간, 최대복합반응에서 a파의 진폭과 반응도달 시간, b파의 진폭과 반응도달 시간, 30 Hz 점멸반응에서 진폭과 반응도달 시간을 대응표본 t-검정을 이용하여 양안 간에 비교하였고, 또한 두 자극기 간에 비교하였다. 또한 Fresnel 자극기로 대상군의 좌안의 앉은 자세와 누운 자세에서 망막전위도를 대응표본 t-검정을 이용하여 비교하였다. 통계분석은 SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 인 경우로 정하였다.

결 과

전 대상자들의 평균 나이는 35.7 ± 7.1 세였고 남자는 17명 여자는 8명이었다. Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 양안의 망막전위도를 시행한 25명에서 우안과 좌안의 망막전위도를 비교하였을 때, 양안의 유의한 차이가 없었다 (Table 1). 기존의 ganzfeld 자극기와 Fresnel ganzfeld 자극

기를 이용하여 측정한 Dark adapted 3.0 ERG, Photopic 3.0 ERG의 a파의 진폭 및 반응도달 시간에서 유의한 차이는 없었으며 (Table 2), 또한 두 자극기에서 Dark adapted 0.01 3.0 ERG, Photopic 3.0 ERG, photopic 3.0 flicker의 b파의 진폭 및 반응도달 시간 역시 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 (Table 3). 대상군의 좌안에서 기존처럼 앉은 자세로 측정한 수치와 누운 자세로 측정한 망막전위도는

Table 1. Comparison of b-wave amplitude and the implicit time of each response using Fresnel ganzfeld stimulator between the right and left eye (n = 25)

Parameter	Right mean	Left mean	p-value*
Amplitude (μ V)			
Dark adapted 0.01 ERG	116.25 ± 28.76	115.83 ± 35.29	0.928
Dark adapted 3.0 ERG	255.65 ± 42.90	253.78 ± 43.63	0.897
Photopic 3.0 ERG	69.99 ± 12.16	73.37 ± 10.23	0.342
30 Hz flicker	45.35 ± 13.70	44.09 ± 15.06	0.797
Implicit time (msec)			
Dark adapted 0.01 ERG	100.03 ± 7.73	100.93 ± 8.44	0.330
Dark adapted 3.0 ERG	49.35 ± 2.65	49.50 ± 2.59	0.877
Photopic 3.0 ERG	28.11 ± 1.63	28.43 ± 1.53	0.494
30 Hz flicker	25.31 ± 1.64	25.29 ± 1.67	0.971

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

ERG = electroretinogram.

*p-value by paired t-test.

Table 2. Comparison of a-wave amplitude and the implicit time of each response between Ganzfeld stimulator and Fresnel ganzfeld stimulator (n = 25)

Parameter	Ganzfeld mean	Fresnel ganzfeld mean	p-value*
Amplitude (μ V)			
Dark adapted 3.0 ERG	139.41 ± 89.99	140.80 ± 86.69	0.900
Photopic 3.0 ERG	50.50 ± 3.46	54.30 ± 2.40	0.239
Implicit time (msec)			
Dark adapted 3.0 ERG	22.37 ± 1.96	22.16 ± 2.11	0.549
Photopic 3.0 ERG	16.10 ± 2.28	16.38 ± 2.75	0.288

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

ERG = electroretinogram.

*p-value by paired t-test.

Table 3. Comparison of b-wave amplitude and the implicit time of each response between Ganzfeld stimulator and Fresnel ganzfeld stimulator (n = 25)

Parameter	Ganzfeld mean	Fresnel ganzfeld mean	p-value*
Amplitude (μ V)			
Dark adapted 0.01 ERG	119.42 ± 31.58	116.04 ± 31.78	0.274
Dark adapted 3.0 ERG	256.17 ± 44.54	254.71 ± 42.72	0.074
Photopic 3.0 ERG	72.47 ± 11.53	71.68 ± 11.22	0.248
30 Hz flicker	46.82 ± 13.31	45.35 ± 13.71	0.062
Implicit time (msec)			
Dark adapted 0.01 ERG	99.50 ± 7.62	100.46 ± 8.01	0.212
Dark adapted 3.0 ERG	49.01 ± 2.67	49.43 ± 2.59	0.501
Photopic 3.0 ERG	28.38 ± 1.48	28.27 ± 1.57	0.183
30 Hz flicker	25.79 ± 2.41	25.30 ± 1.63	0.138

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

ERG = electroretinogram.

*p-value by paired t-test.

Table 4. Comparison of b-wave amplitude and the implicit time of each response using Fresnel ganzfeld stimulator between sitting and supine position (n = 25)

Parameter	Sitting mean	Supine mean	p-value*
Amplitude (μ V)			
Dark adapted 0.01 ERG	114.17 \pm 27.16	109.91 \pm 18.95	0.551
Dark adapted 3.0 ERG	257.40 \pm 48.07	262.52 \pm 43.63	0.714
Photopic 3.0 ERG	71.60 \pm 10.97	67.13 \pm 10.70	0.211
30 Hz flicker	50.65 \pm 15.21	46.20 \pm 15.64	0.398
Implicit time (msec)			
Dark adapted 0.01 ERG	101.63 \pm 6.70	101.20 \pm 7.88	0.842
Dark adapted 3.0 ERG	49.68 \pm 3.49	50.33 \pm 3.23	0.529
Photopic 3.0 ERG	28.98 \pm 1.78	28.08 \pm 1.57	0.076
30 Hz flicker	24.79 \pm 0.61	25.40 \pm 1.63	0.134

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.

ERG = electroretinogram.

*p-value by paired t-test.

두 자극기 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

고 찰

1989년 국제임상시각전기생리학회(ISCEV)가 표준검사 방법을 제시한 이후 표준 망막전위도는 검사결과의 객관적 비교 및 분석이 가능하게 되었고 여러 망막 질환을 진단하고 연구하는 데 중요한 검사로 자리잡게 되었다. Ganzfeld 이론은 1930년 Metzger⁵에 의해 균일한 시야의 인식에 대해 실험 정신학 분야에서 처음 소개되었다. 이후 1952년 Gibson and Waddell⁶에 의해 ganzfeld 자극기가 유용하게 망막전체에 자극을 전달할 수 있다는 보고가 있었으며, Cohen⁷⁻⁹에 의해 초기 ganzfeld 모델이 고안되고 많은 연구가 진행되어 왔다. 이후 망막 주변부까지 균일하게 빛 자극을 주기 위한 수단으로 돔 형태의 ganzfeld 자극기가 망막 전위도 검사 시 표준적으로 사용되어 왔다.¹ 하지만 기존의 ganzfeld 자극기는 크기가 크며 앉은 자세로 ganzfeld 반구 내에 얼굴을 고정하여 자극을 주기 때문에 거동이 불편한 환자나 소아환자에서 검사에 한계가 있었다.

Fresnel 렌즈가 장착된 ganzfeld 자극기가 최근 나오면서 이러한 단점을 보완할 수 있게 되었다. Fresnel 렌즈는 집광 렌즈의 일종으로서, 두께를 줄이기 위하여 몇 개의 일정한 두께를 가진 고리 모양의 렌즈로 구성된 것을 말한다(Fig. 2). 두께를 줄여도 볼록렌즈와 같은 역할을 할 수 있는 이유는 몇 개의 띠 모양으로 나누어 각 띠에 프리즘작용을 하게 하여 수차를 작게 했기 때문이다.¹⁰ 이와 같은 얇고 가볍게 제작된 이 렌즈를 ganzfeld 반구 앞면에 몰딩시킴으로써 기존의 ganzfeld 자극기의 부피를 줄였다. 얼굴을 ganzfeld 반구에 넣지 않고 렌즈를 얼굴 앞에 위치시킴으로써 망막 전위도를 측정할 수 있어 편안한 자세로 망막전위도를 측

정할 수 있게 되었다. 또한 자극기를 떼어서 손에 들고 환자를 누운 자세로 검사를 할 수 있도록 하여 거동이 불편한 환자나 소아에서도 검사가 가능하게 되었다. 이러한 장점을 바탕으로 많은 해외 연구기관에서 다양한 망막 질환에 대해 Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 임상 연구를 진행하고 있다.¹¹⁻¹⁴

본 연구에서 저자들은 Fresnel ganzfeld 자극기가 기존의 돔형 ganzfeld 자극기만큼의 충분한 자극이 망막에 전달되는지 두 자극기를 이용하여 안과적 질환이 없는 정상 대상군의 망막전위도를 측정하여 비교하였다. 다른 조건이 모두 같은 상태에서 이 두 자극기로 측정된 Dark adapted 0.01 3.0 ERG, Photopic 3.0 ERG, 30 Hz flicker 수치들 사이에 통계학적인 차이가 없음을 확인하였다. 또한 Fresnel ganzfeld 자극기로 측정된 망막전위도는 양안 간에 차이는 없었다.

누운 상태로 망막 전위도를 측정하였을 때와 기존 자세인 앉은 자세로 측정하였을 때 차이가 발생하지 않는지 자세에 따른 망막전위도 수치를 비교하였다. 우리는 누운 자세에서도 기존의 방식대로 앉아서 측정한 망막전위도와 통계학적으로 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 거동이 불편한 환자나 협조가 어려운 소아에서 Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 망막전위도를 조금 더 수월하게 측정할 수 있을 것으로 생각할 수 있었다. 손에 들고 검사할 수 있는 mini-ganzfeld stimulator가 개발되어 검사의 편의성이 조금 더 증대되었으나 양안을 따로 검사해야 하는 단점이 있으며 기존의 ganzfeld 자극기와의 비교연구가 아직 없어 추후 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이 외에도 Fresnel ganzfeld의 뒷면에 liquid crystal display (LCD) 모니터를 장착하여 환자가 정면을 주시하는지 확인하여 망막에도 자극을 제대로 전달할 수 있도록 확인하면

서 검사할 수 있다는 장점이 있다. 또한 ganzfeld 반구 앞에 Fresnel 렌즈로 몰딩이 되어 있어 airborne 병원체의 침투를 최소화할 수 있게 고안되어 관리가 편리하도록 하였다.

본 연구에서는 Fresnel ganzfeld 자극기로 얻은 망막전위도 측정치가 기존의 돔형 ganzfeld 자극기의 망막전위도와 큰 차이 없이 측정되었음을 확인하였으며 기존의 ganzfeld 자극기를 대체하여 사용할 수 있음을 보여주었다. 또한 협조가 어려운 소아나 거동이 불편한 환자에서도 망막전위도를 측정할 수 있다는 점에서 임상적 유용성이 높다고 할 수 있다.

REFERENCES

- 1) Marmor MF, Fulton AB, Holder GE, et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2008 update). Doc Ophthalmol 2009;118:69-77.
- 2) Gunkel RD, Bergsma DR, Gouras P. A Ganzfeld stimulator for electroretinography. Arch Ophthalmol 1976;94:669-70.
- 3) Rabin AR, Berson EL. A full-field system for clinical electroretinography. Arch Ophthalmol 1974;92:59-63.
- 4) Gouras P. Electroretinography: some basic principles. Invest Ophthalmol 1970;9:557-69.
- 5) Metzger W. Optical investigations of the Ganzfeld. Psychological Research 1930;13:6-29.
- 6) Gibson JJ, Waddell D. Homogeneous retinal stimulation and visual perception. Am J Psychol 1952;65:263-70.
- 7) Cohen W. Spatial and textural characteristics of the Ganzfeld. Am J Psychol 1957;70:403-10.
- 8) Cohen W. Color-perception in the chromatic Ganzfeld. Am J Psychol 1958;71:390-4.
- 9) Cohen W. Comparisons of homogeneous Ganzfelds with Ganzfelds containing simple figures. Dissertation Abstracts 1956;16:1510-1.
- 10) Kritchman EM, Friesem AA, Yekutieli G. Highly concentrating Fresnel lenses. Appl Opt 1979;18:2688-95.
- 11) Besch D, Kurtenbach A, Apfelstedt-Sylla E, et al. Visual field constriction and electrophysiological changes associated with vigabatrin. Doc Ophthalmol 2002;104:151-70.
- 12) Huang S, Wu D, Jiang F, et al. The multifocal electroretinogram in X-linked juvenile retinoschisis. Doc Ophthalmol 2003;106:251-5.
- 13) Nagy D, Schönfisch B, Zrenner E, Jägle H. Long-term follow-up of retinitis pigmentosa patients with multifocal electroretinography. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:4664-71.
- 14) Kretschmann U, Seeliger M, Ruether K, et al. Spatial cone activity distribution in diseases of the posterior pole determined by multifocal electroretinography. Vision Res 1998;38:3817-28.

= 국문초록 =

프레넬 간츠펠드 자극기의 임상적 유용성

목적: 기존의 Ganzfeld 반구를 이용한 자극기와 Fresnel ganzfeld 자극기를 비교하였으며 Fresnel ganzfeld 자극기의 임상적 유용성을 확인하고자 하였다.

대상과 방법: 안과적 과거력이 없는 25명 50안을 대상으로 기존의 ganzfeld 자극기와 Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 양안의 망막전위도를 측정하였다. 망막전위도의 진폭 및 반응도달 시간을 두 자극기 간에 비교하였다. 또한 Fresnel ganzfeld를 이용하여 얻은 망막전위도를 양안 간에, 그리고 앉은 자세와 누운 자세에서 측정하여 비교하였다.

결과: 기존의 ganzfeld 반구를 이용한 자극기와 Fresnel ganzfeld 자극기를 이용하여 얻은 Dark adapted 0.01, 3.0 electroretinogram (ERG), Photopic 3.0 ERG, Photopic 3.0 flicker의 a 및 b파의 진폭과 반응도달 시간은 통계학적으로 의미 있는 차이가 없었다. Fresnel ganzfeld 자극기로 측정된 대상군의 망막전위도의 진폭과 반응도달 시간의 양안차이는 없었다. 또한 앉아서 측정한 망막전위도와 누운 자세로 측정한 망막전위도 수치 역시 의미 있는 차이가 없었다.

결론: Fresnel 렌즈가 몰딩된 ganzfeld 자극기는 기존의 돔형 ganzfeld를 대체할 수 있으며 거동이 불편한 환자나 협조가 어려운 소아에서도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

〈대한안과학회지 2015;56(12):1874-1879〉
