휴대용 망막전위도의 임상적 유용성

Clinical Efficacy of Portable Electroretinograms

김민진 · 최경식

Min Jin Kim, MD, Kyung Seek Choi, MD, PhD

순천향대학교 의과대학 서울병원 안과학교실

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

Purpose: To compare electroretinogram (ERG) waveforms acquired using a portable flash/flicker ERG with skin electrodes (RETeval™; LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA), a portable flash/flicker ERG with ERG-jet contact lens electrodes (Fabrinal SA, La Chaux-De-Fonds, Swiss), and a conventional full-field (Ganzfeld) ERG.

Methods: The left eyes of 30 volunteers with no general or ocular history were measured with a portable RETeval ERG, a portable ERG-jet system, and a conventional full-field ERG. Amplitudes and implicit times were compared among the measurements obtained using the three systems.

Results: The RETeval ERG generally showed a lower amplitude than that obtained using a conventional full-field ERG (all, $p < 0.001$). Amplitude readings from the ERG-jet showed no differences with those acquired using the conventional full-field ERG (all $p > 0.1$).

Conclusions: Given the differences in the readings from those obtained using a conventional full-field ERG, data from the portable ERG-RETeval type should be analyzed with caution. Notably, the portable ERG-jet showed no differences in its readings compared to those obtained using a conventional full-field ERG.

J Korean Ophthalmol Soc 2021;62(4):524-530

Keywords: Electrode, Electroretinogram, Portable electroretinogram, RETeval

망막전위도는 빛 자극에 대한 망막의 반응을 전기적 신호의 파형으로 기록하는 검사로 여러 질환을 진단하는 데

에 중요하다. 망막전위도를 측정하기 위한 전극으로는 높은 진폭과 안정된 기록을 얻을 수 있는 각막접촉렌즈전극이 주로 사용되며 단극전극인 electroretinogram (ERG)-jet 전극(Fabrinal SA, La Chaux-De-Fonds, Swiss)이 임상적으로 가장 많이 쓰이고 있다.¹

기존의 탁상용 전체시아 망막전위도검사는 검사를 위한 암순응 등의 전 처치가 있어 검사시간보다 오랜 기간 준비하여야 하고, 시자극을 주는 Ganzfeld 돔 장치로 인해 앉은 자세에서만 측정이 가능하여 침상에 누워있거나 자세 유지가 힘든 경우 검사를 시행할 수 없다. 반면, 휴대용 망막전위도검사는 산동제를 점안하지 않고도 검사할 수 있어 준비 시간이 짧고, 피부전극을 이용하여 자세와 상관없이 손에 들고 검사가 가능해 소아나 거동이 불편한 환자에서도 검사가 가능한 장점이 있다.^{2,3} 하지만 휴대용 망막전위도

■ Received: 2020. 8. 24. ■ Revised: 2020. 11. 18.

■ Accepted: 2021. 3. 31.

■ Address reprint requests to **Kyung Seek Choi, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University
Seoul Hospital, #59 Deasakwan-ro, Yongsan-gu, Seoul 04401,
Korea
Tel: 82-2-709-9354, Fax: 82-2-710-3196
E-mail: ckseek@schmc.ac.kr

* The study was presented as oral presentation at the 120th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2018.

* This work was supported by the Soonchunhyang University Research Fund.

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2021 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.

측정기의 경우 피부전극을 사용하면 각막에 직접 접촉하는 것이 아니라 눈 밑 피부에 부착하기 때문에 눈 밑 피부두께 등 변수에 의해 파형의 크기가 달라질 수 있다.^{4,6}

이에 본 연구에서는 정상인에서 휴대용 망막전위도 측정기 RETeval™ (LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA)를 이용하여 망막전위도 측정 시 RETeval™의 피부전극 (Sensor strips, LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA)과 ERG-jet (Fabrinal SA) 전극을 사용할 때, ERG-jet 전극을 이용하여 측정한 탁상용 Ganzfeld (full-field) 망막전위도(LKC Technologies)와의 파형과 차이가 있는지 알아보고자 한다.

대상과 방법

전향적 연구로 20세 이상 35세 미만의 성인으로 양안의 최대교정시력이 0.8 이상, 굴절이상 ± 5 diopter 이하, 정상 안압, 안과질환 및 안과적 합병증을 유발할 수 있는 당뇨병, 고혈압 등의 전신질환이 없고, 망막전위도에 영향을 미치는 약물을 사용한 과거력이 없는 30명을 대상으로 하였다. 대상자의 좌안 망막전위도를, ERG-jet 전극을 이용한 탁상용 망막전위도검사기와 RETeval™의 피부전극과 ERG-jet 전극을 사용한 휴대용 망막전위도검사로 각각 측정하였다.

본 연구는 헬싱키선언을 준수하였고, 인증된 본원의 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 심의를 거쳐 연구계획을 승인받아 진행하였으며(승인 번호: 2019-01-022-001), 피검자에게 모든 검사 과정을 충분히 설명한 후 동의를 얻고 진행하였다. 세 가지 검사는 모든 피검자에 대해 동일한 환경에서 동일한 방법으로 같은 검사자가 시행하였다.

International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV)에서 2015년도에 표준화된 6가지 기본 반응 중 암순응 0.01 망막전위도(간체반응, dark-adapted 0.01 ERG), 암순응 3.0 망막전위도(최대복합반응, dark-adapted 3.0 ERG [combined rod-cone standard flash ERG]), 진동소파전위(dark-adapted 3 oscillatory potentials), 명순응 3.0 망막전위도(단일섬광추체반응, light-adapted 3.0 ERG [standard flash "cone" ERG]), 명순응 30 Hz 점멸망막전위도(light-adapted 30Hz flicker ERG)의 5가지 반응을 기록하였다.

모든 검사 시작 전에는 30분 동안 암순응을 시켰다. 우선 RETeval™의 피부전극을 휴대용 망막전위도에 연결하고 점안마취 및 산동 전 처치 없이 검사안의 하안검의 2 mm 아래에 부착하여 휴대용 망막전위도의 전체 프로토콜 파형을 기록하였다(Fig. 1A, B).

다음으로 탁상용 망막전위도를 측정하였는데 양안에 Phenylephrine hydrochloride/tropicamide 5 mg/5 mg/mL (Mydrin-P®; Santen Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan) 수회 점안하여 충분히 산동한 후 30분 동안 암순응을 시키고, 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine® 0.5%; Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 점안 국소마취 후, 전기전도도 개선과 피검자 각막 보호를 위한 hydroxypropylmethylcellulose (Hycell soln®; SamIl Pharm, Seoul, Korea)를 ERG-jet 전극 표면에 도포한 후 양안에 삽입하였다. 접지전극은 이마 중심에, 기준전극은 검사안과 같은 쪽의 외안각 바깥쪽에 부착시킨 후, 피검자가 stimulus dome에 머리를 고정하고 중앙의 붉은 빛을 주시하게 하면서 full-field (Ganzfeld) stimulator로 빛 자극을 주었다. -25 dB ($0.01 \text{ cd} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)의 약한 백색광을 2초 간격으로 주면서 암순응 0.01 망막전위도를 기록하고, 백색의 0 dB ($2.5 \text{ cd} \cdot \text{s}/\text{m}^2$) 표준 빛 자극을 2초 간격으로 주면서 복합반응을 기록하였다. 5분 가량의 명순응 후 배경조명을 $25 \text{ cd} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 로 조정하고, 백색의 0 dB의 표준 빛 자극을 1초에 30회 주면서 명순응 30 Hz 점멸망막전위도를 기록하였다. 마지막으로 ERG-jet 전극을 휴대용 망막전위도에 연결하고, 탁상용 망막전위도와 동일한 방법으로 산동, 암순응, 국소마취를 진행한 후, 전극에 hydroxypropylmethylcellulose를 도포하고 양안에 삽입하여 휴대용 망막전위도의 전체 프로토콜 파형을 기록하였다(Fig. 1C, D).

30명(30안)에서 ISCEV 표준 5가지 파형을 비교하였다. 암순응 0.01 망막전위도에서 b-파의 진폭과 반응도달 시간,

Figure 1. Portable electroretinogram (ERG) connected to skin electrode or ERG-jet electrode. (A) Photograph of skin electrode (RETeval™ Sensor strip, LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA). (B) Photograph of examination of portable ERG with skin electrode attached to lower eyelid. (C) Photograph of ERG-jet electrode. (D) Photograph of examination of portable ERG with ERG-jet electrode attached to cornea.

암순응 3.0 망막전위도에서 a-파, b-파의 진폭과 반응도달 시간, 진동소파전위의 진폭 평균값과 반응도달 시간, 명순응 3.0 망막전위도에서 a-파, b-파의 진폭과 반응도달 시간, 명순응 30 Hz 점멸망막전위도에서 진폭과 반응도달 시간을 비교하였다. 각 파형의 측정 방법별 진폭을 비교하기 위해 각 개체마다 탁상용 망막전위도에서 측정된 진폭과 휴대용 망막전위도에서 측정된 진폭을 비교하여 평균을 구했다.

반응도달 시간은 각 파형에서 자극을 준 후 최고진폭에 도달할 때까지 걸리는 시간이다. 각 파형 통계 분석은 SPSS (ver 21.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 Wilcoxon signed rank test를 진행하였으며, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 일 때로 정하였다. 본 연구는 3군을 비교하며 하나의 파형에서 a-파, b-파의 진폭과 반응도달 시간을 비교하기 때문에, 다중 비교에서 생길 수 있는 오류를 보정하기 위하여 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 사용하여 유의확률을 그룹 수와 지표수로 나누어 계산하였다. 유의확률 0.05를 기준으로 그룹 수인 3과 지표수인 4로 나눈 값인 0.004 미만인 경우 유의하다고 판단하였다.

결 과

본 연구는 총 30명의 좌안을 대상으로 실시하였으며 피험자들의 평균 나이는 28.7 ± 2.01 세(24-35세)였으며 남녀 비율은 같았다. 암순응 0.01 망막전위도에서 b-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에서 $221.0 \pm 96.6 \mu V$ 였고, 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부 전극 사용시 $27.1 \pm 9.3 \mu V$ 였으며, ERG-jet 전극 사용시에는 $155.4 \pm 40.0 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). b-파의 평균 진폭은 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 탁상용 망막전위도에 비해 평

균 9.62배 작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용하여 측정했을 때는 탁상용 망막전위도와 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.074$).

암순응 3.0 망막전위도에서 a-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $-212.9 \pm 77.7 \mu V$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $-30.8 \pm 22.7 \mu V$, ERG-jet 전극 사용시 $-130.0 \pm 169.2 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). a-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 평균 5.15배 작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용시에는 탁상용 망막전위도와 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.059$).

암순응 3.0 망막전위도에서 b-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $332.7 \pm 116.2 \mu V$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $63.0 \pm 13.5 \mu V$ 였으며, ERG-jet 전극 사용시 $275.3 \pm 51.4 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). b-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 통계적으로 유의하게 평균 4.94배 작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용하여 측정하였을 때 탁상용 망막전위도와 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.114$).

진동소파 전위의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $204.0 \pm 106.5 \mu V$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $56.1 \pm 15.0 \mu V$, ERG-jet 전극 사용시 $180.5 \pm 59.2 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). 진동소파 전위의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 통계적으로 유의하게 평균 3.58배 작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용시 탁상용 망막전위도와 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.386$).

Table 1. Comparison of ERG amplitude between conventional ERG (Ganzfeld) and portable ERG (skin electrode and ERG-jet electrode)

	Ganzfeld (μV)	Skin (μV) [*]	p-value [†]	ERG-jet (μV) [‡]	p-value [§]
Dark-adapted 0.01 ERG	221.0 ± 96.6	27.1 ± 9.3	< 0.001	155.3 ± 40.0	0.074
Dark-adapted 3 ERG a wave	-212.9 ± 77.7	-30.8 ± 22.7	< 0.001	-130.0 ± 169.2	0.059
Dark-adapted 3 ERG b wave	332.7 ± 116.2	63.0 ± 13.5	< 0.001	275.3 ± 51.4	0.114
Dark-adapted oscillatory potentials	204.0 ± 106.5	56.1 ± 15.0	< 0.001	180.5 ± 59.2	0.386
Light-adapted 3 ERG a wave	-36.8 ± 10.6	-5.8 ± 2.4	< 0.001	-27.5 ± 6.2	0.137
Light adapted 3 ERG b wave	89.6 ± 17.7	16.4 ± 6.1	< 0.001	66.6 ± 21.1	0.114
Light-adapted 30Hz flicker ERG	65.9 ± 30.5	16.7 ± 5.7	0.002	65.7 ± 16.7	0.721

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

ERG = electroretinogram.

^{*}Skin = portable ERG with skin electrode; [†]p-value of Ganzfeld ERG and portable ERG with skin electrode were calculated using Wilcoxon signed rank test with Bonferroni post-hoc test, $p < 0.004$; [‡]ERG-jet = portable ERG with ERG-jet electrode; [§]p-value of Ganzfeld ERG and portable ERG with ERG-jet electrode were calculated using Wilcoxon signed rank test with Bonferroni post-hoc test, $p < 0.004$.

명순웅 3.0 망막전위도에서 a-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $-36.8 \pm 10.6 \mu\text{V}$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $-5.8 \pm 2.4 \mu\text{V}$ 였으며, ERG-jet 전극 사용시 $-27.5 \pm 6.2 \mu\text{V}$ 였다(Table 1, Fig. 2). a-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 통계적으로 유의하게 평균 6.12배

작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용하여 측정하였을 때 탁상용 망막전위도와 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.137$).

명순웅 3.0 망막전위도에서 b-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $89.6 \pm 17.7 \mu\text{V}$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $16.4 \pm 6.1 \mu\text{V}$ 였으며, ERG-jet 전

Figure 2. International Society for Clinical Electrophysiology of Vision standard electroretinogram (ERG) for the left eye of 29-year-old female using conventional full-field (Ganzfeld) ERG and portable ERG (RETeval™; LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA) with skin electrode and ERG-jet electrode. (A) Dark-adapted 0.01 ERG. (B) Dark-adapted 3 ERG (combined rod-cone standard flash ERG). (C) Dark-adapted 3 oscillatory potentials. (D) Light-adapted 3 ERG (standard flash “cone” ERG). (E) Light-adapted 30 Hz flicker ERG. X-axis represents time (ms) and Y-axis represents amplitude (μV) in all diagrams.

극 사용시 $66.6 \pm 21.1 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). b-파의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 통계적으로 유의하게 평균 5.62배 작게 나타났으며($p < 0.001$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용하여 측정하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.114$).

명순응 30 Hz 점멸 망막전위도에서 평균 진폭은 탁상용 망막전위도 측정 시 $65.9 \pm 30.5 \mu V$ 였고, 휴대용 망막전위도에서 피부 전극 사용시 $16.7 \pm 5.7 \mu V$ 였으며, ERG-jet 전극 사용시 $65.7 \pm 16.7 \mu V$ 였다(Table 1, Fig. 2). 명순응 30 Hz 점멸 망막전위도의 평균 진폭은 탁상용 망막전위도에 비해 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극 사용시 통계적으로 유의하게 평균 3.96배 작게 나타났으며($p = 0.002$), 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 사용하여 측정하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.721$).

탁상용 망막전위도와 피부 전극을 이용한 휴대용 망막전위도와의 파형을 비교했을 때 모든 반응에서 반응도달 시간의 유의한 차이는 없었다(Table 2, Fig. 2). 또한 탁상용 망막전위도와 ERG-jet 전극을 이용한 휴대용 망막전위도와의 파형을 비교했을 때, 모든 반응에서 반응도달 시간의 유의한 차이는 없었다(Table 2, Fig. 2).

고 찰

망막전위도 측정에 사용되는 검사 장비는 검사자 간에 또는 매회 측정 간에 변동성이 적고, 잡음이 적으며, 사용이 편리하고 부작용이 없어야 한다. 망막전위도의 결과가 측정 전극의 종류 및 측정 장비에 영향을 받는다는 사실은 여러 연구를 통해 알려져 있다.⁷ 2012년 개발된 휴대용 망막전위도 측정기는 준비 시간이 짧고 검사 난이도가 쉬운

장점 때문에 검사 협조도가 낮은 소아나 전신 상태가 안 좋은 환자들에게 사용할 수 있는 장점이 있다. 휴대용 망막전위도 측정기에서 피부전극을 사용하는 경우 눈에 직접 접촉하는 ERG-jet과 비교하여 파형의 차이가 있는지를 알아보고자 하였고, ERG-jet 전극을 이용한 휴대용 망막전위도 검사 결과와 기존 탁상용 망막전위도검사 장비의 결과를 비교해 휴대용 망막전위도검사가 기존 탁상용 검사를 대신할 수 있는지 측정치를 비교해 보고자 하였다.

이번 연구 결과 암순응 0.01 망막전위도(dark-adapted 0.01 ERG), 암순응 3.0 망막전위도(dark-adapted 3 ERG [combined rod-cone standard flash ERG]), 진동소파전위(dark-adapted 3 oscillatory potentials), 명순응 3.0 망막전위도(light-adapted 3 ERG [standard flash “cone” ERG]), 명순응 30 Hz 점멸 망막전위도(Light-adapted 30 Hz flicker ERG)의 진폭이 모두 탁상용 full-field (Ganzfeld) 망막전위도에서 휴대용 망막전위도에 피부전극을 연결하였을 때보다 유의하게 컸다($p < 0.001$).

이에 반해 휴대용 망막전위도에 ERG-jet 전극을 연결하여 검사한 경우, 기존의 탁상용 full-field (Ganzfeld) 망막전위도검사 결과와 파형의 크기는 유의한 차이가 없었다. 이에 고착하여 거동이 불편하거나 협조가 떨어지는 환자에서 휴대용 망막전위도에 ERG-jet 전극을 연결하여 검사를 시행할 경우 탁상용 망막전위도와 유사한 결과를 보일 수 있어 탁상용 망막전위도검사를 시행할 수 없는 대상에서 휴대용 망막전위도검사의 사용을 고려해 볼 수 있다.

망막질환이 있는 경우 병의 초기에는 망막전위도의 진폭 감소가 크지 않을 수 있기 때문에, 망막전위도의 진폭이 크게 표현될수록 초기 병변을 가려내는 데 유리하다. 따라서 휴대용 망막전위도에 피부전극을 연결하여 검사를 시행한다면, 진폭의 정도가 ERG-jet 전극을 사용한 경우보다 작아

Table 2. Comparison of ERG implicit time between conventional ERG (Ganzfeld) and portable ERG (skin electrode and ERG-jet electrode)

	Ganzfeld (ms)	Skin (ms) [*]	p-value [†]	ERG-jet (ms) [‡]	p-value [§]
Dark-adapted 0.01 ERG	72.9 ± 5.7	71.6 ± 4.0	0.130	72.8 ± 4.3	0.338
Dark-adapted 3 ERG a wave	19.2 ± 1.8	18.9 ± 1.2	0.148	20.0 ± 1.5	0.266
Dark-adapted 3 ERG b wave	39.4 ± 4.3	41.3 ± 1.5	0.684	42.6 ± 6.9	0.183
Dark-adapted oscillatory potentials	15.2 ± 1.0	15.2 ± 0.7	0.470	15.5 ± 1.0	0.464
Light-adapted 3 ERG a wave	13.8 ± 1.3	12.1 ± 0.9	0.082	13.6 ± 0.7	0.665
Light adapted 3 ERG b wave	29.3 ± 1.1	28.3 ± 0.6	0.089	29.6 ± 0.7	0.184
Light-adapted 30Hz flicker ERG	25.5 ± 1.5	24.8 ± 0.5	0.159	25.2 ± 0.8	0.069

Values are presented as mean ± standard deviation.

ERG = electroretinogram.

^{*}Skin = portable ERG with skin electrode; [†]p-value of Ganzfeld ERG and portable ERG with skin electrode were calculated using Wilcoxon signed rank test with Bonferroni post-hoc test, $p < 0.004$; [‡]ERG-jet = portable ERG with ERG-jet electrode; [§]p-value of Ganzfeld ERG and portable ERG with ERG-jet electrode were calculated using Wilcoxon signed rank test with Bonferroni post-hoc test, $p < 0.004$.

진폭의 감소가 정밀하게 표현되지 않을 수 있기 때문에 결과를 해석하는 데 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다. 피부전극을 이용한 검사에서 파형의 진폭이 감소된 결과가 있는 경우 각막접촉전극을 이용하여 검사를 한다면 실제 병변에 의한 망막전위도의 진폭 감소인지 피부전극에 의한 오차인지 알 수 있을 것이다.

이번 연구의 의의는 같은 사람을 대상으로 같은 조건에서 탁상용 full-field (Ganzfeld) 망막전위도와 휴대용 망막전위도(피부전극), 휴대용 망막전위도(ERG-jet 전극)를 직접 비교했다는 데에 있다. 망막전위도에 관한 여러 보고를 검토해 보면, 측정하는 시스템이나 장비가 매우 다양하고 명시하지 않은 경우도 있다. 경험상, 피검자나 전극의 종류가 같아도 측정 시스템이 다를 경우 망막전위도의 결과가 달라지는 것으로 생각된다. 따라서 두 종류의 검사 장비 및 전극으로 측정한 망막전위도가 피검자가 다르거나 측정 시스템이 다른 경우 직접적으로 비교하기 어렵다. 본 연구에서는 피검자들의 연령을 20-30대로 제한함으로써 연령이나 검사 협조도에 따른 변수를 통제해 피검자로 인한 오류를 최소화하여 측정 시스템 자체를 비교할 수 있었다.

이번 연구에서 휴대용 망막전위도에 피부전극을 연결하였을 때 망막전위도의 진폭이 작게 나온 원인으로 눈 및 피부두께에 따른 변수를 생각해볼 수 있다. 피부전극을 사용한 휴대용 망막전위도가 ERG-jet 전극을 사용한 기존 탁상용 망막전위도보다 진폭이 낮게 나온다는 점은 타 연구에서 알려졌다.⁸ 본 연구는 ERG-jet 전극을 연결한 휴대용 망막전위도를 기존 탁상용 망막전위도와 비교한 데에 그 의의가 있다. 피부전극을 연결한 휴대용 망막전위도는 각막접촉렌즈전극보다 진폭이 낮게 측정되지만 휴대용 망막전위도에서 ERG-jet 전극을 연결하였을 때 기존 탁상용 망막전위도와 비교하여 진폭에는 영향이 없다는 결론을 얻었다.

휴대용 망막전위도에서 피부전극을 이용할 경우 소아나 검사 협조도가 낮은 환자에서 검사 난이도를 쉽게 하여 검사를 진행할 수 있는 장점은 존재한다. 하지만 결과의 유용성을 생각해보았을 때, 거동이 불편하여 탁상용 망막전위도검사가 불가능한 환자에서 이와 비슷한 결과치를 얻고자 할 때 휴대용 망막전위도에 ERG-jet 전극을 연결하여 사용

할 경우 망막전위도의 비슷한 결과치를 얻을 수 있다.

이번 연구의 한계점은 정상안에서만 시행하였다는 점이며, 추후 당뇨병망막병증이나 망막색소변성 등의 다른 망막질환을 가진 환자들에서의 연구가 필요하다. 또한 젊은 연령의 성인에서만 연구가 진행되어 소아나 고령에도 ERG-jet 전극을 사용한 휴대용 망막전위도가 유용할지에 대한 연구가 추가로 필요하다. 피부전극 사용시 눈 및 피부층의 두께나 온도 등의 영향이 있을 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. ERG-jet 전극을 연결한 휴대용 망막전위도는 탁상용 전체시아망막전위도와 비슷한 수준의 반응 도달 시간과 진폭을 얻을 수 있어 망막 질환의 진단에 있어 간편하면서 정확한 검사로 사용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- 1) McCulloch DL, Marmor MF, Brigell MG, et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). *Doc Ophthalmol* 2015;130:1-12.
- 2) Kato K, Kondo M, Sugimoto M, et al. Effect of pupil size on flicker ERGs recorded with reteval system: new mydriasis-free full-field ERG system. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56:3684-90.
- 3) Tang J, Hui F, Hadoux X, et al. A comparison of the RETeval sensor strip and DTL electrode for recording the photopic negative response. *Transl Vis Sci Technol* 2018;7:27.
- 4) Kriss A. Skin ERGs: their effectiveness in paediatric visual assessment, confounding factors, and comparison with ERGs recorded using various types of corneal electrode. *Int J Psychophysiol* 1994;16:137-46.
- 5) Bradshaw K, Hansen R, Fulton A. Comparison of ERGs recorded with skin and corneal-contact electrodes in normal children and adults. *Doc Ophthalmol* 2004;109:43-55.
- 6) Mortlock KE, Binns AM, Aldebasi YH, North RV. Inter-subject, inter-ocular and inter-session repeatability of the photopic negative response of the electroretinogram recorded using DTL and skin electrodes. *Doc Ophthalmol* 2010;121:123-34.
- 7) Park J, Lee H, Park SJ, Kim YH. Comparison of electroretinogram waveforms acquired using monopolar ERG-jet electrode and bipolar Burian-Allen electrode. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:1217-23.
- 8) Nakamura N, Fujinami K, Mizuno Y, et al. Evaluation of cone function by a handheld non-mydratic flicker electroretinogram device. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1175-85.

= 국문초록 =

휴대용 망막전위도의 임상적 유용성

목적: 휴대용 망막전위도측정기를 이용하여 망막전위도 측정 시 피부전극과 ERG-jet 전극을 사용할 때의 망막전위도 파형과 ERG-jet 전극을 이용하여 측정한 탁상용 전체시아망막전위도의 파형을 비교하여 차이를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 양안의 안과질환이 없는 성인 30명의 좌안을 대상으로 5개의 표준망막전위도 측정을 각각 휴대용 망막전위도측정기 RETeval™ (LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA)를 이용하여 RETeval™의 피부전극과 ERG-jet (Fabrinal SA, La Chaux-De-Fonds, Swiss) 전극으로 검사한 망막전위도를 서로 비교하였고, 이를 ERG-jet 전극을 이용한 탁상용 망막전위도검사 (LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA)로 측정된 파형과 비교하였다.

결과: 피부전극을 이용하여 휴대용 망막전위도 측정기로 망막전위도를 측정하였을 때, 모든 파형은 탁상용 망막전위도의 파형과 통계적으로 유의한 차이를 보이며 작게 나타났다(모두 $p < 0.001$). ERG-jet 전극을 이용하여 휴대용 망막전위도 측정기로 망막전위도를 측정하였을 때, 모든 파형은 ERG-jet 전극을 이용한 탁상용 망막전위도의 파형과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(모두 $p > 0.1$).

결론: 휴대용 망막전위도에 피부전극을 연결할 경우 탁상용 망막전위도검사보다 파형의 크기가 작아 결과를 해석하는 데에 유의해야 한다. 휴대용 망막전위도에 ERG-jet 전극을 이용하면 탁상용 망막전위도검사와 같은 진폭의 파형을 얻을 수 있다.

〈대한안과학회지 2021;62(4):524-530〉

김민진 / Min Jin Kim

순천향대학교 의과대학 서울병원 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Soonchunhyang University Seoul Hospital,
Soonchunhyang University College of Medicine