

미숙아망막병증에서 스마트폰 카메라를 이용한 안저사진 촬영의 유용성

Smartphone Fundoscopy to Detect Retinopathy of Prematurity

이새미 · 안성현 · 박우찬 · 권윤희

Sae Mi Lee, MD, Seoung Hyun An, MD, Woo Chan Park, MD, PhD, Yoon Hyung Kwon, MD

동아대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Dong-A University College of Medicine, Busan, Korea

Purpose: To evaluate the usefulness of fundus images captured with a smartphone camera in retinopathy of prematurity (ROP).

Methods: We took fundoscopic photographs of 13 premature infants (26 eyes) using a smartphone (an I-phone 5) camera fitted with a 30 D lens (Volk Optical Inc., Mentor, OH, USA) from March 2014 to September 2017 in the neonatal intensive care units of Dong-A University Hospital. A hand-held smartphone camera with a 30 D lens was used to record the fundus in video mode. Fundus photographs were then captured from the video film.

Results: Four premature infants were diagnosed with ROP and were successfully photographed via smartphone fundoscopy. The photographs showed the optic disc, retinal arteries and veins, and the posterior pole of the retina. The photographs were simply saved as image files and uploaded to our electronic medical record system.

Conclusions: Smartphone fundoscopy to document ROP does not capture the peripheral retina but can be useful in hospitals lacking expensive imaging equipment. The technique may be useful in terms of documentation, education, and telemedicine.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(1):31-36

Keywords: Fundus photography, Retinopathy of prematurity, Smartphone

스마트폰의 사진 촬영 및 전송 기술의 발전은 안과영역에서 스마트폰의 사용을 증가시켰다. 소아 환자들을 대상으로 한 검사 시 스마트폰 영상의 동적이고, 밝은 특징을

이용해 소아환자의 주시를 이끌어 내는 목표물로 사용할 수 있으며, 근거리 시력표, 암슬러 격자 등의 간단한 검사뿐만 아니라 전안부 및 안저사진의 촬영에 이용할 수 있다.¹ 이러한 진단적 도구로서의 역할뿐만 아니라 환자교육, 안과 질환의 진단 및 치료의 내용을 담은 핸드북 어플리케이션 증가로 인해 진단, 교육, 정보 전달의 분야에서 그 적용 영역이 증가하고 있다.²

미숙아망막병증은 전 세계적으로 소아 실명의 중요한 원인이 되는 질환이다. 현재 시행되고 있는 미숙아망막병증의 고전적인 치료법으로 주변부의 레이저 광응고술이 있으며, 신속한 치료는 예후에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.³ 미숙아망막병증의 적절한 치료 시기를 놓치지 않기 위해서는 경과에 따라 주기적인 안저 검사 시행이 필수적이다. 또한 간접 검안경을 통한 안저 검사뿐

■ Received: 2017. 8. 31. ■ Revised: 2017. 10. 20.

■ Accepted: 2017. 12. 20.

■ Address reprint requests to Yoon Hyung Kwon, MD
Department of Ophthalmology, Dong-A University Hospital,
#26 Daesingongwon-ro Seo-gu, Busan 49201, Korea
Tel: 82-51-240-2776, Fax: 82-51-254-1987
E-mail: yhkwn@dau.ac.kr

* This study was presented as a e-poster at the 114th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2015.

* This work was supported by the Dong-A University Research Fund, Busan, Korea.

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

© 2018 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.

만 아니라 안저사진 촬영을 통해 의무 기록을 남기는 것이 필요하다. 다른 의료진과의 협진, 의료진 및 학생의 교육, 추후 법적인 문제에서 증거 자료로서 사진 자료는 중요하지만, 현재 미숙아의 안저사진 촬영에 주로 사용되는 RetCam (Massie Research Laboratories Inc., Dublin, CA, USA) 장비는 고가의 가격으로 인해 몇몇 병원을 제외하고는 대부분 이용하지 못하고 있다.⁴

Oluleye et al⁵은 미숙아망막병증의 선별 검사 시 스마트폰으로 촬영한 안저사진을 이용할 수 있으며, 고가의 촬

영 장비가 없는 상황에서 스마트폰을 이용한 안저사진 촬영이 유용하다고 주장하였다. 현재 우리나라의 경우 출산 연령의 증가 등의 사회적인 원인으로 인해 해마다 미숙아 출생률이 증가하고 있는 추세이며,⁶ 미숙아망막병증의 선별 검사의 수요 또한 증가할 것으로 예상된다. 이에 저자들은 스마트폰을 이용하여 미숙아망막병증 환자의 안저사진을 촬영하여 그 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법

2014년 3월 1일부터 2017년 9월 30일까지 본원 신생아 집중 치료실에 입원하여 미숙아망막병증을 진단받은 환자 13명, 26안을 대상으로 하였다. 본 연구는 동아대학교 병원 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 시행하였다. 환아들은 전신마취 없이 깨어 있는 상태를 유지하였으며, 안저사진 촬영 20-30분 전 tropicamide와 Phenylephrine 점안제(Mydrin[®]-P, Taejoon pharm Co. Ltd, Seoul, Korea)로 동공을 산대시켰고, 0.5% Proparacaine hydrochloride (Paracaine[®], Hanmi pharm Co. Ltd, Seoul, Korea)로 점안마취를 시행하였다. 검사자 외 보조 인력 1명이 개검기를 이용하여 환자의 위아래 눈꺼풀을 벌린 상태로 유지하였으며, 보조간호사가 환자의 머리를 양손으로 잡은 채 고정하였다. 이후 검사자 1명이 스마트폰(iphone 5, Apple Inc., Cupertino, CA, USA)과 30D 렌즈(Volk optical Inc., Mentor, OH, USA)를 이용하여 플래시를 지속적으로 켜놓은 상태에서 동영상 촬영 모드로 안저를 촬영하였다. 검사자는 한 손에 스마트폰과 다른 한 손에 30D 렌즈를 든 채 검사를 시행하였다(Fig. 1). 촬영 시 환자의 각막으로부터 렌즈를 3-5 cm에 위치시켰으며, 렌즈와 스마트폰 사이 거리는 15-20 cm로 위치한 후 검사자가 거리와 각도를 미



Figure 1. Smartphone funduscopy technique to detect retinopathy of prematurity. A hand-held smartphone and a 30 D lens were used to take the fundus photograph.

Table 1. Demographic features of cases

Case No.	Gestational age (wks)	Weight at birth (g)	Sex	Mode of delivery	ROP stage	Plus	LIO
Case 1	29 + 6	1,414	F	C-sec	Zone II, stage III	+	+
Case 2	26	855	F	C-sec	Zone III, stage I	-	-
Case 3	26 + 3	800	F	C-sec	Zone II, stage I	-	-
Case 4	26 + 5	1,030	F	C-sec	Zone II, stage II	+	+
Case 5	29 + 1	1,020	F	C-sec	Zone II, stage I	-	-
Case 6	26 + 3	102	F	C-sec	Zone III, stage I	-	-
Case 7	27 + 6	1,002	F	C-sec	Zone II, stage III	+	+
Case 8	28 + 5	1,080	M	C-sec	Zone II, stage 0	-	-
Case 9	27 + 6	1,170	M	C-sec	Zone III, stage 0	-	-
Case 10	26 + 3	1,050	M	C-sec	Zone II, stage 0	-	-
Case 11	31	1,630	F	C-sec	Zone III, stage 0	-	-
Case 12	28	790	F	C-sec	Zone II, stage II	+	+
Case 13	25	680	M	C-sec	Zone II, stage 0	-	-

LIO '+' means performed treatment, and '-' means not performed treatment.

wks = weeks; ROP = retinopathy of prematurity; LIO = laser indirect ophthalmoscope; F = female; M = male.

세하게 조정하여 스마트폰의 동영상 촬영 화면에 안저가 최대한 선명하게 확인되면 녹화를 진행하였다. 스마트폰을 잡은 손의 엄지 손가락을 이용하여 화면을 터치하면서 스마트폰에 내장된 자동 초점 기능을 활용하여 좀 더 선명한 영상을 얻고자 하였다. 플래시는 일정한 세기로 고정하였으며 광량을 줄이기 위한 조치는 따로 시행하지 않았다. 30디옵터 렌즈를 이용한 촬영 범위가 좁으므로 눈과 렌즈, 그리고 스마트폰의 위치와 촬영 각도를 조정해 가며 최대한 넓은 영역을 촬영하고자 하였다.

촬영 중 환자의 각막이 마르지 않도록 인공눈물 안약을 추가적으로 점안하였으며, 인공눈물 안약과 눈물이 각막 표면과 안검 사이에 너무 많을 경우 빛 반사가 일어날 수 있으므로 안검을 당겨 제거하거나 면봉을 이용하여 닦아 주었다. 주변부 촬영을 위해 보조자가 공막 누르개를 눌러 촬영하려 하였으나, 미숙아의 눈이 작아서 시행하기가 쉽지 않고 적절한 사진을 얻기까지 시간이 오래 걸려 환자의 전신 상태가 나빠질 가능성이 많아 공막 누르기 없이 촬영 각도 조절을 통해 최대한 넓게 촬영하고자 하였다. 비디오 모드에서 환자 안저 촬영 전 환자의 병록 번호를 먼저 촬영하여 여러 환자를 동시에 촬영하는 경우 안저가 구분되게 하였다. 안저사진은 촬영된 동영상을 재생한 후 스크린샷 기능을 이용하여 캡처 함으로써 얻을 수 있었으며, 얻은 이미지는 환자의 병록 번호를 함께 기록하여 병원 전산 의무 기록 시스템에 저장하였다.

결 과

본 연구에서 미숙아망막병증 선별 검사의 대상이 된 13

명 환자의 전신 상태는 Table 1과 같으며 환자의 평균 출생 주수는 27주 3일, 출생 시 평균 몸무게는 1,041 g, 모두 제왕절개술로 출생하였다.

13명의 환자 중 4명, 8안이 미숙아망막병증으로 진단되었으며 간접 검안경을 이용한 레이저 광응고술을 시행 받았다. 스마트폰(iphone 5)과 30D 렌즈를 이용하여 성공적으로 환자들의 안저를 촬영할 수 있었다.

총 13명의 환자 중 레이저 광응고술을 시행한 환아는 Table 1의 case 1, case 4, case 7, case 12와 같으며 스마트폰과 30D 렌즈를 이용하여 촬영된 안저사진은 Fig.2-5와 같다. 촬영된 안저사진은 시신경 유두와 황반을 포함한 망막 후극부가 잘 나타나 있으며, 후극부 혈관의 확장과 구부러짐을 보이는 추가징후가 잘 촬영되었다(Fig. 2-5). 공막 누르개를 이용한 공막 누르기 없이 posterior zone II에 존재하는 망막 외 섬유혈관증식까지 확인할 수 있었다.

레이저 광응고술 시행 후 같은 방식으로 촬영된 안저사진을 통하여 추가 징후가 호전된 것과 레이저 반흔을 확인할 수 있었으며, 치료 후 안저 상태를 사진으로 기록할 수 있었다(Fig. 2-5). 미숙아망막병증 진단 후 주변부 레이저 광응고술을 시행하기 전후의 안저사진을 촬영하여 치료의 경과를 객관적 자료로 보관하였으며, 이를 통하여 치료 후 경과를 비교할 수 있었다. 안저사진 촬영 후 결막하 출혈 등의 눈 부작용과 전신 상태 저하를 비롯한 심각한 전신 합병증을 보인 환아는 없었다. 스마트폰과 렌즈를 여러 각도로 촬영하여 얻은 후극부와 주변부 안저사진 여러 장을 이용하여 적절히 검사자가 조합하여 투박하지만 좀 더 넓은 안저 이미지를 얻을 수 있었다.

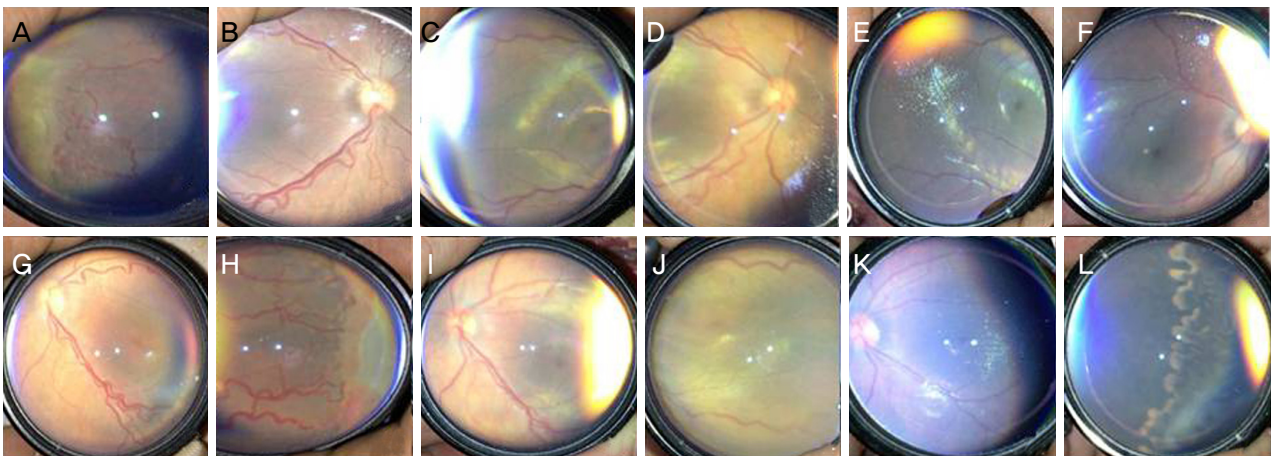


Figure 2. Smartphone fundus photographs of case 1 (29 weeks 6 days, 1,414 g birth weight), the right eye (A-F) and the left eye (G-L). (B, G) Posterior pole of both eyes, and (A, H) posterior zone II area of retina before laser treatment. (C, D, I, J) Posterior pole and posterior zone II area at 2 weeks after treatment. (E, F, K, L) 10 weeks after treatment. Photos show regression of extraretinal fibrovascular proliferation (E, L) and laser scars on the left eye (L). In case of the right eye, we couldn't take photo showing regression of extraretinal fibrovascular proliferation and laser scars (E).

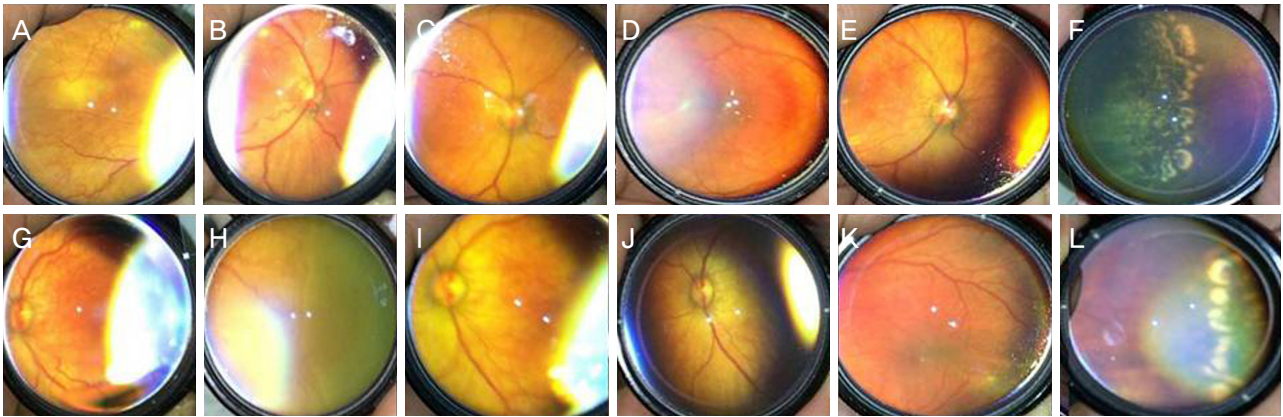


Figure 3. Smartphone fundus photographs of case 4 (26 weeks 5 days, 1,030 g birth weight), the right eye (A-F), and the left eye (G-L). (B, G) Posterior pole of prematurity, and (A, H) posterior zone II area of the both eyes before laser treatment. (C, I) Posterior pole of prematurity at 6 weeks after treatment. Photos of 4 months after treatment (D, E, J, K) show improvement of plus sign. Photos of 6 months after treatment (F, L) show laser scars.

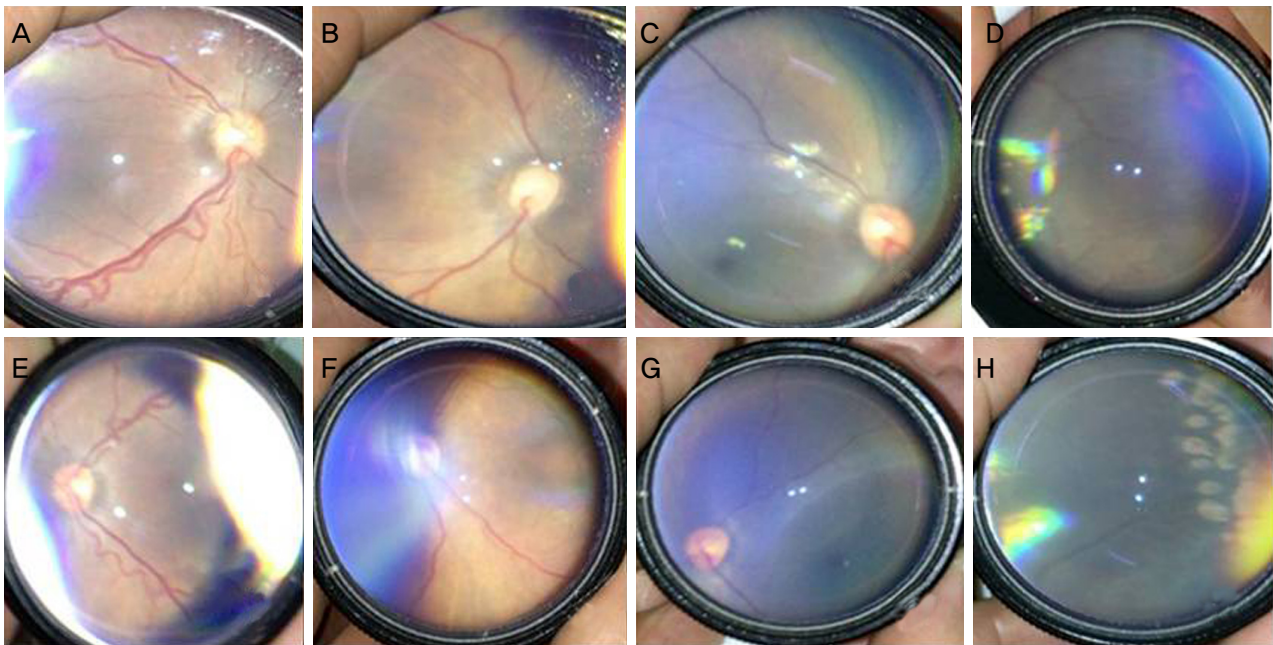


Figure 4. Smartphone fundus photographs of case 7 (27 weeks 6 days, 1,002 g birth weight), the right eye (A-D), and the left eye (E-H). (A, E) Posterior pole of the both eyes before laser treatment. (B, F) Posterior pole at 1 week after treatment. (C, D, G, H) Posterior pole and posterior zone II area at 10 weeks after treatment. (H) Laser scars on the left eye at 10 weeks after laser treatment. In case of the right eye, we couldn't take photo showing laser scars (D).

고 찰

안저사진 촬영은 안과 검사의 필수적인 부분으로 고해상도의 안저사진은 적합한 렌즈와 동축 광원의 적절한 조합으로 얻을 수 있다. 스마트폰에 탑재된 플래시와 카메라는 안저사진을 촬영할 수 있을 정도의 충분한 광량과 높은 해상도의 센서를 갖고 있으며 가볍고 크기가 작아 휴대가 편해 한 손으로 들고 찍기에 충분하다. 또한 카메라와 플래시가 동축에 위치하고 있어 다른 디지털 카메라보

다 빛을 안저에 잘 비출 수 있어 사진을 찍기에 용이하다. 그리고 스마트폰의 카메라는 자동 초점 기능이 있어 비교적 수월하게 망막에 초점을 맞출 수 있다.⁷

스마트폰을 활용한 안저 촬영은 고가인 RetCam과 같은 특수 안저 촬영장비 대신에 대부분의 의료진들이 갖고 있는 스마트폰을 이용하면 되므로 추가 비용이 들지 않으며, 간접 검안경을 볼 때 사용하는 렌즈만 있으면 되므로 추가적인 장비가 필요하지 않고 이동이 용이한 장점이 있다. 또한 촬영된 사진은 스마트폰의 다양한 사진 관련 어플리

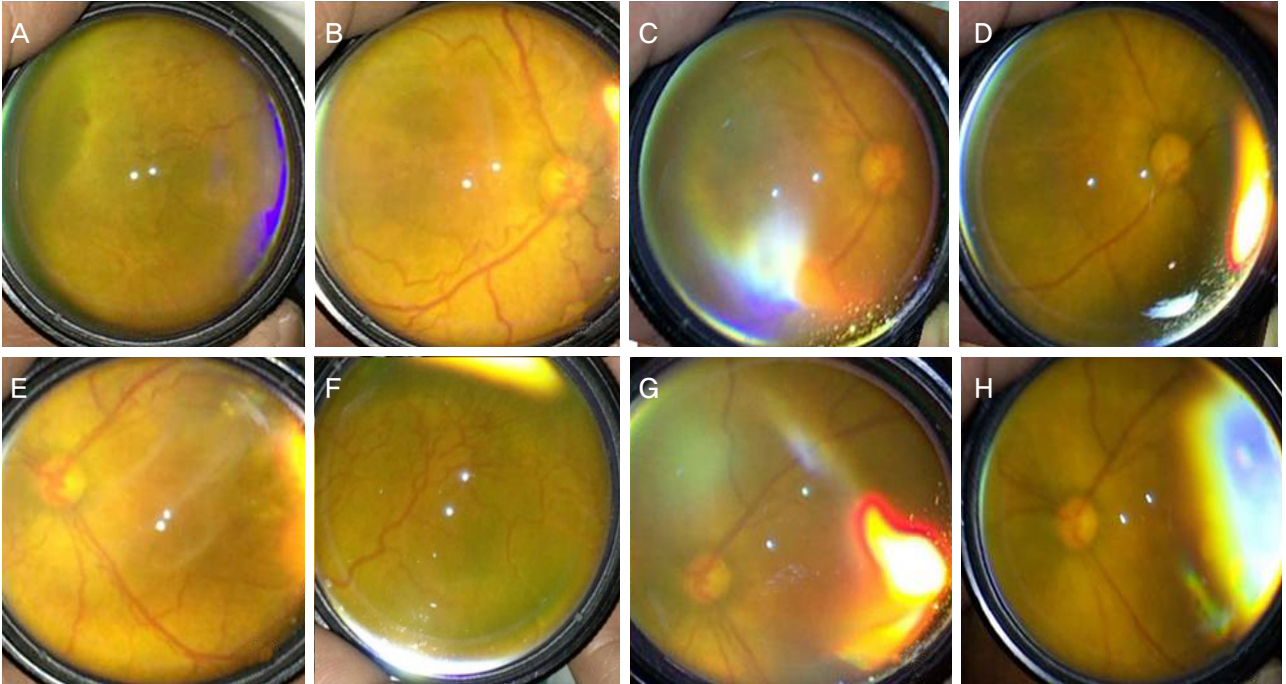


Figure 5. Smartphone fundus photographs of case 12 (28 weeks, 790 g birth weight), the right eye (A-D), and the left eye (E-H). (B, E) Posterior pole and (A, F) posterior zone II area and ridge. (C, G) Posterior pole 4 days after treatment, and show decreased vessel tortuosity. (D, H) Posterior pole at 1 week after treatment. Treatment after 4 days and 1 week, we couldn't take photo showing regression of retinopathy of prematurity stage and laser scars (C, D, G, H).

케이션을 이용하여 편집하기에 용이하며 촬영된 사진은 그림 파일로의 보관이 가능하고 병원의 전산 의무 기록 시스템에 업로드시켜 보관할 수 있다. 전신 마취와 공막 누르기를 시행하지 않고 안구를 평균 1분 이내로 단 시간에 검사할 수 있었으며, 신생아 집중 치료실에서 여러 명의 환아를 검사할 경우에도 스마트폰, 렌즈, 개검기 등의 크기가 작고, 가벼운 장비들만 이동하면 되므로 검사 준비 시간도 평균적으로 3분 이내였다. 전신상태가 불량한 환아들의 경우 공막 누르기를 하였을 때, 동공 심장 반사, 호흡 저하로 인한 산소 포화도 저하 등의 전신 부작용 발생 가능성이 있어 공막 누르개는 사용하지 않았으나, 비교적 양질의 안저사진을 얻을 수 있었다.

하지만 스마트폰을 이용한 안저사진 촬영에는 몇 가지 제한점이 있다. 스마트폰의 플래시는 양안 도상 검안경의 불빛에 비하여 목표지점에 집중되지 않고 퍼지는 형태이고 세기를 조절할 수 없어, 촬영 각도에 따라 각막에 불빛이 과도하게 반사가 되는 부위가 발생한다. 검사자가 렌즈 각도를 적절히 조정하는 것이 필요하며 적절한 각도 조절에도 빛 반사는 발생할 수 밖에 없으므로 동영상으로 촬영하여 적절한 이미지를 추출하는 것이 필수적이다. 한번에 중간 주변부(mid periphery)까지 촬영할 수 있는 Retcam 장비와 달리 스마트폰을 활용한 안저사진은 촬영 범위가 좁아 각도를 바꿔가며 촬영한 여러 부위의 안저사진을 모

아 합친다 하더라도 Retcam의 촬영 범위보다는 훨씬 좁다. 또한 RetCam의 경우 안과 전문의, 전공의가 아니더라도 촬영이 가능하지만, 스마트폰을 이용한 안저 촬영은 망막 의사가 아니라면 적당한 수준의 이미지를 얻기 위해서는 어느 정도의 훈련과 노력이 필요한 단점이 있다.

촬영에 사용된 카메라 플래시 빛 세기에 대한 안전성은 이전의 연구에서 논의가 된 바가 있다. Kim et al⁸은 iphone 4의 빛 세기가 국제 기구의 표준 기준보다 thermal hazard limit의 150배 이하이며, photochemical hazard limit의 240배 이하로 사람의 안구에 안전 기준을 충족한다고 하였으며, Haddock et al⁷은 iphone 5의 빛의 세기가 iphone 4보다는 높으나 안전성에는 크게 문제가 없다고 주장하였다.

우리나라는 전체 신생아 출생률이 감소하는 것과는 대조적으로 저체중 출생아와 미숙아 출생률은 증가 추세에 있으며, 이는 결혼 및 출산 연령의 고령화, 10대 임신, 임신 중 약물복용, 다태아 증가, 산과적 합병증의 진단과 치료 기술의 발달이 원인으로 생각된다. 미숙아 출생률 증가와 더불어 이와 관련한 의료 비용도 증가하고 있다.⁶ 미숙아망막병증의 안저사진 촬영에 용이한 RetCam의 경우 고가의 비용으로 개인 병원이나 중소 병원은 물론이고 대학 병원의 경우에도 우리나라의 의료 시스템상 장비 보유가 쉽지 않은 것이 현실이다. 본 연구에 소개된 스마트폰을

활용한 안저 촬영은 추가적 비용 없이 양질의 안저사진을 얻을 수 있어 가격 대 성능의 비가 훨씬 우수하다고 볼 수 있다.

스마트폰을 활용한 안저사진 촬영 이전에는 환자의 안저 상태를 검사자가 직접 그려서 기록하였으나, 스마트폰을 활용해 촬영한 안저사진을 의무기록에 남김으로써 그림보다 훨씬 정확하고 객관적인 형태로 안저를 기록할 수 있으므로, 법적인 문제가 발생한 경우에도 증거로 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 결론적으로 스마트폰을 이용한 안저 촬영은 질병의 경과 기록 및 치료 전후의 안저 상태를 객관적으로 기록할 수 있고, 병원 전산 의무 기록에 저장할 수 있으며, 추가 비용이 들지 않는다는 장점이 있으므로 미숙아망막병증의 의무 기록에 보조적으로 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Lord RK, Shah VA, San Filippo AN, Krishna R. Novel uses of smartphones in ophthalmology. *Ophthalmol* 2010;117:1274.
- 2) Zvornicanin E, Zvornicanin J, Hadziefendic B. The use of smart phones in ophthalmol. *Acta Inform Med* 2014;22:206-9.
- 3) Good WV; Early Treatment for Retinopathy of Prematurity Cooperative Group. Final results of the Early Treatment for Retinopathy of Prematurity (ETROP) randomized trial. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2004;102:233-48; discussion 248-50.
- 4) Ells AL, Holmes JM, Astle WF, et al. Telemedicine approach to screening for severe retinopathy of prematurity: a pilot study. *Ophthalmol* 2003;110:2113-7.
- 5) Oluleye TS, Rotimi-Samuel A, Adenekan A. Mobile phone for retinopathy of prematurity screening in Lagos, Nigeria, sub-Saharan Africa. *Eur J Ophthalmol* 2016;26:92-4.
- 6) Yoon HS. Statistics and medical cost of preterm in Korea. *Hanyang Medical Reviews* 2009;29:386-90.
- 7) Haddock LJ, Kim DY, Mukai S. Simple, expensive technique for high-quality smartphone fundus photography in human and animal eyes. *J Ophthalmol* 2013;2013:518479.
- 8) Kim DY, Delori F, Mukai S. Smartphone photography safety. *Ophthalmology* 2012;119:2200-1; author reply 2201.

= 국문초록 =

미숙아망막병증에서 스마트폰 카메라를 이용한 안저사진 촬영의 유용성

목적: 스마트폰을 이용하여 미숙아망막병증 환자의 안저사진을 촬영하여 그 유용성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법: 2014년 3월부터 2017년 9월까지 동아대학교병원 신생아 집중 치료실에서 미숙아망막병증 선별 검사를 시행한 13명, 26안을 대상으로 스마트폰(i-phone 5)과 30디옵터 렌즈(Volk optical Inc., Mentor, OH, USA)를 이용하여 안저 촬영을 시행하였다.

결과: 13명의 환자에서 성공적으로 스마트폰을 이용한 안저 촬영을 시행할 수 있었다. 시신경 유두, 동맥, 정맥을 비롯한 망막 후극부를 촬영하였으며, 4명의 환자들에서는 레이저 치료 전의 추가징후(Plus sign)와 치료 후의 호전 정도를 구분, 기록할 수 있을 정도의 이미지를 얻을 수 있었다. 또한 촬영된 이미지는 그림파일로 저장에 간편하여 병원 전산 의무 기록 시스템에 쉽게 저장할 수 있었다.

결론: 스마트폰을 이용한 미숙아망막병증 환자의 안저 촬영은 망막주변부를 기록하기 힘든 단점이 있으나, 고가의 촬영 장비가 없는 대다수의 병원에서 큰 추가 비용 없이 미숙아망막병증의 상태와 치료 전후의 안저 상태를 기록하는 데 유용하여 미숙아망막병증의 의무 기록에 보조적으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2018;59(1):31-36〉
