

광각안저촬영과 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 실리콘기름 유화 정도 평가

The Extent of Silicone Oil Emulsification Revealed by Ultra-wide-field Fundus Photography and Optical Coherence Tomography

홍림경^{1,2} · 김두루^{1,2} · 홍은희^{1,2} · 강민호^{1,2} · 신용운^{1,2} · 조희윤^{1,2}

Rim Kyung Hong, MD^{1,2}, Du Roo Kim, MD^{1,2}, Eun Hee Hong, MD, PhD^{1,2}, Min Ho Kang, MD, PhD^{1,2},
Yong Un Shin, MD, PhD^{1,2}, Heeyoon Cho, MD, PhD^{1,2}

한양대학교 의과대학 안과학교실¹, 한양대학교 구리병원 안과²

Department of Ophthalmology, Hanyang University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Hanyang University Guri Hospital², Guri, Korea

Purpose: We assessed the extent of silicone oil (SO) emulsification using ultra-wide-field fundus photography (wFP) and the reflective ratios of swept-source optical coherence tomography (SS-OCT).

Methods: We retrospectively enrolled 51 eyes of 51 patients who underwent intravitreal SO tamponade with vitrectomy. Two weeks after SO tamponade and immediately before SO removal, ultra-wide-field fundus photography and SS-OCT were performed. Based on the numbers of emulsified droplets in the ultra-wide-field fundus photographs, SO emulsification was qualitatively graded from 0 to 4. Reflective ratios were calculated by dividing the OCT reflectivity of the optic cup by the OCT reflectivity of SO near the retinal surface. We analyzed the changes in the SO emulsification grade and the reflective ratio over time (RR2/RR1).

Results: The SO emulsification grade revealed by ultra-wide-field fundus photography was 2.12 ± 1.29 , and the mean SS-OCT RR2/RR1 value was 1.14 ± 0.22 . A longer duration of SO tamponade was associated with a higher emulsification grade on ultra-wide-field fundus photography and an increase in the RR2/RR1 value (both $p < 0.01$). We found a significant correlation between the SO emulsification grade on ultra-wide-field fundus photography and the SS-OCT RR2/RR1 ($p = 0.028$).

Conclusions: Ultra-wide-field fundus photography and SS-OCT can be used to determine objectively the extent of SO emulsification; this may indicate the appropriate SO removal time any complication.

J Korean Ophthalmol Soc 2023;64(3):214-222

Keywords: Silicone oil, Silicone oil emulsification, Swept-source optical coherence tomography, Ultra-wide-field fundus photography

■ Received: 2022. 7. 12. ■ Revised: 2022. 9. 13.

■ Accepted: 2023. 2. 24.

■ Address reprint requests to Heeyoon Cho, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Hanyang University Guri
Hospital, #153 Gyeongchun-ro, Guri 11923, Korea
Tel: 82-31-560-2522, Fax: 82-31-564-9479
E-mail: hycho@hanyang.ac.kr

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

실리콘기름은 가장 흔하게 사용되는 안 내 충전물 중의 하나로 특히 유리체절제술 시행 후 장기 기간 동안 망막의 안정화가 필요한 경우에 사용된다. 실리콘기름은 1960년대 초 Cibis et al¹에 의해 망막수술에서 처음 사용되었으며, Scott²과 Zivojnovic³은 실리콘기름을 사용하여 성공적인 수술 예후를 보고하였다.¹ 최근에는 실리콘기름을 안 내 충전물로 사용하여 당뇨망막병증, 증식유리체망막병증, 망막박리 및 외상에 의한 거대망막열공 등 다양한 안구 질환에 대

© 2023 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.

한 수술적 치료로 사용되고 있다.^{2,3}

그러나 실리콘기름을 장기간 유지하는 경우 이차성 녹내장, 백내장 혹은 각막대상부전 등 다양한 합병증이 생길 수 있다.^{4,5} 장기간 유지로 인한 실리콘기름의 유화는 전안부 합병증을 일으키는 주요 원인이 된다. 실리콘기름이 유화될 경우, 작은 기름 방울이 형성되어 전방으로 이동할 수 있으며 이는 섬유주로의 방수흐름 경로를 차단하여 안압을 상승시킨다.⁶ 전방 내 실리콘기름에 의해 각막병증이 생긴다는 연구 또한 보고된 바 있다.⁷ 따라서 망막의 유착이 적절하게 이루어질 경우 빠르게 실리콘기름을 제거하는 것이 권장되나, 일부 망막박리가 재발하는 경우 실리콘기름을 제거하지 못할 수 있다. 따라서 실리콘기름의 제거는 적절한 시기에 장단점을 고려한 이후에 선별적으로 이루어져야 한다.^{5,6,8}

실리콘기름의 망막의 안정화 효과와 실리콘기름의 유화로 인한 합병증을 고려하였을 때 실리콘기름의 제거의 적절한 시기에 대해서는 다양한 견해가 있으나,^{7,9} 실리콘기름의 유화를 객관적으로 평가할 수 있다면, 실리콘기름 제거의 적절한 시기를 파악하는 데 임상적으로 유용할 것이다. 알려진 바로는 아직 실리콘기름 유화를 정량화하고 분류하는 기준에 대해서는 보고된 바 없다.^{10,11}

최근 광각안저촬영(ultra-wide-field fundus photography), 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography)은 망막 진단 및 치료에 필수적인 검사로 자리잡았다.¹² 본 연구는 광각안저촬영 및 파장가변 빛간섭단층촬영(swept-source optical coherence tomography)을 이용하여 실리콘기름의 유화 정도를 정성적 및 정량적으로 평가하고자 한다.

대상과 방법

대상

2015년 6월부터 2017년 6월까지 유리체절제술 및 실리콘기름 주입술 시행 후 실리콘기름을 다시 제거한 환자들의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 본 연구는 한양대

학교 구리병원 연구윤리심의위원회의 승인을 받았으며 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다(승인 번호: IRB 2019-06-008).

모든 환자들을 대상으로 실리콘기름을 주입 후 2주 뒤 최대교정시력검사, 세극등현미경검사, 안압검사, 광각안저촬영(optos optomap panoramic ultra fundus photography 200 MA, Optos PLC, Dunfermline, UK) 및 파장가변 빛간섭단층촬영(swept-source optical coherence tomography; DRI TRITON OCT, Topcon, Tokyo, Japan)을 시행하였다.

실리콘기름 제거는 망막이 유착되어 섬유혈관막 증식 혹은 유리체강 내 출혈 없이 안정화되어 있을 경우에 한해서만 시행되었다. 백내장 및 각막혼탁 등 매체혼탁이 있는 안구의 경우 광각안저촬영의 해상도에 영향을 미치므로 대상군에서 제외되었다. 또한, 파장가변 빛간섭단층촬영의 해상도(image quality)가 45 미만인 경우도 제외되었다.

광각안저촬영에서 실리콘기름 유화의 정성적 평가

광각안저촬영에서 실리콘기름의 유화는 관찰되는 실리콘기름 방울의 범위에 따라 grade 0에서 grade 4로 나누었다. Grade 0은 실리콘기름 방울이 관찰되지 않는 경우, grade 1은 실리콘기름 방울이 50개 미만인 경우, grade 2은 시신경 유두를 중심으로 나눈 망막의 4사분면 중 1개 이내에서 실리콘기름 방울이 50개 이상 관찰되는 경우, grade 3은 2개의 4사분면에서 실리콘기름 방울이 관찰되는 경우, grade 4는 2개 이상의 4사분면에서 실리콘기름 방울이 관찰되는 경우로 정의하였다(Table 1, Fig. 1). 2명의 안과 의사가 먼저 광각안저촬영 분석을 시행하였고, 2명의 안과 의사 간의 실리콘기름 유화의 grade가 다를 경우 세 번째 안과 의사의 분석을 통해 최종적으로 grade를 결정하였다.

파장가변 빛간섭단층촬영의 반사강도(reflectivity)

측정을 이용한 실리콘기름 유화의 정량화

파장가변 빛간섭단층촬영의 반사강도(reflectivity)는 빛간섭단층촬영의 B-scan 영상에서 영역의 명도(brightness)

Table 1. Grade of SO emulsification with wide-field fundus photography

Grade	Emulsification finding on ultra-wide-field fundus photography
0	No SO droplet seen in ultra-wide-field fundus photography
1	SO droplets (+) <50
2	SO droplets (+) >50 and in 1 quadrant
3	SO droplets (+) over 1 quadrant and in 2 quadrants
4	SO droplets (+) over 2 quadrants

SO = silicone oil.

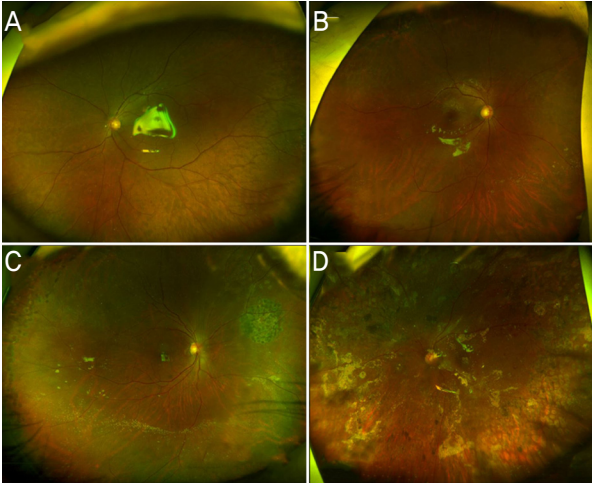


Figure 1. Grades of silicone oil (SO) emulsification with ultra-wide fundus photography. According to the dispersion of droplets, emulsification was qualitatively graded from 0 to 4. Grade 1 to 4 are shown above and grade 0 is defined when no SO droplet was seen. (A) Grade 1 (SO droplets under 50), (B) grade 2 (SO droplets over 50 and in 1 quadrant), (C) grade 3 (SO droplets from 1 to 2 quadrants), (D) grade 4 (SO droplets over 2 quadrants).

에 대한 지표가 된다. 실리콘기름의 표면장력으로 인하여 시신경유두 부분에 실리콘기름이 채워지지 않는 빈 공간이 존재하게 되며, 이를 시신경유두오목공간(optic disc recess)으로 정의하였다. 이전 연구에서 유화된 실리콘기름 방울이 시신경유두오목공간에서 발견된다는 결과를 보였다.¹³ 이에 본 연구에서는, 실리콘기름 유화가 진행될수록 실리콘기름 방울 및 염증 물질은 시신경유두오목공간에 축적된다고 가정하여 각 영역의 반사강도와 그 비율을 측정하였다(Fig. 2, 3). 모든 빛간섭단층촬영은 숙련된 검사자에 의해 이루어졌으며 산동 후 검사를 진행하였다. 파장가변 빛간섭단층촬영은 256 B-scan과 512 A-scan을 포함하는 황반부에서 얻어진 12 × 9 mm 영상을 대상으로 하였다(512 × 256 scans, 256 B-scan당 512 A-scan). 파장가변 빛간섭단층촬영 중 시신경유두 중심부를 지나는 수평 영상(horizontal scan) 5개에서, 시신경유두오목공간 내 반사도가 가장 높은 1개를 골라 측정하였다. 개인별 파장가변 빛간섭단층촬영간의 반사강도 보정을 위해 반사강도 비율(reflective ratio, RR)을 구하였으며, 파장가변 빛간섭단층촬영을 시행하여

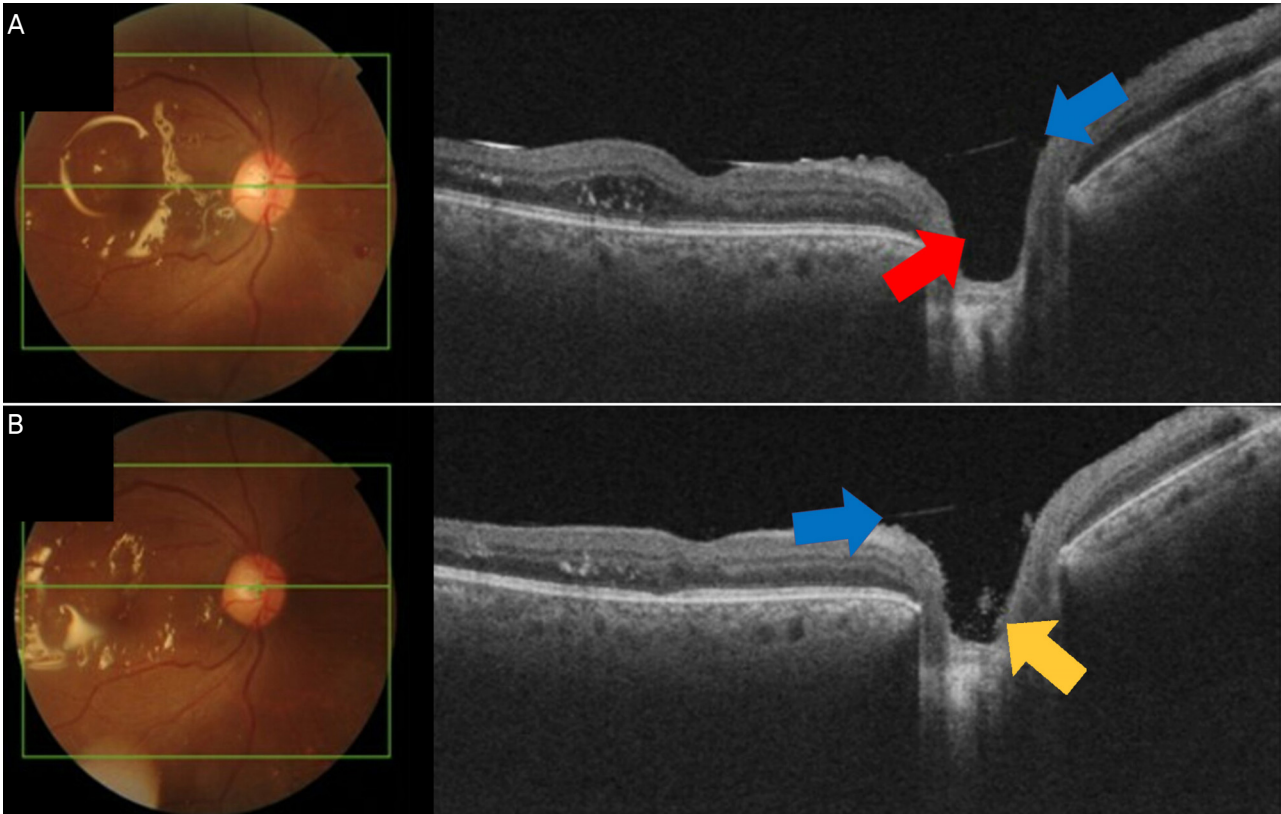


Figure 2. A 63-year-old man, receiving silicone oil (SO) tamponade due to vitreous hemorrhage with high-risk proliferative diabetic retinopathy (A) 2 weeks after tamponade, silicone oil does not enter the optic cup due to its surface tension (red arrow). (B) 3 months after tamponade, there are emulsified or inflammatory components in the optic cup (yellow arrow). This suggests that the optical coherence tomography (OCT) reflectivity of these regions can be increased with SO emulsification. The hyperreflective line representing silicone oil separates the silicone oil body from the optic disc recess (blue arrow in [A, B]).

유리체에 존재하는 실리콘기름 내부와 시신경유두오목공간 내의 빛간섭단층촬영의 반사강도의 비율인 반사강도 비율을 분석하고 비교하고자 하였다. 반사강도 비율은 브루크막 개방(Bruch's membrane opening, BMO)을 경계로 빛간섭단층촬영의 실리콘기름 부분의 반사강도(reflectivity 2)에 대한 시신경유두오목공간의 반사강도(reflectivity 1)의 비율로 정의하였다(Fig. 3). 시신경유두오목공간과 유리체의 실리콘기름 부분을 나누는 수평 경계는 파장가변 빛간섭단층촬영에서 망막표면에 보이는 실리콘기름의 고음영선(hyperreflective line)으로 하였으며, 실리콘기름의 고음영선에서 시신경유두 바닥까지의 최소 거리만큼 유리체의 실리콘기름 부분의 높이로 하였다. 수직 경계는 브루크막 개방을 기준으로 하여, 각각의 경계를 연구자가 수동으로 영역 표시(delineation)을 하였다. 빛간섭단층촬영의 반사강도는 1-255 사이 값으로 Image J program (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)을 통해 측정된 두 영역에서 각각 픽셀의 RGB 측정값의 평균을 통해 계산되었다. 모든 측정은 2명의 연구자가 동일하게 진행하였으며, 두 값의 평균값으로 분석하였다. 분석의 정량화를 위해 실리콘기름 유화가 발생한 시기(실리콘기름 제거 직전)의 반사강도 비율(RR2)값과 실리콘기름 유화가 없는 시기(실리콘기름 주입 2주 후)의 반사강도 비율(RR1)값의 비율 RR2/RR1 값을

계산하여 실리콘기름 유화 정도를 평가하였다.

통계학적 분석

통계학적 분석은 SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여, 실리콘기름이 주입된 기간 동안 안압의 변화, 광각안저촬영을 통한 실리콘기름 유화 정도, 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 측정된 RR2/RR1, 실리콘기름의 안구 내 유지 기간의 연관성을 Pearson's correlation analysis를 통해 분석하였다. 통계학적으로 유의한 결과는 p -value<0.05로 정의하였다.

결 과

총 51명의 환자의 51안을 대상으로 유리체전절제술 및 실리콘기름 주입술을 시행하였고, 추후 실리콘기름 제거술까지 추가적으로 시행되었다. 실리콘기름 주입 후 안압이 상승하거나, 전방 내 합병증이 발생할 경우는 망막의 안정화와 상관없이 실리콘기름 제거 예정이었으나, 본 연구에서 실리콘기름에 의한 합병증으로 망막의 안정화 전에 실리콘기름을 조기에 제거한 증례는 없었다. 51안 중 촬영검사의 해상도 저하로 5안이 제외되었으며, 시신경유두오목공간의 부족으로 인하여 3안이 제외되었다. 나머지 43안을

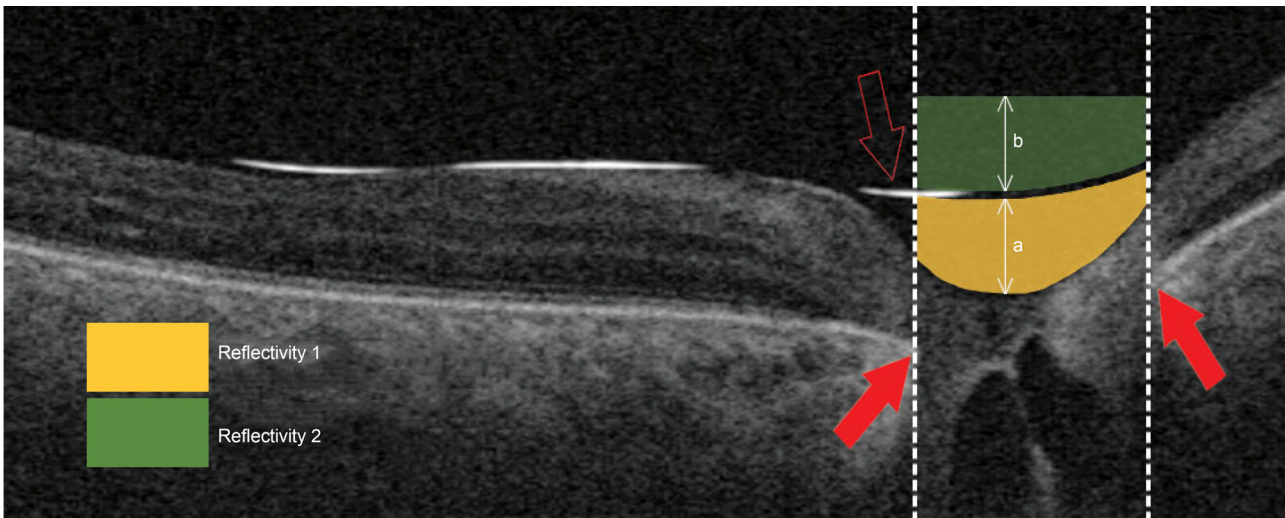


Figure 3. Measurement of the optical coherence tomography (OCT) reflectivity in swept-source OCT (SS-OCT) images using Image J program. The areas of optic disc recess and silicone oil body were selected manually. The vertical boundary line (white dot line) is defined as a line perpendicular to Bruch's membrane's opening (BMO; red arrow). The area of the silicone oil body and the optic disc recess is horizontally separated by a hyperreflective line representing silicone oil (red hollow arrow). The height of the optic disc recess is a minimum distance from the hyperreflective line to the base of optic disc recess (a), and the height of silicone oil body area is set to the same value (b). Reflectivity 1 is the OCT reflectivity of the optic disc recess (yellow area) and reflectivity 2 is the OCT reflectivity of silicone oil body (green area). Reflective ratio (RR) is the ratio of OCT reflectivity of fluid in the optic disc recess to silicone oil body (Reflectivity 1/Reflectivity 2). RR2/RR1 is the ratio of reflective ratio just before silicone oil removal (RR2) to reflective ratio 2 weeks after silicone oil tamponade (RR1).

통해 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 측정된 RR2/RR1값을 비교하였다. 대상자의 평균 연령은 58.50 ± 15.10세였으며, 43명의 환자 중 26명은 남성, 17명은 여성이었다. 술 후 수정체안은 2안, 위수정체안은 41안이었다. 실리콘기름 유지 기간의 평균은 4.93 ± 2.71개월이었다. 실리콘기름 주입술에 대한 원인 질병으로 24안은 열공성 망막박리, 10안은 유리체출혈, 8안은 견인성망막박리, 2안은 황반원공이 해당되었다(Table 2). 실리콘기름 주입 후 2주 뒤 평균 안압은 17.50 ± 2.62 mmHg였으며, 실리콘기름 제거 직전 당일에 측정된 평균 안압은 18.00 ± 3.98 mmHg였다. 광각안저촬영을 통해 측정된 실리콘기름 유화 정도 grade의 평균은 2.12 ± 1.29였으며, 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 측정된 RR2/RR1값의 평균은 1.14 ± 0.22였다(Table 3).

실리콘기름 유지 기간, 실리콘기름 주입 후 안압과 실리콘기름 제거 직전 안압의 변화, 광각안저촬영을 기반으로 한 실리콘기름 유화 정도 및 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 측정된 RR2/RR1값의 연관성을 분석하였다. (1) 광각안저촬영을 기반으로 분석한 실리콘기름 유화 정도는 실리콘기름 유지 기간($p < 0.001$) (Fig. 4A) 및 RR2/RR1값과 통계학적으로 유의한 양의 상관관계가 있었다($p = 0.028$) (Fig.

Table 2. Baseline characteristics of patients

Variable	Value
Mean age (year)	58.50 ± 15.10
Sex	
Male	26 (60.47)
Female	17 (39.53)
Mean SO tamponade duration (months)	4.93 ± 2.71
Lens	
Phakia	2 (4.65)
Pseudophakia	41 (95.35)
Diseases	
Rhegmatogenous retinal detachment	24 (55.81)
Vitreous hemorrhage	10 (23.26)
Tractional retinal detachment	8 (18.60)
Macular hole	1 (2.33)

Values are presented as mean ± standard deviation.

SO = silicone oil.

Table 3. Clinical features and SO emulsification parameter values of patients

	Value
Mean IOP (mmHg)	
Post-SO tamponade	17.50 ± 2.62
Pre-SO removal	18.00 ± 3.98
Mean BCVA (logMAR)	
Post-SO tamponade	0.16 ± 0.18
Pre-SO removal	0.12 ± 0.11
Mean ultra-wide-field fundus photography grade (pre-SO removal)	2.12 ± 1.29
Mean RR	
RR1 (Post-SO tamponade)	1.15 ± 0.10
RR2 (Pre-SO removal)	1.32 ± 0.21
Mean RR2/RR1	1.14 ± 0.22

Values are presented as mean ± standard deviation (min-max).

SO = silicone oil; IOP = intraocular pressure; BCVA = best-corrected visual acuity; logMAR = logarithm of minimal angle of resolution;

RR = reflective ratio.

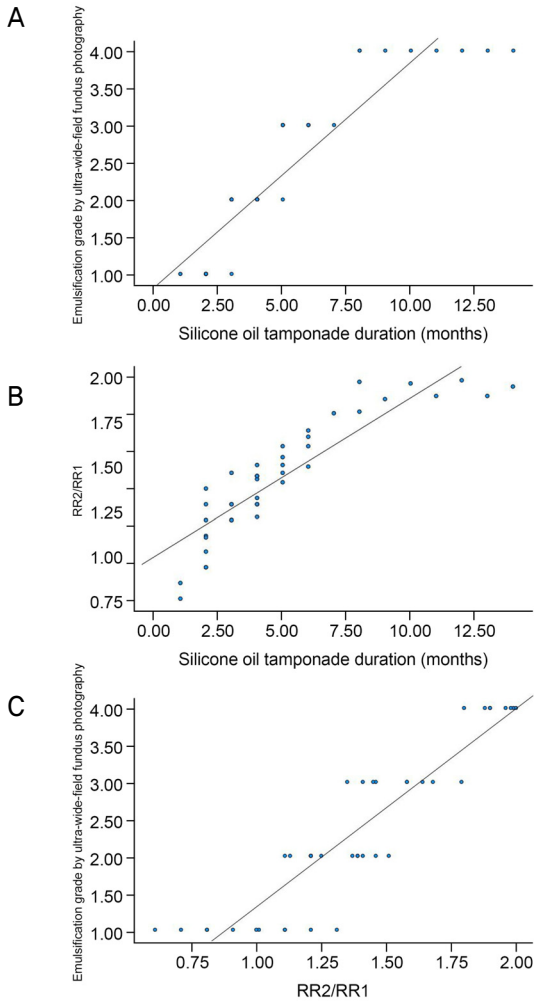


Figure 4. Relationships between silicone oil tamponade duration and parameters of wide-field fundus photography (wFP) and swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). The relation between silicone oil tamponade duration and reflective ratio 2/reflective ratio 1 (RR2/RR1) of OCT (B). The longer the duration of silicone oil tamponade, both the grade of emulsification based on ultra-wFP and RR2/RR1 increased ($r^2=0.830$, $r^2=0.793$). These relationships were statistically significant (both $p < 0.001$). The positive correlation between grade of emulsification in ultra-wFP and RR2/RR1 (C). There was a statistically significant relationship between the two parameters of the grade of emulsification ($r^2=0.839$, $p=0.028$).

4C). (2) 파장가변 빛간섭단층촬영을 기반으로 측정된 실리콘기름 RR2/RR1값은 실리콘기름 유지 기간($p < 0.001$) (Fig 4B) 및 광각안저촬영을 기반으로 한 실리콘기름 유화 정도 간의 유의한 양의 상관관계가 있었다($p < 0.001$) (Fig. 4C). 실리콘기름 유지 기간이 길어질수록 광각안저촬영에서 실리콘기름 유화 정도 및 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 얻은 RR2/RR1값이 모두 높아지는 것을 확인하였다. 단, 광각안저촬영 및 파장가변 빛간섭단층촬영을 기반으로 한 실리콘기름 유화 정도는 안압의 변화 및 다른 인자들과 통계학적으로 유의한 관계가 없었다(Table 4, 5).

증례

17세 여자 환자가 거대망막찢김 및 황반원공을 동반한 망막박리에 대해 유리체절제술 및 실리콘기름 주입술을 시행받았다. 망막박리 재발 우려로 실리콘기름을 제거하지 않고 장기간 유지하였다. 술 후 15달 뒤에 실리콘기름이 전방 내로 탈출하여 심각한 실리콘기름 유화를 일으켜 실리콘기름을 제거하였다. 본 연구에서 제시한 척도에 따라 증례의 실리콘기름 유화 정도는 광각안저촬영을 기반으로 하였을 때 grade 4, 빛간섭단층촬영을 기반으로 한 RR2/RR1 값은 1.94로 객관화할 수 있다(Fig. 5).

고 찰

본 연구에서 실리콘기름의 유화 정도를 파악하고, 광각안저촬영을 통해 새로운 grading system을 구축함으로써, 세극등현미경검사를 통한 실리콘기름의 유화 정도를 측정하는 것보다 더 객관적인 지표를 제공하고자 하였다. 광각안저촬영은 망막의 주변부를 관찰하는 데 있어 검사의 용이성과 정확도를 바탕으로, 다양한 망막 질환을 진단하는데 있어 널리 사용되고 있다.¹⁴ 실리콘기름 내부 및 표면에서 유화된 실리콘기름 방울을 광각안저촬영을 통해 확인할 수 있었으며, 실리콘기름 방울 개수와 실리콘기름 방울이 존재하는 망막 4분면의 영역을 분석함으로써 실리콘기름 유화 정도의 grade를 확인할 수 있었다. 또한, 실리콘기름 유지 기간이 길어질수록 실리콘기름 유화 정도의 grade가

Table 4. The relationships of emulsification grade by wide-field fundus photography and other factors

	Correlation coefficient	p-value*
SO tamponade duration	0.59 ± 1.42	<0.001
IOP change	-0.26 ± 2.11	0.078
RR2/RR1	0.48 ± 1.62	0.028

SO = silicone oil; IOP = intraocular pressure; RR = reflective ratio.

*p-value was calculated based on Pearson's correlation analysis.

Table 5. The relationships of OCT reflectivity and other factors

	Correlation coefficient	<i>p</i> -value*
SO tamponade duration	0.79 ± 1.87	<0.001
IOP change	0.02 ± 1.69	0.849
Ultra-wide-field fundus photo grade	0.50 ± 1.41	0.028

OCT = optical coherence tomography; SO = silicone oil; IOP = intraocular pressure.

**p*-value was calculated based on Pearson's correlation analysis.

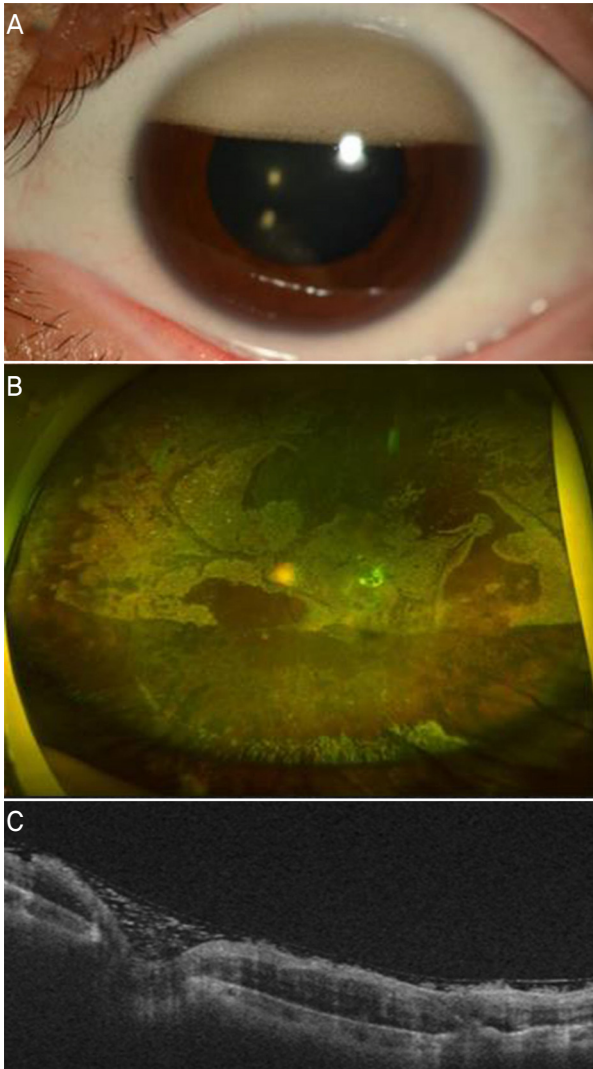


Figure 5. Representative case. A 17-year-old female patient underwent pars plana vitrectomy and silicone oil tamponade due to rhegmatogenous retinal detachment. Considering the risk of re-detachment due to giant retinal tear, silicone oil was not removed after the surgery. However, 15 months after the tamponade, severe emulsification occurred and silicone oil removal was performed. (A) Anterior segment photography, (B) ultra-wide-field fundus photography, and (C) swept-source optical coherence tomography (SS-OCT) at 15 months after tamponade.

증가하는 것을 확인하였다.

빛간섭단층촬영 반사강도는 파장가변 빛간섭단층촬영의 B-scan 영상의 밝은 음영을 보이는 영역에 대한 지표이며, 일부 연구에는 열공성 망막박리와 중심성장액막막망막병증 환자에서 후극부 망막하액을 연구하는 지표로 사용하였다.^{15,16} 본 연구에서 실리콘기름 유화의 진행에 따라 시신경 유두오목공간에서 실리콘기름 유화 물질이 증가하는 것을 확인하였으며 이는 반사강도 비율의 증가 및 개인별 빛간섭단층촬영 간의 반사강도를 보정한 RR2/RR1 값의 증가를 야기한다. 결론적으로 RR2/RR1 값을 기반으로 실리콘기름을 주입한 환자를 대상으로 실리콘기름 유화 정도를 추론할 수 있다. 또한 실리콘기름 유지 기간이 증가할수록 RR2/RR1 값이 유의하게 증가함을 확인하였다.

실리콘기름의 유화뿐만 아니라 실리콘기름은 백내장, 안압상승, 각막병증, 각막혼탁, 망막앞막 등 안구 내 모든 구조와 관련되어 합병증을 일으킬 수 있다.^{12,17,18} 다양한 합병증의 종류와 빈도가 여러 연구들에 의해 보고되었으며, 실리콘기름의 유화 발생률은 5%부터 100%까지 다양하게 있음이 보고되었다. 실리콘기름의 유화 과정이 연속적인 과정이기 때문에 발생률의 결과가 다양하게 나타날 수 있으며, 다른 연구에서 실리콘기름 유화 발생률의 다양성은 실리콘기름 유지 기간이 연구마다 다르게 설정된 것에 의한 것으로 사료된다.⁵⁻⁷ 그럼에도 불구하고, 안구 내 충전된 실리콘기름의 유화 정도를 객관적 방법으로 표기하는 방법은 지금까지 알려진 바 없다.^{10,11} 이에, 널리 사용되는 광각안저촬영 및 파장가변 빛간섭단층촬영을 사용하여 실리콘기름 유화 정도에 대한 객관적인 지표를 제공하고자 하였다.

파장가변 빛간섭단층촬영과 광각안저촬영, 2가지 다른 검사를 통해 실리콘기름 유화 정도에 대한 지표를 분석하였고, 이 2가지 지표는 서로 간의 통계학적으로 유의한 상관관계가 있었다. 일부 대상안에서는 상반된 결과를 보이기도 했는데, 한 환자의 경우 광각안저촬영에서는 grade 4에 해당하는 실리콘기름 유화 단계이지만, 파장가변 빛간섭단층촬영에서는 RR2/RR1 값이 1에 가까웠다. 반면에, 파장가변 빛간섭단층촬영에서 RR2/RR1 값은 높으나 광각안저촬영에서 실리콘기름 유화 정도 grade가 낮은 경우는 없었다.

파장가변 빛간섭단층촬영에서 반사강도 비율 및 RR2/RR1값은 시신경유두에 국한된 측정값이고, 광각안저촬영은 망막 전반에 걸쳐 실리콘기름 방울을 측정한다. 따라서 실리콘기름 방울이 망막주변부에 있을 경우 시신경유두에 국한된 반사강도 비율 및 RR2/RR1값은 낮을 수 있으나 결론적으로 망막 전체에 분포하는 실리콘기름 방울의 개수는 많을 수 있으므로 grade는 높아질 것이다. 또한, 실리콘기름 내부의 유화로 인해 시신경유두오목공간의 빛간섭단층촬영 반사도(reflectivity 1)가 가려져 낮게 측정되어 반사강도 비율이 실제보다 낮은 값을 보일 수 있다. 그러나 광각안저촬영을 기반으로 한 실리콘기름 유화도 평가에 비해 빛간섭단층촬영 반사강도는 실리콘기름 유화도를 수치화할 수 있다는 장점이 있어 향후 실리콘기름 유화도 관련 연구에 정량화 지표로 사용될 수 있는 장점이 있다. 광각안저검사는 망막의 실리콘기름 유화 정도를 전반적으로 파악할 때 유용하고, 파장가변 빛간섭단층촬영의 RR2/RR1값은 망막에 부착되어 있거나 가까이 존재하는 실리콘기름 유화 정도를 평가하는 데 더 용이하다. 두 가지 지표를 모두 이용하여, 실리콘기름 유화 정도 파악에 조금 더 신뢰도를 높일 수 있다.

실리콘기름 유지 기간에 대해서는 각 연구마다 다양하게 보고되나, 아직 적절한 유지 기간에 있어서는 논란의 여지가 있다.^{7,19} 장기적 합병증의 가능성을 고려하였을 때 실리콘기름은 적절한 시기에 제거되어야 하며 이로 인해 망막은 안정화되고 실리콘기름의 유화에 의한 합병증을 줄일 수 있다.^{7,19} 본 연구에서는 광각안저촬영을 통해 실리콘기름 유화의 단계를 확인하고 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 반사강도 비율을 측정함으로써 실리콘기름 유화도를 객관화하였다. 이를 기반으로, 실리콘기름의 다양한 합병증이 나타날 가능성이 있는 시기에서 실리콘기름 유화도를 객관적으로 평가하는 데 활용하여, 실리콘기름의 합병증이 나타나기 전에 실리콘기름을 제거하는 적절한 시기를 찾는 데 도움이 될 수 있다.

본 연구의 한계점으로 상대적으로 작은 숫자의 대상군에 있다. 두 번째로, 질병에 따른 차이 분석이 추가적으로 이루어지지 않았는데, 질병 종류에 따라서 본 연구와 다른 결과가 나올 수 있다. 또한 파장가변 빛간섭단층촬영의 경우 본 연구에서 황반부 전체가 아닌 시신경을 지난 일부의 이미지만을 분석에 사용하였기 때문에 반사강도 비율 분석 결과의 대표성이 다소 떨어질 수 있다. 그러므로 더 많은 대상군을 모집하여 연구를 시행하고, 질병 종류를 달리한 하위대상군의 분석을 시행하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 광각안저촬영을 통해 실리콘기름 유화의 단계를 정의하고 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용하여 반사강

도 비율에 대한 객관적인 지표를 마련하였다. 이 2개의 지표는 통계학적으로 유의한 상관관계를 가지며 2개의 지표 모두 실리콘기름 주입 기간이 길어질수록 증가하는 경향성을 보였다. 결론적으로 본 연구는 실리콘기름 유화 정도를 객관적으로 평가하고자 하였고, 이는 실리콘기름으로 인한 합병증이 일어나기 전에 실리콘기름을 제거하는 적절한 시기 선정에 대해 도움이 될 수 있는 지표가 될 것이다.

REFERENCES

- 1) Cibis PA, Becker B, Okun E, Canaan S. The use of liquid silicone in retinal detachment surgery. Arch Ophthalmol 1962;68:590-9.
- 2) Scott JD. The treatment of massive vitreous retraction by the separation of pre-retinal membranes using liquid silicone. Mod Probl Ophthalmol 1975;15:185-90.
- 3) Zivojnović R, Mertens DA, Baarsma GS. Fluid silicon in detachment for surgery (author's translation). Klin Monbl Augenheilkd 1981;179:17-22.
- 4) Gonvers M, Andenmatten R. Temporary silicone oil tamponade and intraocular pressure: an 11-year retrospective study. Eur J Ophthalmol 1996;6:74-80.
- 5) Federman JL, Schubert HD. Complications associated with the use of silicone oil in 150 eyes after retina-vitreous surgery. Ophthalmology 1988;95:870-6.
- 6) Jonas JB, Knorr HL, Rank RM, Budde WM. Intraocular pressure and Silicone oil endotamponade. J Glaucoma 2001;10:102-8.
- 7) Casswell AG, Gregor ZJ. Silicone oil removal. II. Operative and postoperative complications. Br J Ophthalmol 1987;71:898-902.
- 8) Kampik A, Höing C, Heidenkummer HP. Problems and timing in the removal of silicone oil. Retina 1992;12:S11-6.
- 9) Riedel KG, Gabel VP, Neubauer L, et al. Intravitreal silicone oil injection: complications and treatment of 415 consecutive patients. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1990;228:19-23.
- 10) Bartov E, Pennarola F, Savion N, et al. A quantitative in vitro model for silicone oil emulsification. Role of blood constituents. Retina 1992;12:S23-7.
- 11) Heidenkummer HP, Kampik A, Thierfelder S. Emulsification of silicone oils with specific physico-chemical characteristics. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1991;229:88-94.
- 12) Jonas JB, Budde WM, Knorr HL. Timing of retinal redetachment after removal of intraocular silicone oil tamponade. Am J Ophthalmol 1999;128:628-31.
- 13) Zoric Geber M, Bencic G, Vatavuk Z, et al. Retinal nerve fibre layer thickness measurements after successful retinal detachment repair with silicone oil endotamponade. Br J Ophthalmol 2015;99:853-8.
- 14) Khandhadia S, Madhusudhana KC, Kostakou A, et al. Use of optomap for retinal screening within an eye casualty setting. Br J Ophthalmol 2009;93:52-5.
- 15) Baek J, Park YH. Optical density ratio in the subretinal fluid: differentiating chronic central serous chorioretinopathy and poly podial choroidal vasculopathy. Am J Ophthalmol 2015;159:386-92.
- 16) Leshno A, Barak A, Loewenstein A, et al. Optical density of subretinal fluid in retinal detachment. Invest Ophthalmol Vis Sci 2015; 56:5432-8.
- 17) Yang JY, Kim HK, Kim SH, Kim SS. Incidence and risk factors of

cystoid macular edema after vitrectomy with silicone oil tamponade for retinal detachment. Korean J Ophthalmol 2018;32:204-10.
 18) Yu J, Zong Y, Jiang C, et al. Silicone oil emulsification after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. J Ophthalmol

2020;2020:6940625.
 19) Scholda C, Egger S, Lakits A, Haddad R. Silicone oil removal: results, risks and complications. Acta Ophthalmol Scand 1997;75:695 -9.

= 국문초록 =

광각안저촬영과 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용한 실리콘기름 유화 정도 평가

목적: 광각안저촬영과 파장가변 빛간섭단층촬영을 통해 실리콘기름 유화 정도를 평가하는 검사 지표의 유용성을 알아보려 하였다.
대상과 방법: 유리체전절제술과 실리콘기름 주입술을 시행한 51명(51안)을 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 실리콘기름 주입 2주 뒤와, 제거 직전에 광각안저촬영과 파장가변 빛간섭단층촬영을 시행하였다. 광각안저촬영에서 유화된 실리콘기름 방울의 분포 정도로 grade (0-4)를 분류하였으며, 파장가변 빛간섭단층촬영에서 시신경유두오목공간과 망막표면 근처의 실리콘기름 반사강도의 비율인 반사강도 비율을 측정하였다. 실리콘기름 주입 2주 후의 반사강도(reflective ratio [RR] 1)값과, 제거 직전의 반사강도(RR2)값의 비율 (RR2/RR1)을 측정하였다.

결과: 광각안저촬영으로 분류한 실리콘기름 유화 정도의 grade 평균은 2.12 ± 1.29 였으며, 파장가변 빛간섭단층촬영으로 측정된 RR2/RR1의 평균은 1.14 ± 0.22 였다. 실리콘기름의 유지 기간이 길어질수록 광각안저촬영에서의 실리콘기름 유화 grade가 높아졌으며, 파장가변 빛간섭단층촬영에서 RR2/RR1값이 증가하였다($p < 0.001$). 광각안저촬영에서 실리콘기름 유화 정도의 grade와 파장가변 빛간섭단층촬영에서 RR2/RR1값은 유의한 상관관계를 보였다($p = 0.028$).

결론: 광각안저촬영과 파장가변 빛간섭단층촬영을 이용하여 실리콘기름 유화 정도를 객관적으로 분석하고, 다양한 합병증이 생기기 전에 실리콘기름을 제거하는 시기 결정에 대해 임상적 유용성을 제공하고자 한다.

〈대한안과학회지 2023;64(3):214-222〉

홍림경 / Rim Kyung Hong
 한양대학교 의과대학 안과학교실
 Department of Ophthalmology,
 Hanyang University College of Medicine

