



Silikon Yağı ile İndüklenen Glokomda Perflorobütülpentan (F_4H_5) ve Glokom Drenaj Cihazı İmplantasyonu Kombinasyonu: Pilot Çalışma

Combining Perfluorobutylpentane (F_4H_5) with Glaucoma Drainage Device Implantation for Silicone Oil-Induced Glaucoma: A Pilot Study

Stylianos A. Kandarakis*, Petros Petrou*, Spyridon Doumazos*, Konstantina Chronopoulou*, Leonidas Doumazos*, Ioannis Halkiadakis**, Ilias Georgalas*

*Atina Ulusal ve Kapodistrian Üniversitesi, G. Gennimatas Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı 1. Servisi, Atina, Yunanistan

**Atina Göz Hastanesi, Ophthalmiatrion Athinon, Atina, Yunanistan

Öz

Amaç: Silikon yağı (SY) ile indüklenen glokomlu hastalarda perflorobütülpentan (F_4H_5) yıkama ile birlikte glokom drenaj cihazı (GDC) implantasyonu yapmayı amaçladık. Bu yazıda silikon yağın temizlenmesinin etkinliği ve işlemin güvenilirliği ile ilgili ön sonuçları sunuyoruz.

Gereç ve Yöntem: Daha önce retina dekolmanı nedeniyle SY tamponadı ile pars plana vitrektomi yapılan 8 hasta seçildi. SY ilk ameliyattan ortalama 10 ay sonra çıkarıldı. Glokom gelişen tüm hastalarda ön kamarada (ÖK) ve açıda SY görüldü. Tüm hastalarda refrakter glokom tedavisinde kalan silikon yağının çıkarılması için F_4H_5 ile yıkama ve eş zamanlı olarak GDC implante edildi. Göz içi basıncı (GİB), SY kalıntıları, endotel hücre sayısı ve glokom tedavisi ihtiyacı cerrahi işlemde sonra 12 ay süreyle değerlendirildi.

Bulgular: Tüm hastalarda cerrahi sorunsuz geçti ve ameliyattan sonraki 12 aya kadar önemli bir komplikasyon görülmüdü. ÖK ve açıdaki SY kalıntılarının miktarı ameliyat sonrasında tüm olgularda anlamlı düzeyde azaldı. Ameliyattan sonra 12 ay içinde ortalama GİB'de %60,9'luk azalma vardı ($p<0,05$) ve tüm hastalarda glokom ilacı ihtiyacı düştü (ortalama topikal ilaç sayısı: Ameliyat öncesi 4 ve sonrası $0,75\pm 0,89$; $p<0,05$). Endotel hücre yoğunluğunda anlamlı bir değişiklik görülmüdü (ameliyat öncesi ortalama 2012 ± 129 hücre/ mm^2 , sonrası 1985 ± 134 hücre/ mm^2 ; $p>0,05$) ve kornea ödemi bulgusu yoktu.

Sonuç: F_4H_5 , silikon yağının uzaklaştırılmak için etkili bir emülgatördür ve SY ile indüklenen glokomlu gözlerde GİB'yi kontrol etmek için GDC implantasyonu ile birlikte güvenle kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Glokom drenaj cihazları, silikon yağı ile indüklenen glokom, silikon yağı kalıntıları, silikon yağı çıkartılması, perflorobütülpentan (F_4H_5)

Abstract

Objectives: Our aim was to perform a perfluorobutylpentane (F_4H_5) washout in conjunction with glaucoma drainage device (GDD) placement in patients with silicone oil (SO)-induced glaucoma. In this report we present our preliminary results concerning the effectiveness in clearing the SO and the safety of the procedure.

Materials and Methods: Eight patients who previously underwent pars plana vitrectomy with SO tamponade due to retinal detachment were selected. Removal of SO was performed on average 10 months after initial surgery. All patients developed glaucoma with evidence of SO remnants in the anterior chamber (AC) and angle. Removal of the remaining SO with F_4H_5 washout was performed in all cases with concomitant insertion of a GDD to treat the refractory glaucoma. Intraocular pressure (IOP), SO remnants, endothelial cell count, and need for glaucoma medications were evaluated up to 12 months after the surgical procedure.

Results: All patients had uneventful surgery with no major complications 12 months postoperatively. A marked reduction of SO remnants in the AC and angle was observed in all cases after surgery. There was a 60.9% decrease in mean IOP 12 months postoperatively ($p<0.05$) and the need for glaucoma medication was lower in all patients (mean topical medicines: 4 preoperatively vs. 0.75 ± 0.89 postoperatively; $p<0.05$). Endothelial cell density showed no significant change (mean 2012 ± 129 cells/ mm^2 preoperatively vs. 1985 ± 134 cells/ mm^2 postoperatively; $p>0.05$), and there were no signs of corneal edema.

Conclusion: F_4H_5 is an effective emulsifier for removing SO remnants and may be safely used in conjunction with GDD placement in order to control IOP in eyes with silicone oil-induced glaucoma.

Keywords: Glaucoma drainage devices, silicone oil-induced glaucoma, silicone oil remnants, silicone oil removal, perfluorobutylpentane (F_4H_5)

Cite this article as: Kandarakis SA, Petrou P, Doumazos S, Chronopoulou K, Doumazos L, Halkiadakis I, Georgalas I. Combining Perfluorobutylpentane (F_4H_5) with Glaucoma Drainage Device Implantation for Silicone Oil-Induced Glaucoma: A Pilot Study. Turk J Ophthalmol 2023;53:281-288

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Stylianos A. Kandarakis, Atina Ulusal ve Kapodistrian Üniversitesi, G. Gennimatas Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı 1. Servisi, Atina, Yunanistan

E-posta: s.kandarakis@gmail.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0003-2912-7438

Geliş Tarihi/Received: 29.10.2022 **Kabul Tarihi/Accepted:** 14.02.2023

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2023.95825

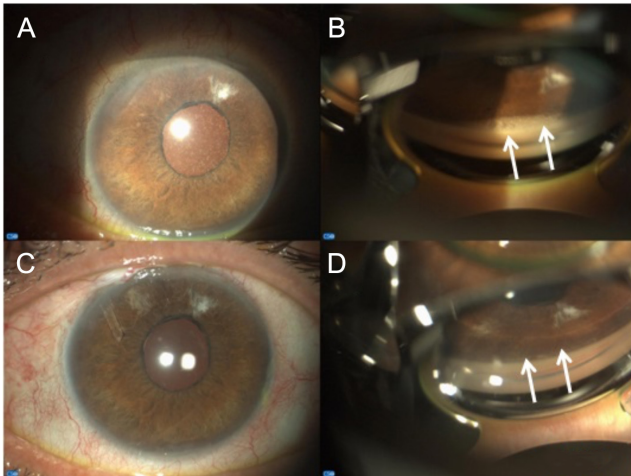
Giriş

Pars plana vitrektomi (PPV) ile birlikte silikon yağı (SY) kullanımı bazı kompleks vitreoretinal olgularda kuvvetle önerilmektedir.¹ Proliferatif vitreoretinopati, travma, rekürren retina dekolmanı ve retinit dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere birçok vitreoretinal cerrahi, endotamponad olarak SY kullanılmasını gerektirir.² SY, nihai görmeyi iyileştirmek ve nüks olasılığını azaltmak için kullanılsa da, komplikasyonlar görülebilir. SY tamponadı ile PPV'nin en yaygın komplikasyonları

katarakt oluşumu, endoftalmi, retina dekolmanı, kistoid maküla ödemi, hipotoni ve oküler hipertansiyondur.^{1,3,4} Oküler hipertansiyon söz konusu olduğunda, vitrektomi sonrası glokom veya yüksek göz içi basıncı (GİB) gelişme riskinin arttığı bildirilmektedir.⁵ Komplike olmayan PPV sonrası glokomun genel insidansının %11,6 ile %20 arasında değiştiği ve endotamponad olarak SY kullanıldığında prevalansın %56'ya kadar yükseldiği gösterilmiştir.^{6,7,8,9} Bu nedenle SY kullanımına sekonder akut veya kronik GİB yükselmesi ek patofizyolojik mekanizmalara bağlı olabilir.¹⁰ Yakın tarihli 196 hastanın dahil edildiği retrospektif bir çalışmada, Lyssek-Boroń ve ark.¹¹, PPV ile SY kullanıldığında kronik yüksek GİB gelişme riskinin 4,7 kat daha yüksek olduğunu tahmin etmişlerdir.

PPV ve SY tamponadından sonra retina anatomisinin restorasyonunu takiben, görme keskinliğinde olası iyileşmeye izin vermek ve GİB'nin normal bir aralıkta kalmasını sağlamak için SY'nin çıkarılması endikedir. Ancak, her zaman GİB normale dönmez ve tıbbi tedavi ve hatta cerrahi müdahale gerekebilir.^{12,13} Literatürde PPV ve SY tamponadı yapılan hastalarda cerrahi girişim insidansı farklılık göstermektedir.^{12,14} PPV sonrası özellikle SY tamponadı yapılan gözlerde trabekülektominin başarı oranı, glokom drenaj cihazı (GDC) implantasyonuna kıyasla düşüktür.^{9,15,16} PPV sonrası GİB'yi kontrol etmek için Ahmed glokom valfi implantasyonunun yüksek başarı oranına sahip olduğu bildirilirken (5 yılda %80,7), Gupta ve ark.¹⁶ PPV ve SY tamponadı yapılan gözlerde başarının daha düşük olduğunu (5 yılda %37) göstermiştir.¹⁷

Ayrıca, SY, ön kamaraya (ÖK) girebilen ve gonyoskopi yoluyla tespit edilebilen, "balık yumurtaları" (Şekil 1B) veya daha ciddi olgularda "ters hipopyon" gibi görünen daha küçük damlacıklara emülsifiye olma eğilimindedir.¹⁸ ÖK'deki bu SY kalıntıları doğrudan trabekülde blokaja ve GİB'de yükselmeye neden olabilir, subkonjonktival boşluğa sızıntı veya drenaj



Şekil 1. Hasta 1: (A) Silikon yağı (SY) çıkarıldıktan sonra ön kamarada SY kalıntıları izlenmektedir. (B) SY çıkarıldıktan sonra açının üst kısmında izlenen SY kalıntıları (beyaz oklar) göz içi basıncının yükselmesine katkıda bulunabilir. (C) perflorobütülpentan (F_4H_5) ile yıkama ve Baerveldt 350-mm² implantasyonundan 12 ay sonra ön kamara. (D) F_4H_5 ile yıkama ve Baerveldt 350-mm² implantasyonundan 12 ay sonra üst açıda SY damlacıklarının (beyaz oklar) önemli ölçüde azaldığı görülmektedir

tüpünü tıkararak GDC implantasyonunda komplikasyona yol açabilir.^{19,20,21,22}

Emülsifiye SY damlacıklarının neden olduğu komplikasyonlar bunları uzaklaştırarak önlenebilir. SY'yi çözdürmek ve çıkarılmasını sağlamak için yarı florlu bir alkan ("semifluorinated alkane", SFA) çözücüsü kullanılabilir.²³ Perfloroheksiloktan bu amaçla kullanılan ilk çözücüdür, ancak enflamasyona neden olduğu ve SY kalıntılarının giderilmesinde yeterince etkili olmadığı için elde edilen sonuçlar optimal değildir.²³ Başka bir çözücü olan perflorobütülpentan (F_4H_5) ile SY kalıntıları enflamasyona neden olmadan verimli bir şekilde çıkarılabilmiş ve sonuçlar umut verici bulunmuştur.^{23,24} Stalmans ve ark.²⁴, F_4H_5 yıkamanın SY kalıntılarını azaltmada güvenli ve etkili olduğunu ve postoperatif SY ile ilişkili komplikasyonları azalttığını göstermiştir.

Bu çalışmada, bildiğimiz kadarıyla ilk kez, SY çıkarıldıktan sonra ÖK ve açıda SY kalıntıları ve kontrolsüz GİB izlenen gözlerde F_4H_5 ile yıkama ve GDC implantasyonu sonuçlarımızı sunuyoruz.

Gereç ve Yöntem

Sekiz hasta, F_4H_5 ile yıkama ve GDC implantasyonu için aday olarak seçildi (4 erkek ve 4 kadın, ortalama yaş 66,5). Tüm hastalara daha önce retina dekolmanı için 23 gauge PPV ve SY (5700 santistok) tamponadı yapılmıştı. SY, eş zamanlı fakoemülsifikasyon ve göz içi lensi (GİL) implantasyonu yapılarak ortalama 10 ay (aralık 8-14 ay) sonra çıkarıldı. Vitreoretinal cerrahilerde herhangi bir komplikasyon gelişmedi. Tüm hastalarda glokomatöz optik nöropati bulguları vardı ve çukur-disk oranı 0,6 ile 0,8 arasında değişiyordu. Görme alanında ortalama deviasyon -9,3 desibel ($\pm 2,1$) (Humphrey Field Analyzer 3, Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Almanya) ve optik koherens tomografide ortalama retina sinir lifi tabakası kalınlığı 65 μm ($\pm 5 \mu\text{m}$) (Heidelberg Spectralis, Heidelberg Engineering, Heidelberg Baden-Württemberg, Almanya) idi. Her hastanın ameliyat öncesi ve sonrası görme keskinliği değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Vitreoretinal işlemler ve fakoemülsifikasyondan sonra, tüm hastalarda maksimum doz tedavi ile kontrol edilmeyen yüksek GİB gelişti ve hastalarda GDC implantasyonu endike hale geldi. Ayrıca, ÖK'deki SY kalıntılarının trabeküler ağı bloke ederek (gonyoskopi + fotoğraf görüntüleri) GİB artışına neden olmuş olabileceği düşünüldü (Şekil 1A, B, Şekil 2A ve Şekil 3A). Bu nedenle, bu hastaların GİB'yi yönetmek için GDC implantasyonu ve SY kalıntılarını çıkartmak için F_4H_5 ile yıkama yapılmasına uygun hastalar olduğuna karar verildi.

Tüm işlemler Atina'daki G. Gennimatas Hastanesi Etik Kurulu tarafından onaylandı (karar no: RN:#12042021004, tarih: 12/04/2021) ve çalışma Helsinki Bildirgesi'nin yönergelerine uygun olarak yürütüldü. Tüm hastalardan hem işlem hem de görüntülerinin yayınlanması için yazılı onam alındı. Tüm hastalara F_4H_5 (F_4H_5 ® WashOut, FLUORON GmbH, Almanya) ile aynı ÖK yıkama işlemi ve eş zamanlı GDC implantasyonu yapıldı. Beş hastaya 350 mm² Baerveldt

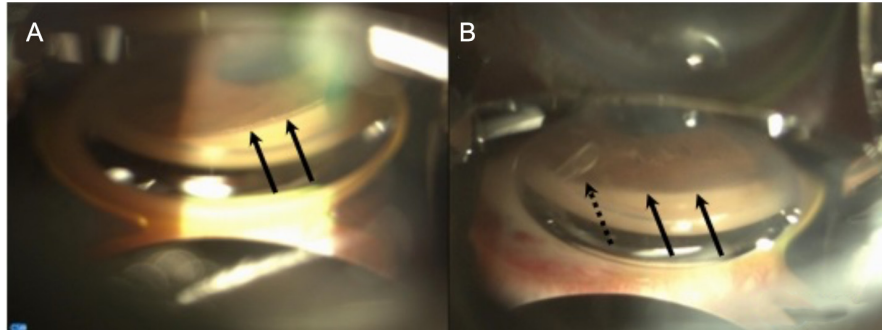
implantı (BAERVELDT® BG 103-250, Johnson & Johnson Surgical Vision, Inc., New Brunswick, New Jersey, ABD), 3 hastaya Ahmed valf implantı (Ahmed® Glaucoma Valve FP7, Rancho Cucamonga, California, ABD) yerleştirildi. Spesifik olarak, sub-Tenon anestezisi altında, süperotemporal kadranda konjonktival peritomiye takiben geniş konjonktival diseksiyon yapıldı. Süperior ve lateral rektus kaslarını gördükten sonra, 10-0 naylon sütür kullanılarak kasların altına 350 mm² Baerveldt implantı sabitlendi. Ahmed valfi takılan gözlerde, implant hazırlandıktan sonra, valf 9-0 naylon sütürler kullanılarak

süperior ve lateral rektus kasları arasındaki süperotemporal kadrana sabitlendi. Gerekli olgularda dikkatli şekilde koter kullanıldı. ÖK'ye tüp yerleştirilmeden önce, 2,4 mm'lik bir kornea insizyonu ve parasentez insizyonu yapıldı ve 2 mL F₄H₃ 27 gauge kanül ile ÖK'ye 5 dakikada enjekte edildi. İrrigasyon açığı doğru (360 derece) ve pupil ile GİL'ye doğru yapıldı. Daha sonra irigasyon/aspirasyon (I/A) koaksiyel I/A metalik uç kullanılarak yapıldı. Aynı yöntem kullanılarak ikinci bir F₄H₃ irigasyonu ve takiben I/A yapıldı. ÖK'ye az miktarda koheziv viskoelastik enjekte edildi ve insizyonlara sıvı verildi.

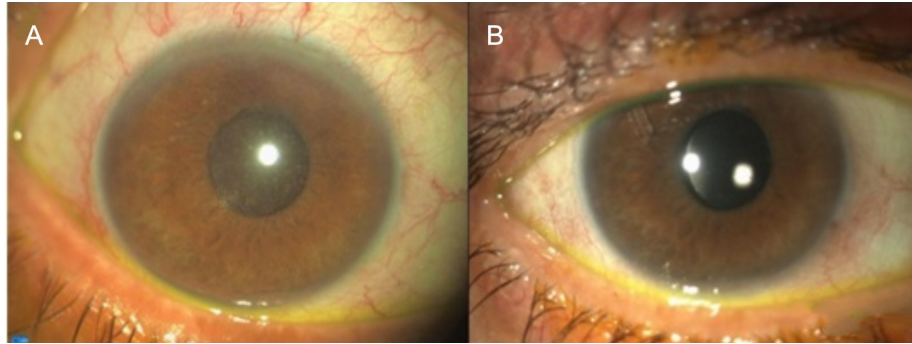
Tablo 1. Ameliyat öncesi ve sonrası göz içi basıncı (mmHg) ve görme keskinliği (Snellen) değerleri ve ameliyat sonrası medikal tedavi

Hasta	Yaş (y)/cinsiyet	Göz	Ameliyat öncesi			Ameliyat sonrası				
			GK	GİB	GDC	GİB (1. ay)	GİB (6. ay)	GİB (12. ay)	Topikal ilaçlar	GK
#1	65/E	Sağ	8/10	38	Baerveldt	18	13	13	β-bloker	8/10
#2	63/K	Sol	9/10	35	Baerveldt	15	9	9	Yok	9/10
#3	67/K	Sağ	7/10	28	Baerveldt	12	14	13	β-bloker	7/10
#4	68/E	Sağ	8/10	27	Baerveldt	10	12	15	Yok	8/10
#5	66/E	Sol	7/10	46	Ahmed	14	16	17	β-bloker + KAİ	7/10
#6	70/E	Sağ	6/10	29	Ahmed	8	10	9	Yok	7/10
#7	65/K	Sol	8/10	35	Ahmed	11	9,5	14	β-bloker + KAİ	8/10
#8	68/K	Sol	9/10	28	Baerveldt	22	15	14	Yok	9/10
Ortalama ± SD				33,3±6,58		13,8±4,56	12,3±2,63	13±2,78	0,75±0,89	

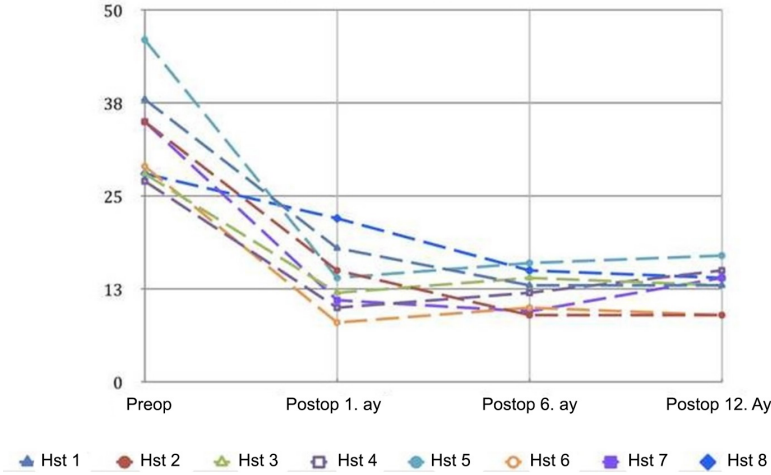
GK: Görme keskinliği, GİB: Göz içi basıncı, GDC: Glokom drenaj cihazı, E: Erkek, K: Kadın, SD: Standart deviasyon



Şekil 2. Hasta 2: (A) "Balık yumurtalarını" (siyah oklar) andıran üst açıda emülsifiye silikon yağı damlacıkları. (B) Aynı hastanın ameliyat sonrası gonyoskopi görüntüsünde silikon yağının olmadığı (siyah oklar) ve tüpün (kesikli ok) uygun şekilde yerleştirilmiş olduğu izlenmektedir



Şekil 3. Hasta 3: Perflorobütülpentan (F₄H₃) ile yıkamadan önce ön kamarda dolaşan silikon yağı damlacıkları (A) F₄H₃ ile yıkama ve Baerveldt 350-mm² implantasyonundan sonra görülmemektedir (B)



Şekil 4. Her hastanın ameliyat öncesi (preop) ve ameliyat sonrası (postop) 1. ay, 6. ay ve 12. aydaki göz içi basınç ölçümleri

ÖK içine yaklaşık 2 mm uzanan 23 gauge kanül ile tüp yerleştirildi. Giriş bölgesi, standart tekniğe göre Schwalbe çizgisinin arkasında ve irise paraleldi. Tüp daha sonra 10-0 naylon sütür ile skleraya sabitlendi. 350 mm² Baerveldt drenaj cihazı takılan gözlerde aşağıdaki ek adımlar gerçekleştirildi: Tüpün lümeninden 4-0 Prolen (polipropilen) sütür geçirildi, 8-0 Vicryl (poliglaktin 910) sütür kullanılarak lümen su geçirmez hale getirildi ve 30 gauge iğne kullanılarak geçici delikler açıldı. Tüm GDC'ler için, tüp giriş yeri 2,5 mm x 2,5 mm büyüklüğünde alkolde prezerve edilen sklera grefti ile kapatıldı ve naylon sütürlerle sabitlendi. Son olarak konjonktiva 8-0 Vicryl sütür ile kapatıldı.

Ameliyat öncesi (Şekil 1A, B, Şekil 2A, Şekil 3A), ameliyat sonrası 1. gün ve ameliyat sonrası 1., 6. ve 12. aylarda klinik muayene yapıldı ve fotoğraflar çekildi (Şekil 1C, D, Şekil 2B, Şekil 3C). Takip süresince hastaların GİB (Goldmann aplanasyon tonometrisi ile) ve postoperatif endotel hücre yoğunluğu (EHY) (CellChek X™ Speküler Mikroskop; Konan Medical, Irvine, CA, ABD) ölçüldü, ÖK'de ve özellikle açıda SY kalıntıları olup olmadığı (gonyoskopi) ve komplikasyonlar açısından izlendi. Tüm glokom cerrahileri, Atina Ulusal ve Kapodistrian Üniversitesi G. Gennimatas Hastanesi, 1. Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Kliniği'nde aynı cerrah (S.K.) tarafından yapıldı. GİB ölçümleri iki ayrı uzman tarafından yapıldı ve analizlerde ortalama GİB kullanıldı. İki ölçüm arasında 3 mmHg'den fazla fark varsa, üçte bir kişi tarafından bir ölçüm daha yapıldı ve bu değer kullanıldı.

İstatistiksel Analiz

Verilerin toplanmasında Microsoft Excel kullanıldı ve istatistiksel analizler R istatistik yazılımı (versiyon 3,5,1, Foundation for Statistical Computing, Viyana, Avusturya) kullanılarak yapıldı. Çalışma popülasyonunun tanımlayıcı istatistikleri ortalama ± standart deviasyon olarak verildi. Ameliyat sonrası 12 aylık dönemde tüm izlemlerde kaydedilen GİB değişimleri, glokom ilaç sayısındaki farklılıklar ve

EHY'deki değişimler eşleştirilmiş t-testi ile değerlendirildi. Tüm istatistiksel testler çift yönlüydü ve p değerlerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Tüm hastalara üst kadranda Baerveldt 350 mm² veya Ahmed valf implantasyonu ve F₄H₃ ile yıkama başarılı şekilde yapıldı. Baerveldt 350 mm² implant takılan hastaların hiçbirinde 4-0 Prolen intralümenal sütürün çıkarılması gerekmedi ve önemli bir komplikasyon gelişmedi.

Hastaların maksimum topikal tedavi ve oral karbonik anhidraz inhibitörü (KAİ) tedavisi (günde iki kez 250 mg, Asetazolamid 250 mg, Crescent Pharma Ltd, Basingstoke, İngiltere) ile ameliyat öncesi ortalama GİB 33,25 mmHg (±6,58) idi. Ameliyattan 12 ay sonra ortalama GİB %60,9 azaldı ve 13 mmHg'ye (±2,78) düştü (p<0,05). Bir aylık takipte ortalama GİB anlamlı bir şekilde 13,75 mmHg'ye (±4,56) düştü ve bu, ameliyat öncesi seviyelere kıyasla %58,6'lık bir azalmaya karşılık geliyordu (p<0,05). Ameliyattan 6 ay sonra ortalama GİB 12,3 mmHg (±2,63) idi (Şekil 4). Bu sonuçlar, ameliyattan sonra en az 12 ay boyunca GİB'de kalıcı bir azalma olduğunu göstermektedir.

GDC implantasyonu ve F₄H₃ ile yıkamadan sonra topikal tedavi miktarı da anlamlı ölçüde azaldı. Reçete edilen topikal ilaç sayısı ameliyat öncesi hasta başına 4 iken ameliyat sonrası ortalama 0,75'e (±0,89) düştü (%81,3 azalma) (p<0,05). Spesifik olarak, hasta 1 ve hasta 3'te GİB'nin düşük kalmasını sağlamak için topikal β-bloker damlaya (günde iki kez, Temserin %0,25, Vianex, Atina, Yunanistan) ihtiyaç duyulurken, hasta 5 ve hasta 7 hem topikal β-bloker (günde iki kez) hem de KAİ (günde iki kez) damla kullanmıştır. Kalan 4 hastada, ameliyattan sonra en azından maksimum takip süremiz boyunca herhangi bir tıbbi tedaviye ihtiyaç duyulmadı. Ameliyat öncesi ve sonrası GİB değerleri ve ameliyat sonrası Tablo 1'de sunulmuştur.

İşlemden önce ve sonra ölçülen EHY, hastaların hiçbirinde anlamlı değişim göstermedi. Ortalama EHY ameliyat öncesi

Tablo 2. Ameliyat öncesi ve sonrası epitel hücre yoğunluğu (EHY) değerleri (hücre/mm ²)		
Hasta	Ameliyat öncesi EHY	Ameliyat sonrası EHY
1	1947	1902
2	2159	2120
3	1983	2050
4	1826	1751
5	1902	1899
6	2205	2167
7	2090	1997
8	1987	1995
Ortalama ± SD	2012±129	1985±134
SD: Standart deviasyon		

2012,38 hücre/mm² (±129) ve sonrası 1985,13 hücre/mm² (±134) idi (p>0,05). Hiçbir hastada kornea ödemi izlenmedi. Hastaların EHY değerleri [Tablo 2](#)'de sunulmuştur.

Tüm hastalarda, çalışmaya kör bir göz hekimi (D.P.) tarafından değerlendirilen ve ameliyat sonrası fotoğraflarda da görülen ÖK ve açıda rezidüel SY damlacıklarında belirgin bir azalma vardı ([Şekil 1A, D](#), [Şekil 2A, B](#), [Şekil 3A, C](#)).

Tartışma

PPV ve SY tamponadı kombinasyonu, birden çok retina patolojisi olan hastalar için yaygın olarak kullanılan bir cerrahi yaklaşım olmaya devam etmektedir.¹ Bunu genellikle SY'nin çıkarılması izler ve bazen fakoemülsifikasyon ve GİL implantasyonu ile birlikte yapılır.¹ Akut GİB artışı sıklıkla aşırı SY dolumu, aközün yanlış yönlendirilmesi, iris lens diyafrazında kayma ve ÖK enflamasyonundan kaynaklanırken, kronik GİB artışı genellikle açıda sineşi, neovaskularizasyon ve emülsifiye SY damlacıklarının ÖK'ye geçmesi ve trabekülü infiltrasyonu ile ilişkilidir.^{2,5,21}

SY ile indüklenen glokomun olası mekanizması esas olarak emülsifiye SY partiküllerinin ÖK'ye geçmesi ile ilgilidir. Bu, mekanik tıkanmaya veya trabeküler ağın enflamasyonuna neden olarak aköz hücre çıkışı bozabilir.^{9,10,18,21} SY tamponadı yapılan gözlerde bildirilen geç başlangıçlı glokom oranları %2,2 ile %56 gibi geniş bir aralıkta değişmektedir.⁹ Risk faktörleri arasında hastanın önceden glokom, diyabet ve afakik olması yer alırken, katarakt ekstraksiyonunun ameliyattan sonra GİB'deki rolü belirsizliğini korumaktadır.^{6,7,8} Doğal merceğin, trabeküler ağda değişikliklere neden olabilecek ve aköz çıkışı bozabilecek oksidatif strese karşı koruyucu bir role sahip olduğu varsayılmıştır.⁶ Öte yandan, bazı raporlarda vitrektominin glokom riskini artırdığı veya lensin koruyucu bir rolü olduğu varsayımına itiraz edilmektedir.^{25,26}

SY'nin emülsifikasyonu, ortam içindeki yüzey gerilimini azaltan, başlangıçta SY'nin dağılmasına ve daha sonra emülsifiye olmasına neden olan faktörlerden kaynaklanmaktadır.²⁷ Bu proteinler veya diğer moleküller, genellikle enflamatuvar, enfeksiyöz veya hemorajik durumlarda görülen yüzey etkili partiküllerdir (surfaktanlar). Bunlar genellikle SY tamponadının endike olduğu karmaşık ve zorlu hastalıklardır

ve dolayısıyla emülsifikasyon olasılığı artmaktadır.^{21,28} Ancak, SY emülsifikasyonunu etkileyen en önemli faktör, gözdeki SY tamponadının süresidir. Bazı çalışmalar, SY emülsifikasyonunun ilk belirtilerinin ortalama 13,2 ay sonra meydana geldiğini gösterirken, diğerleri bazı olgularda emülsifikasyonun SY enjeksiyonundan 5 ay kadar kısa bir süre sonra ortaya çıkabileceğini belirtmiştir.^{21,27,28} Yüksek viskoziteli SY'nin deformasyona karşı daha dirençli olduğu ve bu nedenle dispersiyon ve emülsifikasyon gelişme olasılığının daha düşük olduğu gösterilmiş olsa da, özellikle küçük çaplı kanüller (25 G'nin altı) ile çıkarılması daha zordur.²¹

Çalışmamızda dahil edilen tüm hastalara ilk SY enjeksiyonundan ortalama 10 ay sonra katarakt ekstraksiyonu yapılmış ve SY çıkarılmış ancak refrakter glokom gelişmiştir. Lens ekstraksiyonunun postoperatif GİB artışına katkıda bulunup bulunmadığı belirsizliğini korumaktadır, ancak tüm olgularda ÖK ve açıda SY kalıntıları görülmüştür. Bu, GİB'de artışa neden olduğu iyi bilinmektedir.^{9,10,21,29,30,31,32} Maksimum medikal tedaviye rağmen tüm hastalarda GİB kontrol edilemediğinden GDC implantasyonu endikasyonu vardı.

Bununla birlikte, SY çıkarıldıktan sonra SY kalıntılarının olması, GDC implante edildikten sonra tüp lümeninin SY ile tıkanması riski göz önüne alındığında, GİB'yi cerrahi olarak azaltması istenen glokom cerrahları için büyük bir zorluk teşkil etmektedir.^{14,19} İlginç bir şekilde, SY'nin tüpten konjonktiva altına geçtiği olgular da bildirilmiştir ve bu da ne kadar dikkatli olunması gerektiğini bir kez daha vurgulamaktadır.^{9,19,22,31,32,33}

Literatürde bir cerrahın bu olgulara nasıl yaklaşması gerektiği konusunda altın standart bir yöntem yoktur. Sadece SY çıkarılması, GDC implantasyonu veya her ikisinin birden yapılması seçenekler arasındadır. Honavar ve ark.²⁹ 150 gözü retrospektif olarak değerlendirdikleri çalışmalarında hiçbir olguda sadece SY çıkarılması ile yeterli GİB kontrolü sağlanamadığını, ancak anti-glokom ilaç tedavisi eklendiğinde genel olarak %45,5 başarı oranı sağlandığını bildirmişlerdir. Nguyen ve ark.'nın³⁰ çalışmasında ise 14 gözden 8'inde (%57) sadece SY çıkarılması sonrası GİB kontrol altına alınmıştır.

Öte yandan, Chan ve ark.'na²⁸ göre, biyomikroskopide ÖK'de görülen emülsifiye SY partikülleri, emülsifiye SY

miktarını yalnızca kısmen yansıtmakta ve açık açılı glokom gibi komplikasyonlarla ilişkili olabilecek daha birçok küçük emülsifiye damlacık olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, daha önce SY ile doldurulmuş enükleasyon yapılan gözler elektron mikroskopi ile incelendiğinde, trabeküler ağ içinde küçük emülsifiye SY damlacıkları görülmüştür. Bu, SY çıkarıldıktan sonra, trabeküler ağda SY kalmadığı ve GİB'nin düşeceği anlamına gelmediğini göstermektedir.³⁴ Budenz ve ark.¹³ GİB'yi kontrol etmek için sadece SY'nin çıkarılmasının, sonuçta GİB kontrolünü sağlamadığı ve glokom cerrahisine ihtiyacı arttırdığını savunmuşlardır. Ayrıca Moisseiev ve ark.¹² sadece SY çıkarılan hastalarda, daha sonra glokom cerrahisi yapılsa bile GİB kontrolünün sağlanmadığını bildirmişlerdir.

SY kalıntılarının yukarıda belirtilen potansiyel yan etkilerini azaltmak için, F₄H₅ daha önce rutin SY çıkarılması işleminde yıkama olarak başarılı ve güvenli bir şekilde kullanılmıştır.²⁴ F₄H₅, düşük yoğunluğa sahip renksiz, fiziksel ve kimyasal olarak inert olan, sıvı, yarı florlu bir alkandır. Ek olarak, amfifilik olmasının yanı sıra ara yüzey ve yüzey geriliminin düşük olması gibi mükemmel özelliklere sahiptir. Kimyasal formülü C₄F₉C₃H₁₁'dir ve RFRH konfigürasyonuna sahiptir. RF segmenti bileşiğe lipofobik özelliklerini verirken RH segmenti (alkan) lipofilik özelliklerini sağlar. Böylece RF segmentin uzunluğu ile lipofobik özellik artarken RH segmentin uzunluğu ile lipofilik özellik artmaktadır. F₄H₅ ve diğer yarı florlu alkanlar, SY için güçlü ve biyoyumlu solventlerdir. Yarı florlu alkanların genel özelliklerine göre RH grubu ne kadar uzunsa ve SY'nin viskozitesi ne kadar düşüğe birbirlerindeki çözünürlükleri o kadar iyi olmaktadır.³⁵ Ancak, F₄H₅, hem *in vitro* hem de *in vivo* çalışmaların daha önce gösterdiği gibi, SY'yi diğer yarı florlu alkanlarda daha güçlü şekilde çözebilmektedir.^{23,36} Spesifik olarak, SY ve F₄H₅ karışımlarının faz ayrımı (suda yağ görünümü) göstermemesi ve oda sıcaklığında bu maddelerin her oranda karıştırılabilir olması, şeffaf ve homojen bir çözelti ortaya çıkması F₄H₅'nin üstün özellikleridir.^{23,35}

Çalışmamızda, GİB'de en yüksek oranda düşüş sağlamak ve ÖK'de SY kalıntıları ile ilişkili komplikasyonları önlemek için glokom valfi implantasyonu ile eş zamanlı olarak F₄H₅ ile yıkama yaptık ve SY kalıntılarının çıkarılmasındaki etkinliğini değerlendirdik. Bildiğimiz kadarıyla çalışmamız, SO çıkarılmasına rağmen ÖK ve açıda SO kalıntıları olan ve maksimum tıbbi tedaviyle glokomu kontrol altına alınamayan gözlerde F₄H₅ ile yıkama ve eş zamanlı GDD implantasyonu yapıldığını bildiren literatürdeki ilk çalışmadır.

Ön sonuçlarımız, sınırlı olmasına rağmen, F₄H₅ ile yıkamanın Baerveldt 350-mm² veya Ahmed valf implantasyonu ile başarılı bir şekilde kombine edilebileceğini göstermektedir. Genel olarak, ameliyat sonrası seyir sorunsuzdu ve herhangi bir komplikasyon gelişmedi. Tüm hastalarda GİB anlamlı olarak azaldı ve en az 12 ay boyunca kontrol altında kaldı. On iki aylık izlem sonunda GİB'de ortalama %60,9'luk bir azalma görüldü (p<0,05). Ayrıca, GİB düşürücü ilaçlara olan ihtiyaç ameliyat öncesine göre anlamlı düzeyde azaldı ve maksimum topikal tedaviden (GİB düşürücü 4 ilaç) hasta başına ortalama 0,75 (±0,89) ilaca düştü. Spesifik olarak, hasta 5, ameliyat

öncesi tetkiklerde en yüksek başlangıç GİB değerine sahipti (46 mmHg). F₄H₅ yıkama ve Ahmed valfi implantasyonundan sonra, bu hastanın GİB değeri, ikili tıbbi tedavi (günde iki kez β-bloker + KAI) ile de olsa, 12 ay sonunda 29 mmHg (%63) azalarak 17 mmHg'ye düştü. GİB'de en az düşüş hasta 4'te izlendi ve cerrahi sonrası 12 mmHg (%44,4) azalarak 15 mmHg'ye geriledi ancak bu azalma medikal tedaviye gerek olmadan sağlandı. Baerveldt implantasyonu ile eş zamanlı yıkama yapılan hastalar arasında GİB'de en büyük düşüş hasta 2'de izlendi ve GİB'de 35 mmHg'den 9 mmHg'ye %74,3'lük bir azalma meydana geldi. İlginç bir şekilde, takip süremizin sonunda Ahmed valfi implantasyonu yapılan hastalarda GİB azalma yüzdesi (%63,6), Baerveldt drenaj cihazı implante edilen hastalardan (%58,9) yüksekti. Bununla birlikte, Ahmed valfi implante edilen hastalar GİB kontrolü için ortalama 1,3 topikal ilaca ihtiyaç duyarken, Baerveldt cihazı implante edilenler ortalama 0,4 ilaca ihtiyaç duymuştur. Bu nedenle, ön verilerimiz glokom tedavisi ihtiyacını azaltırken istenen GİB düşürücü etkiyi sağladığımızı işaret etmektedir.

Ameliyattan önce ve sonra çekilen fotoğraflar, ÖK'deki SY kalıntılarının miktarını göstermiştir (Şekil 1A, D, Şekil 2A, B, Şekil 3A, B). F₄H₅'in küçük SY damlacıklarının bağlanma ve çözülmede başarılı olduğuna işaret eder şekilde ÖK ve açıda SY önemli ölçüde azalırken, SY konjonktiva altında görülmedi ve hastaların hiçbirinde tüpte tıkmaya neden olmadı. Bu, ameliyattan önce ve sonra ÖK ve açıda SY kalıntılarının olup olmadığı değerlendirilen çalışmaya kör bir göz hekimi tarafından da doğrulandı.

Önceki çalışmalarda SY tamponadı yapılan gözlerde Ahmed glokom valfi implantasyonu ile olumlu sonuçlar elde edilmiştir.³⁷ Ishida ve ark.³⁷ SY ile dolu gözlerde Ahmed valfi implantasyonu sonrası başarı oranının %70,2 olduğunu bildirmiş, SY enjeksiyonu yapılan gözlerde yapılmayan gözlerle göre başarısızlık riskinin arttığını vurgulamışlardır. Özellikle, SY enjeksiyonu yapılan gözlerin %40'unda tüpte SY damlacıkları görüldüğünü ve bunların %10'unun sonunda tıkanıldığını bildirmişlerdir. SY enjeksiyonu yapılmayan gözlerde başarı oranı %87,2 bulunmuştur.³⁷ Başka bir çalışmada, SY ile doldurulan gözlerde Ahmed valfi implantasyonundan sonra benzer başarı oranları (1 yıl sonunda %76) bildirilmiştir.³⁸ Çalışmamıza daha benzer şekilde, Gupta ve ark.¹⁶, SY çıkarıldıktan sonra Ahmed glokom valfi implantasyonu yapılan hastalarda GİB kontrolünde %59,3 başarı sağlandığını ve GİB'de ortalama %56,9 oranında azalma elde edildiğini bildirmişlerdir. Gupta ve ark.'nın¹⁶ başarı oranının SY olmayan olgulara göre neden daha düşük olduğu konusunda nedenler multifaktöriyel olduğu için kesin bir yorum yapamayız. Ancak bunun bir nedeni olgularımızda olduğu gibi SY'nin trabekül üzerine direkt etkisi olabileceği gibi SY kalıntıları da olabilir. Ek olarak, mevcut sonuçlarımız göz önüne alındığında, GDC'nin GİB'yi azaltmadaki başarısından yalnızca veya primer olarak yıkama tekniğimizin sorumlu olduğunu sonucuna da varamayız. Ancak, kendi deneyimlerimiz, yukarıda belirtilen önceki raporlara birlikte değerlendirildiğinde, SY kalıntılarının GDC implantasyonu sonuçlarını büyük ölçüde etkileyebileceğini düşünüyoruz. Tüp yerleştirme sırasındaki

manevralar ve sıvı hareketleri geri kalan SY'yi trabekülün diğer kısımlarına kaydırarak GİB'yi daha da olumsuz etkileyebileceğinden, işlemin kendisi bile sonuçları etkileyebilir. ÖK'nin F₄H₃ ile güvenli, hızlı ve etkili şekilde yıkanmasının bu hastalarda glukom cerrahisinden önce önemli bir adım olabileceğini düşünüyoruz.

F₄H₃'in gözde önemli bir toksik etkisi olmadığı ve biyoyumlu olduğu gösterilmiş olsa da, yarı florlu alkanların endotel hücreleri üzerinde potansiyel olarak olumsuz bir etkisi olabileceği ileri sürülmüştür.^{35,39,40} Wenzel ve ark.⁴⁰ tarafından domuz korneaları ile yapılan bir çalışmada, F₄H₃'e kısa süreli maruziyetin endotel hücreleri üzerinde önemli bir toksik etkiye sahip olmadığı, uzun süreli maruziyette (60 dakikanın üzerinde) ise morfolojik değişikliklerin arttığı gösterilmiştir. Çalışmamızda, ameliyat öncesi ve sonrası ölçülen EHY'de anlamlı bir değişiklik görülmemiştir (Tablo 2). Bu, 10 dakikaya kadar (5 dakika x 2 kez) kısa süreli F₄H₃ ile yıkamanın, SY kalıntılarının ÖK'den uzaklaştırılmasında güvenli ve etkili olduğunu göstermektedir. Elde edilen GİB sonuçları bunu desteklemektedir. Kısa süreli F₄H₃ ile yıkama genel GİB kontrolüne de katkıda bulunabilir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın kısıtlılıklarından biri hiç şüphesiz örneklem sayısının sınırlı olmasıdır. Ancak, umut verici sonuçlarımız nedeniyle, ön verilerimizi burada sunuyoruz. Ayrıca çalışmamız çok merkezli değildi ve tüm cerrahi işlemler tek bir cerrah tarafından yapıldı. Takip süresi nispeten kısaydı (12 ay), ancak bu sürenin bazı makul sonuçlar çıkarabilmek için yeterli olduğunu düşünüyoruz.

Sonuç

Sonuç olarak, F₄H₃, GDC implantasyonu ile birlikte güvenli kullanılabilen bir yarı florlu alkandır. Geleneksel Baerveldt 350-mm² veya Ahmed valf implantasyonundan önce, tüp tıkanması riskini ve SY kalıntılarının genel olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla ÖK ve açıldaki SY'yi uzaklaştırmak için ÖK yıkanabilir. Gelecekte tekniğin güvenliliği ve etkililiği hakkında kesin sonuçlar elde etmek için daha fazla sayıda hasta ile yapılacak randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Atina'daki G. Gennimatas Hastanesi Etik Kurulu tarafından onaylandı (karar no: RN:#12042021004, tarih: 12/04/2021) ve çalışma Helsinki Bildirgesi'nin yönergelerine uygun olarak yürütüldü.

Hasta Onayı: Alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu ve editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: S.A.K., P.P., Konsept: I.G., Dizayn: S.D., L.D., Veri Toplama veya İşleme: K.C., Analiz veya Yorumlama: I.H., I.G., Literatür Arama: K.C., S.D., L.D., Yazan: S.A.K., S.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Pollack JS, Sabherwal N. Small gauge vitrectomy: operative techniques. *Curr Opin Ophthalmol.* 2019;30:159-164.
- Cornacel C, Dumitrescu OM, Zaharia AC, Pirvulescu RA, Munteanu M, Tataru CP, Istrate S. Surgical Treatment in Silicone Oil-Associated Glaucoma. *Diagnostics (Basel).* 2022;12:1005.
- Stein JD, Zacks DN, Grossman D, Grabe H, Johnson MW, Sloan FA. Adverse events after pars plana vitrectomy among medicare beneficiaries. *Arch Ophthalmol.* 2009;127:1656-1663.
- Day S, Grossman DS, Mruthyunjaya P, Sloan FA, Lee PP. One-year outcomes after retinal detachment surgery among medicare beneficiaries. *Am J Ophthalmol.* 2010;150:338-345.
- Rossi T, Ripandelli G. Pars Plana Vitrectomy and the Risk of Ocular Hypertension and Glaucoma: Where Are We? *J Clin Med.* 2020;9:3994.
- Chang S. LXII Edward Jackson lecture: open angle glaucoma after vitrectomy. *Am J Ophthalmol.* 2006;141:1033-1043.
- Luk FO, Kwok AK, Lai TY, Lam DS. Presence of crystalline lens as a protective factor for the late development of open angle glaucoma after vitrectomy. *Retina.* 2009;29:218-224.
- Koreen L, Yoshida N, Escario P, Niziol LM, Koreen IV, Musch DC, Chang S. Incidence of, risk factors for, and combined mechanism of late-onset open-angle glaucoma after vitrectomy. *Retina.* 2012;32:160-167.
- Kornmann HL, Gedde SJ. Glaucoma management after vitreoretinal surgeries. *Curr Opin Ophthalmol.* 2016;27:125-131.
- Ichhpujani P, Jindal A, Jay Katz L. Silicone oil induced glaucoma: a review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2009;247:1585-1593.
- Lyssek-Boroń A, Krysiak K, Jankowska-Szumil J, Grabarek BO, Osuch M, Kijonka M, Dobrowolski D. Comparison of Methods of Endotamponade Used During 23-Gauge Pars Plana Vitrectomy and the Risk of Raised Intraocular Pressure During 24-Month Follow-Up: A Retrospective Study of 196 Patients. *Med Sci Monit.* 2019;25:9327-9334.
- Moisseiev J, Barak A, Manaim T, Treister G. Removal of silicone oil in the management of glaucoma in eyes with emulsified silicone. *Retina.* 1993;13:290-295.
- Budenz DL, Taba KE, Feuer WJ, Eliezer R, Cousins S, Henderer J, Flynn HW Jr. Surgical management of secondary glaucoma after pars plana vitrectomy and silicone oil injection for complex retinal detachment. *Ophthalmology.* 2001;108:1628-1632.
- de Vries MM, Müskens RP, Renardel de Lavalette VW, Hooymans JM, Jansonius NM. Glaucoma drainage device surgery after vitreoretinal surgery: incidence and risk factors. *Acta Ophthalmol.* 2016;94:135-139.
- Singh D, Chandra A, Sihota R, Kumar S, Gupta V. Long-term success of mitomycin-augmented trabeculectomy for glaucoma after vitreoretinal surgery with silicone oil insertion: a prospective case series. *Retina.* 2014;34:123-128.
- Gupta S, Chaurasia AK, Chawla R, Kapoor KS, Mahalingam K, Swamy DR, Gupta V. Long-term outcomes of glaucoma drainage devices for glaucoma post-vitreoretinal surgery with silicone oil insertion: a prospective evaluation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2016;254:2449-2454.
- Pandav SS, Thattarathody F, Singh SR, Chandra KK, Seth NG, Kaur S, Kaushik S, Raj S. Long-term Outcome of Ahmed Glaucoma Valve Implantation in Eyes With Intractably Raised Intraocular Pressure Following Pars Plana Vitrectomy. *J Glaucoma.* 2021;30:362-367.
- Mangouritsas G, Mourtzoukos S, Portaliou DM, Georgopoulos VI, Dimopoulou A, Feretis E. Glaucoma associated with the management of rhegmatogenous retinal detachment. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:727-734.
- Friberg TR, Fanous MM. Migration of intravitreal silicone oil through a Baerveldt tube into the subconjunctival space. *Semin Ophthalmol.* 2004;19:107-108.

20. Chan CK, Tarasewicz DG, Lin SG. Subconjunctival migration of silicone oil through a Baerveldt pars plana glaucoma implant. *Br J Ophthalmol.* 2005;89:240-241.
21. Miller JB, Papakostas TD, Vavvas DG. Complications of emulsified silicone oil after retinal detachment repair. *Semin Ophthalmol.* 2014;29:312-318.
22. Téllez J, Vela JI, Luna S, Delgado R. Massive Silicone Oil Migration into the Subconjunctival Space: A Leakage Mechanism Dilemma. *Case Rep Ophthalmol.* 2018;9:310-314.
23. Liang Y, Kociok N, Leszczuk M, Hiebl W, Theisinger B, Lux A, Jousseaume AM. A cleaning solution for silicone intraocular lenses: "sticky silicone oil". *Br J Ophthalmol.* 2008;92:1522-1527.
24. Stalmans P, Pinxten AM, Wong DS. Cohort Safety and Efficacy Study of Siluron2000 Emulsification-Resistant Silicone Oil and F4h5 in the Treatment of Full-Thickness Macular Hole. *Retina.* 2015;35:2558-2566.
25. Yu AL, Brummeisl W, Schaumberger M, Kampik A, Welge-Lüssen U. Vitrectomy does not increase the risk of open-angle glaucoma or ocular hypertension--a 5-year follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010;48:1407-1414.
26. Lalezary M, Kim SJ, Jiramongkolchai K, Recchia FM, Agarwal A, Sternberg P Jr. Long-term trends in intraocular pressure after pars plana vitrectomy. *Retina.* 2011;31:679-685.
27. Toklu Y, Cakmak HB, Ergun SB, Yorgun MA, Simsek S. Time course of silicone oil emulsification. *Retina.* 2012;32:2039-2044.
28. Chan YK, Cheung N, Chan WS, Wong D. Quantifying silicone oil emulsification in patients: are we only seeing the tip of the iceberg? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2015;53:1671-1675.
29. Honavar SG, Goyal M, Majji AB, Sen PK, Naduvilath T, Dandona L. Glaucoma after pars plana vitrectomy and silicone oil injection for complicated retinal detachments. *Ophthalmology.* 1999;106:169-177.
30. Nguyen QH, Lloyd MA, Heuer DK, Baerveldt G, Minckler DS, Lean JS, Liggert PE. Incidence and management of glaucoma after intravitreal silicone oil injection for complicated retinal detachments. *Ophthalmology.* 1992;99:1520-1526.
31. Nazemi PP, Chong LP, Varma R, Burnstine MA. Migration of intraocular silicone oil into the subconjunctival space and orbit through an Ahmed glaucoma valve. *Am J Ophthalmol.* 2001;132:929-931.
32. Morales J, Shami M, Craenen G, Wentlandt TF. Silicone oil egressing through an inferiorly implanted ahmed valve. *Arch Ophthalmol.* 2002;120:831-832.
33. Parwar BL, Coleman AL, Small KW. Silicone oil migration through an Ahmed valve. *Retina.* 2002;22:657-658.
34. Wickham L, Asaria RH, Alexander R, Luthert P, Charteris DG. Immunopathology of intraocular silicone oil: enucleated eyes. *Br J Ophthalmol.* 2007;91:253-257.
35. Meinert H, Roy T. Semifluorinated alkanes A new class of compounds with outstanding properties for use in ophthalmology. *Eur J Ophthalmol.* 2000;10:189-197.
36. Stappler T, Williams R, Wong D. F4H5: a novel substance for the removal of silicone oil from intraocular lenses. *Br J Ophthalmol.* 2010;94:364-367.
37. Ishida K, Ahmed II, Netland PA. Ahmed glaucoma valve surgical outcomes in eyes with and without silicone oil endotamponade. 2009;18:325-330.
38. Al-Jazzaf AM, Netland PA, Charles S. Incidence and management of elevated intraocular pressure after silicone oil injection. *J Glaucoma.* 2005;14:40-46.
39. Mackiewicz J, Mühling B, Hiebl W, Meinert H, Maaijwee K, Kociok N, Lüke C, Zagorski Z, Kirchhof B, Jousseaume AM. In vivo retinal tolerance of various heavy silicone oils. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:1873-1883.
40. Wenzel DA, Kunzmann BC, Druchkiv V, Hellwinkel O, Spitzer MS, Schultheiss M. Effects of Perfluorobutylpentane (F4H5) on Corneal Endothelial Cells. *Curr Eye Res. Curr Eye Res.* 2019;44:823-831.