

DERLEME REVIEW

Vitreoretinal Cerrahide Perflorokarbon (Perfluorocarbon) Sıvılar

Perfluorocarbon Liquids in Vitreoretinal Surgery

Handan BARDAK*/ORCID No: 0000-0002-7467-2593, Yavuz BARDAK**/ORCID No: 0000-0003-1735-2670,

*Dr. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Haydarpaşa Numune Eğitim Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul.

**Dr. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ümraniye Eğitim Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul.

Geliş Tarihi/Received: 07.05.2018 Kabul Tarihi/Accepted: 26.11.2018

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Handan BARDAK, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Haydarpaşa Numune Eğitim Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul. Tel./Phone: +90 000 000 00 00 E-posta/E-mail: handanbardak@yahoo.com.tr

ÖZ

Perflorokarbon (Perfluorocarbon) (PFC) sıvılar tüm hidrojen atomlarının yerini flor atomlarının aldığı hidrokarbonlardır. PFC sıvılar düşük yüzey gerilimi ve yüksek ara yüzey gerilimi özellikleri nedeni ile tek bir parça halinde kalabilen ve özgül ağırlığı sudan ağır olan stabil sıvılardır. Perfluoro-n-octane, perfluoro-decaline, perfluoro-phenantrene klinik uygulamada sık kullanılan sıvı PFC türevleridir. Proliferatif vitreoretinopati, komplike retina dekolmanı gibi durumlarda intraoperatif olarak kullanılması ile vitreoretinal cerrahi işlemleri kolaylaştırıp anatomik ve fonksiyonel başarıyı artırmaktadır. Göz dokuları ile PFC sıvıların uzun süreli teması inflamasyon ve dejenerasyon gibi komplikasyonlara neden olur. PFC sıvıların uzun süreli göz içi kullanılabilecek türevleri için araştırmalar sürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Perfluoro-decaline, perfluoro-n-octane, perfluoro-phenantrene, sıvı perfluorokarbon, vitreoretinal cerrahi.

ABSTRACT

Perfluorocarbon (PFC) liquids are hydrocarbons in which all the hydrogen atoms are replaced with the fluorine atoms. PFC liquids are stabilized liquids that can stay as a single piece with their high surface tension and are heavier than water. Perfluoro-n-octane, perfluorodecaline, perfluoro-phenantrene are frequently used liquid PFC derivatives used in clinical ophthalmology practice. Intraoperative use of PFC liquids in vitreoretinal surgery for proliferative vitreoretinopathy and complicated retinal detachment provides surgical ease and increase anatomical and functional success. Long-term exposure to PFC liquids results in complications such as inflammation and degenerations of ocular tissues. Studies are needed for PFC liquids which are suitable for long-term intraocular use.

Keywords: Perfluorocarbon liquids, perfluoro-decaline, perfluoro-n-octane, perfluoro-phenantrene, vitreoretinal surgery.

Vitreoretinal cerrahide Sık Kullanılan Perflorokarbon (Perfluorocarbon) Sıvıların Genel Tanım ve Özellikleri

Perflorokarbon (Perfluorocarbon) sıvılar tüm hidrojen atomlarının yerini flor atomlarının aldığı hidrokarbonlardır. PFC sıvılar doğal olarak bulunmaz. PFC sıvılar florinizasyon, oligomerizasyon ve telomerizasyon gibi elektrokimyasal yöntemler ile üretilir. PFC sıvılar kokusuz, renksiz, saydam, kırma indeksi suya yakın, özgül ağırlığı sudan ağır, oksijen taşıyabilen sıvılardır. PFC sıvılar düşük yüzey gerilimi ve yüksek ara yüzey gerilim özellikleri nedeni ile tek bir parça halinde kalabilir. Bu özelliği ile retina altına kolayca kaçar. PFC sıvılar; viskozitesi düşük olduğu için göz içine verilmesi ve geri alınması kolay olan sıvılardır. PFC sıvılar; kaynama noktası yüksek olduğu için buharlaşma olmadan laser yapılabilen ve laser ışınını absorbe etmeyen sıvılardır. PFC sıvıların retinayı tamponat gücü silikon yağından yaklaşık 6 kat daha fazladır.^[1-5] Bu özellikler PFC sıvıların vitreoretinal cerrahide intraoperatif olarak kullanılabilmesini sağlar.

Klinik uygulamada daha sık kullanılan perfluoro-n-octane (PFO), perfluoro-decaline (PFD), perfluoro-phenantrene (PFP)

sıvılarının genel özellikleri Tablo-1'de görülmektedir. (Tablo-1). Genel olarak PFC sıvı türevlerinde karbon-flor zinciri arttıkça özgül ağırlığı (retinaya yaptığı bası) ve viskozitesi (verilmesi alınması güçlüğü) artar. PFC sıvıları azot, oksijen ve hidrojen içeriklerine göre değişen biyolojik stabiliteye sahiptir. PFC sıvısındaki hidrojen atomları PFC sıvısının lipoprotein ve protein moleküllerinin absorpsiyonunu, emülsifikasyon eğilimini ve toksisitesini artırır.^[6-9]

PFO; refraktif indeksi 1,27 olup aközden biraz farklıdır. Suyla karışma özelliği en azdır, operasyonda iki yüzey arasında görülebilir bir ara yüzey oluşur. Vitrektomi sırasında hemoraji ve silikonla karışmadan değişim yapılabilir. Viskozitesi göreceli düşük olduğu için küçük çaplı kanülle göz içine kolay verilip alınır. Bası gücü daha azdır, daha basit dekolmanlarda kullanılmaya daha uygundur. Son derece saf (% 99,9) elde edilebilir, stabil bir bileşiktir ve kimyasal toksisitesi en azdır. Düşük buharlaşma noktası 110 o C ve yüksek buharlaşma basıncı (50) nedeniyle sıvı hava değişiminde tamamen alınımı kolaydır. 0,1 gr'ı iki dakikada buharlaşır.^[6-9]

PFD; refraktif indeksi 1,31 olup suya yakındır, sıvılar arası ara yüzey daha zor gözlenir. Viskozitesi PFO'dan daha yüksektir. Retinaya daha güçlü bir bası sağlar ama verilip alınması daha zordur. Buharlaşma basıncı 13 mmHg, 0,1 gr'ı 15 dakikada buharlaşır.^[6-9]

Tablo-1: Perfluoro-decaline (PFD), perfluoro-n-octane (PFO), perfluoro-phenantrene (PFF) sıvılarının genel özellikleri.

İsim (Kimyasal Formül) (Kısaltma)	Perfluoro N-octane (C ₈ F ₁₈) (PFO)	Perfluoro Decaline (C ₁₀ F ₁₈) (PFD)	Perfluoro Phenanthrene (C ₁₄ F ₂₄) (PFF)
Molekül Ağırlığı (g/mol)	438	462	624
Özgül Ağırlığı (g/cm ³)	1,76	1,94	2,03
Yüzey Gerilimi (Dyn/cm, 25°C'de)	14	16	16
Buharlaşma Basıncı (mmHg, 37°C'de)	50	13,5	<1
Viskozite (Centistoke, 25°C'de)	0,8	2,7	8,03
Refraktif İndeks	1,27	1,31	1,33

PFP; refraktif indeksi 1,33 olduğundan sıvılar arası ara yüzey kolaylıkla izlenmez. Göreceli olarak suya karışma özelliği daha fazladır, intraoküler kanamalarda ve silikon değişiminde görüntü daha kısıtlıdır. Viskozitesi yüksektir, güçlü bası sağlar ama verilip alınması zordur, rezidü kabarcık daha fazla kalır. Kimyasal toksisitesi azdır. Postoperatif kısa süreli tampon madde olarak kullanılabilir. Buharlaşma basıncı 1'in altındadır, rezidüel PFP gaz tamponatında buharlaşabilir.^[6-9]

PFC sıvıların klinik kullanımı

Haidt ve arkadaşları 1982'de, PFC sıvısını vitreus tamponadı olarak deneysel amaçlı kullandı.^[10] Chang ve arkadaşları 1988'de, ileri PVR'li retina dekolmanı olgularının cerrahisinde intraoperatif PFC sıvı kullanımını yayınladı.^[11] Genel olarak PFC sıvılar vitreoretinal cerrahi işlemler esnasında retinanın yatıştırılması, stabilizasyonu, kanamanın tamponlanması, membranların diseksiyonu ve soyulması işlemlerinde cerraha adeta üçüncü bir el gibi yardımcı olur. Ayrıca subretinal yerleşimli sıvı, kanama, hava, gaz, silikon yağı gibi maddelerin drenajı için de kullanılabilir.^[12] PFC sıvılar vitreus boşluğuna düşen kristalin lens ve lens parçacıkları, göz içi lensi, göz içi yabancı cisimlerinin çıkarılmasında ve retinanın, makulanın korunmasında da yardımcı olur.^[13,14]

PFC sıvılar retina dekolmanı, dev yırtıklı retina dekolmanı,^[15] kolobomlu retina dekolmanı, yırtık bulunamayan retina dekolmanı, proliferatif vitreoretinopati komplikeli retina dekolmanı^[16]; proliferatif diyabetik retinopati, traksiyonel retina dekolmanı olgularında^[17], prematüre retinopati ve diğer kompleks pediatrik retina dekolmanlarında, subretinal kanama veya suprakoroidal kanamalarda, oküler travma, retinal biyopsi^[18] olgularının vitreoretinal cerrahi tedavisinde intraoperatif olarak etkin ve güvenilir şekilde kullanılmaktadır.

Klinik uygulamada PFC sıvılar uygun hastalarda doğru zaman ve şekilde kullanıldığında çok faydalıdır. Retina dekolmanı hastalarında, PFC sıvı optik sinir etrafından başlayarak dekolman retinayı RPE'ye doğru iterken subretinal sıvı yırtık veya delik alanından vitre içi boşluğa drene olur, retina yatışır. Subretinal sıvının drene olması ile endo-laser daha etkin olarak yapılabilir. Yırtık veya deliğin yerleşim yeri bulunamayan retina dekolmanı hastalarında, PFC sıvı etkisi

ile subretinal sıvı vitre içi boşluğa drene olurken (Schlieren etkisi) yırtık, delik yeri bulunabilir. Proliferatif diyabetik retinopati hastalarında, PFC sıvı aktif hemorajilerin kontrolünde, hareketli membran ve retinanın fiks edilecek daha rahat diseksiyon ve membran temizliğine yardımcı olur. Proliferatif vitreoretinopati hastalarında, PFC sıvı hareketli retinanın ve membranların stabilize olarak membranların daha rahat temizlenmesine, retinal katlantıların açılmasına, aktif kanama riskinin azalmasına retinanın yatışmasına yardımcı olur. Dev yırtıklı retina dekolmanı hastalarında, PFC sıvı kendi üzerine katlanan dekolman retinanın açılarak RPE ile üst üste gelerek rekole olmasına yardımcı olurken, uzun etkili endotomponat yerleştirilmesi esnasında da retina stabilize olur, retinal kayma önlenir. Subretinal kanama hastalarında, PFC sıvı hemorajinin makuladan uzaklaştırılmasına ve subretinal alandan vitre içi boşluğa drene olmasına yardımcı olur. Suprakoroidal hemoraji hastalarında, PFC sıvı retina ve koroid üzerine yaptığı bası ile suprakoroidal boşluktaki hareketli sıvı ve hemorajiyi drenaj için açılan anterior sklerotomiye doğru itip, dışa drene olmasına yardımcı olur. Perforan göz yaralanması olan hastalarda; skleral kesi alanına inkarsere olan retina, PFC sıvının arka kutuba doğru retinayı çekmesi ile inkarsere olan retinanın düzeltilmesine yardımcı olur. Subretinal alanda silikon veya gaz (hava) saptanan hastalarda, PFC sıvı retinayı optik sinirden perifer, anterior retinaya doğru yatıştırırken subretinal silikon veya gaz (hava) retinal açıklıktan vitreus boşluğuna drene olur, retina yatışır. PFC sıvı kullanılması ile vitreus lukse kristalin lens ve göz içi lensleri veya göz içi yabancı cisimlerin (PFC sıvıdan daha hafif olan) yüzdürülerek makula ve retinadan uzaklaştırılması, daha kolay göz dışına çıkartılması ile operasyon daha güvenli hale gelir.

Yukarıda da belirtildiği gibi farklı pek çok vitreoretinal patolojide, vitreoretinal cerrahi işlemlerin pek çok aşamasında PFC sıvılar cerrahiyi kolaylaştırıp, anatomik ve fonksiyonel başarıyı artırmaktadır.^[15-19] PFD ve PFP ile yapılan çalışmada mikrobiyal bir üreme gösterilmemiştir. PFC sıvıları vitreoretinal cerrahide endoftalmi riskini artırmazlar.^[20-22]

İntraoperatif kullanımda retina dekolmanı yatışma oranı ve son görme keskinliği açısından PFC sıvıların türevleri arasında farklılık gösterilmemiştir.^[9] PFC sıvılar türevlerinin seçiminde cerrahın tecrübesi ve ulaşılabilirlik önemlidir.

PFC Sıvılarına Bağlı Toksisite ve Kompliksasyonlar

PFC sıvıların kimyasal saflık ve stabilitesine artması ile PFC sıvılarına bağlı toksisitenin azaldığı bilinmektedir.^[23] PFC sıvılar saflığının azalması ile lipoproteinlerin absorpsiyonu artmakta, fibroblastik reaksiyon tetiklenerek preretinal membranlar gelişmektedir. PFC sıvılar göz içerisinde uzun süre kaldığında retina sinir lifi katında vakuoller, dış pleksiform tabakada psödomyelin birikimi, fotoreseptörlerde kısalma gözlenir. Saflaştırılmamış PFD'nin kısa süreli kullanımını takiben 8 hafta içinde gelişen retinanın ganglion, iç ve dış nükleer tabakalarında düzensizlik, vakuolizasyon, ödem, inflamasyon ve retina dekolmanı gözlenmiştir.^[24] Hayvan çalışmalarında PFD ve PFO'nun 3 saat süreli intravitreal kullanımında, PFP'in 48 saate kadar olan kullanımında retina toksisitesi hakkında kesin bulgu saptanamamıştır. PFC sıvıların 7 gün ve daha uzun süreli kullanımında, retina pigment epiteli ve retina ganglion hücrelerinde dejenerasyon, intraretinal makrofaj, monosit ve köpük hücreleri toksisite belirtisi olarak saptanmıştır. Retinanın PFC sıvılar ile temas süresi uzadıkça dış pleksiform, dış nükleer tabakalarda incelleme ve dejeneratif değişiklikler gözlenmiştir.^[25-29] Retinanın PFC sıvılar ile 48 saat temas etmesi ile elektroretinogram a ve b dalga amplitüdlерinde azalma oluşur.^[30] PFC sıvıların Bruch membranını geçmediği gözlenmiştir.^[31-33] Sistemik olmayan, sadece temas bölgesindeki retina ve koroidde IgG, IgM, ve kompleman faktör 3 artışı gelişen inflamatuvar cevabın lokal olduğunu göstermektedir.^[32]

Tavşanlarda vitreus içine enjekte edilen 0,1 ml PFO'nun 6 ay sonunda retinada makrofaj cevabı oluşturmamasına rağmen hücresel değişiklik oluşturmazdı bildirilmiştir.^[34]

PFC sıvılara bağlı toksisitenin inferior retinada daha yoğun gelişmesi kimyasal toksisitenin yanında yüksek özgül ağırlığa bağlı mekanik hasar ile açıklanmaktadır. Benzer değişiklikler intravitreal silikon yağı kullanıldığında retina üst yarıda izlenmiştir.^[25-28]

Retina altında istenmeden kalan 0,1-0,5 mm çaplı minik PFC sıvı damlacıkları, subfoveal bölgede değilse çıkartılmadan izlenebilirler, ancak daha büyük olanlar çıkarılmalıdır. Subretinal PFC sıvı damlası yerleştiği alanda lokalize RPE atrofi, retina duyarlılığında azalma, inflamasyon, subretinal membran, epiretinal membran, proliferatif vitreoretinopati, tekrarlayan retina dekolmanı gibi problemlere neden olabilmektedir.^[31,32] Çıkartılması gereken subretinal PFC sıvıların beş gün içerisinde çıkartılması tavsiye edilmiştir.^[37,38]

Ameliyat sonunda vitreus boşluğunda kalan PFC sıvı ile uzun süreli göz içi tamponat olarak kullanılan silikon yağının etkileşmesi sonucunda, PFC sıvısı silikon yağının daha çabuk ve yoğun dejenerasyonuna neden olabilmektedir.^[39]

Ön kamaradaki PFC sıvılar miktar ve temas süresine bağlı olarak çeşitli hasarlara neden olabilir. Minimal miktardaki (<0,025 ml) PFC sıvılar genellikle kısa sürede kornea kalınlığı, endotel hücre yoğunluğu ve morfolojisinde değişiklik yapmaz, kornea dekompanasyonu oluşturmaz. Fakat 8 hafta sonra inferior trabeküler ağda vakuol ve eksudatif dejenerasyon ve inflamasyon yapabilir. Ön kamarada çok miktarda (>0,05 ml) PFC sıvılar, birkaç hafta sonra temas ettiği alanda endotel hasarı, kornea dekompanasyonu, subepitelyal neovaskülerizasyon, korneal fibrozis, iriste ve trabekülumda dejenerasyona neden olabilir.^[31,32,40] Zamanla ön kamaradaki PFC sıvılar balık yumurtası görünümünde küçük damlacıklara ayrılır, bunlar fagosite edilerek trabekulumu mekanik olarak tıkayıp göz içi basıncı yükseltebilir.^[41,42] Bazen trabeküler drenaj ile zaman içinde ön kamaradaki PFC sıvılar azalabilir.^[33]

PFC Sıvılarda Gelişmeler

PPV esnasında infüzyon sıvısı olarak dengeli tuz solüsyonu yerine PFC sıvıların kullanıldığı 'PFC sıvı perfüzyon vitrektomisi' tanımlanmıştır. PFC sıvı perfüzyon vitrektomisinin oksijenli veya oksijensiz PFC sıvı, intraoperatif geri dönüşümlü veya geri dönüşüm olmayan PFC sıvı kullanılan çeşitli tipler vardır.^[43,44] İskemik retinası olan olgularda, cerrahi süresinin uzadığı olgularda, retina perfüzyon basıncından daha yüksek basınçta PFC sıvı kullanılan yoğun kanaması olan olgularda oksijenli 'PFC sıvı perfüzyon vitrektomisi' kullanılabilmektedir.^[43,44] İntraoperatif PFC sıvı dönüşüm tekniği ile PFC sıvı maliyetin azaltılması planlanmıştır.

Inferior retina yırtık ve deliklerinin uzun süreli tamponlanmasıyla klasik silikon yağı, C3F8 gibi endotamponatlardan daha etkili endotamponat arayışı hala devam etmektedir. PFC sıvıların uzun süreli endotamponat olarak kullanılması retinaya toksiktir. Bu toksisite kaygılarına rağmen, bazı çalışmalarda, inferior veya kompleks RD'li hastalarda PFC sıvı türevlerinin kısa süreli postoperatif endotamponat olarak kullanılması yönünde çalışmalar bulunmaktadır.^[45,46] PFC sıvıların uzun süreli göz içi tamponat olarak kullanılması amacı ile özgül ağırlığının azaltılması, lipofilik özelliklerinin artırılması ile F6H6, F6H8, O44 ve O62 gibi hidrojenlendirilmiş PFC sıvılar üretilmiştir.^[47] Hidrojenlendirilmiş PFC sıvıların intraoküler tamponat olarak silikon yağının yerini alabileceği ileri sürülmüştür.^[48]

Kaynaklar

1. Chang S. Perfluorocarbon liquids in vitreoretinal surgery. *International Ophthalmology Clinics*. 1992; 32(2):153-163.
2. Jousen AM, Wong D. The concept of heavy tamponades chances and limitations. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2008; 246(9):1217-1224.
3. Georgalas I, Ladas I, Tservakis I, Taltantzis S, Gotzaridis E, Papaconstantinou D et al. Perfluorocarbon liquids in vitreoretinal surgery: a review of applications and toxicity. *Cutaneous and Ocular Toxicology*. 2011; 30(4):251-262.
4. Chang S. Low viscosity liquid fluorochemicals in vitreous surgery. *American Journal of Ophthalmology*. 1987; 103(1):38-43.
5. Kocaoglan H. Sıvı perflorokarbonlarda farklı türevler, avantaj ve dezavantajları. *Retina -Vitreus* 2007;15:Özel Sayı:123-125.
6. Kuvun RJ, Chang S. Perfluorocarbon liquids in vitreoretinal surgery. In Ryan SJ: *Retina* The Mosby Inc. St Louis. 2001; 3:2162-2172.
7. Blinder KJ. Use of perfluorocarbon liquids In Peyman GA, Meffert SA, Conway MD, Chou F ed. *Vitreoretinal Surgical Techniques* Martin Dunitz Ltd. 2001; 18:173-191.
8. Peyman GA, Schulman JA, Sullivan B. Perfluorocarbon liquids in ophthalmology. *Survey of Ophthalmology*. 1995; 39(5): 375-395.
9. Loewenstein A, Humayun MS, de Juan E, Campochiaro PA, Haller JA. Perfluoro perhydro phenanthrene versus perfluoro-n-octane in vitreoretinal surgery. *Ophthalmology*. 2000; 107:1078-1082.
10. Haidt SJ, Clark LC, Ginsberg J. Liquid perfluorocarbon replacement in the eye. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 1982; 22:233.
11. Chang S, Ozmert E, Zimmerman NJ. Intraoperative perfluorocarbon liquids in the management of proliferative vitreoretinopathy. *American Journal of Ophthalmology*. 1988; 106(6):668-674.
12. Stolba U, Binder S, Velikay M, Datlinger P, Wedrich A. Use of perfluorocarbon liquids in proliferative vitreoretinopathy: results and complications. *British Journal of Ophthalmology*. 1995; 79(12):1106-1110.
13. Desai UR, Peyman GA, Harper III CA. Perfluorocarbon liquid in traumatic vitreous hemorrhage and retinal detachment. *Ophthalmic Surgery*. 1993; 24(8):537-541.
14. Millar ERA, Steel DHW. Small-gauge transconjunctival vitrectomy with phacoemulsification in the pupillary plane of dense retained lens matter on perfluorocarbon liquids after complicated cataract surgery. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2013; 251(7):1757-1762.
15. Mathis A, Pagot V, Gazagne C, Malecaze F. Giant retinal tears: Surgical

techniques and results using perfluorodecaline and silicone oil tamponade. *Retina*. 1992; 12(3):7–10.

16. Scott IU, Murray TG, Flynn Jr HW, Feuer WJ, Schiffman JC. Outcomes and complications associated with giant retinal tear management using perfluoro-n-octane. *Ophthalmology*. 2002; 109(10):1828–1833.

17. Imamura Y, Minami M, Ueki M, Satoh B, Ikeda T. Use of perfluorocarbon liquid during vitrectomy for severe proliferative diabetic retinopathy. *British Journal of Ophthalmology*. 2003; 87(5):563–566.

18. Lee SC, Lee I, Koh HJ, Kim SH, Kwon OW. Massive suprachoroidal hemorrhage with retinal and vitreous incarceration; a vitreoretinal surgical approach. *Korean Journal of Ophthalmology*. 2000; 14(1):41–44.

19. Unlü N, Kocaoglan H, Acar MA, Sargin M, Aslan BS, Duman S. The management of giant retinal tears with silicone oil. *Eur J Ophthalmol*. 2003;13(2):192–195.

20. Çelik L, Yücesoy M, Saatçi O, Kaynak S. Microbial growth in various perfluorocarbon liquids. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2005; 36:254–257.

21. Celik L, Yücesoy M, Saatci AO, Kaynak S. Microbial growth in various perfluorocarbon liquids. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2005 May-Jun;36(3):254–257.

22. Örnek N, Apan T, Örnek K, Günay F. Antimicrobial effectiveness of silicone oil, heavy silicone oil and perfluorodecaline against *Bacillus cereus*. *Int Ophthalmol*. 2014 Aug;34(4):859–863.

23. Veckeneer MA, Voogd S, Lindstedt EW, Menz DH, Meurs JC. An epidemic of sticky silicone oil at the Rotterdam Eye Hospital. Patient review and chemical analyses. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2008; 246(6):917–922.

24. Velikay M, Stolba U, Wedrich A, Li Y, Datlinger P, Binder S. The effect of chemical stability and purification of perfluorocarbon liquids in experimental extended-term vitreous substitution. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 1995; 233(1):26–30.

25. Inoue M, Iriyama A, Kadonosono K, Tamaki Y, Yanagi Y. Effects of perfluorocarbon liquids and silicone oil on human retinal pigment epithelial cells and retinal ganglion cells. *Retina*. 2009; 29(5):677–681.

26. Osterholz J, Winter M, Winkler J, Pfister G, Kovacs G, Dresch J, et al. Retinal damage by perfluorocarbon liquids—a question of specific gravity? Intraocular pressure peaks and shearing forces. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2009; 226(1):38–47.

27. Elsing SH, Fekrat S, Green WR, Chang S, Wajner SD, Haller JA. Clinicopathologic findings in eyes with retained perfluoro-n-octane liquid. *Ophthalmology*. 2001; 108(1):45–48.

28. Singh J, Ramaesh K, Wharton SB, Cormack G, Chawla HB. Perfluorodecaline-induced intravitreal inflammation. *Retina*. 2001; 21(3):247–251.

29. Batman C, Cekiç O. Effects of the long-term use of perfluoroperhydrophenanthrene on the retina. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1998;29(2):144–146.

30. Chang S, Sparrow JR, Iwamoto T, Gershbein A, Ross R, Ortiz R. Experimental studies of tolerance to intravitreal perfluoro-n-octane liquid. *Retina*. 1991; 11(4):367–374.

31. Moreira H, de Queiroz Jr JM, Liggett PE, McDonnell PJ. Corneal toxicity

study of two perfluorocarbon liquids in rabbit eyes. *Cornea*. 1992; 11(5):376–379.

32. Sparrow JR, Ortiz R, MacLeish PR, Chang S. Fibroblast behavior at aqueous interfaces with perfluorocarbon, silicone, and fluorosilicone liquids. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 1990; 31(4):638–646.

33. Chang S, Zimmerman NJ, Iwamoto T, Ortiz R, Faris D. Experimental vitreous replacement with perfluorotributylamine. *American Journal of Ophthalmology*. 1987; 103(1):29–37.

34. Zeana D, Becker J, Kuckelkorn R, Kirchhof B. Perfluorohexyloctane as a long-term vitreous tamponade in the experimental animal. *International Ophthalmology*. 1999; 23(1):17–24.

35. Cohen SY, Dubois L, Elmaleh C. Retinal hole as a complication of long-standing subretinal perfluorocarbon liquid. *Retina*. 2006; 26(7):843–844.

36. Sakurai E, Ogura Y. Removal of residual subfoveal perfluoro-n-octane liquid. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2007; 245(7):1063–1064.

37. Berrocal MH, Chang S. Perfluorocarbon liquids in vitreous surgery. *Ophthalmology Clinics of North America*. 1994; 7:67–76.

38. Velikay M, Wedrich A, Stolba U, Datlinger P, Y Li, Binder S. Experimental long-term vitreous replacement with purified and nonpurified perfluorodecaline. *American Journal of Ophthalmology*. 1993; 116(5):565–570.

39. Romano MR, Vallejo-Garcia JL, Parmeggiani F, Romano V, Vinciguerra P, Romano V, Vinciguerra P. Interaction between perfluorocarbon liquid and heavy silicone oil: risk factor for “Sticky Oil” formation. *Current Eye Research*. 2012; 37(7):563–566.

40. Stolba U, Krepler K, Velikay M, Binder S. Anterior segment changes in rabbits after experimental aqueous replacement with various amounts of different perfluorocarbon liquids. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 1999; 237(6):501–507.

41. Gürelık G, Akata F, Bilgehan K, Hasanreisöglü B. Effects of perfluorophenanthrene on the human corneal endothelium. *Int Ophthalmol*. 1998; 22:377–383.

42. Cauchi P, Azuaro-Blanco A, McKenzie J. Corneal toxicity and inflammation secondary to retained perfluorodecaline. *Am J Ophthalmol*. 2005; 140:322–323.

43. Quiroz-Mercado H, Garcia-Aguirre G, Ustáriz-González O, Martín-Aviá J, Martínez-Jardon S. Perfluorocarbon perfused vitrectomy using a transconjunctival 25-gauge system. *Retina*. 2007; 27(7):926–931.

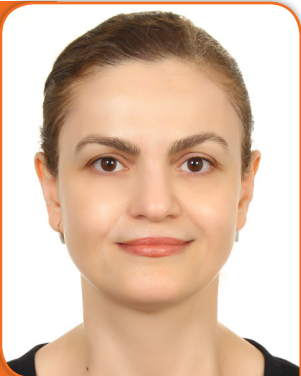
44. Wang ZY, Zhao KK, Zhao DS, Zhao PQ. Dissection under perfluorocarbon liquid: a modified vitrectomy technique for diabetic tractional retinal detachment. *Retina*. 2012; 32(4):848–852.

45. Millsap CM, Peyman GA, Ma PE, Greve MD. The surgical management of retinopathy of prematurity using a perfluorocarbon liquid. *International Ophthalmology*. 1994; 18(2):97–100.

46. Imaizumi A, Kusaka S, Noguchi H, Shimomura Y, Sawauchi S. Efficacy of short-term postoperative perfluoro-n-octane tamponade for pediatric complex retinal detachment. *American Journal of Ophthalmology*. 2014; 157(2):384–389.

47. Wagenfeld L, Zeitz O, Skevas C, Richard G. Long-lasting endotamponades in vitreoretinal surgery. *Ophthalmologica*. 2010; 224(5):291–300.

48. Tognetto D, Lepori L, Lapasin R, et al. A new heavy internal tamponade in vitreoretinal surgery: An in Vitro Study. *Eye*. vol. 2008; 22(8):1082–1088.



Dr. Handan Bardak

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesinden 1992 yılında mezun oldu. Uzmanlık eğitimini Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D.'da 1992–1996 yıllarında aldı. 1997–2008 yıllarında Isparta Devlet Hastanesinde çalıştı. 2008–2014 yıllarında Isparta Özel Kariyer Göz Hastanesinde çalıştı. 2015 yılından beri Sağlık Bilimleri Üniversitesi Haydarpaşa Numune Eğitim Araştırma Hastanesinde göz hastalıkları uzmanı olarak çalışmaktadır. Çalışmalarını ağırlıklı olarak tıbbi retina ve vitreoretinal cerrahi alanında sürdürmektedir.