

# Silikon Yağlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

## Physical and Chemical Properties of Silicone Oils

Mehmet ÇITIRIK<sup>1</sup>, Coşar BATMAN<sup>2</sup>, Orhan ZİLELİOĞLU<sup>3</sup>

### ÖZ

1962 yılında silikon yağlarının kullanımının başlaması ile arka segment cerrahisinin kalitesinde önemli derecede düzelme sağlandı. Her bir silikon yağının kendine mahsus özellikleri oküler cerrahideki özel uygulamaların hangisi için kullanılabileceği yönünde yol gösterir. Silikon yağının vitreusla yer değiştirilmesindeki esas amaç uzun süre retinal tamponadın sağlanmasıdır. Tamponad gücü esas olarak aköz humör, vitreus ve silikon yağı arasındaki dansite farklılığının sonucudur. Silikon yağının birbirine yapışmama ve karışmama özelliği ara yüzeyler arasındaki yüzey gerilimi ve viskoziteden gelmektedir. Özgül ağırlık, yüzey gerilimi ve viskozite silikon yağının kimyasal yapısının bir fonksiyonudur. Biz bu yazımızda oftalmolojide kullanılan silikon yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemeyi amaçladık.

**Anahtar Kelimeler:** Silikon yağı, kimyasal özellikler, fiziksel özellikler.

### ABSTRACT

The use of silicone oil starting in 1962 dramatically improved the quality of posterior segment surgery. The rheologic properties of each silicone oils are important in determining their suitability for specific applications in ocular surgery. The purpose of substitution of silicone oil with vitreous is to provide a long-term tamponade to the retina. Tamponade force is simply a function of the difference between densities of aqueous humor, vitreous humor, and the silicone oil bubble. Bubble cohesiveness and immiscibility are functions of the interfacial surface tension and, of viscosity as well. Specific gravity, surface tension, and viscosity, are functions of the exact chemical composition of the oil bubble. The purpose of this article is to examine the physical and chemical properties of silicone oil used in ophthalmology.

**Key Words:** Silicone oil, physical properties, chemical properties.

Ret-Vit 2006;14:315-320

Geliş Tarihi : 12/04/2006

Kabul Tarihi : 25/09/2006

Received : April 12, 2006

Accepted: September 25, 2006

- 1- SB Ankara Ulucanlar Göz Eğitim ve Araş. Hast. 2. Göz Kliniği, Ankara, Uzm. Dr.
- 2- SB Ankara Ulucanlar Göz Eğitim ve Araş. Hast. 2. Göz Kliniği, Ankara, Doç. Dr.
- 3- SB Ankara Ulucanlar Göz Eğitim ve Araş. Hast. 2. Göz Kliniği Şefi, Ankara, Uzm. Dr.

- 1- M.D., Ministry of Health Ankara Ulucanlar Eye Hospital, Ankara/TURKEY  
ÇITIRIK M., mcitirik@hotmail.com
- 2- M.D. Associate Professor, Ministry of Health Ankara Ulucanlar Eye Hospital, Ankara/TURKEY  
BATMAN C., cosarbatman@hotmail.com
- 3- M.D. Ministry of Health Ankara Ulucanlar Eye Hospital, Ankara/TURKEY  
ZİLELİOĞLU O., orhanzilelioglu@hotmail.com

**Correspondence:** M.D., Mehmet ÇITIRIK  
Fakülteler Mahal. Yazgan Sokak No:34/12 Ankara/TURKEY

## GİRİŞ

İlk olarak 1895 yılında Deutschmann tavşan vitreusunu insan vitreusuna enjekte ederek retina dekolmanını tedavi etmeyi hedeflemiştir.<sup>1</sup> Vitreusa hava enjeksiyonu ise 1911 yılında Ohm tarafından gerçekleştirilmiştir.<sup>2</sup> Silikon yağı 1945 yılında hidrokarbon lubrikan maddelerinin yerine kullanılacak bir polimer olarak geliştirilmiştir. 1950 yılında ise meme cerrahisinde kullanılmaya başlanmıştır. Silikon yağının vitreus yerine kullanılabilmesi 1958 yıllarında düşünülmeğe başlanmış ancak bunun oküler cerrahide kullanılması 1962 yılında Cibis<sup>3</sup> ve Armalie<sup>4</sup> tarafında gerçekleştirilmiştir. Cibis ve arkadaşları proliferatif vitreoretinopati (PVR) retina dekolmanlarının tedavisinde silikon yağı kullanımının iyi bir seçenek olduğunu vurgulamışlardır.<sup>3</sup>

Silikon ifadesi silikon-oksijen bağları ile birbirine bağlı polimerik ve monomerik organosilikon bileşiklerini ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir. Bütün silikon sıvıları ise genel olarak silikon yağı diye adlandırılır ve tekrarlayıcı siloksan (Si-O) birimlerini içeren lineer sentetik organik ve inorganik polimerlerini ifade eder. Silikon sıvılarını birbirinden ayıran en önemli yapılar ise radikal yan grubun kimyasal yapısı, zincirin radikal sonlanması ve zincirin uzunluğudur. Bu sayede her silikon sıvısı farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olur. Viskozitelerinden ve su ile ayrı durmasından dolayı bu sıvılar yağ diye adlandırılır.

Yüksek sıcaklıkta karbonun silikon dioksit ile reaksiyona girmesi ile silisyum açığa çıkar.<sup>5</sup> Silisyum metilklorid ile reaksiyona girer ve açığa çıkan bu yeni ürün su ile etkileşir. Böylece ortaya çıkan yeni ürün dimetilsil-

landioldür. Bu yapı da her silisyumdaki iki metil grubuna ait uzun zincirli silisyum oksijen molekülünü polimerize eder. Polimer zinciri yeni bir trimetil grubunun zincirin sonuna eklenmesine kadar uzamaya devam eder. Zincirin uzaması, silikon yağının yüksek viskoziteye sahip olmasını doğurur. Sentez sırasında her polimerin zincir uzunluğunun artması moleküler ağırlığının ve viskozitesinin de artmasına neden olur. Geniş orandaki moleküler ağırlık dağılımı polidispersite olarak adlandırılır ve jel kromatografisi yöntemiyle ölçülebilir.<sup>6</sup>

Oftalmolojide kullanılan birçok yağ endüstriyel orijindir ve sentetik olarak elde edilir. Tüm silikon yağları belli miktarda katalitik ve katışık yan ürün içerirler. Katalistler çoğunlukla oldukça toksik ve düşük moleküler ağırlıklı siklik monomerlerdir.<sup>7</sup> Çoğunlukla da stabil olmayıp normal atmosferik basınç ve oda sıcaklığında gaz formuna geçebilmektedirler.<sup>8</sup> Bu polimerlerin fiçidan şişeye nakledilmesi tip ve miktarın karışması ve kirlenmesi ile sonuçlanabilir ve bu durumda intraoküler dokuda reaksiyon oluşturabilecek yapılar ortaya çıkabilir.<sup>9</sup>

## SINIFLANDIRMA

Klinikte en sık kullanılan silikon yağı metil-3,3,3 polidimetil siloksanıdır. Bu yapı silikon yağının ana maddesi olup sudan hafiftir. Metil grubu trifloropropil metil ve fenilmetil yan zinciri ile yer değiştirince sudan daha ağır silikon yağı ortaya çıkar. Hidrokarbonlu olefin ile florinin ve Perflorohekziltoktan'ın silikon yağı ile karışımından meydana gelen ağır silikon yağları da son yıllarda kullanılır olmuştur. Klinikte kullanılan silikon yapılarının sınıflaması tablo 1'de gösterilmiştir.

Klinik adı	Ağırlığı	Kimyasal yapısı	Kullanımı	Viskozitesi
Silikon yağı	Sudan hafif	dimethyl" trimethylsiloxyl ile sonlanan Polydimethylsiloxane, [Methyl-3,3,3-polydimethylsiloxane] (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiO [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SiO] <sub>m</sub> Si (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	En yaygın	1 000
				1 300
				2 000
				3 000
				5 000
				5 700
Florosilikon yağı	Sudan ağır	fluoropropyl" trimethylsiloxyl ile sonlanan Polytrifluoropropylmethylsiloxane, [Methyl-3,3,3-trifluoropropylmethylsiloxane] (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiO [(C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> F <sub>3</sub> )(CH <sub>3</sub> ) SiO] <sub>m</sub> Si (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	İkinci en sık kullanılan	12 500
				30 000
				1 000
				1 360
Yüksek teknoloji motor yağı	Sudan ağır	Fenilmetil" trimethylsiloxyl ile sonlanan Polyphenylmethylsiloxane, [Methyl-3,3,3-polyphenylmethylsiloxane] (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiO [(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) (CH <sub>3</sub> ) SiO] <sub>m</sub> Si	En az kullanılan	5 000
				5 900
				10 000
Ağır Silikon yağı	Sudan ağır	F6H8 (Hidrokarbonlu olefin) ve 5700cSt Dimetilsiloksan karışımı	Az kullanılan	3300
				Perfluorohexyloctane ve 5000 cSt Dimetilsiloksan karışımı

**Tablo 1:** Klinikte kullanılan silikon yağlarının sınıflandırılması.

## ANALİZ

Silikon yağlarını birbirinden ayırt etmek için aşağıdaki analitik teknikler kullanılır.

1- Jel Kromatografisi: Bu teknik sayesinde bileşik olan moleküler ağırlıkların dağılımı, ortalama moleküler ağırlık, ortalama sayı, dağılım katsayısı, esas polimer ve hafif ile ağır moleküler ağırlıklı yapılar ayırt edilebilir.

2- İnfrared Spektroskopi: Polimerlerin grafik şeklini verir. Standart grafikler kullanılarak bu teknik sayesinde organik molekülün polimer yan zinciri ve zincir sonlanışı tespit edilebilir. Bu teknik jel kromatografisi ile kombine edildiğinde bileşikteki oligomer ve monomerler ayırt edilebilir.

3- Termal Gravimetrik Analiz / Diferansiyel Kalorimetrik Tarama: Düşük moleküler ağırlıklı yapıların kantitatif ölçümüne ve esas polimerdeki gaza dönüşebilen yapıların saptanmasına ve polimerin ayrışma sıcaklığının tespitine yaramaktadır.

4- Gaz Kromatografi: Gaza dönüşebilen değişken yapıların miktarının ve kimyasal yapısının tespitinde kullanılır.

5- Elemental Bileşim Analizi: Esas yapıyı ve varlığı halinde yan yapıları meydana getiren elementlerin total kütle göre yüzde ağırlığını tespit eder.

6- Optik Emisyon Spektroskopisi: Bileşikte bulunan kalıntı elementlerin sayısal miktarını yüzde olarak ölçer.

7- Abbe Refraktometre: Bileşiğin refraktif indeksinin ve abbe numarasının ölçümünde kullanılır.

8- Brookfield Viskometre: Bileşiğin ortalama viskozitesini ölçer ve sonucu centistoke veya saniyede milimetrekare olarak gösterir

9- Elektriksel İmpedans Ölçümü: Bileşikteki iyonik karışıklığın varlığının tespitinde kullanılır.

## SİLİKON YAĞLARININ ÖZELLİKLERİ

### Viskozite

Bir sıvıdaki moleküller arasındaki çekimle ortaya çıkan kohezif güçler sürtünmeyi ortaya çıkarır ve akışkanlığa karşı bir direnç gelişir. Bu direncin büyüklüğü sıvının kinematik viskozitesi diye adlandırılır.<sup>10</sup> Silikon yağının viskozitesi centistoke veya milipascal-saniye olarak ifade edilir. Viskozite sıcaklık derecesi ile ilişkilidir ve sıcaklıktan etkilenir. Oda sıcaklığındaki 1000 centistoke dimetil siloksanın vücut sıcaklığında 800 centistoke viskozitesi, florosilikonun ise 750 centistoke viskozitesi vardır. Viskozite kolay ölçülebilen bir parametredir.<sup>10</sup> Polisiloksan sıvıları viskozite değerlerine göre alt gruplara ayrılırlar ve bu değer polimerin moleküler ağırlığı ile ilişkilidir.<sup>11</sup> Küçük moleküller hücreler arası boşluğa diffüz yayılır ve hücre membranından geçerler. Bu moleküller rahatlıkla fagosite edilir ve yabancı cisim inflamatuvar cevabını tetiklerler.<sup>12</sup> Düşük moleküler ağırlıklı yapıların varlığı bu doku reaksiyonundan sorumlu tutulmaktadır.<sup>13</sup> Ayrıca bu moleküller, silikon yağının parçalara ayrılması (emülsifikasyon) ve ardından gelen polimerin dokulara yavaş olarak göçünden sorumludurlar.<sup>14</sup>

Polimerin tipi	Ortalama viskozite cSt	Moleküler ağırlık	Özgül ağırlık ( $\delta$ ) gr/ml	Yüzey gerilimi ergs/cm <sup>2</sup>	Refraktif İndeksi (nD)	Donma sıcaklığı (°C)	Cam geçirgenliği (°C)	Kaynama sıcaklığı (°C)
Methyl-3,3,3-poly Dimethyl siloxane	1000 1300 5000	28000 44000 49350	0.971 0.980 0.973	21.2 44.9 21.3	1.4034 1.4035 1.4035	-50 -48	-128 -128	315 315
Methyl-3,3,3-trifluoro Propyl Methyl siloxane	1000 5000 10000	4600 7800 14000	1.28 1.29 1.30	26 27.5 29	1.382 1.382 1.382	-40 -35 -30	-74 -74 -74	285 285 285
Methyl-3,3,3-poly phenyl methyl siloxane	500	2600	1.11	25	1.533	-20	-86	290
F <sup>6</sup> H <sup>8</sup> (Hidrokarbonlu olefin) ve 5700cSt Dimetilsiloksan	3300		1.02	>40	1.40			
Perflourohexyloctane ve 5000 cSt Dimetilsiloksan	1387		1.06	40.82				

**Tablo 2:** Klinikte kullanılan silikon yağlarının özellikleri (@25° C de).

Silikon yağı her dönüşte altı silisyumu teşkil eden bir heliks yapısı teşkil ederler. Saf 1000-centistoke silikon yağı 63 dönüşlük bir heliks teşkil ederken 5000-centistoke yağ yaklaşık 100 dönüş yapmaktadır.<sup>15</sup> Heliks dönüş sayısının fazlalığı moleküler ağırlığın fazlalaşması ve yüksek viskozite anlamına gelmektedir. Viskozite katsayısı aynı zamanda polimerin radikal molekül yapısının bir fonksiyonudur. Bu yüzden farklı moleküler ağırlığa ve zincir uzunluğuna sahip polimerler aynı viskoziteye sahip olabilirler. Örneğin 28 000 moleküler ağırlığa sahip olan Metil-3,3,3-polidimetilsiloksan ile 4600 moleküler ağırlığa sahip Metil-3,3,3-trifloropropilmetilsiloksan'ın viskozitesi eşit olup 1000 cSt dur. Klinikte kullanılan silikon yağlarının özellikleri tablo 2'de özetlenmiştir

#### Dansite

Aköz ve silikon yağı birbirine karışmaz. Aköz humörün dansitesi 1.01 g/ml dir. Vücut sıcaklığında regüler silikon yağının dansitesi 0.96 g/ml dir. Bu dansite değeri trifloropropilmetil siloksanda 1.29 g/ml dir. Hafif silikon su üzerinde yüzer ama ağır silikonlar aközün altına çökerler. 5 ml lik hafif silikonun aşağıya uyguladığı güç 0.25 gram iken florine silikonun uyguladığı güç 1,3 gramdır.<sup>15</sup> Bu aşağı itme gücü her tarafta mevcut iken vertikal aksta daha fazla olmaktadır. Vertikal aksın üst yüzeyinde ise sifira yakındır. Hafif silikonda ise üst retinal yüzeye uygulanan güç daha fazla olmaktadır. Ağır silikon yağlarında da dansite > 1 g/ml dir. Bu yapılar sudan ağır olduğu için alt yarı tamponadlarında ve posterior yırtıklarda etkilidir.<sup>16,17</sup>

#### Yüzey Gerilimi

Yüzey gerilimi retinal yırtıklarda yatışıklığın temini için oldukça önemli bir değerdir. Yüzey gerilimini arttıran yüzeydeki kısa oranlı güçler su-hava etkileşimine oranla su-yağ etkileşimini azaltır. Su ve yağ molekülleri arasındaki etkileşim dispersif güçleri etkilemektedir. Bilindiği gibi polar güçler su-hidrokarbon ara yüzünde yüzey gerilimini arttırır. Bu güçler, silikon yağı-su ara yüzünde de benzer rol oynar. Bununla birlikte başarılı bir retinal yatışıklıkta başarılı tamponad alanında hiç sıvı gözlenmez. Kaba bir teorik hesapla söylenecek olursa su ile regüler silikon yağı arasındaki yüzey gerilimi 50 ergs/cm<sup>2</sup> dir.<sup>18</sup> Aslında saf su ile regüler silikon yağı arasındaki yüzey gerilimi ~40 ergs/cm<sup>2</sup> dir.<sup>2</sup> Serum fizyolojik ile silikon yağı arasındaki yüzey gerilimi ise 33 ergs/cm<sup>2</sup> dir.<sup>2</sup> Hyalürik asitte bu değer 25 ergs/cm<sup>2</sup> olmaktadır.<sup>2</sup> Ağır silikonlarda yüzey gerilimi >40 ergs/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Yüzey geriliminin artması durumunda tek intraoküler kabarcık oluşmakta ve yırtık boyunca sıvı akışı engellenmektedir. Yüzey gerilimi surfektan ve yüzey aktif ajanlarla daha fazla düşürülebilir. Surfektan silikon yağı ve aköz arasındaki yüzeyi kaplar ve iki yüzey arasında geçiş olur.<sup>19</sup> Dispersif güçler azalmış olduğundan yüzeyler arası yığılaşma azalır ve yüzey gerilimi de azalır. Oküler cerrahide protein ve fosfolipidler yüzey aktif ajanlar gibi hareket ederler. Proteinler fizyolojik pH değerinde daha az etkiliyken fosfolipidler daha etkin surfektan adaylarıdır.<sup>20</sup> Silikon yağının yüzey gerilimi lipoprotein absorpsiyonu ile 12 ve 14 ergs/cm<sup>2</sup> değerine düşürülebilir.<sup>2</sup>

Emülsifiye silikon yağlarında en fazla görülen yapı albümindir.<sup>21</sup> Emülsifikasyon ile silikon yağının yüzey gerilimi oldukça düşer ve bu durumda silikon yağı retinal yırtık boyunca kolaylıkla akıp gider.

Havanın silikon yağına göre yüzey gerilimi daha fazladır. Hava ile su arasındaki yüzey gerilimi 70 ergs/cm<sup>2</sup> dir. Bu nedenle intravitreal hava altında yatışmayan retinaları silikon yağı yatıştırır. Silikon ile aköz arası basınç farklılığı yüzey geriliminin iki katının kabarcığın yarıçapına bölümü ile orantılıdır. Bu yüzden yırtık alanında silikon yağı ile subretinal sıvı arasındaki basınç farklılığının artışı subretinal sıvı bölgesinde küçük hemisferik kabarcık oluşumunu doğurur.<sup>22</sup> Yüzeydeki maksimum basınç farklılığına kabarcığın eğriliğinin yarıçapı, yırtığın yarıçapına eşit olduğunda ulaşılır. Daha fazla güç ise silikon yağının retinanın altına iter.

Silikon yağının yüzey geriliminin azalması emülsifiye olmasına neden olur. Emülsifikasyon durumunda yüzey gerilimi 6-15 ergs/cm<sup>2</sup> değerleri arasında olur.<sup>2</sup> Surfektanlar tek başına yüzey gerilimini düşürmezler. Oküler hareketler de yüzey gerilimini azaltıp emülsifikasyonu arttırırlar. Bilindiği gibi göz dinamik bir yapıdır. Hızlı sakkadik göz hareketleri silikona bir mekanik enerji uygular ve ara yüzeyler arasındaki etkileşim emülsifikasyona neden olur. Düşük viskoziteli silikon yağları daha çabuk emülsifiye olurken yüksek viskoziteliler daha geç emülsifiye olur.<sup>23</sup> Yüzeyler arası oküler sıvı hareketi küçük damlacıkların oluşumuna neden olur. Yüksek viskozite durumunda damlacık oluşumu azalır. Çünkü yüksek viskozitede yüzeyler arası hareket azalmaktadır.

Nakamura ve ark. emülsifikasyonun silikon yağı ile kalan vitreus ve aköz arasındaki özgül ağırlık farklılığının neticesi olduğunu belirlemişlerdir.<sup>24</sup> Göz hareketleri ile vitreus silikon ara yüzeyi değişken hale gelir. Emülsifikasyon eşiği sıvı-dansite farklılığı ile ters orantılı olduğu için florosilikon dimetil siloksandan daha hızlı emülsifiye olur. Ayrıca aköz humör gibi iyonik maddeler varlığında silikon yağı daha hızlı emülsifiye olur.<sup>25</sup> Ara yüzeyde meydana gelen hücre büyümeleri emülsifikasyonu zorlaştırır.<sup>26</sup> Ağır silikonlarda ise sıvı dansite farklılığı daha az olduğu için emülsifikasyonları daha zordur.<sup>16,17</sup> Fibrin, fibrinojen, serum, gamaglobülin, VLDL ve alfa-1 glikoproteinler silikon yağı emülsifikasyonunu hızlandırır.<sup>25</sup> Bu biyolojik aktif maddelerin konsantrasyonu hemoraji ve inflamasyon durumunda fazlalaşır. Bu sebepten dolayı vitreoretinal cerrahide silikon yağı uygulaması durumunda hemostaz sağlanmalı ve inflamasyon azaltılmalıdır.<sup>25</sup>

#### Refraktif İndeks

Silikon yağlarının refraktif indeksleri 1,382 ile 1,405 arasında değişmektedir. Bu değerler vitreus ve aközün refraktif indeksinden biraz daha yüksektir (1,340). Bu nedenle refraktif değişimlerin ortaya çıkması söz konusu olur. Fakik gözlerde, lensin arka yüzü ile silikon yağı arasında negatif bir kurvatür meydana gelir. Bu durum emetrop hastaların yaklaşık 6-7 D hipermetrop olmasına neden olur.<sup>27</sup> Miyopik hastalar bu durumda emetropik hale gelebilirler. Silikonlu birçok hastada zamanla katarakt gelişebilmekte ve hastalar afak hale gelebilmektedir. Afaklarda silikon yağları pozitif bir kurvatür

meydana getirip miyopiye neden olup hastayı emetropa yakın hale getirebilir.<sup>27</sup> Silikon yağı ile aköz arasındaki ara yüzey sıvı olduğu için refraktif yüzeyin kurvatürü postür ile değişebilir. Supin pozisyonu fakik hastalarda pek değişiklik yapmaz iken afaklarda öne gelen silikon daha bombeleşir ve miyopi derecesinde artışa neden olur.

### ELEKTRİK VE SES İLETKENLİĞİ

Silikon yağının elektrik iletkenliği zayıf ve hacim direnci yüksektir. Bu yüzden silikon yağı olan gözlerde elektoretinogram (ERG) sönük olarak alınır. Bu durum, silikon yağının toksik bir etkisi olarak yorumlanabilir. Silikon yağı ekstraksiyonu sonrası yapılan ERG testi normal olarak elde edilir.<sup>28</sup>

Silikon yağında sesin hızı 7–10 mHz lik ultrasonik frekansta yaklaşık olarak 976 m/s dir.<sup>29</sup> Bu durumda ses dalgasının yansıyıp geri gelmesi 1,5 kat uzar. Bu yüzden görüntüler daha uzak olarak tespit edilirler. 5000 cSt lik silikon yağında normal vitreusa oranla attenuasyon 10 kat fazla olur. Attenuasyon silikon yağının viskozitesi ile direkt olarak orantılıdır ve 1000 cSt lik silikon yağında daha az önem arz etmektedir. Eğer göz silikon yağı ile kısmen dolu ise silikon yağı ile aköz arası ara yüzey ultrasonografide yüksek reflektivite ve kolay görünürlüğe neden olur. Silikonla dolu gözlerde normal gözlere oranla lens daha zor seçilir. Silikon yağı ve retina ara yüzeyleri arasındaki düzgünlük ultrasonik dalgaların daha az dağılmasına neden olur. Çünkü ultrasonik dalga transdüserden uzak bir yerde yansır ve sinyal periferik retinada kaybedilir. Bu durum oldukça kötü bir B-scan görüntüsünü ve farklı bir A-scan zaman aralığını doğurur ve yorum yapma şansımızı azaltır.

### DiĞER ÖZELLİKLER

Silikon yağları 55–gallon luk kaplarda saklanır ve 1 lt lik olarak satılır. Bunların saflaştırılması gerekir. Çünkü düşük moleküler ağırlıklı yapılar silikonun biyokompatibilitesini azaltır.<sup>30</sup> Aseton, metanol, hekzan veya dioksan ile bu yapılar temizlendikten sonra polimer yıkanır ve su ile temizlenir ve yüksek sıcaklıkta (110–150 °C) vakum altında kurutulur.<sup>31</sup>

Tüm silikon yağları solid yapılar da içerdiği için bunların filtre edilmesi gerekir. Bu amaçla 0.22 mm lik teflon filtreler kullanılarak küçük cam kaplara silikon yağı boşaltılır. 1 lt'lik dimetil siloksanın filtreleme işlemi ortalama 6 saat sürer. Fırınlardaki 10 ml'lik camlarda silikon yağı aşağı yukarı hareket ettirilerek sterilize edilir. Dimetil siloksanın sterilizasyonu 180 °C de 4 saat sürerken, florosilikonların sterilizasyonu 150 °C de 6 saat sürer. Bu vakum ve sıcaklık muameleleri sonrası silikon yağındaki gaza dönüşebilen yapılar da uzaklaştırılmış olur. Daha sonra silikon yağı oda sıcaklığında soğutulur ve mikrobiyal kontaminasyon tespiti için laboratuara gönderilir.<sup>32</sup> Silikon yağı düşük yüzey gerilimi ve polar özelliğinden dolayı çalı gibi davranıp cam tüp veya kanül içindeki yapıları kendine çekebilir. Bu duruma daha çok cerrahi işlemin bitiminde cerrahın enjeksiyon işlemi sırasında rastlanır.

Polimerlerin sitotoksitesinin tespiti için in vitro olarak hücre kültürleri veya in vivo olarak hayvanlar kullanılmaktadır. Silikonun sterilizasyonu tercih edilmez. Etilen oksitle sterilizasyon işlemi sonrası silikon yağının bu gazı tutma ve zamanla yavaş salma özelliğinden dolayı toksik olabileceği düşünülmektedir. Sterilizasyon mutlaka yapılacaksa bunun temiz bir odada kuru sıcaklık veya vakum kullanılarak 170 °C de 1 saat uygulama şeklinde yapılması önerilir.

Bilindiği üzere silikon yağlarının göz içinde kullanımı ile ilgili problemler, emülsifikasyon, toksisite ve sekunder komplikasyonları kapsamaktadır. Düşük mol kütleli maddeler ve elementer kirlilik olmayan saf silikonlarda komplikasyonlar daha azdır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada ikisi ticari ve altısı medikal 8 adet silikon yağı incelenmiş ve bu yağlar içerisinde sadece ikisinin ideale yakın oldukları belirlenmiştir.<sup>33</sup> Bu çalışma ile biyokompatibilite standartlarının oluşması ve medikal silikonların kontrolü açısından aralıklı olarak silikon örneklerinin incelenmesi ve kontrollü çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

### KAYNAKLAR

1. Hultsch E: The scope of hyaluronic acid as an experimental intraocular implant. *Ophthalmology*. 1980;87:706
2. Peyman GA, Ericson ES, May DR: A review of substances and techniques of vitreous replacement. *Surv Ophthalmol*. 1972;17:41
3. Cibis PA, Becker B, Okun E, Canaan S: The use of liquid silicone in retinal detachment surgery. *Arch Ophthalmol*. 1962;68:590
4. Armaly MF: Ocular tolerance to silicones. *Arch Ophthalmol*. 1962;68:390.
5. Kreiner CF: Chemical and physical aspects of clinically applied silicones. *Dev Ophthalmol*. 1987;14:11.
6. Rudin A: The elements of polymer science and engineering. New York, 1982, Academic Press.
7. Arkles B: New. generation silicones for medical devices. *Med Device Diagn Industry*. 1981;3:31-61.
8. Gilbert AR, Kantor SW: Transient catalysts for the polymerization of organosiloxanes. *J Polymer Sci*. 1959;40:35-58
9. Gabel VP, Kampik A, Burkhardt J: Analysis of intraocularly applied silicone oils of various origins. *Graefes Arch Ophthalmol*. 1987;225:160-162.
10. Feynman RP, Leighton RB, and Sands M: The Feynman lectures on physics, ed 7, Reading, Mass, 1972, Addison-Wesley Publish Co, vol 1, Ch 40 and 43; vol II, Ch 40 and 41.
11. Ference M, Lemon HB, Stephenson RJ: Analytical experimental physics, ed 2, Chicago, 1956, University of Chicago Press, pp. 141-168.
12. Champion R, Faulborn J, Bowald S, Erb P: Peritoneal reaction to liquid silicone: an experimental study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1987;225:141-145.
13. Kampik A: Silicone oil interaction with ocular tissue. *Int Ophthalmol*. 1987;10:85.
14. Sato M, Singyouchi H, Koga S, et al.: Effect of silicone oil tamponade on the anterior segment of vitrectomized eyes. *Folia Ophthalmol Jpn*. 1987;38:458.
15. Parel JM. Silicone oils: Physicochemical properties. In Ryan SJ (ed): *Retina*, 1989; vol 3, pp 261-277. St. Louis, CV Mosby.
16. Wolf S, Schon V, Meier P et al.: Silicon oil-RMN3 mixture (Heavy Silicon Oil) as internal tamponade for complicated retinal detachment. *Retina*. 2003;23:335-342.

17. Wong D, Van Meurs JC, Stappeler T et al.: A pilot study on the use of a perfluorohexyloctane/silicone oil solution as a heavier than water internal tamponade agent. *Br J Ophthalmol*. 2005;89:662-665.
18. DeJuan E, McCuen B, Tiedeman J: Intraocular tamponade and surface tension. *Surv Ophthalmol*. 1985;30:47.
19. Crisp A, DeJuan E, Tiedeman J: Effect of silicone oil viscosity on emulsification. *Arch Ophthalmol*. 1987;105:546.
20. Bartov E, Pennarola F, Savion N et al.: A quantitative in vitro model for silicone oil emulsification: Role of blood constituents. *Retina*. 1992;12:23.
21. Bartov E, Alhalel A, Savion N, et al.: Role of blood components in silicone oil emulsification: In vitro and in vivo models. Presented before the Jules Gonin Meeting, Vienna, Austria, 1992.
22. Petersen J: The physical and surgical aspects of silicone oil in the vitreous cavity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1987;225:452.
23. Heidenkummer H, Kampik A, Thierfelder S: Experimental evaluation of in vitro stability of purified polydimethylsiloxanes (silicone oil) in viscosity ranges from 1000 to 5000 centistokes. *Retina*. 1992;12:28.
24. Nakamura K, Refojo MF, Crabtree DV: Factors contributing to the emulsification of intraocular silicone and fluorosilicone oils. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31:647-656.
25. Heidenkummer HP, Kampik A, Thierfelder S: Emulsification of silicone oils with specific physicochemical characteristics. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1991;229:88-94.
26. Sparrow JR, Ortiz R, MacLeish PR, Chang S: Fibroblast behavior at aqueous interface with perfluorocarbon, silicone, and fluorosilicone liquids. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31:638-646.
27. Haut J, Ullern M, Chermet M, Van Effenterre G: Complications of intraocular injections of silicone combined with vitrectomy. *Ophthalmologica*. 1980;180:29.
28. Haut J, Larricart JP, Van Effenterre G, et al.: Some of the most important properties of silicone oil to explain its action. *Ophthalmologica*. 1985;191:150.
29. Shugar JK, DeJuan E, McCuen BW et al.: Ultrasonic examination of the silicone filled eye: Theoretical and practical considerations. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1986;224:361.
30. Nakamura K, Refojo MF, Crabtree DV: Factors contributing to the emulsification of intraocular silicone and fluorosilicone oils. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31:647-656.
31. Nakamura K, Refojo MF, Crabtree DV, et al.: Analysis and fractionation of silicone and fluorosilicone oils for intraocular use. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31:2059-2069.
32. Chong LP, de Juan EJ, McCuen BW, et al.: Endophthalmitis in a silicone oil-filled eye. *Am J Ophthalmol*. 1986;102:660-661.
33. Özer A, Subaşı M, Güner A, Or M: Oftalmolojide kullanılan silikon yağı analizi. *MN Oftalmol*. 1999;6:177-179.