

## Viskoelastiklerin Oftalmolojide Kullanımı

Mehmet Çıtırık (\*), Gölge Acaroğlu (\*), Coşar Batman (\*), Orhan Zilelioğlu (\*\*)

### ÖZET

1970 yılı sonlarında viskoelastik ajanların keşfi ile ön seğment cerrahisinin kalitesinde önemli derecede düzelme sağlandı. Viskoelastik ajanlar; nontoksik, elastik, yüksek viskoziteye sahip ajanlar olup intraoküler cerrahi sırasında immobilizasyon ve internal yapıların korunması amacıyla kullanılır. Uzun zamanlar içinde geliştirilen bu ajanlar katarakt ekstraksiyonu, intraoküler lens implantasyonu ve korneal transplantasyon gibi oftalmik cerrahilerde sıkça kullanılmaktadır. Her bir ajanın kendine mahsus özellikleri oküler cerrahideki özel uygulamaların hangisi için kullanılabilceği yönünde yol gösterir. İdeal viskoelastik ajanlar ön seğment cerrahisinde çeşitli aletlerle manipülasyon sırasında endoteli koruyarak iyi bir ön kamara stabilizasyonu sağlamalıdır. Bununla birlikte postoperatif intraoküler basınç artışına neden olmayacak şekilde ön kamaradan rahatlıkla alınabilmelidir. Çünkü viskoelastiklerin en önemli komplikasyonu postoperatif intraoküler basınç artışıdır. Biz bu yazımızda viskoelastiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini, cerrahide kullanım alanlarını son klinik çalışmaları da inceleyerek irdelemeyi uygun gördük.

### SUMMARY

#### The Use of Viscoelastics in Ophtalmology

The introduction of viscoelastic agents in the late 1970s dramatically improved the quality of anterior segment surgery. Viscoelastic materials are nontoxic, elastic, high-viscosity agents that can be utilized to immobilize and protect internal structures during intraocular surgery. They have been developed over the years as an extremely useful adjunct in various types of ophthalmic procedures, including cataract extraction, intraocular lens implantation, and corneal transplantation. The rheologic properties (e.g., viscosity, coatability) of each agent are important in determining its suitability for specific applications in ocular surgery. The ideal viscoelastic agent provides excellent anterior chamber stability and endothelial protection while permitting free manipulation of instruments within the anterior segment. In addition, the material should be easily removable from the eye at the close of the procedure to avoid postoperative intraocular pressure elevation, because, the main complication of viscoelastic use is the risk of postoperative intraocular pressure elevation. We want to examine the physical and chemical properties of viscoelastic materials and their surgical application in ophthalmology with research latest study.

Mecmuaya Geliş Tarihi: 08.04.2003  
Düzeltilmeden Geliş Tarihi: 05.03.2004  
Kabul Tarihi: 21.04.2004

(\*) SSK Ankara Göz Hastanesi- 2. Göz Kliniği, Uzman Doktor  
(\*\*) SSK Ankara Göz Hastanesi- 2. Göz Kliniği, Klinik Şefi

## GİRİŞ

Son yıllarda viskoelastik ajanların oftalmolojide kullanımını önemli düzeyde artırmıştır. İlk olarak 1958 yılında Balazs tarafından Hyalüronik asitin (HA) vitreusun önemli bir yapı maddesi olduğunun ortaya konması ile viskoelastiklerin popülaritesi artmaya başlamıştır. 1934 yılında Balazs umbilikal kord ve horoz ibiğinden saflaştırılmış hyalüronik asit elde etmeyi başarmıştır (1). Hyalüronik asit; tekrarlayan sodyum glukuronat ve N-asetil-D-glukozamine ünitelerinden oluşan bir mukopolisakarittir. İnsan vücudunda, bağ dokusunda ve vitreusun korteksinde yüksek konsantrasyonlarda bulunur. 1976 yılında bir hastaya intraoküler lens (İOL) implantasyonu sonrasında korneanın ödemli bir hal alması ile karşılaşılınca, bu durumun İOL'ün kornea endoteliliye implantasyon sırasındaki teması sonucu olduğu düşünülerek kornea endotelinin nasıl korunacağı araştırılmaya başlandı. Hyalüronik asitin vitreusun temel yapısı olduğu düşüncesinden yola çıkılarak endoteli korumada kullanılabilmesi düşünüldü ve ön kamaraya sodyum hyalüronat enjeksiyonu ile İOL implantasyonu, tavşan gözlerinde kontrollü çalışmalar ile uygulanmaya başlandı. İnsanlarda uygulamaya ilk olarak Robert Stegman tarafından başlandı. Bu çalışmalar sonucunda sodyum hyalüronatın endotel hücrelerini koruyucu etkisinin olduğu tespit edildi (2). Sodyum hyalüronatın kullanılabilirliği ve etkinliği Polack tarafından yapılan çalışmalarla da ortaya kondu (3). Pape (4) bu maddenin glokom ve katarakt cerrahisinde kullanılabilmesini ve ayrıca bu maddenin postoperatif olarak intraoküler basınç artışına da neden olduğunu ifade etti. Stenkula ve Tornquist (5) ise vitrektomi ve retina dekolman cerrahisinde de yararlanılabileceğinden bahsettiler.

## VİSKOELASTİKLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ:

Viskoelastiklerin özelliklerinden bahsedilirken kullanılan bazı terminolojiler vardır. Bunlar :

**1-VİSKOZİTE:** Bir solüsyonun akıma karşı gösterdiği dirençtir. Molekül ağırlığı, solüsyonun konsantrasyonu, ısı ve çözücü tarafından belirlenir. Poise ünitesi ile ölçülür.

**2-PSÖDOPLASTİSİTE:** Akım hızı arttıkça viskozite azalmasıdır. Burada sıvı hareket halindeyken veya sıvı içinde alet hareket ediyorken viskozitenin azalmasından bahsedilir. Molekülün kaba yumak halindeyken düzgün çizgi haline gelmesi ile sağlanır. Su, hava, kondroitin ve silikon newtonian sıvı olarak bilinir ve viskoziteleri sabittir. Hyalüronat, Viscoat, metil selüloz ve poliakrilamid ise non-newtonian olarak bilinirler ve akım hızı

zı arttıkça viskoziteleri azalır. Akımın başlangıcında pistonla kuvvetli basmak gerekirken akım başladıktan sonra daha az kuvvet uygulamak yeterli olmaktadır. Psödoplastisite artınca viskoelastiğin ön kamaraya verilmesi ve alınması daha kolay olmaktadır.

**3-ELASTİSİTE:** Dış etken ortadan kalktığında orijinal şekle dönme eğilimini ifade eder. Bu özellik ön kamaranın çökmesini engeller ve vitreus basıncına karşı yer koruma özelliği sağlar. Ayrıca hızlı irrigasyon ve yüksek frekanslı vibrasyonlardan gözü korur. Uzun zincirli moleküller, kısa zincirli moleküllere oranla daha elastiktir.

**4-KOHESİVLİK:** Bir materyalin kendine yapışabilme özelliğidir. Molekül ağırlığı ve elastisite ile ilgilidir. Uzun zincirli ve yüksek molekül ağırlıklı maddelerde kohesivite daha fazladır ve madde kitle halinde kalır. Kohesivite fazla ise materyalin ön kamaradan aspirasyonu zorlaşır. Bu durum ön kamaranın korunmasında avantaj sağlar fakat bu avantaj trabeküler ağdan drenaj sırasında dezavantaj olarak karşımıza çıkar.

**5-KAPLAMA ÖZELLİĞİ (ÖRTÜCÜLÜK):** Yüzeysel gerilimine ve temas açısına bağlıdır. Endotelin korunması ve yüzeylerin birbirine temas etmemesi için bu özellik önem arz eder.

Viskoelastik madde içinde oluşan iki adet kinetik güç vardır.

**1-Kompresyon Kuvveti:** Viskoelastik içinden endotele nakledilen dikey kuvvettir. Yüksek elastisiteye sahip maddelerde bu kuvvet azdır.

**2-Sürünme Kuvveti:** Viskoelastik içinde endotele paralel yapılan hareketlerden doğar. Yüksek viskozite ve elastisite, endoteli kompresyon gücünden korur, psödoplastisite ise hareketde viskoziteyi azaltarak sürünme kuvvetini azaltır. Ön kamaranın sığ olduğu durumda viskoelastiğin yaptığı yüksek sürünme kuvveti ağır endotel hasarı yapar. Viskoelastik blok halinde gözden çıkarken de aynı hasar olabilir.

Viskoelastikler içinde oftalmolojide ilk kullanılan sodyum hyalüronattır. Sodyum hyalüronat, değişen  $\beta$ 1-3 ve  $\beta$  1-4 glukozidik bağları ile birbirine bağlı N-Asetilglukozamin ve sodyum glukuronat ile tekrarlayan disakarit zincirinden oluşan bir polisakarittir. Sodyum hyalüronat, insanların ve hayvanların bağ dokularının ekstrasetellüler matrisinde geniş miktarlarda bulunan fizyolojik bir maddedir. En fazla olarak; sinovyal sıvı, cilt ve göbek kordonunda bulunur. Gözde ise trabeküler ağın bağ dokusunda, vitreus ve akküz humörde rastlanmaktadır. Sodyum hyalüronat, kimyasal olarak tüm canlılarda aynı yapıya sahiptir. Bu maddenin visküz, elastik ve

psödoplastik özellikleri ön segment cerrahisinde kullanımını yaygın hale getirmiştir. Healon®(Pfizer); %1 lik sodyum hyalüronat olup horoz ibiğinden elde edilir. Renk olarak hafif mavi olması bu polimerin intraoküler görünümünü kolaylaştırmıştır. Amvisc®(IOLAB - B&L Surgical) de yine Healon gibi horoz ibiğinden elde edilir. Healon® dan farkı ise; düşük molekül ağırlığı nedeniyle daha düşük viskoziteye sahip olmasıdır. Amvisc Plus®(IOLAB - B&L Surgical); %1.6 lık sodyum hyalüronattır. %1.6'lık sodyum hyalüronat, %1'lik sodyum hyalüronata oranla düşük molekül ağırlığında yüksek konsantrasyonda olduğundan yüksek viskoziteye sahiptir. Son yıllarda genetik mühendislik teknolojisi kullanılarak mikrobiyal fermentasyon ile de sodyum hyalüronat elde edilmeye başlanmıştır [Biolon®(Allergan), Provisc®(Alcon)...].

Metil sellüloz, d-glukoz'un polimerize şeklidir. Bu yapıda uzun zincirli glukoz molekülündeki hidroksi ve metil grubu, hidroksil grubunun hidrojeni ile yer değiştirilerek hidrofilik özellik artırılmıştır. Burada glukoz molekülleri arasında beta glukozidik bağ vardır. İnsan enzim sisteminde alfa bağları parçalanabildiği için metil-sellüloz insan vücudunda metabolize olmaz. Bu madde doğada bitki gövdelerinden elde edilir. Bu yüzden kontaminasyonu kolaydır. Oda ısısında saklanabilir ve otoklavda sterilize edilebilir. Viskozitesi sodyum hyalüronattan azdır. Psödoplastisitesi sodyum hyalüronattan az olduğu için daha küçük çaplı iğne ile enjekte edilebilir. Elastisitesi az olduğu için yüksek vitreus basıncına karşı yara yerinden dışarı çıkma eğilimindedir. Kohezivitesi ise sodyum hyalüronattan düşük olduğu için ön kamaradan tam olarak temizlenmesi güçtür. Fakat enjekte edilirken, temizlenirken ve ön kamarada alet ile çalışırken kitle etkisi ile endoteli tahrip etme özelliği daha azdır. Örtücülüğü sodyum hyalüronattan daha iyidir. Böylece daha iyi bir doku koruması sağlanır.

Poliakrilamid, sentetik bir viskoelastiktir. %0.5'lik formundan oftalmolojide yararlanır. Uzun süre koromotografi ve elektroforezde kullanılmıştır. Amid yan grubundan dolayı hidrofilik özelliğe sahiptir. Oda ısısında saklanabilir. Örtücülük özelliği yüksektir. Psödoplastisitesi sodyum hyalüronattan az olduğu için daha küçük çaplı iğne ile enjekte edilebilir. Bu maddenin üretimi sırasında kullanılan mikrojelin intraoküler basıncı önemli düzeyde artırdığı ve bu yüzden glokom hastalarında dikkatli kullanılması gerektiği bildirilmektedir.

Kondroitin sülfat, tekrarlayan N-asetil-galaktozamin disakkaritlerinin alt üniteleri ile sodyum glukonattan oluşan bir glukozaminoglikandır. Sodyum hyalüronattan farkı, sülfatlanması ve negatif yük ile yüklenmesidir. Böylece pozitif yüklü olan implantların yüzeyini

daha iyi örtme ve intraoküler lens ile endotel arasındaki elektrostatik etkileşimi azaltma özelliği kazandırılmıştır. Omurgalıların ekstrasellüler matriksinde bulunur. Kıkırdak gibi sert bağ dokusunun ana polisakkarid komponentidir. Tabii halde proteoglikan olarak bulunur. Doku örtücülüğü yüksek ama düşük viskozite nedeniyle yer tutma ve dokuları ayırmada yetersizdir. Yüksek ozmolitesi nedeniyle de dehidrasyona neden olur. Konsantrasyonun artırılması sonucu artan viskozite ile ortaya çıkan hiperozmolarite endotelial hücrelere zarar verebilir. Viscoat®(Alcon); %3'lük sodyum hyalüronat ile %4'lük kondroitin sülfat karışımından meydana gelmiştir. Viscoat'taki hyalüronat bakteriyel fermentasyon ile kondroitin ise köpek balığı süzgecinden elde edilir. Bu kombinasyon ile hyalüronatın yüksek viskozitesi ve yer tutucu özelliği, kondroitin sülfatın örtücülük ve hücre koruma özelliğiyle birleştirilir. Viscoatın® molekül ağırlığı küçük olduğu için trabeküler ağdan kolay geçer. Bu yüzden postoperatif basınç artışı yapması da minimaldir.

#### VİSKOELASTİKLER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR:

Mortimer ve arkadaşları 1991 yılında (6) poliakrilamid ile sodyum hyalüronatın katarakt cerrahisi sırasındaki etkinliğini araştırdılar ve iki grup arasında korneal ödem, iritis ve endotelial hücre kaybı açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığını ortaya koydular.

Hücre kültürü modelleriyle yapılan bir çalışmada Hidroksipropilmetilsellüloz ve Viscoat ın Healon dan daha az endotelial hücre toksisitesine neden olduğu belirlendi (7). Fakat diğer bir çalışmada da daha fazla mitokondriyal değişikliklere neden olduğu iddia edildi (8).

Farklı yapılardaki viskoelastiklerin ön kamaradan alınım kolaylığı ve almım hızı karşılaştırılınca sodyum hyalüronatın diğer viskoelastiklerden daha kolay ve daha hızlı alındığı tespit edildi (9). Sodyum hyalüronat için bu hızın 20-25 saniye, Viscoat için 3.5 dakika, metilsellüloz ve poliakrilamid için ise 3 dakikadan fazla olduğu belirlendi.

Viskoelastiklerin en önemli komplikasyonu, postoperatif intraoküler basınç artışı olduğu için farklı viskoelastiklerin bu etkileri pek çok araştırmaya konu oldu. Buradaki intraoküler basınç artışı dışa akımdaki mekanik obstrüksiyona bağlanmaktadır. İnsan ve hayvan gözlerinde yapılan deneysel çalışmalarda sodyum hyalüronat kullanımını sonucunda hyalüridazın salınımı ile dışa akımın yavaşladığı gösterilmiştir (10). Postoperatif basınç artışındaki bireysel farklılıklar, hastanın trabeküler ağının yapısı ve cerrahi sonrası ortaya çıkan fibrin, albumin ve inflamatuvar ürünlerin miktarı ile ilişkilidir (11).

Karşılaştırmalı klinik çalışmalarda fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası postoperatif birinci günde Hidroksipropilmetilsellüloz kullanımının sodyum hyalüronattan daha fazla korneal kalınlaşmaya neden olduğu tespit edildi (12). Fakat ekstrakapsüler katarakt ekstraksiyonu yapılan hastalarda iki grup arasında farklılık olmadığı Thomssen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ortaya kondu (13). Dada ve arkadaşları (14) sodyum hyalüronat, hyalüronik asit ve metilsellüloz ile yaptıkları çalışmada, erken postoperatif dönemde (6-24 saat) sodyum hyalüronat ve hyalüronik asitin postoperatif intraoküler basınç artışı etkisinin daha belirgin olduğunu gözlemlediler. %1 lik sodyum hyalüronat ile %1.4 lük sodyum hyalüronatın bu etkileri karşılaştırıldığında ise aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya çıktı (15). Bilindiği üzere viskoelastiklerin kullanımı sonrası postoperatif intraoküler basınç artışı 72 saatte normale gelmektedir (16). %1 lik sodyum hyalüronat ile %1.4'lük sodyum hyalüronatın postoperatif inflamasyon, korneal ödem, intraoküler basınç artışı ve görme netliği açısından aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı Caporossi ve arkadaşlarının (17) yaptığı çalışmada ortaya kondu. Yine bilindiği gibi %1.4'lük sodyum hyalüronatın viskozitesi %1'lik sodyum hyalüronattan 10 kat daha fazladır.

%1'lik sodyum hyalüronat içeren farklı preparatlar (provisc® ve healon®) karşılaştırıldığında ise, postoperatif korneal kalınlık ve basınç artışı ile postoperatif korneal ödem ve iritis açısından iki grup arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya kondu (18).

%1.4'lük sodyum hyalüronat, %1'lik sodyum hyalüronat, metilsellüloz ve %4'lik kondroitin sülfat-%3 sodyum hyalüronat materyalleri ele alınarak yapılan çalışmada ise postoperatif intraoküler basınç artışı ve görme keskinliği irdelenince; %4 kondroitin sülfat-%3 sodyum hyalüronatın fakoemülsifikasyon cerrahisinde nükleer fragmanlar ve hava kabarcıklarını arasına sıkışma özelliği ile cerrahi sırasında görme keskinliğini azalttığı ve %1.4'lük sodyum hyalüronat ve %1'lik sodyum hyalüronatın boşluk tutma ve enjeksiyon kolaylığının daha belirgin olduğu Hutz ve arkadaşları tarafından belirlendi (19). Yine aynı preparatlar ile yapılan başka bir çalışmada ise bu gruplar arasında postoperatif endotelial hücre kaybı açısından farklılık olmadığı, fakat %1'lik sodyum hyalüronat ve metilsellüloz grubunda, cerrahiden 7 gün sonra korneal kalınlık, endotelial permeabilite ve aktif pompa fonksiyonunda anlamlı farklılık artışı olduğu belirlendi (20). %1.4'lük sodyum hyalüronat ve %4 kondroitin sülfat-%3 sodyum hyalüronat grubunda ise endotelial fonksiyonlarda değişiklik olmadığı ortaya kondu.

Arshinoff un yaptığı çalışmada (21) %1.6'lık sodyum hyalüronat ve %1.4'lük sodyum hyalüronat [micro-

visc plus®(Bohus Biotech) ve healon GV®(Pfizer)] arasında güvenilirlik ve güvenlik açısından anlamlı farklılık olmadığı ortaya kondu. Fakat %1.6'lık sodyum hyalüronatın viskozitesi daha az olduğu için %1.4'lük sodyum hyalüronattan farklı davrandığı belirlendi ve daha visköz ve koheziv viskoelastiklerin cerrahi açıdan daha güvenilir olduğu vurgulandı.

%1.6'lık sodyum hyalüronat, %1'lik sodyum hyalüronat ve metilsellüloz ile yapılan bir başka çalışmada (Amvisc plus®, healon® ve Adaptocell®(Adaptomed)) her üç grupta postoperatif altıncı saatte intraoküler basınç artışı açısından anlamlı farklılığa rastlanmadı. Operasyondan yirmi dört saat sonra ise %1'lik sodyum hyalüronat grubunda anlamlı intraoküler basınç artışı olduğu tespit edildi (22).

Sodyum hyalüronatın yüksek moleküler kitle fraksiyonu olan Healon 5®(Pfizer) in fakoemülsifikasyon cerrahisinde %1'lik sodyum hyalüronat ile karşılaştırılmasında iki grup arasında görme keskinliği, oküler basınç ve endotelial hasar açısından farklılık olmadığı ve Healon 5® in kullanıldığı cerrahi sırasında görme keskinliğinin çok net olduğu ve ön kamaradan alınımın kolay olduğu belirlendi (23). Tablo 1'de viskoelastikler, özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Tablo 2'de ise sıklıkla kullanılan bazı viskoelastiklerin etken maddeleri ve özellikleri gösterilmiştir.

## VİSKOELASTİKLERİN KULLANILMA YERLERİ:

Viskoelastiklerin oftalmolojide en sık kullanıldığı yer katarakt cerrahisidir. Cerrahi manipülasyon sırasında ön kamaranın teşkilinde vazgeçilmez bir ürün olarak gözükmektedir. Ayrıca fakoemülsifikasyon cerrahisinde lensin nükleusu ve korteksi arasında yarık zeminin oluşturulmasında da kullanılır. Viskodisseksiyon olarak adlandırılan bu işlem özellikle yumuşak nükleuslu olgularda ve özellikle de zonüler yırtık ve arka kapsül rüptürü gibi komplikasyonlar ortaya çıktığında oldukça yararlı sonuçlar doğurmaktadır. Katarakt cerrahisinde mekanik travma ve İOL implantasyonu ile kornea endotelinin harabiyetine mani olmak için de viskoelastiklerden yararlanılır (24).

Lens subluksasyonlu olgularda, lensektomi yaparken lensin elevasyonu ve total subluksasyonun önlenmesinde sodyum hyalüronat enjeksiyonundan yararlanılır (25).

Viskoelastik ajanlar; ön segment cerrahisinde, travma sonrası korneal yaralarda ve kornea epitelinin kurumasını önlemede kullanılır. Reed ve arkadaşları (26) keratoplasti sonrası sodyum hyalüronat ile hidrate edilen

Tablo 1. Özelliklerine göre viskoelastiklerin sınıflandırılması

	Viskoelastik Madde	Etken Madde	Üretici Firma
En Yüksek Viskozite	Healon 5	%2.3 Na hyaluronate	Pfizer & Upjohn
	Micro Visc Plus	%1.4 Na Hyalüronat	Bohus Biotech
	Healon GV	%1.4 Na Hyalüronat	Pfizer & Upjohn
Yüksek Viskozite	Micro Visc	%1 Na Hyalüronat	Bohus Biotech
	Healon	%1 Na Hyalüronat	Pfizer & Upjohn
	Provisc	%1 Na Hyalüronat	Alcon Laboratories
	Biolon	%1 Na Hyalüronat	Allergan
	Amvisc Plus	%1.4 Na Hyalüronat	IOLAB (B&L Surgical)
	Amvisc	%1 Na Hyalüronat	IOLAB (B&L Surgical)
	Orta Viskozite	Viscoat	%3 Na Hyalüronat %4 Kondroitin sülfat
Vitrax		%3 Na Hyalüronat	Allergan
Optimize			Mentor Ophthalmics
Cellugel		%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	Vision Biology (Alcon)
Düşük Viskozite	Occucoat	%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	Storz (B&L Surgical)
	I Gel	%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	International Medical Devices
	Ocuvis	%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	CIMA Technology
	Visilon	%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	Shah & Shah
	Viscomet	%2 Hidroksi Propil Metil Sellülöz	Milmet Oftho Laboratories

gözleri dengeli tuz solüsyonu ile hidrate edilen gözler ile karşılaştırınca belirgin farklılık olduğunu ortaya koydular.

Travma veya cerrahi sonrası ortaya çıkan desme dekolmanının tedavisinde sodyum hyalüronat enjeksiyonu ile normal anatomik pozisyona getirme işleminden yararlanır (27). Böylece korneal dekompenzasyon ve kornea ödeminin önüne geçilir.

Glokom filtrasyon cerrahisinde operasyon sırasında ön kamaranın kollapsını önlemede ve meydana gelebilecek hifemaya karşı viskoelastiklerden yararlanır (28). Alpar ve arkadaşları (29) glokom filtrasyon cerrahisinde daha devamlı bir blebin oluşturulması ve devam ettirilmesini temin etmek için sodyum hyalüronatı kullandılar ve daha az skar, daha az anterior sineşi ve daha uzun süreli oküler basınç düşüklüğünün sağlandığını belirlediler.

Sodyum hyalüronat korneal dekompanzasyonlu hastalarda vitreus inkarserasyonu durumunda kullanılır (30). Ayrıca Neodmiyum YAG lazer tedavisi öncesinde ön kamaranın sodyum hyalüronat ile doldurulmasının postoperatif korneal komplikasyonları azalttığı gösterilmiştir (31).

Gerek ön kamaradaki gerekse suprakoroidal mesafelerdeki hemorajilerin varlığında kanamanın kontrolünde sodyum hyalüronattan yararlanılmaktadır. Hifema varlığında uygulanan sodyum hyalüronat, pıhtılaşmış kanı tutabilme özelliğine sahiptir. Suprakoroidal hemoraji varlığında ise vitreus kavitesine %10'luk sodyum hyalüronat uygulanması yine kanamanın kontrolünde ve postoperatif yönetimde önemli yarar sağlamaktadır (32). Ayrıca viskoelastik ajanlar ile oküler tonusun sağlanmasının hipotoniye, dolayısıyla da koroidal effüzyon, koroidal hemoraji ve suprakoroidal hemorajinin gelişimini önlediği göz ardı edilmemelidir (33).

Tablo 2. Viskoelastiklerin etken maddeleri ve özellikleri

Adı	İçeriği	Ağırlığı (Dalton)	Viskozite (Centipolse)	pH	Saklama Şartları	Raf Ömrü (Yıl)	Ozmolalite (mOsm/kg)
Healon5® (Pfizer)	%2.3 Na Hyalüronat	4 milyon	7 000 000	7.0	2-8°C	3 yıl	340
Healon5® (Pfizer)	%1 Na Hyalüronat 10mg Na Hyalüronat	4 milyon	230 000	7.2	2-8°C	3 yıl	300
Biolon® (Allergan)	%1 Na Hyalüronat 10mg Na Hyalüronat	3 milyon	215 000	7.2	2-8°C	2 yıl	
Provisc® (Alcon)	%1 Na Hyalüronat 10mg Na Hyalüronat	2 milyon	280 000	7.2	2-8°C	2 yıl	
Amvisc® (IOLAB-B&L)	%1 Na Hyalüronat 10mg Na Hyalüronat	1 milyon	100 000	6.6	2-8°C	2 yıl	340
Allervisc® (AMO)	%1 Na Hyalüronat 10mg Na Hyalüronat	5 milyon	300 000	7.2	2-8°C	2 yıl	310
Healon GV® (Pfizer)	%1.4 Na Hyalüronat 14mg Na Hyalüronat	5 milyon	2 000 000	7.2	2-8°C	3 yıl	300
Microvisc® Plus (Bohus Biotech)	%1.4 Na Hyalüronat 14mg Na Hyalüronat	8 milyon	4 800 000	7.2	2-8°C	2 yıl	
Allervisc+® (AMO)	%1.4 Na Hyalüronat 14mg Na Hyalüronat	5 milyon	500 000	7.2	2-8°C	2 yıl	310
Amvisc Plus® (IOLAB-B&L)	%1.6 Na Hyalüronat 16mg Na Hyalüronat	1 milyon	100 000	6.8 7.6	4°C	1 yıl	306-374
Vitrox® (AMO)	%3 Na Hyalüronat	500 000	30 000	7.3	Oda ısısı	1 yıl	310
Viscoat® (Alcon)	%3 Na Hyalüronat %4 Kondroitin sülfat	500 000 22 500	40 000	7.2	2-8°C	1 yıl	325
Orcolon®	%0.5 Poliakrilamid	1 milyon	40 000	7.0 7.5	Oda ısısı	6 ay	400
Ocucoat® (Storz B&L)	%2 Hidroksi Propil Metil Sellüloz	86 000	4000	7.2	Oda ısısı	1 yıl	285
Cellugel® (Vis. Biol-Alcon)	%2 Hidroksi Propil Metil Sellüloz	400 000	28 000	7.2	Oda ısısı	1 yıl	305
Visilon® (Shah & Shah)	%2 Hidroksi Propil Metil Selüloz	86 000	4 000	7.2	Oda ısısı	1 yıl	
Ocuvis® (CIMA)	%2 Hidroksi Propil Metil Selüloz	90 000	4 300	7.2	Oda ısısı	1 yıl	
Hymecel® (Dispersa)	%2 Hidroksi Propil Metil Selüloz	86 000	4 000	7.2	Oda ısısı	1 yıl	
Adaptocel® (Adaptomed)	%2 Hidroksi Propil Metil Sellüloz	86 000	4 000	7.2	Oda ısısı	1 yıl	

Viskoelastiklerden retina dekolman cerrahisinde yararlanılmaktadır. Viskoelastik ajanların suprakoroidal olarak verilmesi kapalı retinal yırtıkta geçici koroidal elevasyonu doğurduğundan cerrahi manipülasyonu kolaylaştırmaktadır (34). Dev retinal yırtığın tamirinde sodyum hyalüronattan yararlanılabilir (35). Böylece reti-

nal flebin katlanmasına mani olunarak retina pigment epiteli ile appozisyon sağlanılır.

Diabetik retinopati sonrası hyalüronik asitin prokoagulan etkisinin varlığı bilinen bir durumdur (36). Bu noktadan yola çıkılarak diabetik retinopatili gözlerde

vitroretinal yapışıklığın açılmasında sodyum hyalüronattan yararlanılmıştır (37). Sodyum hyalüronatın viskoelastik yapısı, epiretinal membran ayrılması işlemine de olanak sağlamıştır. Böylece retinal yüzeyden membranın soyulması daha az travmatik olarak gerçekleştirilmekle birlikte retinal yüzeyde kalan parçanın kesilmesi daha kolay yapılabilmektedir. Ayrıca proliferatif diabetik retinopatili gözlerde kanamanın yeri değiştirilerek membran ve retina arası mesafe rahatlıkla görülebilmektedir. Bu yaklaşımdan atrofik retinal gözlerde kaçınılmalıdır. Çünkü bu durumda iyatrojenik retinal yırtık gelişebilir.

Şaşılıkta cerrahisinde, ayarlanabilir sütür operasyonunda konjonktiva, tenon kapsülü ve kas arasındaki sürtünmeyi azaltmak için sodyum hyalüronat kullanılmaktadır. Burada kullanılan viskoelastik; postoperatif kas adezyonunu azaltmakta ve opere gözde sütürün ayarlanma periyodunu uzatabilmektedir (38).

Lakrimal cerrahide sodyum hyalüronatın lakrimal keseye enjeksiyonu sonrası lümen daha iyi görülür (39) ve lakrimal probing uygulaması kanalikül hasarına neden olmadan rahat yapılır (40).

Sodyum hyalüronattan kuru göz sendromlu hastalarda yararlanılmaktadır (41). Özellikle kuru göz sendromu tanısı konan hastalarda prezervan maddelerin yaptığı toksisiteden kaçınılması gereken durumlarda viskoelastik içeren lumbrikanlardan örneğin dilue edilmiş hyalüronat ve karboksimetilsellülozdan faydalanılabilir. Nepp ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (42) ciddi göz kuruluğu semptomu olan hastalarda sodyum hyalüronatın iki farklı konsantrasyonu (%0.25 ve %0.4) ve kondroitin sülfat ile kombine formu kullanılıncaya hastaların şikayetlerinde belirgin düzelmenin olduğu gösterilmiştir.

## SONUÇ:

Viskoelastik ajanların günümüzde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. En sık olarak da katarakt cerrahisinde kullanılır. Her bir ajanın kendine mahsus özellikleri oküler cerrahideki özel uygulamaların hangisi için kullanılabileceği yönünde yol gösterir. Ön kamaranın korunması için (örneğin kapsüloreksis sırasında) viskozite ve elastisite yüksek olmalıdır. Psödoplastisitesi az olan ajanlar daha küçük çaplı iğne ile enjekte edilebilir. Elastisitesi az olduğunda ise yüksek vitreus basıncına karşı yara yerinden dışarı çıkma eğilimi gösterir. Kohezivitesi yüksek olursa ön kamaradan temizlenmesi kolaylaşır. Fakat enjekte edilirken, temizlenirken ve ön kamarada alet ile çalışırken kitle etkisi ile endoteli tahrip etme özelliği fazlalaşır. Örtücülüğü yüksek olursa daha iyi bir doku koruması sağlar.

Viskoelastiklerin en önemli komplikasyonu postoperatif intraoküler basınç artışıdır. Bilindiği üzere viskoelastiklerin kullanımı sonrası postoperatif intraoküler basınç artışı 72 saatte normale gelmektedir. Erken postoperatif dönemde (6-24 saat) sodyum hyalüronat ve hyalüronik asitin postoperatif intraoküler basınç artışına etkisi daha belirgin olduğu akıldā tutulmalıdır.

Viskoelastik ön kamaraya verilirken kullanılan alanın en uzak noktasına verilmelidir. Aspirasyonu ise yavaş olmalıdır ve kanül ön kamarada dolaştırılmalıdır. Operasyon sonunda viskoelastiğe değen tüm aletler yıkanmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Balazs EA: Ultrapure hyaluronic acid and the use thereof. U.S. Patent No. 4, 1979; 141: 973
2. Balazs EA, Miller D, Stegmann R: Viscosurgery and the use of Na-hyaluronate in intraocular lens implantation. Paper presented at the International Congress and First Film Festival on Intraocular Implantation, Cannes, France, 1979.
3. Graue EL, Polack FM, Balazs EA: The protective effect of Na-hyaluronate to corneal endothelium. *Exp Eye Res* 1980; 31:119
4. Pape LG, Balazs EA: The use of sodium hyaluronate (Healon) in human anterior segment surgery. *Ophthalmology* 1980; 87:699
5. Stenkula S, Tornquist R: Use of Healon in vitrectomy and difficult retinal detachments. In Miller D, Stegmann R (Eds): *Healon (Sodium Hyaluronate): A Guide to Its Use in Ophthalmic Surgery*. New York, John Wiley & Sons, 1983, p 207.
6. Mortimer C, Sutton H, Henderson C: Efficacy of polyacrylamide vs. sodium hyaluronate in cataract surgery. *Can J Ophthalmol* 1991 Apr; 26(3):144-7
7. Meyer DR, McCulley JP: Different prospects of risk management from in vitro toxicology and its relevance to the evolution of viscoelastic formulations. In Rosen ES (Ed): *Viscoelastic Materials; Basic Science and Clinical Applications*. New York, Pergamon Press, 1989
8. Condon PJ, Gillan J, Mullaney J, et al: Ultrastructural studies of the effect of viscoelastic substances on the endothelium of human donor cornea- [md] a pilot study. In Rosen ES (Ed): *Viscoelastic Materials: Basic Science and Clinical Applications*. New York, Pergamon Press, 1989.
9. Asia EI, Apple DJ, Lim ES, Morgan RC, Tsai JC: Removal of viscoelastic materials after experimental cataract surgery in vitro. *J Cataract Refract Surg* 1992 Jan; 18(1):3-6
10. Denlinger JL, Balazs EA: The fate of exogenous viscoelastic hyaluron solutions in the primate eye. In Rosen ES (Ed): *Viscoelastic Materials: Basic Science and Clinical Applications*. New York, Pergamon Press, 1989

11. Calder IG, Smith VH: Hyaluronidase and sodium hyaluronate in cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 1986; 70:418
12. Liesegang TJ: Viscoelastic substances in ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 1990; 34:268
13. Thomsen M, Simonsen AH, Andreassen TT: Comparison of sodium hyaluronate and methylcellulose in extracapsular cataract extraction. *Acta Ophthalmol* 1987; 65:400
14. Dada VK, Sindhu N, Sachdev MS: Postoperative intraocular pressure changes with use of different viscoelastics. *Ophthalmic Surg* 1994 Aug; 25(8): 540-4
15. Kohnen T, von Ehr M, Schutte E: Postoperative intraocular pressure in the first days after intraocular administration of hyaluronic acid solution with different viscosities. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1995 Jul; 207(1): 29-36
16. Larson RS, Lindstrom RL, Skelnik DL: Viscoelastic agents. *CLAO J* 1989; 15:151
17. Caporossi A, Baiocchi S, Sforzi C, Frezzotti R: Healon GV versus Healon in demanding cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1995 Nov; 21 (6): 710-3
18. Lehmann R, Brint S, Stewart R, White GL Jr, McCarty G, Taylor R, Disbrow D, Defaller. Clinical comparison of Provisc and Healon in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 1995 Sep; 21 (5): 543-7
19. Hutz WW, Eckhardt HB, Kohnen T: Comparison of viscoelastic substances used in phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996 Sep; 22 (7): 955-9
20. Ravalico G, Tognetto D, Baccara F, Lovisato A: Corneal endothelial protection by different viscoelastics during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997 Apr; 23(3): 433-9
21. Arshinoff SA, Hofman I: Prospective, randomized trial comparing Micro Visc Plus and Healon GV in routine phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1998 Jun; 24(6):814-20
22. Luchtenberg M, Luchtenberg C, Lang M, Badachschi N, Emmerich KH. Intraocular pressure response after administration of 3 different viscoelastic agents after cataract operation. *Ophthalmologie* 2000 May; 97(5):331-5
23. Cavallini GM, Campi L, Delvecchio G, Lazzzerini A, Longanesi L: Comparison of the clinical performance of Healon 5 and Healon in phacoemulsification. *Euro J Ophthalmol* 2002 May-Jun; 12(3): 205-11
24. Glasser DB, Matsuda M, Edelhauser HF: A comparison of the efficacy and toxicity of and intraocular pressure response to viscous solutions in the anterior chamber. *Arch Ophthalmol* 1986; 104:1819
25. Toczolowski JR: The use of sodium hyaluronate (Hyalcon) for the removal of severely subluxated lenses. *Ophthalmic Surg* 1987; 18:214
26. Reed DB, Mannis MJ, Hills JF, Johnson CA: Corneal epithelial healing after penetrating keratoplasty using topical Healon versus balanced salt solution. *Ophthalmic Surg* 1987; 18:525
27. Donzis PB, Karcioğlu ZA, Insler MS: Sodium hyaluronate (Healon) in the surgical repair of Descemet's membrane detachment. *Ophthalmic Surg* 1986; 17:735
28. Raitta C, Setälä K: Trabeculectomy with the use of sodium hyaluronate. One-year follow-up. *Acta Ophthalmol* 1987; 65:709
29. Alpar JJ: Sodium hyaluronate (Healon) in glaucoma filtering procedures. *Ophthalmic Surg* 1986; 17:724
30. Alpar JJ: The role of 1 percent sodium hyaluronate in treating vitreous incarceration with the neodymium: YAG laser in patients with corneal decompensation. *J Cataract Refract Surg* 1986; 12:502
31. Alpar JJ: The role of 1 percent sodium hyaluronate in anterior capsulotomy with the neodymium: YAG laser in patients with diseased cornea. *J Cataract Refract Surg* 1986; 12:658
32. Baldwin LB, Smith TJ, Hollins JL, Pearson PA: The use of viscoelastic substances in the drainage of postoperative suprachoroidal hemorrhage. *Ophthalmic Surg* 1989; 20:504
33. Frenkel REP, Shin DH: Prevention and management of delayed suprachoroidal hemorrhage after filtration surgery. *Arch Ophthalmol* 1986; 104:1459
34. Stenkula S, Ivert L, Gislason I, et al: The use of sodium hyaluronate (Healon) in the treatment of retinal detachment. *Ophthalmic Surg* 1981; 12:435
35. Brown GC, Benson WE: Use of sodium hyaluronate for the repair of giant retinal tears. *Arch Ophthalmol* 1989; 107:1246
36. Packer AJ, McCuen BW II, Hutton WL, Ramsay RC: Procoagulant effects of intraocular sodium hyaluronate (Healon) after phakic diabetic vitrectomy. A prospective randomized study. *Ophthalmology* 1989; 96:1491
37. McLeod D, James CR: Viscodelamination at the vitreoretinal juncture in severe diabetic eye disease. *Br J Ophthalmol* 1988; 72:413
38. Manjoney D, Mathias S, Morris W, et al: Effect of Healon on adjustable suture strabismus surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci (ARVO Suppl)* 1985; 26:80
39. Lerner HA, Boynton JR: Sodium hyaluronate (Healon) as an adjunct to lacrimal surgery. *Am J Ophthalmol* 1985; 99:365
40. Vila-Coro AA, Vila-Coro AA: Hyaluronate facilitates passage of lacrimal probes for repair of lacerated canaliculi. *Arch Ophthalmol* 1988; 106:579
41. Böhm E, Rama P, Tallandini L, et al: Low molecular weight sodium hyaluronate in the treatment of tear film changes and of dry eye. *Ophthalmologie* 1988; 2:353
42. Nepp J, Schauersberger J, Schild G, Jandrasits K, Haslinger-Akramian J, Derbolav A, Wedrich A: The clinical use of viscoelastic artificial tears and sodium chloride in dry-eye syndrome. *Biomaterials* 2001 Dec; 22(24):3305-10