

DERLEME

REVIEW

Vitrektomi Cihazlarında Pompa, Vakum, İnfüzyon ve Göz İçi Basınç Kontrolü

Pump, Vacuum, Infusion and Intraocular Pressure Control in Vitrectomy Devices

¹ Muhammed Nurullah BULUT / ORCID No: 0000-0002-2640-1115

² Aynur HACISALİHOĞLU / ORCID No: 0000-0003-1324-5499

³ Kezban BULUT / ORCID No: 0000-0002-8315-4923

¹ Doçent Doktor, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği

² Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği

³ Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği

Geliş Tarihi/Received: 04/06/2023 **Kabul Tarihi/Accepted:** 31/08/2023 **DOI:** 10.37783/CRJ-0415

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği **Tel./Phone:** +90 (532) 484 0163, **E-posta/E-mail:** nurullabulut@hotmail.com

ÖZ

Vitrektomi cihazlarında pompa, vakum, göz içi basınç kontrolü ve infüzyon sistemleri optimal cerrahi sonuçları için hassas bir denge içerisinde olmalıdır. Teknolojideki ilerlemelere paralel olarak cihazlarda pompa ve infüzyon sistemleri açısından önemli gelişmeler olmuştur. Klasik cihazlardaki peristaltik veya venturi pompalardan birinin olduğu cihazlar, yerini her iki pompanın aynı cihazda olduğu ve cerrahi esnasında pompalar arasında kolayca geçiş yapılabilen hibrit sistemlere bırakmıştır. Aynı şekilde yer çekimine bağlı infüzyon sistemleri de yerini daha kontrollü çalışmaya olanak sağlayan otomatize sistemlere bırakmıştır. Bu gelişmeler daha hızlı, daha güvenli ve konforlu cerrahiye olanak sağlamıştır. Derlememizde anlatacağımız bu sistemler hakkında bilgi sahibi olmak ve her vitrektomi cihazının kendine özel avantaj ve dezavantajlarını bilmek, cerrahların rahat çalışabileceği cihazı bulması açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Göz içi basıncı, infüzyon, pompa, vakum, vitrektomi

Abstract

In vitrectomy devices pump, vacuum, intraocular pressure control and infusion systems must be in a delicate balance for optimal surgical results. In parallel with the advances in technology, there have been significant developments in pump and infusion systems in devices. The devices with only peristaltic or venturi pumps have been replaced by hybrid systems where both pumps are in the same device and can be easily switched between pumps during surgery. Likewise, gravity-dependent infusion systems have been replaced by automated systems that allow more controlled operation. These developments have allowed faster, safer and more comfortable surgery. In terms of finding the device that surgeons can work comfortably with, it is important to know the advantages and disadvantages of each vitrectomy device and to have information about these systems, which will be described in our review.

Key words: infusion, intraocular pressure, pump, vacuum, vitrectomy

Giriş

Vitreoretinal cerrahi minimum komplikasyon ve hedef odaklı müdahalelerin hassasiyetle uygulanması gereken cerrahilerdir. Robert Machamer 1971 yılında 17 G pars plana vitrektomi sistemini tanımladıktan günümüze kadar kesi hızı, port büyüklüğü, sıvı dinamikleri, endoiluminasyon konularında

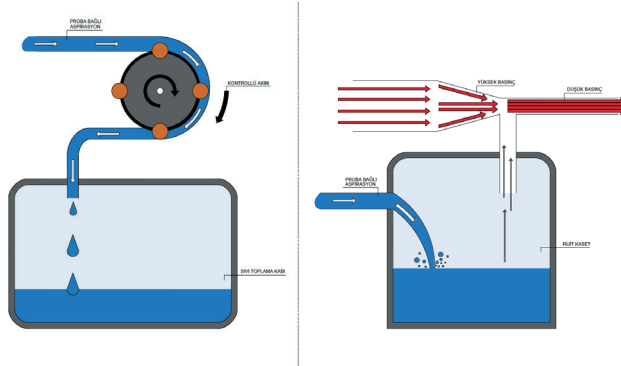
önemli gelişmeler olmuştur.¹⁻² Vitrektomi cihazlarında pompa, vakum, göz içi basınç kontrolü ve infüzyon sistemleri optimal cerrahi sonuçları için hassas bir denge içerisinde olmalıdır. Günümüzde kullanılan vitrektomi cihazlarında peristaltik, venturi veya her iki pompanın da kullanılabildiği hibrit sistemler mevcuttur.³ Bu pompaların mekanizmaları vitreoretinal cerrahinin başarısını etkileyebildiği için önemlidir. Vitrektomi cihazlarındaki infüzyon ve göz içi basınç sistemlerinde de önemli geliş-

meler olup geleneksel yerçekimi- şişe yüksekliği ayarlı göz içi basınç kontrolü dışında cihazlara yeni teknolojiler entegre edilmiştir. Bu derlemede vitrektomi cihazlarındaki pompa, infüzyon ve göz içi basıncı parametrelerinin çalışma prensiplerinin anlaşılmasıyla vitreoretinal cerrahların etkili ve komplikasyon-suz uygulamalarına yardımcı olunması amaçlanmıştır.

Pompa ve Vakum

Vitrektomi cihazlarında ameliyat esnasında sıvı dinamiğini yönetmek için 3 çeşit pompa kullanılabilir; peristaltik pompa, venturi pompası veya her ikisinin kombinasyonu.

Peristaltik pompa: Peristaltik pompalar pozitif deplasmanlı cihazlardır. Akım temelli pompalardır. Bir tüpün içinde bulunan sıvı, onu sıkıştıran silindirlere tarafından sistem içinde hareket etmeye zorlanır. Akım hızı, dönüş hızı arttıkça artar. Akışkanın viskozitesinden bağımsız sabit bir akış vardır ve bir dakikada bir santimetre küpü (cc/dak) aspire ederek daha kararlı bir çalışma ortamı oluşturur.⁴ Bununla birlikte, esnek hortumun döner sıkıştırmasından dolayı hafif akış dalgalanmaları meydana gelebilir. (Şekil 1) Peristaltik akım, periferde çalışırken, hareketli retinada vitreusu uzaklaştırırken, membran temizliği gibi retinaya yakın çalışırken tercih edilir. Daha güvenli ve hassastır, iyatrojenik yırtık riski daha azdır.



Şekil 1: Peristaltik ve venturi pompa çalışma prensiplerini gösteren şema.

Venturi pompa: Vakum temellidir. Yüksek basınçlı gaz dalaran yerde girdap etkisi ile vakum oluşturur.⁴ (Şekil 1) Yüksek vakum elde edilebilmesi için rijit kaset gerekliliği vardır. Peristaltik pompaya göre vakum hızla oluşur ve vakum yükselme zamanı (VRT: Vacuum Rise Time) çok kısadır. VRT'nin kısa olması cerrahiyi hızlandırır ancak cerrahın işlemi durdurması için, yani frene basmak için gerekli olan süre kısadır. Aspirasyon debisi sabit değildir, vakumla birlikte kendiliğinden değişir ve bağımsız olarak ayarlanamaz. Aspirasyon hızı materyale göre değişir, materyalin viskozitesine bağlıdır. Vitreus daha yavaş aspire edilirken, sıvı ile karşılaşıldığında, akış hızla artabilir ve iyatrojenik retina yırtıklarına yol açabilir. Yapılan bir çalışmaya

göre venturi pompa kullanan cihazlarla uygulanan regmatojen retina dekolmanı ameliyatlarında başarı oranı anlamlı oranda düşük bulunmuştur.⁵ Venturi pompa, daha hızlı çalışmak istendiğinde, santral vitrektomi, posterior hyaloid ayrılması, boya/triamsinolon temizlenmesi, silikon çıkarılması gibi retinadan uzakta çalışılırken tercih edilir. Peristaltik ve venturi pompa arasındaki farklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Peristaltik ve venturi pompa arasındaki farklar.

Peristaltik pompa	Venturi pompa
Akım temelli	Vakum temelli
Vakum, akım ve yükselme zamanı ayırdır	Vakum sürekli gerçekleşir
Akım oklüzyon olana kadar sabittir	Akım vakuma göre değişir
Vakum daha az etkili	Daha etkili vakum
Vakum tip oklüzyonu ile başlar	Vakum tip oklüzyonundan bağımsız oluşur
Daha güvenli cerrahi	Artmış retinal yırtık riski
Yumuşak kasete drenaj	Rijit kasete drenaj

Hibrid sistem: Venturi ve peristaltik pompaların farklı avantajlarını bir arada kullanabilme isteği, yeni nesil cihazlarda her iki pompayı kullanabilme ve cerrahi esnasında pompalar arasında tek pedal hareketiyle geçiş yapabilmeyi sağlayan hibrid sistemlerin geliştirilmesine sebep olmuştur. VRC yaparken hangi pompanın seçileceği cerrahın tecrübesine ve yapılacak cerrahinin özelliklerine göre değişmektedir. Günümüzde vitreoretinal cerrahlar, her iki pompayı birlikte kullanabilmesi ile güvenli ve etkili cerrahi imkanı veren cihazları tercih etmektedir.

İnfüzyon ve Göz İçi Basınç Kontrolü

Mikroinsizyonel vitrektomi sistemlerindeki (MIVS) gelişmeler, vitreoretinal cerrahide (VRC) parametrelerin seçimini genişletmiştir. Bu cihazları verimli ve etkin kullanmak için cerrahların, sıvı dinamiğini iyi bilmesi çok önemlidir. Temel olarak göz içerisine giren ve çıkan sıvının belli bir dengede olması arzu edilen durumdur. Vitreusun uzaklaştırılma hızı, infüzyon basıncına, kullanılan pompaya göre değişen aspirasyon hızına, maksimal vakum değerine, vakum yükselme hızına, prob lumeni çapına, görev döngüsü ve oklüzyon durumuna göre değişir. Bu yazıda, prob tiplerine değinmeyip, sadece infüzyon sistemlerini, göz içi basıncı (GİB) kontrolünü sağlayan sistemler değerlendirilecektir.

MIVS, daha güvenli vitrektomiye olanak sağlamıştır ancak daha küçük enstrümantasyon, infüzyon kanülünün çapının azalmasına bağlı akış hızlarını ve verimliliği azaltmıştır. Bunun üstesinden gelmek için yeni cihazlarda, akış hızlarını algılayan, infüzyonu arttırarak (40-50 mmHg) basınç farkı oluşturan ve 400-700 mmHg gibi yüksek vakum gücüne

sahip sistemler geliştirilmiştir. Bu sayede, verimlilik ve hız artırılmıştır. MIVS'teki gelişmelere paralel olarak infüzyon sistemleri, geleneksel serum askısı şeklindeki sistemlerden sensörlerle GİB takibi yaparak +/- 2 mm Hg aralığında ideal GİB'i sağlayan sistemlere doğru yıllar içerisinde evrimleşip, gelişmiştir.⁶ Bu sayede GİB dalgalanmalarını en aza indirerek birçok cerrahi komplikasyonun önüne geçilmesi de mümkün olmuştur. Çünkü düşük GİB, koroidal kanamalara, glob kolasına bağlı istemeden retinal yaralanmalara yol açarken; aşırı yüksek GİB, özellikle diyabet ve glokom nedeniyle hassas olan gözlerde, okuler perfüzyonu daha fazla bozarak glokomatöz optik retinopatiye, retinal iskemiye ve ayrıca korneal ödeme sebep olarak cerrahiyi zorlaştırır.⁶ Cerrahin programladığı hedef GİB yerine, kişinin arteriyel nabız basıncını monitörize ederek ideal GİB'i sağlamak için gerekli infüzyon basıncını öneren yeni bir sistem de piyasada yerini almıştır.⁷

Geçmişten günümüze, infüzyon sistemlerini teknolojik olarak 3 farklı kategoride sınıflandırabiliriz.

Yer çekimine dayalı sistemler: Infüzyon şişesinin yüksekliği değiştirilerek göz içi basıncının ayarlandığı en eski sistemlerdir. Santimetre su cinsinden ölçülen infüzyon basıncı, gözün üzerindeki şişe yüksekliğine eşittir. Pratik olarak GİB (mmHg)=şişe yüksekliği(cm) x 0.74 şeklinde hesaplanır. Bu sistemde aspirasyonla göz içi basıncı değişimi ve hipotoni riski vardır. Port çaplarındaki değişimlerle infüzyon sıvısının akış hızı azaldığından istenen şişe yüksekliğinde değişimler olmuştur.⁸

Şişeye basınçlı hava gönderen sistemler: Serum şişesine konulan özel bir kanül ile konsoldan ayarlanan basınçta hava gönderilerek infüzyon basıncı ayarlanır. İstenildiğinde GİB'de hızlıca artış veya düşüş elde edilebilir. Bu yüzden, yer çekimine dayalı sistemlere göre basınç dalgalanması ve hipotoni riski daha azdır.

Digital göz içi basıncı kontrollü sistemler: Yüksek aspirasyon/vakum gerektiğinde infüzyon basıncını kompanse ederek göz içi basıncının ideal seviyede ayarlanmasını sağlarlar. Bu yüzden hipotoniye bağlı komplikasyonlar daha az görülür. Farklı cihazlarda farklı sistemler mevcuttur. Dutch ophtalmic research center (DORC, Zuidland, Netherlands) firmasının EVA modelinde Otomatik infüzyon telafisi (AIC), Constellation (Alcon. Laboratories, Inc., Fort Worth, TX) cihazında GİB Dengelemeli entegre basınçlı infüzyon ve R-evolution (Opticon, Italy) cihazından ise ANGel (Arterial Nerve Guard) sistemi bulunmaktadır.⁸⁻¹⁰

Yeni Nesil Vitrektomi Cihazlarındaki Pompa, Vakum, İnfüzyon ve Göz İçi Basınç Kontrol Sistemleri

Constellation: Venturi pompa kullanır, maksimum vakum 650 mm'Hg'dir. Vitrektomi, bir basınç gradyanı oluşturur, cihaz bunu algılar ve yüksek aspirasyon/vakum gerektiğinde, sistem infüzyon basıncını kompanse ederek GİB'i kontrol al-

tında tutar. İnfüzyon hattı, ideal olarak göz hizasına yerleştirilen konsol kasetine uğrar, burada sensörlerle basınç ölçülür ve gerekli düzeltmeler yapılarak GİB, +/- 2 mmHg aralığında sabit tutulur. Bu yüzden hipotoniye bağlı komplikasyonlar daha az görülür. Constellation Vision System's IOP control (IOPc) adı verilen basınç dengeleme sistemi sayesinde domuz gözleri ile yapılan bir çalışmada etkili bir göz içi basınç kontrolü sağlandığı görülmüştür.⁶

Eva Vacuflow VTI (Valve Timing Intelligence) Pompa:

Burada venturi ve peristaltik pompaların fonksiyonları tek bir cihazda birleştirilmiştir. Ventüriden gelen yüksek vakuma, kaset içindeki hızlı valvler ve sensörlerle elektronik basınç ayarlaması yapılır. Cerrahlar vakum veya akış (flow) modunu seçerek çalışabilir. Flow modunda, debi 0.1 ml/dk'ye kadar hassasiyetle kontrol edilir. Cerrah, porttan gelen akış hızını cc/dk'ya göre ayarladıktan sonra cihaz; vitreus, sıvı veya hava içinde olmasına bakmaksızın sabit akışı sürdürmek için vakum ve infüzyon gibi parametreleri otomatik olarak ayarlar. Kesicinin büyütülmüş iç boru açıklığı, boruda vakum oluşumu olmaksızın kesme hızından bağımsız sabit bir akış hızına izin verir. Bu, minimum türbülans ve doku üzerinde minimum traksiyon anlamına gelir. Akış modunda, daha yüksek kesici hızlarında diğer vitrektörlerle göre üç kata kadar daha hızlı aspirasyon, akış hızlarında daha kontrollü sıvı/doku uzaklaştırmak mümkün olur. Vakum modunda, geleneksel ventüri pompalarına göre 3 kata kadar hızlı vakum sağlar. 300 milisaniyede, 680 mmHg vakum üretir. EVA stabil bir cerrahi ortam oluşturmak için Otomatik İnfüzyon Kompanzasyonu (AIC) yoluyla havalandırılmalı gaz zorlamalı infüzyon(vented gas-forced infusion-VGFI) kullanır. Belirli bir GİB'te, vitrektörün aspirasyonu arttıkça AIC basınç ayarlarını kademeli olarak yükseltir. Yüksek vakumlu vitrektomi sırasında AIC, ayar noktasının üzerinde bir şişe basıncı oluşturur, böylece gözden çıkarılan sıvının hacmi göze akan sıvının hacmini geçmez. Aspirasyon sona erdiğinde, şişe basıncı otomatik olarak GİB'i tekrar ayar noktasına düşürür. AIC, globun çıkmasını önler ve dokunmatik ekrandan veya ayak pedalından ayarlanabilir. Düşük oküler perfüzyon basıncı olan hastalar için, AIC kontrolünün üst sınırını santral retinal arterin nabızı düzelene kadar azaltılır.¹⁰

MegaTRON (Geuder, Heidelberg, Germany): Maksimum 600 mmHg vakum sağlar. Hybrid dual vakum pompası kullanır. Peristaltik mod, peristaltik pompa ile ventüri pompa simülasyonu yapan ventüri effect mod ve ventüri mod olmak üzere 3 ayrı modu ile cerraha kolaylık sağlamaktadır.⁸

OS4 Oertli(Oertli Instrumente AG, Berneck, Switzerland): Maksimum 650mm Hg vakum ve 50 ml/min aspirasyon sağlar. Sistem, peristaltik ve venturi pompaları ve SPEEP adı verilen modu içerir. Cerrahi sırasında iki pompa ayak pedalıyla ko-

layca değiştirilebilir. Venturi pompa, merkezi vitreusu çıkarmak için maksimum vakumda kullanılabilirken, peristaltik pompa periferik vitrektomi için kullanılır. SPEEP modunda, akış ve vakum için maksimum değerler bağımsız olarak ayarlanabilir. SPEEP modu peristaltik pompaya benzer, akış önceden belirlenmiş bir sınır içinde tutulurken vakum cerrah tarafından kontrol edilir. Bu, kontrollü tutma gücü, yüksek verimlilik ve optimum akış ile sonuçlanır ve dolayısıyla vitrektomi sırasında oldukça hassas çalışma sağlar. SPEEP modunda akış kontrolü çok iyi olduğu için dekolle retina varlığında vitrektomi yaparken tercih edilir, dekolle retinaya çok yaklaşp vitreus güvenle tıraş edilebilir.¹¹

R-evolution: 700 mmHg maksimum vakuma sahiptir. Dual pompa sistemi, hem peristaltik hem ventüri pompa kullanır. ANGel (Arterial Nerve Guard) sistemi hastanın sistemik arteriyel basıncını monitörize ederek, oküler perfüzyon basıncı için ideal infüzyon basıncını önerir (Ort. Oküler perfüzyon P= Ort. Arteriyel P-GİB).⁷

Stellaris Elite (Bausch&Lomb, New Jersey, USA): 600 mm Hg maksimum vakuma erişen ventüri pompa kullanır. Free Flow vitrektomi sistemini kullanır. Klasik infüzyon hatlarında, infüzyon hattı kanülün içine yerleştirildiğinde akış azalır, bunu önlemek için FreeFlow'da infüzyon hattı sklerotomi kanülünün üzerine oturur. Bu daha az direnç daha iyi akış ve daha stabil GİB sağlar.¹²

Sonuç

Günümüzde vitrektomi cihazlarında gelişen teknoloji ile birlikte pompa, vakum, infüzyon ve göz içi basınç kontrollünün daha etkili olması ile cerrahi stres azalmıştır. Her vitrektomi cihazının kendine özel avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, vitreoretinal cerrahın cihazların çalışma prensiplerini bilmesi, rahat çalışabileceği cihazı bulması açısından önemlidir.

Finansal İlti Beyanı

Bu yazıda geçen ürünler ve firmalarla finansal iltimiz yoktur.

Kaynaklar

1. Machemer R, Buettner H, Norton EW, Parel JM. Vitrectomy: a pars plana approach. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1971;75(4):813-820.
2. Comaratta M, Hariprasad SM, Reddy R. The Evolution of Vitreoretinal Surgery Platforms. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2017;48(7):532-538.
3. Charles S. The history of vitrectomy: innovation and evolution. *Retina Today.* 2008;27 9.
4. Munson BR, Young DF, Okiishi TH. Fundamentals of Fluid Mechanics. 3rd ed. New York, NY: John Wiley & Sons; 2003
5. Michalewska Z, Ducournau D, Adelman RA; EVRS RD Study Group. How do vitrectomy parameters influence the results of rhegmatogenous retinal detachments repair? EVRS RD Study No. 3. *Acta Ophthalmol.* 2014;92(5):e416-e417.
6. Falabella P, Stefanini FR, Lue JC, et al. Intraocular pressure changes during vitrectomy using Constellation vision system's intraocular pressure control failure. *Retina.* 2016; 36(7):1275-1280.
7. <https://www.optikon.it/index/products/1/en/>
8. Steel DH, Charles S. Vitrectomy fluidics. *Ophthalmologica.* 2011;226:27-35.
9. Rossi T, Querzoli G, Angelini G, et al. Introducing new vitreous cutter blade shapes: a fluid dynamics study. *Retina.* 2014; 34 (9):1896-1904.
10. Rossi T, Querzoli G, Angelini G, et al. Fluid dynamics of vitrectomy probes. *Retina.* 2014; 34(3): 558-67.
11. Lin, X., Apple, D., Hu, J., & Tewari, A. Advancements of vitreoretinal surgical machines. *Current Opinion in Ophthalmology,* 2017;28(3), 242-245.
12. <https://doreglobal.com/eva-nexus>
13. <https://www.oertli-instruments.com/en-us/surgical-platforms/catarhex-3>
14. <https://www.bauschsurgical.com/cataract/stellaris-elite>



Doç. Dr. Muhammed Nurullah BULUT

1984 Cizre doğumluyum. Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesinden 2008 yılında mezun olduktan sonra 2009-2013 yılları arasında Kartal Eğitim Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniğinde asistanlık eğitimimi tamamladım. 2013 -2017 yılları arasında Kartal Eğitim Araştırma Hastanesi Medikal Retina ve Vitreoretinal Cerrahi biriminde Uzman Doktor olarak çalıştım. 2011 yılında Almanya'da Oküler Elektrofizyoloji eğitimi, 2014 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde (University of Chicago) Vitreoretinal Cerrahi gözlemcisi olarak bulundum. 2017-2022 yılları arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Eğitim Araştırma Hastanesinde Dr. Öğr. Üyesi olarak çalıştım. 2022 yılı Mayıs ayı itibariyle Doçentlik ünvanını alarak çalışmalarına devam etmekteyim.