

# Güncel Modern Fakoemülsifikasyon Cihazları ve Yenilikler

## Actual Modern Phacoemulsification Machines and Innovations

*Kemal TEKİN<sup>1</sup>, Mehmet ÇITIRIK<sup>2</sup>, Merve İNANÇ<sup>1</sup>, Selda ÇELİK<sup>1</sup>*

### ÖZ

İlk kez 1967 yılında Charles D. Kelman tarafından ultrasonik fakoemülsifikasyon cerrahisi yönteminin tanımlanmasından sonra fakoemülsifikasyon tekniklerinde ve cihazlarında geliştirilme sürecine girilmiştir. Özellikle son dekadlarda teknoloji ve teknikte sağlanan bu gelişmeler operasyon sırasında dokuya en az hasar üzerinde odaklanmaktadır. Fakoemülsifikasyon cihazlarında ve ekipmanlarında sağlanan son gelişmeler ve yenilikler sayesinde komplikasyon oranını en aza indirmeyi ve iyileşme sürecini hızlandırmayı amaçlayan daha güvenli ve etkin cerrahiler gerçekleştirilebilmektedir. Bu yazıda güncel modern fakoemülsifikasyon cihazları ve yeniliklerden bahsedilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Güncel fakoemülsifikasyon cihazları, fakoemülsifikasyon, yenilikler.

### ABSTRACT

After the definition of ultrasonic phacoemulsification for the first time in 1967 by Charles D. Kelman, the process of developing techniques and machines has begun. In the last decades, improvements in technology and technique focus on the least damage to the tissue during operation. Safer and more effective surgeries which aim to minimize the complication rate and speed up the healing process can be performed with the latest developments and innovations in machines and equipment of phacoemulsification. In this article, modern phacoemulsification machines and innovations will be presented.

**Key Words:** Actual phacoemulsification machines, innovations, phacoemulsification.

- 1- M.D. Asistant, Ulucanlar Eye Training and Research Hospital, Ankara/TURKEY  
TEKİN K., ktekin@hotmail.com  
İNANÇ M., merinanc@gmail.com  
ÇELİK S., selcelik@yahoo.com
- 2- M.D. Associate Professor, Ulucanlar Eye Training and Research Hospital, Ankara/TURKEY  
ÇITIRIK M., mcitirik@hotmail.com

**Geliş Tarihi - Received:** 12.10.2015  
**Kabul Tarihi - Accepted:** 27.11.2015  
**Glo-Kat 2016;11:1-12**

**Yazışma Adresi / Correspondence Adress:** M.D. Associate Professor,  
Mehmet ÇITIRIK  
Ulucanlar Eye Training and Research Hospital, Ankara/TURKEY

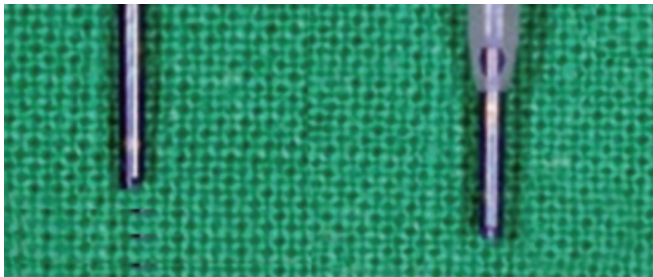
**Phone:** +90 312 362 32 22  
**E-mail:** mcitirik@hotmail.com

## GİRİŞ

Günümüzde teknik ve teknolojiye gelişmelerle birlikte fakoemülsifikasyon cerrahisinin daha hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine imkân tanıyan gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. Fakoemülsifikasyon cihazı üreten firmalarda araştırma ve geliştirme uğraşları sürekli devam etmektedir. Bunun sonucunda üstün özellikler taşıyan, oldukça donanımlı ve ergonomik cihazlar ve ekipmanlar geliştirilmiş ve satışa sunulmuştur. Alcon Ozil teknolojisi ile torsiyonel fakoemülsifikasyon yapan Infiniti cihazından sonra ek özellikler taşıyan Centurion sistemini kullanıma sunmuştur. Yine Amerika menşeli bir firma olan Abbotts Medical Optics (AMO), transvers fakoemülsifikasyon yapabilen Sovereign Compact ve Whitestar Signature fakoemülsifikasyon cihazlarındaki yenilikler ile pazarda önemli bir alternatif haline gelmiştir. Ülkemizde pazarda yer tutan diğer önemli cihazlar Bausch&Lomb Stellaris ve VSY R-Evolution fakoemülsifikasyon cihazlarıdır. Ayrıca ergonomik tasarımı ve taşınabilir özelliği ile Oertli CataRhex3 cihazı modern fakoemülsifikasyon cihazları arasında yerini almıştır. Birbirine çeşitli üstünlükleri olan bu modern cihazlar ve ekipmanları ile stabil bir ön kamara sağlanarak daha düşük ultrason enerjisi ile emülsifikasyon için kullanılan enerjinin verimliliği artırılmış, cerrahi sırasında doku ve endotel hasarı, ani ön kamara silinmesi (surge) ve iris, arka kapsül yakalanması riski en aza indirilmeye çalışılmıştır. Bu cihazlardan bahsetmeden önce güncel modern fakoemülsifikasyon cihazlarında ve ekipmanlarında geliştirilen önemli değişikliklerden bahsetmek gerekir.

### 1. Küçük İnsizyonlu Kesiler ve Mikroinsizyonel Cerrahi

Standart fakoemülsifikasyon cerrahisi (koaksiyel) fako probunun ucunda bulunan tipin çapı 1 mm olmasına rağmen etrafında bulunan silikon kılıfın çapı nedeniyle (Resim 1) 2.8-3.2 mm genişlikteki insizyonlardan gerçekleştirilmektedir.<sup>1</sup> Bu rölatif olarak büyük olan insizyon alanı ön kamara dalgalanması, postoperatif astigmatizma, yara yeri sızdırması ve postoperatif endoftalmi gibi riskleri taşıyacak kadar büyüktür.



Resim 1: Fako probu ucu.

Mikroinsizyonel katarakt cerrahisi (MICS) ile fako tipinin ucunda bulunan iğnenin atılmasıyla insizyon alanı 1 mm'ye kadar indirilebilmiş (Resim 1) ve bu sayede postoperatif astigmatizma, yara yeri sızdırması ve endoftalmi riskleri azaltılmaya çalışılmıştır.<sup>2</sup> Son yıllarda bu küçük kesilerden implante edilebilen göz içi lenslerin de üretilmesiyle mikroinsizyonel cerrahiye ilgi artmıştır. Bimanuel MICS'te dikkat çeken bir diğer özellik 'infüzyon' ve 'fakoemülsifikasyon-aspirasyon' işlevlerinin iki ayrı enstrümanla ayrılmış olmasıdır. Fakoemülsifikasyon-aspirasyon işlevi özel fako elciğinin ucunda bulunan kılıf içermeyen çıplak fako tipi ile gerçekleştirilirken; infüzyon, irrigasyon chopper denilen içeri sıvı akışından ve nükleusun manipülasyonundan sorumlu olan ikinci bir enstrüman ile sağlanır.<sup>2,3</sup> Kılıfsız biaksiyel fakoemülsifikasyonda bir diğer önemli nokta termal hasarın önlenmesidir. Bu amaçla soğutulmuş (+4 derece) dengeli tuz solüsyonları (BSS) kullanılabilir. Bunun yanı sıra fako tipinin dış yüzeyinde çok küçük olukların bulunduğu mikroflow fako uçları geliştirilmiştir (Resim 2). Ayrıca fako tipinin aşırı ısınmasını engelleyen ve soğumasına imkân veren özel fakoemülsifikasyon modları geliştirilmiştir. Hiperpulse veya mikroburst modlarında kullanılan ultrason enerjisi, milisaniyelik aktif (on) dönemler ve milisaniyelik inaktif (off) dinlenme dönemleri ile ayrılmıştır.<sup>4</sup> AMO firmasının öncülük ettiği bu ileri yazılımlar günümüzde modern fakoemülsifikasyon cihazlarında bulunmaktadır.

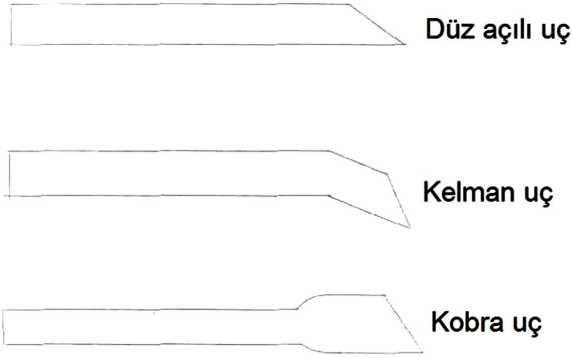
### 2. Kesme Gücü Artırılmış Fako Tipleri

Klasik düz uçlardan farklı olarak uçları bükülmüş (Kelman tipi) ve çan şeklinde (Kobra tip) tasarlanmış özel fako tipleri ile aspirasyonun oluşturduğu lümenin çapı değiştirilmeden sadece ultrasonik gücün oluşturduğu akustik dalganın lense temas ettiği yüzey alanı artırılarak kesme gücü artırılabilmiştir. (Resim 3). Modern fakoemülsifikasyon cihazlarında cerrahin isteğine bağlı olarak fako elciğine entegre edilebilen Kelman tarafından geliştirilmiş, günümüzde sıklıkla tercih edilen ucu bükülmüş ve eğimi 30 ve 45 derece olabilen Kelman uçlarda fakoemülsifikasyon sırasında nükleusa minimal temasla nükleusta belli bir itme oluşturmadan kesme ve oluk açma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.<sup>5</sup>



Resim 2: Mikroflow fako ucu.

Nükleusla minimal temas ve minimal itme özelliği bulunan bu tipler özellikle sert nükleuslarda ve zonüler zayıflığı olan olgularda avantaj sağlamaktadır. Diğer yandan standart olarak kullanılmakta olan iğnelerde uç kalınlığı tüm iğne boyunca aynı iken; son zamanlarda geliştirilen Kobra tipi iğnelerde uç kısım bir çan şeklinde genişletilerek daha fazla miktarda ve güçlü akustik dalga yayabilecek hale dönüştürülmüştür. Ayrıca Kobra tipi iğnenin ucu Kelman tipi iğnelerdeki gibi bükülerek yeni bir iğne geliştirilmiş olup (Sidewinder tip) nükleusun hiç oluk açılmadan ve yarma yapılmadan kırılması sağlanmıştır.<sup>6</sup> Ucu çan şeklinde geniş ve bükülmüş bu tip ile çok daha etkili oyma ve kesme gücü hedeflenmektedir. Bu tipe torsiyonel fakonun etkinliğini arttırmak için her iki uç özel olarak keskinleştirilmiştir (Resim 3).



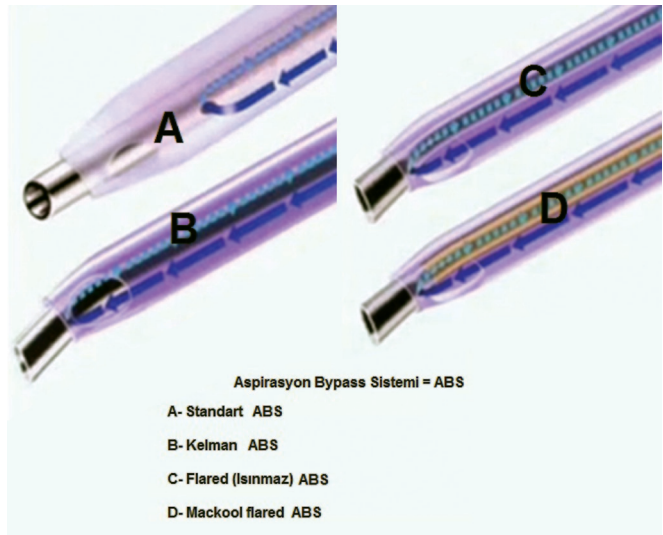
Resim 3: Fako ucu kesitleri.

Hida ve ark.,<sup>6</sup> 45°, 30° ve Sidewinder tiplerin torsiyonel fakoemülsifikasyonda ultrason enerjisini azalttığını, etkin ve güvenli olduğunu göstermişlerdir. Çalışmada 45°'lik Kelman tipin en efektif olduğu, en az ultrason enerjisi kullandığı gösterilmiş olsa da her üç tip kullanılarak yapılan cerrahilerde final görme keskinliği ve iyileşme süreci açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Ayrıca Steven Dewey tarafından dizayn edilmiş özel yuvarlatılmış fako tipleri ile kavitasyonel enerji maksimize edilirken arka kapsül yakalanması riski minimize edilmiştir. Arka kapsülün yakalanma durumunda bile yırtılma ihtimalinin zayıf olduğu iddia edilen bu yuvarlatılmış tipler de fakoemülsifikasyon cerrahisinde kullanılmaya başlanmıştır.<sup>7</sup> Fako tiplerinde bir diğer yenilik AMO tarafından kullanılan Ozil elciğine alternatif olarak geliştirilmiş longitudinal ve transvers salınım hareketi ile etkili bir kesi yapan Ellips fx elciği de güncel cihazlarda yerini almıştır.<sup>8</sup> Ayrıca torsiyonel ultrason için Kelman benzeri eğimli tipler gerekirken; transvers ultrasonda yani Ellips fx elciğinde düz ve kıvrımlı uçlar kullanılabilir.

### 3. Isı Üretimi Azaltılmış Fako Tipleri

Termal hasarı ve fako yanıklarını azaltmak için geliştirilmiş bu özel iğnelerden bazıları modern fakoemülsifikasyon cihazlarında kullanılmaktadır. Mackool<sup>9</sup> tarafından geliştirilen çift kılıflı mikroseal fako tipinin lümen kesit alanı standart tiplere göre yaklaşık %40 küçültülmüş olup; bu tipin etrafını poliamid yapısında bir

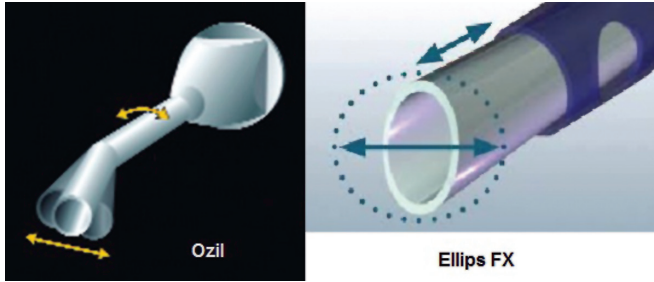
kılıf kaplamakta, onun da etrafında standart bir silikon kılıf bulunmaktadır (Resim 4). Barrett<sup>10</sup> tarafından tasarlanan ve fako tipi ile etrafındaki silikon kılıf arasında parmak şekilde çıkıntılar bulunduran özel fako tipi de bu gruptadır. Standart fako tiplerinde titanyum uç etrafına geçirilen silikon kılıf yumuşak ve deforme olabilen bir yapıda olduğu için yara dudakları arasında sıkışabilmekte ve iğne ile kılıf tümüyle birbirine yapışarak iğne etrafından geçmesi gereken irrigasyon sıvı akımı kesilebilmektedir. Mikroflow fako tipinde bulunan çıkıntılar sayesinde ucun yara dudakları arasında sıkışma durumunda dahi irrigasyon sıvısı titanyum uç ile silikon kılıf arasından geçebilmekte ve uç soğutulmuş termal hasar riski azaltılabilmektedir (Resim 4). Bu amaçla kullanılabilen diğer bir özel tip olan Quadroflow fako tipleri kesit alanı kare şeklinde olan tasarımları ile fako ucunun yara dudakları arasında sıkışması durumunda titanyum uç ile silikon kılıf arasında irrigasyon akımının kesilmemesi ve ısı yalıtımının devam ettirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Karbonla kaplanmış ısınmaz (flared) iğneler de bu amaçla geliştirilmiştir.<sup>11</sup> Bu grupta en çok tercih edilen ve modern fakoemülsifikasyon cihazlarında kullanılan tip ise Alcon tarafından geliştirilmiş Aspirasyon Bypass Sistemi (ABS) içeren özel fako tipleridir.<sup>12</sup> Fakoemülsifikasyon cerrahisinde termal hasar en çok fako tipi nükleusla tamamen kapalı iken ayak pedalının 3. kademedeki olduğu sırada meydana gelmektedir. Çünkü fako tipinin soğutulmasında fako tipi ile silikon kılıf arasından gelen irrigasyon sıvısının yanı sıra iğne lümeninden aspire edilen ön kamara sıvısı da rol oynamaktadır. Alcon firması fako tipinin ucundan yaklaşık 3 mm geride 0.175 mm'lik bir delik içeren fako tipleri tasarlamıştır. Bu delik sayesinde fako tipi ile silikon kılıf arasından gelen irrigasyon sıvısı, aspire edileceği uç tam tıkalı ise; ana aspirasyon hattını bypass ederek bu delikten iğnenin lümenine geçmekte ve aspire edilmektedir. Böylece oklüzyon esnasında bile tip içine sıvı akımı devam etmektedir (Resim 4). Bu akım hem termal hasar riskini azaltmakta hem de ani ön kamara çökmesine (surge) karşı koruyucu bir mekanizma oluşturmaktadır.<sup>12,13</sup>



Resim 4: Fako tipleri.

#### 4. Ultrason Enerjisinin Etkinliğini Artıran Teknolojiler

Konvansiyonel fakoemülsifikasyonda longitudinal olarak fako tipinin ileri-geri hareketi sırasında nükleusta bir itiş etkisi oluşmakta; bu etki de ultrason enerjisinin verimli kullanımını azaltmaktadır. Gereğinden fazla kullanılan ultrason enerjisi insizyon yerinde termal hasara ve korneada endotel hücre hasarına neden olarak ameliyat sonrası yara yeri sızdırması, irregüler astigmatizma, ciddi kornea ödemi gibi komplikasyonlara zemin hazırlamaktadır.<sup>14</sup> Bu olumsuz etkiyi azaltmak ve ultrason enerjisini daha efektif kullanmak için standart ileri geri hareketten farklı hareket tarzı oluşturan teknolojiler geliştirilmiştir. Alcon firması tarafından geliştirilen Ozil teknolojisi ve AMO tarafından Ellips FX teknolojisi daha az ultrason enerjisi kullanarak emülsifikasyon sağlamayı amaçlamaktadır. Ozil torsiyonel elciğinde konvansiyonel fakodan üstün olarak hem longitudinal hem torsiyonel hareket mevcuttur.<sup>15</sup> Longitudinal fakoemülsifikasyon sırasında tipin ileri hareketi nükleusu parçalarken, geri hareket esnasında ısı ve enerji üretilmesine rağmen emülsifikasyon olmamaktadır; yani geri hareket pasiftir. Torsiyonel fakoda ise yatay salınımlı özel hareket şekli döngünün her iki fazında da sağa-sola salınım hareketi ile nükleusu emülsifiye etmektedir; yani her iki faz da aktiftir.<sup>16,17</sup> Ayrıca torsiyonel fakoda fakoemülsifikasyon sırasında nükleusta itiş etkisi oluşturulmadığı için nükleus daha iyi takip edilebilmektedir (Resim 5).



**Resim 5:** Fako'da ozil ve Ellips FX teknolojileri.

Özellikle orta ve sert nükleuslarda, torsiyonel modun longitudinal fako cerrahisine göre daha az enerji açığa çıkaran ve daha etkin bir metot olduğu gösterilmiştir.<sup>18</sup> Benzer şekilde AMO tarafından geliştirilen Ellips fx teknolojisinde konvansiyonel fakodan üstün olarak hem longitudinal hem transvers hareket mevcuttur (Resim 5).<sup>8,19</sup> Ellips fx modu ile torsiyonel ultrason (100% amplitud) enerjisinin karşılaştırıldığı bir laboratuvar çalışmasında birinci saniyedeki ısı artışı Ellips fx grubunda 3.5°C; torsiyonel grupta ise 9.9°C olarak ölçülmüştür.<sup>20</sup> Assaf ve ark.,<sup>21</sup> Ellips fx modunu ve torsiyonel ultrason modunu karşılaştırdıkları 159 hastalık klinik çalışmada gruplar arasında fark olmadığını; her iki metodun da minimal korneal endotelial değişiklikler oluşturan oldukça güvenli yöntemler olduğunu savunmuşlardır. Ayrıca AMO cihazlarında geliştirilen yazılımlar bizlere aynı platform üzerinde iki farklı sistemi kullanmamıza olanak sağlamıştır.

Bunlar ICE (Increased Control and Efficiency) ve CASE (Chamber Stabilization Environment) sistemleridir.<sup>22</sup> ICE sistemi, arttırılmış kontrol ve verimlilik kelimelerinin baş harflerini temsil etmektedir. CASE sistemi ise ön kamara stabilitesini sağlayan çevre kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. CASE Yüksek aspirasyon ve vakum değerlerinde tamamıyla emniyetli bir çalışma olanağı sunar. Oklüzyon kırılmalarını önceden sezinleyip, faal olarak göz içindeki vakumu ayarlar. ICE sisteminin getirdiği iki yenilik bulunmaktadır. Birincisi tepme güç artışıdır. Genlik toplam gücün %1 ile %12'si arasında ayarlanır. Programlanmış güç aralığında arttırılabilir, azaltılabilir veya sabit tutulabilir. Oklüzyonlu ve oklüzyonsuz ayarlarda bağımsız ayarlanabilir. Tepme ile fiziksel olarak nükleus fako iğnesinden ayrılır. Tıkanmış iğne ile nükleus arasında mikro düzeyde boşluk oluşur. Bu boşluklara sıvı girişi gerçekleşir. Sıvı ultrason gücüyle etkinleşerek kavitasyonlu parçalamayı hızlandırır. Sadece ICE sisteminin kullanımı ile ultrason gücünün etkinliğinin arttığı gösterilmiştir. İkincisi ise çalışma döngülerinin kişiselleştirmesinde sağladığı esnekliktir. Açık ve kapalı süreler birbirinden bağımsız olarak 2 ve 3 milisaniyeden başlayan 28 milisaniyeye kadar uzayabilen sürelerde, 1 milisaniyelik aralıklarla ayarlanabilir. Bu esneklik pulse şekillendirmesinde cerraha birçok farklı seçenek sunmaktadır.

#### 5. Ani Ön Kamara Kollapsının Önlenmesi

Ani ön kamara silinmesi (surge) operasyon sırasında ciddi komplikasyonlara neden olabilen bir durumdur. Ayak pedali 2. veya 3. kademedeyken fako tipinin ucu aspire edilen materyal ile tam olarak oklüde olduğunda, sıvı akımı geçici olarak durur ve aspirasyon hatında yüksek bir negatif basınç oluşur. Oklüzyon ortadan kalktığında bu negatif basınç aspire edilen sıvıda kontrol edilemeyen bir artışa neden olur, ön kamarada ani bir kollaps oluşur ve arka kapsül, iris veya kornea endoteli fako tipiyle temas edip hasar görebilir.<sup>23</sup> Günümüzde modern fakoemülsifikasyon cihazlarında bazı önlemler alınarak surge riski en aza indirilmeye çalışılmıştır. En sık kullanılan ve en pratik önlem surge oluşumunu engelleyecek daha küçük çapa sahip ve sert aspirasyon borularının kullanılmasıdır. Pek çok firma bunu uygulamaktadır. Ancak bunun da pratik bir sınırı mevcuttur, çünkü klinikte en sık kullanılan peristaltik pompalarda pompanın etkili bir biçimde çalışabilmesi için aspirasyon borusunun pompa tarafından sıkıştırılması ve içindeki sıvının sağılması gereklidir. Bu nedenle çok sert aspirasyon boruları kullanılamamaktadır. Surge gelişimini engelleyen bir diğer yöntem ise Alcon tarafından geliştirilmiş ve bugün birçok fakoemülsifikasyon cihazında kullanılan irrigasyon şişesine hava pompalayan otomatik hava pompası sistemidir.<sup>24</sup> Surge oluşumunu engellemek için oklüzyonun açılma anını saptayan algılayıcılar geliştirilmiş ve bunlar çok hızlı çalışan mikroişlemcilerle bağlanarak pompa çalışma hızı ayarlanmaya çalışılmıştır.

Ayrıca "AMO-Sovereign" isimli aygıtın fako elciğinin ucunda bulunan basınç algılayıcı sistem ön kamara basıncını saniyede 50 kez ölçmektedir.<sup>25</sup> Eğer basınçta ani bir düşüş saptanırsa bu basınç algılayıcıya bağlı mikroişlemciler vasıtasıyla pompaya müdahale edilmekte ve otomatik olarak akım hızı ve vakum ayarlanmaktadır. Daha önce bahsedilen Alcon tarafından geliştirilmiş Aspirasyon Bypass Sistemi (ABS) içeren özel fako tipleri de oklüzyon sırasında irrigasyonu devam ettirerek surge oluşumunu önlemektedir. Burada diğer bir önemli yenilik biaksiyel fako cerrahisi için geliştirilen dışa akıma direnç oluşturan bir yardımcı fako elciğinin aspirasyon çıkışına takılmasıyla gerçekleştirilen Cruise Control sistemidir.<sup>25,26</sup> Bu sistem aslında 0,3 mm çaplı lümeni olan bir akım sınırlayıcıdır. 50 ml/dk ve altında akım hızlarında sınırlayıcı etki göstermezken, 60 ml/dk üstünde istenmeyen akımı sınırlamaktadır. İçindeki mikroporlar içeren ağ tarzı filtrede nükleer materyal tutulur, aspirasyon tüpünün daha ileri noktalarına ulaşip ön kamara kollapsına neden olmaz. Ayrıca sıvı geçişine de 0,3 mm'lik bir açıklıktan izin verir. Sıvının böyle ince şafttan geçmesi tutma özelliklerini de artırır. Bu prensibi destekleyen Alcon ısınmaz (flared) fako uçlarında da geniş ağız ve daralan çap nedeniyle materyal tutma özelliği fazlaştırılırken, ön kamarada kollaps olma ihtimali de o oranda azaltılmaktadır.<sup>7,11</sup> Ancak bütün bu teknik ve aygıtla bağlı önlemlere karşın, yine de surge olayını önlemek büyük ölçüde cerraha ve kullandığı parametrelerin ayarlanmasına bağlıdır. Dikkatli cerrah, surge olayının oluşmaya başladığını fark eder etmez irrigasyon şişe yüksekliğini arttırıp vakum sınırını ve/veya aspirasyon akım hızını azaltarak tehlikeli miktarlarda surge oluşmasını önleyebilir.

## 6. Femtosaniye Lazer Yardımlı Cerrahi

Katarakt cerrahisinde ultrason enerjisi yerine lazer kullanımına yönelik araştırmalar 1970'li yıllara uzanmaktadır. Bu amaçlarla denenmiş olan lazer enerjileri; Nd:YAG-1064 nm, Nd:YLF-1047 nm, Nd:YLF-1053 nm, Er:YAG-2940 nm ve ultraviyole dalgalarından 193 nm, 248 nm, 308 nm ve 351 nm dalga boylarıdır.<sup>27-29</sup> Refraktif cerrahide sıkça kullanılan femtosaniye lazer sistemi birbirine çok yakın odaklanan lazer enerjisinin plazma ve kavitasyon baloncukları oluşturduktan sonra, bunların genişlemesi ile kesici bir etki oluşturması ve dokuyu ayırması özelliğine dayanmaktadır.<sup>30,31</sup> Femtosaniye lazer çok kısa atış süresine sahiptir ve dalga boyu kızıl ötesine yakın olduğu için optik olarak saydam doku tarafından absorbe edilmez, istenilen derinlikteki göz dokularında odaklanabilir. Femtosaniye lazer teknolojisinin katarakt cerrahisindeki önemi, bu lazer boyutunun çevre dokulara zarar vermemesi, kornea, iris ve arka kapsül gibi oküler dokuların korunmasını sağlamasıdır.<sup>32</sup> Femtosaniye yardımcı katarakt cerrahisinin konvansiyonel fakoyla kıyaslandığında postoperatif inflamasyonun ve korneal ödemin daha az oluştuğunu, daha hızlı görsel rehabilitasyon

sağladığını ve intraoperatif ve postoperatif komplikasyon riskini azalttığını gösteren çalışmaların yanı sıra standart fakoemülsifikasyona hiçbir avantajı olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur.<sup>33-34</sup> Femtosaniye yardımcı katarakt cerrahisi ile günümüzde korneal insizyon, kapsüloreksis uygulanması ve optik koherens tomografi yardımcılığında nükleusun kırılması işlemi uygulanabiliyor iken lens materyalinin aspirasyonu ile korteks aspirasyonu için standart fakoemülsifikasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Şu anda kullanımda ve geliştirilme aşamasında olan femtosaniye lazerler LensAR Sistem, LenSx sistem, Catalys Precision Laser sistemi ve Customlens sistemidir.

Modern fakoemülsifikasyon cihazlarının sağladığı bu avantajlar ve getirdiği yenilikler bu cihazlara ilgiyi arttırmıştır. Bu gelişmiş cihazlar daha güvenli ve daha hızlı fakoemülsifikasyon gerçekleştirilmesine imkân vermektedir. Günümüzde göz cerrahları tarafından ülkemizde de kullanılan ve piyasada mevcut olan beş ana fakoemülsifikasyon cihazının sahip olduğu özellikler tablo'da gösterilmektedir.

## 1. Alcon Infiniti ve Centurion Fakoemülsifikasyon Sistemi

Amerika menşeli firma fakoemülsifikasyon cihazlarında pazar lideri pozisyonunu devam ettirmektedir. Ozil teknolojisine sahip Infiniti cihazından sonra son birkaç yıldır ülkemizde satışa sunduğu Centurion cihazı ile fakoemülsifikasyon cihazlarında önemli gelişmeler yaşandığını ortaya koymuştur. (Resim 6,7).

Infiniti® OZil® IP (Intelligent Phaco- Akıllı Fako) Dünyada hâlihazırda en çok kullanımda olan cihaz özelliğine sahiptir. OZil® torsiyonel elcik, sağa sola salınım hareketi ile kesim yapmak üzere dizayn edilmiş olup katarakt ameliyatı esnasında enerji dağıtımını optimize etmektedir.<sup>35</sup> Bu elciğin azalmış geri tepme özelliği ile oklüzyon daha kolay yapılmakta, lens materyali fakoemülsifikasyon için ideal kesim düzleminde tutularak ekstraksiyon kolaylaştırılmakta ve parçaların uca doğru ve ucun içinden geçişi kolaylaştırılarak izlenebilirliği daha da arttırılmaktadır. Bu durumda lens materyalinin emülsifikasyonu daha kısa sürmekte ve irrigasyon sıvısı kullanımına olan ihtiyaç azalmaktadır.<sup>36</sup> OZil® torsiyonel elcik geleneksel longitudinal ultrasona göre 10°C'ye kadar daha düşük ısı sunmakta ve daha yüksek bir termal koruma sağlamaktadır. Infiniti®'nin patentli ürünü olan Intrepid® Kaset Sistemi (Fluidic Management System, FMS) katarakt uygulaması esnasında dinamik akışkanlar yanıtı sunmaktadır. Bu sistem ile dokuların tipin ucuna doğru ve tipin içinden daha kesintisiz olarak akması sağlanmakta, ön kamara stabilitesi artırılmakta ve oklüzyon sonrası surge (dalgalanma) azaltılmaktadır. Infiniti cihazında bulunan özel irrigasyon basınç sensörü sayesinde vakumlu sensör kullanılarak, lens materyalinin anında tespit edilmesi ve yakalanması sağlanmaktadır. OZil® torsiyonel elcik ve Intrepid® Kaset Sistemi mikro-insizyon katarakt ekstraksiyonu için gerekli olan kontrolü de arttırmaktadır.<sup>35</sup>



**Resim 6:** Alcon Infiniti fakoemülsifikasyon sistemi.

Infiniti cihazında kullanılan peristaltik pompada devam eden araştırma geliştirme çalışmaları sonucunda Centurion cihazı dual peristaltik pompa ile karşımıza çıkmıştır.<sup>37</sup> Sistemin getirdiği yeniliklerle dual segment pompa teknolojisi ve 7 makaralı pompa mekanizması sayesinde pulsasyonları minimize eden, hızlı ve kararlı sıvı akışı ve vakum yükselmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca pompa sisteminin içerdiği rotasyonel valv mekanizması sıvı kaçağını azaltmak için geliştirilmiştir. Pompa sisteminin getirdiği bir diğer yenilik de küçük çap ve kalibreli olan ama buna rağmen fleksible olan aspirasyon tubing sistemidir.<sup>37</sup> Bu küçük çaplı fleksible sistem cerrahi sırasında gelişebilecek surge riskini sınırlamaya yönelik yüksek rezistans ve düşük kompliyans avantajı sağlamaktadır. Yine pompa sisteminin sahip olduğu basınç sensörleri irrigasyon basıncı ve aspirasyon vakum seviyelerini saptar ve cerrah tarafından önceden belirlenmiş hedef göz içi basıncı aralığını muhafaza etmeyi amaçlar. Infiniti cihazında da yer alan çift basınç sensörü hem irrigasyon hem de aspirasyon hattında basınç sensörlerine sahiptir. Cihazda ön kamara stabilitesini ameliyat boyunca istenilen değerde ayarlamayı sağlayan GİB kontrol sistemi vardır.



**Resim 7:** Alcon Centurion fakoemülsifikasyon sistemi.

Bu sayede göz içi basınç değeri cihazın ekranından görülebilmekte, ayak pedalının tüm aralıklarında ayarlanabilmekte (örneğin; göze girerken 30 mmHg, vakum sırasında 50 mmHg ve fako sırasında örn 45 mmHg olarak) ve fako cerrahisinin tüm aşamalarında istenildiğinde sabit, istenildiğinde ayak pedalına basınca lineer artan ya da lineer azalan olarak değiştirilebilmektedir. Centurion, çok düşük GİB değerlerinde stabil bir ön kamara sağlayabilmektedir. Bu durum da özellikle sublukse olgular, zonül problemi olan vakalar, vitrektomize gözler ya da yüksek GİB uygulanmaması gereken tüm vakalarda bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>37</sup> Centurion'da vakum 650 mmHg'ye ve akış hızı da 60 cc/dk 'ya kadar ayarlanabilmektedir. Hem vakum hem de aspirasyon değerleri istenildiğinde sabit, istenildiğinde ayak pedalına basınca lineer artan ya da lineer azalan olarak pedalın ikinci ve üçüncü kademelelerinde ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Böylece sistem her aşamada cerrahın ayarlarını aspirasyon ve vakum için korumaya çalışmaktadır. Ayrıca cihaz kendisine özel peristaltik sistemleri sayesinde oklüzyon olmadan yüksek aspirasyon değerlerinde 400-450 mmHg vakum değerine ulaşabilmektedir.

Centurion cihazının getirdiği bir diğer yenilik stabil bir ön kamarada hedeflenen göz içi basınç aralığında surge gelişimini minimize etmeyi amaçlayan aktif akışkan teknolojisidir (Active Fluidics System).<sup>37</sup> Aktif akışkan teknolojisi ile cerrah çalışmak istediği hedef göz içi basıncını, hasta göz seviyesini ve irrigasyon düzeyini seçebilmektedir. Seçilen değerler doğrultusunda sistem, tüm cerrahi boyunca hedeflenen göz içi basıncını sağlamak için vakum değerini, irrigasyon basıncını ve pompa hızı değişkenlerini monitorize ederek değişikliklere pompa akım hızında ve dengeli tuz solüsyonu (BSS) torbasında kompresyon ve dekompresyon değişiklikleri ile yanıt verir. Sistem bu şekilde birçok değişken üzerinde monitorizasyon ve kontrol sağlayarak güvenli cerrahiye zemin oluşturur. Aktif akışkan sistemi bu özellikleri ile tek başına surge gelişimini engelleyebilmektedir.<sup>37</sup> Infiniti cihazında göz içi basıncını sağlamak için kullanılan yerçekimi prensibi Centurion cihazında daha da geliştirilmiştir. Yerçekimi prensibi ilkesinde, GİB'ndeki ani değişikliklerin saptanması ve hızlı dengelenmesi için irrigasyon şişesi yüksekliği hızlı bir şekilde yukarı aşağı hareket ettirilmektedir. Ancak bu durum pratikte pek mümkün olamamaktadır. Centurion Vision sisteminin getirdiği aktif akışkan teknolojisi ile BSS' nin hızlı kompresyon-dekompresyon mekanizması hızlı göz içi basıncı dengelenmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu sisteme eklenmiş kaçak kompanzasyon sistemi de stabil bir ön kamaranın oluşturulması, surge gelişiminin engellenmesi ve cerrahi güvenliliğin artırılması için destek teşkil etmektedir. Infiniti cihazında kullanılan Ozil teknolojisi ve bu teknolojiyle kullanılan Kelman uçları da Centurion cihazının getirdiği yeniliklerden etkilendirilmiştir.<sup>37</sup> Dengelenmiş enerjili (Balanced energy) fako tipleri fakoemülsifikasyon sırasında kümülatif enerjinin daha da azaltılmasını sağlamıştır.<sup>38</sup> Chen ve ark.,<sup>38</sup> 2077 hasta üzerinde Centurion ve Infiniti cihazları ile yaptıkları çalışmada katarakt cerrahisinde Ozil teknolojisinin yeni, dengelemiş enerjili tiplerle (Balanced tip) kullanımıyla kümülatif enerjinin anlamlı olarak azaldığını göstermişlerdir. Bu yeni fako tipi distal uçtaki torsiyonel hareketi geliştirerek etkinliği artırmakta ve ayrıca torsiyonel fakoda gereken eğimli tip zorunluluğunu ortadan kaldırarak alternatif bir 'düz' tip sağlamaktadır. Ayrıca tipin iç çeper genişlikleri ve tipin elciğe giriş noktaları genişletildiği için istenmeyen ısınmalar ve istenmeyen tıkanmalar ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır.<sup>37</sup>

Centurion'un sıvı haznesi 500 ml olup ameliyat sırasında sıvı miktarı ml olarak cihaz ekranında gösterilebilmekte ve kalan sıvı miktarı da 100 ml altında her 10 ml azalmada sesli olarak hekimi haberdar etmektedir.<sup>37</sup> Cihazın bünyesinde bulunan hava akümülatörü sayesinde harici hava kaynağına ya da kompresöre ihtiyaç duyulmadan ön vitrektomi işlemi, pnömatik olarak en az 1-4000 kesi/dk olarak yapılabilir. Bu kesi değerleri istenildiğinde sabit, istenildiğinde ayak pedalına basınca lineer artan ya da lineer azalan olarak ayarlanabilmektedir.<sup>37</sup> Amerika'da en fazla kullanılan fakoemülsifikasyon cihazı olma özelliği taşıyan birçok açıdan üstün özelliklere sahip Centurion Vision sistemi ülkemizde de yaygınlaşmaktadır.

## 2. AMO Whitestar Signature ve AMO Sovereign Compact Fakoemülsifikasyon Sistemi

Yine Amerika menşeli bir firma olan Abbots Medical Optics (AMO) tarafından geliştirilmiş Whitestar Signature fakoemülsifikasyon cihazı ülkemizde önemli bir Pazar payına sahiptir (Resim 8).<sup>39</sup> Cihaz, sahip olduğu eşsiz özellikler ile pazarda önemli bir alternatif haline gelmiştir. Cihazın sahip olduğu en önemli özelliklerden biri kullandığı pompa sistemidir. Benzersiz füzyon pompası ile peristaltik ve ventüri pompaların her ikisinin de avantajlarını tek bir kasette toplamak mümkün olmuştur. Katarakt cerrahisinin farklı aşamalarında ihtiyaç duyulan farklı özellikler füzyon pompası ile aynı çatı altında toplanmıştır. Cerrahi esnasında bu peristaltik ve ventüri pompalar arasında geçiş dokunmatik ekran üzerinden tek tuşla yapılabilmektedir. Ventüri pompanın hızı ile küçük parçaları takip edebilirlik özelliğini ve peristaltik pompanın güvenliliği ile lens parçalarını tutabilirlik özelliğini aynı cihazda toplayan bu sistem cihazın en eşsiz özelliklerindedir. Whitestar Signature sisteminin pompa ile ilintili bir diğer önemli özelliği sahip olduğu CASE (Chamber Stabilization Environment) yazılımıdır.<sup>22,40</sup>

İleri düzey CASE modu stabil bir ön kamaranın derinliği ve basıncında güvenli bir cerrahi gerçekleştirmek için geliştirilmiştir. CASE modunu destekleyici bir yazılım olan Oklüzyon modu ile birlikte kullanıldığında yüksek aspirasyon ve vakum değerlerinde dahi cerraha emniyetli bir çalışma olanağı sunmakta; surge gelişimine neden olabilecek oklüzyon kırılmalarını önceden saptayarak aspirasyon akım hızı ve vakumu kontrol etmektedir. Ayrıca cihazda bulunan ICE (Increased Control and Efficiency) programı da tek başına ultrason gücünün etkinliğini artırmaktadır.<sup>22,40</sup>

WhiteStar ICE programı enerjiyi artırmadan kavitasyonel kesme gücünü artırmak için geliştirilmiştir. Bu teknoloji ultrason enerjisini en ideal duruma getirmek için enerjinin kavitasyonel potansiyelini azami seviyeye çıkarmaktadır.<sup>41</sup> Cihazın sahip olduğu Ellips fx elciği de bahsedilmesi gereken eşsiz özelliklerindedir. Ellips fx teknolojisinde karşılaştığımız konvansiyonel fakodan üstün olarak hem longitudinal hem transvers hareket ile etkin bir kavitasyon enerjisi sağlayarak ultrason enerjisinin etkinliğini artırmakta ve efektif fakoemülsifikasyon zamanının kısaltılmasını sağlamaktadır. Açılı ve düz fako tipleriyle çalışma özelliği bulunan Ellips fx elciğinin sağladığı ellipsoid yapıda üç boyutlu tip hareketi ve geniş darbe alanı tipin kavitasyon etkisini artırarak yüksek bir kesicilik sağlamaktadır. White Star (Soğuk Fako) teknolojisi sayesinde standart tiplerle ultrasonik güç aktif on time ve pasif off time lar olarak ayarlanarak kılıflı (sleeve) veya kılıfsız mikroinsizyonel fako cerrahisi yapılabilir. Cihazın sahip olduğu bu eşsiz özellikler sayesinde fakoemülsifikasyon gücü daha efektif kullanılarak yüksek ultrason gücünün neden olabileceği endotel kaybı ve termal yanık gibi komplikasyonlar minimize edilmeye ve postoperatif iyileşme süreci hızlandırılmaya çalışılmıştır. Cihazda kablolu veya kablosuz kullanılabilen ve isteğe bağlı olarak lineer veya dual lineer olarak kullanılabilen multifonksiyonel ayak pedalı



**Resim 8:** AMO Whitestar Signature fakoemülsifikasyon sistemi.

birden fazla cerraha hitap etmekte ve birçok açıdan kolaylık sağlamaktadır. Bu önemli özelliklere sahip cihaz halen Türkiye pazarında önemli bir söz sahibidir.

Sovereign Compact fakoemülsifikasyon cihazı upgrade edilebilir özelliği sayesinde üretildiği yıldan günümüze kadar güncellenerek son teknolojik özellikleri bünyesinde bulundurmaktadır (Resim 9).<sup>42</sup> Cihazdaki Whitestar (Soğuk Fako) yazılımı sayesinde kılıflı (sleeve) veya kılıfsız mikroinsizyonel fako cerrahisi standart tiplerle yapılabilir. ICE yazılımı sayesinde kavitasyon enerjisi ile ultrason gücü minimum seviyelerde bile etkin olarak kullanılabilir. CASE mod sayesinde yüksek vakumlarda dahi güvenli eşik değerler ayarlanarak ön kamara dalgalanmaları ve surge'nin önüne geçilerek güvenli cerrahi prosedürleri uygulanmaktadır.<sup>42</sup> Ellips FX elcik sayesinde longitudinal fakonun yanı sıra transvers fako gücü üretilmekte ve bu sayede ister düz ister eğri uçlu tiplerin kullanımına imkan sağlanmaktadır. Cihazda yer alan oklüzyon modu ile oklüzyon öncesi ve oklüzyon anındaki fako gücü ve aspirasyon değerleri ayrı ayrı ayarlanabilmektedir.

Ayrıca Aktif akış sistemi (Active fluidics system) sayesinde peristaltik pompayı bünyesinde barındırmaktadır.<sup>42</sup> Cihazda lineer ayak pedalı sadece kablolu olarak kullanılabilir.



**Resim 9:** AMO Sovereign Compact fakoemülsifikasyon sistemi.



### 3. Bausch&Lomb Stellaris Fakoemülsifikasyon Sistemi

Amerika menşeli diğer bir firma olan Bausch & Lomb tarafından geliştirilen ve yurtdışında yaygın bir kullanım alanına sahip olan Stellaris sistemi de üzerinde yapılan geliştirmelerle pazardaki yerini almıştır (Resim 10).<sup>43</sup> Sadece ventüri pompa sistemi kullanan cihazda bulunan gelişmiş sensör sistemiyle ventüri pompanın neden olabileceği surge riski azaltılmaya çalışılmıştır. Cihazda standart ventüri pompalarına göre çok daha kontrollü santifüj pompalı Vacuum Fluidics Module (VFM) mevcuttur.<sup>43</sup> Diğer modern cihazlarda da görebileceğimiz bir sistem olan çapı ve kalibresi küçültülmüş ve direnci artırılmış aspirasyon tubing sistemleri ile yüksek vakum değerlerinin oluşturabileceği surge riski önlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca cihazda bulunan internal filtre sistemi lens parçalarının tutularak tubing sisteminde oklüzyonun önlenmesi için dizayn edilmiştir. Yine bu sistem de tubing sisteminin neden olabileceği surge riskini azaltmaya yöneliktir. Cihazın sahip olduğu tüm bu anti-surge yeniliklerle ventüri pompanın güvenliliği artırılmaya çalışılmıştır.<sup>43</sup> Cihazın elcik sisteminde kristal sayısı artırılarak longitudinal ultrasonun etkin kullanılması amaçlanmıştır. Birçok cihazda gördüğümüz 4 adet piezoelektrik kristal yerine elcik içerisinde 6 adet piezoelektrik kristal bulunmakta ve elcik tarafından 28.5 KHz'lik frekansta vuruş uzunluğu artırılmış (yaklaşık 136 mikron) ultrasonik enerji üretilmektedir. Bu da düşük enerjide nükleusun daha etkili temizlenmesini sağlamaktadır.<sup>43</sup> Cihazda bir diğer önemli özellikte cihaza sonradan eklenen Digiflow yazılımıdır. Cerrahi sırasında göz içi basınç dalgalanmalarını azaltmak için geliştirilen Digiflow yazılımı ile BSS şişesinin otomatik basınçlandırılması yolu ile stabil bir göz içi basıncı oluşturulmaya çalışılmaktadır.<sup>43</sup> Cihazın multifonksiyonel ayak pedalı kablolu veya kablolu kullanılabilmekte ve isteğe bağlı olarak lineer veya dual lineer olarak ayarlanabilmektedir. Birçok üstün özelliğe sahip olan Bausch&Lomb Stellaris sistemi yine de tek tip pompa içermesi ve longitudinal ultrason enerjisi ile sınırlı kalması gibi dezavantajlar taşımaktadır.<sup>43</sup> Özellikle mikroinsizyonel cerrahi yönünden araştırma-geliştirme çalışmaları devam eden Bausch & Lomb Stellaris sistemi ülkemizde fakoemülsifikasyon cihazları arasında yerini korumaktadır.



Resim 10: Bausch&Lomb Stellaris fakoemülsifikasyon sistemi.

### 4. VSY R-Evolution Fakoemülsifikasyon Sistemi

Ülkemizde kullanılan VSY R-Evolution fakoemülsifikasyon sistemi de sahip olduğu özellikler yönünden oldukça entegre ve tatmin edici bir cihaz olma özelliği taşımaktadır (Resim 11).<sup>44</sup> Cihazın eşsiz özelliklerinden ilk bahsedilmesi gereken dual pompa sistemidir. Sistem içerisinde ventüri pompaya benzeyen vakum tabanlı Rotary Vane pompa sistemi ve beraberinde peristaltik pompa sistemi bulunmaktadır. VSY firmasının geliştirdiği ve daha önce Sucon cihazında kullandığı vakum tabanlı Rotary Vane pompa sistemi eksternal sıkıştırılmış bir hava kaynağına ihtiyaç duymamakta; tank içerisinde bulunan Rotary Vane sistemi bir kompresör görevi görerek vakum için kontrollü güç oluşturmaktadır.<sup>44</sup> Ayak pedalı ile kontrol edilen dijital bir valv sistemi sayesinde cerrah lineer veya panel modlarında istenilen vakum seviyesini kontrol edebilmektedir. Longitudinal ultrason enerjisi kullanan sistemde çoğunlukla 4 kristal içeren elcik kullanılsa da Stellaris sisteminde olduğu gibi 6 kristal içeren elcikler de sisteme eklenmiştir.<sup>44</sup> Longitudinal ultrason enerjisini daha verimli hale getirebilmek için bir diğer önemli özellikte diğer cihazlarda kullanılan fako modlarına ilaveten sistemde bulunan ve fako on/off sürelerinin modifiye edilebildiği programlanabilir emisyon modu (P.E.M.- Programmable Emission Mode) ve ultrason enerjisi frekansının ve dinlenme sürelerinin modifiye edildiği görev döngüsü seçenekleridir.<sup>44</sup>

Katarakt sertliğini göre cerrah standart (%50 on-%50 off), cold (%20 on-%80 off) veya ice cold (%10 on-%90 off) olarak düzenlenmiş görev döngüsü modlarından istediğini seçerek ultrason enerjisini daha efektif kullanabilme imkanına sahip olmaktadır. Bunun yanı sıra cihazda “Dynamic Setting Regulation” modu bulunmaktadır. Bu mod sayesinde ayarlanan ultrason ya da vakum değeri aynı anda panel ve lineer olarak kullanabilmektedir. Yani; 400 vakum ve 30 ultrason gücü ayarında çalışırken; 400 vakumun ilk 150 si panel geri kalanı lineer, ve 30 ultrason gücünün ilk 10 u panel geri kalanı lineer olarak kullanabilmektedir.<sup>44</sup> Ayrıca sistemde bulunan autolimit özelliğiyle cerrahi sırasında oluşabilecek oklüzyon durumunda sistem otomatik olarak daha yüksek ultrason enerjili bir görev döngüsü seçeneğine geçerek oklüzyonun kırılmasını hızlandırmaya çalışmaktadır. Cihazda surge gelişimini engellemek için kullanılan elektronik ve hidrolik antikolaps sistemler de cihazın önemli özelliklerindedir. Hidrolik düzenlemeyle aspirasyon tubing sisteminin çapı ve uzunluğu surge gelişimi engelleyecek şekilde düzenlenmiş, sistemde direnç artırılmış ve vakum sensörleri de dahil bütün sistem minimal kompiyans özelliği ile dizayn edilmiştir.<sup>44</sup> Elektronik düzenleme ise cerrahi sırasında herhangi bir zamanda gerçek vakum düzeyini ölçen ve oklüzyon durumunda pompayı kontrol ederek surge gelişimini önlemeye çalışan bir sensör ve filtre sistemi içermektedir. Ayrıca cihazda isteğe bağlı olarak “Forced Irrigation” özelliği kullanılabilir. Bu sayede irrigasyon yer çekimiyle değil, özel BSS çantasının yanında bulunan odacığa hava yönlendirilerek basınç yoluyla düzenlenebilmektedir.<sup>44</sup> Bu önemli özelliklere sahip cihaz halen Türkiye pazarındaki yerini korumaktadır.



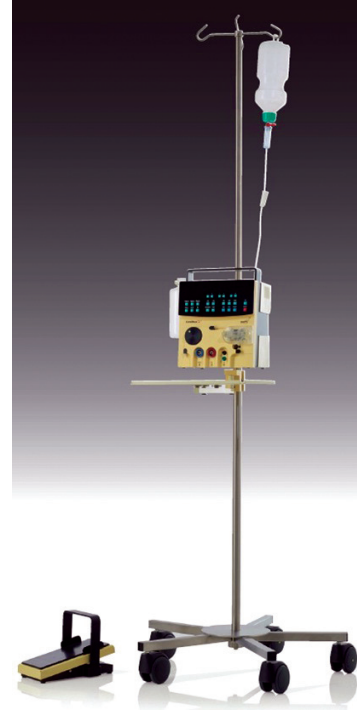
**Resim 11:** VSY R-Evolution fakoemülsifikasyon sistemi.

## 5. Oertli CataRhex3 Fakoemülsifikasyon Sistemi

Türkiye pazarında şimdilik daha küçük bir pay almasına rağmen bahsedilmesi gereken bir diğer fakoemülsifikasyon sistemi dünya genelinde uzun süredir yaygın olarak kullanılan İsviçre menşeli Oertli firması tarafından geliştirilen CataRhex3® cihazdır (Resim 12).<sup>45</sup> Oertli CataRhex3'in ilk bakışta dikkat çeken özelliği diğer cihazlarla karşılaştırıldığında daha küçük ve hafif ebatlara sahip olmasıdır. Cihaz tamamıyla portatif olup, 5 kg kadar düşük ağırlığı ile güvenilir ve başarılı bir üçüncü jenerasyon cihaz olarak dikkat çekmektedir. Aspirasyon akımının mükemmel kontrolü yanında cihaz istenilen vakum düzeylerine çok hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir.<sup>45</sup> Kullanılan pompa sistemiyle 1 ml'lik alandaki mikro-akım hızları ve oranları kontrol altında tutularak stabil bir ön kamarada cerrahiye olanak sağlanmaktadır. I/A (CortexMode™), easyPhaco® ve vitrektomili CataRhex3® cihazının hem kesinliği hem de gücünün sırrı çok hassas düzenlenen akışkanlar temeline dayanmaktadır. Akış 0,1 ml'lik aşamalarla kontrol edilebilir. Cihaz yüksek vakum değerlerinde bile easyPhaco® teknolojisi ile stabil bir ön kamara sağlamaktadır. CortexMode™'de vakumlama her durumda hemen oluşturulabilmekte ve vakumla birlikte aspirasyon akımı da hızla kontrol edilmektedir. Denenmiş ve test edilmiş tubing sistemi içine entegre edilmiş vakum sensörleri her şeyi güvenilir ve gecikme olmaksızın monitorize etmek için geliştirilmiştir. Tüm bu mekanizmalarla sistem sabit bir göz içi basınç aralığında cerrahiye olanak tanımaktadır.<sup>45</sup> Longitudinal ultrason enerjisini daha efektif kullanmak için cihazda bazı önemli özellikler bulunmaktadır. Bu cihazda sadece peristaltik pompa mevcut olup 6 Piezo kristalli titanyum elcik ve saniyede 32 defa göz içi basınç kontrol ölçüm sistemi yer almaktadır. Özel elcik ve sistemde bulunan easyPhaco®'nun yüksek vakum ayarı ve optimize eğimli easyPhaco® tipi ile nükleus parçacıklarının tip ucunda takip edilebilirliği artırılmış; longitudinal ultrason enerjisinin neden olabileceği geri itiş etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

Bu şekilde yüksek vakum gücü ve optimize tip tasarımı ultrason enerjisinin materyale bağlanma gücünü ve nükleus materyaline aktarılan enerji transferini artırarak ultrason enerjisinin daha efektif kullanımı amaçlanmıştır.<sup>45</sup> Vitrektomi için kullanılan pnömatik Twinac kesici, pedal komutlarına uygun olarak tek bir kesiden dakikada 1200 kesilik hızda çalışabilmektedir. Kompresör, cihazın içinde yer almakta ve dışardan hava bağlantısına gerek kalmamaktadır.

Caliburn® PMS sistemi ile ön vitrektomi yapılmasının yanı sıra transkonjonktival pars plana vitrektomi de uygulanabilmektedir. Cihazda reusable ve disposable kaset sistemi kullanılabilmektedir. Bu kaset otoklav ile steril edilebilmekte ve sonuçta hasta başı maliyetleri minimize edilebilmektedir. Firma yetkilileri elektronik olarak Windows vb. veri tabanı sistemi yerine mekanik sistem mantığıyla çalışan cihazın son derece kontrollü bir şekilde ameliyat yapabileme imkanı sunduğunu ifade etmektedir.<sup>45</sup> Yine CataRhex3® için firma yetkilileri bir alana ihtiyaç olmadığını, manuel serum askısına bağlanabileceğini, kolayca hareket ettirilebileceğini ve bu sayede optimal bir konuma yerleştirilebileceğini bildirmektedir. CataRhex3® cihazının özellikle ergonomik TITANO® serisi ve bütün tek kullanımlık ürünleri, bütün Oertli® cerrahi cihazlarıyla uyumlu olarak çalışmaktadır.<sup>45</sup> Araştırma-geliştirme çalışmaları devam eden Oertli CataRhex3® sistemi mevcut eşsiz özellikleriyle Türkiye pazarında yer bulmaktadır.



Resim 12: Oertli CataRhex3 fakoemülsifikasyon sistemi.

Tablo: Güncel kullanılan 7 fakoemülsifikasyon cihazı ve sahip olduğu özellikleri.

	Infiniti ALCON	Centurion ALCON	Whitestar Signature AMO	Sovereign Compact AMO	Stellaris PC BAUSCH&LOMB	R-Evolution VSY	CataRhex3, OERTLİ
Pompa Mekanizması	Perilstatik	Dual Perilstatik	Füzyon pom- pası (ventüri + perilstatik)	Perilstatik pompa	Ventüri	Dual pompa (perilstatik ve Rotary Vane pompa)	Perilstatik
Ayak Pedalı	Kablolu Lineer	Kablolu, Kablosuz Lineer	Kablolu, Kablosuz Lineer/Dual lineer	Kablolu, Lineer	Kablolu, Kablosuz Lineer/Dual lineer	Kablolu, Kablosuz Lineer/Dual lineer	Kablolu lineer
Cihaz Ekranı	Dokunmatik	Dokunmatik	Dokunmatik	Dokunmatik	Dokunmatik	Dokunmatik	Tuşlarla kontrol
Fako Elciği	Ozil	Ozil	Ellips fx	Ellips fx	6 piezoelektrik kristal içeren özel elcik	4 veya 6 piezo- elektrik kristal içeren elcikler	6 piezoelektrik kristal içeren özel elcik
Anti-surge Teknolojisi	Otomatik hava pompası, Aspirasyon Bypass Sis- temi	Otomatik hava pompası, Aspirasyon Bypass Sistemi, Aktif akışkan sistemi, Kaçak kompansasyon sistemi	Otomatik hava pompası, CASE (chamber stabilization environment) sistemi	Otomatik hava pompası, CASE (chamber stabilization environment) sistemi	Otomatik hava pompası, Gelişmiş sensing teknoloji (sensör- ler), Çapı küçültül- müş tubing sistem	Otomatik hava pompası, Elektronik ve hidrolik anti- kollaps sistem	Otomatik hava pompası, Basınç sensörü içeren tubing sistemi, EasyTip teknolojisi
Göz içi basınç kontrol sistemi (IOP kontrol sistemi)	Mevcut değil	Mevcut	Mevcut değil	Mevcut değil	IOP kontrol sistemine benzer DigiFlow sistemi mevcut.	Mevcut (Forced Irriga- tion)	Mevcut (Basınç sensörü)
Eşsiz Özellikleri	Ozil sistem ve torsiyonel hareket, Aspi- rasyon Bypass Sistemi	Ozil sistem ve torsiyonel hareket, Aspirasyon Bypass Sistemi, Aktif akışkan teknolojisi, Dengelenmiş enerjili tip sistemi	Füzyon pom- pası, Ellips fx elciği ve trans- vers hareket, ICE ve CASE sistemleri	Aktif akış sistemi, Ellips fx elciği ve transvers hareket, White Star (Cold Phaco), ICE, Occlusion Mode ve CASE sistemleri	Göz içi basınç kontrolü sağlayan DigiFlow sistem	Dual pompa sistemi	Aynı cihazda ön ve arka segment cerrahisi, daha küçük ebatlar, hafif ve taşınabi- lir olma

## KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Wylegała E, Rebkowska-Juraszek M, Dobrowolski D, et al. Influence of 3.0 mm incision coaxial phacoemulsification and microincision cataract surgery (MICS) on corneal thickness. *Klin Oczna*. 2009;111:207-11.
2. Fabian E, Maier M. Technologies, techniques and tactics for micro-incision cataract surgery. *Ophthalmologie*. 2010;107:116-26.
3. Müller M, Kohnen T. Incisions for biaxial and coaxial microincision cataract surgery. *Ophthalmologie*. 2010;107:108-15.
4. Baykara M, Ercan I, Ozcetin H. Microincisional cataract surgery (MICS) with pulse and burst modes. *Eur J Ophthalmol*. 2006;16:804-8.
5. Kim EK, Jo KJ, Joo CK. Comparison of tips in coaxial microincision cataract surgery with the bevel-down technique. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:2028-33.
6. Hida WT, Tzelikis PF, Nakano CT, et al. Mini-flared Kelman tip, reverse tip, and sidewinder tip with torsional phaco: a prospective randomized comparative study. *Arq Bras Oftalmol*. 2015;78:19-22.
7. Fishkind WJ, Neuann TF, Steinert RF. The phaco machine: the physical principles guiding its operation. In Steinert R. ed. *Cataract surgery*, 3rd ed. (Chapter 7). China: Saunders Elsevier; 2010. pp:79-82.
8. Ataş M, Demircan S, Karatepe Haşhaş AS, et al. Comparison of corneal endothelial changes following phacoemulsification with transversal and torsional phacoemulsification machines. *Int J Ophthalmol*. 2014;7: 822-7.
9. Zanini M, Savini G, Buratto L. Physical principles of phacoemulsification. In: Buratto L, Werner L, Zanini M, Apple DJ, editors. *Phacoemulsification; Principles and Techniques*. 2nd ed. Thorofare, NJ: Slack Inc; Phacoemulsification Tips and Sleeves; 2003:247-54.
10. Zanini M, Savini G, Buratto L. Physical principles of phacoemulsification. In: Buratto L, Werner L, Zanini M, Apple DJ, editors. *Phacoemulsification; Principles and Techniques*. 2nd ed. Thorofare, NJ: Slack Inc; Physical Principles of Phacoemulsification; 2003:41-64.
11. McNeill JI. Flared phacoemulsification tips to decrease ultrasound time and energy in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27:1433-6.
12. Davison JA. Performance comparison of the Alcon Legacy 20000 straight and flared 0.9 mm Aspiration Bypass System tips. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28:76-80.
13. Park SH, Choi CY, Kim JM, et al. Comparison of actual vacuum pressures at the end of 3 phacoemulsification tips in swine eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:917-20.
14. Wirt H, Heisler JM, Domarus DV. Phaco burns: Experimental study for evaluation of risk factors. *Eur J Implant Refract Surg* 1995;7:275-8.
15. Helvacioğlu F, Tunc Z, Yeter C, et al. Ozil IP torsional mode versus combined torsional/longitudinal microcoaxial phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol*. 2012;22:936-42.
16. Köktekir BE, Aslan BS. Fakoemülsifikasyonda longitudinal ve torsional enerji parametreleri. *Glo-Kat* 2010;5:147-50.
17. Liu Y, Zeng M, Liu X, et al. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification: randomized comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:287-92.
18. Kim DH, Wee WR, Lee JH, et al. The comparison between torsional and conventional mode phacoemulsification in moderate and hard cataracts. *Korean J Ophthalmol*. 2010;24:336-40.
19. Tognetto D, Cecchini P, Leon P, et al. Stroke dynamics and frequency of 3 phacoemulsification machines. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:333-42.
20. Schafer ME. Laboratory evaluation of a next generation transversal ultrasound system. Paper presented at the American Society of Cataract and Refractive Surgery Annual Meeting; April 9-14, 2010; Boston.
21. Assaf A, Roshdy MM. Comparative analysis of corneal morphological changes after transversal and torsional phacoemulsification through 2.2 mm corneal incision. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:55-61.
22. Helvacioğlu F, Yiğit U, Tuğcu B, et al. ICE ve CASE Programları ile Yapılan Konvansiyonel Fakoemülsifikasyon Cerrahilerinin Sonuçları. *T. Oft. Gaz*. 2008;38:298-304.
23. Sharif-Kashani P, Fanney D, Injev V. Comparison of occlusion break responses and vacuum rise times of phacoemulsification systems. *BMC Ophthalmol*. 2014;30:14-96.
24. Ward MS, Georgescu D, Olson RJ. Effect of bottle height and aspiration rate on postocclusion surge in Infiniti and Millennium peristaltic phacoemulsification machines. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:1400-2.
25. Georgescu D, Payne M, Olson RJ. Objective measurement of postocclusion surge during phacoemulsification in human eye-bank eyes. *Am J Ophthalmol*. 2007;143:437-40.
26. Wade M, Isom R, Georgescu D, et al. Efficacy of Cruise Control in controlling postocclusion surge with Legacy and Millennium venturi phacoemulsification machines. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:1071-5.
27. Krasnov MM. Laser-phakopuncture in the treatment of soft cataracts. *Br J Ophthalmol*. 1975;59:96-8.
28. Peyman GA, Katoh N. Effects of an erbium: YAG laser on ocular structures. *Int Ophthalmol*. 1987;10:245-53.
29. Aron-Rosa DS, Aron JJ. Effect of preoperative YAG laser anterior capsulotomy on the incidence of posterior capsule opacification: ten year follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 1992;18:559-61.
30. Naranjo-Tackman R. How a femtosecond laser increases safety and precision in cataract surgery? *Curr Opin Ophthalmol*. 2011;22:53-7.
31. Tian F, Su L, Sun J, et al. New advances of femtosecond laser in cataract surgery. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2013;49:574-6.
32. Kılıç A, Özdamar A, Devranoglu K. Femtosaniye lazer yardımcı katarakt cerrahisi. *Glokom-Katarakt*. 2013;8:1-6.
33. Chen X, Xiao W, Ye S, et al. Efficacy and safety of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification for cataract: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep*. 2015;5:13123.
34. Feldman BH. Femtosecond laser will not be a standard method for cataract extraction ten years from now. *Surv Ophthalmol*. 2015;60:360-5.
35. Alcon Infiniti Brochure. Available at: <https://www.myalcon.com/products/surgical/infiniti-vision-system>. Accessed October 3, 2015.
36. Han YK, Miller KM. Comparison of vacuum rise time, vacuum limit accuracy, and occlusion break surge of 3 new phacoemulsification systems. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:1424-9.
37. Alcon Centurion Brochure. Available at: <https://www.myalcon.com/products/surgical/centurion-vision-system>. Accessed October 3, 2015.
38. Chen M, Anderson E, Hill G, et al. Comparison of cumulative dissipated energy between the Infiniti and Centurion phacoemulsification systems. *Clin Ophthalmol*. 2015;22:1367-72.
39. AMO WhiteStar Signature Brochure. Available at: <http://www.abbottmedicaloptics.com/products/ataract/phacoemulsification-systems/whitestar-signature-phacoemulsification-system>. Accessed October 3, 2015.
40. Antao S, Kasaby S. Comparison of ultrasound power used during phacoemulsification with and without improved control and efficiency (ICE) software. Paper presented at: European Society for Cataract and Refractive Surgery (ESCRS) 24th Congress; September 9-13, 2006; London, England.
41. Dewey S. Whitestar® ICE: Igniting 'cool phaco' to improve surgical efficiency. Paper presented at: European Society for Cataract and Refractive Surgery (ESCRS) 24th Congress; September 9-13, 2006; London, England.
42. Sovereign® Compact Phacoemulsification System. Available at: <http://www.abbottmedicaloptics.com/products/ataract/phacoemulsification-systems/sovereign-compact-phacoemulsification-system>. Accessed October 3, 2015.
43. Bausch & Lomb Stellaris Brochure. Available at: <http://www.bausch.com/ecp/our-products/ataract-surgery>. Accessed October 3, 2015.
44. VSY R-Evolution Brochure. Available at: <http://www.vsy.com.tr/tr/urun/r-evolution>. Accessed October 3, 2015.
45. Oertli CataRhex3 Brochure. Available at: <http://www.oertli-catarhex3.com>. Accessed October 3, 2015.