

# Bilgisayar destekli preoperatif planlama

**Dr. K. Banu Köse**



İstanbul Üniversitesinde fizik eğitimi aldı. Biyomedikal mühendisliği alanındaki doktorasını İstanbul Medipol Üniversitesinde tamamladı. Demiroğlu Bilim Üniversitesi Florence Nightingale Hastanesi Kardiyovasküler Cerrahi Bölümünde aort koarktasyonları ve kişiye özel vasküler yama dizaynı geliştirmek üzere proje asistanı olarak yer aldı. Koç Üniversitesi bünyesinde kurulan Türkiye'nin ilk CE sertifikalı hastaya özel kan akışı analizi yazılımını geliştiren Hemodyn'de araştırmacı ve yönetim temsilcisi olarak çalıştı. 2016 yılından beri İstanbul Medipol Üniversitesi Mühendislik ve Sağlık Bilimleri Fakültelerinde medikal görüntüleme, bilgisayarlı hasta değerlendirme, sanal cerrahi ve kardiyovasküler mühendislik dersleri vermekte, bilgisayar destekli mekanik simülasyon ve medikal cihaz tasarımı alanlarında araştırmalarına devam etmektedir.

ki yüzyıl önce bıçak altında olmak nasıl bir histi acaba? Bunu düşünürken; operasyon robotları, anestezi uzmanları, görüntüleme cihazları, testler, ve hatta kişiye özel ilaçların sağladığı konforun içindeyiz. Bu, hasta için olduğu kadar cerrah açısından da bin bir kaygı verici olasılığı da yanında barındırıyor. Bu iki tarafı da keskin bıçak olan disiplin, karar verici ve uygulayıcı olan aktörlere büyük sorumluluklar yüklüyor. Morbiditesi ve mortalitesi yüksek kompleks ameliyatlar söz konusu olduğunda ise periop kritik karar süreçlerinde bu bıçak, Demokles'in düştü düşecek kılıcına dönüşebiliyor (1). Dr. Walton Liletih; bu baskıyı bilen ve sık sık yaşayan biri olarak, onu ameliyat edecek olan çalışma arkadaşının üzerindeki baskıyı şu sözlerle almaya çalışıyor: "Bu ameliyat bittiğinde ya tümörden bir şey kalmasın, ya da ben kalmayayım" (2).

Tecrübeli bir cerrah, günlük olarak karmaşık sorunlarla karşı karşıya gelmeye alışmıştır. Literatürden ve yaşanmış aksiliklerden edindikleri ile hatalara karşı korunma kalkanlarını kendi tecrübesini de katarak her gün yeniler. Intraoperatif süreçte karşılaşılabileceği olası problemleri ve karar sürelerini en aza indirmeye çalışır. En basit bir ayrıntının hasta güvenliğini riske sokabileceğini bilir. Aynı anda meydana gelebilen olası aksilikler hakkındaki senaryolara yabancı değildir. Sahip olduğu kümülatif enformasyonu; tanımlamalar, prosedürler ve kontrol listeleri ile klinik işleyişe entegre eder. Bu, liderlik

ettiği operasyon personeli için eylem ekonomisi sağladığı gibi potansiyel komplikasyonlar konusunda verimlilik ve güven alanı oluşturmayı hedefler. Potansiyel başarısızlık senaryolarına karşı operasyon ekibini bilişsel olarak hazır hale getirir. Her ne kadar sistematik yaklaşımlar uygulanıyor olsa da kompleks ameliyatlar söz konusu olduğunda belirsizlik sifıra yakınsamaz. Bazen özgün ve hatta cüretkar riskler de almak gerekebilir. Karar verici aktörlerin, belirsizliği tarafsız ve çözüm odaklı değerlendirme çabası, bu gibi durumlarda yeni enformasyon kanallarından ve teknolojiye destek alır.

## Uçak Kanadında Pin-Pon Oynamak

Kompleks bir sorunla baş başa kalındığında mevcut bilgiler gözden geçirilir, ihtiyaç duyulan enformasyon aranır, edinilmiş tecrübeler taranır. Tüm bunlar aradığımız cevabı vermediğinde, hatalar ve hatta başarısızlık, kabul edilebilir görülebilmektedir. Bu kritik bir operasyonda, yani iki tarafı keskin bıçak alanında söz konusu ise sonuçları herkes için can sıkıcı olabilecektir. Artık bu tür durumlarda yeni yaklaşımlar şöyle sorular ile geliyor: Bu problemi çözmeye yardımcı olabilecek ve erişebileceğimiz tüm enformasyonu aradık mı? Kolay elde edilebilir ve mevcut bir ayrıntıyı gözden kaçırmış olabilir miyiz? Bu sorular karmaşık ve riskli ameliyatlar söz konusu olduğunda ve optimal çözümün belirsiz olduğu durumlarda sık sık karşımıza geliyor. Kritik vakalarda cerrahların optimal taktiği belirlemesi sürecini, uçak kanadında pin-pon oynamaya benzetiyorum (Figür 1).

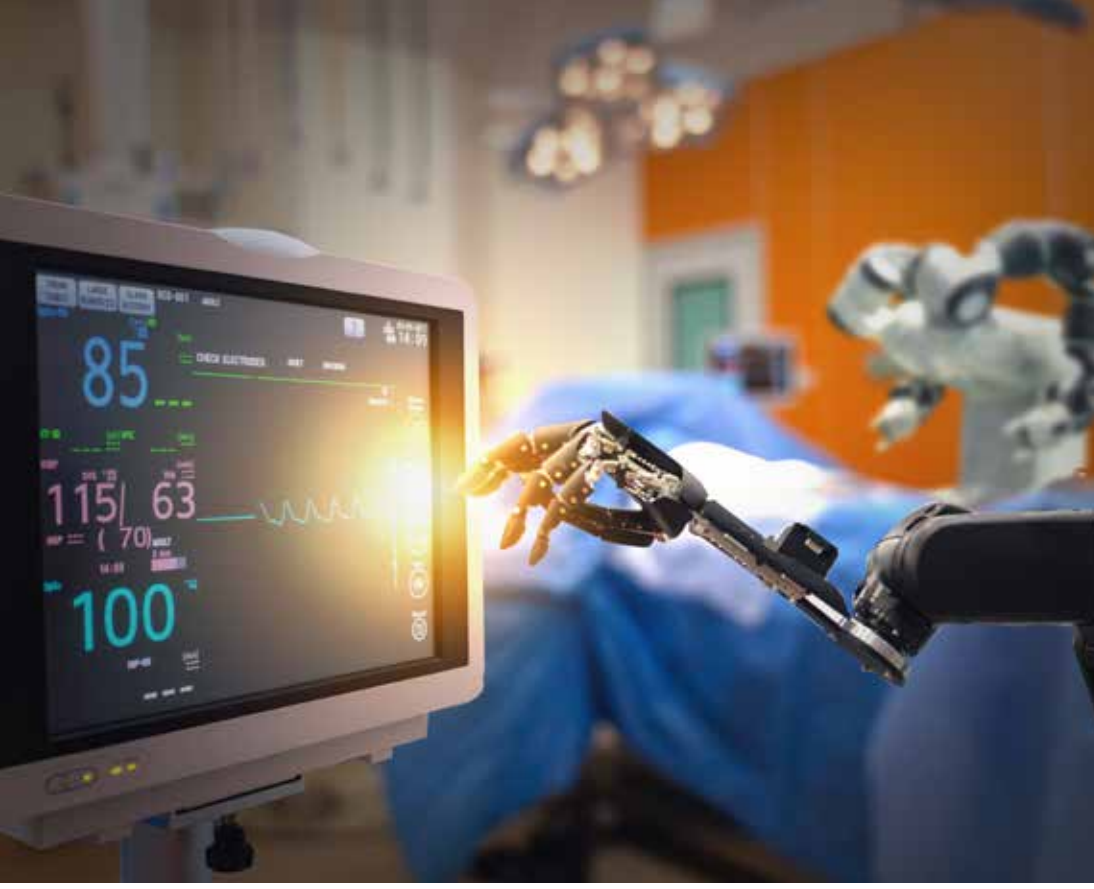
Örneğin kompleks doğumsal kalp hastalıklarında, hem yapısal faktörler, hem hastaya özel kan akışı parametrelerinin etkisi, hem büyüme faktörleri hakkında çok titiz bir değerlendirme yapılması ve ileri dönem sonuçlarını da öngörebilecek bir dengenin gözetilmesi gerekiyor. Kritik vakalardaki preoperatif hazırlık prosesini ortopedi cerrahı Jeff Mast şöyle tarif ediyor: "Hastalarınızı hurda yığınına göndermektense, felaketlerinizi atık kağıt sepetine atmak daha iyi-



Figür 1: Uçak kanadında pin-pon oynamak







Elde edilen üç boyutlu modellerin stereolitografik olarak tanımlanabiliyor olması, bilgisayar destekli dizayn (CAD) araçları ile işlemler yapılabilmesine de imkan sağladığı için kullanım alanları genişliyor: Eklemeli imalat yapan cihazlardan alınan fiziksel çıktılar, sanal ameliyatlara, hastaya özel implant tasarımı gibi çoklu-faydalı sonuçlara da kapı açabiliyor.

dir” (3). Veriler ne kadar ayrıntılı olursa ve olası senaryolar önceden ne kadar değerlendirilebilirse ileri dönem başarı sonuçları o kadar yüksek oluyor. Bu yüzden, artık kompleks rekonstrüktif ameliyat hazırlık süreçlerine bir adımdan daha bahsedilmeye başlandı. Karar verme süreçlerine yardımcı olabilmeyi, kritik adımları indirgeyebilmeyi hedefleyen kavram bir çoğumuz için artık tanıdık: Ameliyat öncesi bilgisayar destekli planlama. En temel düzeyde ‘hastaya özel sanal cerrahi planlama’, bir bilgisayar ortamında ameliyatı doğru bir şekilde planlamak için tıbbi görüntü

verilerini kullanmak ve ardından bu sanal planı özelleştirilmiş araçlar ve analizler kullanarak işleyişe aktarmak olarak tanımlayabiliriz. Ayrıntılı morfolojik görüntüler, sanal kesimler, sanal biyomalzeme dizaynı, fiziksel replikalar, dijital operasyon senaryoları ve simülasyonlar alt başlıkları altında dünyada ve ülkemizde yaygınlaşmaya devam ediyor (4).

#### Sanal ve Fiziksel Replikalar

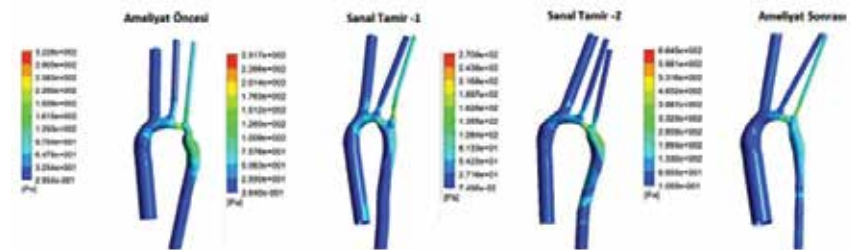
Tanısal görüntüleme alanındaki yenilikler ile günümüzde yüksek çözünürlükte görüntü verisi elde edebilmemize rağmen; hala üç boyutlu detaylandırma ve navigasyonda sınırlı kalıyorlar (5), (6). Farklı bakış açılarından alınan projeksiyonları iki boyutlu ekran sınırlılığında zihinsel olarak birleştirerek yorumlamaya çalışıyoruz. Oysa görüntü verisi içerisindeki saklı bilgi, bilgisayar desteği ile açığa çıkarılabilir ve üç boyutlu ayrıntılı enformasyon elde edilebilir. Görüntü işleme yazılımları sayesinde görüntüyü oluşturan piksellere göre dokular ayrı ayrı tanımlanıp, yapıtaş elementleri ile filtrelenebilir. Amaç, kesitler üzerinde istenilen bölümlerin görüntü işleme yöntemleri ile işaretlen-

mesi ve her kesitteki devamlılıkları esas alınarak yeniden oluşturulmasıdır (segmentasyon). Bu sayısal görüntü işleme araçları, ticari ya da açık kaynak kodlu yazılımlardan oluşmakla birlikte, ileride tarama cihazlarına entegre edilmiş halde radyoloji departmanlarında kullanılacak gibi görünüyor. Elde edilen üç boyutlu modellerin stereolitografik olarak tanımlanabiliyor olması, bilgisayar destekli dizayn (CAD) araçları ile işlemler yapılabilmesine de imkan sağladığı için kullanım alanları genişliyor: Eklemeli imalat yapan cihazlardan alınan fiziksel çıktılar, sanal ameliyatlara, hastaya özel implant tasarımı gibi çoklu-faydalı sonuçlara da kapı açabiliyor (7). Elde edilen yeni veriler ameliyat planlamanın ilk basamağını oluşturmakla beraber; temel, dahili veya cerrahi bilimlerde malformasyonlar ve patolojik durumlara dair eğitim materyallerinin elde edilmesinde, inovatif operasyon aşamalarının görselleştirilmesi ve karşılaştırılması süreçlerinde de, kullanıyor (8-9).

#### Simülasyon: Bana Gerçeğe Yakınsayan Bir Resim Çizebilir Misin Abidin?

Uygulanacak işlemi öğretmeyi hedefleyen; ‘seyret ve aynısını yap’ mantığıyla hazırlanan medikal simülasyon araçlarının yerini artık her yeni vaka için sonuçları yaklaşımsal olarak değerlendirmeye imkanı tanıyan araçlar aldı. Artık ideal ve tek örnek üzerindeki çalışmalar yerine, hastaya özel simülasyonu oluşturmak, farklı operasyon seçeneklerini sanal olarak gerçekleştirip, fiziksel sonuçlarını analiz etmek, klinikte ölçülmesi mümkün olmayan fakat bilgisayarla hesaplanabilen veriler sunan analizler oluşturmak mümkün (Figür 2).

Bu tür simülasyon analizleri içeren yazılımlar için de, yine oluşturduğumuz görüntü tabanlı üç boyutlu sanal modeller kullanılıyor (10). Üç boyutlu sanal objenin malzeme özelliklerinin,



Figür 2: Nümeric simülasyon analizi ve sanal tamir ile doğumsal koarktasyonlu aort damarında duvar kayma gerilimlerinin karşılaştırılması (4).

bulunduğu sistemin ve üzerine etkiyecek kuvvet, basınç gibi parametrelerin fizik dilinde bilgisayara tanımlanması, algortimalar ile yaklaşımsal sonuçların hesaplanmasıyla sayısal veriler elde ediliyor (11). Böylece olası ameliyat seçeneklerinin sonuçları sanal olarak objeye uyguladığımızda karşımıza çıkacak sonuçlar analiz edilebiliyor. Bu, dijital modele yapılacak insizyon durumunda dokunun vereceği tepki, implant edilecek malzemenin rotasyon durumundaki gerilimin hesabı gibi bir çok fiziksel olgunun analizini görselleştirip uzun dönem sonuçlar hakkında öngörülerde bulunmamıza yardımcı olabiliyor (12).

### Bu Oyunda Hata Yapmak Serbest

Benzer simülasyonlardan inşaat, uçak ve uzay endüstrisinde çokça faydalanılıyor. Objenin, içinde bulunduğu sistemin ve etkiyecek kuvvetlerin matematiksel tarifi ile farklı senaryolardaki sonuçları analiz ediliyor ve nihai karar için anlamlı veriler aranıyor. En doğru malzeme, ölçü ve kuvvet yüklerinin tayini konusunda mühendislikte çokça faydalanılan yaklaşımsal sistemler, önce medikal cihazların dizaynı ve malzemelerinin tayin edilmesi sürecinde, şimdi de hastaya özel karar destek sistemleri olarak hızla yaygınlaşıyor. Geleneksel simülasyon sistemleri gibi nasıl adımlar atılacağını söylemek gibi bir iddiası olmamakla beraber hastaya özel analizler eşliğinde karar sürecine yeni veri sağlamayı amaçlıyor. Simülasyon hesaplama sistemlerinin operasyon ekibine sağladığı katkıyı 'sonuçsuz bir ortamda hata yapmaya imkan tanımak' olarak tanımlayabiliriz. Sanal ortamda farklı anastomoz yöntemlerini denemek, mevcut taktikleri karşılaştırmak, bir malzemenin hastaya özel sınır koşullarındaki mukavemetini değerlendirmek ve hatta yeni yöntemler geliştirmek gibi çeşitli amaçlarda preoperatif katkısı olacağını öngörebiliriz. Şüphesiz eğitim proseslerinde de, zor örnekleri tecrübe etmek, yeterlilik değerlendirmesi gibi uygulamalar da zamanla çeşitlenerek artacaktır (13).

### Sonuç: Daha İyi Planlama, Daha Az Sürpriz, Yeni Taktikler

Görüntü temelli ameliyat öncesi planlama, hassas ve kişiselleştirilmiş tıbbi yönelik önemli bir adım olarak kliniklerde yer almaya başladı. Operasyon

provası ve operasyon öncesi planlama aracı olarak, farklı formlarda sistemlere entegre oluyor. Mevcut sistemlerle çalışabilen platformlar oluşturulabilirdiği gibi yazılımsal ayrık destek araçları da çeşitleniyor (14). Elde edilen sanal modeller artırılmış gerçeklik gözlüklerinde, tersine mühendislikte, dijital kavadralarda, sanal ameliyat senaryolarında, nümerik basınç analizlerinde temel bileşen olarak yer alıyor (15). Kritik karar verme süreçlerinde bilgisayar destekli 'yeni' verilerin katkısı; preoperatif planlama ve ameliyat sonrası değerlendirme bulguları açısından irdeleniyor ve etkinlik açısından güvenilirliği konusunda anlamlı sonuçlar elde ediliyor. Alternatif planların değerlendirilmesi konusunda somut veriler sağlanabiliyor ve prosedürlere yeni standartlar getirilmesine imkan tanıyor. Ülkemizde de en çok radyoloji, üroloji, ortopedi, nöroşürji, kalp damar cerrahisi alanlarında uygulanan simülasyon sistemleri, hastaya özel yaklaşımlarla hata riskini azalttığı gibi, kişiye özel implant, protez ve biyomateryal geliştirilmesi süreçlerine de interdisipliner çalışmalara ivme katıyor.

### Körleşen Kılıç

Cerrahi biliminin tarihi, insanlık tarihi ile aynı kabul edilir. Güncel enformasyonda Bergamalı Galen'in, Endülüslü el-Zehravi'nin, Louvenli Vesalius'un, farklı dönem ve mekanlardan bir çok ismin katkısı var (16-17). Bilim ve teknolojiye gelişmelere paralel bir şekilde bilimsel metodolojiyle elde edilmiş, anlamlı yenilikler ile her gün güncelleniyor. İş akışını kolaylaştırma, hasta güvenliğini artırma, işlem süresini kısaltma, hata riskini azaltma amaçları için inovatif çözümler geliştiriliyor. Görüntüleme cihazlarından önceki duruma "kör cerrahi" deme cüretini gösterecek olursak, artık operasyon odasında asılı duran kılıcın körleşmeye başladığını iddia edebiliriz. Karar süreçlerinde eylem gerçekleştirilmeden önce fayda analizleri olumlu olduğunda maliyet değerlendirmelerine geçiyoruz. Bilimsel makalelerle edindiğimiz doğrulayıcı onayların artıyor olması fayda açısından yeterli cevabımız olduğunu gösteriyor. Bununla beraber geriye kalan soru şu: Bu yeni sistemler maliyete değer mi? Siz veya aile üyeniz hasta olduğunda, bu muhtemelen zor bir soru olmayacaktır.

### Kaynaklar

- 1) S. K. Tadlock, G. Anderson, N. Rosenstein, T. Gregory, *Forging The Sword of Damocles: Memory, Mercenaries, and Monarchy on Sicily*, 2018.
- 2) Minnesota History: Clarence Walton Lillehei, The Father of Open Heart Surgery, <https://www.startribune.com/minnesota-history-clarence-walton-lillehei-the-father-of-open-heart-surgery/282763031/> (Erişim Tarihi: 18-Şubat-2021).
- 3) M. L. Graves, *The Value of Preoperative Planning*, *J. Orthop. Trauma*, vol. 27, no. SUPPL. 1, pp. S30-S34, Ekim, 2013.
- 4) Kose K. Banu, *Computational Fluid Dynamics Analysis in Pre-surgery Planning for Congenital Heart Defect Repairs - Tez Arşivi*, <https://tezarsivi.com/computational-fluid-dynamics-analysis-in-pre-surgery-planning-for-congenital-heart-defect-repairs>. (Erişim Tarihi:18-Şubat-2021).
- 5) P. B. Dydynski, C. Kiper, D. Kozik, B. B. Keller, E. Austin, B. Holland, *Three-Dimensional Reconstruction of Intracardiac Anatomy Using CTA and Surgical Planning for Double Outlet Right Ventricle: Early Experience at a Tertiary Care Congenital Heart Center*, *World J. Pediatr. Congenit. Heart Surg.*, vol. 7, no. 4, pp. 467-474, 2016.
- 6) L. Chai, J. Ding, Y. Liu, *Hemodynamics Simulation of Patient-Specific Surgical Planning for Tetralogy of Fallot*, *3rd Int. Conf. Biomed. Eng. Informatics, BMEI 2010*, vol. 1, no. Bmei, pp. 294-297, 2010.
- 7) G. Caiti et al., *Implementation of a Semiautomatic Method to Design Patient-Specific Instruments for Corrective Osteotomy of The Radius*, *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.*, vol. 14, no. 5, pp. 829-840, Mayıs 2019.
- 8) M. Megloli, A. Naveau, G. M. Macaluso, S. Catros, *3D Printed Bone Models in Oral and Cranio-Maxillo-facial Surgery: A Systematic Review*, *3D Print. Med.*, vol. 6, no. 1, p. 30, Aralık, 2020.
- 9) E. D. Sheha, S. D. Gandhi, M. W. Colman, *3D Printing in Spine Surgery*, *Ann. Transl. Med.*, vol. 7, no. S5, pp. S164-S164, Eylül, 2019.
- 10) Kose K. Banu, Nia Samane Lashkari, Pekkan Kerem, Salihoglu Ece, Arkus Hipoplazisi ve Korarktasyonda Kişiselleştirilmiş Sanal Cerrahi Teknik Kullanımının Yapısal ve Hemodinamik Performans Değerlendirmesinde Gerçek Verilerle Karşılaştırılması, *17. Pedkar Proceeding*, p.27, Nisan, 2018.
- 11) Z. Zhang, C. Kleinstreuer, C. S. Kim, *Effects of Curved Inlet Tubes on Air Flow and Particle Deposition in Bifurcating Lung Models*, *J. Biomech.*, vol. 34, no. 5, pp. 659-669, 2001.
- 12) Y. Hua, J. H. Oh, Y. B. Kim, *Influence of Parent Artery Segmentation and Boundary Conditions on Hemodynamic Characteristics of Intracranial Aneurysms*, *Yonsei Med. J.*, vol. 56, no. 5, pp. 1328-1337, 2015.
- 13) S. Samane Lashkarinia, Gursan Coban, Banu Kose, Ece Salihoglu, Kerem Pekkan, *Computational Modeling of Vascular Growth in Patient-Specific Pulmonary Arterial Patch Reconstructions*, *J. Biomech.*, vol. 117, p. 110274, 2021.
- 14) E. Checcucci et al., *3D Imaging Applications for Robotic Urologic Surgery: an ESUT YAUWP review*, *World J. Urol.*, vol. 38, no. 4, pp. 869-881, Nisan, 2020.
- 15) M. S. Lasser, M. Doscher, A. Keehn, V. Chernyak, E. Garfein, R. Ghavarian, *Virtual Surgical Planning: A Novel Aid to Robot-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy*, *J. Endourol.*, vol. 26, no. 10, pp. 1372-1379, Ekim, 2012.
- 16) Holligham R., *Blood and Guts: A Short History of Surgery*, BBC Books, v.01, 2008.
- 17) S. Al-Benna, *Albucasis, A Tenth-Century Scholar, Physician and Surgeon: His Role in The History of Plastic and Reconstructive Surgery*, *European Journal of Plastic Surgery*, vol. 35, no. 5, pp. 379-387, Mayıs, 2012.