



AVM Cerrahisinde 3 Boyutlu Yazıcı ile Elde Edilen Modelin Preoperatif Kullanımı

Ege COŞKUN, Beyza ALKIŞ, Can ŞENSÖĞÜT, Mert ARSLAN, Koray UR, Ceren KIZMAZOĞLU, Ercan ÖZER

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İzmir

Giriş: Arteriovenöz malformasyonlar (AVM) serebral dolaşımın kompleks bir hastalık durumudur. AVM'ler genellikle birkaç besleyici arter ve drenaj venlerine, ayrıca kan dolaşımında hemodinamik açıdan farklı parametrelere sahiptir. Tedavi seçenekleri arasında cerrahi rezeksiyon, endovasküler embolizasyon ve radyasyon tedavisi veya bunların kombinasyonları yer alır (1). Bu tedaviler öncesi AVM'nin genel yapısının anlaşılması önem arz eder. Bunun için geleneksel olarak Dijital Substraksiyon Anjiyografi (DSA) ve Bilgisayarlı Tomografi-Anjiyo (BTA) görüntüleri değerlendirilir. Ancak bu değerlendirmeler 2 boyutlu ekranlar üzerinde gerçekleştirilmekte olup cerrahya stereoskopik algının yaratılmasında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle 3 boyutlu olarak değerlendirme yapılabilecek yöntemler faydalı olabilir.

3 boyutlu baskı, görece yeni bir üretim tekniği olup eklemeli üretim (additive manufacturing) yoluyla fiziksel 3 boyuta sahip modellerin hızlı bir şekilde elde edilmesini sağlar. Var olan katmanlar üzerine eklemeli şekilde yeni katmanlar basmak yoluyla üretim yapılmış olur.

Biz de bu yolla ürettiğimiz 3 boyutlu yazıcı ile basılan, manuel olarak renklendirilmiş, besleyici arterleri, AVM nidusunu, drenaj venlerini ve normal arteryal içeren kapsamlı AVM modellerini teknik bir yaklaşım ile sunmak istedik.

Görüntülerin elde edilmesi: Görüntüler, hastaların preoperatif hazırlık aşamasında çekilen BTA tetkikinden elde edildi. BTA görüntüleri standart DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) formatında işlenmek üzere depolandı. BTA tetkiki elde edilirken dikkat edilmesi gereken nokta görüntülemenin ince kesitler halinde yapılmış olmasıdır (en az 1 mm kesit kalınlığı, tercihen 0.5 mm). Bu sayede ince arteryal yapılar daha keskin bir detay ile modellenilebilir.

Sanal ortamda 3 boyutlu modellerin hazırlanması: Elde edilen verilerin DICOM formatından Standard Triangle Language (.stl) formatına dönüştürülmesi için Mimics v14 (Materialize Corp, Belgium) yazılımı kullanıldı. Bu aşamada görüntü verilerindeki ilgili alanlar (ilgili damarlar ve kafa tabanına ait kemik yapıları) eşik değerlerden yararlanılarak manuel olarak seçildi ve gerekli yerlerde filtreleme işlemleri uygulandı. Sonuç olarak besleyici arterler, AVM nidusu ve drenaj venlerini içeren birleştirilmiş 3 boyutlu bir model elde edildi.

3 boyutlu modellerin basılması: 3 boyutlu baskı süreci görüntünün değerlendirilmesi ve segmentasyonu, baskı öncesi yazılımlar (Meshmixer v3.5, Autodesk ve Ultimaker Cura v4.11, Ultimaker B.V., Utrecht) yardımıyla işleme ve böylece .stl dosyasının 3 boyutlu yazıcının çalıştırabileceği .gcode dosyasına (yani yazıcının adım adım hangi işlem ve hareketleri yapması gerektiğini gösteren dosya) dönüştürülmesi işlemlerini kapsar. AVM modellerine ait işlemler sonrasında en son olarak elde edilmiş olan bu .gcode dosyaları 3 boyutlu yazıcıya (Ultimaker 2, Ultimaker B.V., Utrecht) aktarıldı ve 3 boyutlu baskılar alındı. Toplam baskı süresi yaklaşık 15 saat idi. Baskı işlemleri tamamlandıktan sonra model için destek materyallerinden arındırma ve manuel olarak renklendirme işlemleri uygulandı. Normal arteryal yapılar ve AVM besleyicileri kırmızı renk ile, drenaj venleri ise mavi renk ile, AVM nidusu ise her iki rengin karışımı ile renklendirildi.

Tartışma: Serebrovasküler cerrahi alanında 3 boyutlu baskı daha sıklıkla beyin anevrizmalarının gösterilmesi ve planlanmasında kullanılmaktadır. Ancak AVM'ler de cerrahlar tarafından sık karşılaşılan hastalıklar olup genel olarak kompleks, tedavisi göreceli olarak daha zor ve yüksek mortalite-morbidite riskli ile ilişkilidir. Tedavide AVM'nin tamamen çıkarılması veya embolizasyonu ile mevcut nörolojik durumu koruyarak normal kan akışımının sağlanması amaçlanır. AVM'lerde 3 boyutlu baskı işlemleri daha az sıklıkta kullanılmakta olup biz de cerrahi planlamaya yardımcı olabilecek detaylı 3 boyutlu bir model hazırlamayı amaçladık.



Her ne kadar 3 boyutlu rekonstrükte edilen DSA görüntüleri çok açılı bilgi sunsa da 3 boyutlu baskı ile üretilen modeller gerçekçi, el ile dokunularak taktil duyu sağlayabilen ve DSA verisine göre daha kolay anlaşılabilir bir yapıdadır.

Thawani ve ark. AVM, besleyici arterler ve drenaj venlerini preoperatif olarak ayrı ayrı basarak modelleme yapmışlardır (2). Weinstock ve ark. hasta ve asistan eğitimi amacıyla tek renkli modeller üretmişlerdir (3). Biz de bütünleşik olarak, çok renkli ve AVM ile ilişkili tüm yapıları içeren kapsamlı bir model üreterek AVM'nin vasküler yapısının preoperatif olarak daha iyi anlaşılmasına ve hasta ile hasta yakınlarının bilgilendirilmesine katkıda bulunduk.

Sonuç: AVM'lerde preoperatif değerlendirme için kullanılan görüntüleme yöntemlerinin anlaşılabilmesi uzmanlık gerektirir. Bir beyin ve sinir cerrahı bunu kolaylıkla yapabilecek iken eğitim almakta olan bir asistanın veya hasta ve hasta yakınlarının bu patolojiyi tam olarak anlaması güç olabilir. Yazımızda bu konuda yardımcı olabilecek 3 boyutlu baskı yoluyla elde edilen bir AVM modelinin üretim basamaklarını özetlemeye çalıştık.

Kaynaklar

1. Hofmeister C, Stapf C, Hartmann A, Sciacca RR, Mansmann U, terBrugge K. Demographic, morphological, and clinical characteristics of 1289 patients with brain arteriovenous malformation. *Stroke* 2000;31:1307–10.
2. Thawani JP, Pisapia JM, Singh N, Petrov D, Schuster JM, Hurst RW. Three-Dimensional Printed Modeling of an Arteriovenous Malformation Including Blood Flow. *World Neurosurg* 90:675-683 e672, 2016.
3. Weinstock P, Prabhu SP, Flynn K, Orbach DB, Smith E. Optimizing cerebrovascular surgical and endovascular procedures in children via personalized 3D printing. *J Neurosurg Pediatr* 2015:1–6.



