

# Bilgisayar Mühendisliği Semineri Dersi

## 3D Modelleme Sunumu

<sup>1</sup> Name1    <sup>2</sup> Name2    <sup>3</sup> Name3

<sup>1</sup>No1

<sup>2</sup>No2

<sup>3</sup>No3

25.05.2022

# Outline

- 1 Giriş
- 2 3D BASKI, BİLGİSAYARLI MODELLEME VE AI'NIN TEMELLERİ
  - 3D MODELLEME NEDİR?
  - 3D BASKI TEKNOLOJİLERİNE GENEL BAKIŞ
  - VERİ BÖLÜMLEME VE GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA İLKELERİ
  - TRANSKATETER MİTRAL KAPAKÇIK DEĞİŞİMİ İÇİN 3D BASKI VE SANAL SİMÜLASYON
- 3 3D BASKININ GÜNCEL KISITLAMALARI
- 4 3D BASKININ ÖTESİNDE: BİLGİSAYARLI MODELLEME VE AI'NIN TEMELLERİ
- 5 TEKNOLOJİDE AŞILMASI GEREKEN ZORLUKLAR
- 6 SONUÇ
- 7 KAYNAK

# Giriş

- Yapısal kalp hastalığı (SHD), kardiyovasküler tıpta yeni bir alandır.
- Geleneksel görüntüleme yöntemleri hastalık teşhisi kavramı etrafında yapılandırıldıkları için, SHD müdahalelerinin ihtiyaçlarını desteklemekte yetersiz kalmaktadır.
- SHD müdahaleler, görüntülemenin prosedür içi planlamasını, simülasyonunu ve tahmin edilmesini gerektiren geleneksel görüntüleme kavramlarını bozar.
- Klinik bakım ve prosedür planlamasında 3 boyutlu (3D) baskının uyarlanması, transkateter müdahaleler için erken teşhiste önemlidir.
- Hesaplama modellemenin 3D'ye entegrasyonu baskı, cihaz testinde akışkanlar mekaniğinin araştırma ve geliştirme anlayışını hızlandırdı.
- 3D baskı, hesaplamalı modelleme ve nihayetinde yapay zekanın dahil edilmesi, sağlık uygulamalarının seyrini değiştirdi.

# 3D MODELLEME NEDİR? I

- Üç boyutlu modelleme "hızlı prototipleme veya eklemeli imalat" olarak adlandırılan bir üretim tekniğidir.
- Bu süreç, dijital olarak tanımlanmış geometriler üzerine çok sayıda malzeme katmanı yerleştirerek dijital nesneleri 3D fiziksel kopyalara dönüştürür.
- Üç boyutlu basılı modelleme, bir dizi ardışık adımdan oluşan çok aşamalı bir süreçtir.
- Hastaya özel 3D baskılı modelin üretilmesi, yüksek kaliteli görüntüleme verilerinin alınması ve bunun daha ileri görüntü işleme için uygun bir "Dijital Görüntüleme ve Tıpta İletişim (DICOM)" formatına dönüştürülmesiyle başlar.
- DICOM görüntüleri daha sonra, segmentasyon adı verilen bir süreçte ilgilenilen anatomik vücut parçalarını tanımlamak ve oluşturmak için özel görüntü işleme yazılımına aktarılır.

## 3D MODELLEME NEDİR? II

- Segmentasyonu, 3D hacim oluşturma ve hastaya özel geometrilerin dijital modellemesi takip eder.
- Hastaya özel 3D dijital anatomik modeller, 3D baskıya uygun karmaşık geometrilerin yüzey ağ bilgilerini içeren stereolitografi (STL) dosya formatlarında kaydedilir ve bilgisayar destekli tasarım modellemesi ve hesaplamalı analiz yoluyla ek iyileştirmelere izin verir.

# 3D BASKI TEKNOLOJİLERİNE GENEL BAKIŞ I

- Stereolitografi (SLA), 1980'lerde geliştirilen ilk 3D baskı teknolojisiydi.
- Işığa duyarlı bir sıvı reçine olan temel malzemeyi katman katman bir şekilde işlemek için ultraviyole (UV) lazer kullanır ve 3D bir parça üretir.
- Tasarım gereği, SLA bir modelde yalnızca 1 malzeme kullanabilir.
- Çoğu durumda, daha sonra çıkarılması gereken ekstra destekleyici yapıları yazdırması gerekir.
- SLA, eğitim, öğretim ve akış testi için kardiyak ve vasküler modeller gibi büyük, yüksek doğrulukta ve şeffaf modeller üretmek için idealdir.
- Seçici lazer sinterleme (SLS), naylon, metal ve seramik gibi ısıya duyarlı malzemelerin küçük parçacıklarının katmanlarını birleştirmek için yüksek güçlü kızılötesi lazer kullanan bir teknolojidir.

# 3D BASKI TEKNOLOJİLERİNE GENEL BAKIŞ II

- SLS, kardiyovasküler uygulamalarda yaygın olarak değil, çoğunlukla imalat sanayinde kullanılmaktadır.
- Birleştirilmiş biriktirme modellemesi (FDM), evde veya ofiste masaüstü kullanımına uygun, nispeten düşük maliyetli bir teknolojidir.
- Bir termoplastik filamentin veya metal telin küçük parçalarını eritir ve ekstrüde ederek bunları katmanlar halinde biriktirir.
- FDM, nispeten düşük bir bütçeyle sert ve güçlü modeller üretmek için idealdir.
- Mürekkep püskürtmeli 3D baskı teknolojisi, 2D mürekkep püskürtmeli yazıcıya benzer şekilde çalışır.
- Tam renkli bir 3D nesne oluşturmak için toz katmanlarını birleştirmek ve katılaştırmak için küçük renkli sıvı bağlayıcı damlacıkları biriktirir.
- Inkjet yalnızca tek bir temel malzeme kullanabilir.

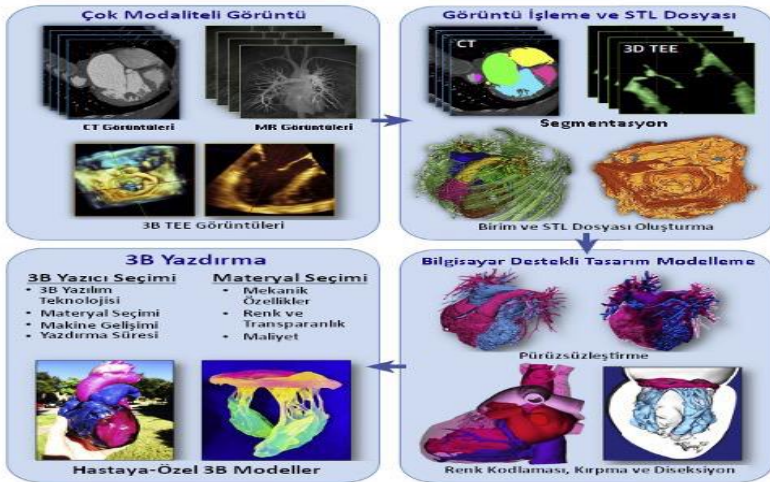
# 3D BASKI TEKNOLOJİLERİNE GENEL BAKIŞ

## III

- Son olarak, Stratasys (Rehovot, İsrail) tarafından geliştirilen Polyjet teknolojisi, bir dereceye kadar SLA ve inkjet teknolojilerinin bir birleşimidir.
- Bir 3D nesne üretmek için UV ile işlenebilen fotopolimerleri katmanlar halinde biriktirir.
- 2 veya daha fazla baz malzemeyi karıştırarak, çok çeşitli renk ve fiziksel özelliklere sahip “dijital malzemeler” ile baskı yapabilir.
- Polyjet, son zamanlarda kalsifik lezyonlu aort kökü gibi sert parçaları olan uyumlu kardiyovasküler modelleri yazdırmak için kullanılmıştır.



Şekil 1 3D Baskı Modelleme İş Akışı



Üç boyutlu (3B) baskı modelleme, görüntüleme kaynaklarıyla başlar. Bilgisayarlı tomografi (BT), 3B transözofageal ekokardiyografi (TEE) veya kardiyak manyetik rezonans (CMR) (üstte, solda), TEEye dışkalı görüntüleme ve ilerişim (DICOM) görüntüleri daha sonra segmentasyon, hacim oluşturma ve stereolitograf (STL) dosyasının oluşturulması (üstte, sağda), STL dosyası bilgisayar destekli olarak işe aktarılır, daha fazla düzeltme, oyuk açma, kırma, renk kodlaması ve diseksiyon için tasarım yazılımı (altta, sağda), Ayarlamalardan sonra, STL dosyası 3D baskı için dışa aktarılır (altta, solda). 3D yazıcı ve 3D baskı malzemeleri istenilen kaliteye göre önceden seçilir, mekanik 3D yazdırılan kopyanın parçaları ve maliyetleri.

# VERİ BÖLÜMLEME VE GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA İLKELERİ

- Medikal görüntülerde ilgili kalp bileşenlerinin sınırlarının çizilmesi işlemine genellikle görüntü segmentasyonu denir.
- Kalbin hesaplamalı modellemesinde ilk ve genellikle en yoğun emek gerektiren adımdır.
- SHD'li hastalarda elde edilen hacimsel DICOM görüntülerini işlemek için özel 3D segmentasyon ve modelleme yazılımı geliştirilmiş ve kullanılmıştır.
- Hesaplamalı modellemede kullanılan kardiyak dokuların materyal özellikleri esas olarak hayvan dokuları ve/veya insan kadavraları üzerinde yapılan in vitro biyomekanik testlerden elde edilir.

**Tablo 1 3B Yazıcı Teknolojileri**

Teknoloji	Yazıcı Materyal	Yazma Tekniği	Artılar ve Eksiler	Uygulamalar
Stereolitografi (SLA)	Işığa Duyarlı Sıvı Reçine	Ultraviyole Lazer Kürleme	Artıları: Büyük, son derece hassas ve çeşitli esnekliğe sahip şeffaf modeller. Eksileri: Tek malzeme baskısı; desteği yazdırmanız gerekiyor yapı, masraflı.	Büyük ve uyumlu modeller illüstrasyon, eğitim ve akış test amaçlı
Seçici Lazer Sinterleme (SLS)	Işığa Duyarlı Parçacıklar	Yüksek Güçlü Kızılötesi Lazer Sinterleme	Artıları: Pürüzsüz yüzey ve dayanıklı model, destek yapısı. Eksileri: Daha pahalı ve daha az erişilebilir, az malzeme baskısı.	Endüstriyel seviyede uygulama
Kaynaşmış Birikim Modelleme (FDM)	Termoplastik Filament veya Metal Tel	Kaynaşmış Birikim	Artıları: Düşük maliyetli, masaüstü kullanıma uygun, kuvvetli model. Eksileri: Pürüzlü/kademeli yüzey kalitesi, tek malzeme baskı.	İllüstrasyon için sert ve güçlü modeller
Mürekkepli	Toz Malzeme (örneğin nişasta, alçı ve sıvı bağlayıcı)	Mürekkep Püskürtmeli ve Sıvı Ciltleme	Artıları: Uygun maliyetli, nispeten hızlı. Eksileri: Pürüzlü yüzey kalitesi, model güçlendirme için uzun bir son işlemeye ihtiyaç duyar, az malzeme baskısı.	İllüstrasyon için karışık renkli modeller
Polijet	Ultraviyole (UV) ile Kürlenebilir Fotopolimerler	UV Basma Lamba Kürleme	Artıları: Çok malzemeli baskı, dijital malzemeler (varyant renkler ve malzeme özellikleri), düz. Eksileri: Pahalı, destek materyali kullanmalıdır, işlem sonrası çıkarılmalıdır.	Varyantlı karmaşık model esneklik ve renk, doku taklit eden modeller

3B = 3 Boyut

**Tablo 2** 3D Baskı için Görüntüleme Teknikleri

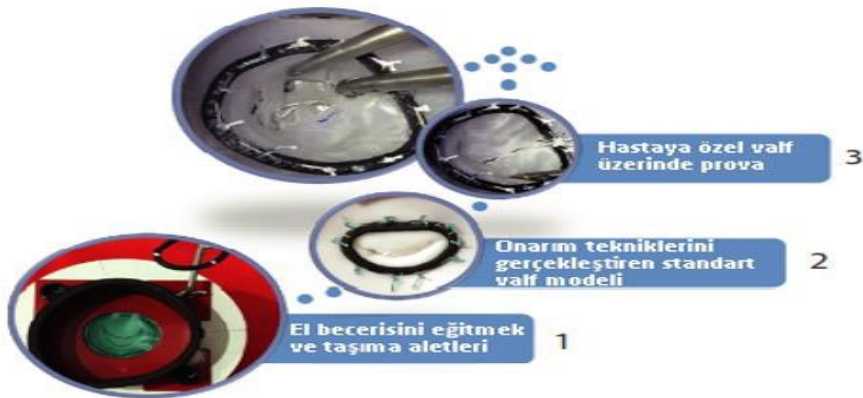
Görüntüleme Yöntemi	Teknoloji	Artıları	Eksileri	Uygulamaları
CT	Kontrastlı EKG tetikleme	Hızlı alım; mükemmel uzaysal çözüm; mükemmel yeteneği kalsiyum görüntüleme; göreceli kolaylık görüntü işleme ve modelleme	İyot kontrast kullanımı; vasat zamansal çözünürlük; iyonlaştırıcı radyasyon; yumuşak dokuların zayıf farklılaşması	Detaylı 3D baskı kalp odalarının yapıları, büyük gemiler, valfler ve koroner arterler ve damarlar
MRI	Yığılmış 2D sinema; serbest nefes navigatör kapalı 3D sinema	Kontrast uygulamasına gerek yok; hayır iyonlaştırıcı radyasyon; iyi uzay ve zamansal çözünürlükler; iyi yumuşak doku karakterizasyonu	Daha uzun satın alma süreleri; daha fazla masraflı; daha düşük uzaysal çözünürlük	Yapılarının 3 boyutlu basımı kalp odaları ve büyük damarlar Pediyatrik hastalarda ve genç hasta yetişkinler
Echocardiography	3D TTE/TEE	Geniş kullanılabilirlik; iyi zamansal çözüm; başucu kolaylığı kazanma; mükemmel yeteneği görüntüleme valfleri; düşük maliyeti	Düşük SNR; sınırlı akustik pencere boyutu; eksik kalp anatomisi görüntüleme	Valflerin 3 boyutlu yazdırılması

BT = Bilgisayarlı Tomografi; EKG = Elektrokardiyogram; SNR = Sinyal-Gürültü Oranı; TEE = Transözofageal Ekokardiyografi; TTE = Transtorasik Ekokardiyogram; 3D = 3 boyutlu.

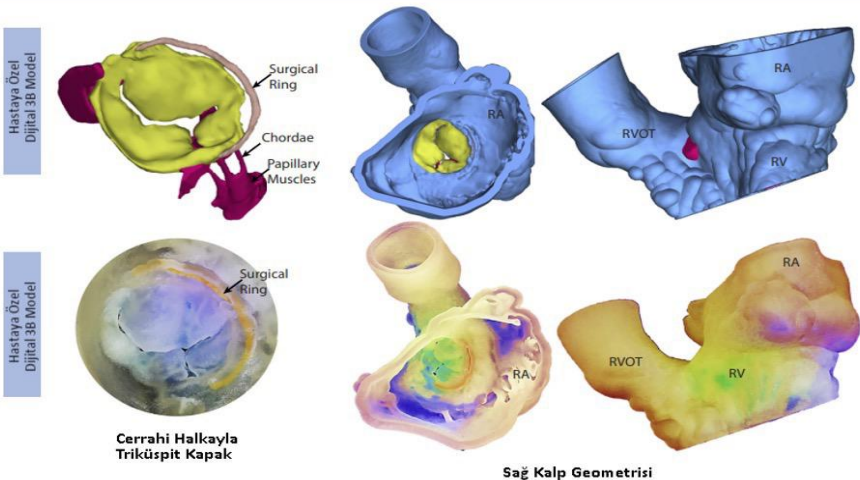
# TRANSKATETER MİTRAL KAPAKÇIK DEĞİŞİMİ İÇİN 3D BASKI VE SANAL SİMÜLASYON

- Transkateter mitral kapak replasmanında (TMVR), "neo"-LVOT'nin (sol ventriküler çıkış yolu) anlaşılması, çıkış obstrüksiyonu riski taşıyan ilgili LVOT anatomisinin hastaya özel 3D baskısında cihazların masaüstü simülasyonu ile başladı.
- Fiziksel 3D baskı, bir iletişim aracı ve TMVR cihazı iniş bölgesinin hastanın mitral düzleminde nerede olacağının görsel testi ve TMVR sonrası neo-LVOT'un ne kadar küçük olacağının görsel bir değerlendirmesi olarak hizmet etti.
- Hastalarda TMVR öncesi ve sonrası prosedürel BT'ler elde edildikten sonra, neo-LVOT kavramı, fiziksel 3D baskıdan sanal 3D baskı kapakçık implantasyonuna ve ilgili trans kateter cihazlarıyla simülasyona geçebildi.

## Şekil 2 Seviyelerini Elde Etmek için 3D Baskı Kılavuzlu Simülasyon Cerrahi Eğitim



Üç boyutlu baskı, hastaya özel üst düzey simülasyon sağlar mitral kapak tamiri için uygun tıbbi görüntüleme verilerinden çıkarılan kapakçıklar veya kardiyak müdahaleler.

**Şekil 3** Triküspit Kapak ve Sağ Kalbin Geometrik, Dijital, 3 Boyutlu Basılması

(Üst sıra) Hastanın sağ atriyumu (RA), sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT), dejeneratif triküspitin üç boyutlu (3B) bilgisayar destekli tasarım simülasyonu, halka ve halka altı anatomik yapılar. (Alt sıra) Hastanın sağ kalp geometrisinin farklı malzemelerin bir karışımından üretilmiş 3B baskılı modeli. RV = sağ karıncık.

# 3D BASKININ GÜNCEL KISITLAMALARI

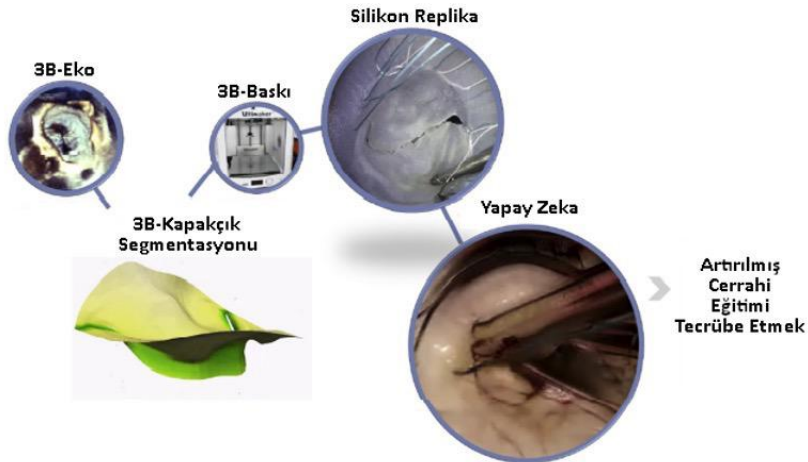
- İdeal olarak, 3 boyutlu basılmış bir kardiyovasküler model, canlı organın hem görünümünü hem de mekanik özelliğini taklit etmelidir.
- In vitro cihaz testi ve/veya prosedür simülasyonu için, tercihen 3D baskılı model aynı zamanda bir kalp döngüsü boyunca hedef kardiyovasküler organın dinamik davranışını da taklit etmelidir ancak bu materyallerin biyolojik dokuların doğrusal olmayan ve anizotropik davranışlarını taklit etmedeki yetersizlikleri nedeniyle biyolojik dokulara mükemmel şekilde uyan materyalleri bulmak hala zordur.
- Bu tür teknolojiler henüz emekleme aşamasındadır ve yüksek düzeyde aktif kuvvet uygulayan hızlı atan bir kalbi simüle etmek için uygun değildir.



# 3D BASKININ ÖTESİNDE: BİLGİSAYARLI MODELLEME VE AI'NİN TEMELLERİ

- Statik 3D baskılı modeller, hızlandırılmış süreç araştırma ve geliştirme ekiplerinin şu anda yeni cihaz konseptinden perkütan solüsyonların klinik ortama ulaştırılmasına kadar geçen süreyi azaltmak için başvurduğu bir yöntemdir.
- Statik baskılar, perkütan kalp kapakçık cihazları ve uygulama sistemleri ,ideal test ortamını simüle etmek için hastaya özel basınçlı hemodinamik koşullar altında işlevsel 3D baskılı modellere dönüşmüştür.
- Hesaplamalı simülasyon genellikle sonlu elemanlar analizi (FEA) ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) gibi sayısal analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilir.

## Şekil 4 Cerrahi Eğitimde Hiperrealizm

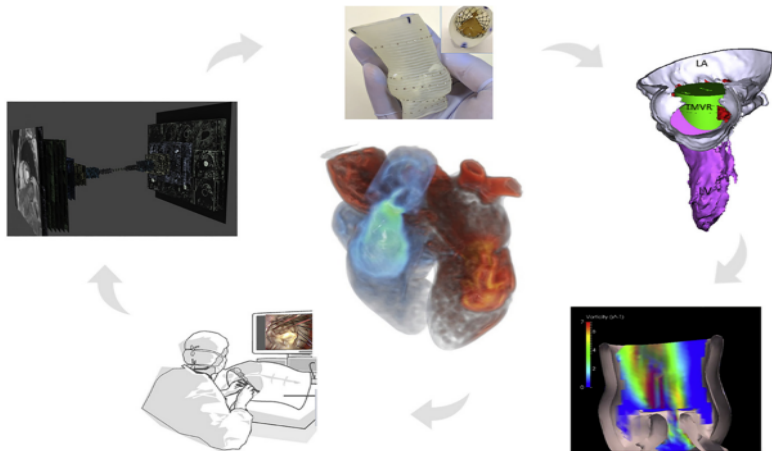


3 boyutlu (3B) görüntü alımının sanal görüntü segmentasyonuna uygulanması, fiziksel bir 3B baskı yapılması ve ardından silikon arttırılmış bir cerrahi eğitim deneyimi oluşturmak için yapay zekanın dahil edilmesiyle replika üretimi.

# TEKNOLOJİDE AŞILMASI GEREKEN ZORLUKLAR

- Yapay zekanın gerçek dünyadaki uygulamasındaki ana zorluk, büyük miktarda yapılandırılmamış klinik verinin varlığıdır.
- Veri toplamının temel taşı, uygun kaynak görüntü biçimlendirmesi, sunucular arasındaki dosya dönüşümlerinin uyumluluğu ve doğrudan öğrenme bulutuna yükleme yeteneğidir.
- Yüklenen veriler buluttaki mevcut veri kümelerine dahil edildikten sonra, daha yalın süreçler oluşturmak için yeni veriler kullanıldıkça AI algoritmaları etkinleştirilecek ve geliştirilecektir.

**MERKEZİ RESİM** Tıbbi Modernize Etmek



Prosedürel simülasyon, sıvı modelleme ve yapay zeka dahil olmak üzere fiziksel ve sanal 3B baskının transkatetere entegrasyonu müdahaleler, klinik eğitim, cihaz geliştirme ve hasta merkezli bakımın optimizasyonunun bir sonraki dalgasıdır.

# SONUÇ

- Müdahalelerde SHD içinde 3D baskı, bilgisayar simülasyonu modelleme ve derin öğrenmenin rolü vardır.
- Bu teknolojilerin erken uygulanması, yeni cihaz teknolojilerinin piyasaya sürülmesiyle tanık olunan erken operatör öğrenme eğrisini azaltma potansiyeline sahiptir.
- Gelecekteki hesaplamalı modelleme ve derin öğrenme uygulamaları, hasta prosedürü ve hasta veri güvenliğinin tıbbi kayıtlara ve tıbbi veri toplama paylaşım platformlarına entegrasyonunu gerektirecektir.
- Multimodalite kardiyovasküler görüntülemenin geleceği, kardiyak patofizyolojinin klinik bilgisinin biyomedikal mühendislerinin teknik uzmanlığı ve bilgisayar bilimcilerinin yazılım geliştirme bilgisi ile bütünleştirilmesini gerektirecektir.

## Öne Çıkanlar

- Kalbin derinlemesine anlaşılması için yapısal kalp müdahaleleri gerektirir.
- Erken operatör öğrenme eğrisi için yeni teknoloji uyarlamasında 3D baskı azaltabilir.
- Hesaplamalı akışkan modellemesi, dinamik fiziksel öykünme potansiyeli ve kalbin fizyolojik özellikleri.
- Hastaya özel anatomik replika prosedürel simülasyon eğitimi ve AI uygulaması için potansiyel vardır

# KAYNAK

- Makale: [1]



Marija Vukicevic Sandy Engelhardt Arash Kheradvar Chuck Zhang Stephen H. Little Johan Verjans Dorin Comaniciu William W. O'Neill Mani A. Vannanb Dee Dee Wang, Zhen Qian.

3d printing, computational modeling, and artificial intelligence for structural heart disease.

: *CARDIOVASCULAR IMAGING*, 14(1):1–20, 2021.