

KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TIP

Biyobaskılama, Doku ve Organ Basımı, Organ Yedekleri

Prof. Dr. PhD. Nilgün BOZBUĞA

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

KALP DAMAR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

DEĞİŞİM

Çağdaş Tıp

Hasta odaklı sağlık anlayışının hakim olması

Tanı teknolojilerinde gelişmiş yeni yöntemler kullanılması

Disiplinlerarası yaklaşım

Bilişimin sağlık bilimlerinde önemi

Kişiselleştirilmiş Tıp

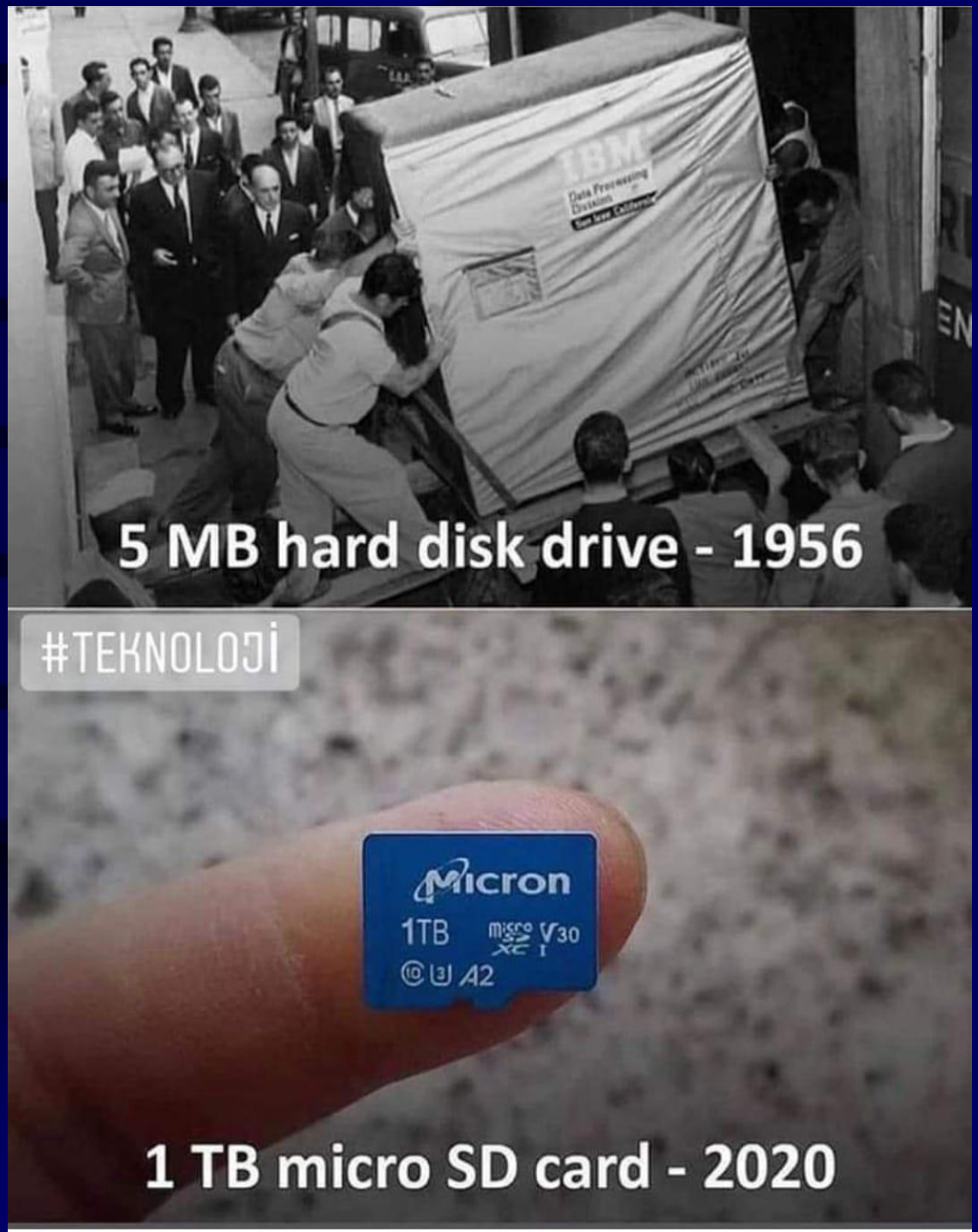
DÖNÜŞÜM

- Endüstri 4.0
- Sağlık 4.0
- Toplum 5.0

DÖNÜŞÜM

- Dijital teknoloji olanaklarıyla, yeni bir dönem "**Endüstri 4.0**" başlamıştır. **Endüstri 4.0**, modüler yapılı akıllı dijital üretim alanlarında fiziksel işlemleri siber-fiziksel sistemlerle izleyerek, nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişime geçmektedir.

- **Endüstri 4.0** dönemiyle birlikte Endüstri 4.0 sistemlerine uyumlu bilgi toplumu "**Toplum 5.0**" başlamıştır.


IBM
Data Processing Division
5 MB hard disk drive - 1956
#TEKNOLOJİ
Micron
1TB
V30
A2
1 TB micro SD card - 2020

TIP BİLİŞİMİ

Tıp Bilişimi (*medical informatics*)

Akıllı sistemlerle sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesi, sinerji yaratarak bütünleşik sağlık sistemine geçişi desteklemektedir.

TIP BİLİŞİMİ

Tıp Bilişimi

Bilgi yönetimi ve iletişimin çok yönlü bakış açılarıyla sağlık hizmetleri sunumunda kullanılması

Yenilikçi sağlık uygulamalarının sağlık hizmetlerine kattığı bilimsel ve teknik özelliklerle desteklenen

Sağlık kavrayışında yapısal köklü değişikliklere yol açan çok yönlü dijital bir yönelim ve dönüşümdür.

Quo vadis medicine?

- Nüfus artışı
- Nüfusun yaşlanması
- Kronik hastalıkların yaygınlaşması, görülme sıklığınında artış
- Sağlık hizmetlerine ve tıbbî ürünlere olan talep artışı
- Tıbbî cihaz ve tıbbî malzemelere erişim ve zamanlama sorunları

DÖNÜŞÜM

- Endüstri 4.0 uygulamaları, çağdaş tıp uygulamalarında köklü değişiklikler yaratmakta
- 3-boyutlu anatomik modelleme yoluyla hastaya özel olarak tasarlanmış vücut içi implant ve protezler, özel tasarımlarla üretilmekte
- 3-boyutlu yazıcılarda üretilen protezler, doku mühendisliği uygulamalarıyla yapay organ, kişiselleştirilmiş cerrahi uygulamalarıyla ameliyatların başarı oranını arttırmakta

SAĞLIK ALANINDA DÖNÜŞÜM

1. Hastaya özgü tedavi
2. Moleküler biyoloji ve genetik
3. Biyoteknoloji
4. Biyoinformatik
5. Robotik teknoloji
6. Tele-Tıp
7. Tanı, test, dijital görüntüleme, biyomedikal cihazlar
8. Akıllı hastane
9. Yapay zeka ve makine öğrenmesi

SAĞLIK ALANINDA DÖNÜŞÜM

- Kanıta Dayalı Tıp (*Evidence-base Practice*) 1992
- Kişiselleştirilmiş Tıp (*Personalized Medicine*) 2002
  (*Precision Medicine*)

KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TIP

- Sağlık girişimlerinin sonuçları açısından (fayda/risk) bireyler arasında bulunan farkların anlaşılması ve toplumsal çeşitliliğin (genetik ve çevresel) önceden hesap edilmesidir.
- Klasik tıp, tek ölçüt ve doz uygunluğu temeline dayanır.
- Kişiselleştirilmiş tıp, doğru zamanda, doğru hasta için uygun tanıya yönelik, uygun dozda ve uygun tedavi yaklaşımıdır.
- Theranostik = kişisel tanı ve terapiler

KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TIP

- HASTALIKLAR SINIFLANIYOR
- RİSK ALTINDAKİ BİREYLERİ BELİRLEME
- YENİ İLAÇ HEDEFLERİ
- TEDAVİ YANITLARI ÖNGÖRME
- İLAÇ YAN ETKİLERİNİ ÖNGÖRME
- KİŞİYE ÖZEL PROTEZ VE İMPLANT TASARLAMA

DOKU MÜHENDİSLİĞİ

Doku mühendisliği, mühendislik ve yaşam bilimleri prensiplerini kullanarak, doku ve organların fonksiyonlarını yerine getirmek, destek olmak, ya da tamamen yerini almak üzere tasarlanan biyolojik sistemler geliştiren disiplinler arası bir bilim ve teknoloji alanıdır.

ÇAĞDAŞ TIP

- **2010 -**

  Kök hücre, doku mühendisliği

  Gen terapi



  Yapay organ

  3-boyutlu yazıcılar

  Kişiye özel protez



ANATOMİK MODELLEME

Anatomik Modelleme

Morfometrik olarak canlı varlıkların anatomik özelliklerinin uygun ortamlarda 3B olarak temsilinin oluşturulmasıdır.

ANATOMİK MODELLEME

Anatomik Model

Sayısallaştırılmış medikal görüntülerinden hazırlanan 3B kişiye özgü anatomik yapıyı oluşturan bireysel farklılıkları kantitatif olarak yansıtacağı kişiselleştirilmiş ürün

GÖRÜNTÜ İŞLEME

- Anatomik bölgenin BT ve/veya MR görüntüleme yönteminden elde edilen aksiyal, sagittal ve koronal kesitlerden elde edilen 2-boyutlu görüntü verileri ***DICOM*** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) formatında kaydedilir.

- Verilerle bölgenin 3-boyutlu rekonstrüksiyonu yapılır.

GEOMETRİK MODELLEME

- Modellemede en çok kullanılan yöntemlerden biri geometrik modellemedir. Bu yöntemin bulunmasının amacı, önceleri sadece araçların modellenmesini yaparak CNC makinaları yardımı ile daha kolay üretimini sağlamak olmuştur, (Bézier, 1970; de Casteljau, 1986).
- Pixar™ stüdyolarının üretiminde bulunan animasyon filmlerindeki karakterler geometrik modelleme yöntemi ile tasarlanmaktadır.

GEOMETRİK MODELLEME

n. mertebedenbir Bernstein polinomu$0 < n \in$ $\mathbb{N}$olmaküzere

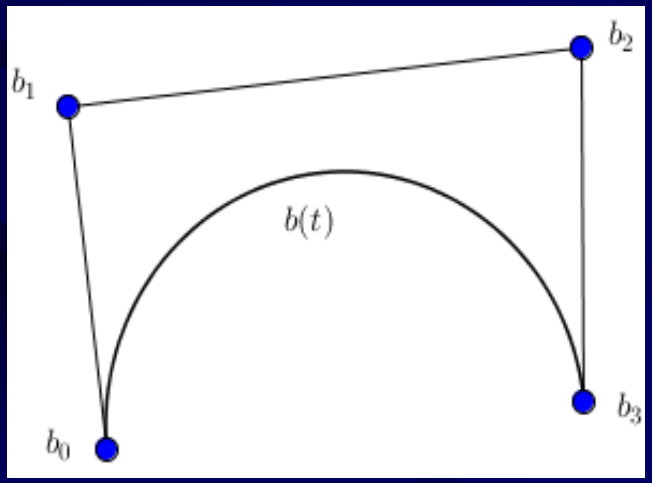
$$B_i^n(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \qquad (i = 0, 1, \dots, n), t \in [0, 1]$$

şeklindeifadeedilirve$\binom{n}{i}$kombinasyonsembolüdür.

GEOMETRİK MODELLEME

P_i, 3 boyutlureel uzayınnoktalarınıgöstermeküzere,

$$b(t) = \sum_{i=0}^{n} B_i^n(t) P_i$$



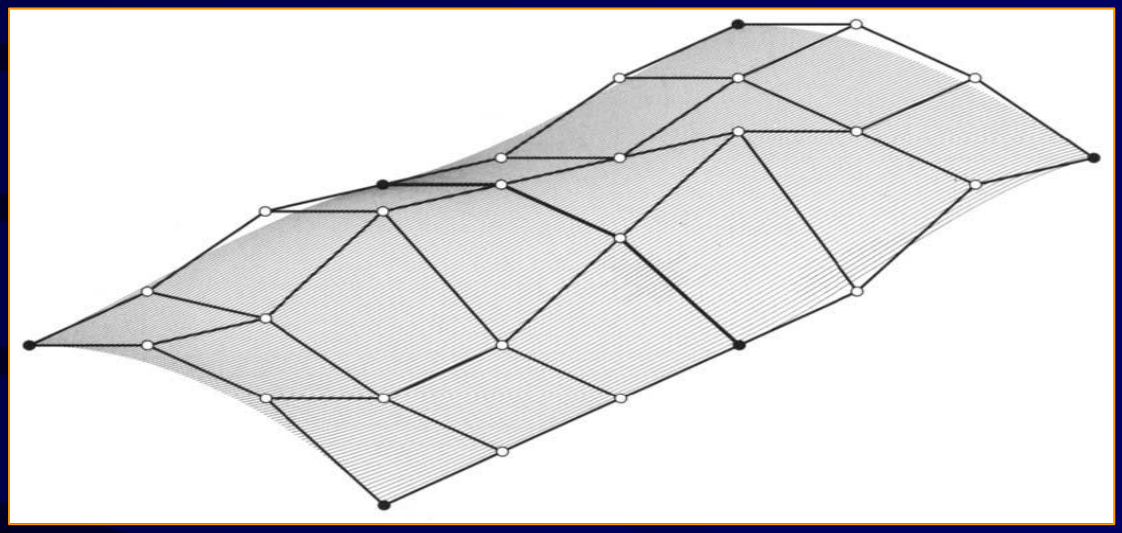
Dört kontrol noktası ile bir Bézier eğrisi

GEOMETRİK MODELLEME

(m,n) mertebedenbirRasyonelBézieryüzeyi,

w_{ij},lernokta ağırlıklarıbelirtmeküzere

$$r(u,v) = \frac{\sum_{j=0}^{m}\sum_{i=0}^{n} w_{ij} B_j^m(u) B_i^n(v) P_{ij}}{\sum_{j=0}^{m}\sum_{i=0}^{n} w_{ij} B_j^m(u) B_i^n(v)}$$



İki Bézier yüzey yamasının birleşimi


PIXAR


©Disney/Pixar

Kişiye Özel İmplantlar

Kişiye özel tasarlanan implantların ve protezlerin

- Kimyasal olarak biyouyumlu
- Sitotoksik olmayan
- İmmünolojik reaksiyona yol açmayan
- Alerjik özellik taşımayan
- Karsinojenik olmayan materyalden üretilmesi gerekir.

Kişiye Özel İmplantlar

Kişiye özel tasarlanan implantlar ve protezler

- Fizyolojik ve geometrik özelliklerini zaman içinde yitirmemeli,
- Kalıcı fiksasyon yapmaya uygun yapıda olmalı,
- Ameliyatta teknik açıdan takılması kolay ve pratik olmalı,
- Ameliyat sonrasında hastayı rahatsız etmemelidir.

Biyouyumlu Malzemeler

- Kişiye özel implant ve protez üretiminde kullanılan, kendisini çevreleyen dokularda reaksiyon oluşturmayan, değişime yol açmayan biyouyumluluğu yüksek olan malzemeler
  - Metalik
  - Seramik
  - Polimerik
  - Kompozit biyomalzemeler olarak 4 grup altında toplanmaktadır.

Biyouyumlu Malzemeler

Metalik Malzemeler

- Titanyum ve titanyum alaşımları, paslanmaz çelik, kobalt-krom alaşımları, kobalt-krom-molibden alaşımları, altın, gümüş vb. madenlerdir.
- Kristal yapıları ve sahip oldukları güçlü metalik bağlar nedeniyle üstün mekanik özelliklere sahiptir.
- Ancak uzun süreli kullanımlarda metalik malzemelerin aşınma ve korozyon dirençlerinin düşük olması sorunu ortaya çıkmaktadır.

Biyouyumlu Malzemeler

Seramik Malzemeler

- Alümina zirkonya, hidroksiapatit, biyoaktif cam vb. malzemelerdir.
- Yorulma ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalarına karşın esneklikten yoksun, kırılgan ve düşük mekanik güce sahiptirler.

Biyouyumlu Malzemeler

Polimerik Malzemeler

- Silikon, kauçuk, poliester, politetrafuloroetilen malzemelerdir.
- Esnek ve üretimi kolay olmasına karşın sağlam değillerdir; zamanla deforme olup bozulabilirler.

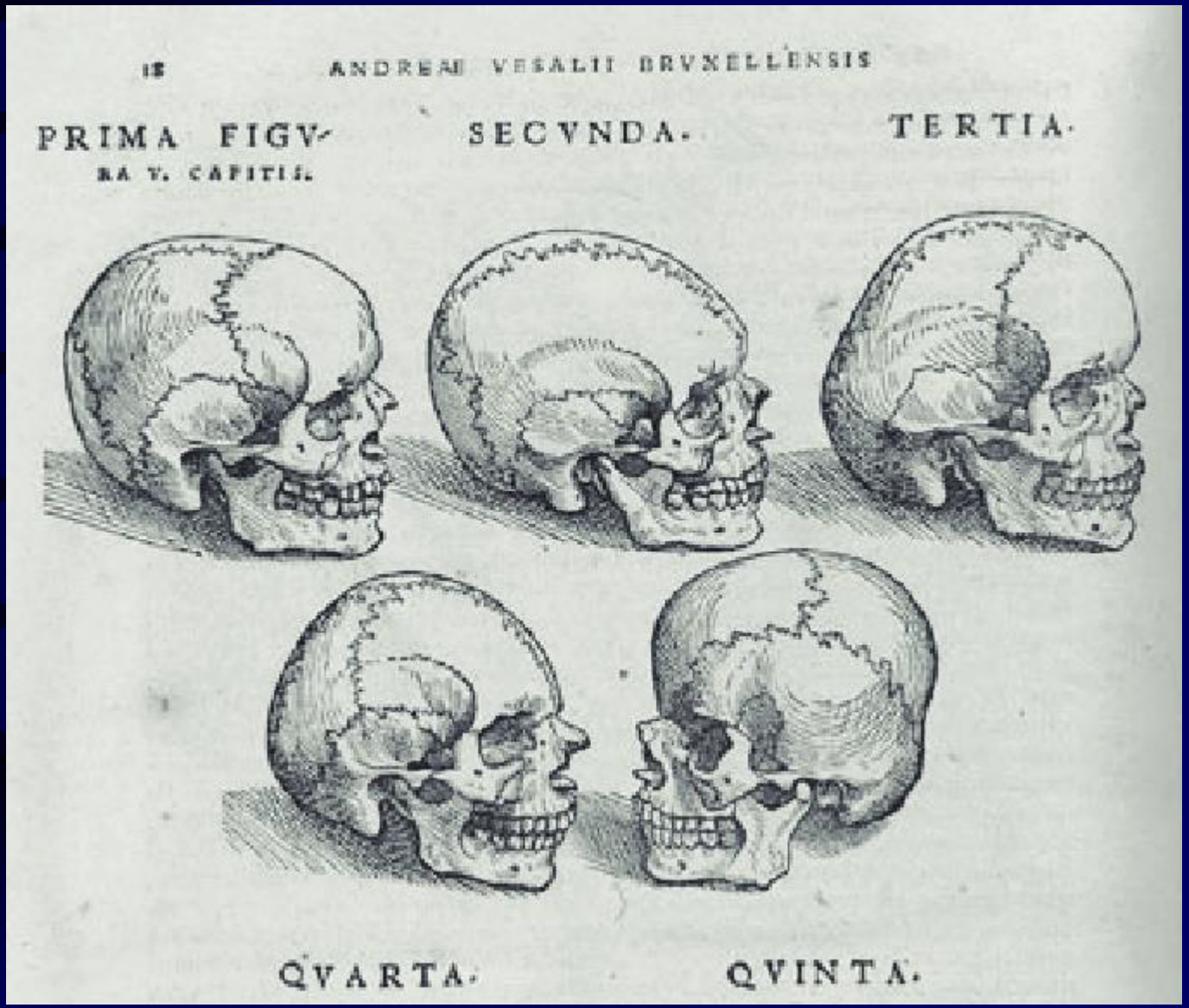
Biyouyumlu Malzemeler

Kompozit Malzemeler

- Karbon, karbon fiber malzemelerdir.
- Kuvvetli olmalarına karşın üretimleri zordur .

Kemik Doku-Eklem Modelleme

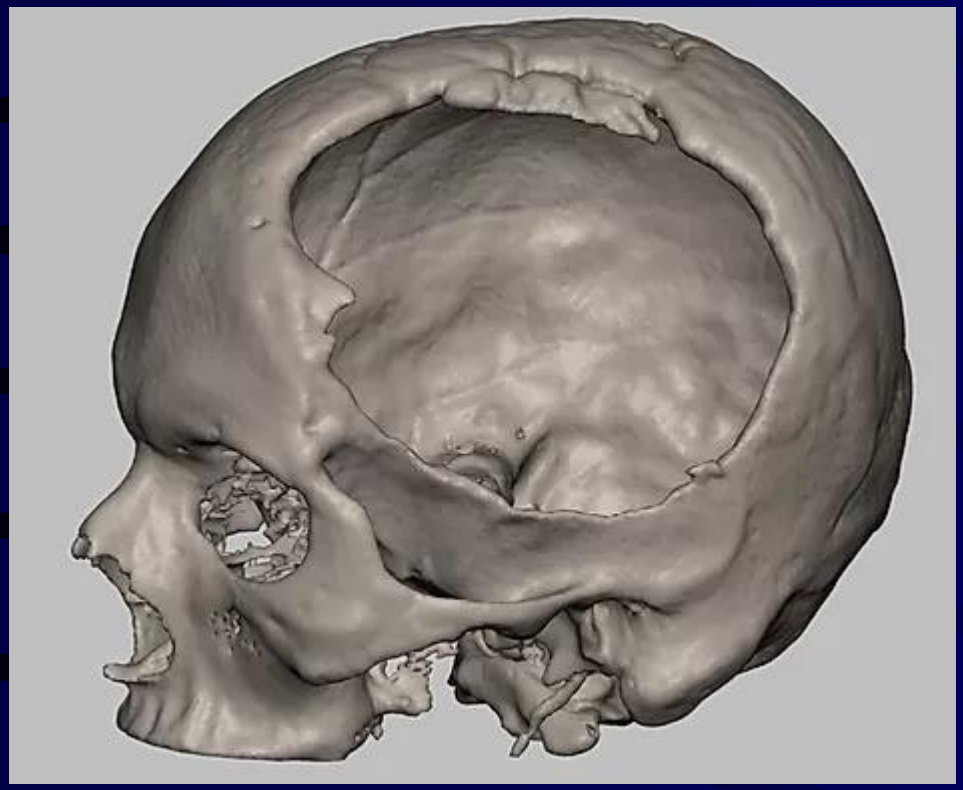
- Kemik defektleri veya kemik dokularda eksikliğe yol açan kalıtımsal anomaliler, yaşa bağlı patolojiler, malignite, trafik kazaları, ateşli silah yaralanmaları, vb. nedenlerle kemik doku eksiklerini destekleyen veya yerine geçen biyouyumlu, enfeksiyona yol açmayan fiziksel dayanıklığa sahip implantlarla giderilmektedir.

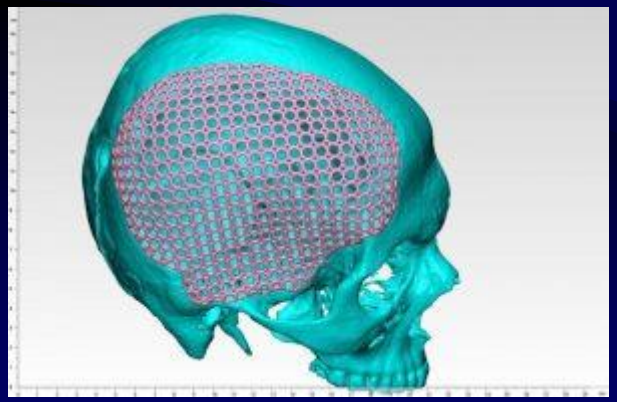


De Humani Corporis Fabrica, Andreas Vesalius, 1543
Kraniyosinostoz

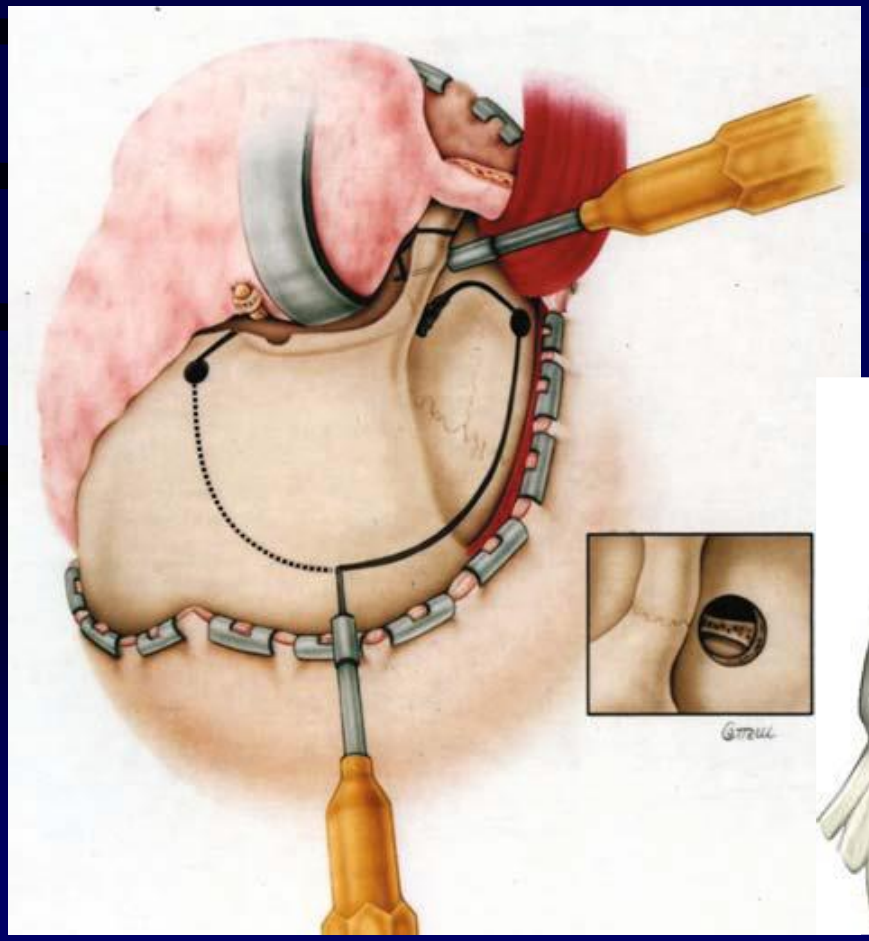
Kemik Doku-Eklem Modelleme

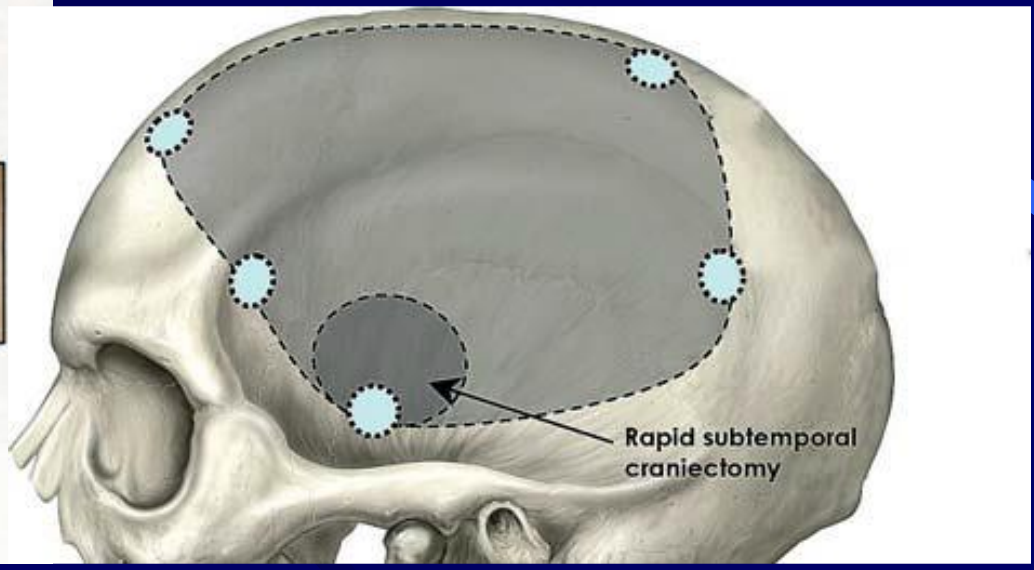
- Kemik, sinir, damar ve kıkırdak gibi yapılar vücut tarama cihazları (CT, MR) ile görüntülenerek, 2-boyutlu görüntüler özel yazılımlar kullanılarak 3-boyutlu verilere dönüştürüldükten sonra, anatomik modelleme aracılı özel tasarımlarla, kemik yapıya uygun esnekliğe ve dirence sahip materyallerle kişiye özel implantlar ve kişiye özel protezler üretilmektedir.










Rapid subtemporal
craniectomy

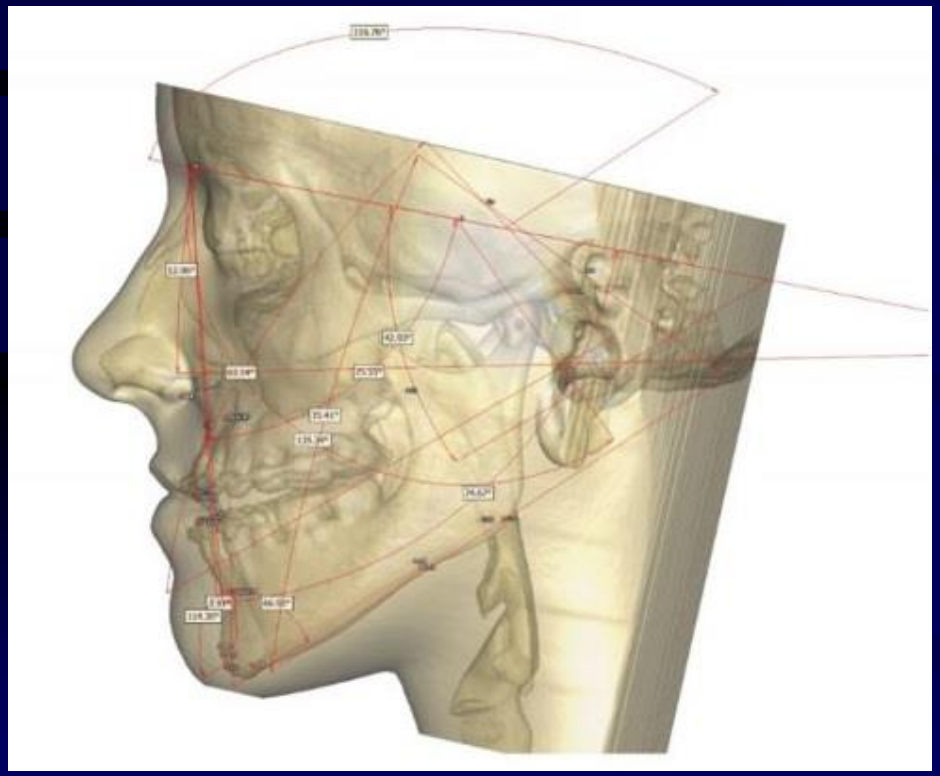
Kemik Doku-Eklem Modelleme

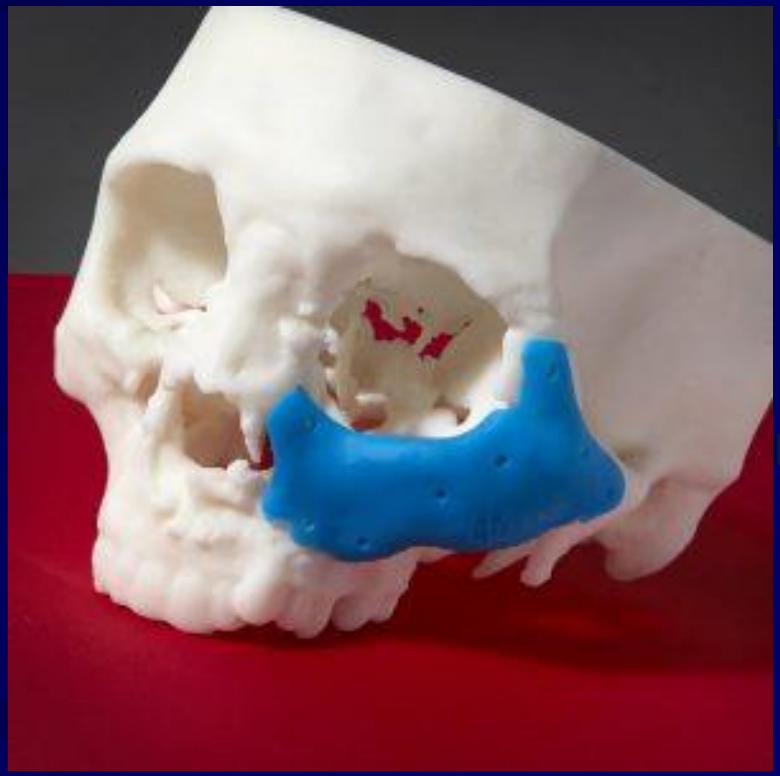
- Kraniyal (baş), kraniyofasiyal (kafa-yüz), orbitofasiyal (göz-yüz), maksillofasiyal (çene-yüz) bölgede gelişen anomali ve defektler bölgesel beyin, göz, ağız, yutak bölgesi organların fonksiyonlarında ciddi kısıtlamalara ve estetik bozukluklara yol açmaktadır. Bu bölgelerde yapılacak rekonstrüktif cerrahi girişimlerde defektlerin ayrıntılı anatomik modellemesi ve defekte birebir uygunluk gösteren kişiye özel implantlarla, kişiselleştirilmiş cerrahi uygulanması gerekir.

























KARDİYOVASKÜLER MODELLEME

- Kalp damar anatomisi ve cerrahisinde iki tür matematik modelleme kullanılabilir.
  - Akım ve sıvı dinamiklerinin modellenmesi için **fiziksel tabanlı matematik modelllemeler** kurgulanabilir.
  - Yapısal modelleme için kalbin BT ve/veya MR teknikleri ile 3B görüntüleme çalışmalarından elde edilen verilerle **geometrik modellemeler** yapılabilir.

Kardiyovasküler Modelleme

Anatomik modelleme yöntemi

- Kalbin 3B görüntüleme verilerle
- Kalbin geometrik yapısının
- Biyomekaniğinin çözümlenmesinde

- Kardiyovasküler anomalilerin düzeltim girişimlerine
- Kalp kapak replasman ameliyatlarına uyarlanabilir.

Kardiyovasküler Modelleme

Geometrik modellemede

- Kalbin BT ve/veya MR görüntüleme
- Kardiyak kateterizasyon ve anjiyografi
- 3B EKO

3-boyutlu baskı örnekleri alınabilir.

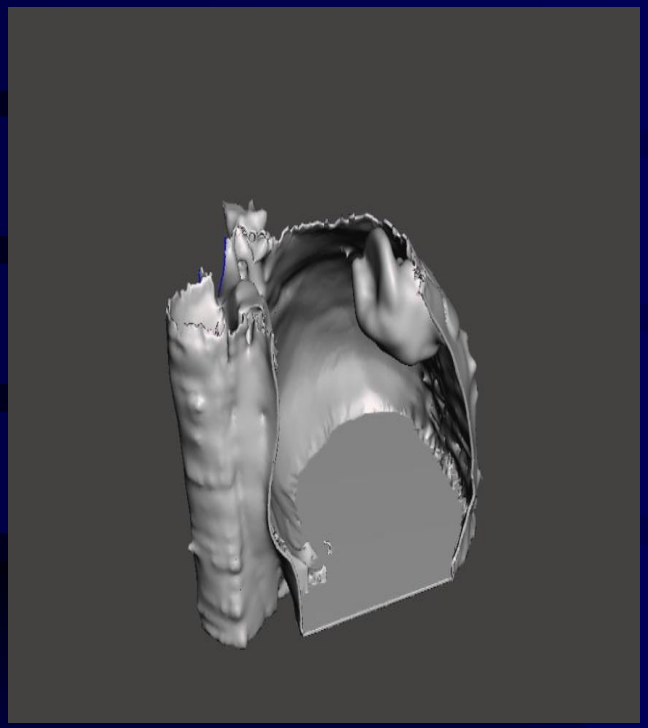
Kardiyovasküler Modelleme

Anatomik modelleme yöntemi, kalbin 3-boyutlu görüntüleme çalışmalarından elde edilen veriler

Kalbin geometrik yapısının ve biyomekaniğinin çözümlenmesinde,

Kardiyovasküler anomalilerin düzeltim girişimlerinde,

Kalp kapak replasman ameliyatlarında uyarlanabilir.

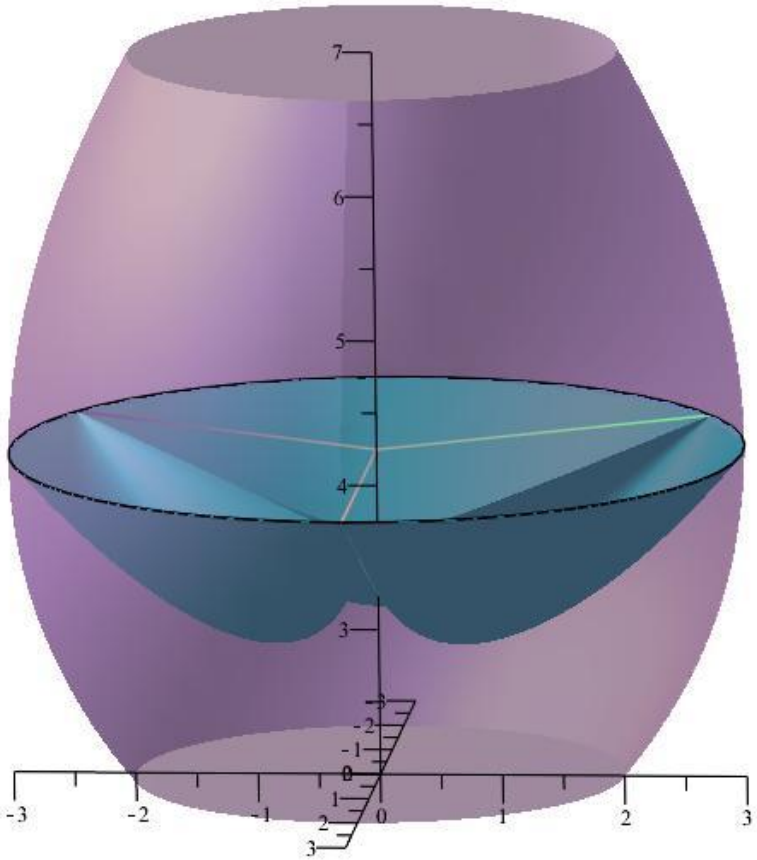




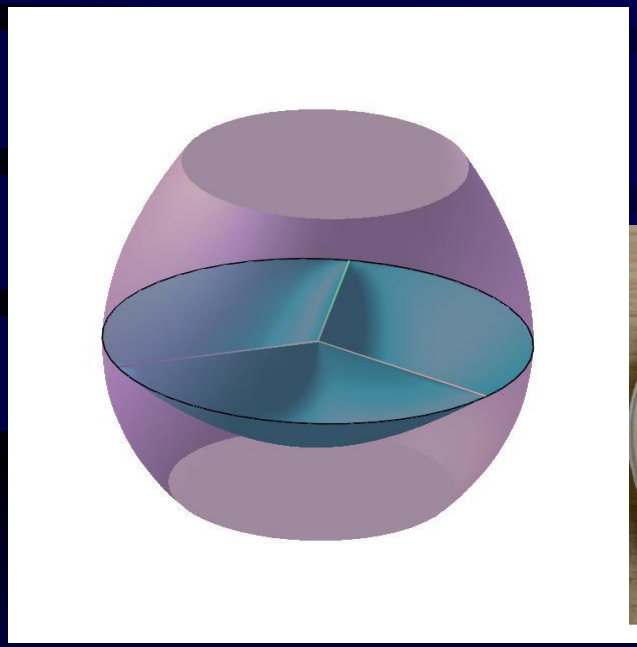
3-boyutlu modellenerek baskı alınmış sağ atrium içinde metastatik kalp tümörü
(İstanbul Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı arşivi)

AMAÇ

Kardiyovasküler doku mühendisliği alanında; Bézier yaklaşımıyla 3B modelleme, 3B biyobaskı ve biyomimetik kültürün bir arada gerçekleştirilmesiyle, kişiye özgü canlı ve fonksiyonel biyobaskı yöntemi ile aort kapağı üretimini.

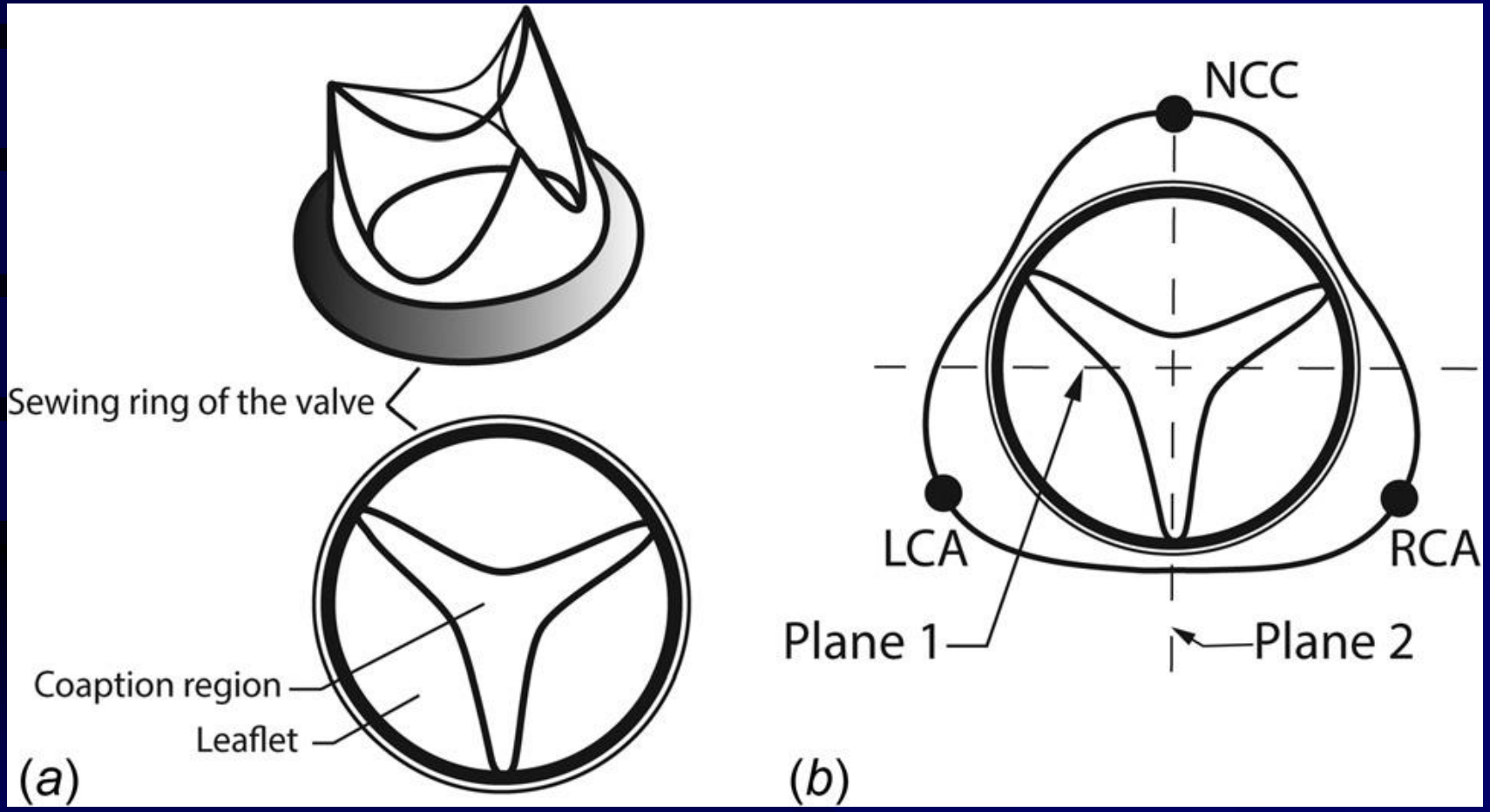

7
6
5
4
3
-3
-2
-1
0
1
2
3

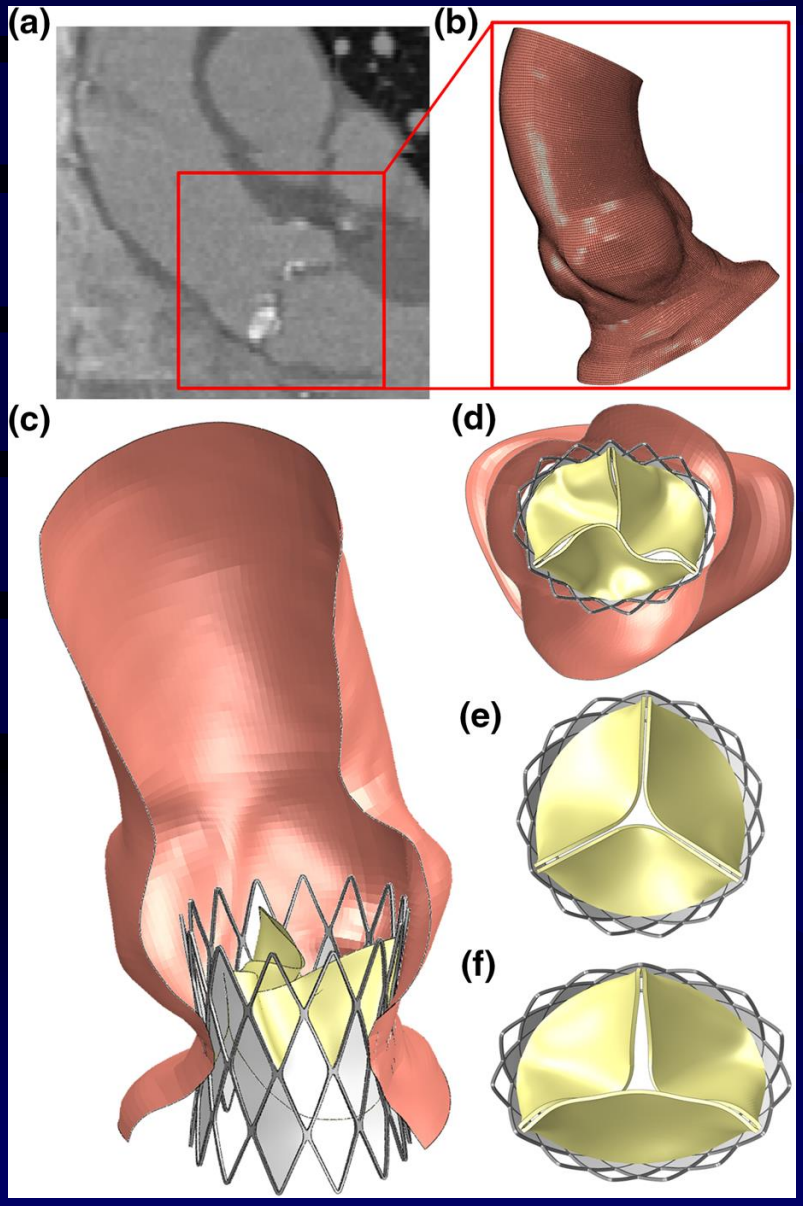
Aort kapak modeli

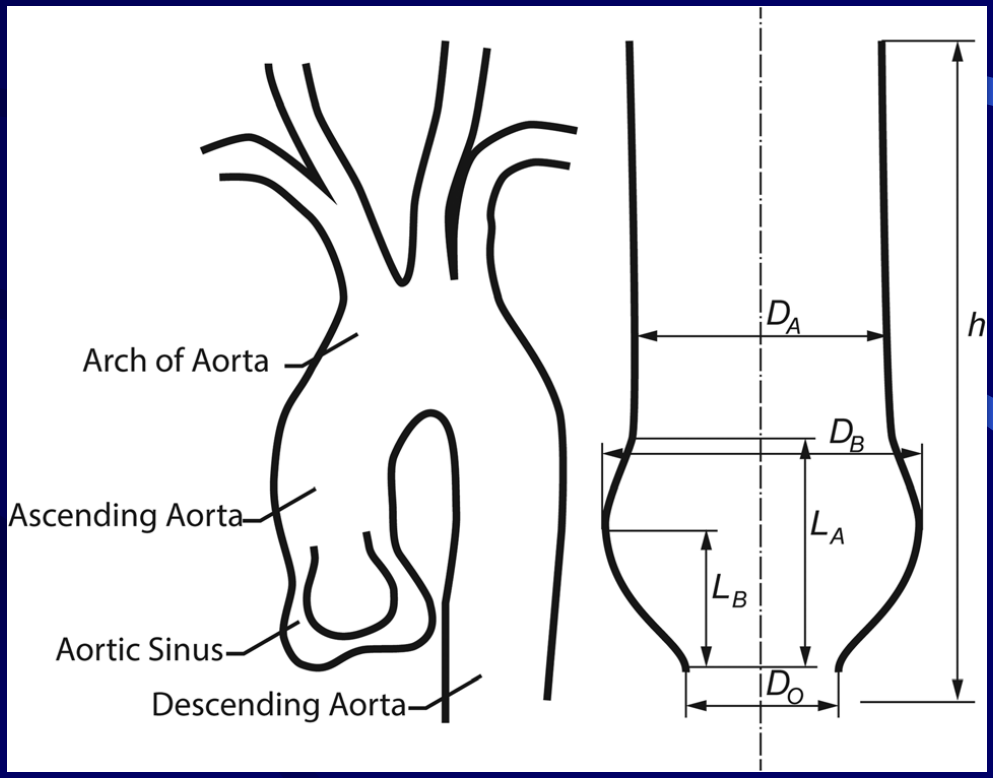




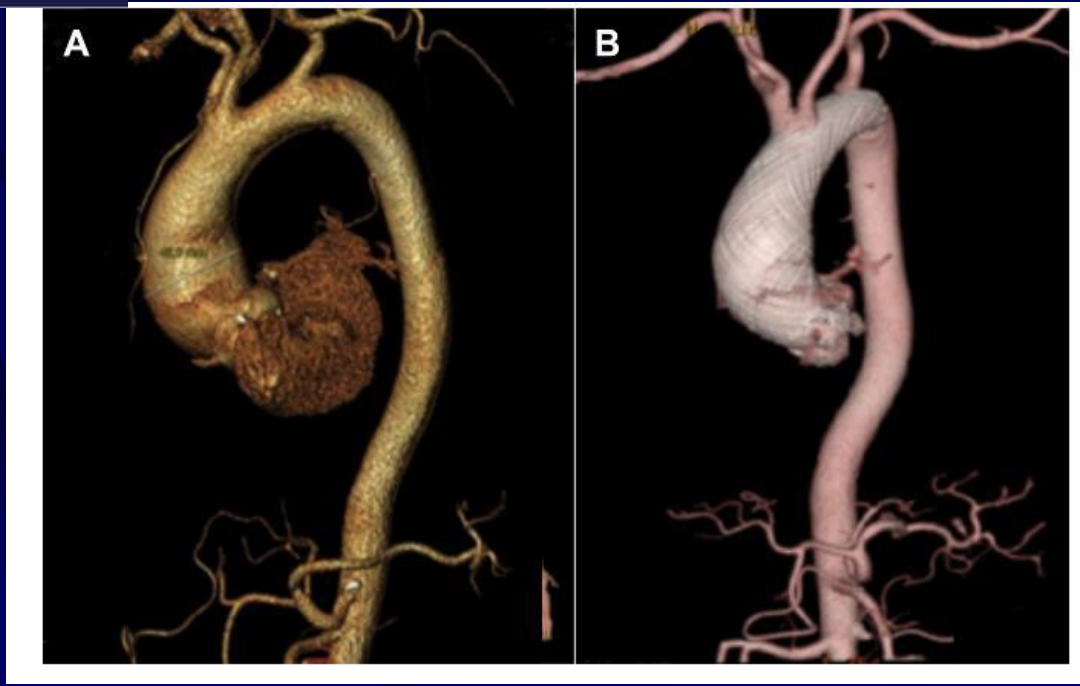
Aort kapak modelinin 3-boyutlu yazıcıdan alınan yumuşak filamentten çıktısı


Sewing ring of the valve
Coaption region
Leaflet
(a)
NCC
LCA
RCA
Plane 1
Plane 2
(b)

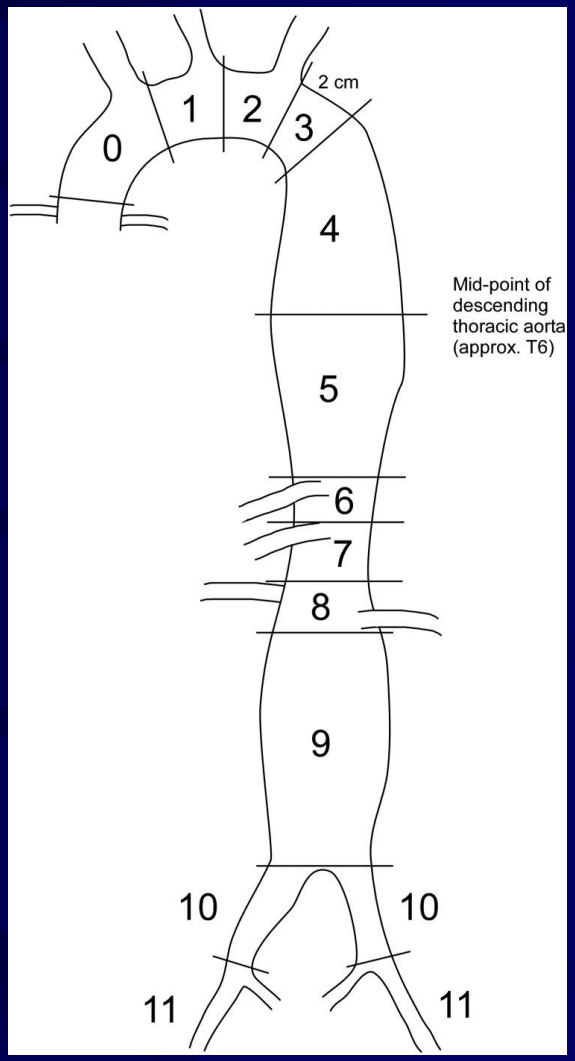

(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)

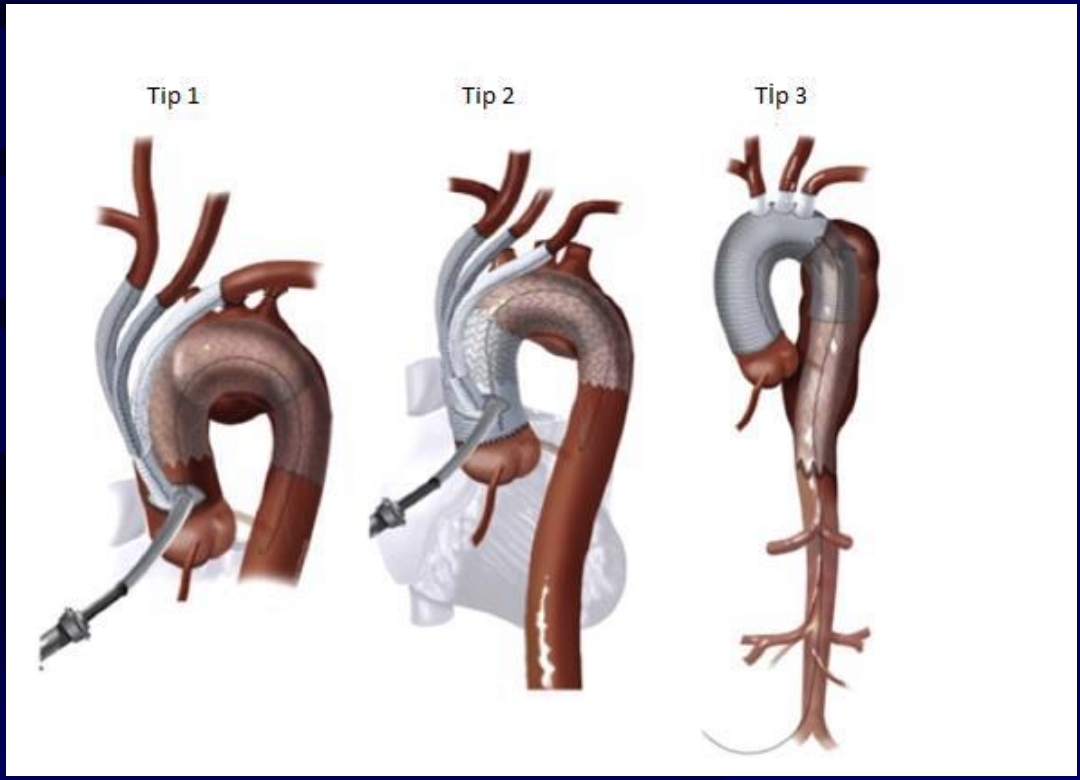

Arch of Aorta
Ascending Aorta
Aortic Sinus
Descending Aorta
D_A
D_B
L_A
L_B
D_O
h

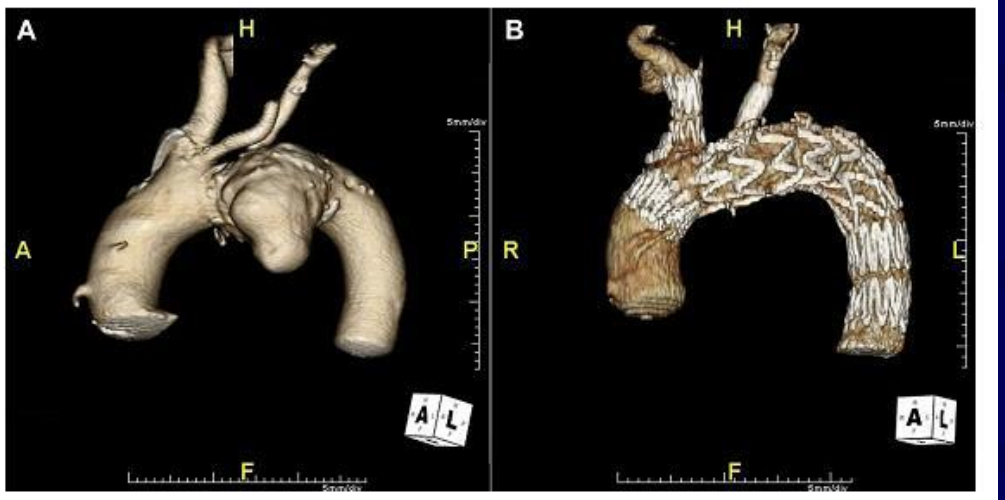

43.8 mm (3D)
33.4 mm (3D)
32.1 mm (3D)
27.6 mm (3D)
37.5 mm (3D)
49.9 mm (3D)
23.0 mm (3D)


A
B



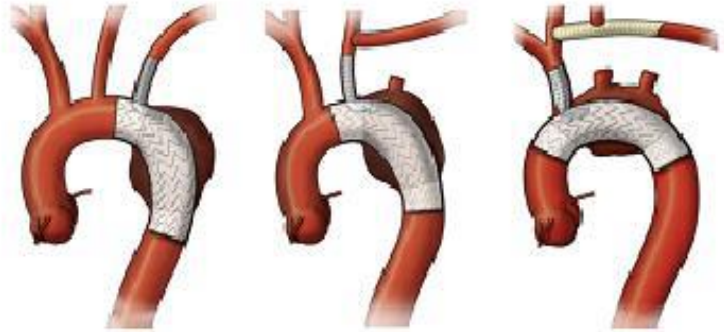

2 cm
0
1
2
3
4
Mid-point of descending thoracic aorta (approx. T6)
5
6
7
8
9
10
10
11
11

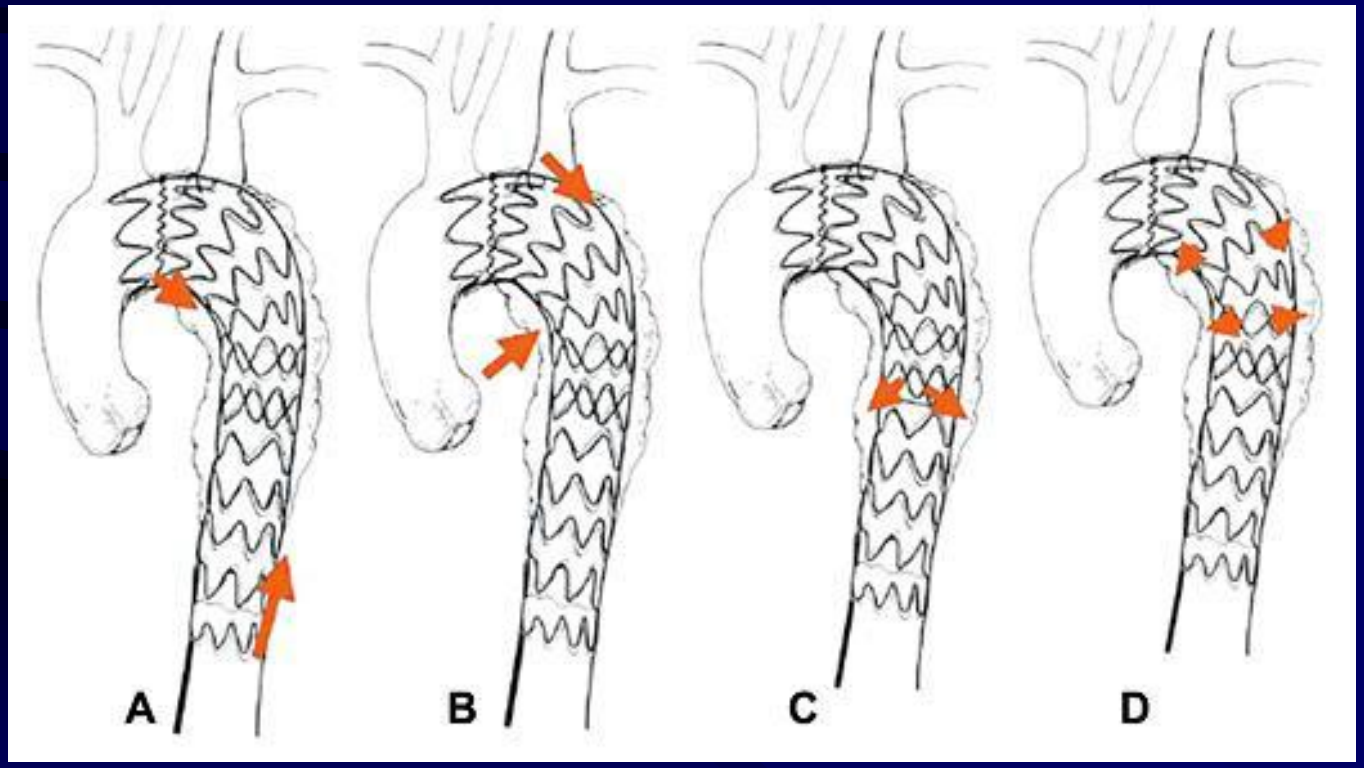

Tip 1
Tip 2
Tip 3

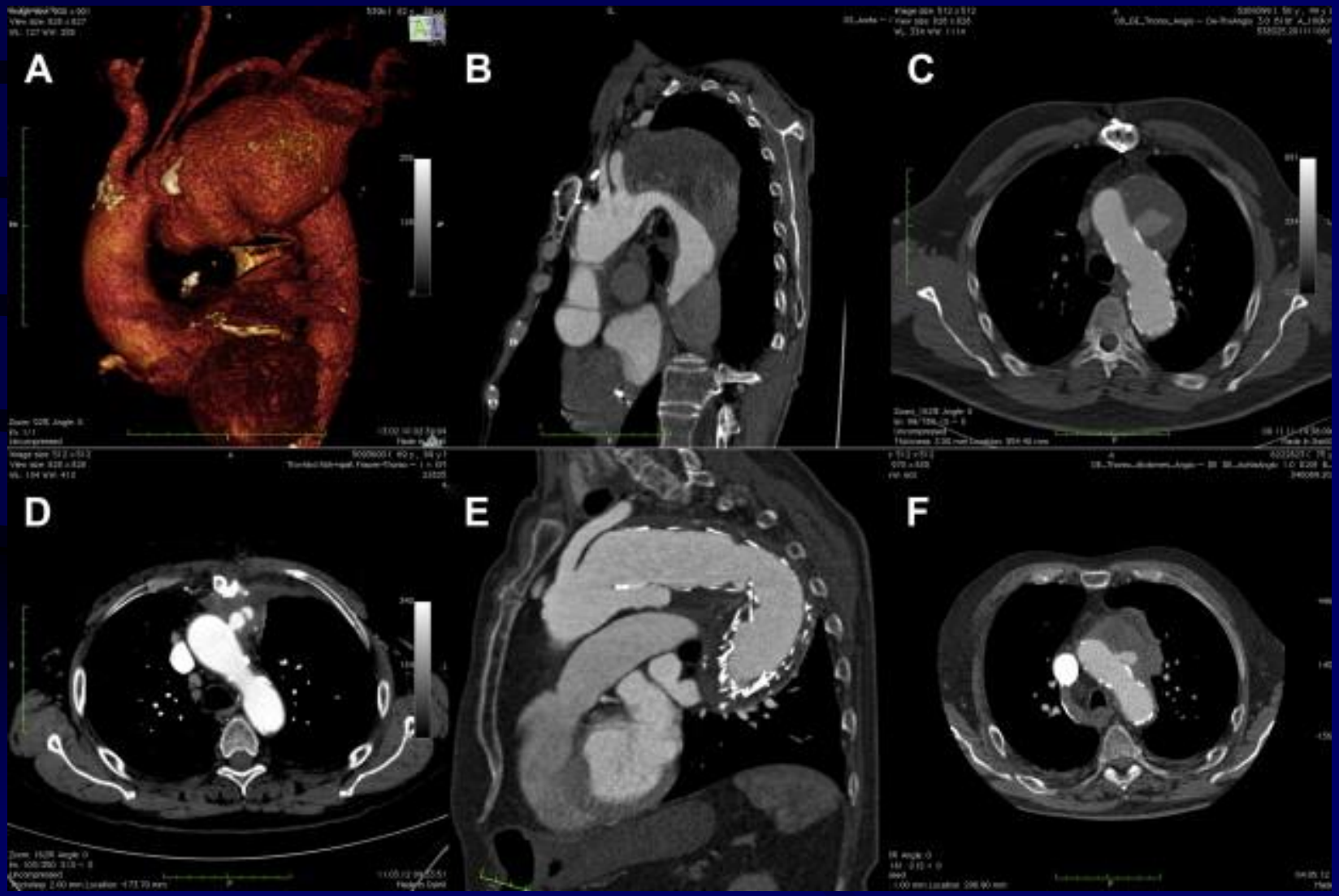

A
H
A
P
F
B
H
R
L
F

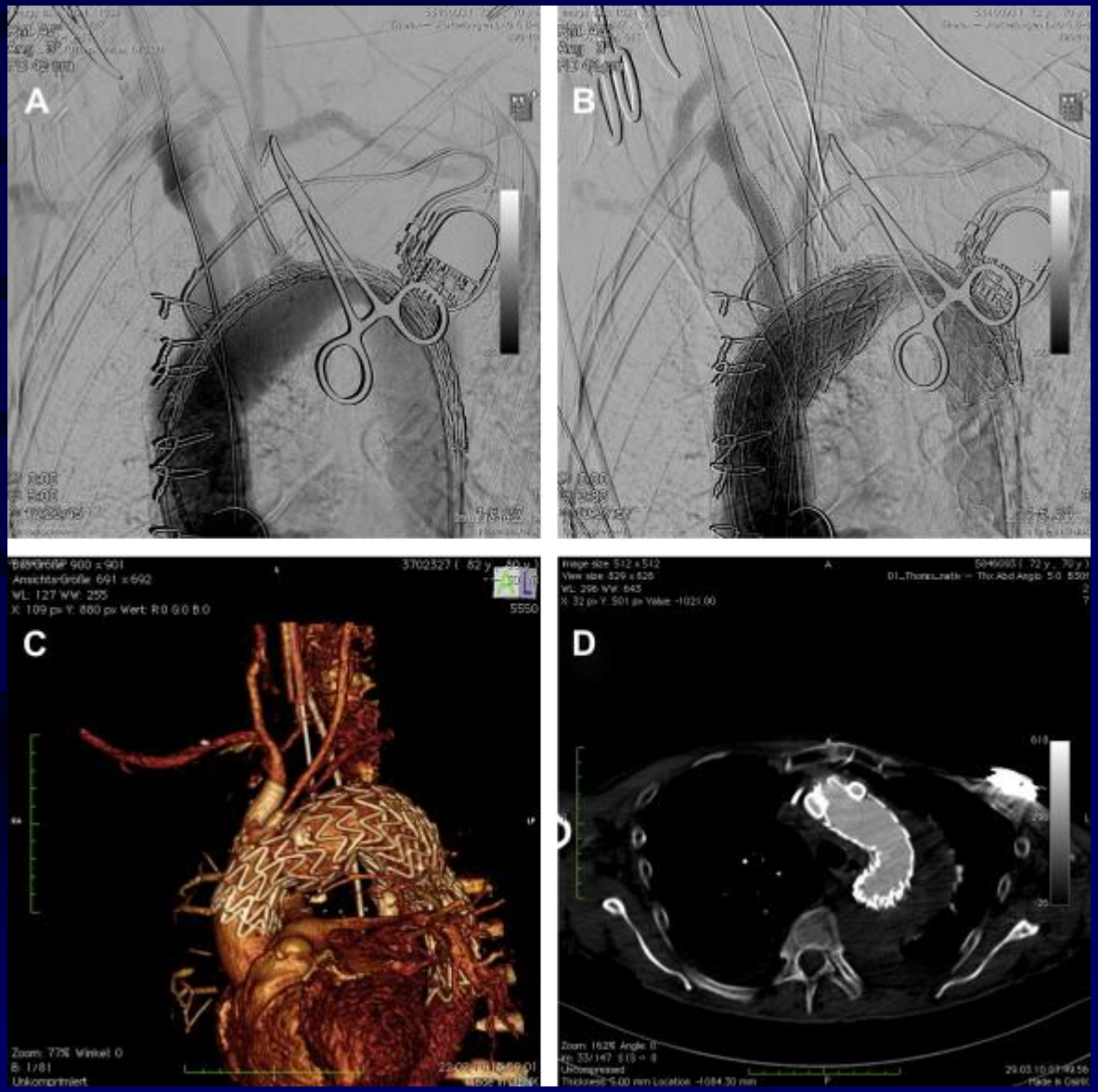

S
A
P
I





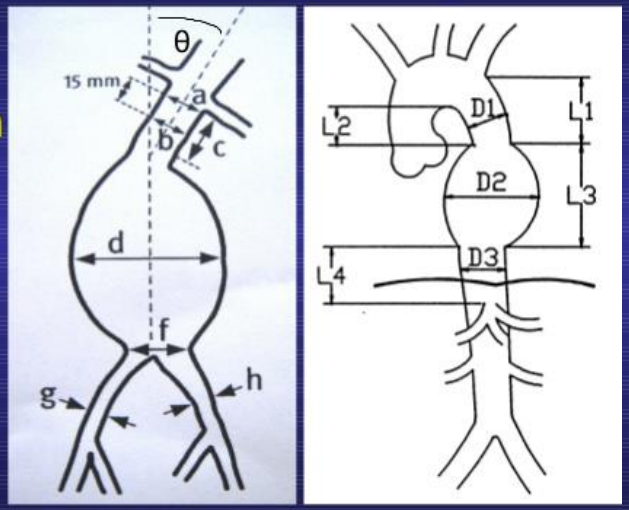

A
B
C
D


A
B
C
D
E
F


A
B
C
D

Endovasküler tedavide başarı

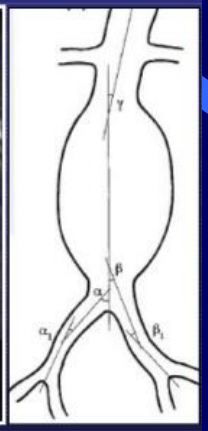
- Doğru ölçüm
- Stent-greft seçimi
- Planlama

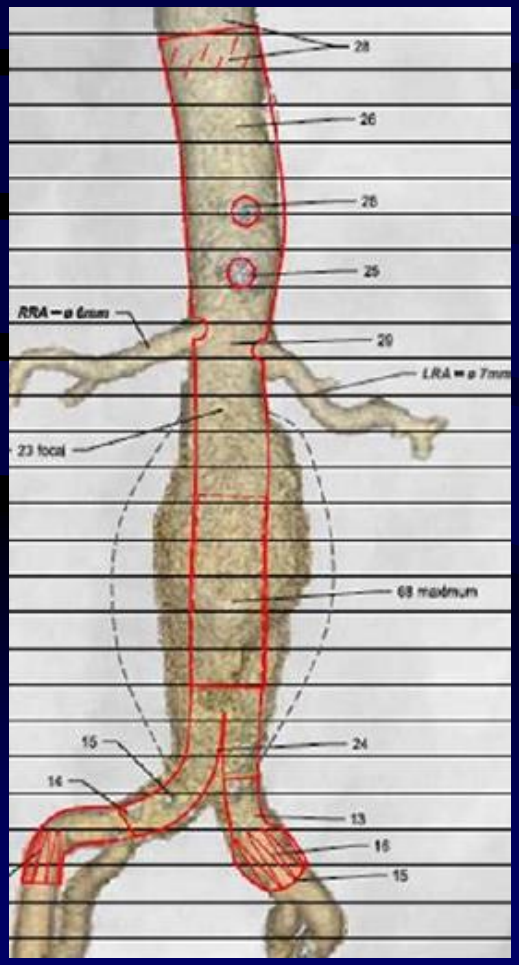


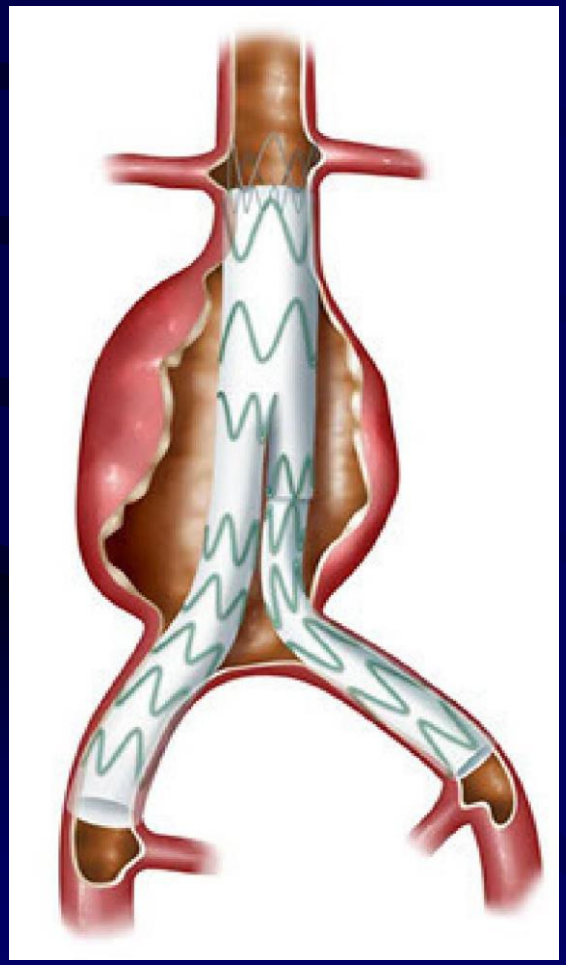
Boyun

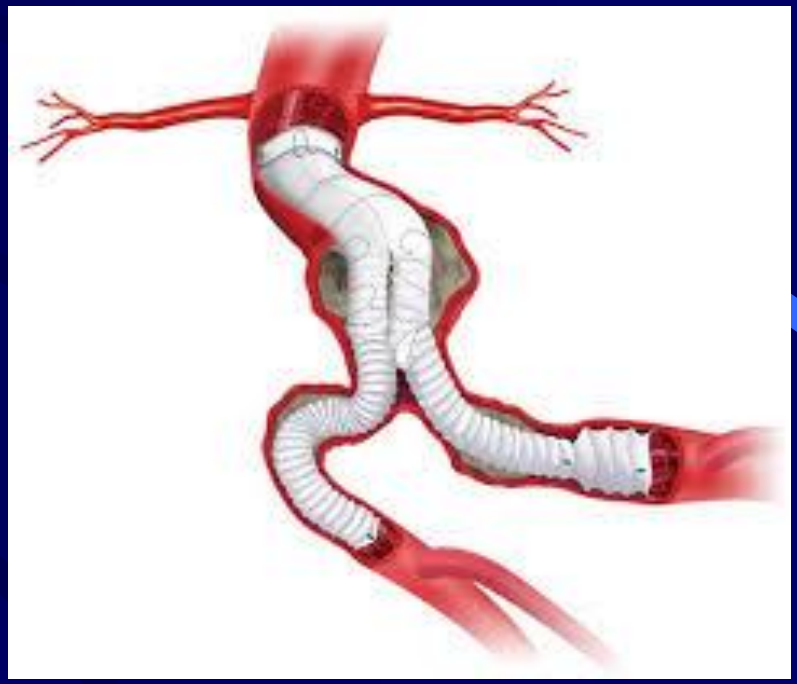
- uzunluk (>10 mm)
- angulasyon (60˚<)
- luminal trombus/plak
- mural kalsifikasyon



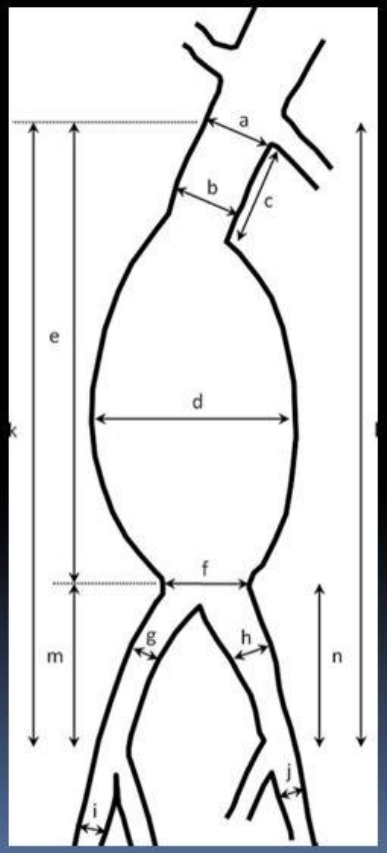



28
26
25
20
23 focal
24
15
14
13
16
15





Anevrizma-Ölçümler



ÇAP ÖLÇÜMLERİ

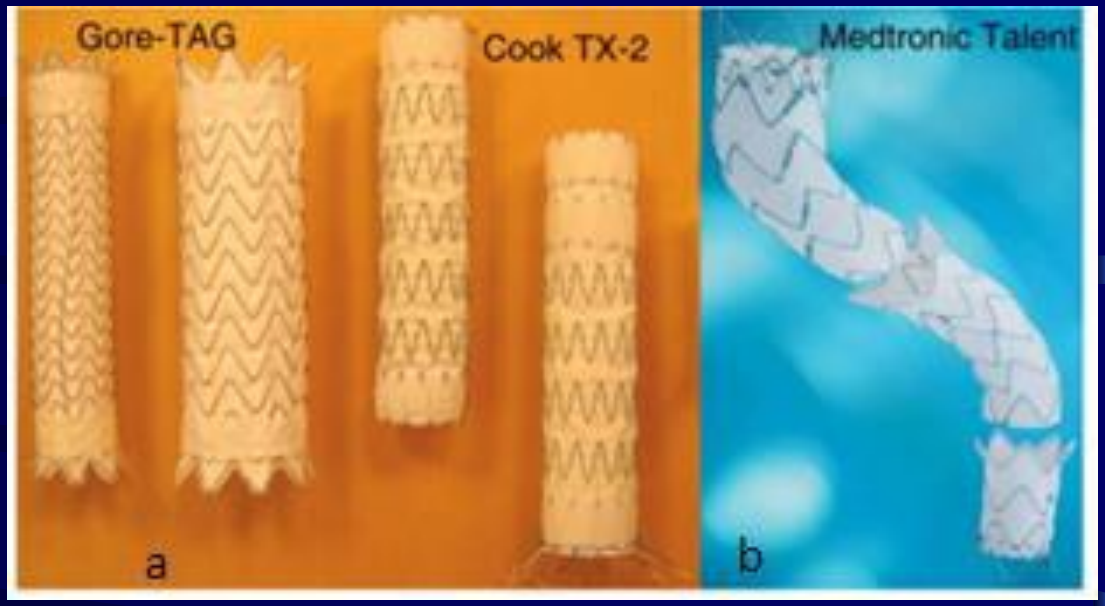
- Alt renal arterdeki aort çapı
- Alt renal arterin 15mm distalindeki aort çapı
- Ana ilyak arter çapları

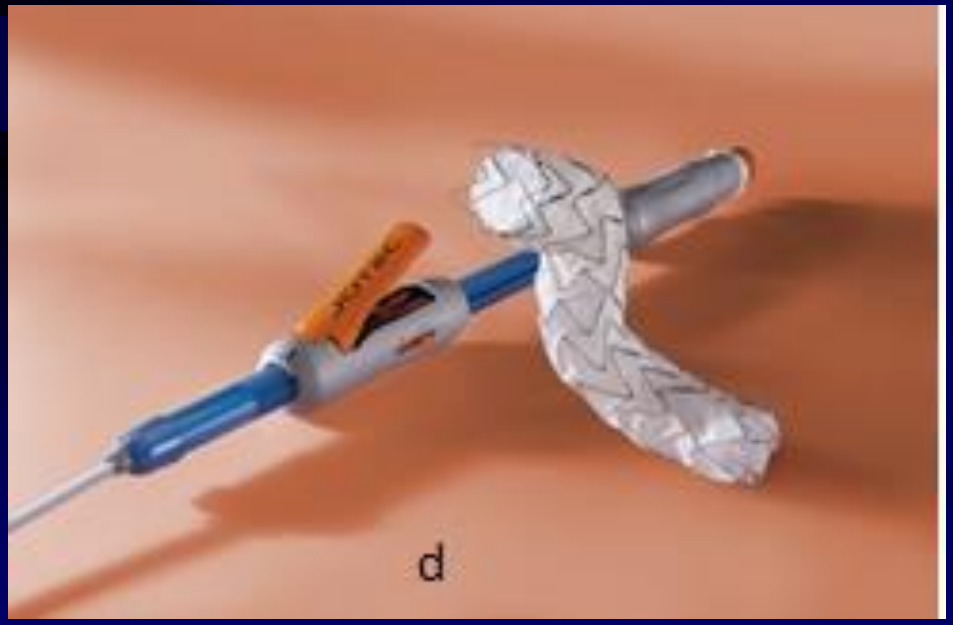
(ilyak bifurkasyonun hemen üstü)

- İlyak arterlerin en dar olduğu noktadaki çap

UZUNLUK ÖLÇÜMLERİ

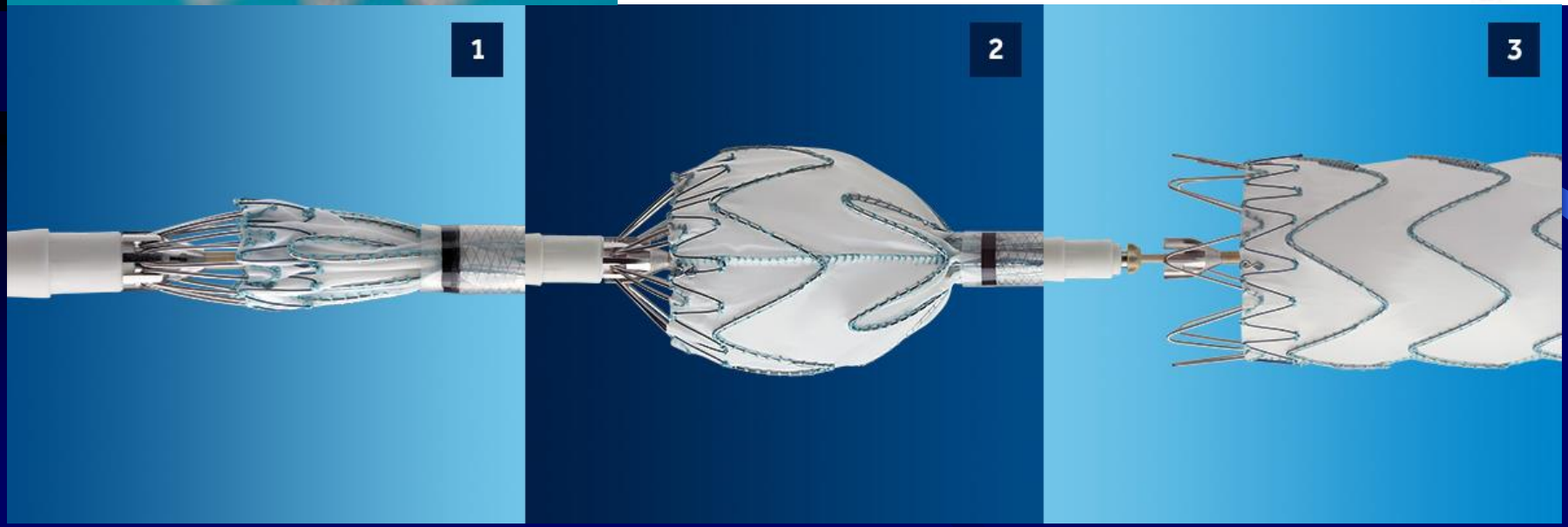
- RA ⟶ aortik bifurkasyon
- RA ⟶ internal ilyak arter
- İnfrarenal boyun


Gore-TAG
Cook TX-2
Medtronic Talent
a
b


d






1
2
3

BİYOBASKI

Biyobaskı (*bioprinting*)

İnsan doku ve organlarının 3B görüntüleme ve 3B modelleme işlemleriyle, mikrosellüler ve makroskopik yapısal özelliklerine benzer doku yapılarının 3B basım tekniğiyle oluşturulmasıdır.

BİYOBASKI
Malzeme

Hedef dokunun sağlıklı bölgesinden izole edilen primer hücrelerin kullanılması ideal yöntemdir.

Ancak primer hücrelerin izolasyonu ve çoğaltılması zordur.

Primer hücrelerin yerine kök hücre kullanılır.

BİYOBASKI
Malzeme

Kök Hücre

Kendini yenileyebilme ve farklı hücre tiplerine farklılaşma potansiyeline sahip

Embriyonik ya da erişkin doku kaynaklı

Erişkin hücrelerin yeniden programlanmasıyla kök hücre özelliği kazandırılmış (indüklenmiş pluripotent kök hücreler *iPSCs*) olabilir.

BİYOBASKI
Malzeme

Doku İskelesi (*scaffold*)

- Hücrelerin üzerinde büyüyebileceği
- Doku özelliklerini kazanabileceği yapılardır

BİYOBASKI
Malzeme

Doku İskelesi

- Genellikle biyobozunur
- Biyouyumlu
- Doğal ya da sentetik polimerik biyomalzemeler kullanılarak üretilmektedir.

BİYOBASKI
Malzeme

Biyomürekkep (*biyoink*), hücreleri, büyüme faktörleri ve biyoaktif molekülleri, biyomalzemeleri birleştirilebilen ve basım işlemi sırasında biyolojik olarak yazdırılabilen malzemelerdir.

BİYOBASKI
Malzeme

Biyomürekkepler

- Hidrojel
  - Aljinat
  - Kolajen
  - Fibrin
  - Methacrilat jelatin (GelMA),
  - Polietilen glikol (PEG)

BİYOBASKI
Modelleme

3B Modelleme

- Tasarım yazılımları aracılığıyla 3B verilerle
- Var olan bir nesneyi tarayarak elde edilen görüntüler üzerinden 3B verilerle

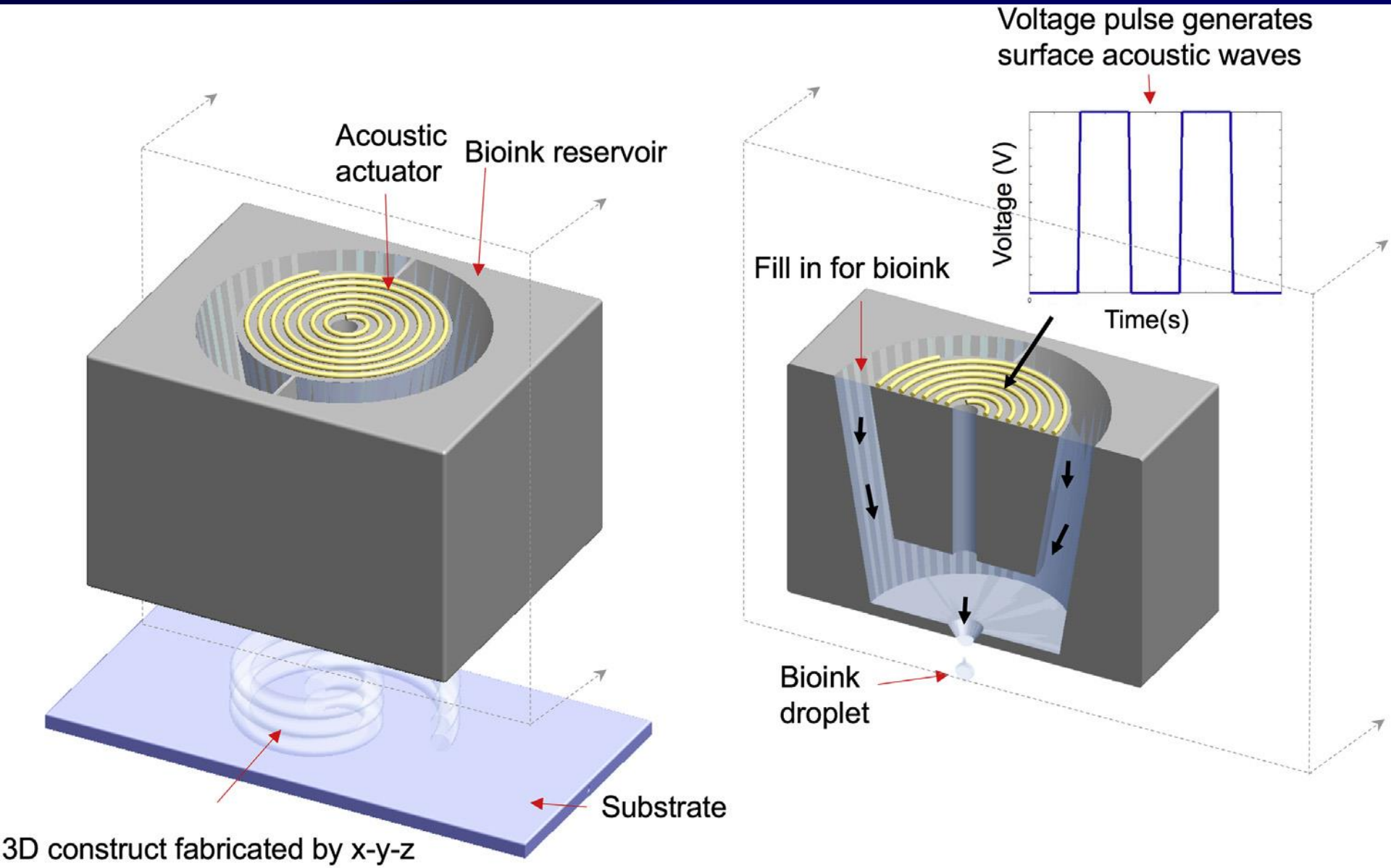
BİYOBASKI

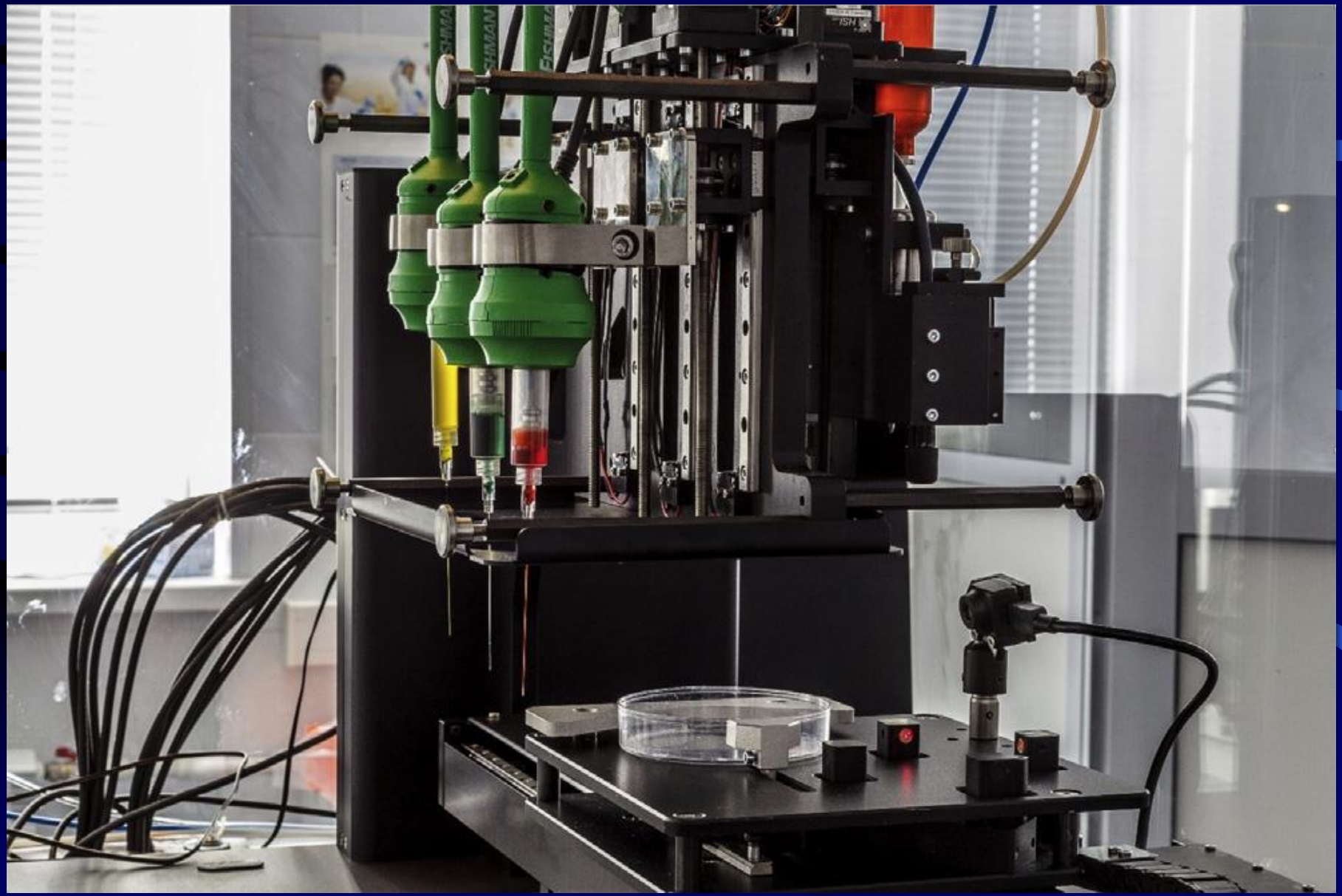
Tarama İşlemi

- Bilgisayarlı tomografi (BT)
- μBT
- Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)
- 3B tarayıcılar ile yüzey taraması

BİYOMÜREKKEPLER

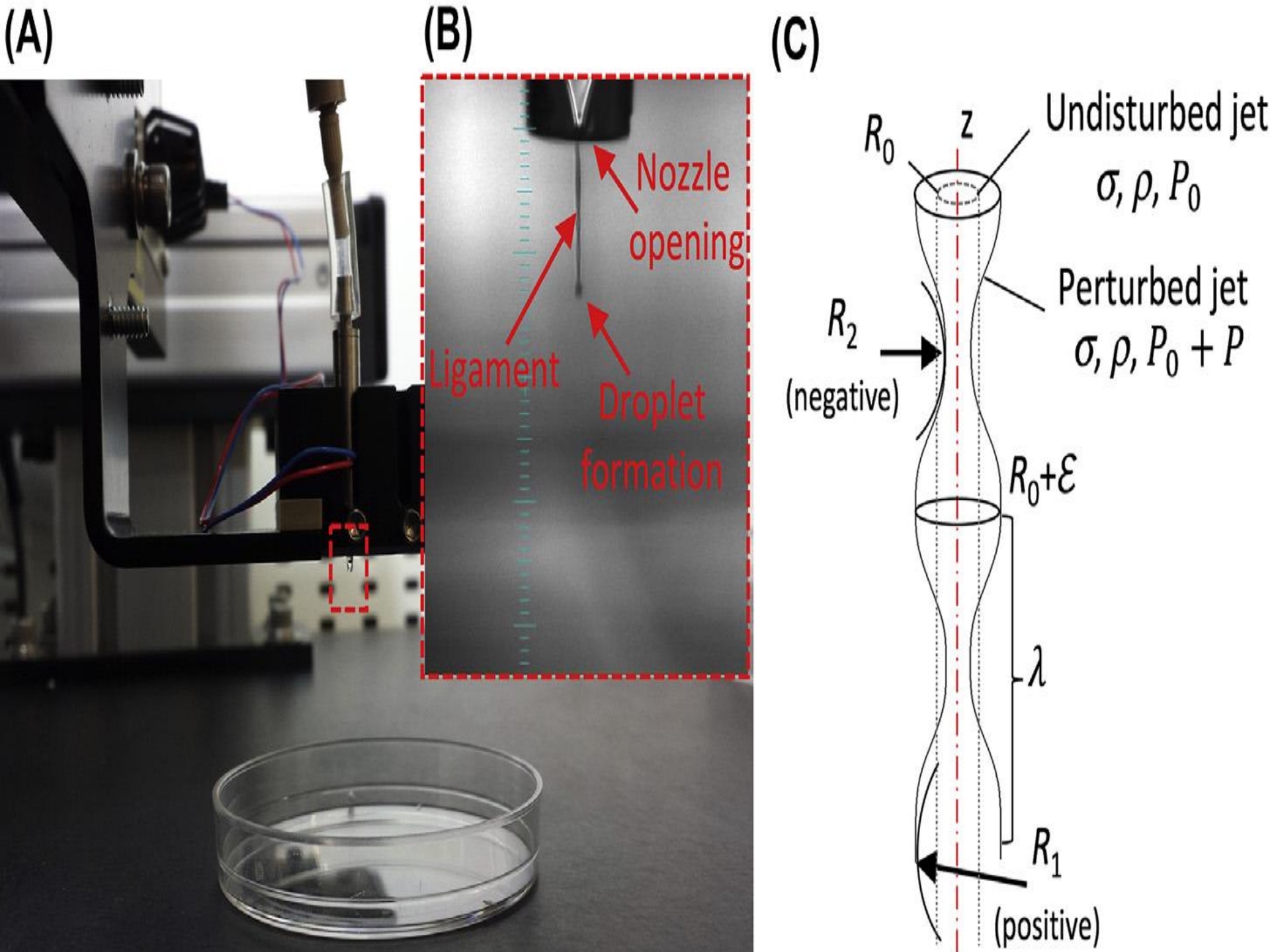
- **Biyomürekkeplerle 3B-Biyobaskı İşlemi**
  - Karışım akışkan durumda katmanlar halinde biriktirilir.


Acoustic actuator
Bioink reservoir
Substrate
3D construct fabricated by x-y-z axis movement of substrate
Voltage pulse generates surface acoustic waves
Voltage (V)
Time(s)
Fill in for bioink
Bioink droplet



BİYOBASKI

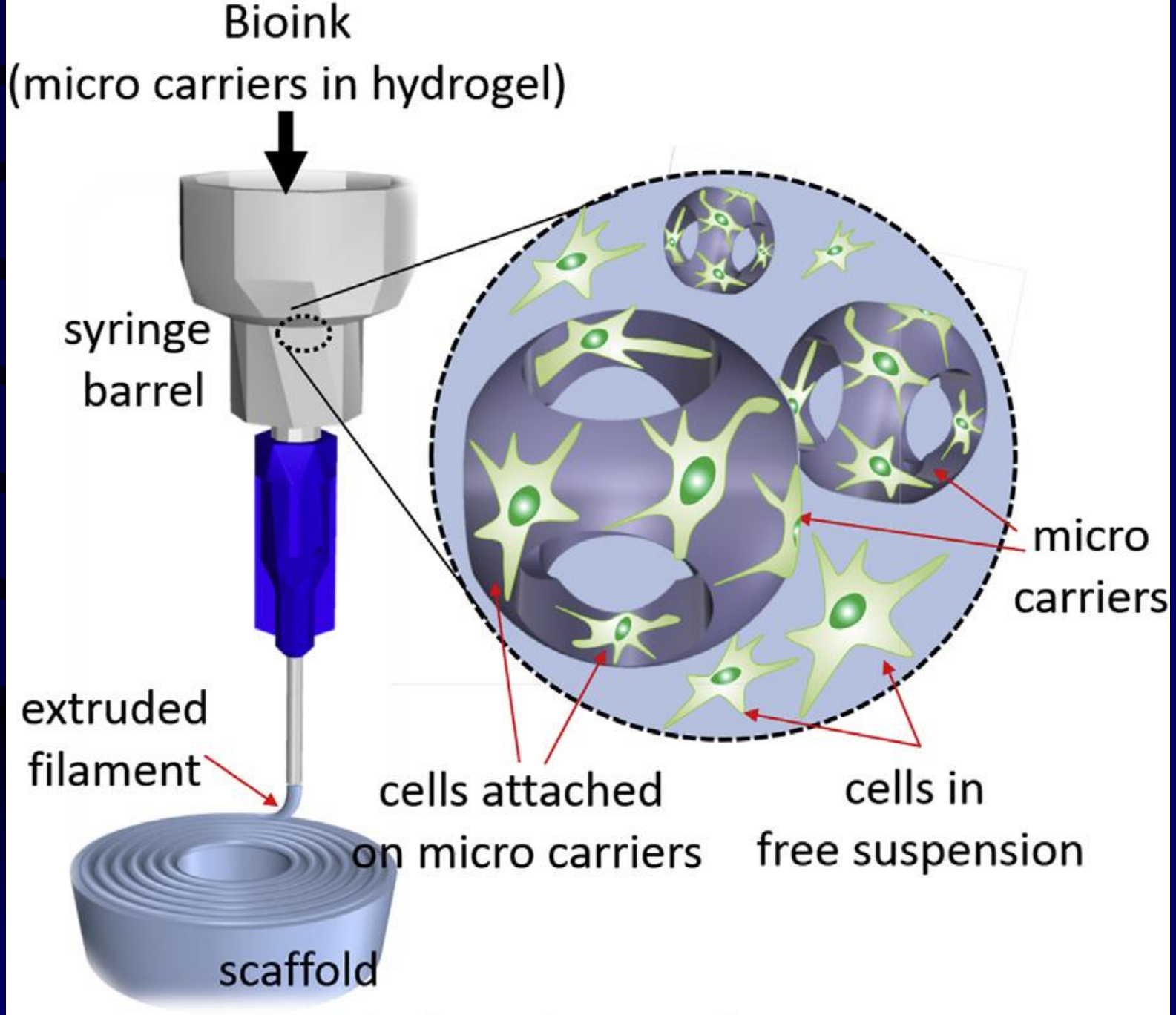
- **Katmanların Katılaşma İşlemi (çapraz bağlanma)**
  - Spesifik kimyasallar
  - UV ışığı
  - UV ışık kaynağı aracılığıyla iletilen ısı yoluyla gerçekleştirilir.


(A)
(B)
Nozzle opening
Ligament
Droplet formation
(C)
R_0
z
Undisturbed jet
σ, ρ, P_0
Perturbed jet
$\sigma, \rho, P_0 + P$
R_2
(negative)
$R_0+\varepsilon$
λ
R_1
(positive)

BİYOBASKI

- **Neo Dokulardan Modelleme**
  - Hücre topakları (*cell pellets*)
  - Doku kürecikleri (*tissue spheroids*)
  - Doku iplikcikleri (*tissue strands*)

  elde edilerek daha büyük ölçekli işlevsel doku üretimi yapılabilir.



bioprinting micro-carriers

BİYOBASKI

- **Biyomürekkeplerle 3B-biyobaskı Süreci**
  - Neo dokulara dönüştürülen hücrelerin canlılığının korunması ve hücre matrisi yapısı için steril baskı koşullarının sağlanması gerekir

BİYOBASKI

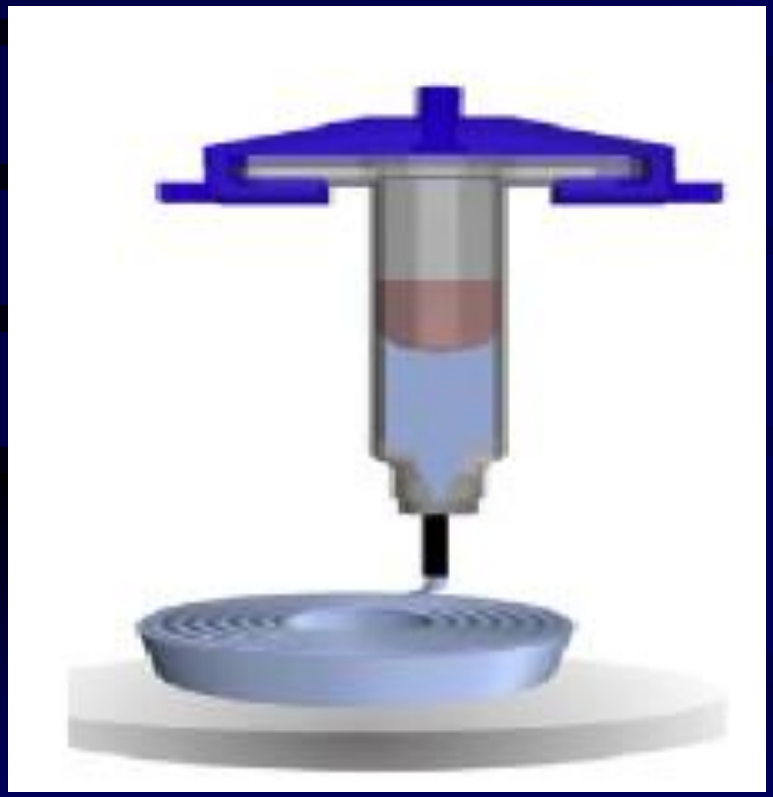
- **Baskı Sonrası (*postprinting*) Süreci**
  - Basılan malzemenin hücre canlılık oranı
  - Basılan malzemenin porozitesi
  - Basılan malzemenin biyouyumluluğu
  - Biyomateryalin degrade olma süresi
  - Baskı çözünürlüğü
  - Yüzey alanı ve yüzey özelliği, morfolojik yapısı ve dayanıklılığı bilgisayar destekli programlarla denetlenir.

BİYOYAZICILAR

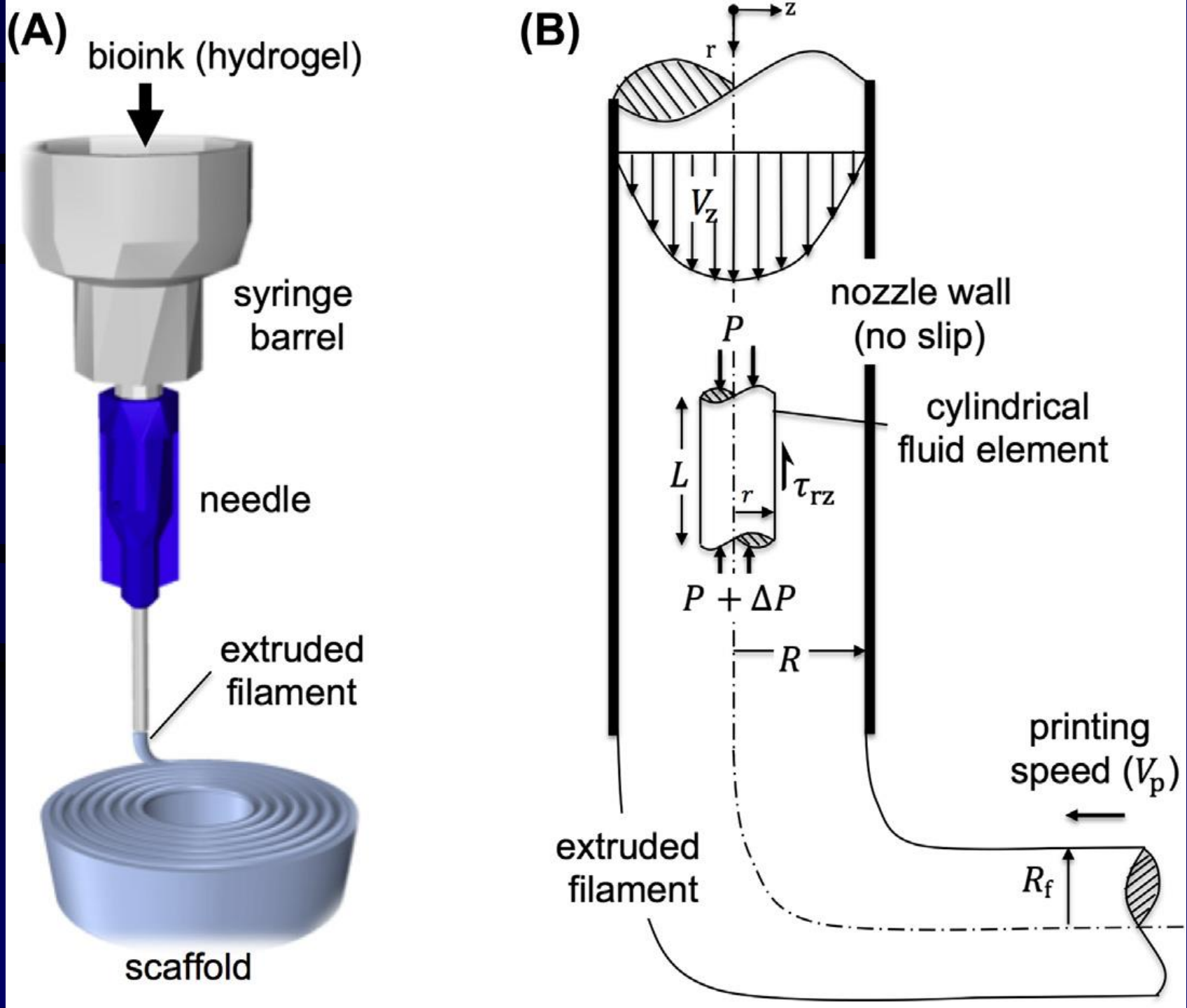
Ekstrüzyon Tabanlı Biyoyazıcılar

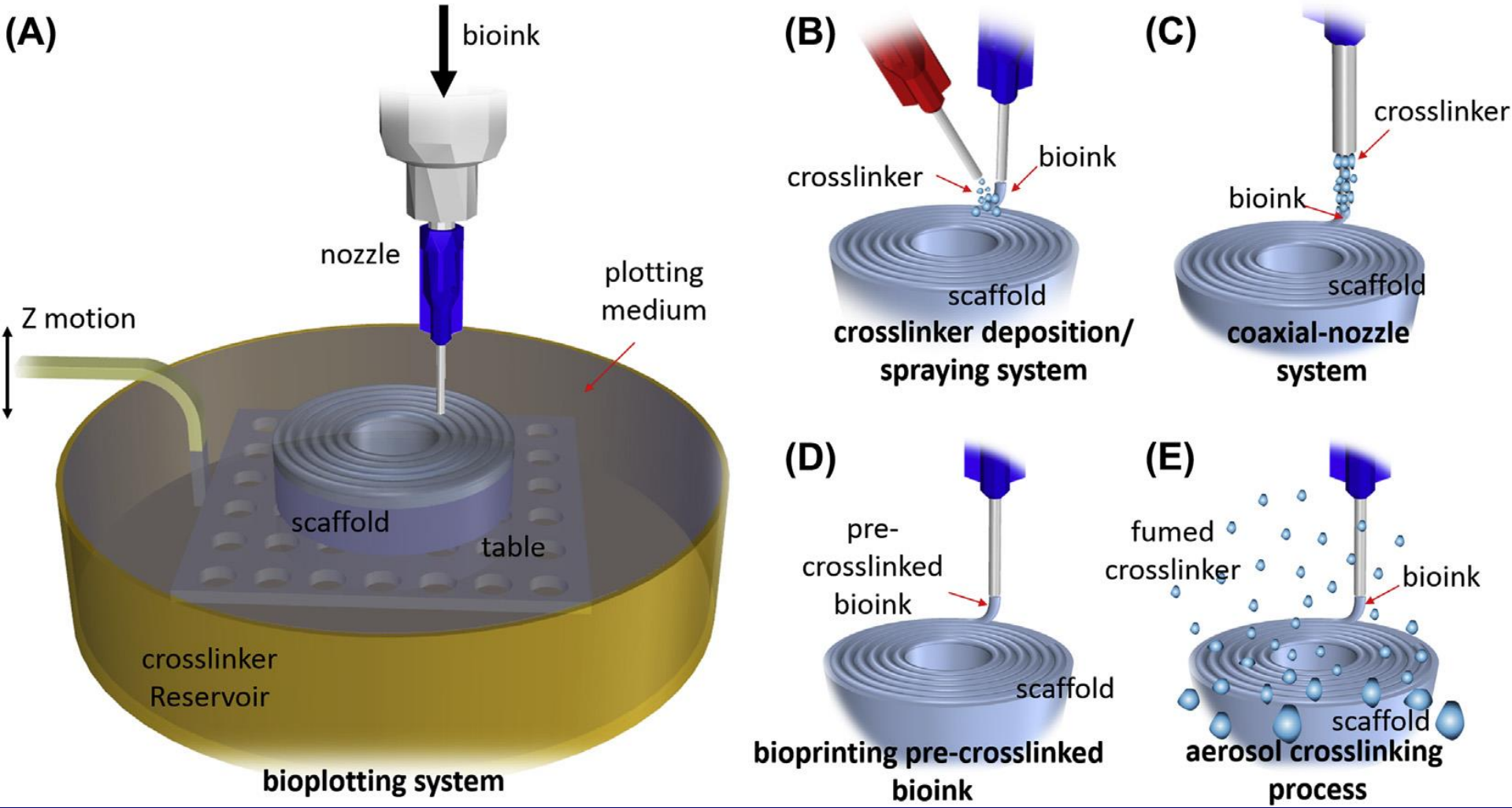
- İyonik Çapraz Bağlanan Hidrojeller
- Ultraviyole Çapraz Bağlanan Hidrojeller
- Termal Olarak Çapraz Bağlanan Hidrojeller
- Enzimatik Olarak Çapraz Bağlanan Hidrojeller
- Mikro Taşıyıcılar
- Hücre Agregatları
- Hücresizleştirilmiş Matris Bileşenleri

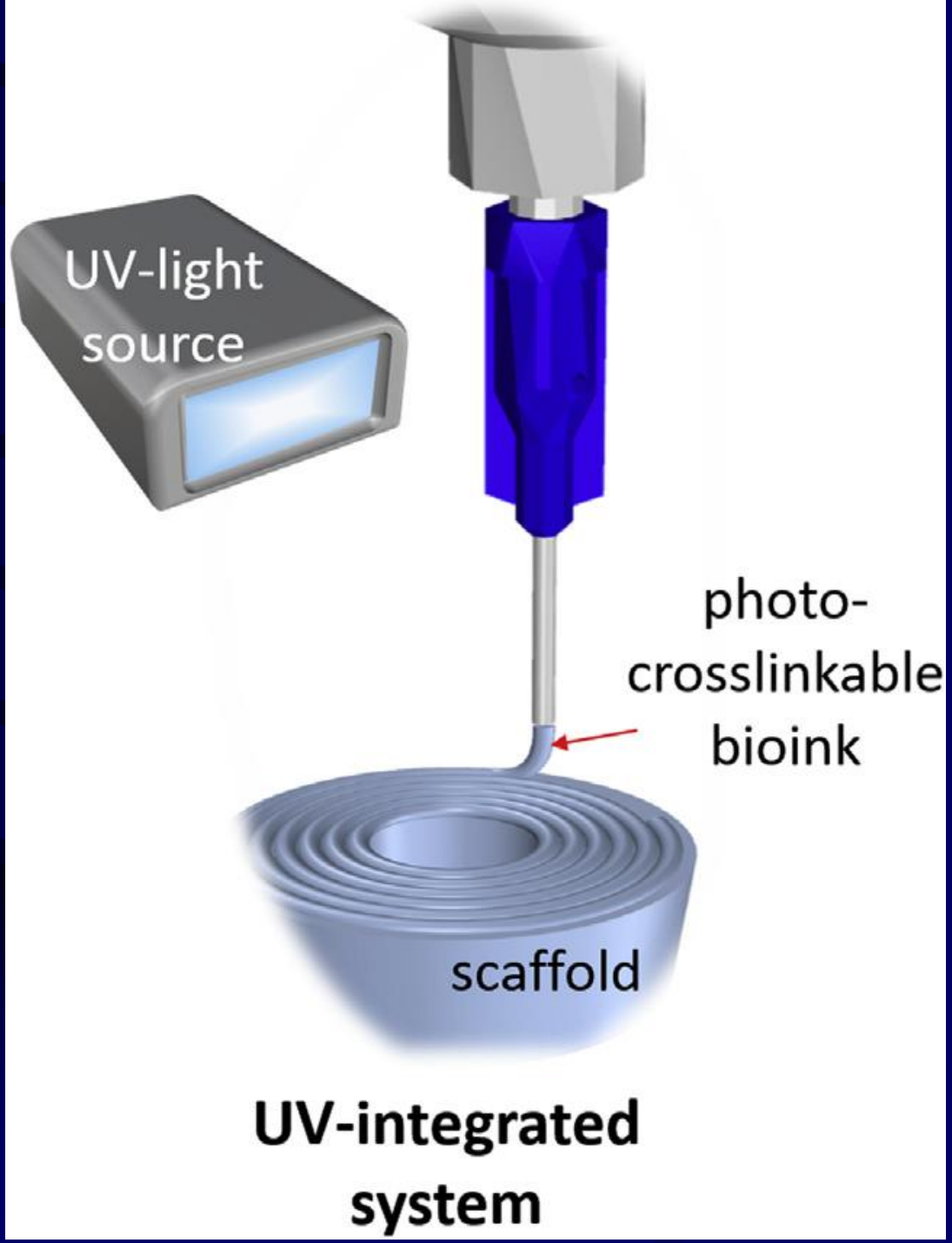
BİYOYAZICILAR
Ekstrüzyon Tabanlı



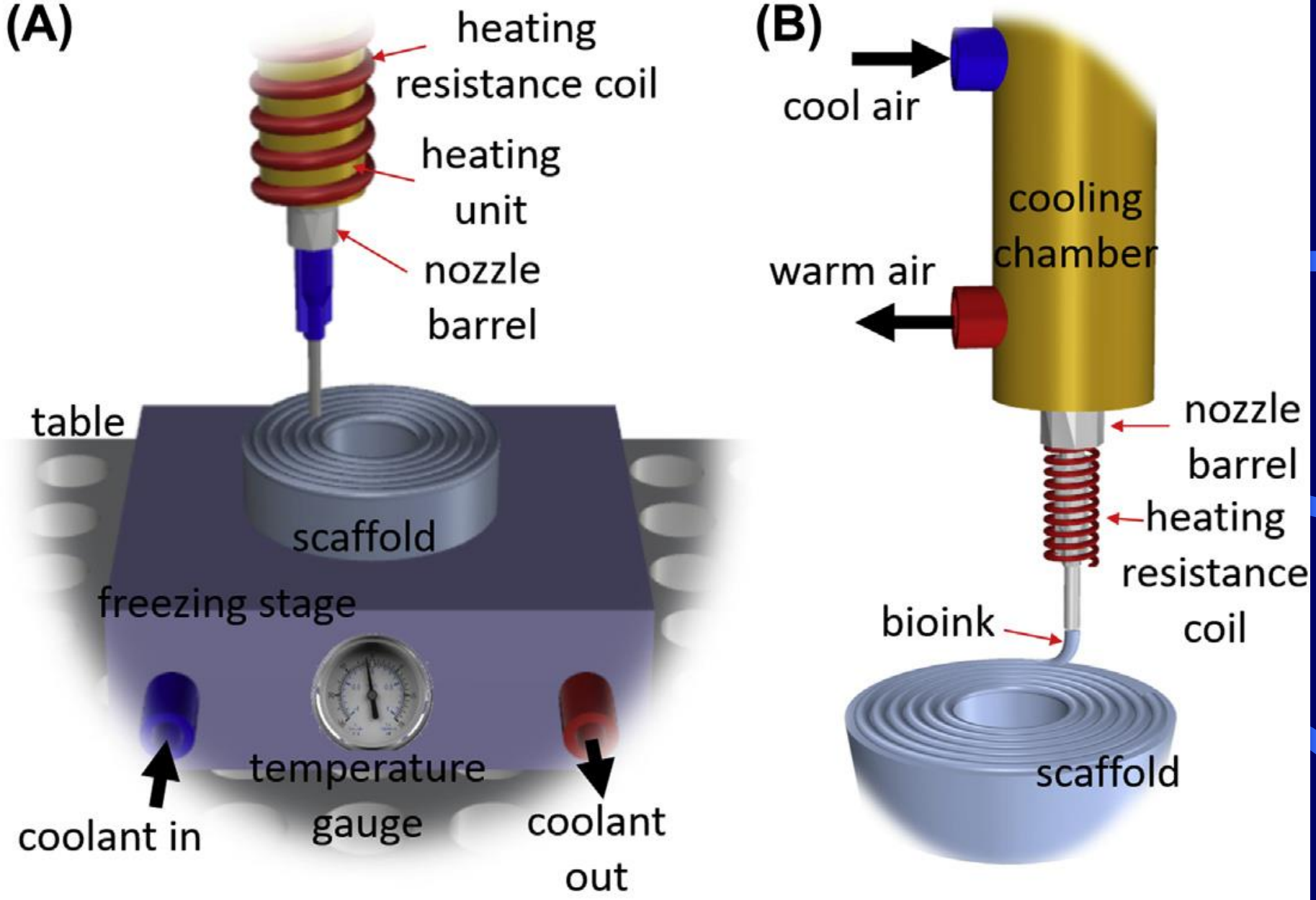
- Kesme incelmesi davranışı
- Tiksotropik davranış
- Düşük yüzey gerilimi ve yapışma
- Hızlı jelleşme
- Şeklini koruma yeteneği
- Substrat ile uygun etkileşimler


(A)
bioink (hydrogel)
syringe barrel
needle
extruded filament
scaffold
(B)
z
r
V_z
nozzle wall (no slip)
P
cylindrical fluid element
L
r
τ_{rz}
$P + \Delta P$
R
printing speed (V_p)
extruded filament
R_f


(A)
bioink
nozzle
plotting medium
Z motion
scaffold
table
crosslinker Reservoir
bioplotting system
(B)
crosslinker
bioink
scaffold
crosslinker deposition/ spraying system
(C)
crosslinker
bioink
scaffold
coaxial-nozzle system
(D)
pre-crosslinked bioink
scaffold
bioprinting pre-crosslinked bioink
(E)
fumed crosslinker
bioink
scaffold
aerosol crosslinking process



UV-integrated system



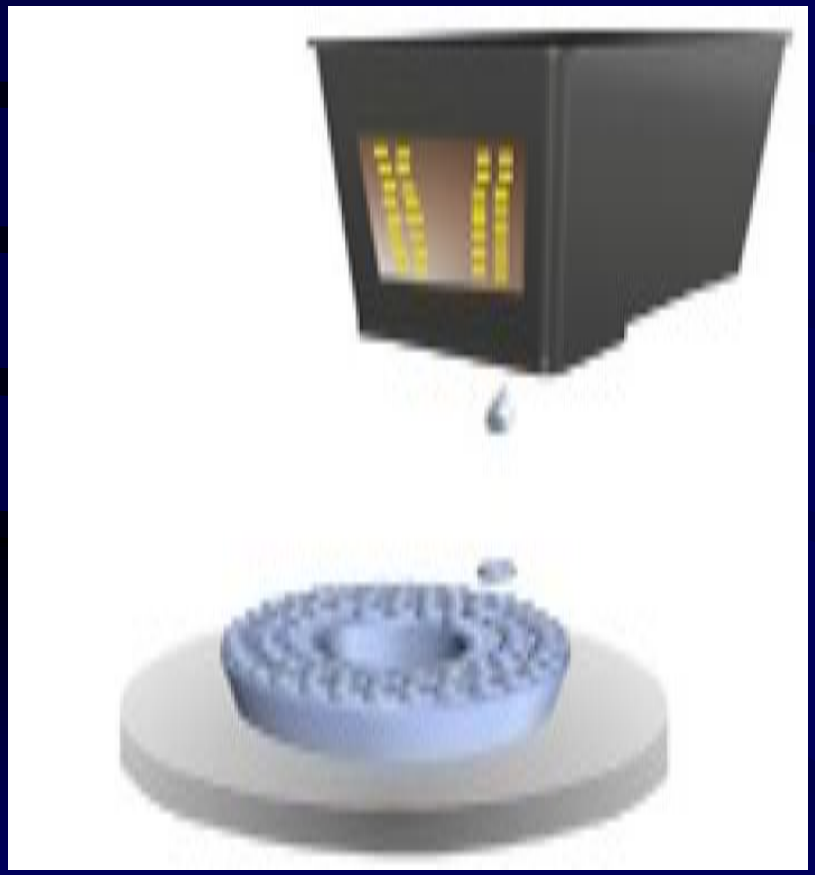
thermally-controlled nozzle system

BİYOYAZICILAR

Damlacık Tabanlı Biyoyazıcılar

- İnkjet baskı
  - Devamlı inkjet baskı
  - Damla inkjet baskı
    - Termal inkkjet baskı
    - Piezoelektrik inkjet baskı
    - Elektrostatik inkjet baskı
- Elektrohidrodinamik jet
- Akustik damlacık enjeksiyonu
- Mikrokapak baskı

BİYOYAZICILAR
Damlacık Tabanlı



- Düşük viskoziteli
- Reopektik davranış
- Lifsiz yapı
- Orta yüzey gerilimi
- Hızlı jelleşme
- Substrat ile uygun etkileşimler

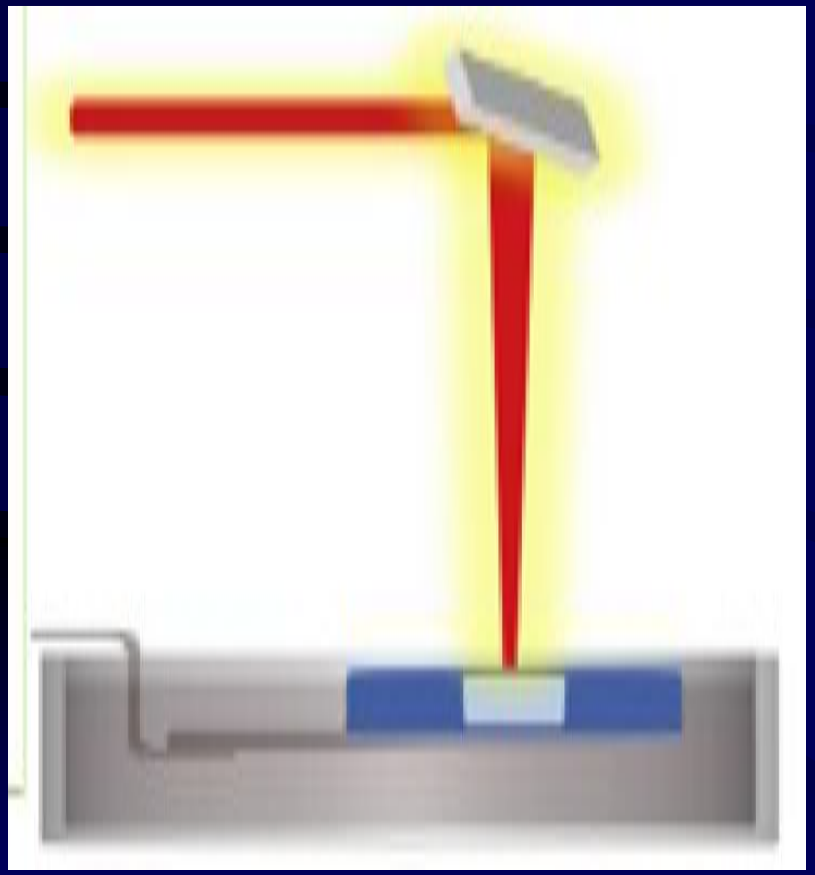
BİYOYAZICILAR

Lazer Tabanlı Biyoyazıcılar

- Fotopolimerizasyon İçeren İşlemler
  - Stereolitografi
  - Dinamik Optik Projeksiyon Stereolitografi
  - İki Fotonlu Polimerizasyon
- Hücre Transferine Dayalı İşlemler
  - Lazer Kılavuzlu Doğrudan Baskı
  - Matris Destekli Darbeli Lazer Buharlaştırma-Doğrudan Baskı
  - Lazer Kaynaklı İleri Transfer

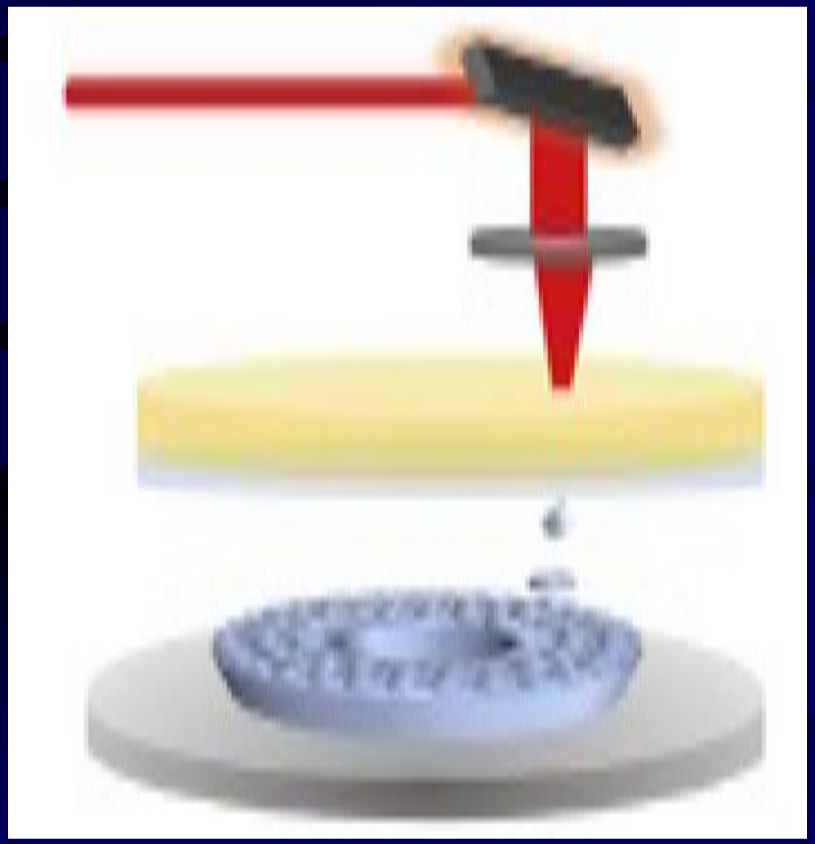
BİYOYAZICILAR

Lazer Tabanlı Biyoyazıcılar-1

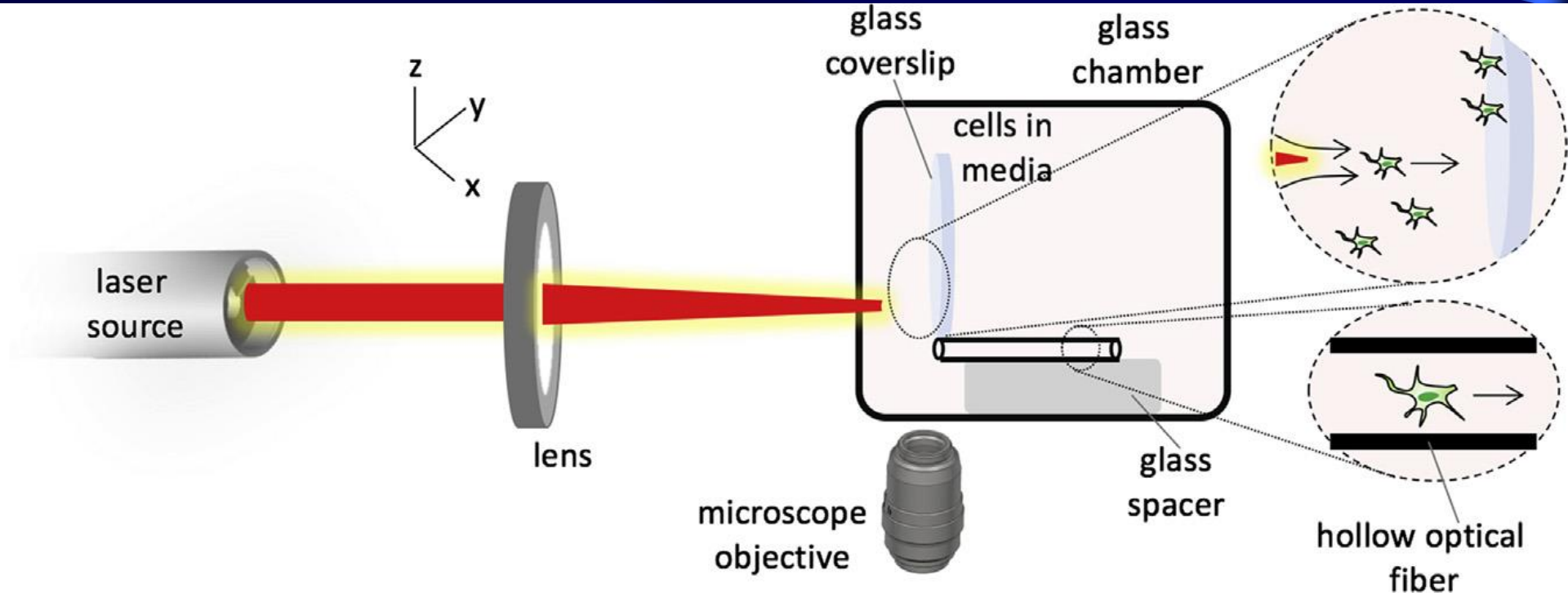


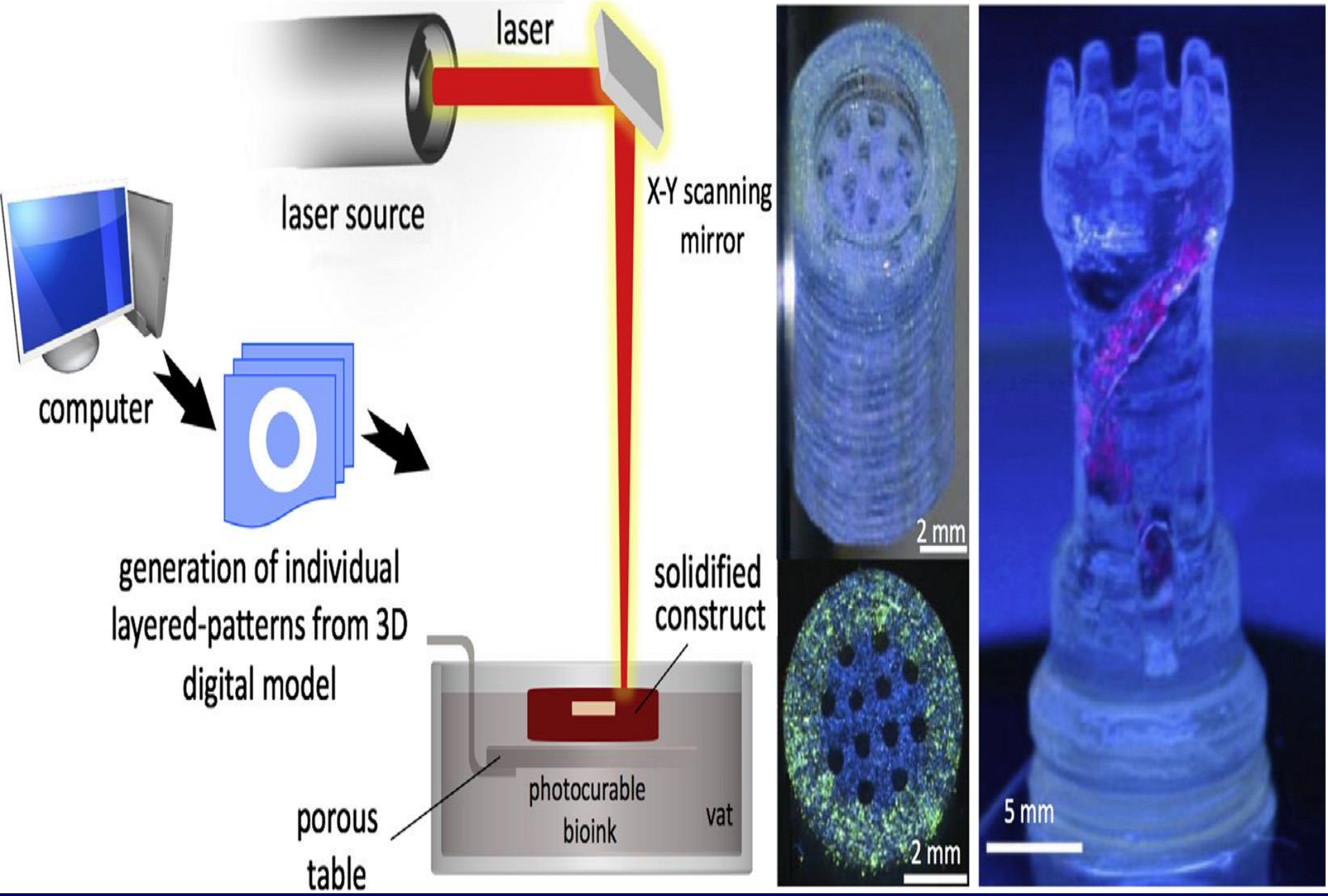
- Fotopolimerizasyona tabi tutulur
- Düşük toksisiteye sahip ışık emici ve suda çözünür foto başlatıcıların eklenmesi
- Kararlılık ve yüksek mekanik dayanım
- Öncül biyomürekkep çözeltisinde tek tip hücre dağılımının korunması

BİYOYAZICILAR
Lazer Tabanlı Biyoyazıcılar-2



- Orta tabakaya yapışma
- Orta tabakadaki yayılıma bağlı düşük yüzey gerilimi
- Viskoelastisite
- Lazer titreşimlerinin kinetik enerjilerinin absorbesi
- Hızlı jelleşme
- Substrat ile uygun etkileşimler


glass
coverslip
glass
chamber
z
y
x
cells in
media
laser
source
lens
microscope
objective
glass
spacer
hollow optical
fiber


laser
laser source
X-Y scanning mirror
computer
generation of individual layered-patterns from 3D digital model
solidified construct
photocurable bioink
vat
porous table
2 mm
2 mm
5 mm

ORGAN BASIMI

Organ Basımı

- Kök Hücrelerin İzolasyonu ve Farklılaşması
- Hücre Genişletme
- Biyomürekkep Hazırlama
- Ozalit (Mavibaskı) Modelleme
- Damarlı Organların Biyobaskı
  - Damarlı Dolaylı Biyobaskısı
  - Damarlı Doğrudan Biyobaskısı
  - Damarlı Parankimal Dokuyla Entegrasyon

DOKU MÜHENDİSLİĞİ

- Kemik Dokusu
- Kıkırdak Dokusu
- Cilt Dokusu
- Nöral Doku
- Pankreas Dokusu
- Karaciğer Dokusu
- Akciğer Dokusu
- Kalp Dokusu
- Kalp Kapağı
- Vasküler Doku
- Kompozit Dokular

SONUÇ

- Çağdaş tıp uygulamalarında, daha etkin ve başarılı sonuçlar sağlayan hastaya özel olarak tasarlanmış vücut içi implant ve protezler, 3-boyutlu anatomik modelleme üretimi yoluyla daha uyumlu ve güvenilir tasarımlarla üretilebilmektedir.

SONUÇ

- 3-boyutlu tasarımın yazılım ve mühendislik entegrasyonuyla, üretim öncesi her aşamada sanal doğrulama yapılarak, implant üretilmeden önce sorunlar tespit edilmekte ve tasarımların optimize edilmesiyle geleneksel yöntemlerle üretilemeyecek karmaşık yapıda ve boyutta implantların tasarlanarak üretilmesinin yolu açmaktadır.

SONUÇ

- Dijital biyoteknoloji ürünü biyomürekkepler, kişiye özel dokuların tasarlanmasından kanser araştırmalarına kadar sunmaktadır.

SONUÇ

Anatomik modelleme ile yaratıcı düşünceyi hayata geçirme, 3B yazıcılarda üretilen protezler, robotik ve doku mühendisliği uygulamalarıyla yapay organlar, her hastanın ihtiyacı olan implant ve protezler üretilebilme süreci, kişinin kendisi gibi eşsiz ve tek, kişiselleştirilmiş cerrahi uygulamalarıyla ameliyatların başarı oranını da arttıracaktır.

GELECEK YÖNELİMLERİ

- Çağdaş tıp uygulamalarında,
- İlaç testleri
- Kanser araştırmalarında tümör modeli oluşturma
- Rejeneratif tıp
- Organ yedekleri
- İn situ biyobaskı
- Kontrollü gen terapi için DNA biyobaskı

Teşekkürler