



**Anatomický ústav**  
2. lékařské fakulty  
Univerzity Karlovy

# 3D tisk v přípravě komplexních anatomických modelů

R. Hudák, R. Druga  
Anatomický ústav 2. LF UK



# 3D tisk - I

- 1986 si Ch. Hull nechal patentovat stereolithografii
- Principem 3D tisku je additivní proces kdy se – z digitální předlohy (3D model) vytváří fyzický model
- Objekt vzniká postupným přikládáním tenkých vrstev plastového materiálu
- Počítačový 3D model vzniká 3D skenováním
- 3D skenery pracují s vysokým bodovým rozlišením
- Byly zkonstruovány 3D tiskárny malých i velkých rozměrů umožňující průmyslové i domácí použití
- Průmyslové využití 3D tisku je rozsáhlé

## 3D tisk II

- 3D tisk specificky respektuje objemy a povrchy novotvořených struktur, proto se technologie začala používat v několika oblastech medicíny.
- Rekonstrukční chirurgie (náhrada průdušnice, náhrada částí dolní a horní čelisti, náhrada části pánevní kosti, náhrada kostí lebeční klenby a další)
- 3D tisk náhrad je prováděn pro léčení traumatických defektů nebo defektů vzniklých odstraněním tkáně poškozené maligním procesem
- Podkladem pro 3D tisk je CT nebo MR vyšetření

## 3D tisk III

- Jedním z cílů 3D tisku v medicíně je tisk orgánových náhrad (orgánů)
- Formování základní struktury orgánu z hydrogelu nebo jiného biokompatibilního materiálu. Tyto tkáňové skelety jsou trojrozměrné, biokompatibilní (resorbovatelné), porézní. Používají se různé typy polymerů (polyestery, polylaktidy, polyglykolidy a d.)
- Takto vytvořený skelet bude postupně kolonizován živými buňkami (funkční jednotky jater a ledvin přežívající několik měsíců)

# Příprava komplexních anatomických modelů lidského skeletu

- Nedostatek a nedostupnost skeletního lidského materiálu pro výuku studentů lékařství
- Většina kostí je několik desítek let stará, jsou křehké, vykazují určitý stupeň opotřebení, ztráta povrchových detailů
- Vysoká cena plastových modelů dostupných na trhu. Povrch plastových modelů neobsahuje všechny detaily povrchu originální kosti
- Využití postupů 3D tisku k vytvoření věrných kopií originálních kostí s možností znázornění dalších povrchových struktur (rozsah kloubních chrupavek, úpony svalů, vazů a kloubních pouzder, kontakty cév a nervů)
- Možnost 3D tisku kosterních komplexů (pánev, lebka, komplex karpálních a tarzálních kostí)

# Postup při 3D tisku modelů lidských kostí

- 3D skenování originální kosti (3D digitální model)
- Tisk fyzického modelu na tiskárně uPRINT, velikost modelovacího prostoru 203 x 203 x 152 mm, tloušťka vrstvy 0.25 mm
- Materiál ABS (acrylonitril/ butadien/ styren)
- Povrchová úprava vytištěného modelu
- Trvání tisku – malá kost 2 hod., velká kost 16 hod., lebka 60 hod.
- Náklady : klíční kost 250 .-, pánevní kost 2400 .-, stehenní kost 2700 .-, lebeční baze 4100 .-



Stratasys 3D tiskárna uPrint SE Plus

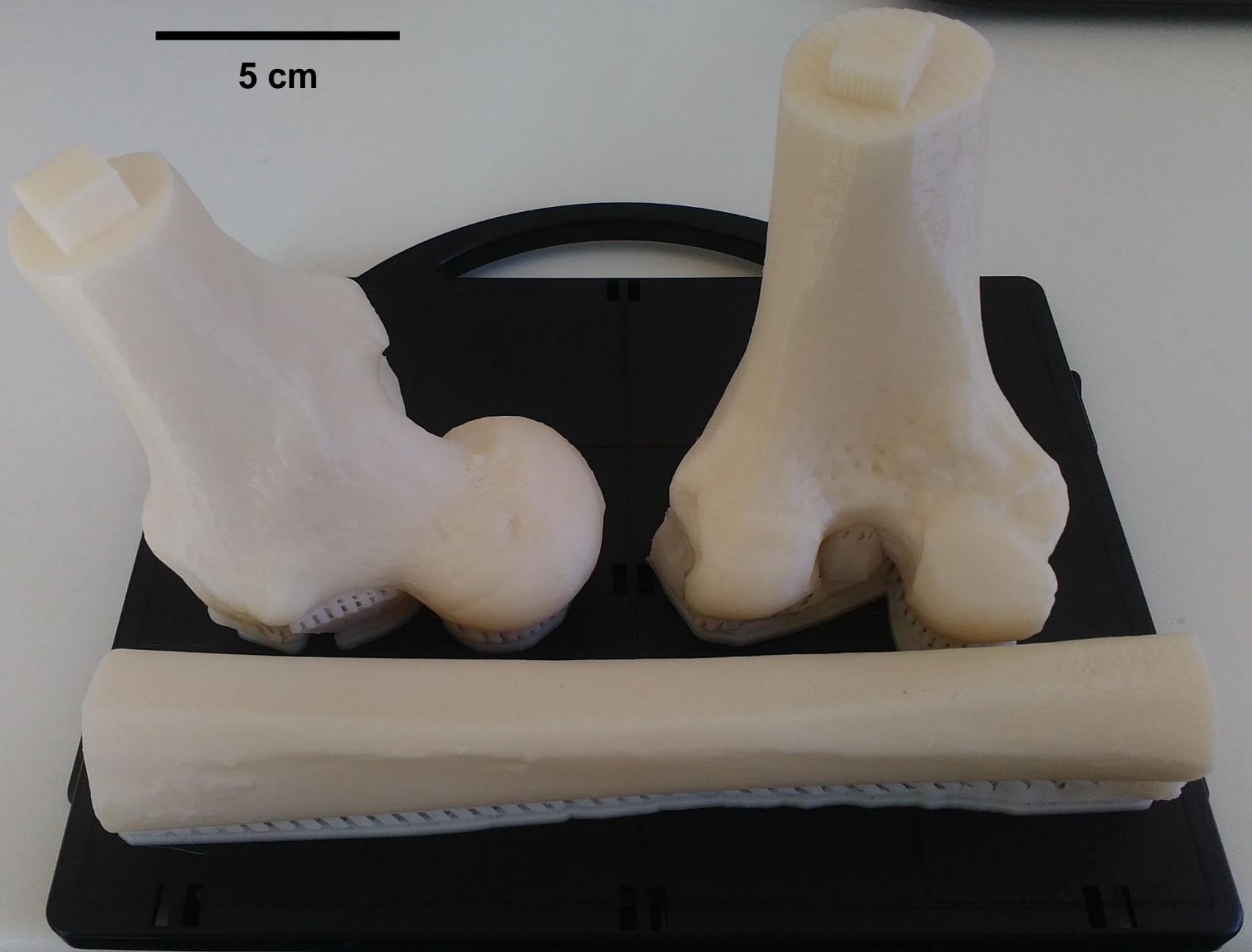
**Modelovací  
prostor :**

**203 x 203 x  
152 mm**

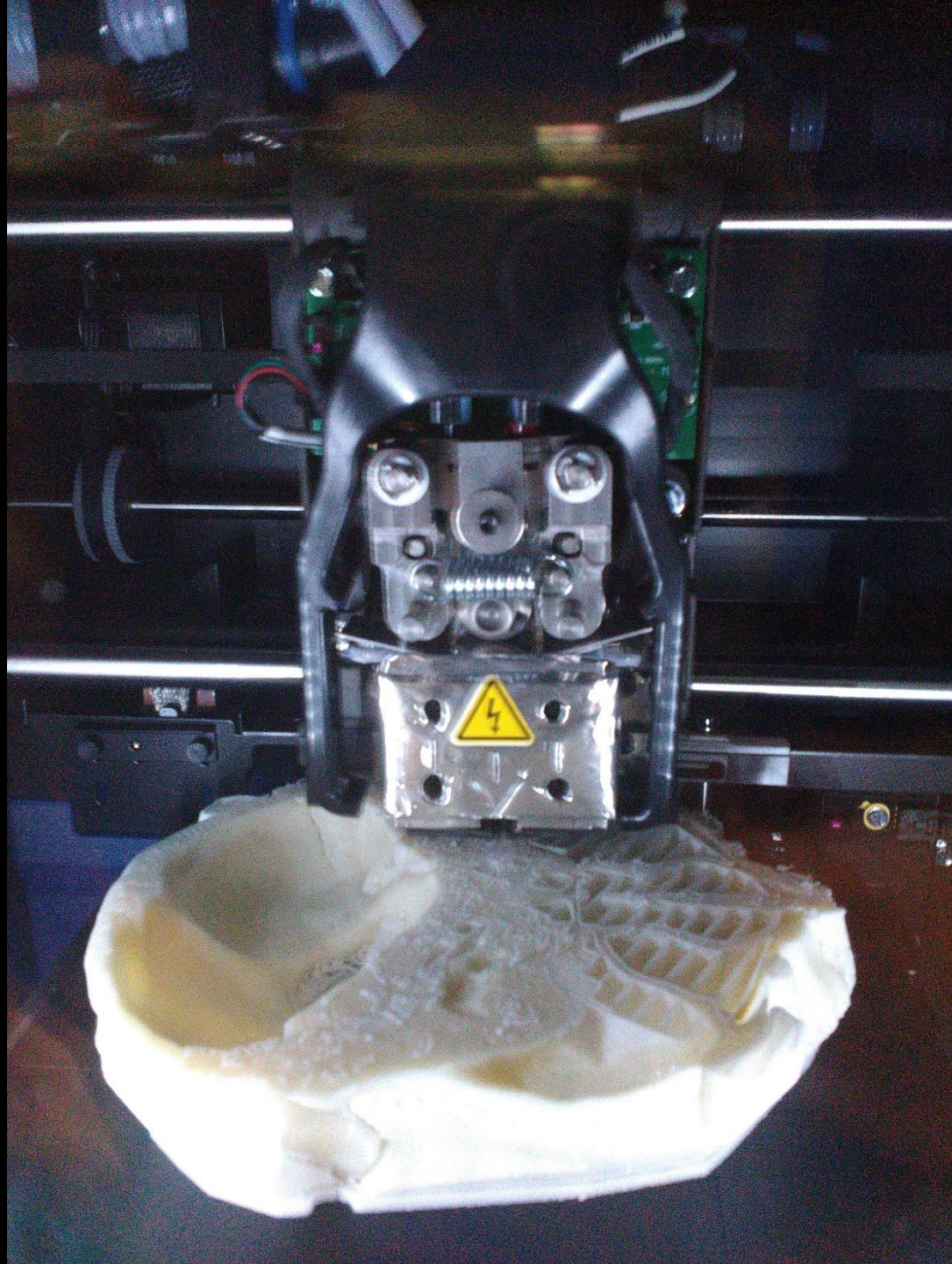




5 cm











**Lebka**



**Cranium**





# Stehenní kost - femur





Hlavice femuru



Kondyl femuru





**1. obratel - atlas**



**2. obratel - axis**

# Loketní kost - ulna



# Vřetenní kost - radius



Pánevní kost – os coxae



## Dolní čelist - mandibula



# Dolní čelist - mandibula





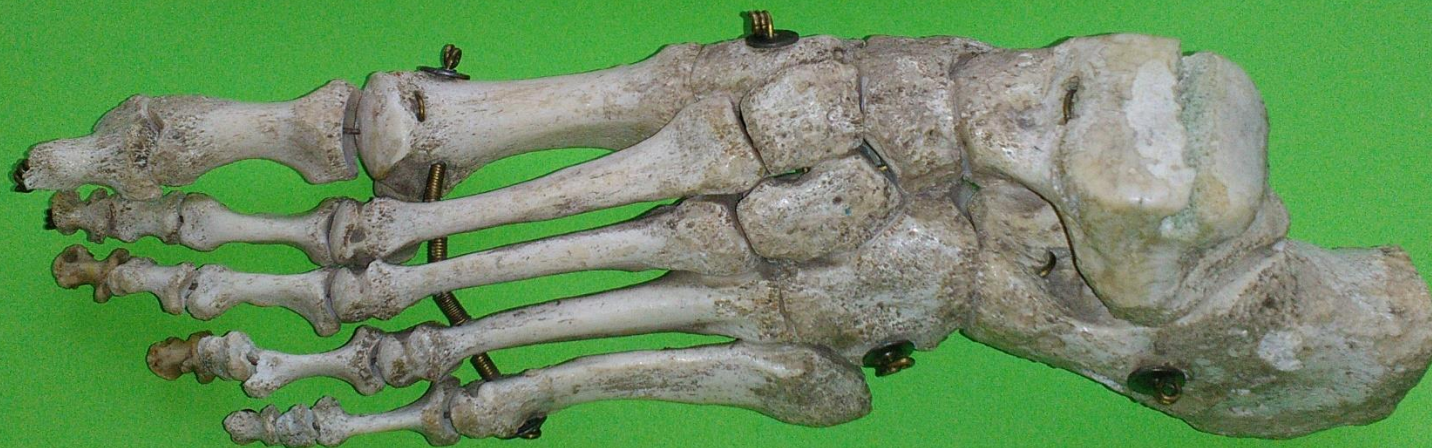
# Patní kost – calcaneus



**Kosti zápěstí a  
ruky**



**Kosti hlezna a nohy**



# Závěr

- 3D tisk je vhodnou a cenově dostupnou metodou pro náhradu originálního lidského skeletu
- Získané modely obsahují všechny povrchové detaily originální kosti a jsou velmi trvanlivé
- Povrchovou úpravou je možné přidat další anatomické detaily
- Vznikne tak komplexní výuková pomůcka obsahující více informací než poskytuje originální kost

Building  
panev  
Time Remaining  
14:17 9% complete

Pause

Lights off

Show Material

Auto Powerdown





