

LAMORFA

Laboratoř morfologie
a forenzní antropologie

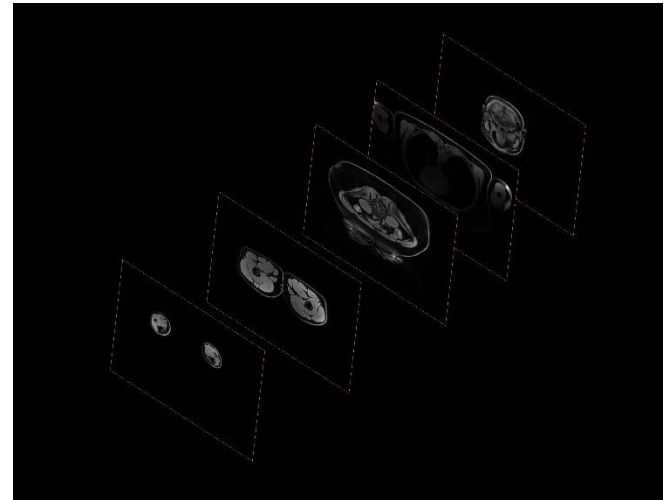
Záznam a analýza digitálných dat v antropologii

Objemový záznam a prenikajúce žiarenie

Mgr. Veronika Kováčová

Objemové dáta

Trojrozmerný (objemový) dátový záznam objektu → aj záznam vnútorných štruktúr
Výstup: séria digitálnych 2D snímok (obsahujúcich základné informácie o skene)

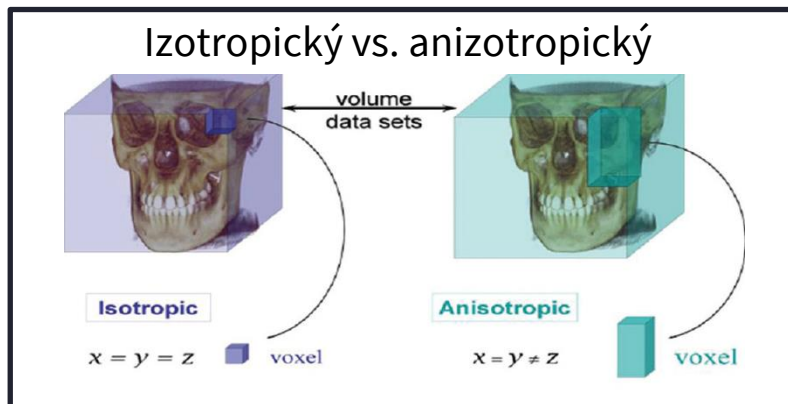


Formáty:

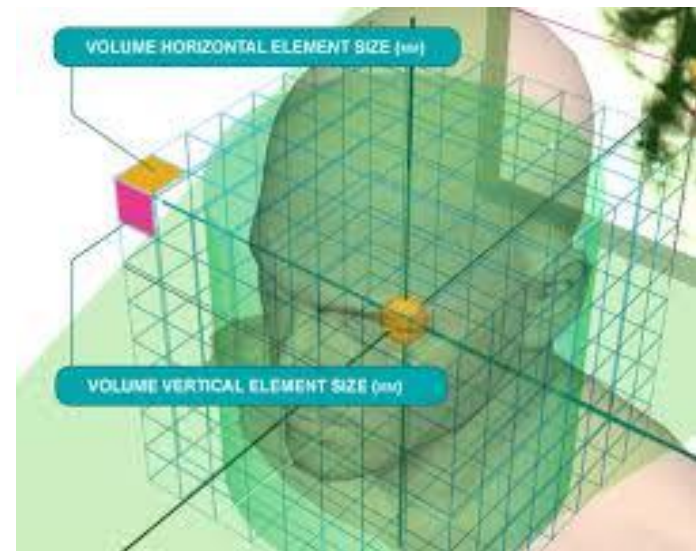
- DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) – najvyužívanejší, obsiahly set štandardov pre manipuláciu, ukladanie a prenos informácií
- TIFF (Tagged Image File Format)
- BMP, JPEG

Základná stavebná jednotka - voxel

- najmenšia objemová jednotka
- určená x,y,z súradnicami a hodnotou šedi (obvykle škála 256 alebo 4096 stupňov šedi), charakterizujúcou materiál v tomto objeme



Scarfe, Farman 2008



www.exxim-cc.com

celý dátový objem
charakterizovaný
maticou x, y, z

veľkosť pixelu

vzdialenosť
snímok

Záznamové technológie (metódy)

Sériové fotografie fyzických rezov/výbrusov

farebná
informácia

vs

časová náročnosť
deštruktívnosť

napr. **Visible Human Project**

- 90. roky
- 1 mužské (1 mm) a 1 ženské (0,33 mm) telo
- kryosekcie
- Doplnené o CT aj MRI

The National Library of Medicine's

Visible Human Project (TM)

Human-Computer Interaction Lab
Univ. of Maryland at College Park

Záznamové technológie (metódy)

Pokročilé neinvazívne zobrazovacie metódy

- Jednoduché zdieľanie a archivácia
- Možnosť komplexných a pokročilých analýz

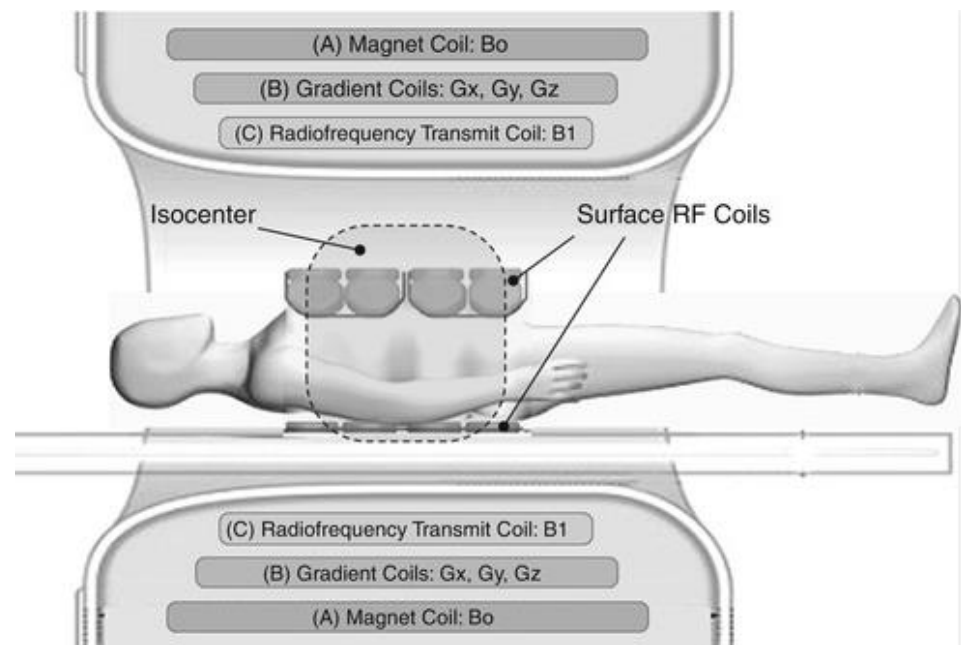
- Cena
- Dostupnosť
- Potreba vyškoleného personálu
- Bez farebnej informácie

Magnetická rezonancia ← **MRI vs CT** → Výpočtová tomografia



MRI – magnetická rezonancia

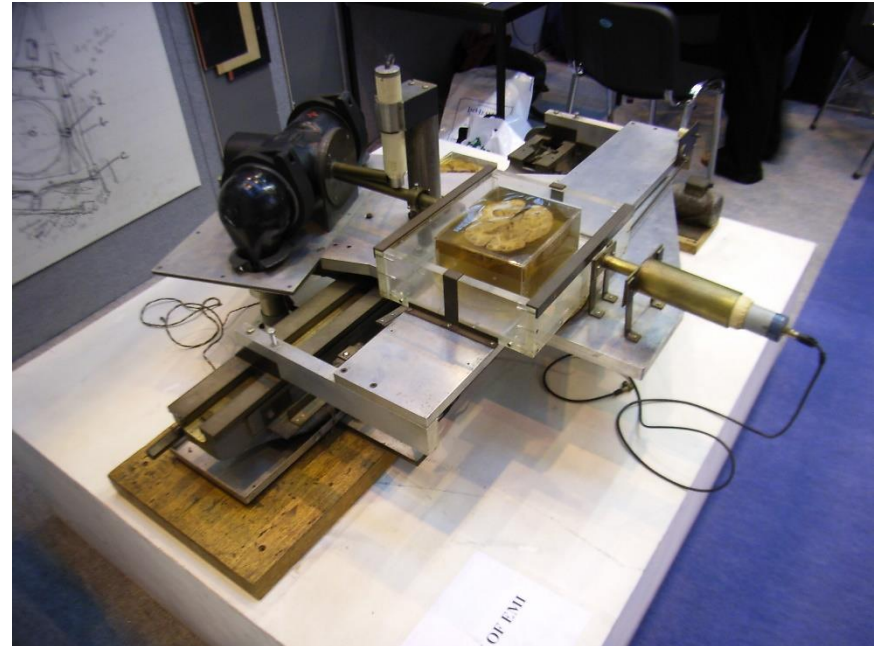
- neinvazívna zobrazovacia metóda
- využíva silné magnetické pole a protóny tela
- bežné rozlíšenie okolo 1 mm
- najlepšie rozlíšenie pre tkanivá s obsahom vody a/lebo tuku
- malý kontrast pre dehydratované a suché tkanivá
- dlhý čas vyšetrenia
- nutnosť zadržania dychu
- diskomfort – hlasitosť, klaustrofobické pocity



<https://radiologykey.com>

CT - výpočtová tomografia

- neinvazívna zobrazovacia metóda
- 1979 – A. M. Cormack a G. N. Hounsfield – (NC za vývoj počítačovej tomografie)
- zdroj – rentgenka + detektor
- využíva rentgenové žiarenie a absorpčný kontrast
- dobrý kontrast pre kostné tkanivo (aj fosílie, múmie, spálené kosti)
- zlý kontrast pre mäkké tkanivá
- ionizujúce žiarenie (potenciálne nebezpečné)
- krátky čas vyšetrenia
- rôzne „typy“ – celotelové, iCAT, mikro- a nano-CT, synchrotronová mikrotomografia

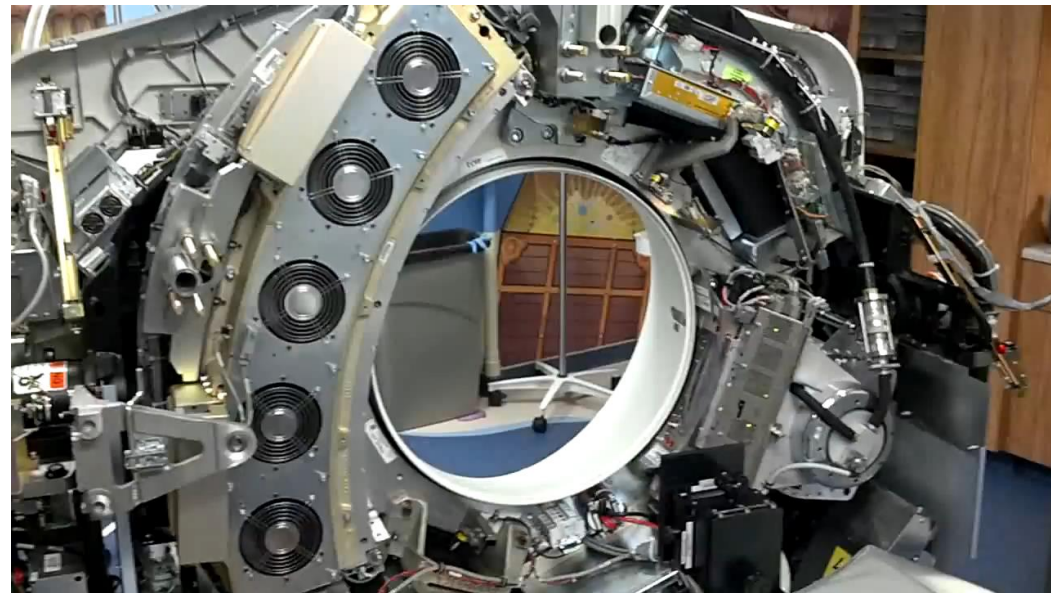


Medicínske/celotelové CT

- rozlíšenie v ráde milimetrov
- primárne diagnostická záznamová metóda
- pomerne krátky čas vyšetrenia

Antropológia:

- post-mortem CT, spolupráca so súdnym lekárstvom
- archívy, pacienti vyšetrovaní za diagnostickým účelom



<https://www.youtube.com/watch?v=TWU-nB4I5dU>

iCAT

- dentálne CT, primárne vyšetrenie orofaciálnej oblasti
- rozlíšenie niekde medzi celotelovým CT a mikroCT (v desatinách mm)
- krátky čas vyšetrenia
- menšia dávka žiarenia než konvenčné CT

Využitie v antropológii:

- výskum zubov, čelustí, prípadne vyšetrenie menších štruktúr, napr. vnútroušného labyrintu

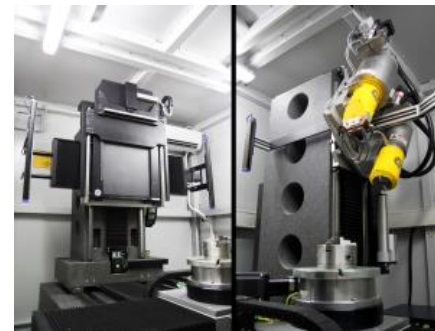


mikroCT, nanoCT

- rovnaký princíp ako klinická výpočtová tomografia
- rozlíšenie v ráde mikrometrov (mikroCT) alebo nanometrov (nanoCT), ale obmedzená veľkosť vzoriek

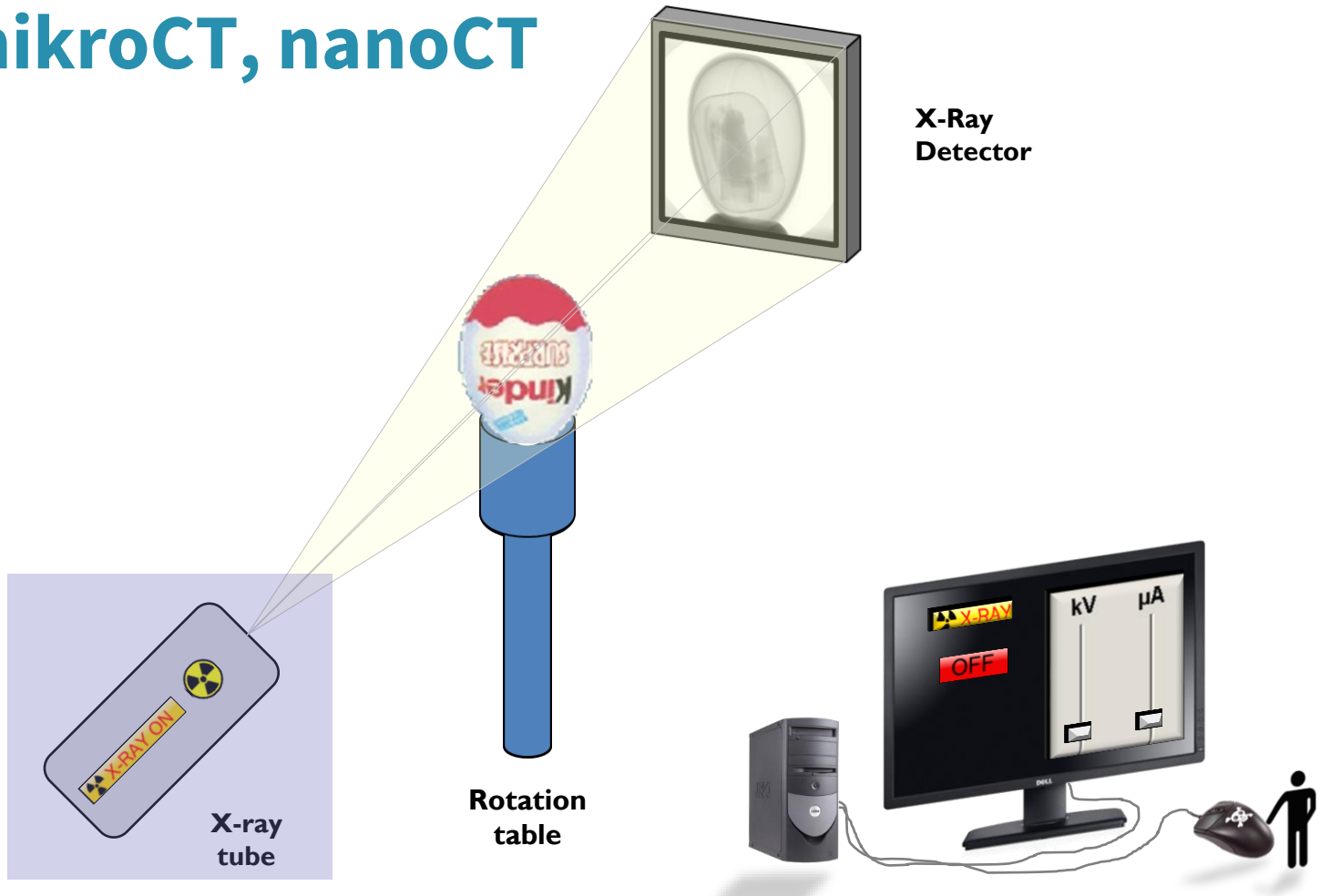
Zobrazenie štruktúr na mikroskopickej úrovni – „virtuálna histológia“

Rotuje objekt, nie záznamový systém



Laboratoř počítačové tomografie | CEITEC VUT

mikroCT, nanoCT

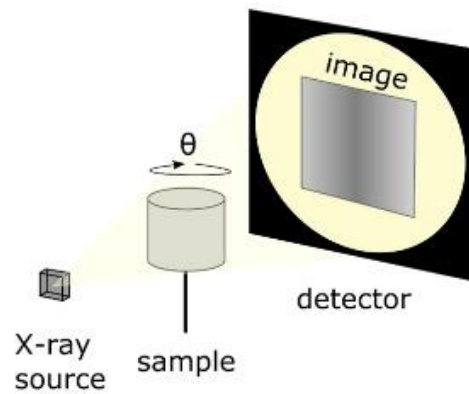


Heliscan microCT

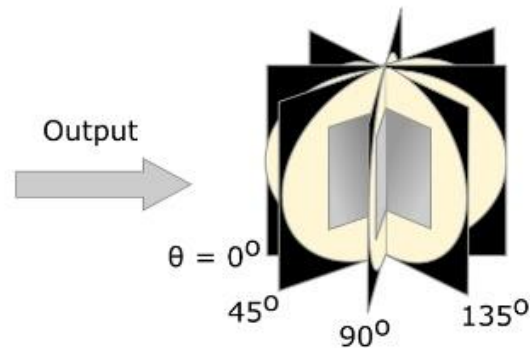


CT – základný flow

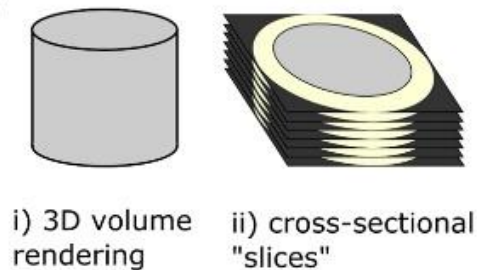
A Image acquisition



B 2D projections of sample



D

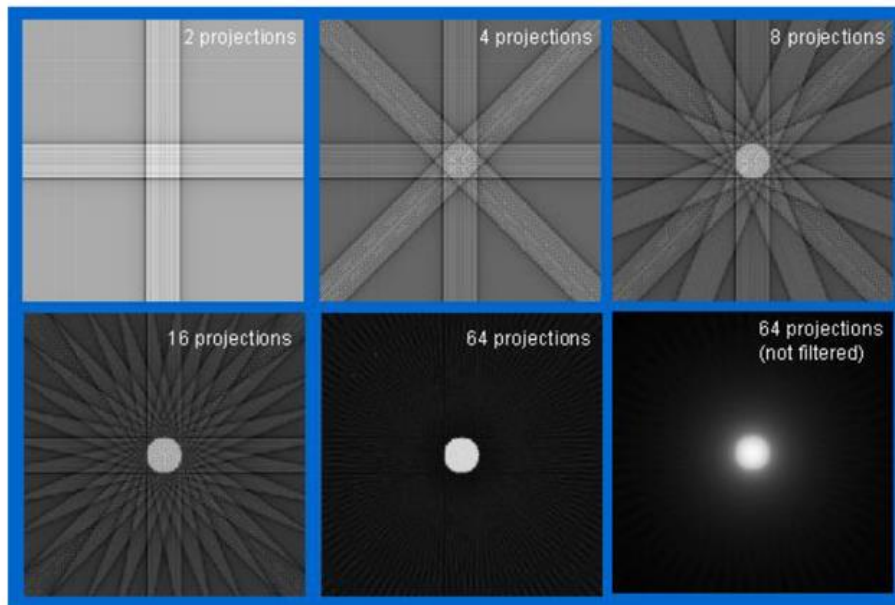


C Reconstruction

- 1) Filtered backprojection
or
- 2) Iterative reconstruction

CT – rekonštrukcia dát

- výsledok merania - sada 2D projekcií z rôznych pozícií (uhlov natočenia)
- rekonštruované pomocou matematických algoritmov (napr. Filtered Backprojection Algorithm, iteratívne algoritmy) do 3D objemu



Zdroj: Thermo Fisher Scientific

Stratégia CT vyšetrenia - faktory

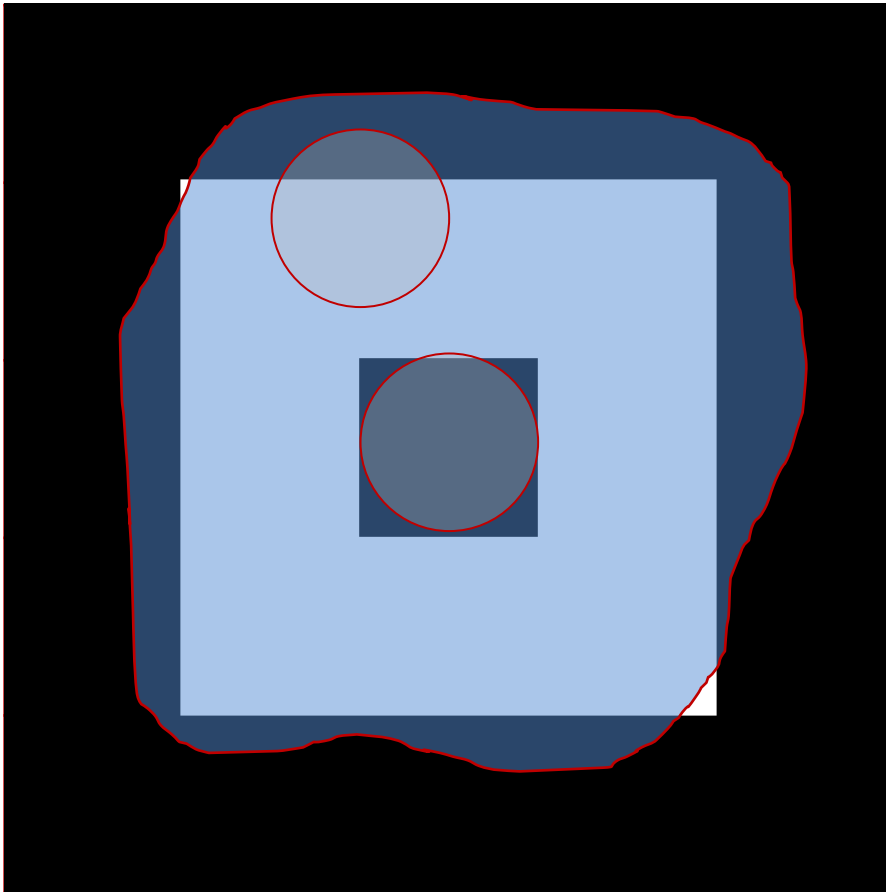


- veľkosť a geometria vzorky
- požadované rozlíšenie
- veľkosť štruktúr záujmu
- stavba, zloženie a homogenita vzorky
- prítomnosť problematických častíc (typicky kovových)

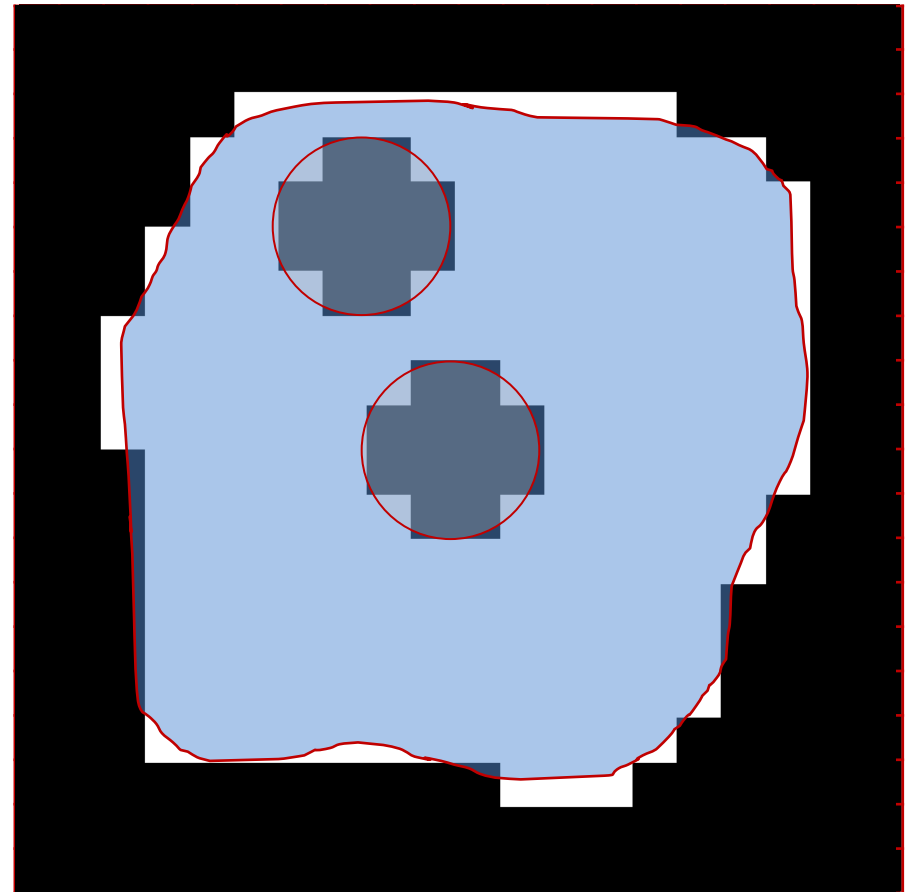


- „skenovací“ mód
- umiestnenie a fixácia vzorky
- typ použitého vlákna
- prípadné použitie fyzických filtrov, ich druh a hrúbka
- typ a parametre rekonštrukčného algoritmu
- prípadné použitie následných korekcií

Rozlíšenie dát – 2D

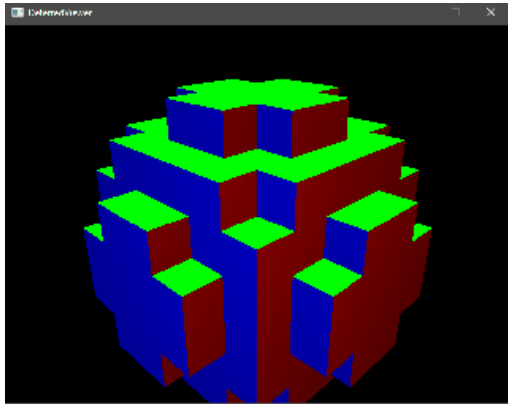
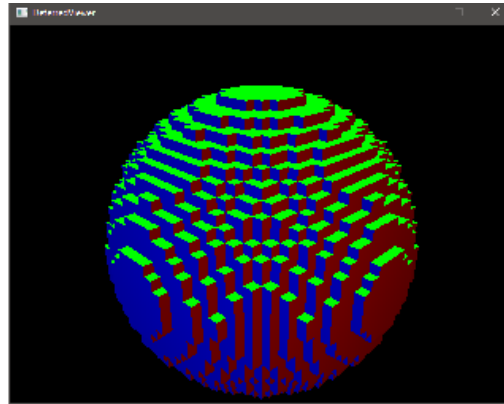
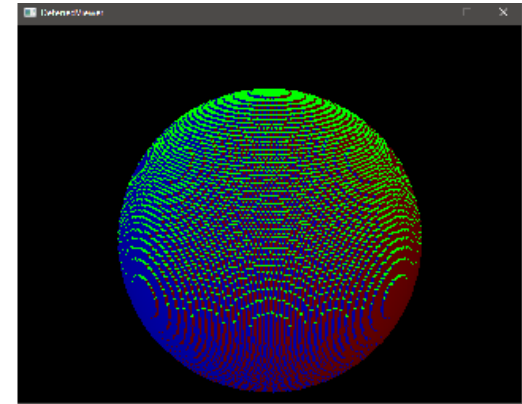


Voxel size = 3 um



Voxel size = 0.8 um

Rozlíšenie dát – 3D

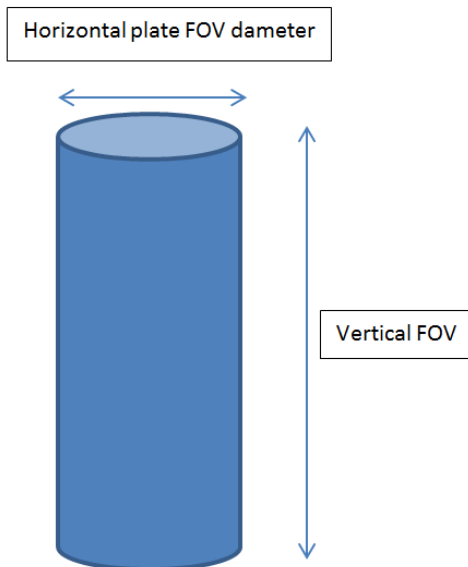
 8^3  32^3  128^3

Nousiainen 2019

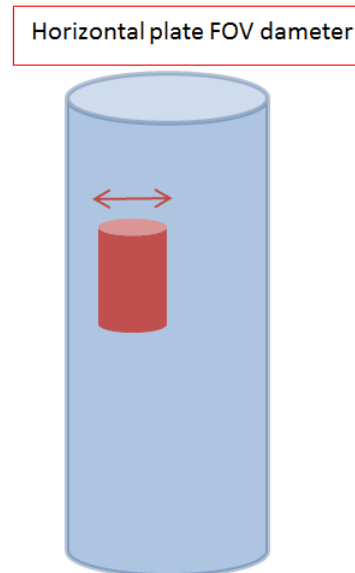
ROI skenovanie

- tiež lokálna tomografia, tomografia výrezov
- skenovanie vybranej časti objemu väčšej vzorky bez nutnosti ju rozrezať
- najprv vytvorený tzv. „overview scan“ pri nižšom rozlíšení, potom doskenovaná vybraná oblasť s vyšším rozlíšením

„Full sample scan“



„Region of interest (ROI) scan“



Spracovávanie objemových dát

- vizualizácia a segmentácia datasetov, tvorba a úprava 3D modelov, analýza pôvodných (raw dát) i vygenerovaných modelov

Komerčný software:

Amira/Avizo (používaný u nás v laboratóriu), Mimics, VGStudio, Dragonfly

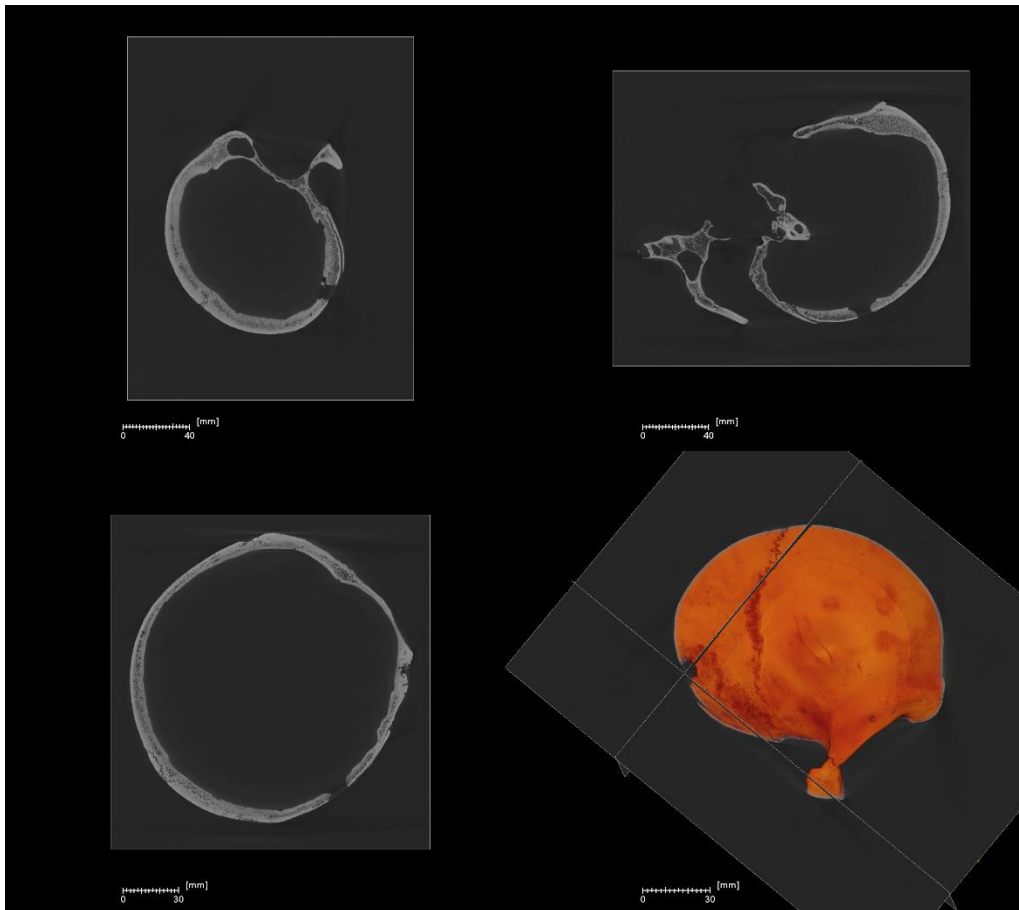
- **Vysoká cena, vysoké nároky na výkonnosť PC**
- **Obrovské možnosti spracovávania a analýzy dát**

Voľne dostupný:

InVesalius – redukcia dát pri importe (v závislosti na výkonnosti PC), malé množstvo editačných nástrojov

3D Slicer – často počas práce „padá“

Vizualizácia objemových dát



Multiplanar reconstruction

- najjednoduchšia forma zobrazenia
- možnosť zobrazenia 3 na seba kolmých snímok cez jeden bod (obvykle v 3 hlavných prednastavených rovinách)
- možnosť vytvoriť rezy datasetom i v nových, určených rovinách

Volume rendering

- trojrozmerné zobrazenie dát (zobrazenie rozdielov hustoty)
- len vizualizácia, tento mód neumožňuje spracovávanie a analýzu dát

Spracovávanie objemových dát

- **Editácia objemu**
 - konvertovanie dát, orezanie datasetu, prerátanie do iných rovín, zarovnanie a spojenie viacerých datasetov do jedného objemu
- **Predspracovanie**
 - rôzne typy filtrov na zvýšenie kontrastu, elimináciu artefaktov v dátach
- **Samotné spracovanie – segmentácia**
- **Generovanie 3D modelov**
- **Hodnotenie a analýzy**

Segmentácia objemových dát

Manuálna

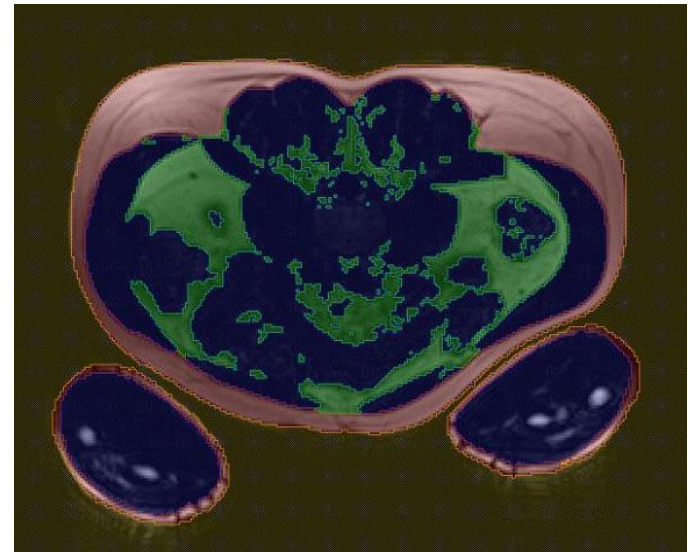
- manuálne segmentačné nástroje

Poloautomatická

- segmentačné nástroje v móde thresholdu, polo-automatické postupy (napr. watershed segmentation) + manuálna úprava dát, využívanie morfologických operácií na úpravu hrubej segmentácie

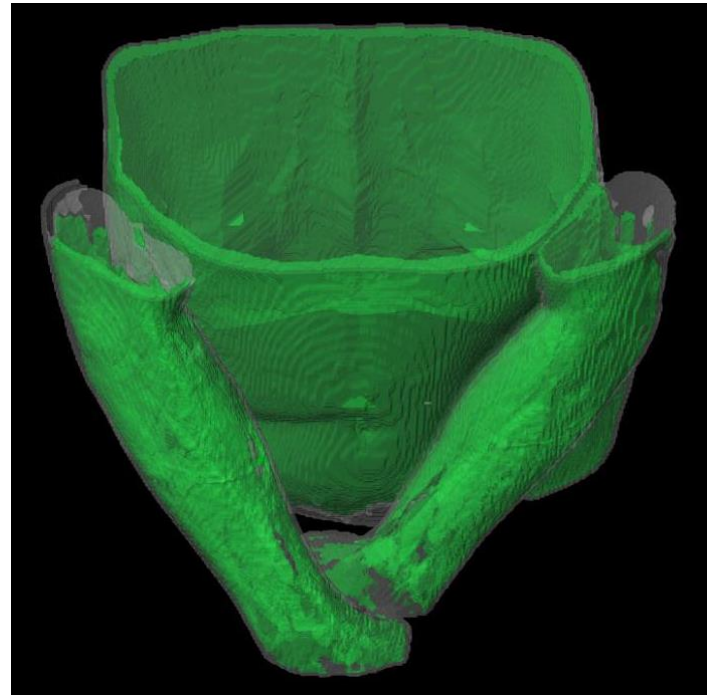
Automatická

- binarizácia pomocou algoritmov (Otsu a iné), pokročilé postupy spracovania
 - atlas-based, contour-based metódy



Generovanie 3D modelov

- na základe odsegmentovaných dát vygenerovanie do polygonálneho modelu
- separátne odsegmentované štruktúry možné generovať do osobitných modelov
- vyhladzovanie modelov
 - nastavenie úrovne už počas generovania
 - vyhladenie po vygenerovaní polygonálneho modelu
- najčastejšie používaný formát - stl



Hodnotenie a analýzy

Vizuálne

- na 2D snímkach (pôvodných, v prípade potreby prerátaných do iných rovín)
- na základnom 3D zobrazení – volume rendering
- na vygenerovaných modeloch

2D

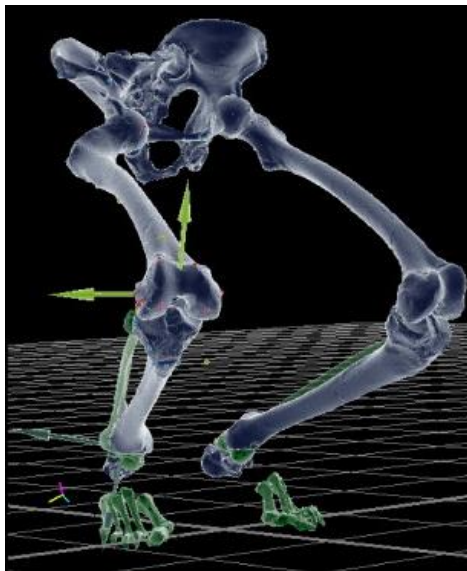
- na 2D snímkach (pôvodných, v prípade potreby prerátaných do iných rovín)
- na vygenerovaných modeloch
- napr. rozmery, obsahy, obvody

3D

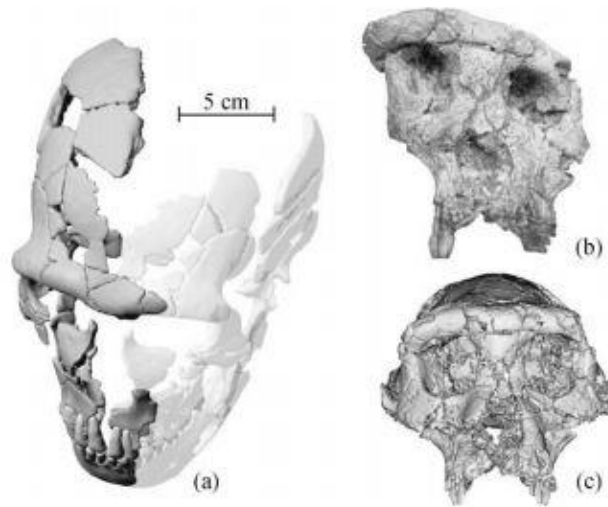
- na spracovaných snímkach (odsegmentovaných)
- analýza 3D tvaru a rozloženia hodnotených znakov/štruktúr (predovšetkým vnútorných)
- napr. objem, hrúbka, tvar, početnosť, kategorizácia podľa určených parametrov

Aplikácie CT

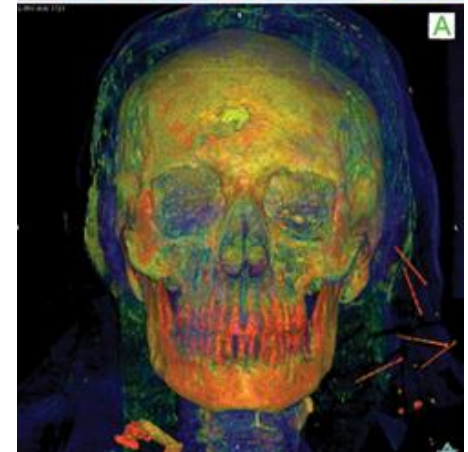
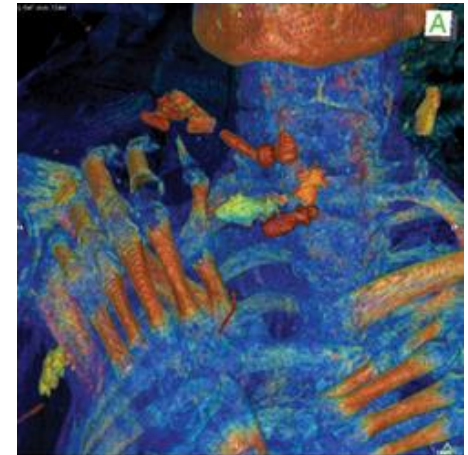
- neinvazívne vyšetrenie cenných nálezov:
mumifikované pozostatky, fosílie



Balzeau et al 2010



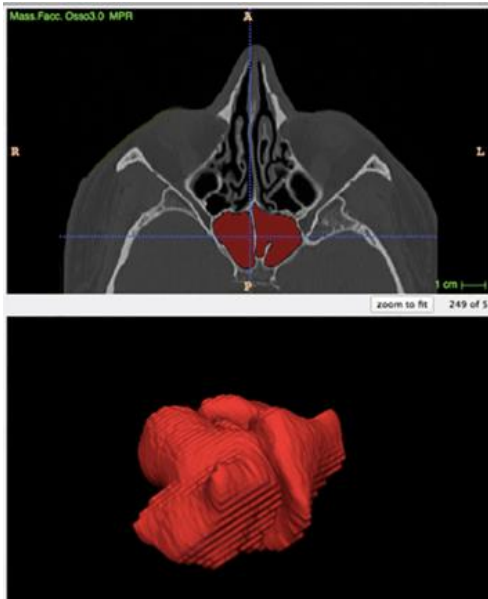
Wu, Shepards 2009



Cox 2015

Aplikácie CT

Identifikácia
 Určovanie pohlavia
 Odhad veku



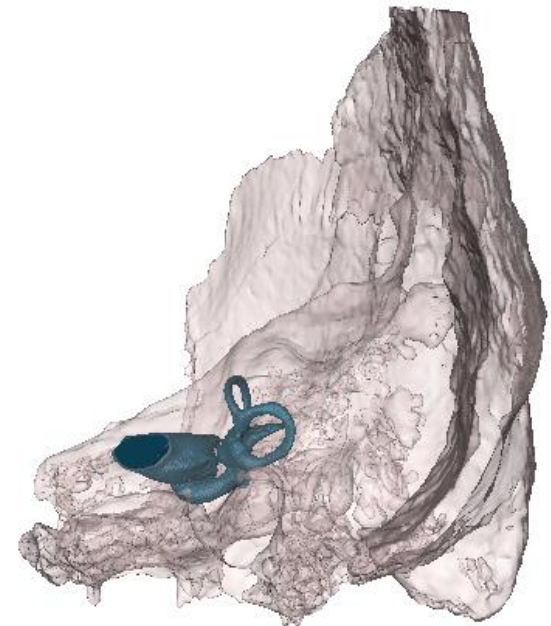
Cappella et al. 2019



Dedouit et al. 2015

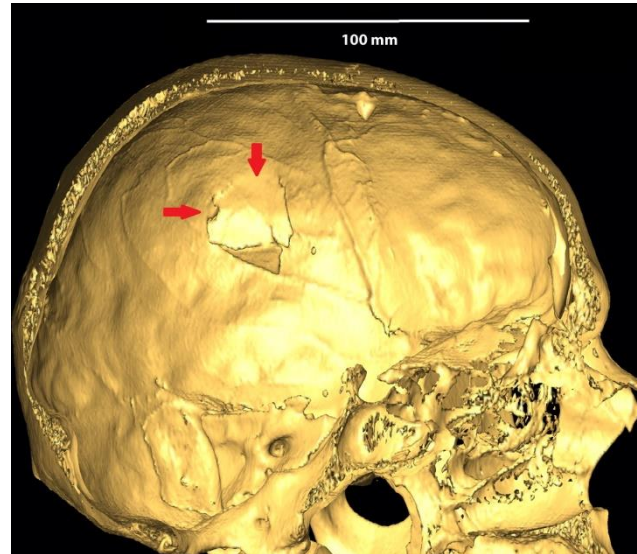


Dedouit et al. 2014



Aplikácie CT

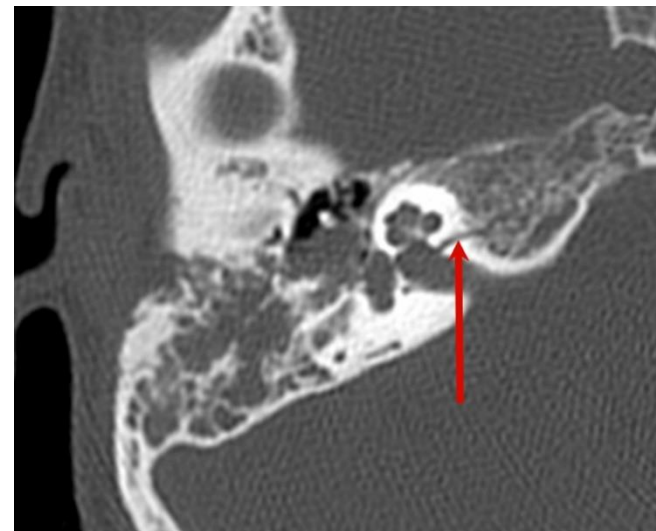
Hodnotenie tráum



Flaming-Farrlel
et al. 2013

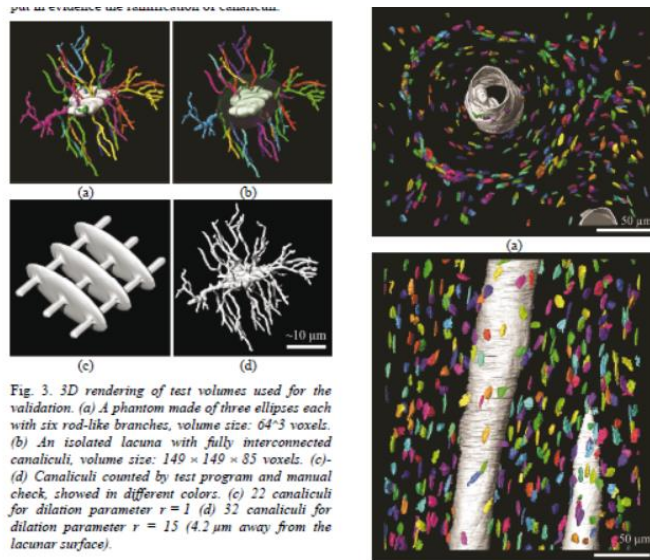


Trojanowska
et al. 2012

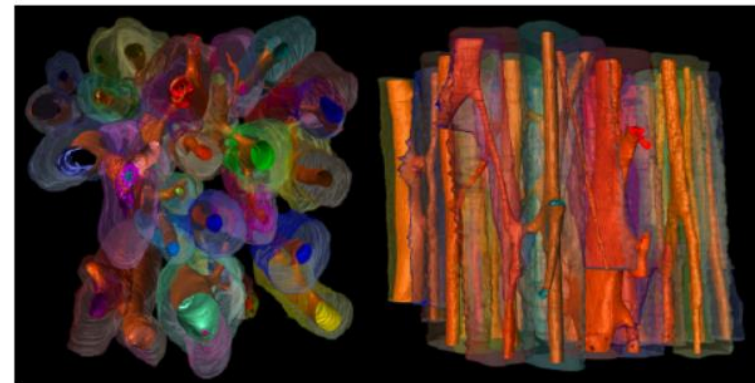


Aplikácie mikroCT/nanoCT

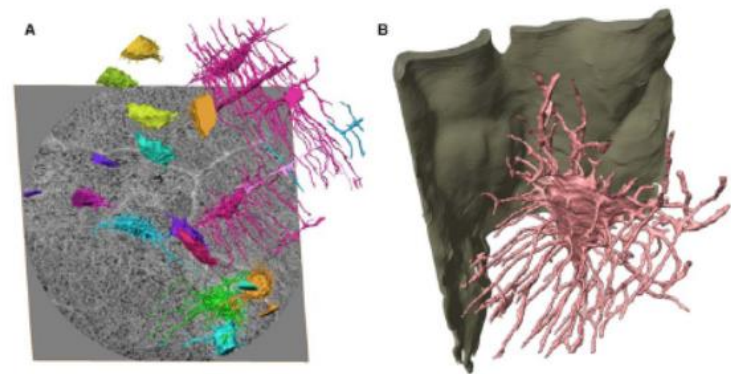
Výskum mikroskopických štruktúr kostí v 3D:
osteóny, Haversovské kanáliky,
nanoCT – lakuny po osteocytoch



Dong et al. 2014



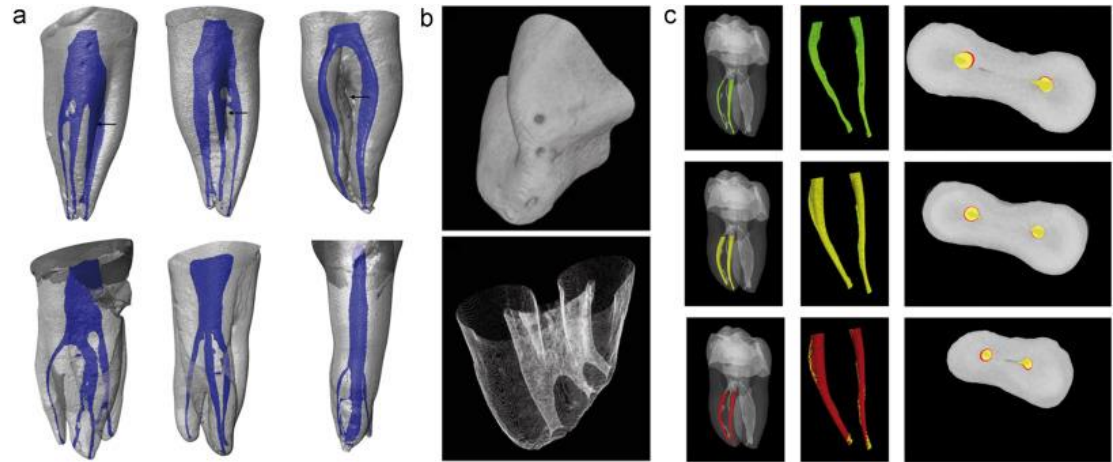
Maggiano et al. 2016



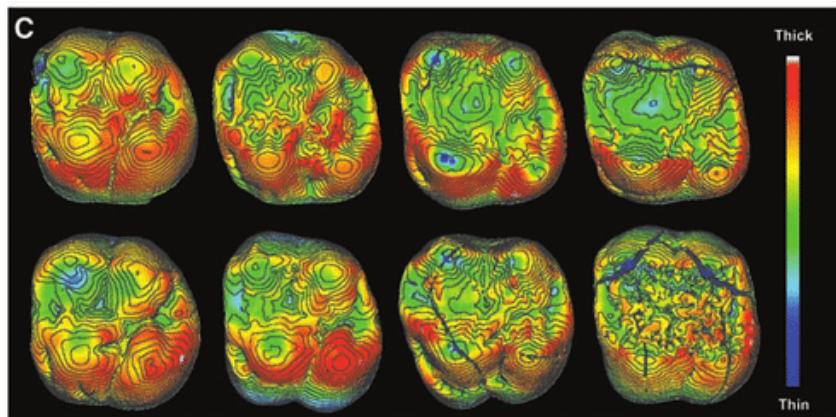
Langer et al. 2012

Aplikácie mikroCT/nanoCT

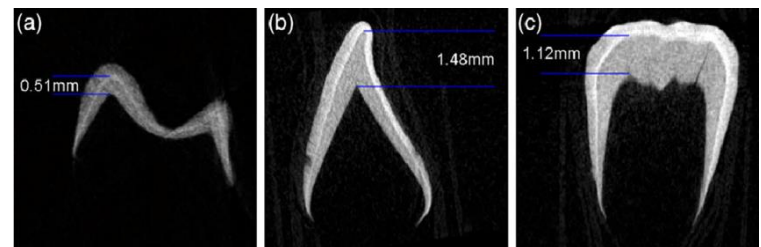
Dentálna
antropológia



Kato et al. 2016



Suwa et al. 2009

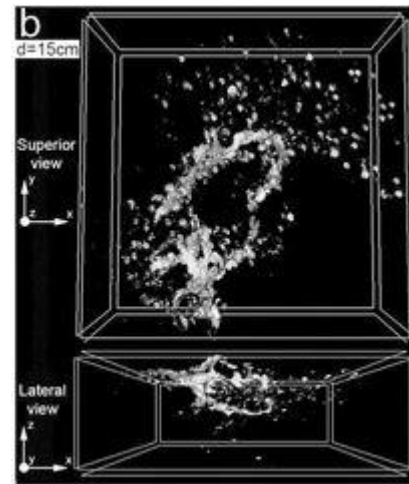
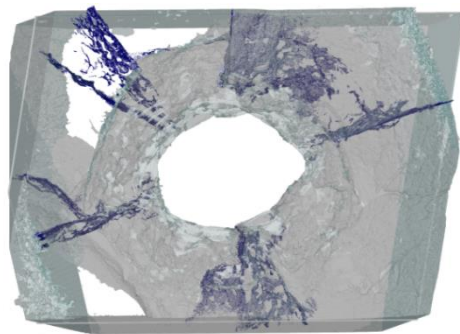


Beaumont et al. 2018

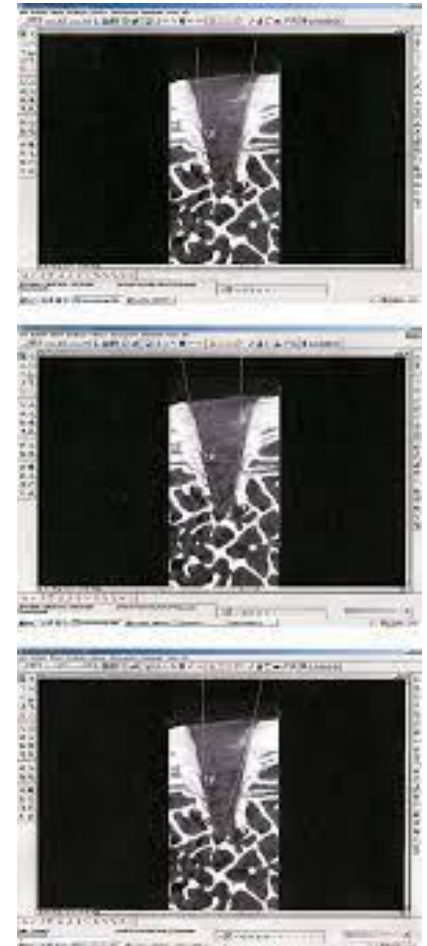
Aplikácie mikroCT/nanoCT

Mikro-traumy

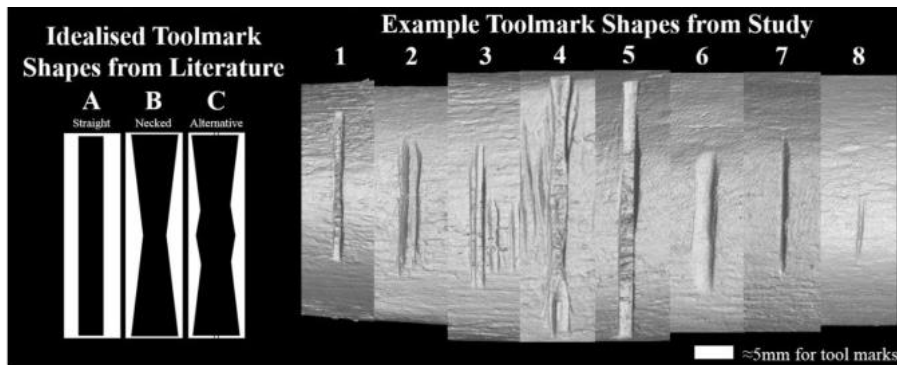
rezné poranenia, spálené kosti, strelné poranenia, mikrotrhliny



Cecchetto et al. 2012



Thali et al. 2003 31



Norman et al. 2018

Ďakujem za pozornosť!