Možnosti aplikace prostorových geom. modelu lidských tkáni v dentální chirurgii

MUDr. Pavlína Černochová, MUDr. Karin Kaňovská
Stomatologická klinika FN u sv. Anny v Brně

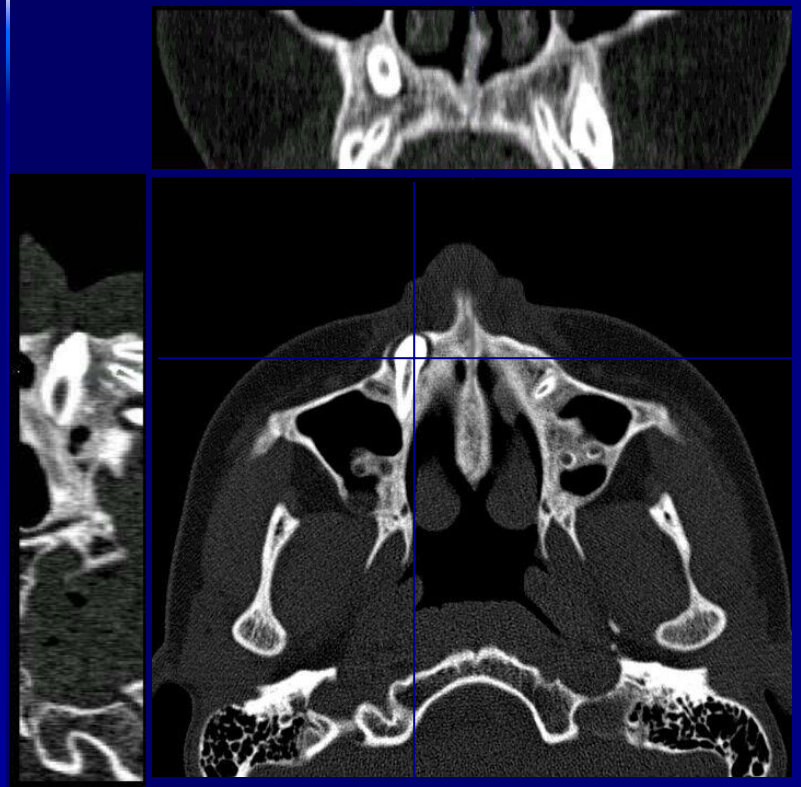
Doc. MUDr. Petr Krupa, CSc.
Klinika zobrazovacích metod FN u sv. Anny v Brně

Ing. Přemysl Kršek, Ph.D.
Fakulta informačních technologií VUT v Brně

Motivace

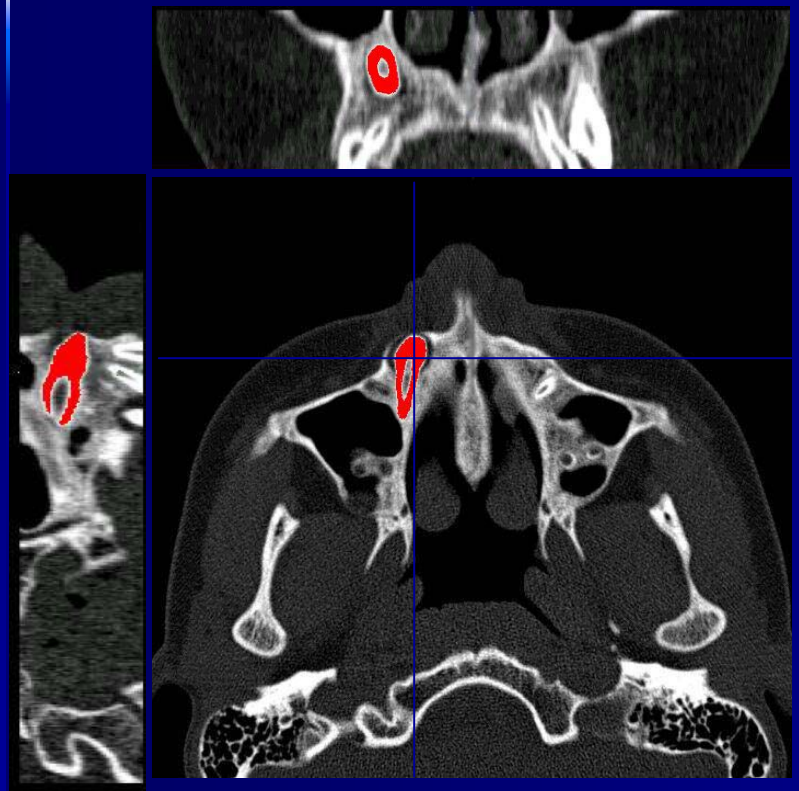
Vytvořit virtuální geometrický model nebo fyzický model vybraných lidských tkání (čelisti, zuby, dásně, …) podle individuálních potřeb konkrétního pacienta s cílem zlepšit kvalitu jeho ošetření.

Zdroje dat



- Obrazová data CT/MR vyšetření.
- Série navazujících 2D řezů.
- Diskrétní objemová data (volume data).
- Multiplanární zobrazení

Segmentace tkání

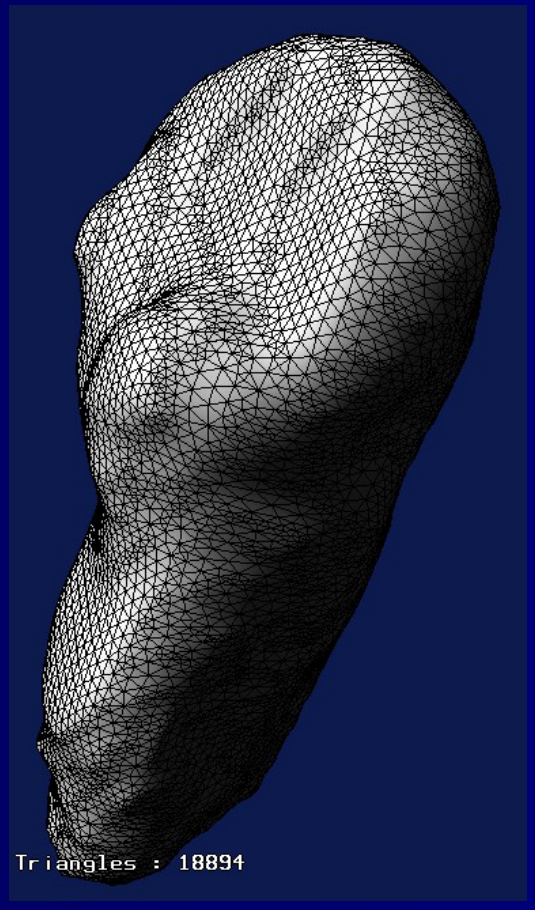


- Výběr diskrétního objemu obsazeného danou tkání (ROI).
- Poloautomatické s manuální korekcí.
- Subjektivní.
- U kostí (zubů) výrazný rozdíl densit na povrchu.

Vektorizace tkání

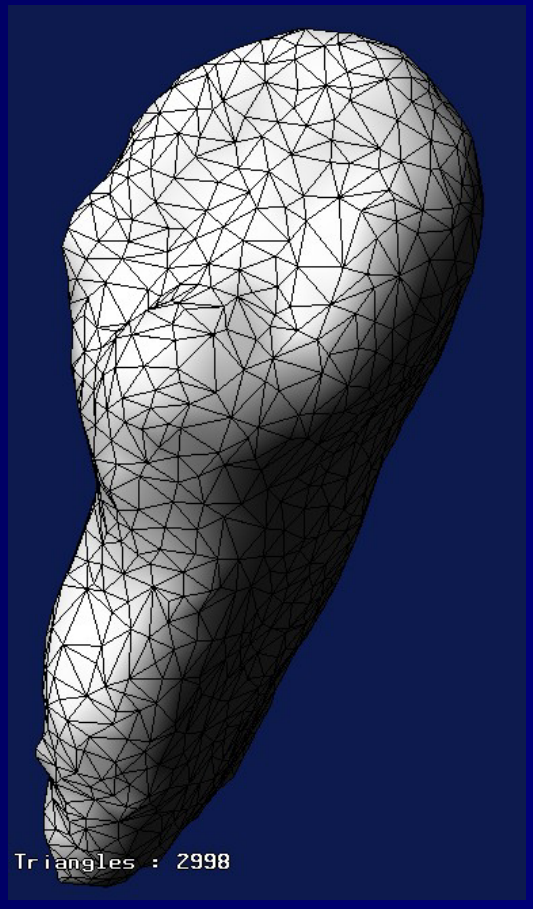
- Převod diskrétních objemových dat na polygonální geometrické modely.
- „Marching cubes".
- Uzavřené, orientované trojúhel. sítě.
- Zcela automatické.

Vyhlazení (smoothing)



- Vyhlazení povrchu při max. zachování geometrie modelů.
- Důsledek vstupních diskrétních dat.
- Filtrace Laplace-ovým operátorem + filtr „Dolní propust".
- Zcela automatické.

Redukce velikosti modelů



- Snížení počtu trojúhelníků při max. zachování geometrie modelů.
- „Edge collapsing with volume error metrics“.
- Redukce až 99 %.
- Zcela automatické.

Výroba fyzických modelů

- Rapid prototyping:
  - Několik technologií (FDM, STL, LS, …).
  - Finančně náročné.
  - Automatizace.
- Frézování (3D, 5D):
  - CAM, CNC.
  - Dostupné, ověřené.
  - Náročnější příprava modelů.
- Kombinace RP a CNC:
  - Spojuje výhody.
  - Aktuální vývoj.
- Použitý materiál:
  - Inertní pryskyřice EBALTA SG 2000
  - Stomatologické pryskyřice.
  - Pro CNC neomezeno

Přesnost modelů

- Přesnost CT/MR snímání:
  - vrstva ~0,5–1 mm.
  - pixel ~0,2-0,5 mm.
- Přesnost geom. modelů ~ 0,1 mm.
- Přesnost výroby fyzických modelů ~ 0,01 mm.
- Celková přesnost:
  - odhad ~ ± 0,2 mm.
  - max. ~ ± 0,5 mm.
- Experiment pro ověření přesnosti:
  - Porovnání reálného objektu s jeho geometrickým a fyzickým modelem.
  - 3D skenování.

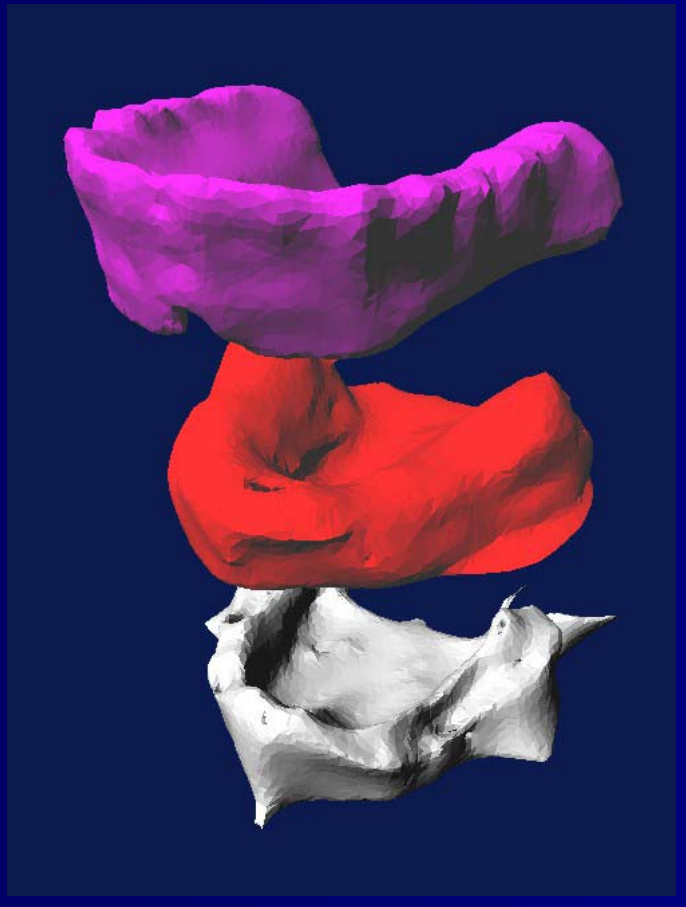
Příklady aplikací

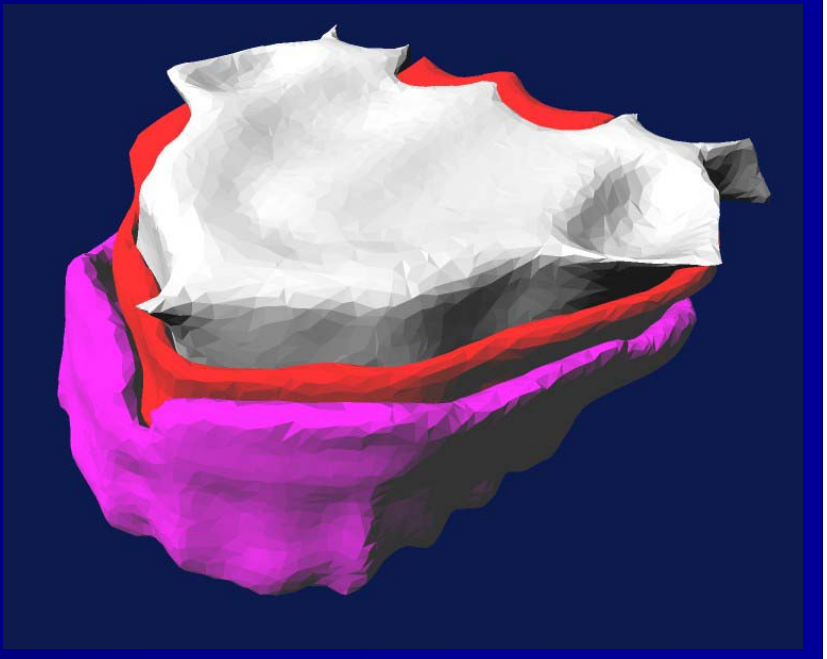
- Modely zubů, viz. další příspěvek.
- Model horní čelisti, viz. předchozí příspěvek.
- Vyrobeno na míru konkrétních pacientů.
- Použito pro ošetření těchto pacientů.

Modely zubů

+ Ukázka

Model horní čelisti

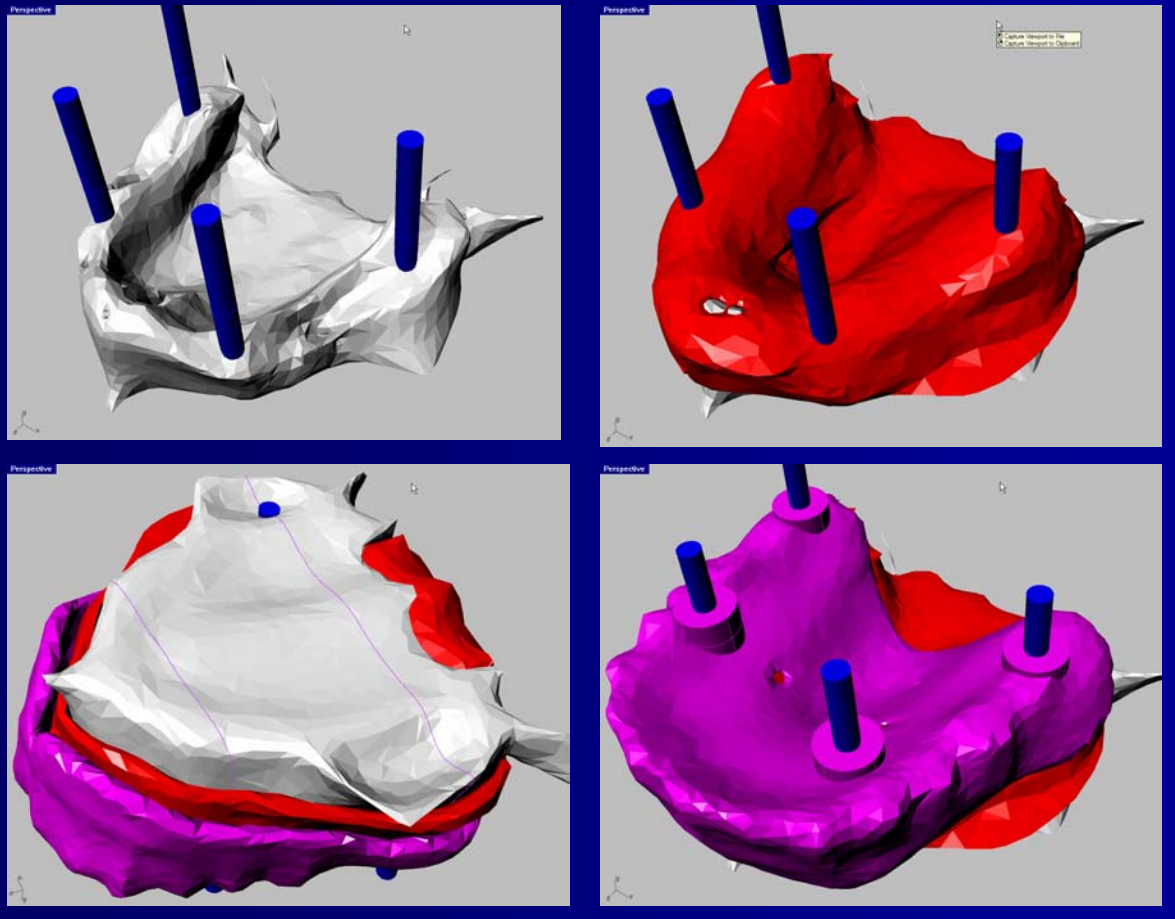




Fyzický model čelisti

+ Ukázka

Virtuální aplikace



Časová náročnost

- Běžný postup:
  - 1. den – CT/MR vyšetření.
  - 2. den – Tvorba modelů.
  - 3. den – K dispozici lékařům.
- Rychlý postup:
  - 1. den – CT/MR vyšetření + tvorba modelů.
  - 2. den – K dispozici lékařům.
- Model k dispozici do 8 hodin od CT/MR.
- V dosavadní praxi je k dispozici min. týden.

Závěr

- Vlastní know-how.
- Vlastní programové vybavení.
- Ověřená technologie výroby fyzických modelů (CAM, CNC, RP).
- Probíhá klinické testování.
- Dostupnost - teď a tady.