



# „3D technologie“ ve stomatologii

MDDr. J. Šebek, Stomatologická klinika – maxilofaciální chirurgie

# „3D technologie“ ve stomatologii

- CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Milling)
- CNC frézování (Computer Numeric Control)
- AM (Aditive Manufacturing) a.k.a. 3D tisk
- CBCT (Cone Beam Computed Tomography)
- 3D skenery
- Fotogrammetrie (3D fotografie)
- Rozšířená realita
- Obrazem řízená navigace
- DSD (Digital Smile Design)



# „3D technologie“ ve stomatologii

Computer Aided Design (CAD)

# CAD Computer Aided Design

**CAD**, z *angličtiny* *computer-aided design*, česky *počítačem podporované projektování*, nebo míněno na obecný CAD systém jako *computer-aided drafting* – *počítačem podporované kreslení*. Jde o velkou oblast IT, která zastřešuje širokou činnost navrhování. Jednoduše lze říct, že se jedná o používání pokročilých grafických programů pro projektování, místo rýsovacího prkna.

CAD aplikace vždy obsahují grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů a modelování objektů a dějů reálného světa. Pokročilejší řeší výpočty, analýzy a řízení systémů (výroby, zařízení).

Blízkým příbuzným je také oblast počítačových vizualizací, protože virtuální 3D návrhy jsou často klientům prezentovány ve formě fotorealistických vizualizací.

## Rozdělení CAD systémů [\[ editovat \]](#) [\[ editovat zdroj \]](#)

- **obecné** CAD systémy
  - 2D
  - 3D
    - objemové
    - povrchové
- **specializované** CAD systémy
  - strojírenství – **CAM** (computer-aided manufacturing) **CAE** (computer-aided engineering)
  - stavebnictví a architektura – **AEC** (Architecture-Engineering-Construction), **BIM** (Building Information Model), **CAAD** (Computer-aided architectural design)
  - potrubní systémy a technické zařízení budov
  - liniové a dopravní stavby
  - správa nemovitostí – **FM** (Facility Management)
  - elektrotechnika – **PCB** (Printed Circuit Boards), **EDA** (Electronic design automation)
  - územní plánování a geografie – **GIS** (Geographic Information Systems)

# CAD Computer Aided Design

- Pracovní postup, kdy **návrh** výrobku je tvořen pouze za **pomocí počítače**.
- Proč zrovna stomatologie?
  - Nutnost produkce drobných a vysoce přesných výrobků (protetika, konzervační, ortodoncie)
  - Nutnost plánování léčebných postupů a predikce jejich výsledků (maxilofaciální chirurgie, implantologie, ortodoncie) → transfer požadovaného výsledku do operačního pole (maxilofaciální chirurgie a implantologie)
- Proč až teď?
  - CBCT (1996)
  - Mechanický sken modelu (2001)
  - Optický sken (2008)

# CAD Computer Aided Design

- Protetika
  - Korunky a můstky
  - Částečné snímatelné náhrady (skelety)
  - Totální náhrady (zatím ne)
  - Protetika na implatáty

# Protetika

## Korunky a můstky

- Broušení
- Otisk
- Výroba pracovního modelu modelu
- Výroba voskového předtvaru kapny nebo náhrady
- Odlévání kapny/fasetování
- Výroba z jednoho materiálu (plasty, presovaná keramika, etc.)

## Částečné snímatelné náhrady (skelety)

- Otisk v konfekční lžici
- Výroba individuální lžice
- Otisk v individuální lžici
- Výroba pracovního modelu
- Dublování → výroba licího modelu
- Výroba voskového předtvaru → zatmelení → odlití
- Výroba baze, zakomponování zubů
- + rekonstrukce MČV a zkoušky

# Ortodoncie

- Výroba snímatelných ortodontických aparátů
- Výroba speciálních fixních aparátů
- Výroba šablon pro nepřímé lepení (plánování léčby - Insignia)
- Výroba alignerů (a.k.a. neviditelná rovátka – Invisalign)



# Implantologie

- Plánování pozice zavedení implantátů
- Výroba vrtacích šablon
- Výroba provizorních korunek

Obojí najednou → provizorium je předáno těsně po implantaci („teeth in the hour“)

---

## Zuby za 6 hodin

A. Šimůnek<sup>1</sup>, T. Vosáhlo<sup>2</sup>, D. Kopecká<sup>1</sup>, T. Brázda<sup>1</sup>, M. Sobotka<sup>1</sup>, D. Dufková<sup>1</sup>

*Implantologie Journal 8/2006*

*Autoři popisují vlastní modifikaci fixní náhrady dolního zubního oblouku pomocí implantátů Impladent (Lasak s.r.o., Praha). Provizorní fixní můstek vyrábějí z dolní totální protézy a fixují jej do úst prostřednictvím otiskovacích kapen. Pacient může ihned přijímat běžnou potravu. Za šest týdnů je provizorní můstek nahrazen klasickým Brånemarkovým*

na minimum. To se ukázalo, jako rozhodující moment pro překonání finanční bariéry<sup>2,3,4,5,6,7,8</sup>. Koncept ošetření dostal komerční název „Zuby za 6 hodin“. Cílem předložené publikace je nový léčebný protokol popsat a s odstupem dvou a půl roku jej zhodnotit.



# Konzervační zubní lékařství

- Zobrazování – re/endodoncie
  - Kořenový systém
    - Počty kanálků
    - Resorbce
      - Vnitřní
      - Zevní
  - Periapikální prostor
  - Kvalita stávajícího endodontického ošetření
  - Šablona zubu při transplantacích

# Konzervační zubní lékařství/protetika

- Nepřímo zhotovené výplně – inlaye
- Fasety

# Maxilofaciální chirurgie

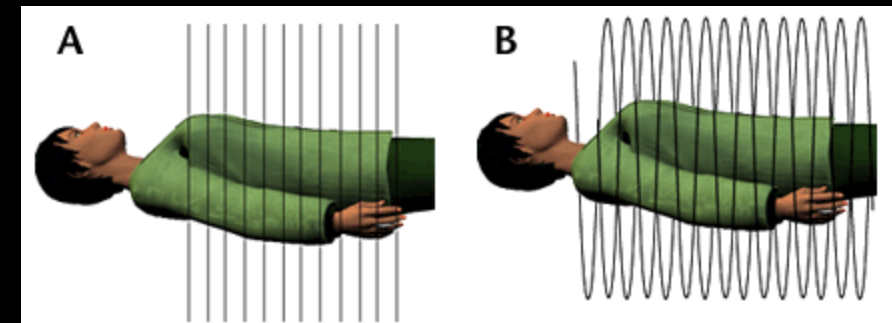
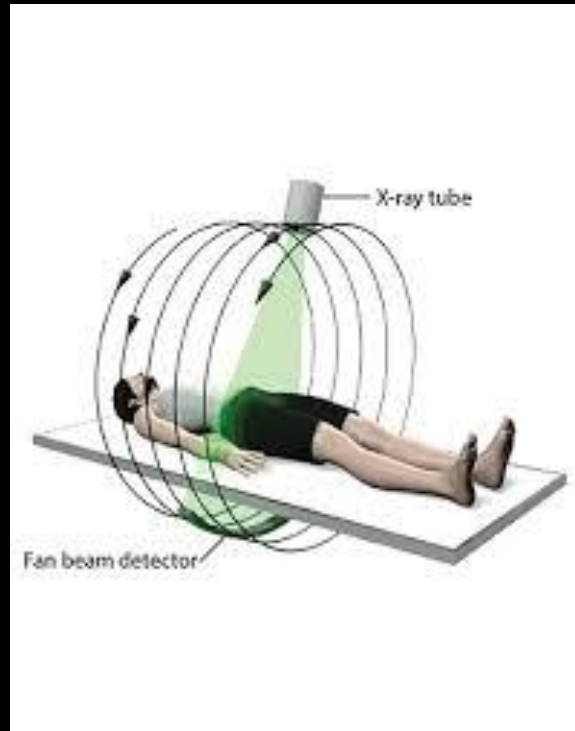
- Zobrazování tvrdých tkání (nejlépe CBCT nebo MDCT [Multi Detector Computed Tomography])
  - 3. moláry a jejich patologie (cysty, patologické fraktury etc.)
  - Traumatologie
  - Onkologie – tumory v kosti
  - Rekonstrukční chirurgie
    - Primární
    - Poresekční
    - posttraumatická
  - Ortognátní chirurgie

# Co k tomu potřebujeme?

- Tvrdé tkáně
    - MDCT
    - CBCT
    - MRI?
    - Zuby
      - Intraorální skeny
      - Skeny sádrových modelů
- } přeložení s CBCT

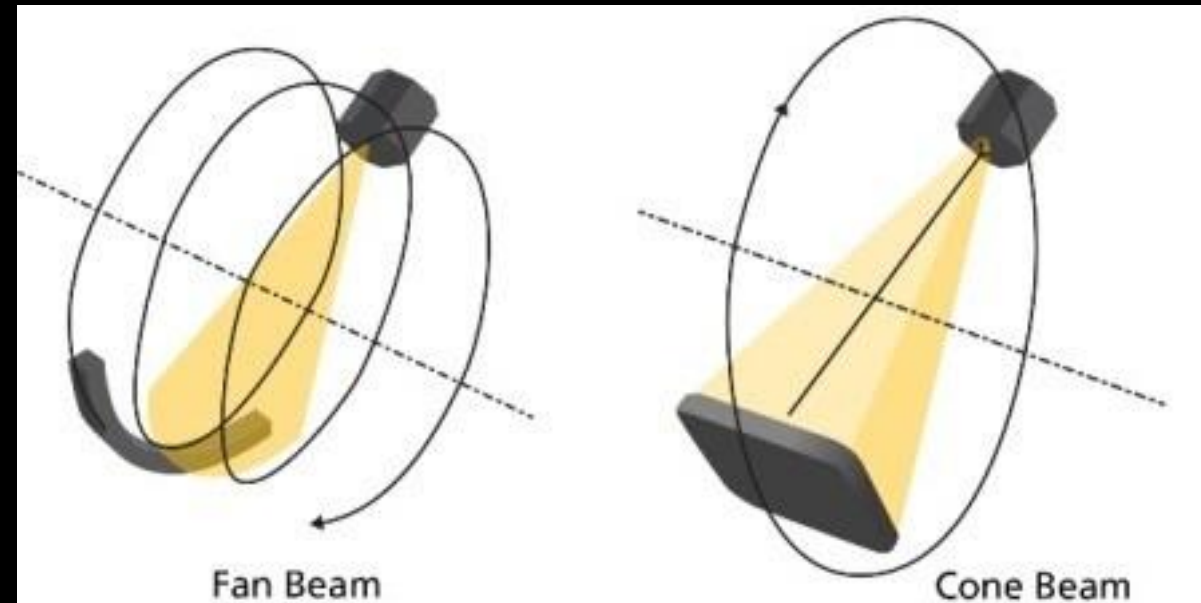
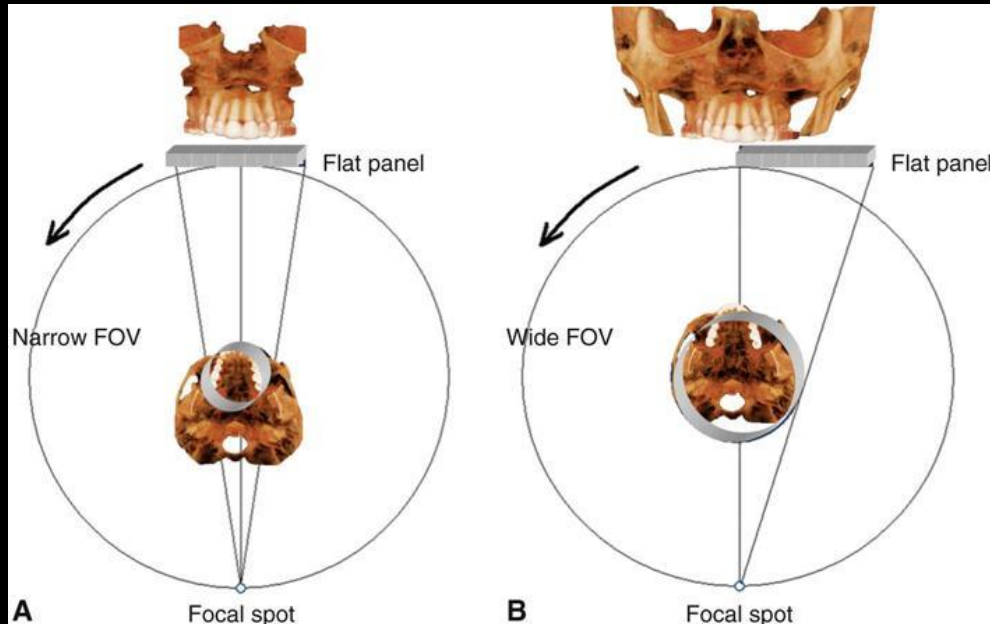
# MDCT (Multi-Detector Computed Tomography)

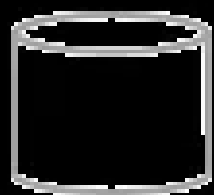
- „CT v nemocnici“
- Sir. Godfrey Newbold Hounsfield (1971)
- Buď planární (A) nebo spirální (B)
- Fan beam CT



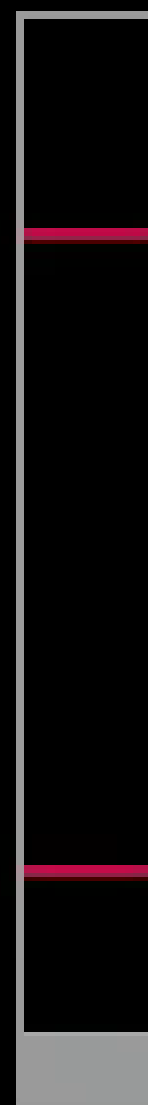
# CBCT (Cone Beam Computed Itomography)

- 1996 v Itálii - Attilio Tacconi, Piero Mozzo, Daniele Godi and Giordano Ronca
- Primárně dentální využití, lze využít i v jiných oborech
- Velký detektor a kónický paprsek
- Omezené zobrazení (FOV – Field of View)





Ø 2x2cm



PAN





# Srovnání

## MDCT

- Větší radiační zátěž
- Neomezená velikost zobrazení
- Vhodnější pro zobrazení měkkých tkání, tvrdé tkáně zobrazí dobře

## CBCT

- Menší radiační zátěž
- Omezené FOV
- Dobré zobrazení tvrdých tkání, ale špatné zobrazení měkkých tkán
- Artefakty z kovového materiálu v oblasti zájmu

# DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

- Univerzální mezinárodní formát obrazu pro RTG snímky i CT
- Obsahuje informace i o pacientovi, druhu vyšetření podaném kontrastu, naklonění zobrazení apod.
- sdílení mezi nemocnicemi pomocí systému PACS (picture archiving and communication systém)
- CT i CBCT (výstup většinou vypálen na CD, v datovém adresáři jsou soubory \*.dcm, které jsou zpracovatelné nebo soubor dicomdir, který všechny tyto soubory sdružuje)

# Skenery

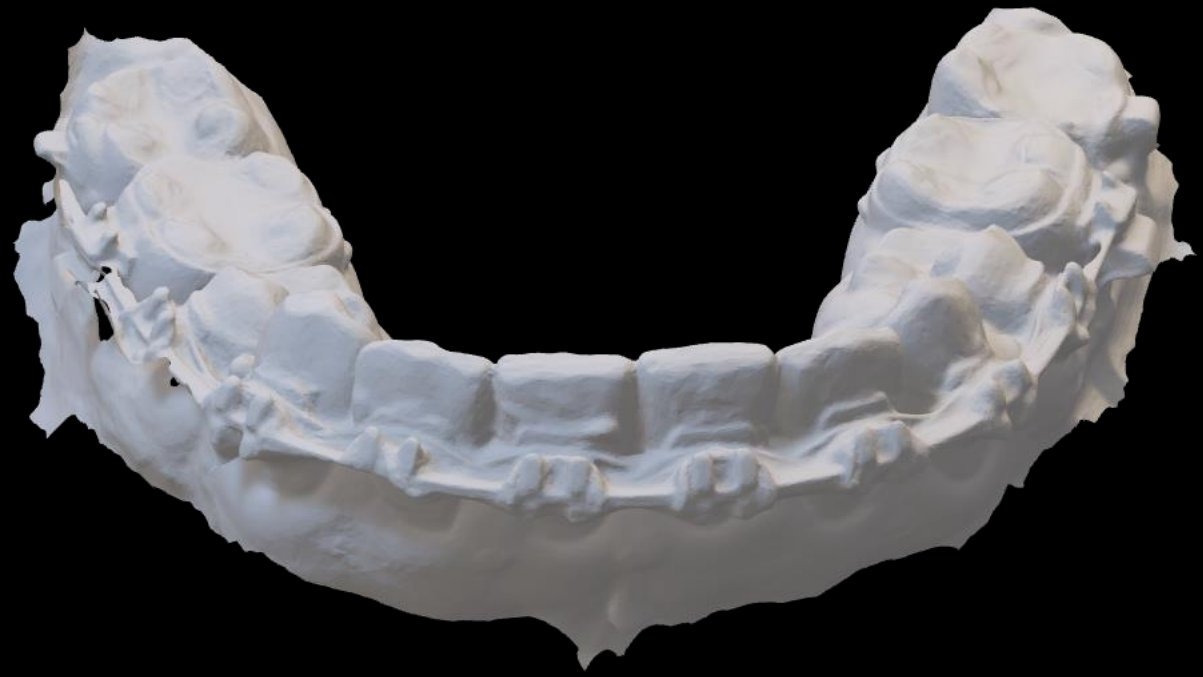
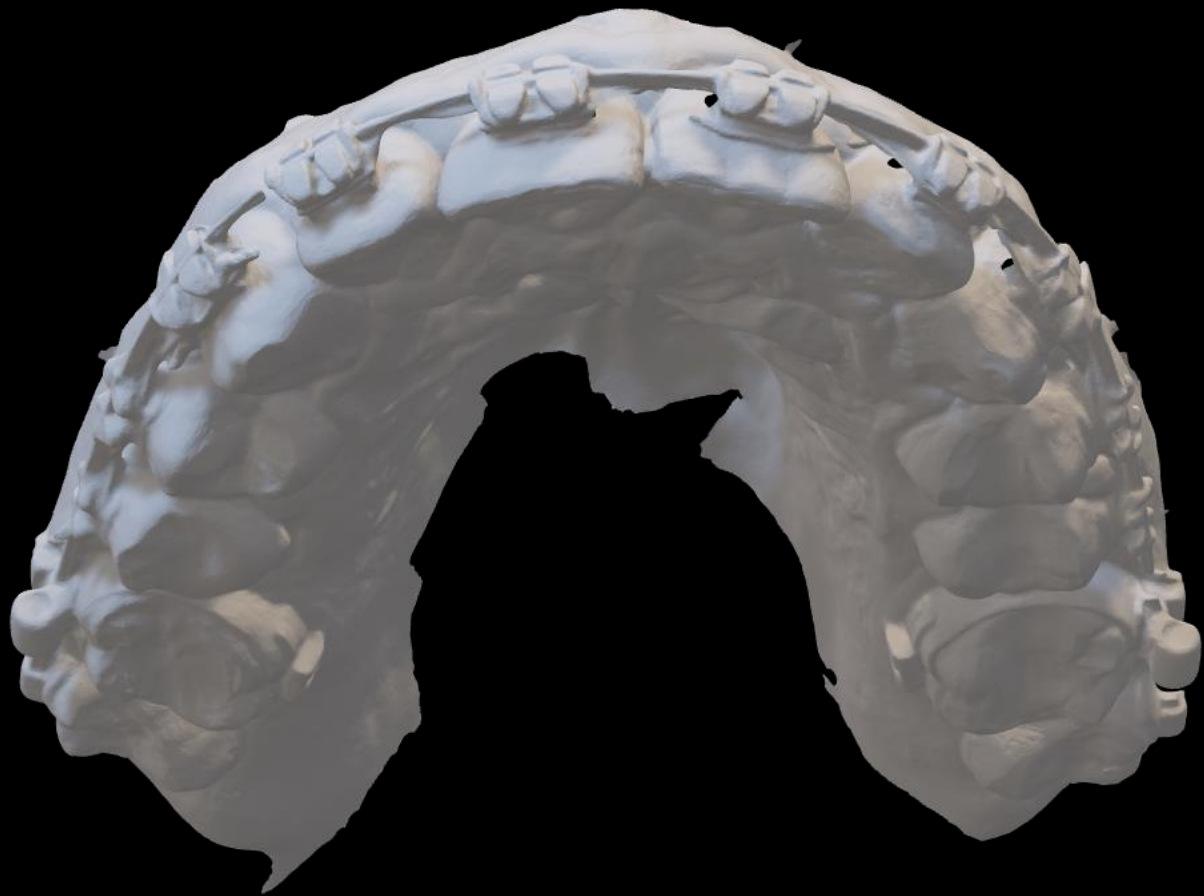
- Mechanické
- Optické 1. generace (prášek)
- Optické 2. generace (zlatý standard)
- Table top (skenery modelů)
- Intraorální

# Intraorální skenery

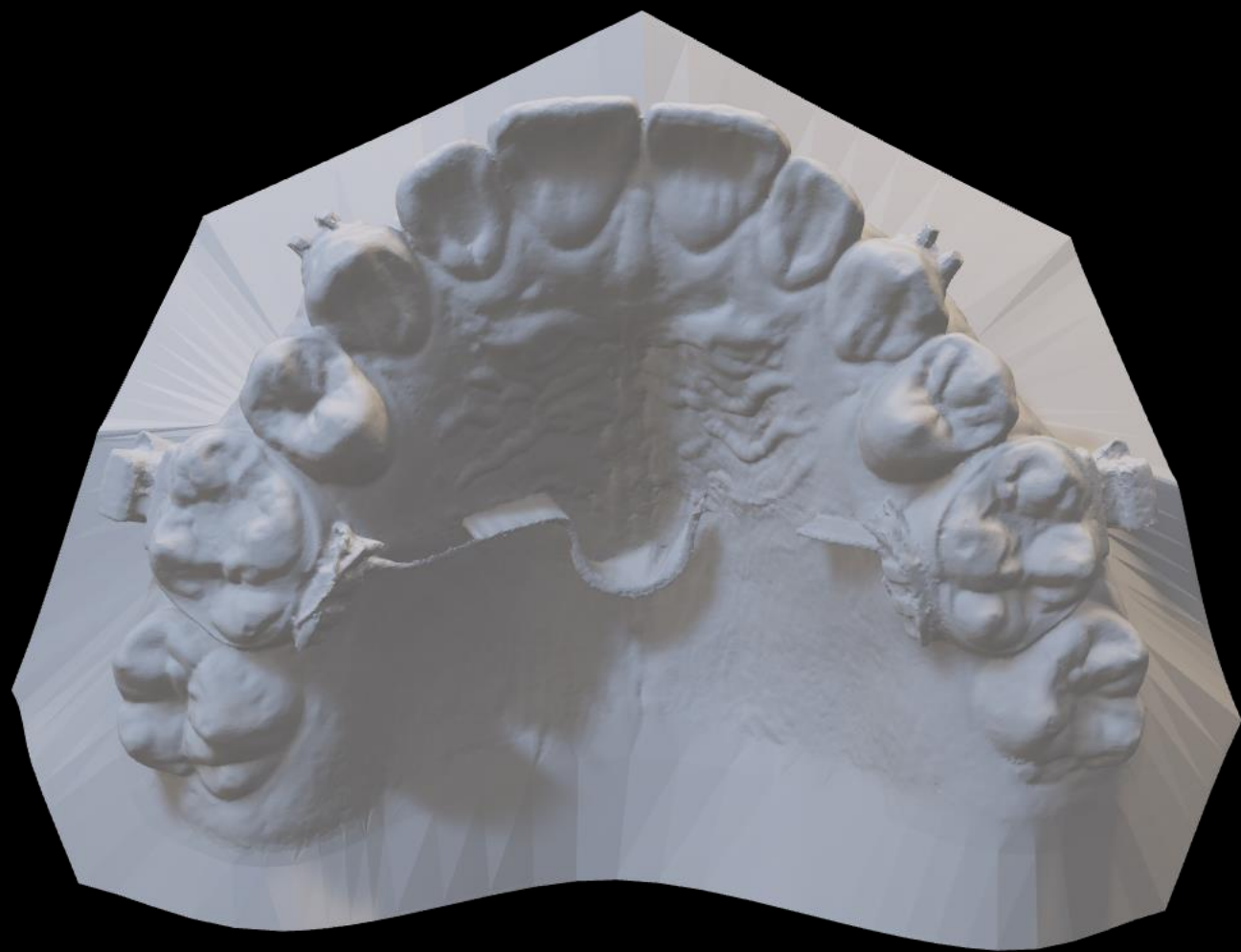
- Komerčně snadno dostupné
- Kritéria pro výběr:
  - Rychlost skenování – jakou frekvencí skener zachycuje obraz (čím rychlejší, tím lepší)
  - Velikost hlavy skeneru – čím menší tím lepší
  - Snadnost použití – subjektivní
- Výbava
  - Dotyková obrazovka
  - Bezpráškový skener
  - Dálkové ovládání
  - Barevné snímání
  - Možnost výběru barvy ze skenu (pro protetiku)

3shape 



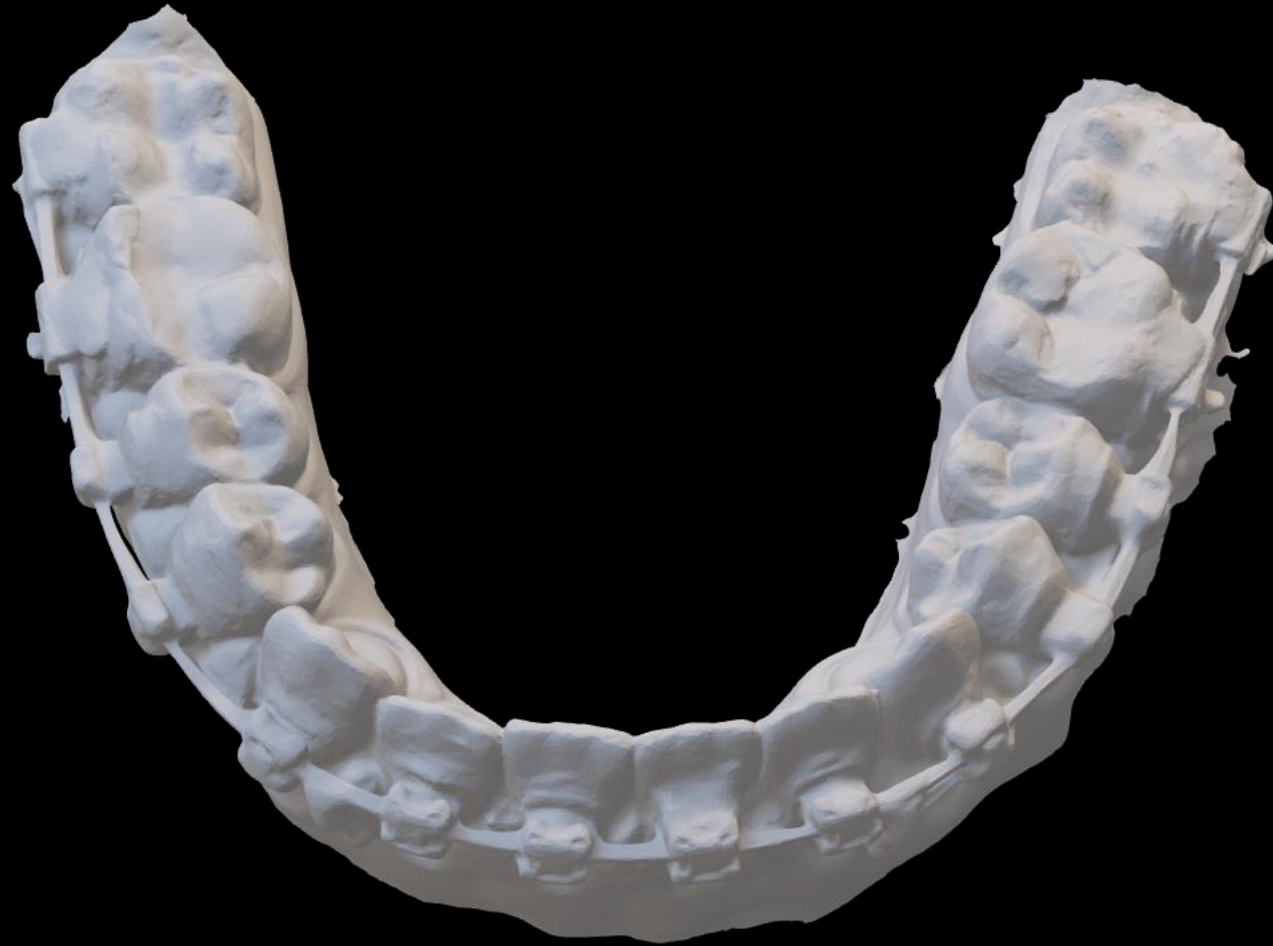












# Srovnání skenerů

## 3 shape

- Největší rychlost
- Nejmenší
- Snadný

## iTerro

- Menší rychlost
- Velká
- Nejsložitější

## Carestream

- Menší rychlost
- Menší
- Méně snadný

# Součástí i některých CAD/CAM systémů


- Např. CERIC

# Skenování na protetiku na implantáty

3shape 

# Ostatní

- Dokumentační skeny
- Skeny pro analýzu
- Skeny pro ortodoncii/maxilofaciální chirurgii



Skenování plně nahradit  
otiskování s absolutní přesností

# CAD software

- CEREC
- 3shape – Dental, Implant studio, Orthoanalyzer
- Dolphin Imaging plánování ortognátní operací
- NemoTech – DSD (Digital Smile Design)

# Workflow

- Cerec video
- Dolphin video
- OrthoAnalyzer (video/obrázky)

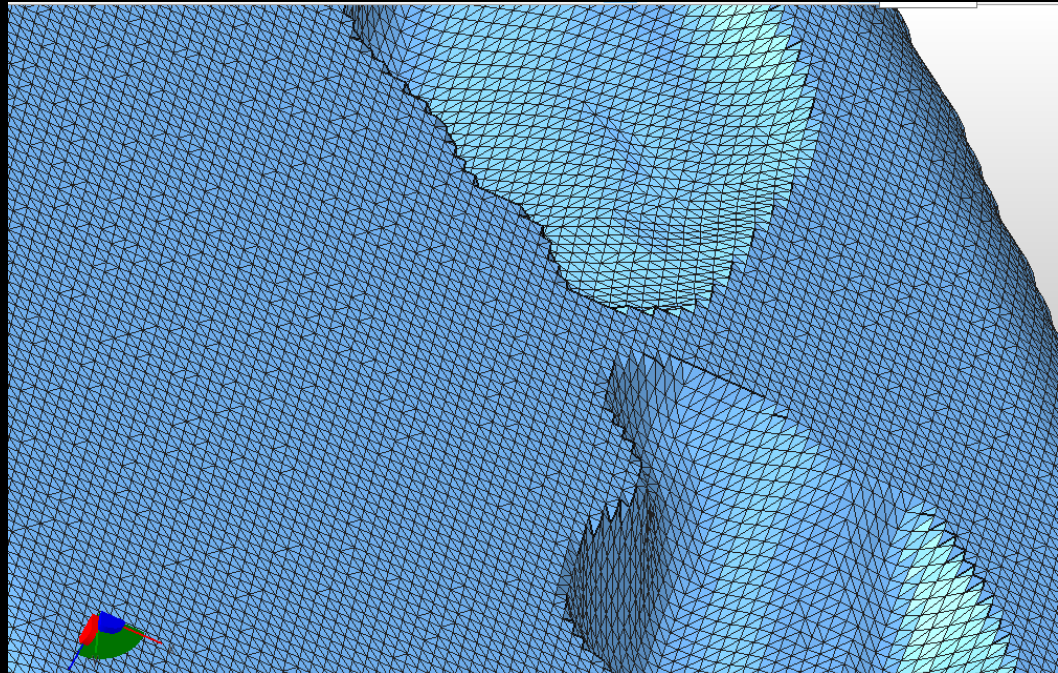


# 3shape workflow



# Výstupy pro CAM (Computer Aided Manufacturing)

- Otevřený systém
  - Soubor \*.stl (apod. \*.obj,...)
  - soubor popisuje syrový, nestrukturovaný triangulovaný povrch pomocí jednotkových normálových vektorů a vrcholů (uspořádaných podle pravidla pravé ruky)
- Uzavřený systém (nelze exportovat univerzální formát, spolupracuje pouze se softwarem a CAM řešením stejného výrobce)
  - Dříve Cerec
  - LAVA





# „3D technologie“ ve stomatologii

Computer Aided Manufacturing/Milling (CAM)

# „3D technologie“ ve stomatologii

- CAD/CAM (**C**omputer **A**ided **D**esign/**C**omputer **A**ided **M**anufacturing/**M**illing)
- CBCT (**C**one **B**eam **C**omputed **T**omography)
- 3D skenery

# Computer aided manufacturing

**Computer-aided manufacturing** (nebo **Computer Aided Manufacturing**, zkráceně **CAM**, **česky** **Počítačová podpora obrábění**) je použití počítačového **software** pro **programování** výrobních **CNC strojů**. CAM software, při znalosti konkrétního soustruhu a technologie obrábění, je schopen navrhnout dráhy nástroje při soustružení, popřípadě další aspekty výroby, v ideálním případě tak, aby současně byla výroba co nejefektivnější, tedy měla co nejmenší energetický a materiální vstup a průmyslový odpad při co nejvyšší produkci.

## Obsah [skrýt]

- 1 [Historie](#)
- 2 [Představitelé](#)
- 3 [Odkazy](#)
  - 3.1 [Reference](#)
  - 3.2 [Související články](#)
  - 3.3 [Externí odkazy](#)



pětiosé obráběcí centrum

## Historie [[editovat](#) | [editovat zdroj](#)]

Jako první začaly CAM systémy používat velké společnosti podnikající v leteckém a automobilovém průmyslu, například systém UNISURF, vyvinutý **Renaultem** roku **1971** pro návrh a výrobu **karoserií**.

*Tato část článku je příliš stručná nebo postrádá důležité informace. Pomozte Wikipedii tím, že ji vhodně rozšíříte.*

## Představitelé [[editovat](#) | [editovat zdroj](#)]

Mezi nejznámější CAM systémy patří:

- **Alphacam**,
- Autodesk CAM 360,
- **CAM ESPRIT**,
- Catia (CAD/CAM/CAE),
- EdgeCAM,
- GibbsCAM,
- HSMWorks,

# CAD Computer Aided Manufacturing/Milling

- Pracovní postup, kdy výrobek je vyroben počítačem řízeným zařízením, buďto frézou nebo 3D tiskárnou.
- Technologie subtrakční (**milling**) → CNC fréza
- Technologie aditivní (**manufacturing**) → 3D tiskárna

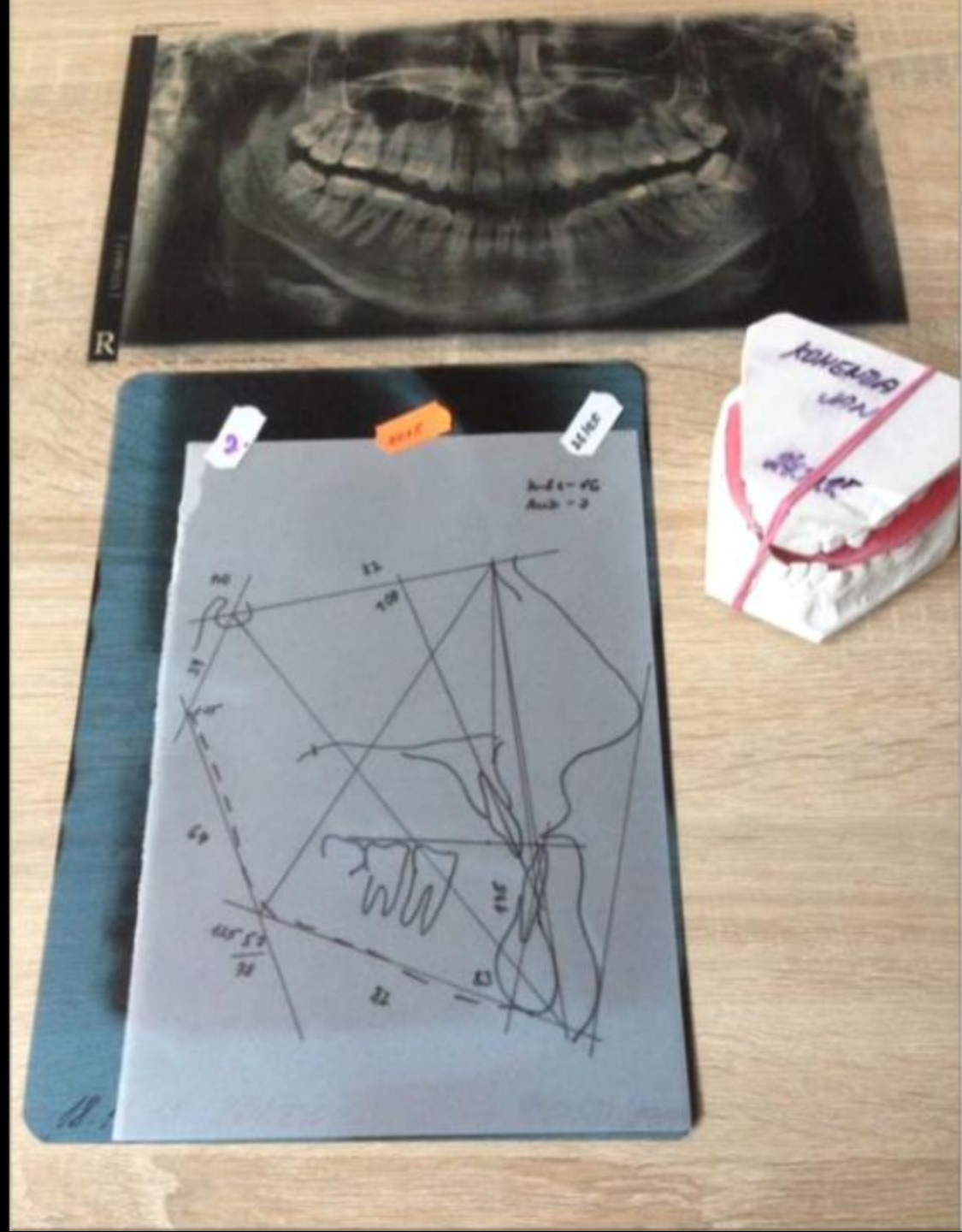
# CAD Computer Aided Manufacturing

- 3D tiskárny



# Plánování operace (dříve):

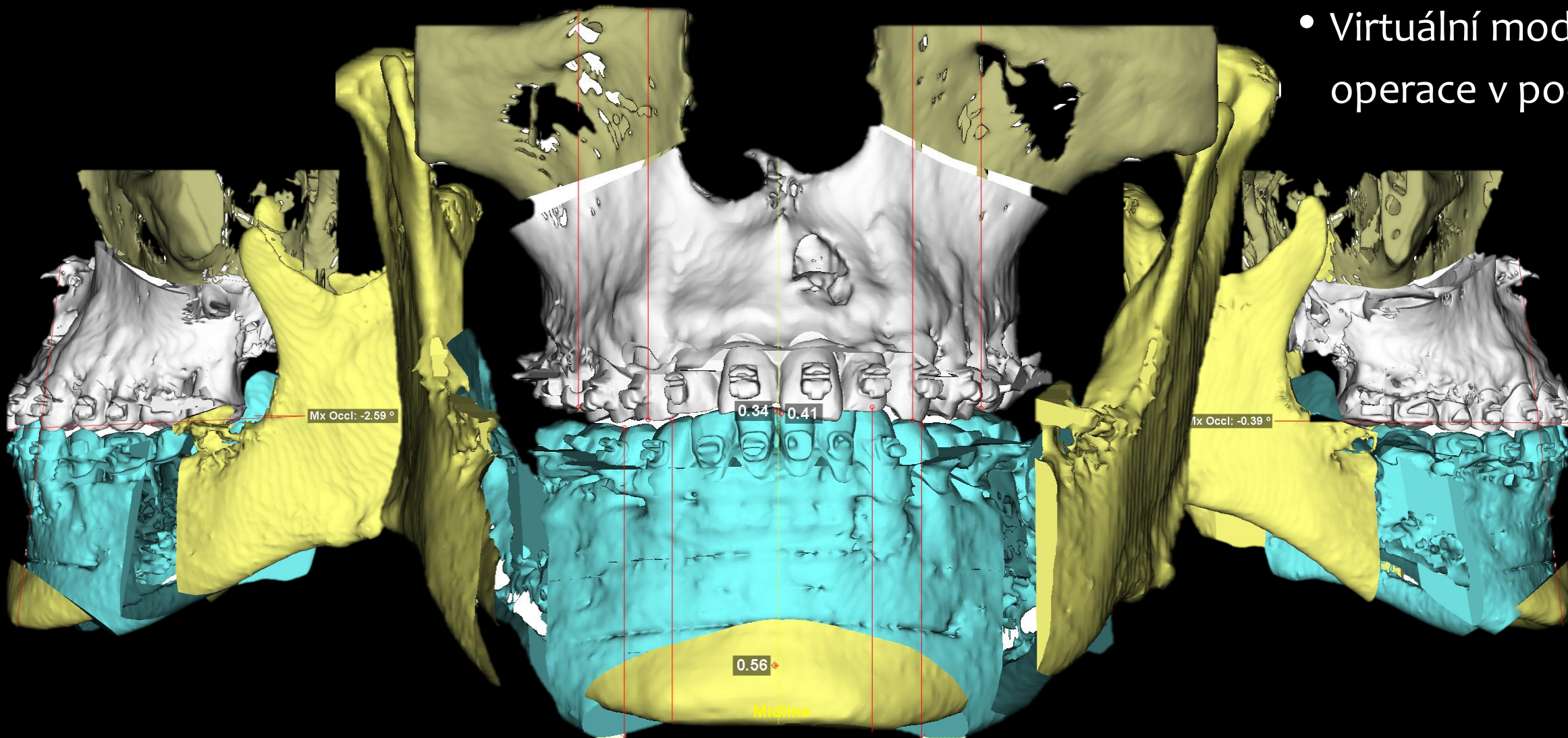
- Snímky na fóliích
- Acetátová průsvitka
- Sádrové modely





# Plánování operace (nyní):

- CBCT
- Skeny modelů
- Virtuální modelová operace v počítači

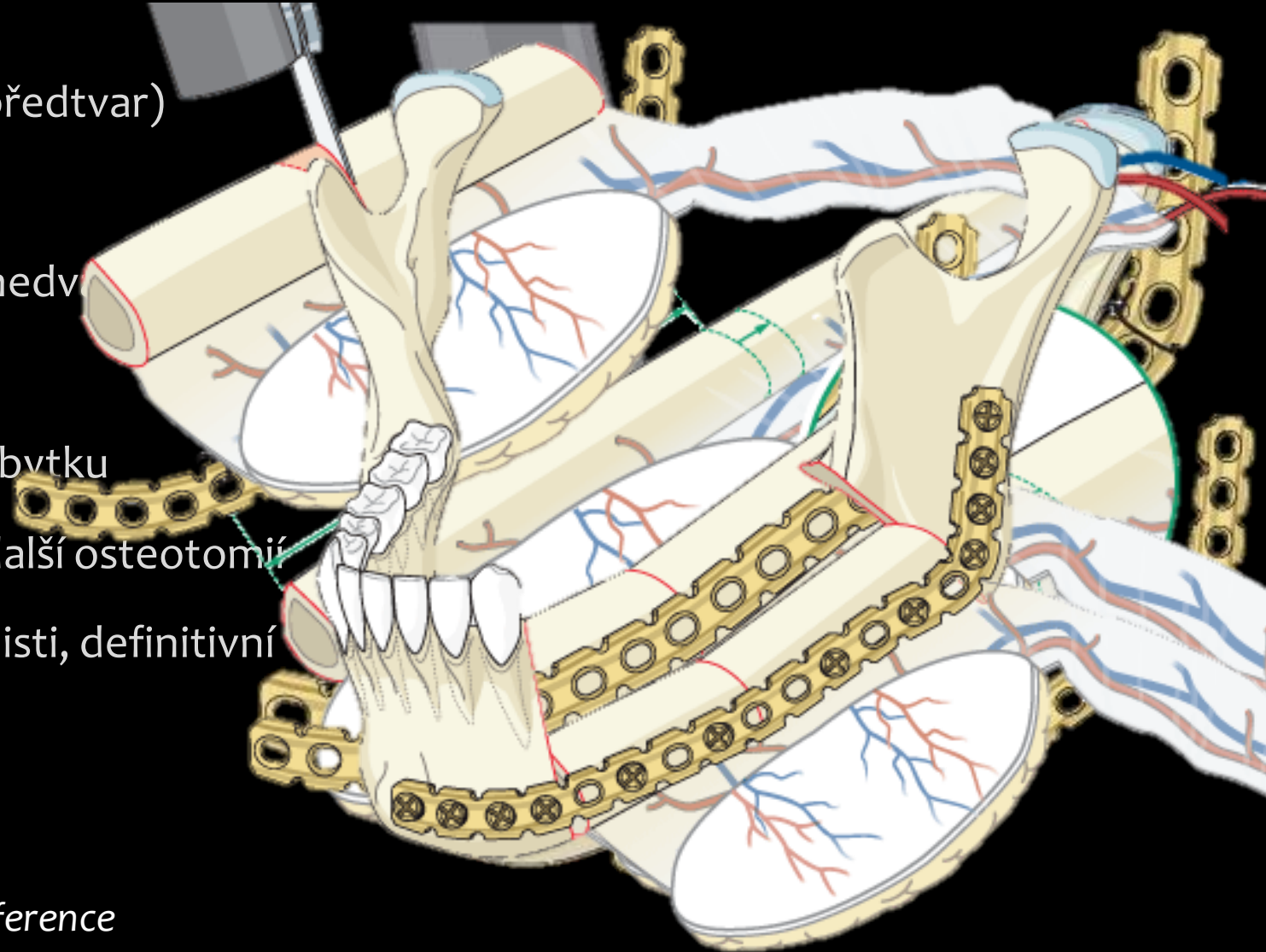


# Rekonstrukční chirurgie

- Dříve pouze rekonstrukční dlahy přemostující defekt – únava materiálu a prasknutí
- Dnes náhrad vaskularizovaným štěpem – kost nahrazena kostí, defekt v měkkých tkání kůží nebo svalem
- Lopata kosti kyčelní, lýtková kost

# Plánování rekonstrukce (1) metoda „z volné ruky“

- Stanovení rozsahu resekce
- Příprava dlahy (možno využít ohebný předtvar)
- Předvrtání otvorů
- Označení resekované oblasti na dlaze hedv
- Vlastní resekce čelisti
- Osteotomie štěpu ke dlaze v mírné přebvtku
- Adaptace štěpu ke dlaze s eventuelní další osteotomií
- Přenos štěpu do oblasti resekované čelisti, definitivní adaptace a fixace → ANASTOMÓZA





# Kazuistika 1 - Předoperační situace



Obr. 1.: rozsah tumoru mezi cykly indukční chemoterapie

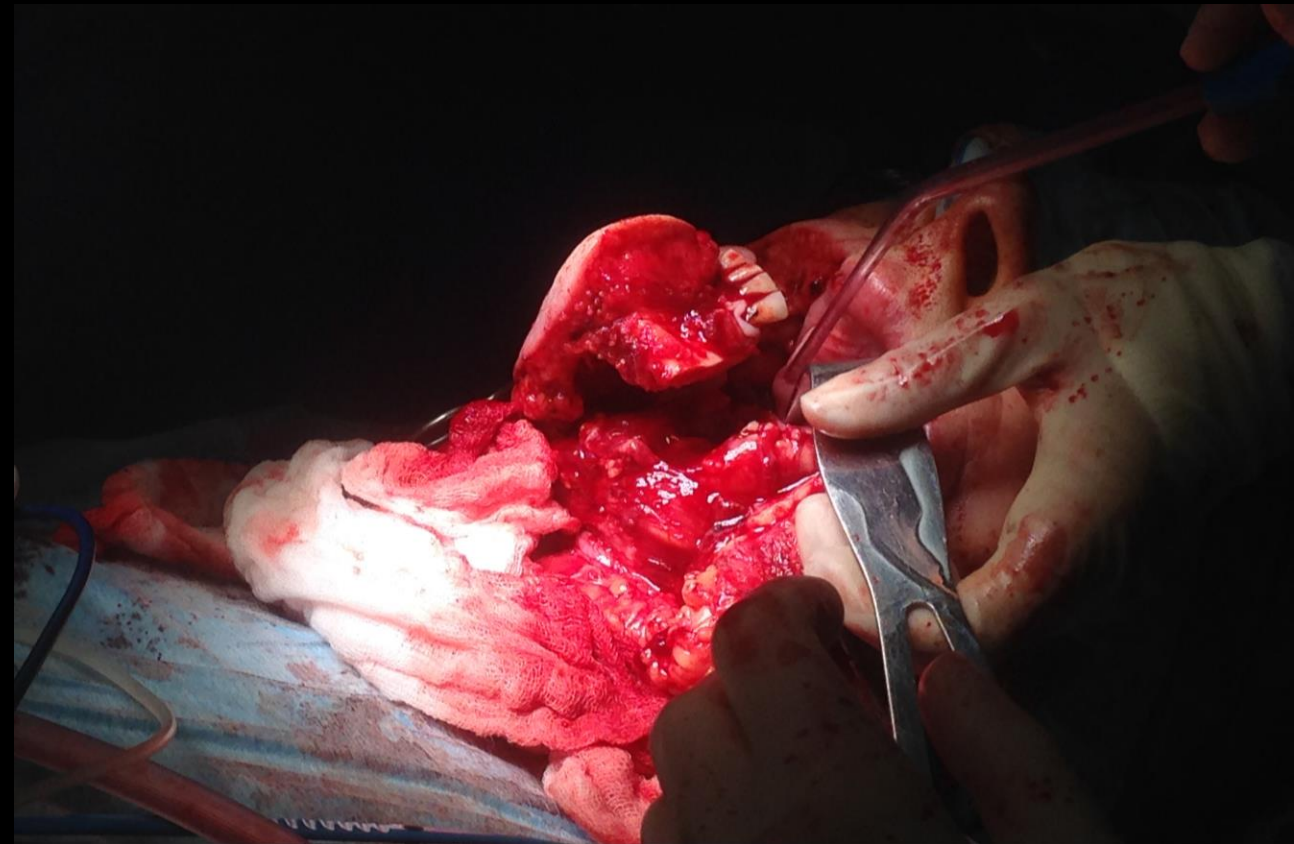


Obr. 2.: OPG s patrnou osteolýzou v oblasti alveolárního výběžku dolní čelisti vpravo v rozsahu zubů 42 – 45 (zuby 42, 43 a 45 byly extrahovány po podání 1. cyklu chemoterapie)

# Kazuistika 1 - Resekční výkon



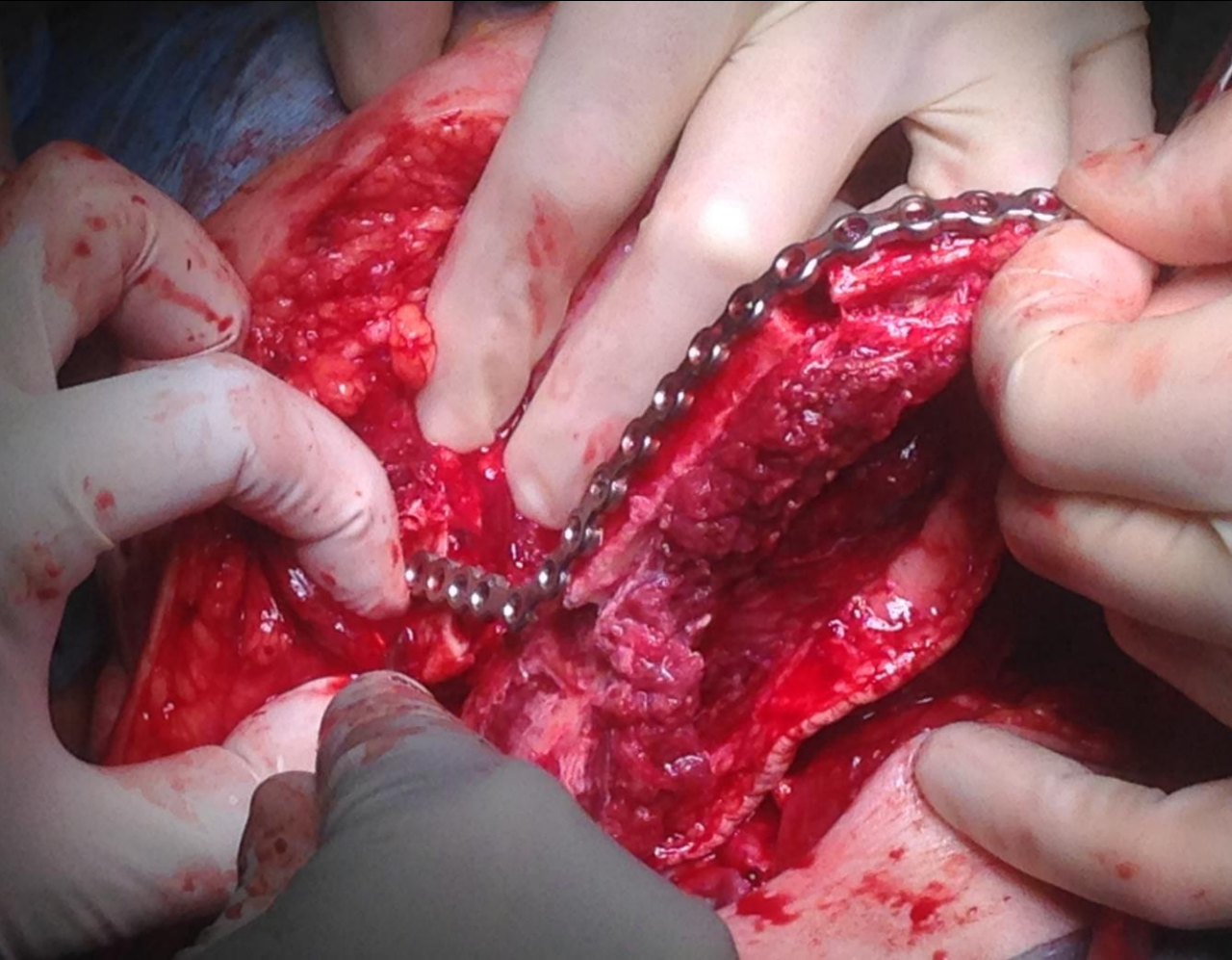
Obr. 3.: Stanovený rozsah resekce měkkých tkání...



Obr. 4.: ... spolu s pravostrannou hemiamndibulektomií.



# Kazuistika 1 - Rekonstrukční výkon

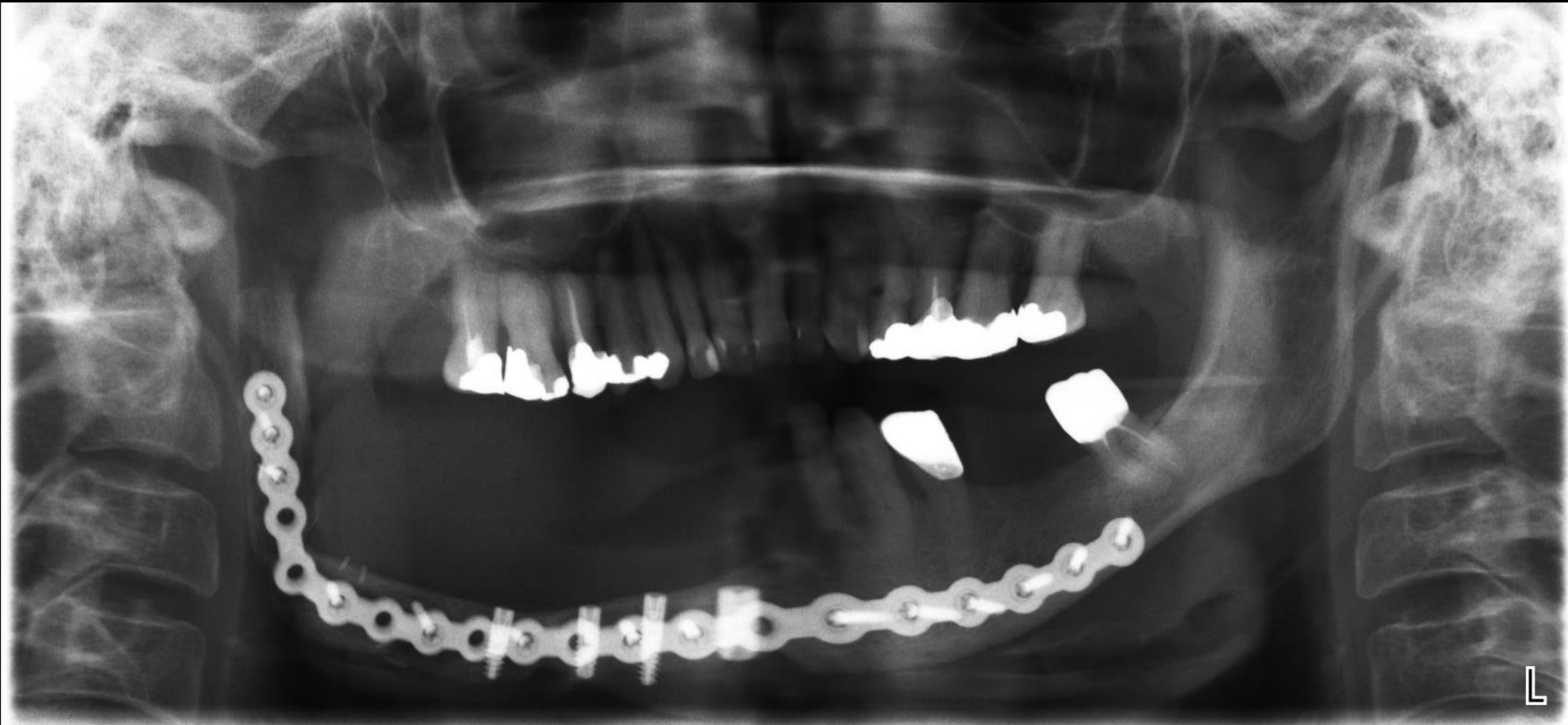


Obr. 5.: Štěp adaptovaný na dlahu a fixovaný k pahýlům dolní čelisti.



Obr. 6.: Situace po operaci.

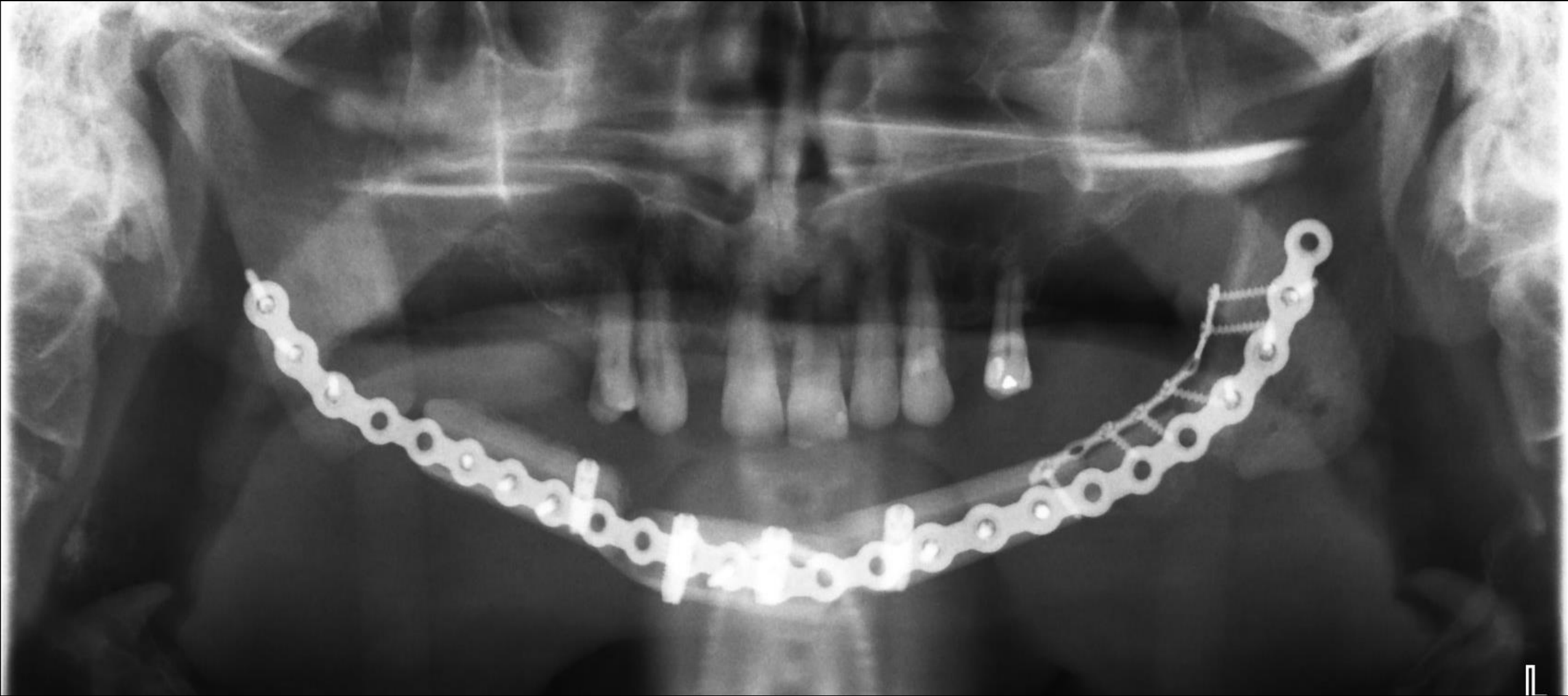
# Case 1



Img. 1.: The overstretched right reconstructed mandibular angle.



## Case 2



**Img. 3.:** Non-union. Need of bone grafting.

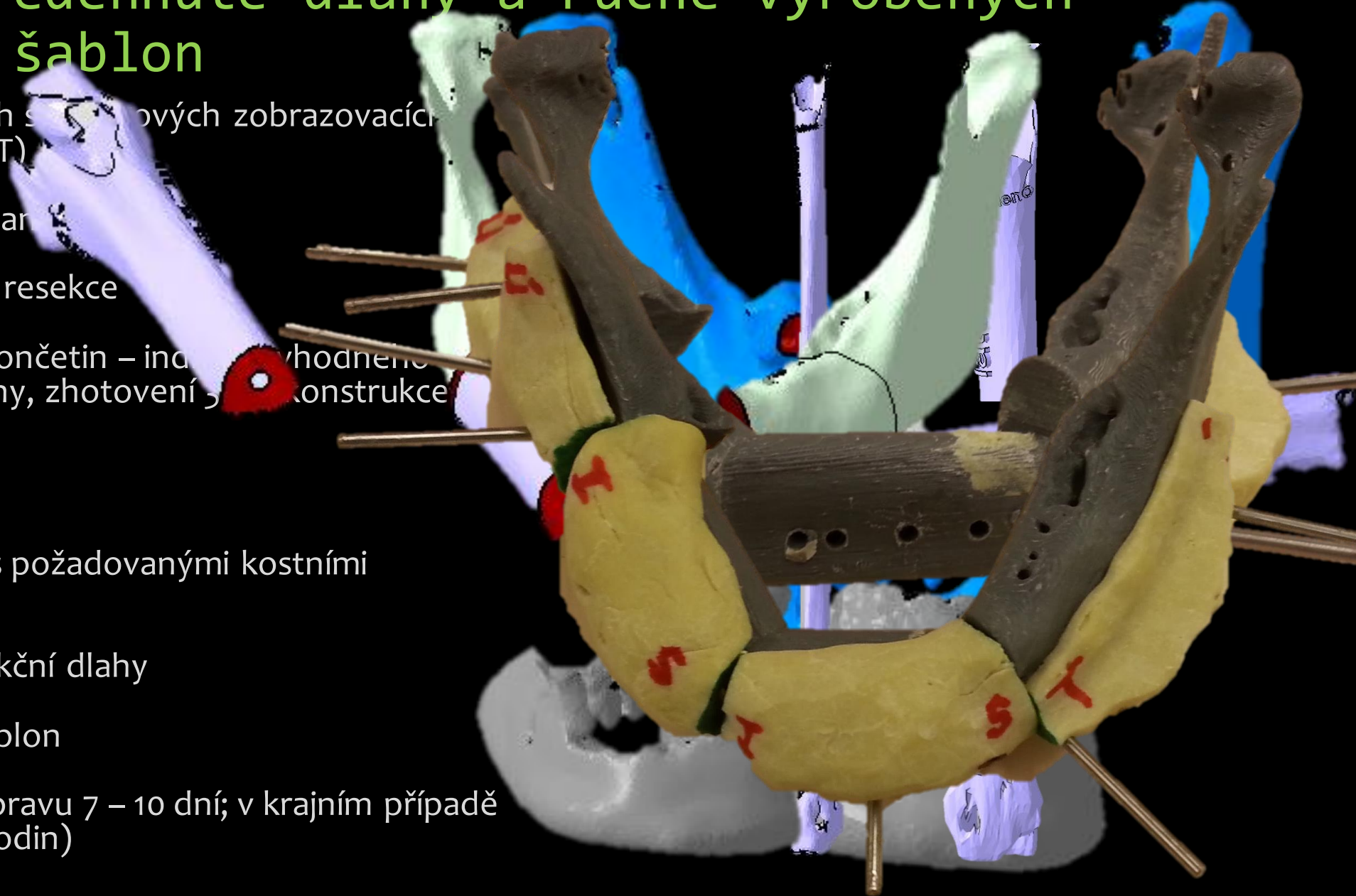


# Plánování rekonstrukce (2) metoda předehtuté dlahy a ručně vyrobených řezacích šablon

- Na základě běžných srovnávacích zobrazovacích metod (většinou CT)
- 3D rekonstrukce marné
- Stanovení rozsahu resekce
- Angio CT dolních končetin – indikace vhodného laloku a výběr strany, zhotovení 3D rekonstrukce dárčovského místa
- Virtuální plánování
- 3D tisk modelu již s požadovanými kostními segmenty
- Příprava rekonstrukční dlahy
- Výroba řezacích šablon

(optimální čas na přípravu 7 – 10 dní; v krajním případě lze zvládnout za 10 hodin)

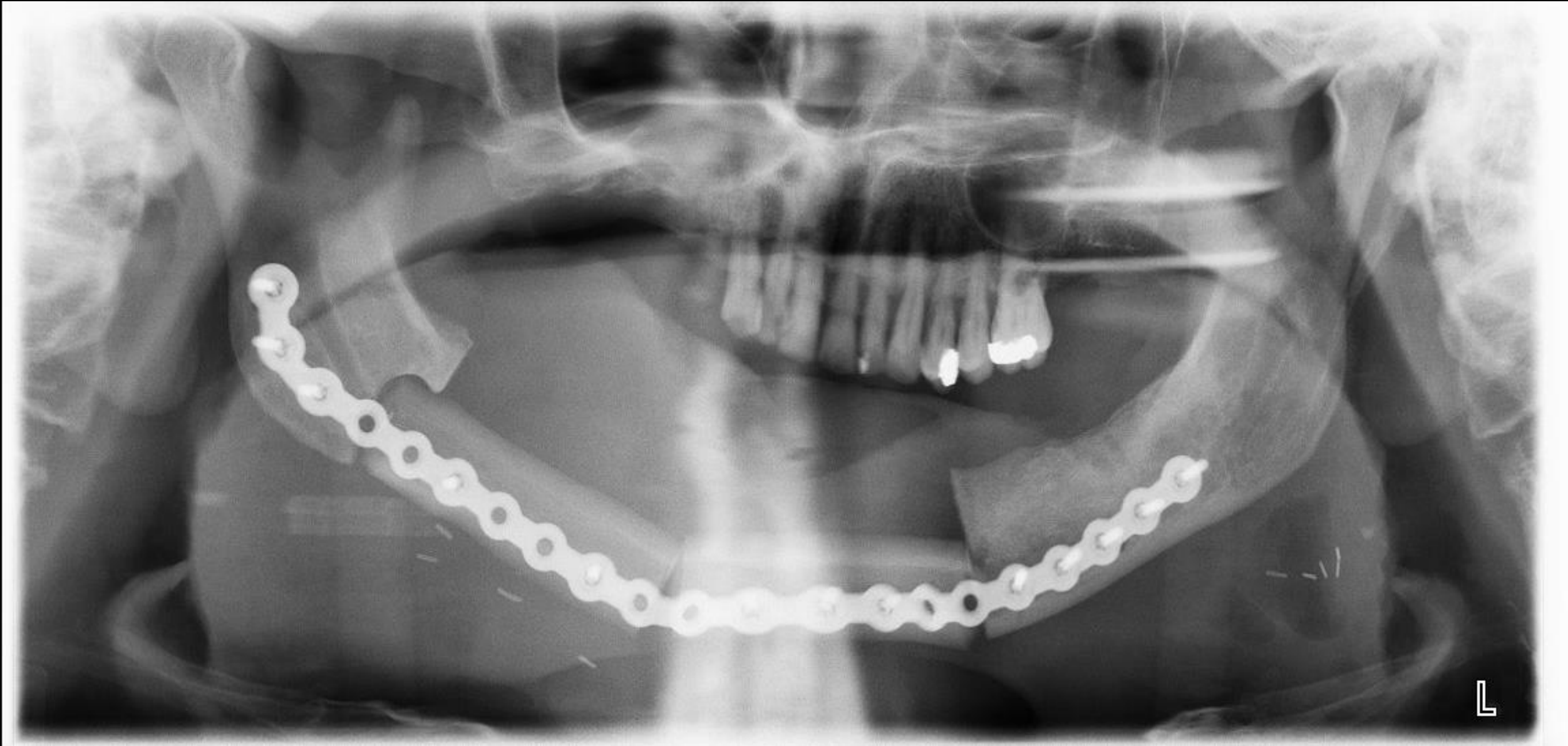
PRŘEDOPERAČNĚ



# Operační výkon

- 2 operační týmy
- **TÝM 1:** Osteotomie na mandibule pomocí šablon – nejdříve jsou fixovány mini šroubky, poté jsou preparovány otvory pro šrouby rekonstrukční dlahy a provedeny osteotomie
- **TÝM 2:** Simultánně odebírá lalok, osteotomie kosti je provedena podobně, poté je štěp fixován k dlaze (vše stále při zachování cévního zásobení), po dokončení resekce a disekce na hlavě (a někdy po nutné přestávce pro operatéry) je stopka oddělena a přikročeno k adaptaci dlahy se štěpem (provedeny nutné minimální úpravy a fixace → **ANASTOMÓZA**)

# Kazuistika 2



# Plánování rekonstrukce (3)

## metoda individuálně vyrobené dlahy a individuálně zhotovených řezacích šablon

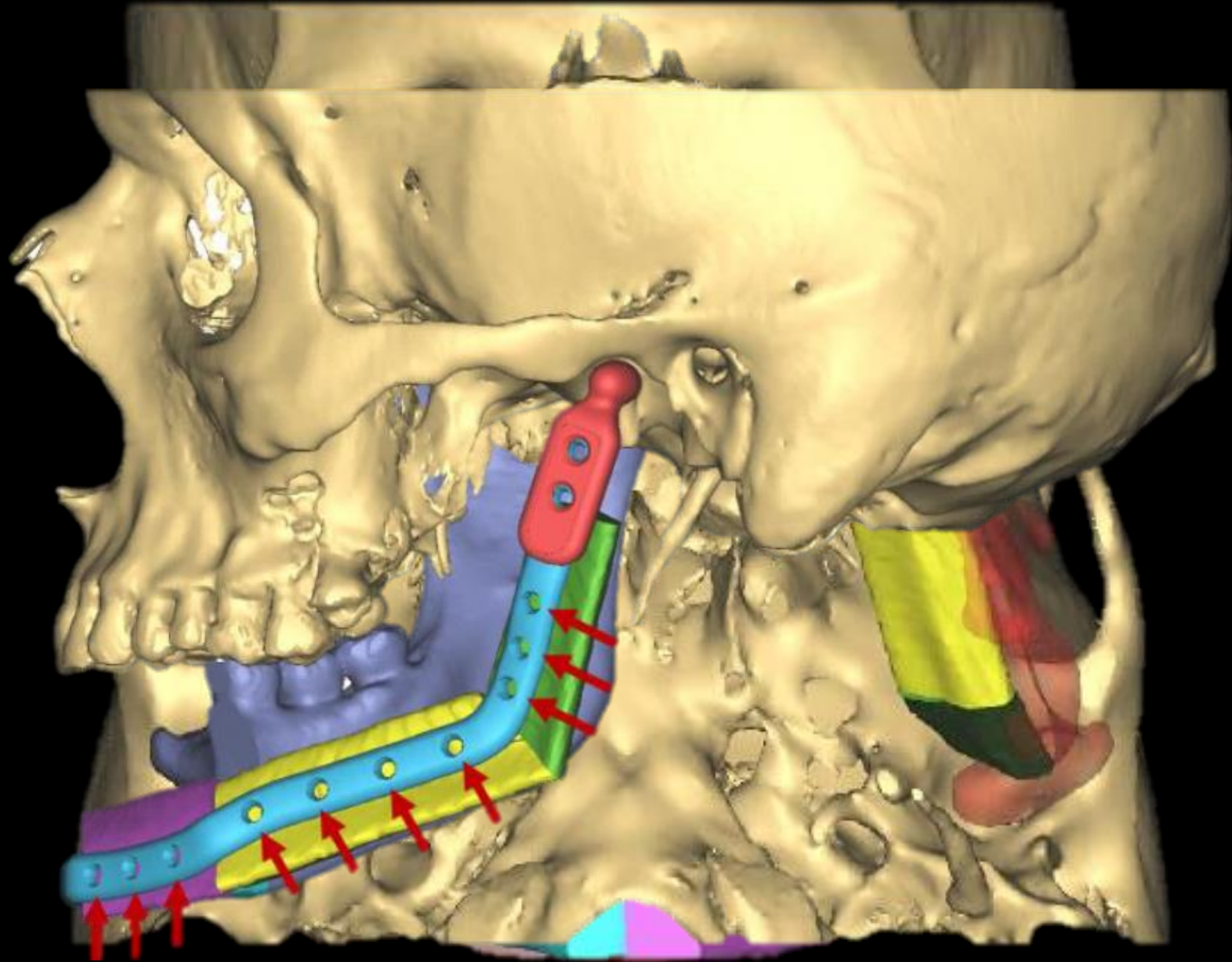
- Na základě běžných stagingových zobrazovacích metod (většinou CT) a zobrazovacích metod dárcovských míst (u nás výlučně angio CT dolních končetin)
- Kontrola kvality CT, zhotovení rekonstrukcí, segmentace (provádí klinický inženýr společnosti, která provádí plánování)
- Plánovací „sezení“ s klinickým inženýrem (vzdálené připojení k jeho počítači a chirurg diktuje své požadavky, které technik hned provádí, poté co je chirurg spokojen, plánování končí)
- Administrativní fáze a objednávka
- Výroba dlahy a šablon

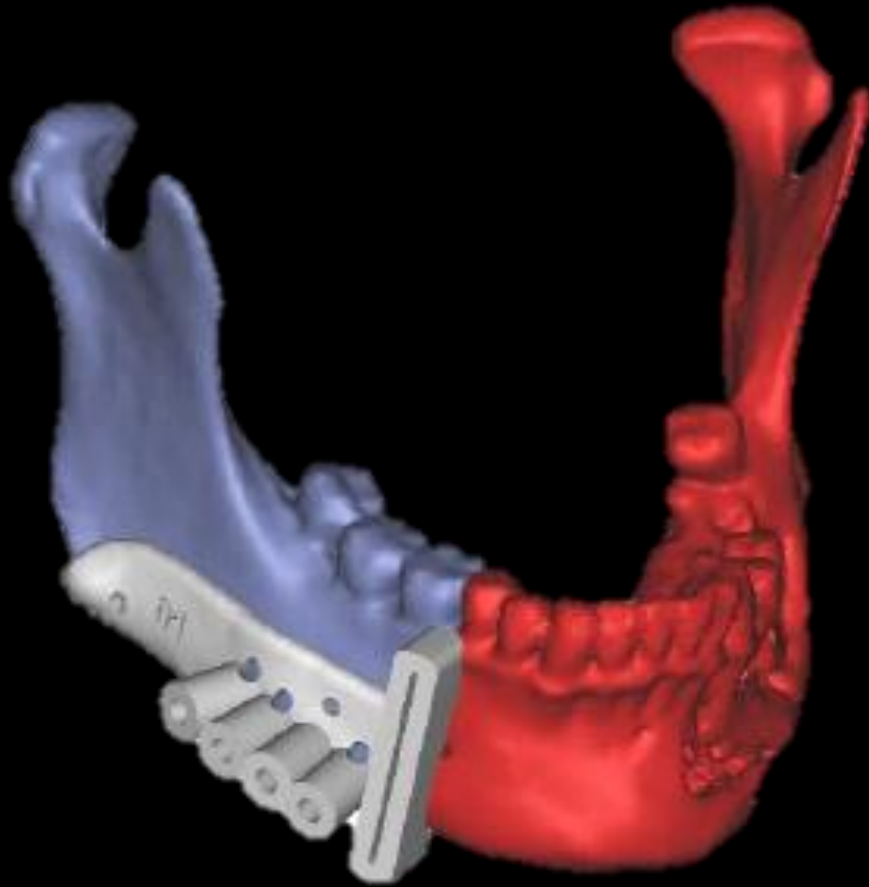
(dodání materiálu cca za 3 týdny, nejkratší interval byl 12 dnů)



# Pracovní postup (1):

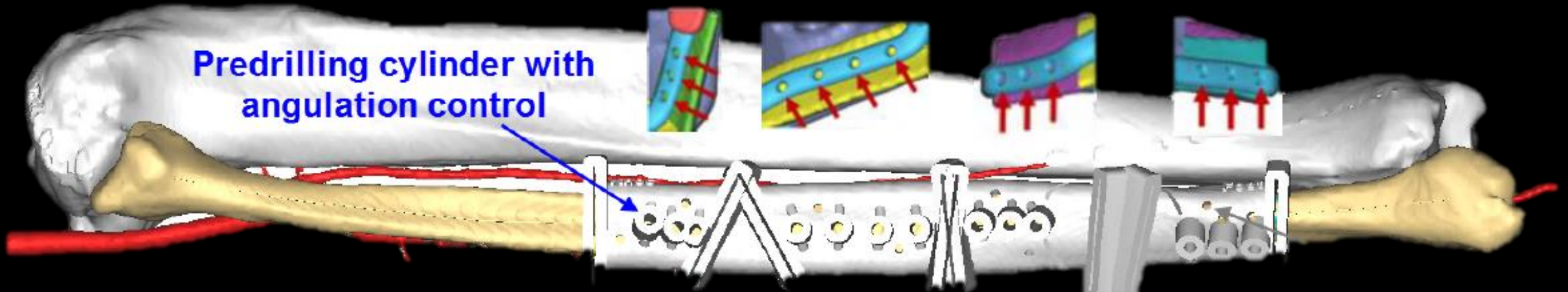
- Stanovení rozsahu resekce
- Naplánování fibulárních segmentů do požadovaného tvaru
- Naplánování průběhu individuální dlahy, defekt po exartikulaci TMK řešen konfekční kloubní hlavičkou, jež je v nabídce výrobce dlahy



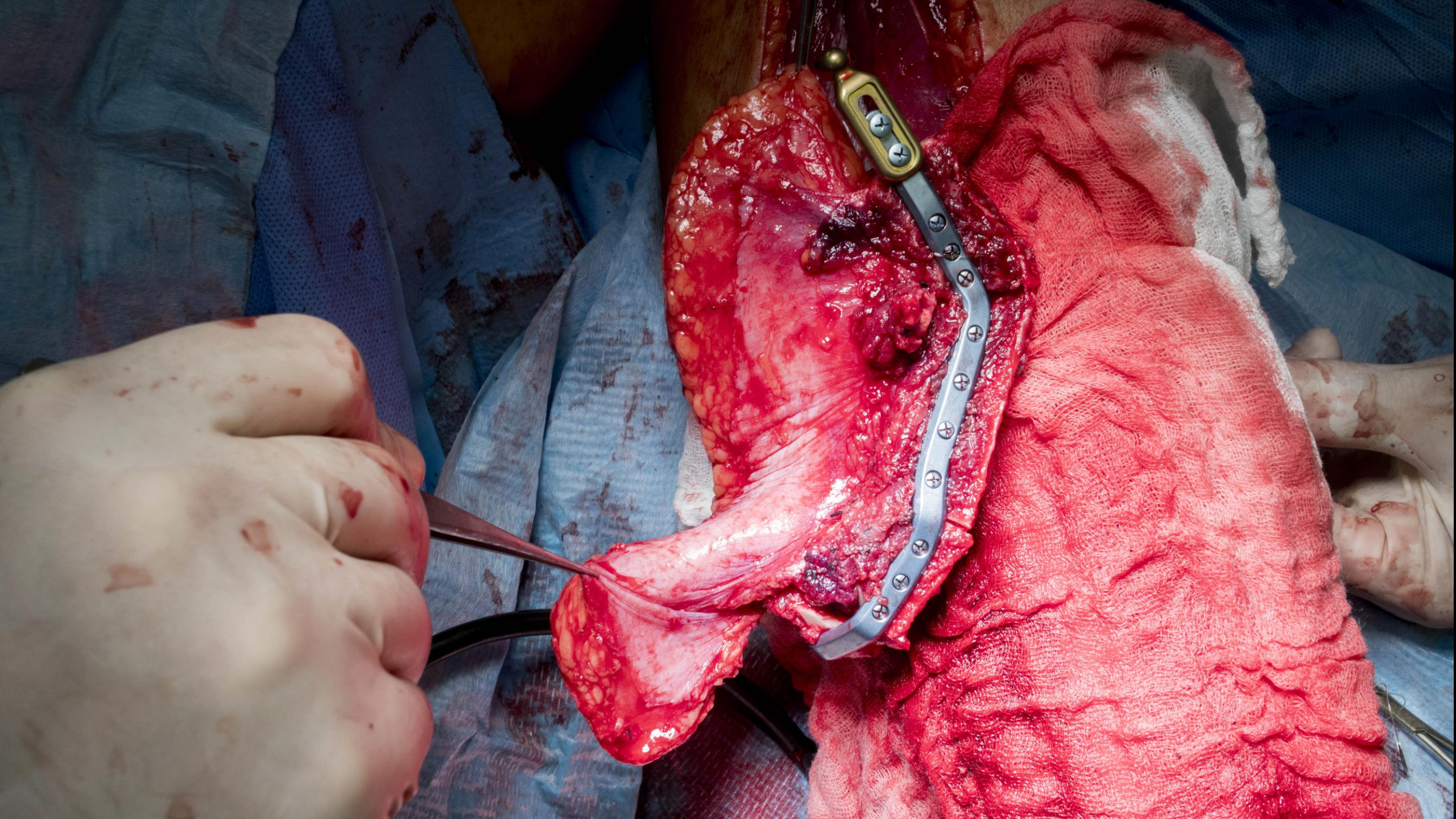


## Pracovní postup (2):

- Návrh řezacích šablon na fibulu i na mandibulu







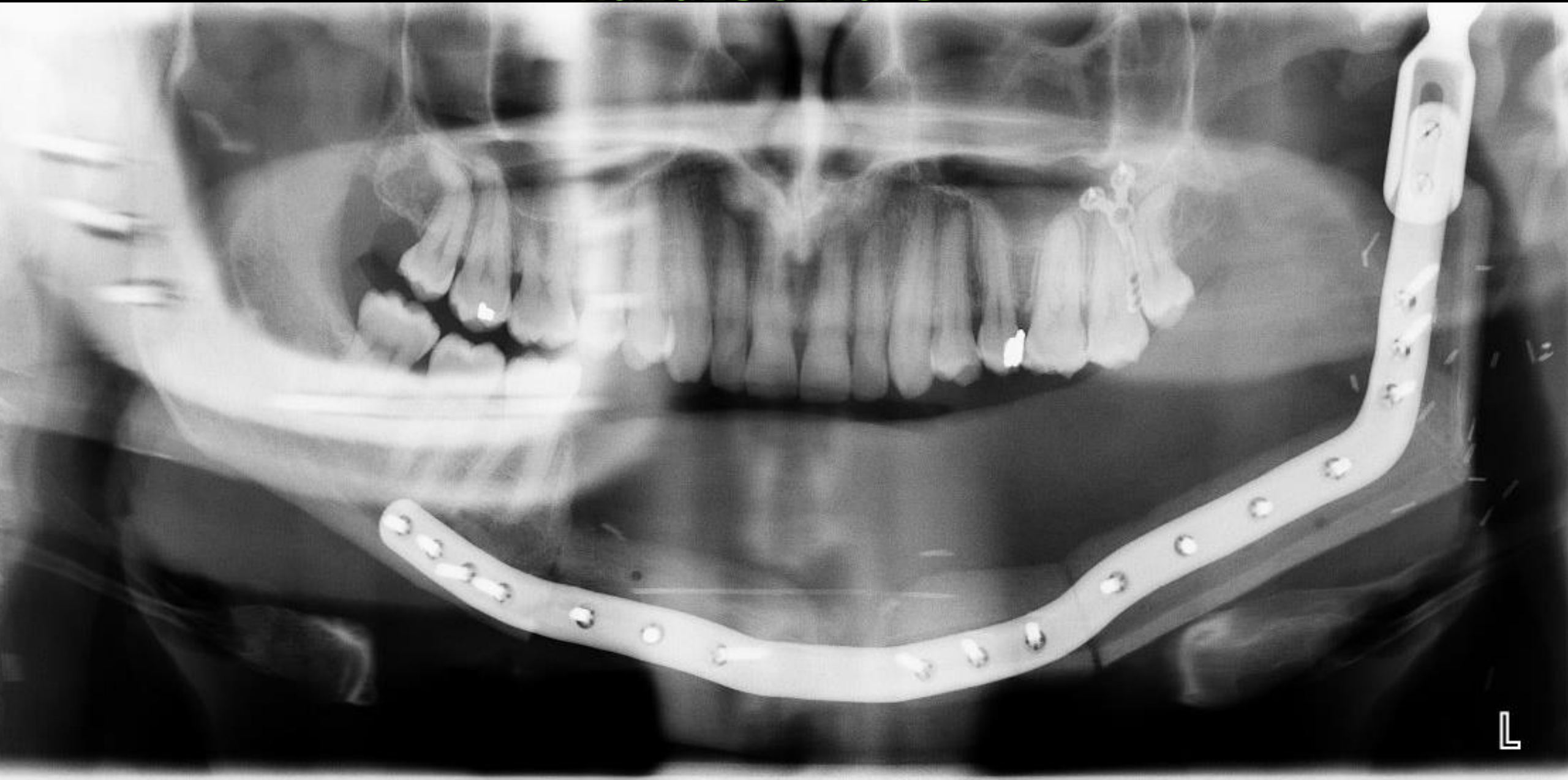


# Přístup 2 týmů:





# Kazuistika 3

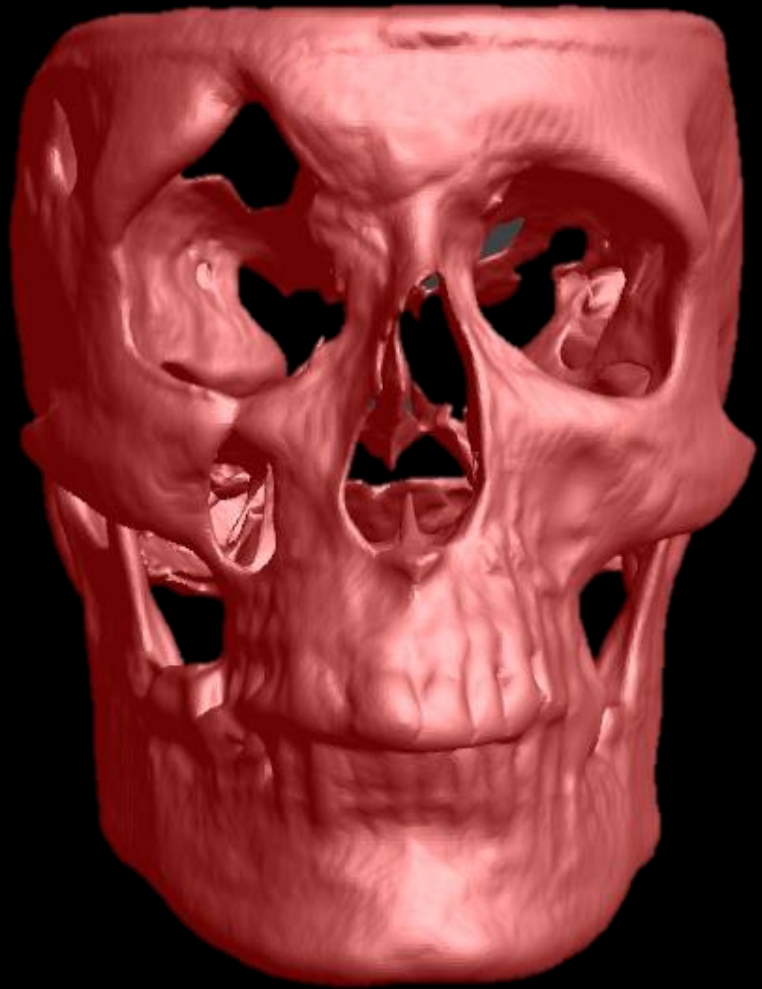


# Postrauematická rekonstrukce – předechnuté sítky na modelu

- Muž 46 let
- Úraz před 15 lety
- Pád na skále
- Primární ošetření – pouze život zachraňující výkon, trepanace lbi
- Sekundární ošetření
  - Několik implantací aloplastického materiálu do očnice
  - Bez efektu
- Přetrvávající diplopie
- Kosmetický defekt

# Plánování

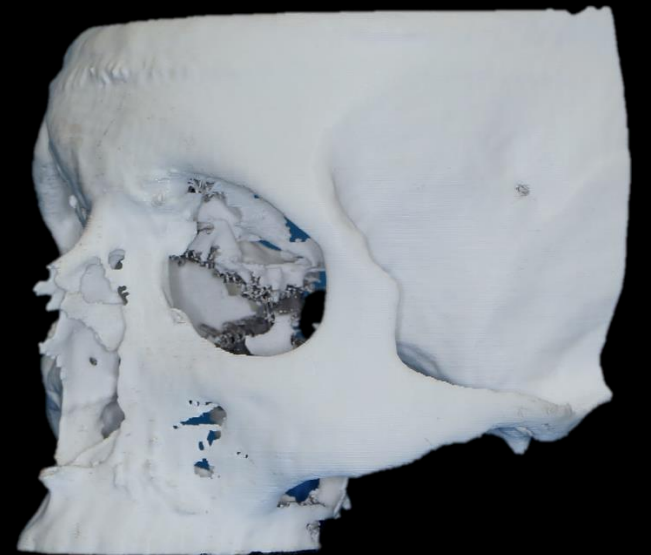
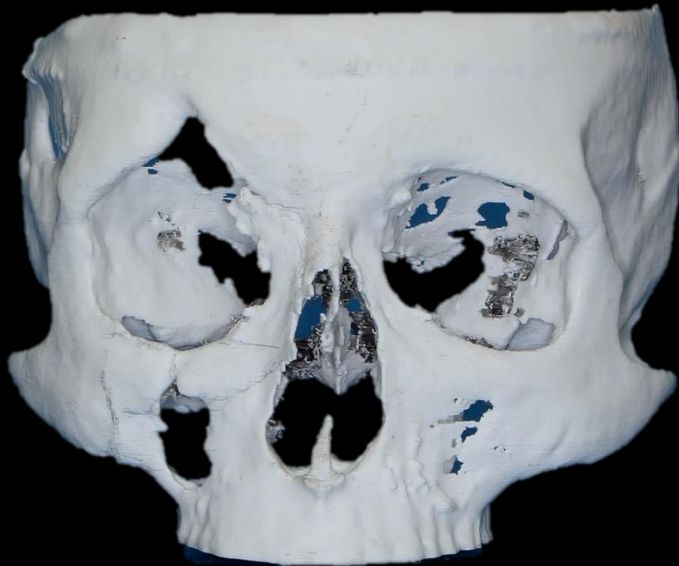
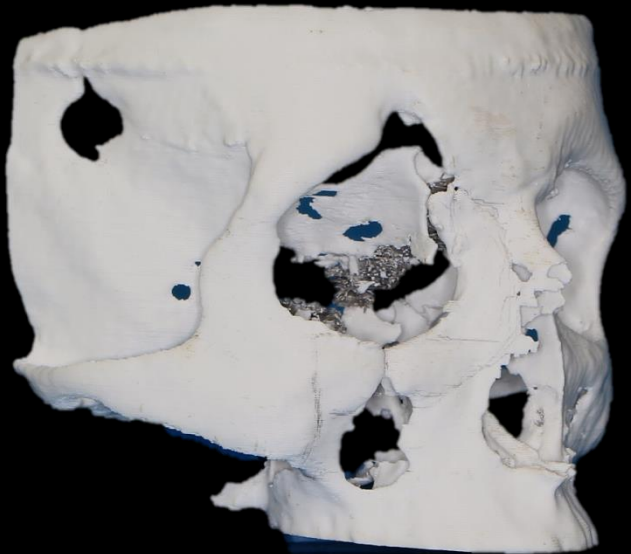
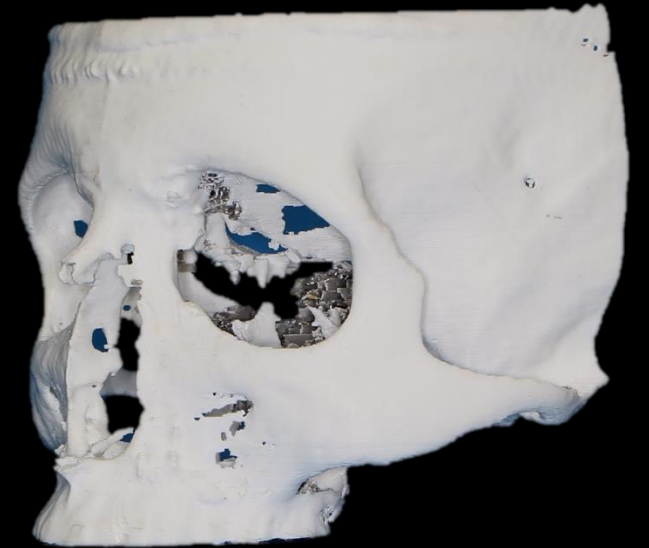
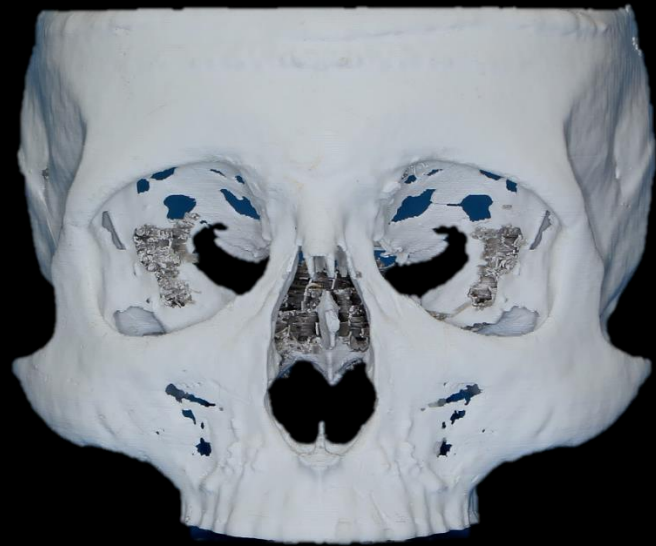
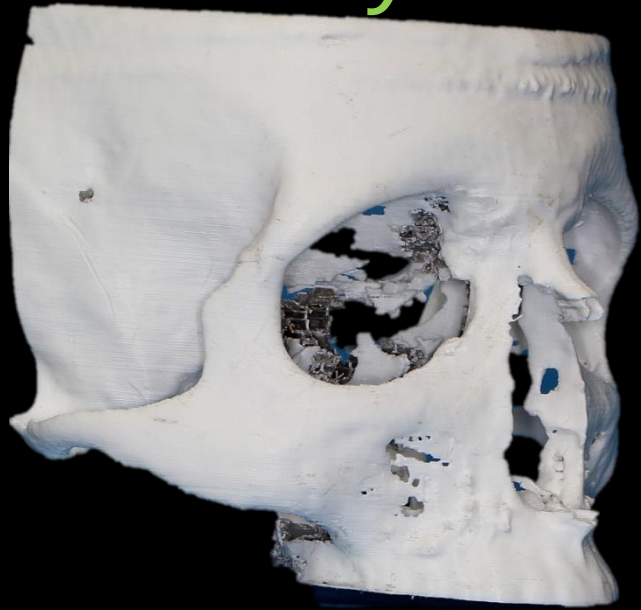
Původní stav:



Mirroring:

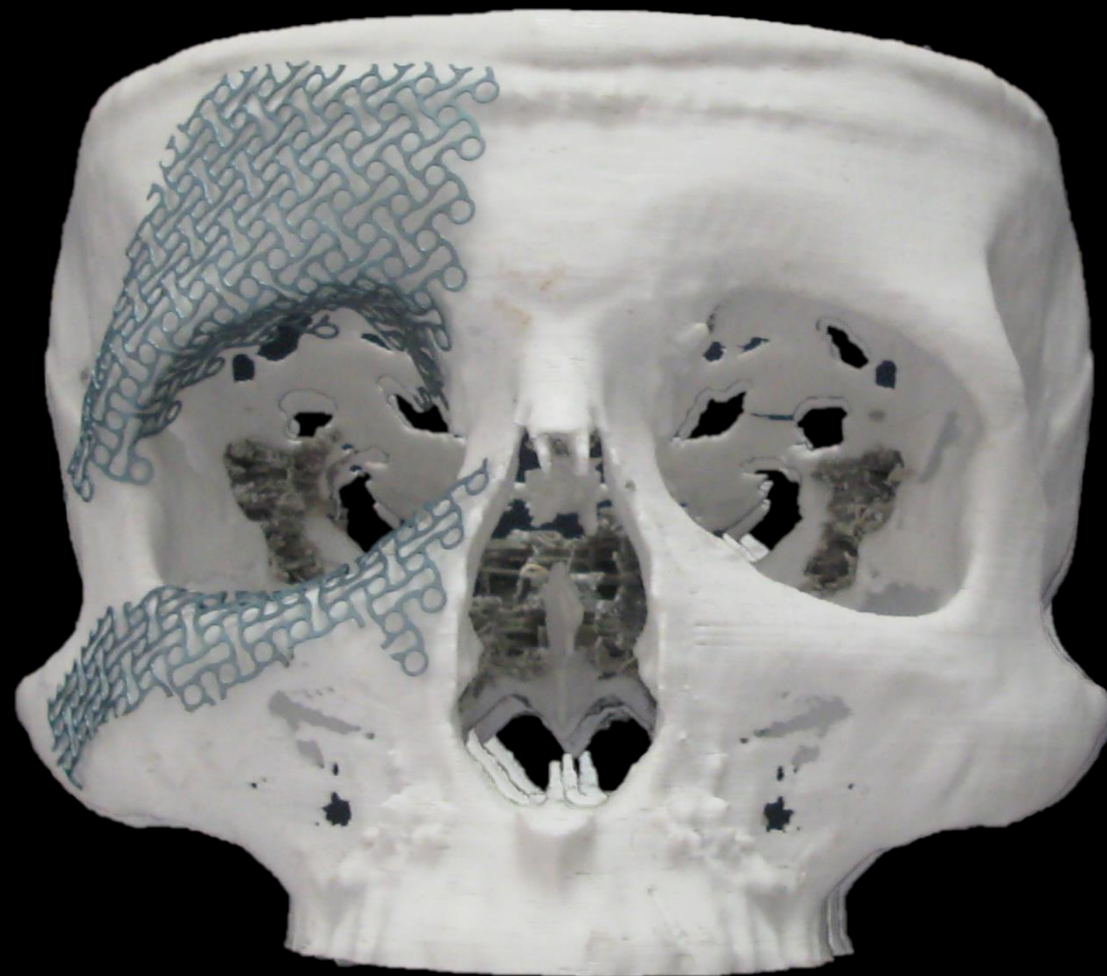


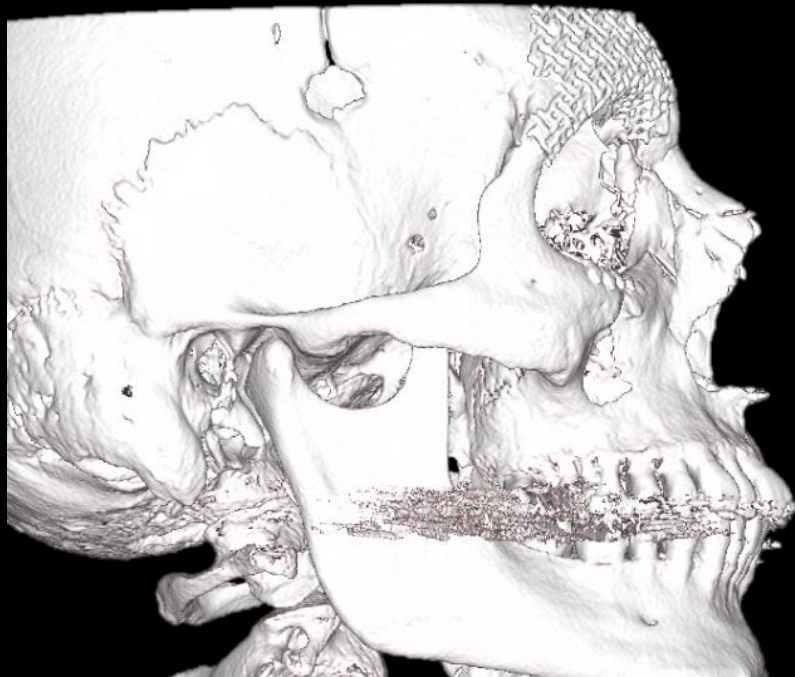
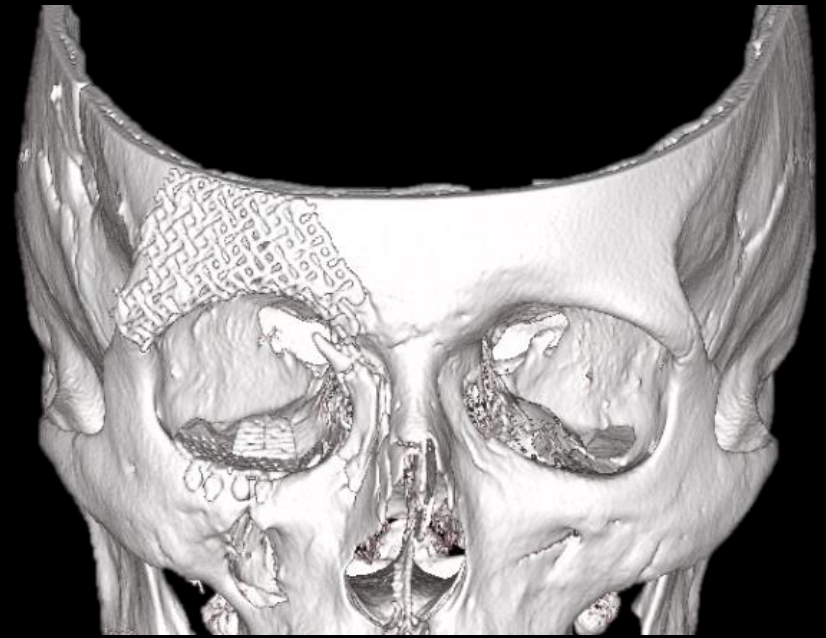
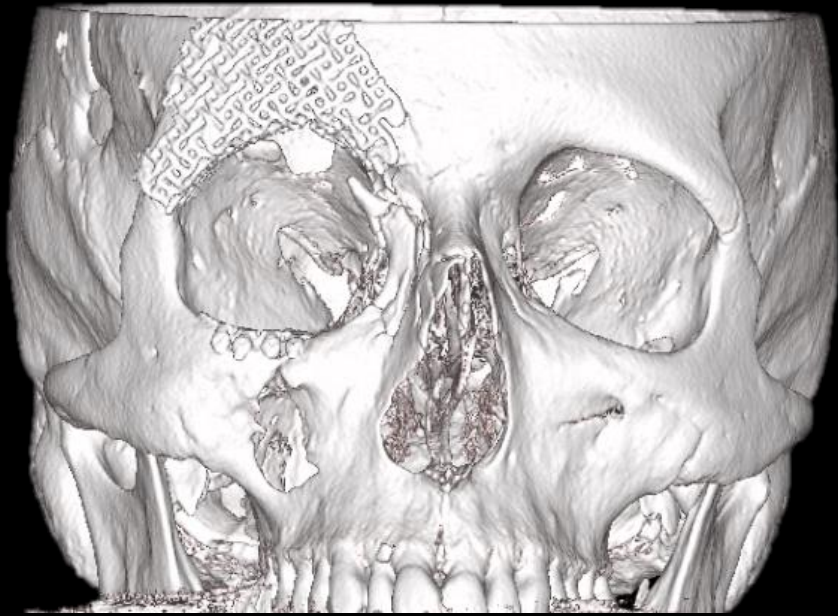
Modely:





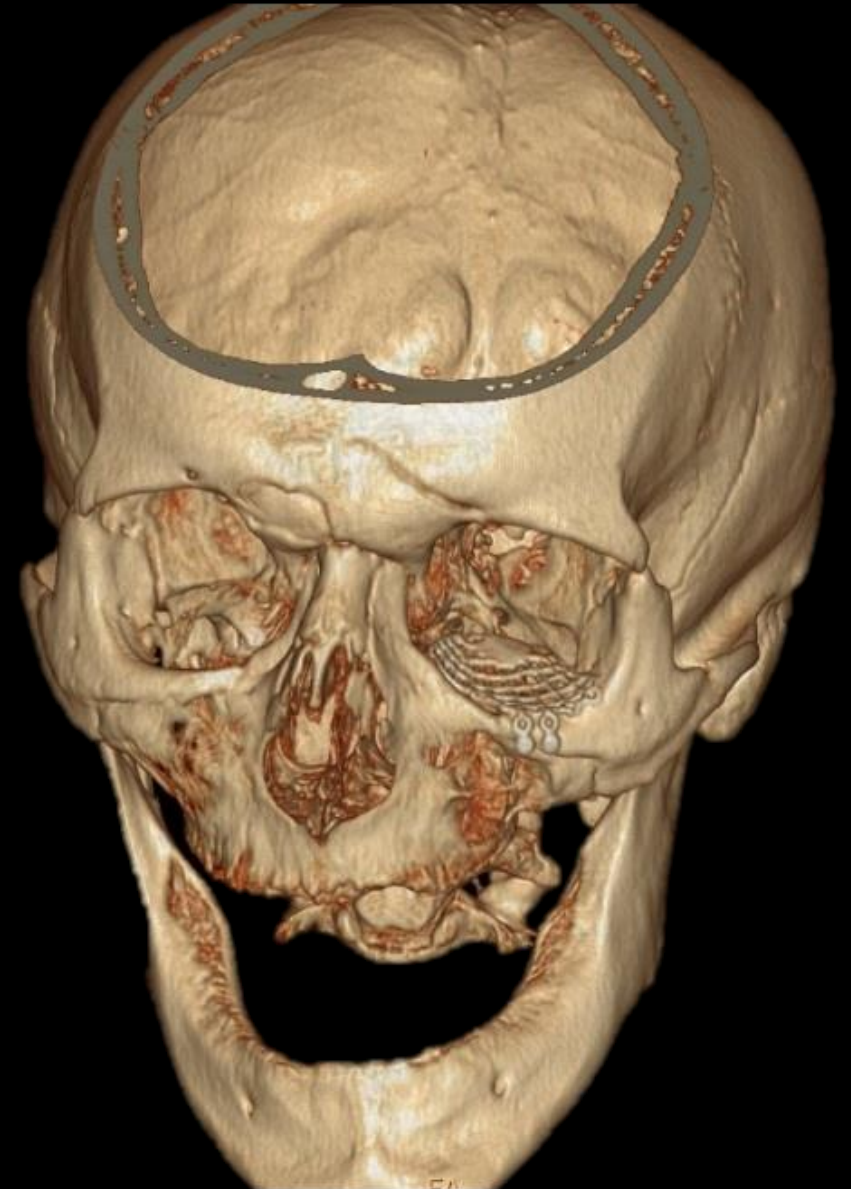
# Příprava osteosyntetického materiálu:





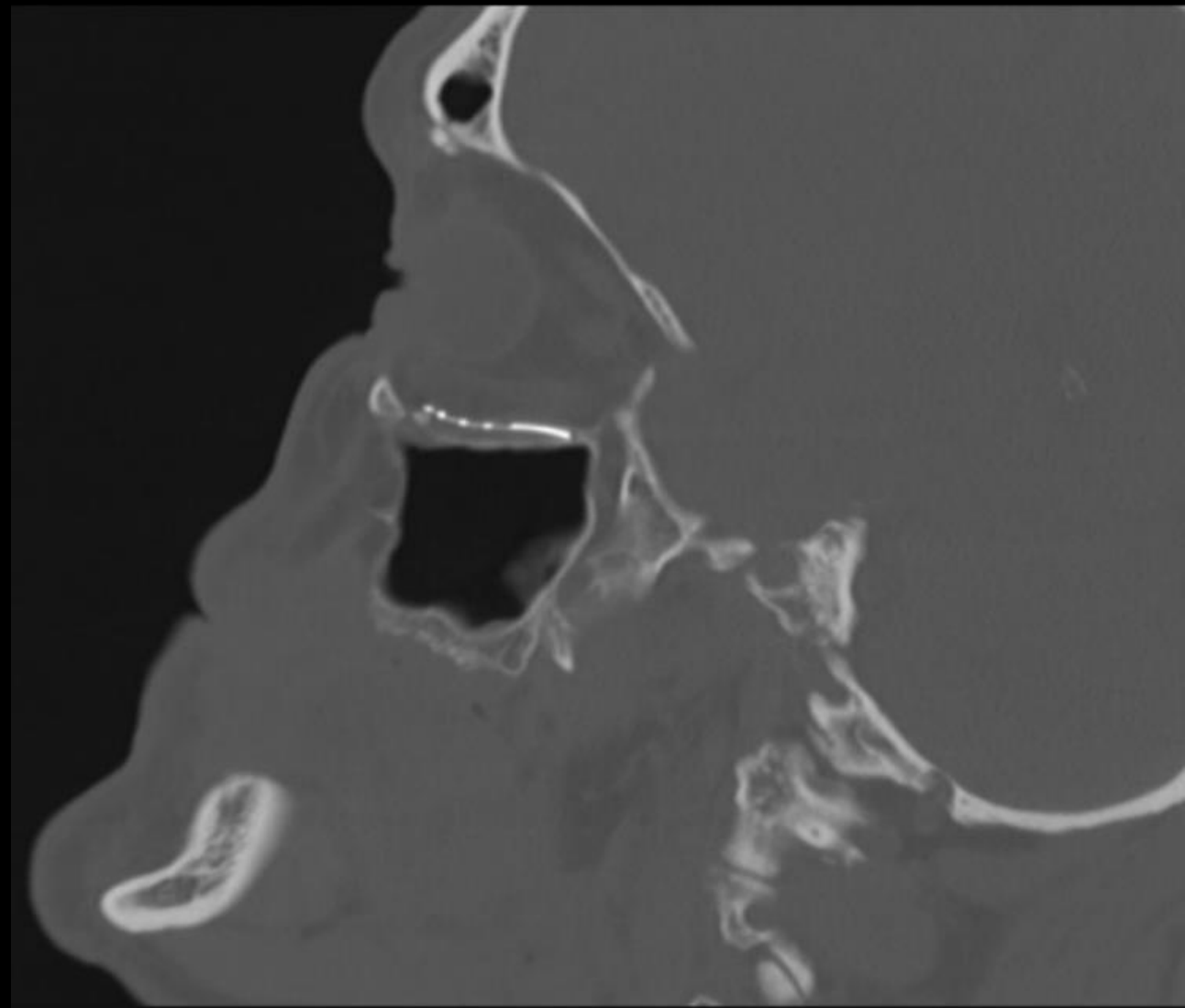
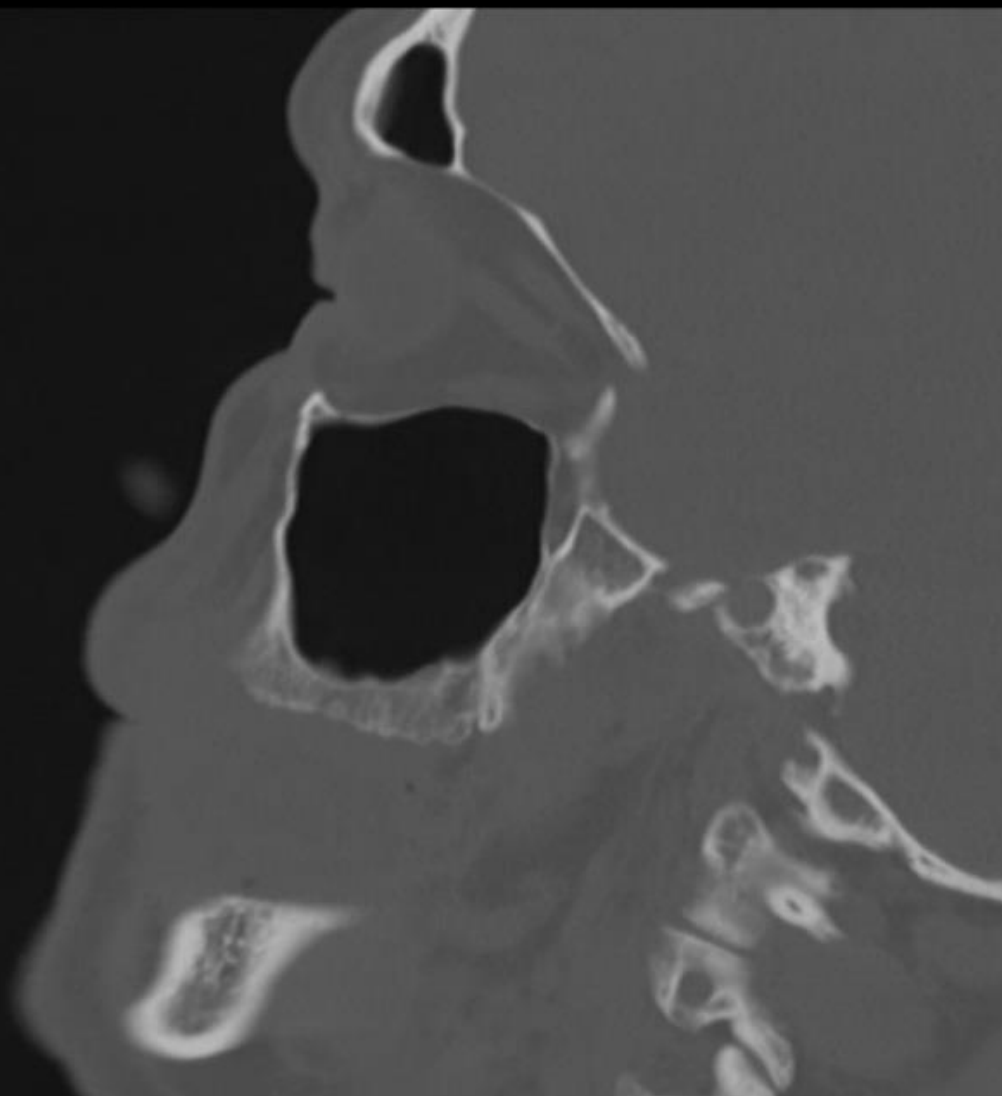
# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice

- Úraz – pád ze žebříku
- Fraktura ZMK vlevo, fr. Spodiny očnice vlevo
- Rekonstrukce → přetrvávala diplopie
- Reoperace → přetrvávala diplopie



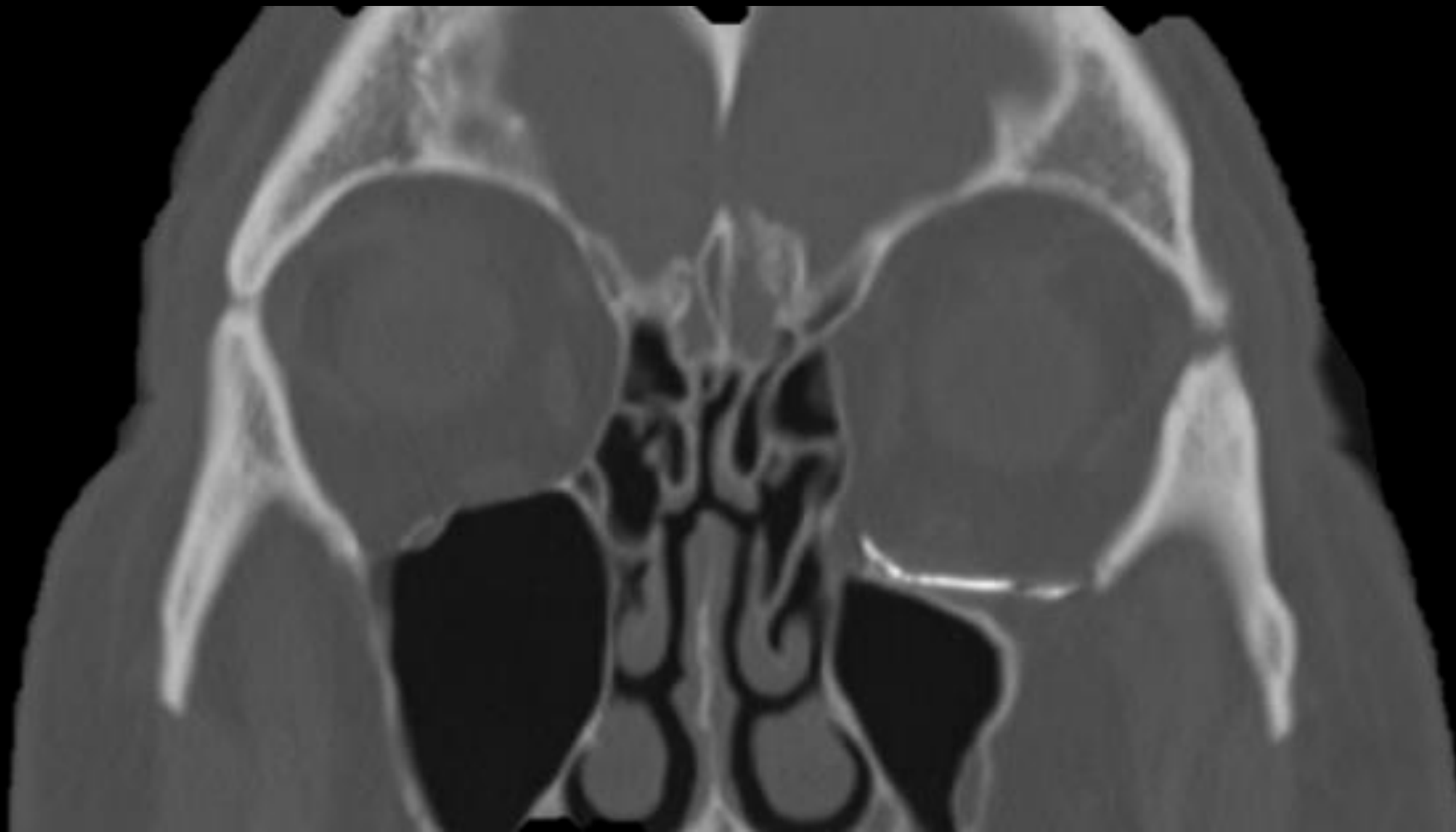


# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice

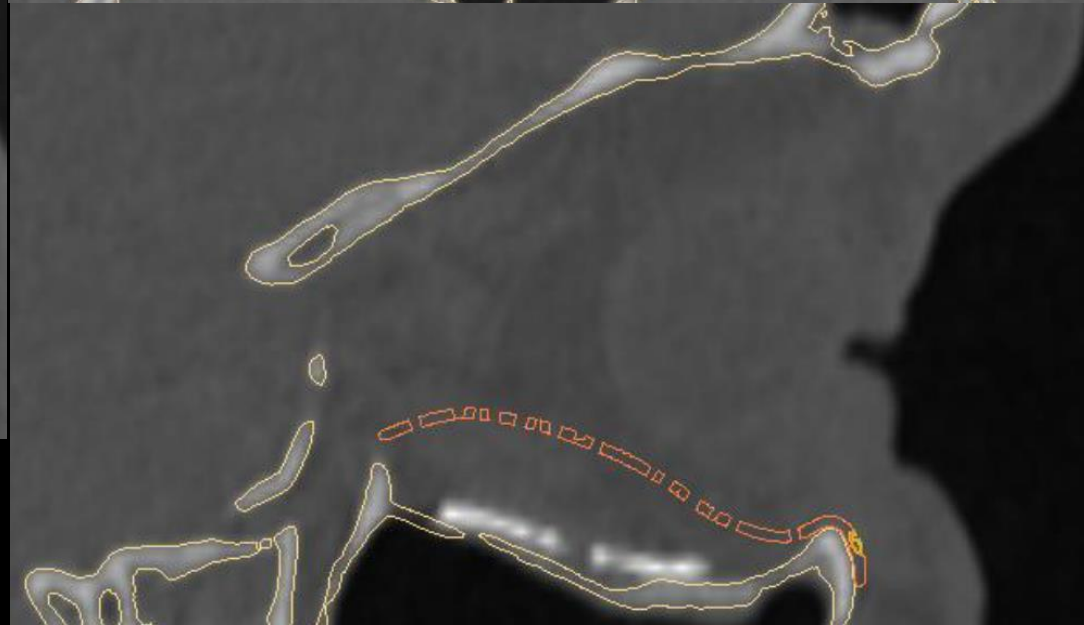
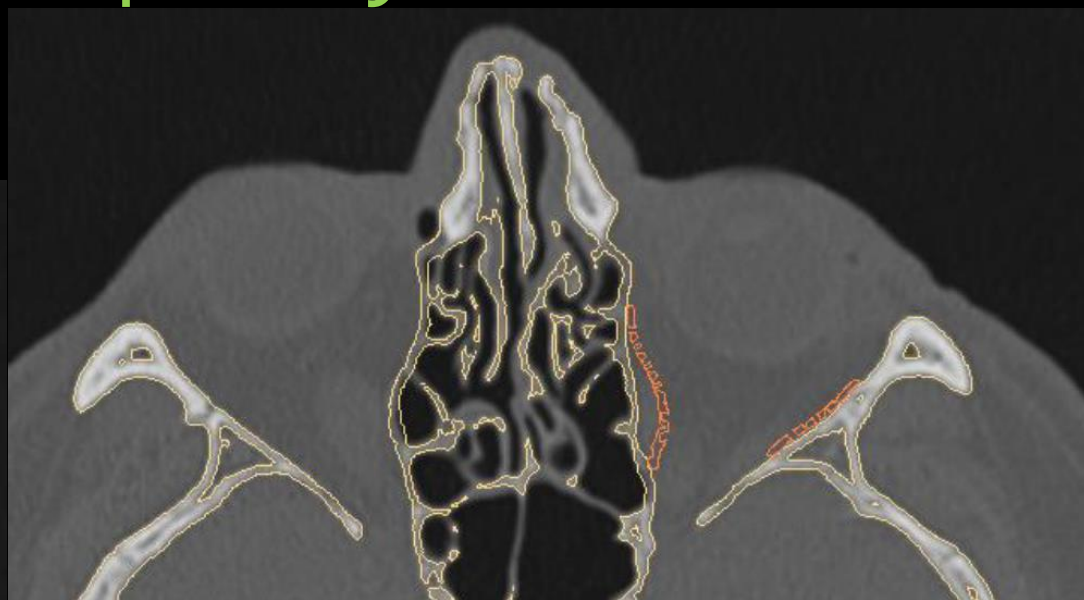
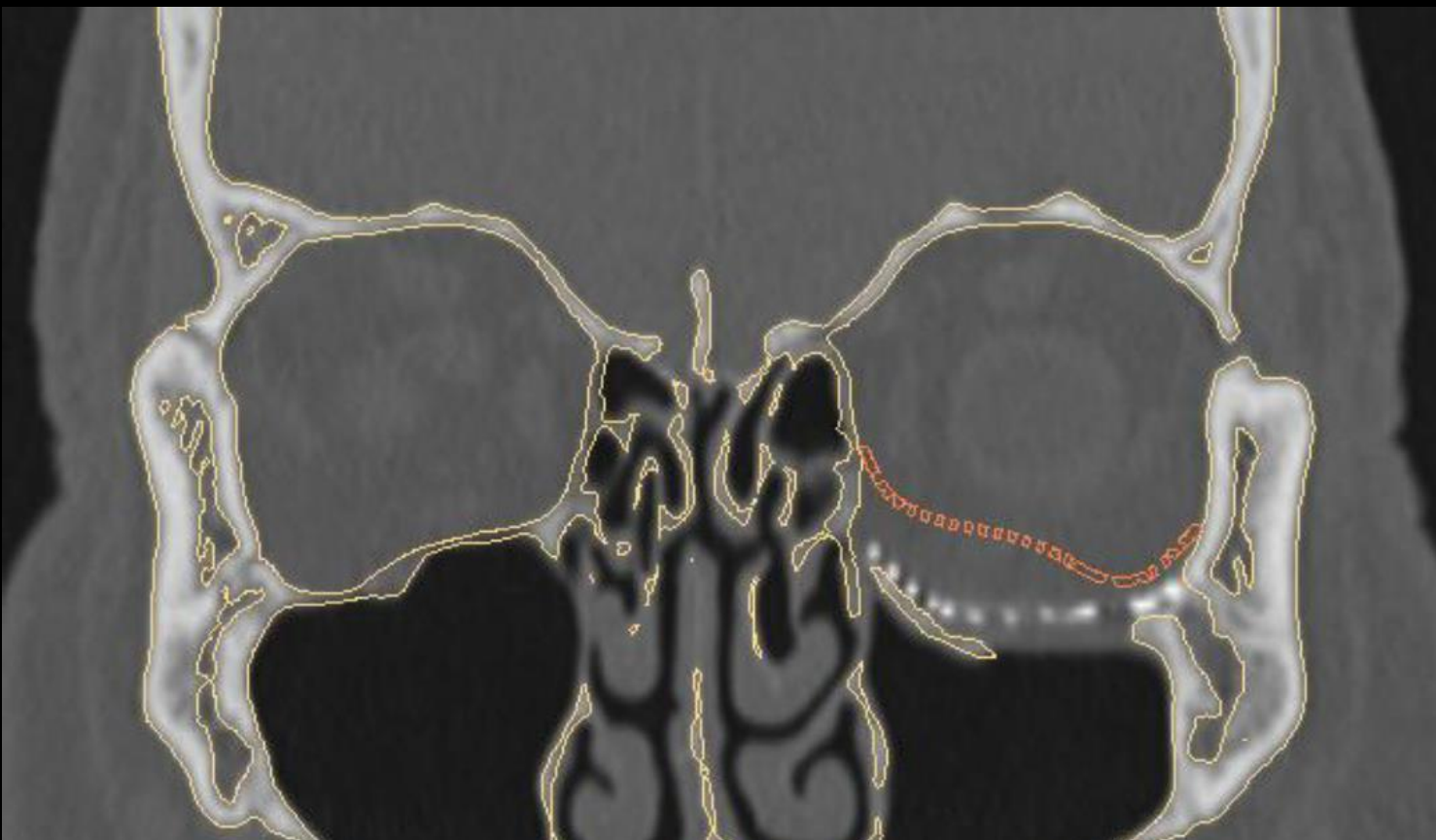




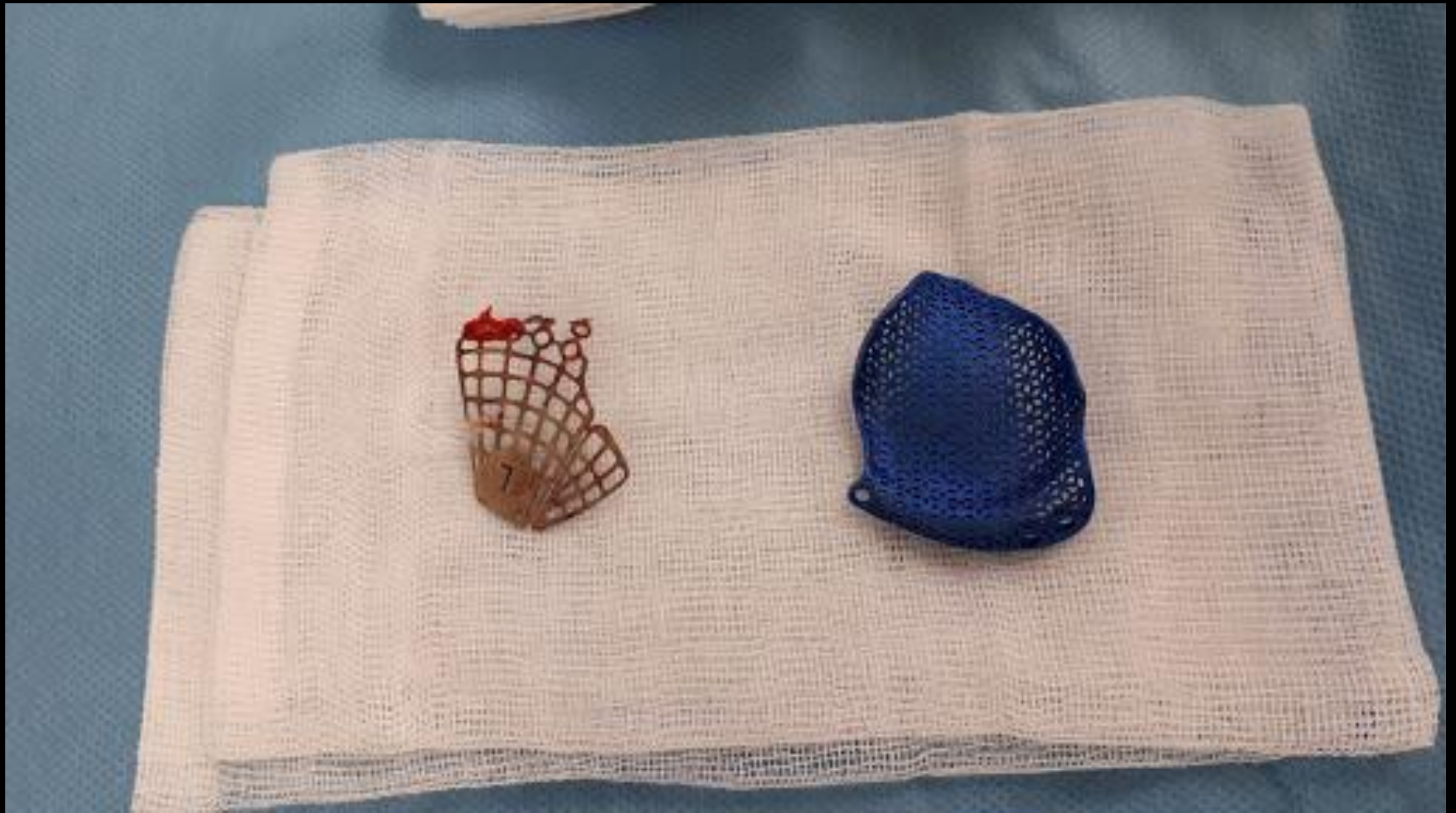
# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice



# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice

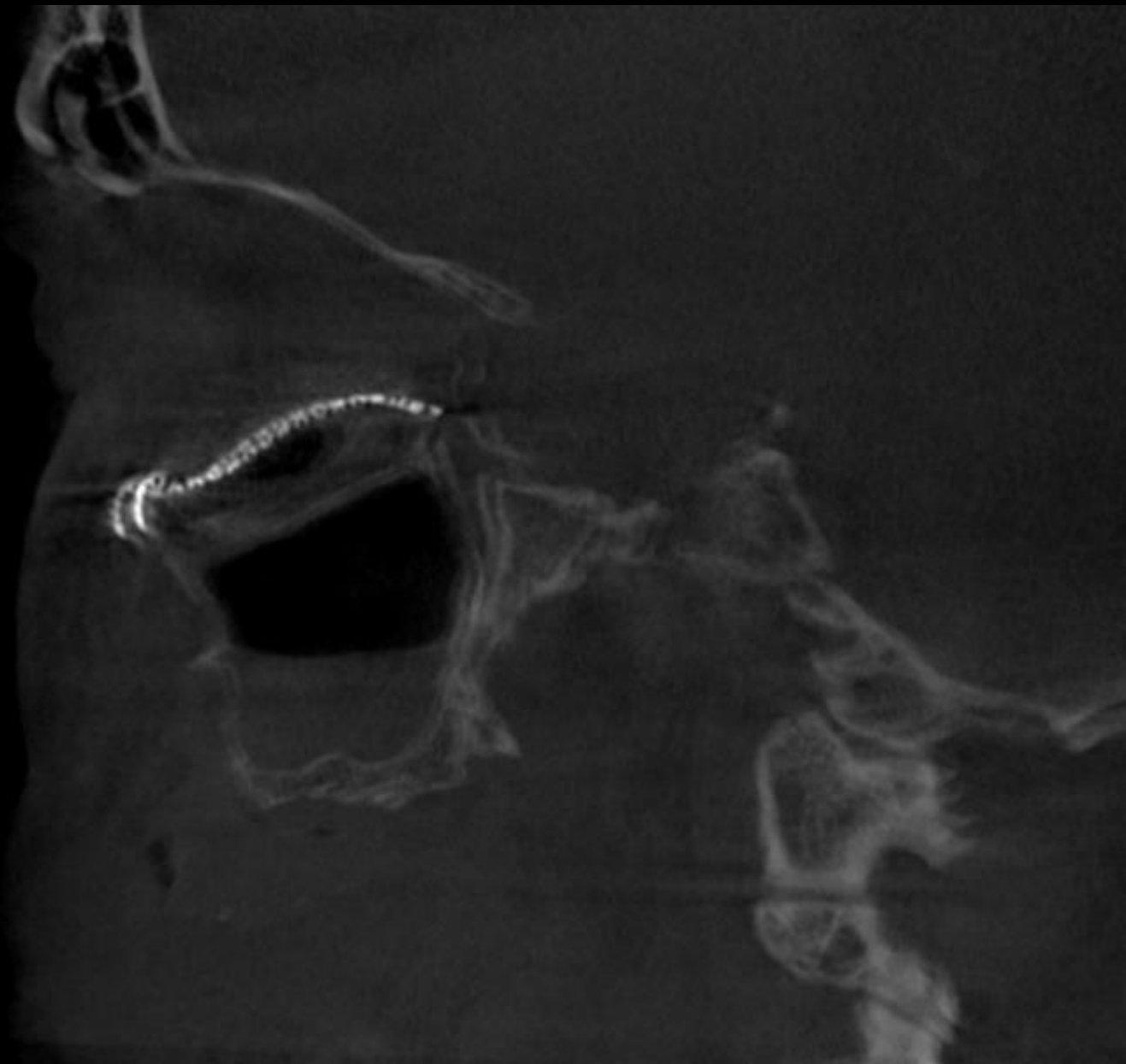


# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice





# Sekundární rekonstrukce spodiny očnice



# Budoucnost?

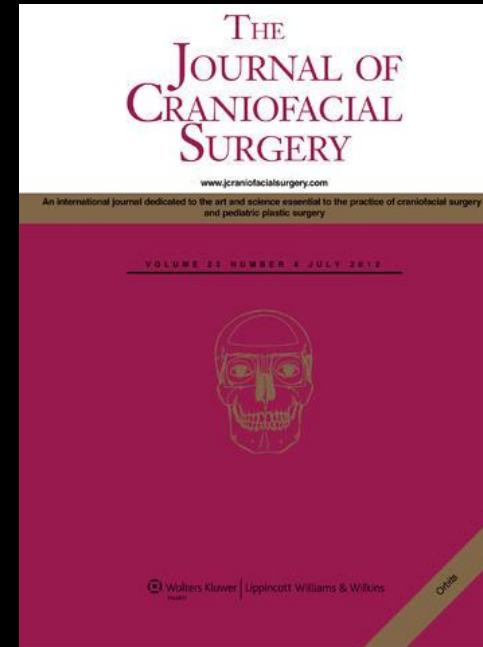
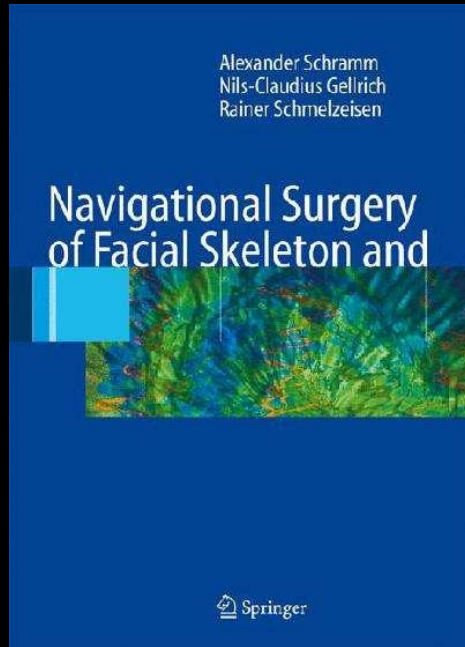
Intraoperační navigace:



Intraoperační CBCT:



# Někde však již současnost!



MAZZONI, Simona, et al.  
Simulation-guided navigation: a new approach to improve intraoperative three-dimensional reproducibility during orthognathic surgery. *Journal of Craniofacial Surgery*, 2010, 21.6: 1698-1705.



Děkuji Vám za Vaši  
pozornost.

MDDr. Josef Šebek  
[Josef.sebek@vfn.cz](mailto:Josef.sebek@vfn.cz)