

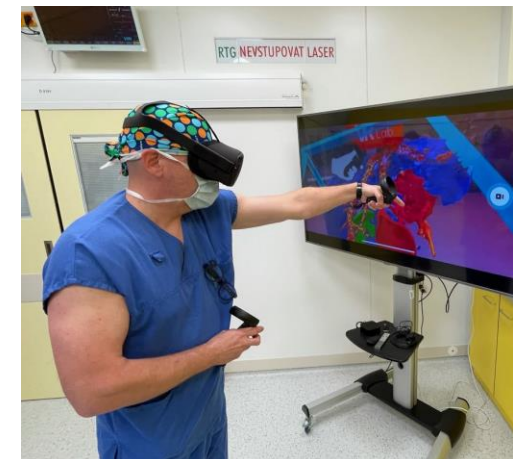
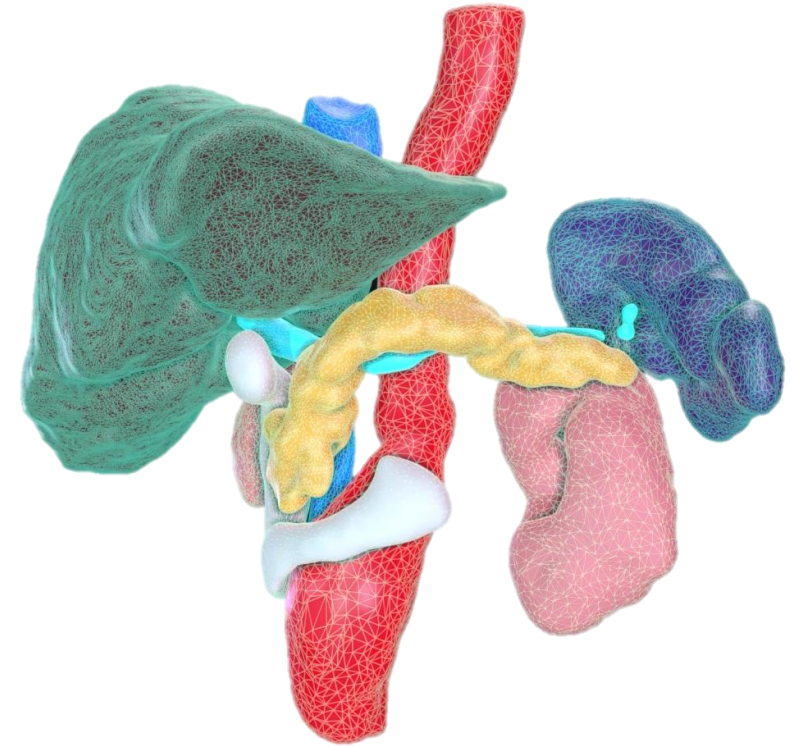
# XR v operačním plánování



1. **IKEM VRLab:** *Virtuální a augmentová realita v jaterní, transplantační, a hrudní chirurgii*
2. **OrthopedVR:** *Simulace derotačních osteotomiích dolních končetin*

# XR v operačním plánování

- Pravá 3D vizualizace 3D dat (CT/MRI)
- VR vizualizace prohlubuje porozumění 3D struktur pacientovi anatomie
- Předchozí implementace: koronární bypass, „clipping“ intrakraniálního aneurysmatu, resekce jater, Kawasakiho nemoc
- Výsledek = snížení komplikací



Izard et al. 2019; Boadecker et al. 2021; Kockro et al. 2016; Quero et al. 2019; Sadeghi et al. 2020

# Limitace dosavadních studií a komerčních řešení

- Velká časová a technická náročnost
- Finanční nákladnost a lidské prostředky
- Až moc široké zaměření
- Nízká škálovatelnost řešení
- Zatím chybějící kvantitativní studie ověřující benefity XR v klinickém prostředí

# 1. IKEM VRLab



IKEM  
M



A cluster of overlapping squares in various shades of blue and grey, positioned to the left of the IKEM logo.

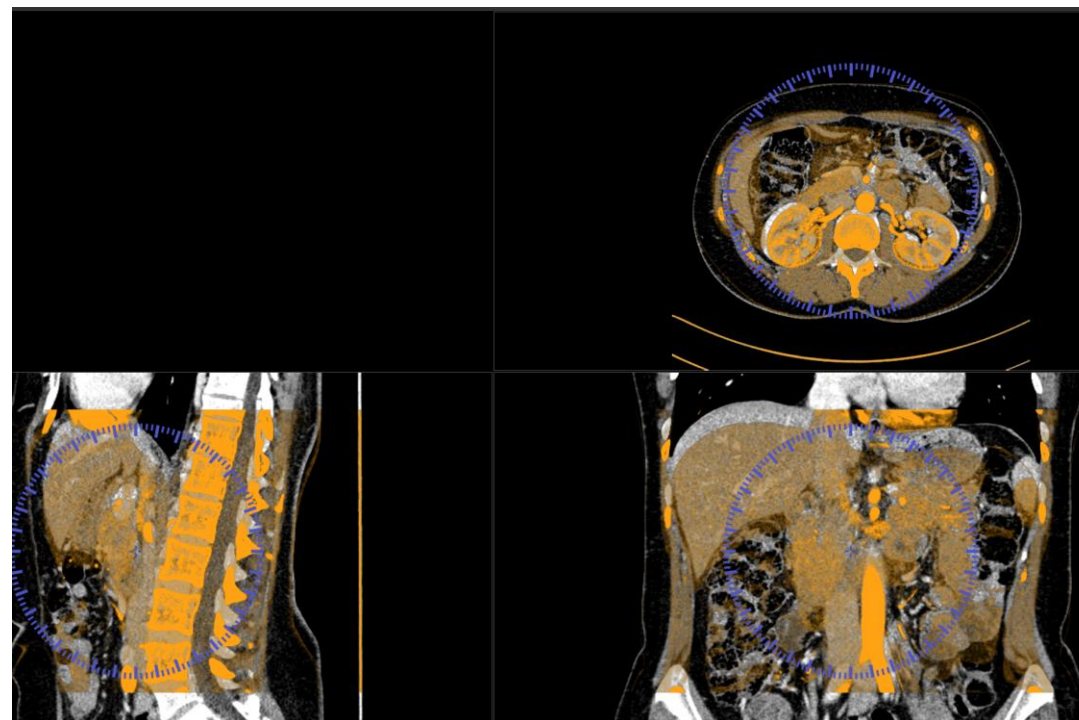
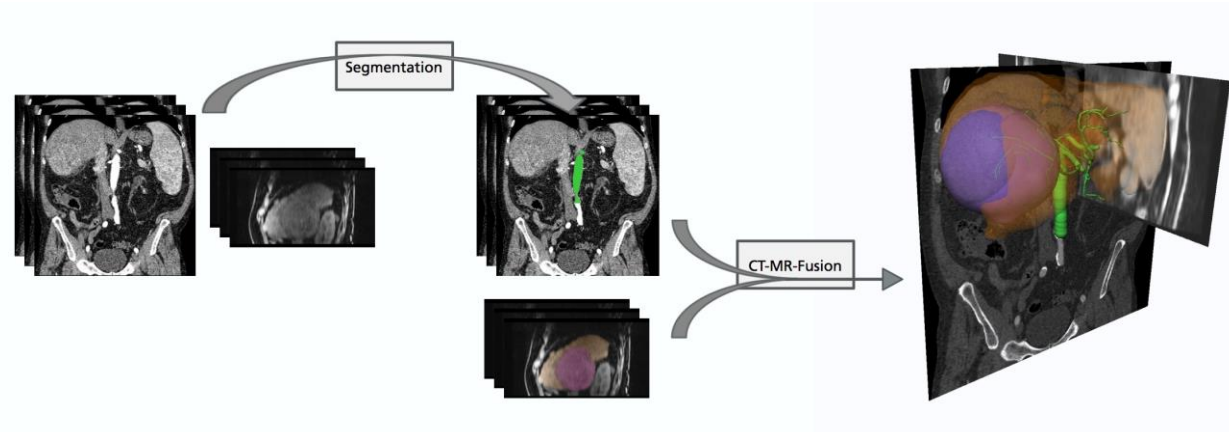
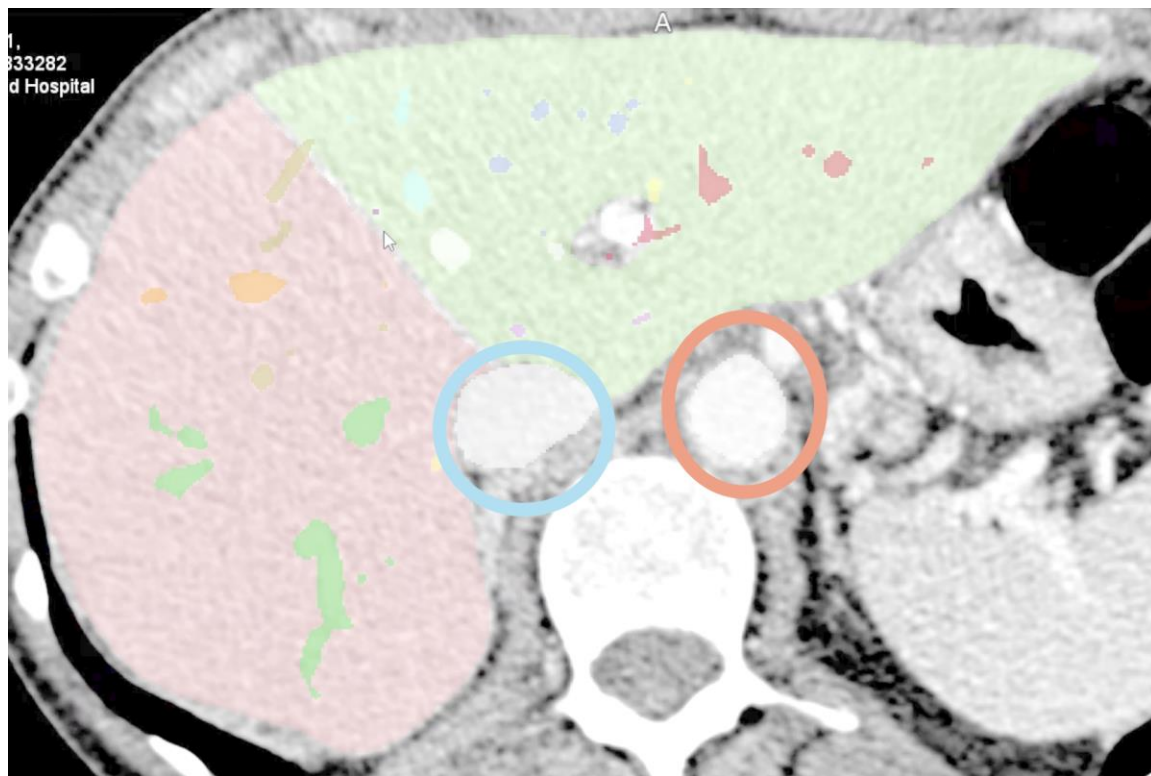


A small red square located at the bottom right of the slide.

# O projektu

- Začátek vývoje 9/2020
- **Výzvy:**
  - Optimalizace generování dat od počátku vyšetření po výslednou VR vizualizaci
  - Reproducibilita celého procesu
  - Jednoduchost ovládání poskytující samostatnost
  - Portabilita, mobilita a nižší výpočetní nároky
  - Interní tvorba nástrojů na míru pro vizualizaci
  - 3D vizualizace poskytnutých CT/MR vyšetření v jednom anatomickém modelu
  - Collaborative mode s hlasovou komunikací spojující více uživatelů ať už jsou kdekoliv
  - Publikace *state-of-the-art* studie numericky ověřující přínos VR jaterní chirurgii

# Fúze CT/MR a registrace dat



# Příklad segmentace dat v souladu s regulacemi podle: (Regulation EU 2017/745)

MeVis Liver Suite - [C:\Users\IKEM\3D Objects\MDS\_Case\_18565\_PR72\_resend\_2022-02-24\PR.mvls]

### Visualization objects

Name	Color	ml	%
✓ HA Anatomy			
✓ BD Anatomy			
▼ Vascular Territories			
▶ HV Territories		1,216	100.0
▶ PV Territories		1,216	100.0
▶ HA Territories		1,216	100.0
▶ BD Territories		1,216	100.0
▼ Separation Proposals			
▶ Proposal1, Right Lobe Graft without MHV		1,216	100.0
Plane		12	1.0
✓ Graft		646	53.2
✓ Remnant		558	45.9
▶ Proposal1, Right Lobe Graft without...		646	100.0
inf.HV1		9	1.4
inf.HV2		26	4.0
MV4a_8i		8	1.3
MV4b_5_8		89	13.8
MV8i		3	0.5
MV8m		89	13.8
MV8s		21	3.3
RHV		401	62.0
▶ Proposal2, Right Lobe Graft with MHV		1,216	100.0
▶ Proposal3, Left Lobe Graft with MHV		1,216	100.0

### Collections

PV Anatomy	PV Territories	HV Anatomy	HV Territories
HA Anatomy	HA Territories	BD Anatomy	BD Territories
PV, HA and BD	PV and HV	Proposal1, Right Lobe Graft	Proposal1, Right Lobe Graft

Number of collections: 22

PR  
1900-01-01  
16414558833282  
Anonymized Hospital

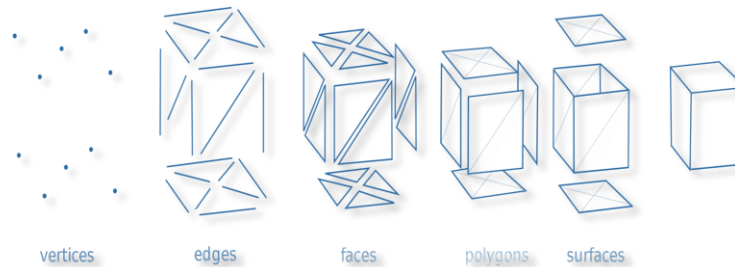
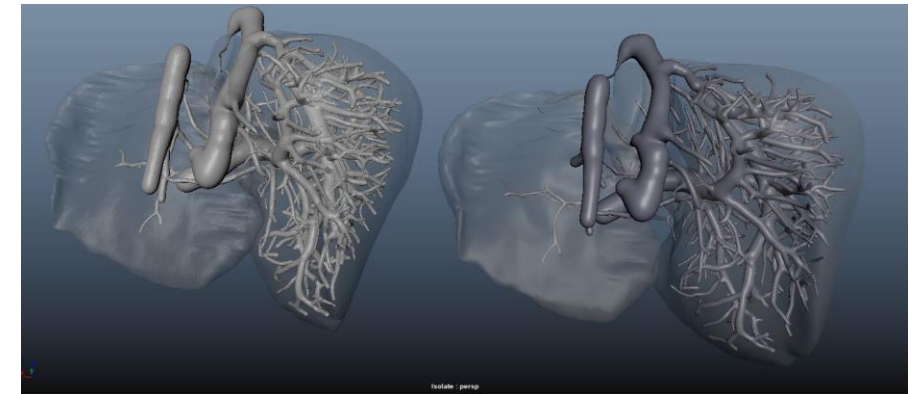
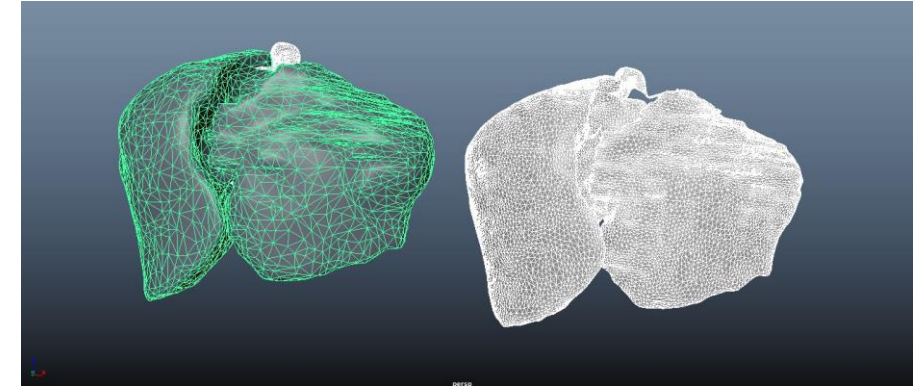
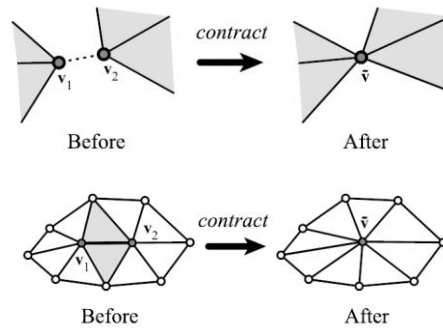
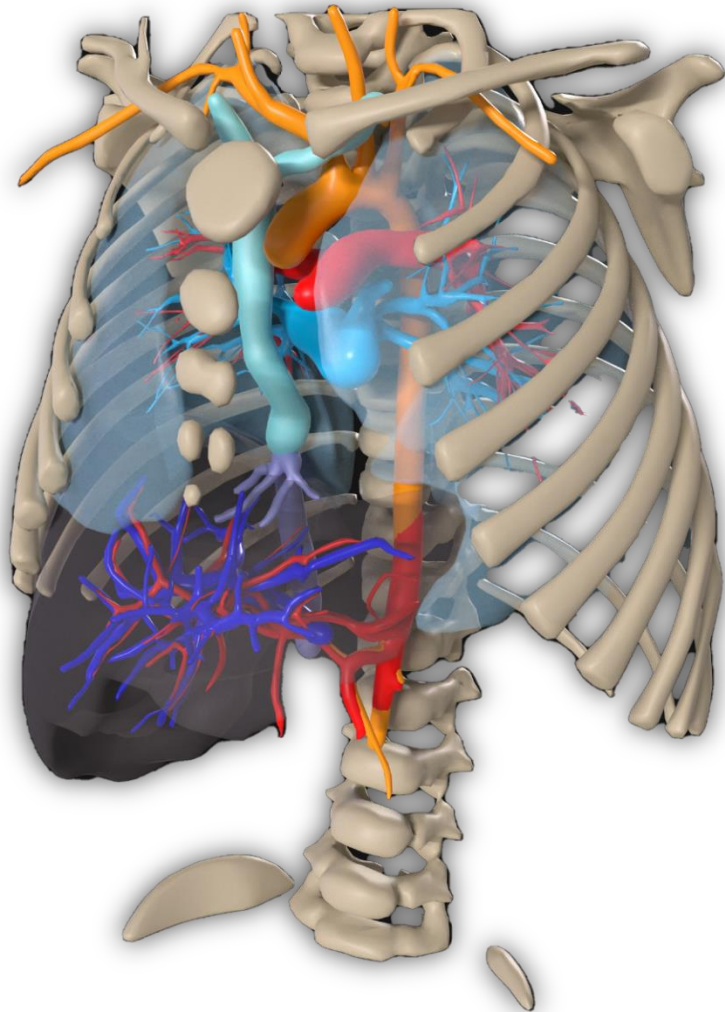
Study date: 2022-01-06

Venous    Axial    Slab: 1    Filtered view    Overlay 2D

R

# Optimize segment for VR:

*Surface Simplification Using Quadric Error Metrics*





# Distribuce dat k chirurgovi



VR Lab Log out

### Upload a model

Model

Patient name

Patient's last name

Slot  
0

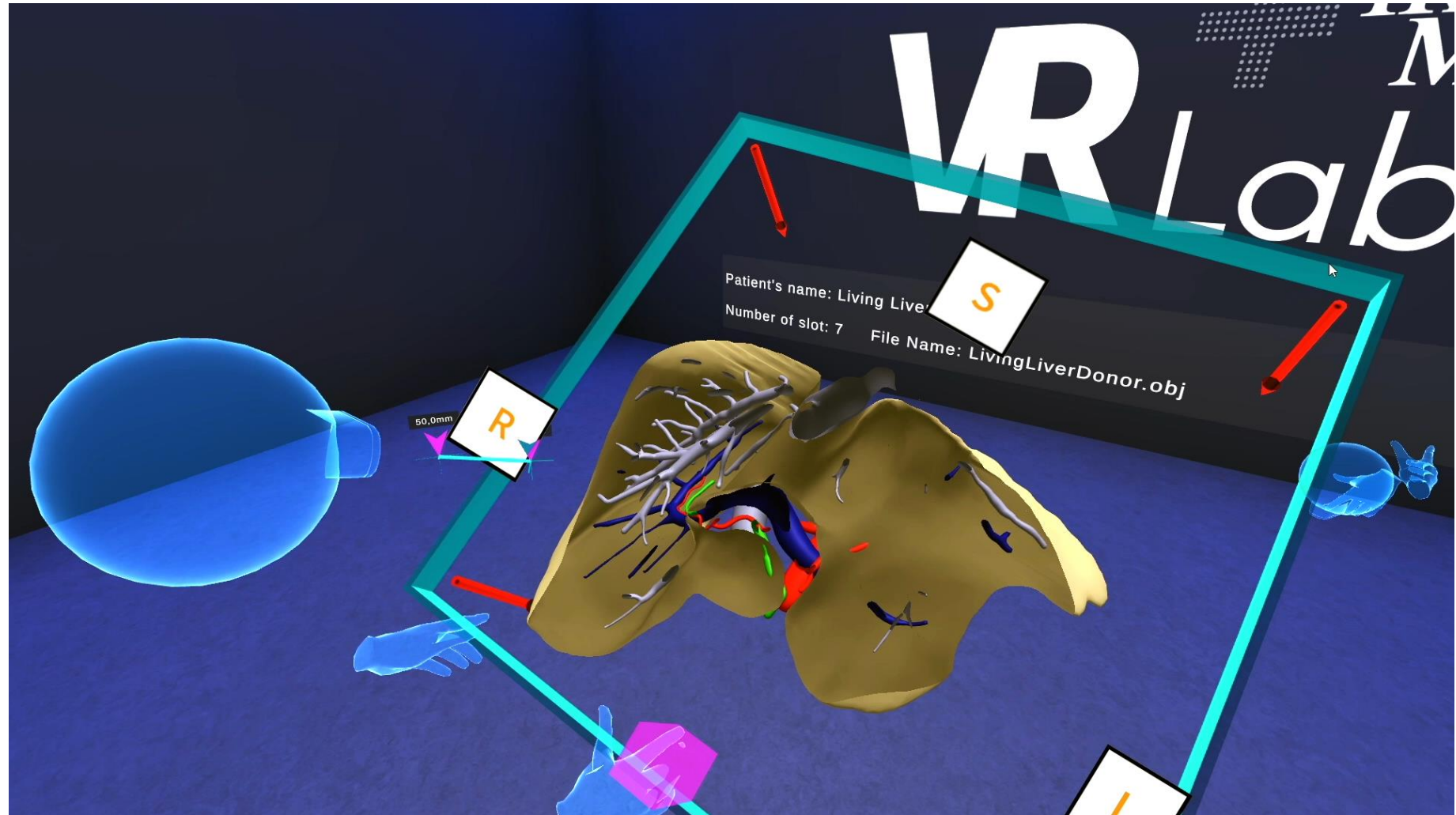
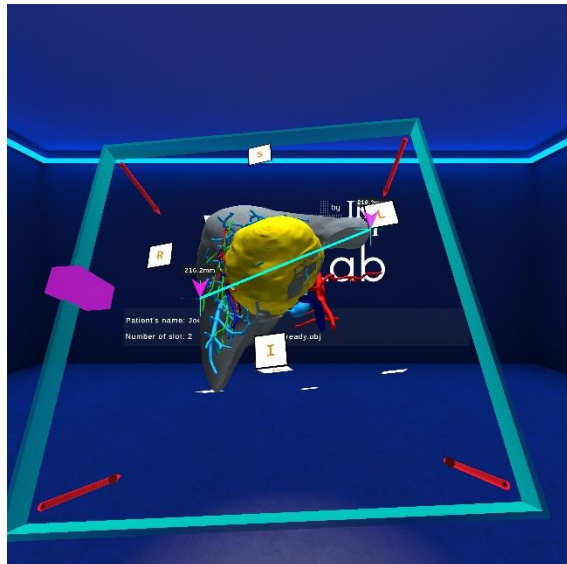
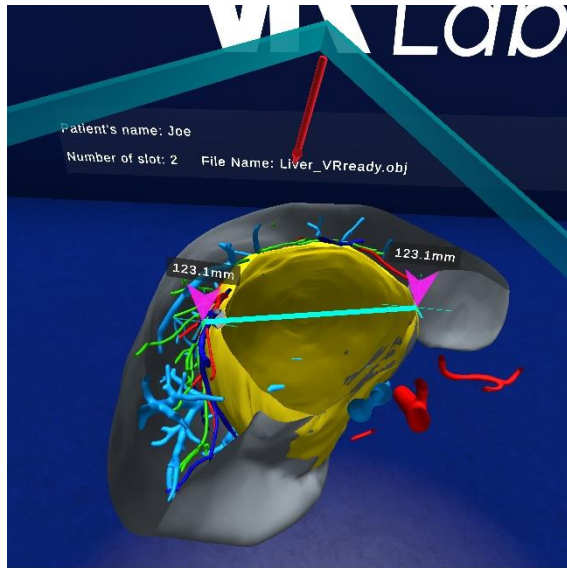
### Overview of slots

Instituion	IKEM
Slot	0
Soubor	Doe_Liver_VRready.obj
Patient's name	Joe
Patient's surname	Doe
Action	<input type="button" value="Delete"/>

Instituion	FN Motol
Slot	1
Soubor	Doe_Liver_VRready.obj
Patient's name	Joe
Patient's surname	Doe
Action	<input type="button" value="Delete"/>

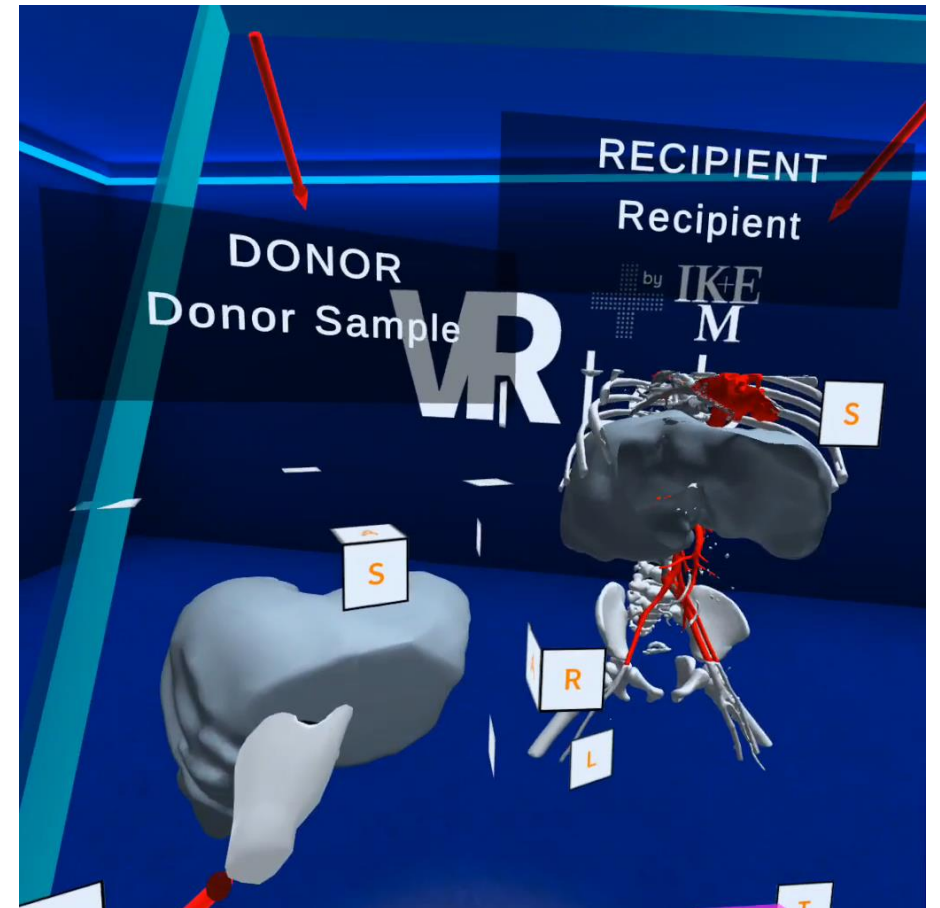
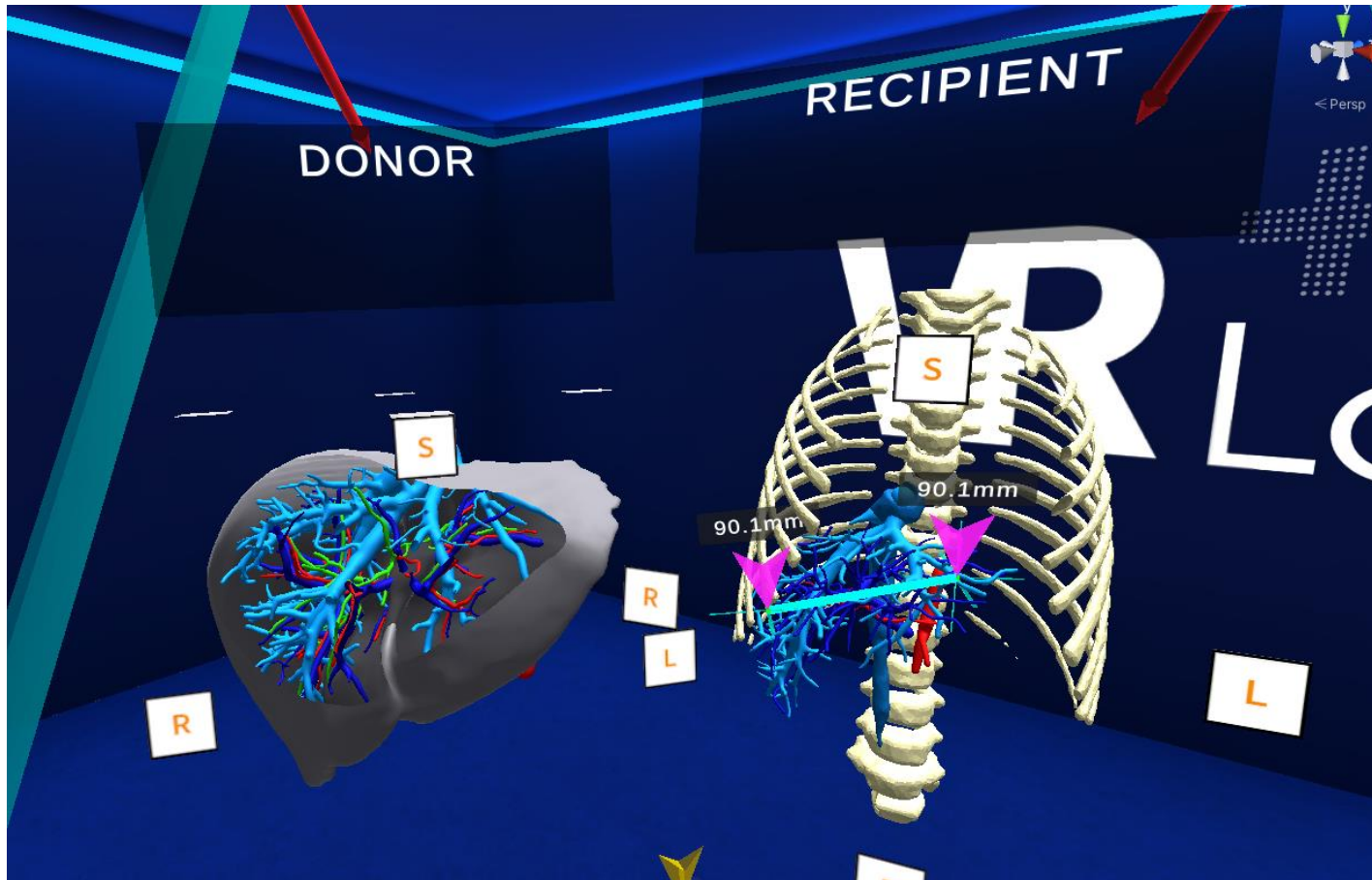
# Klinické operační plánování



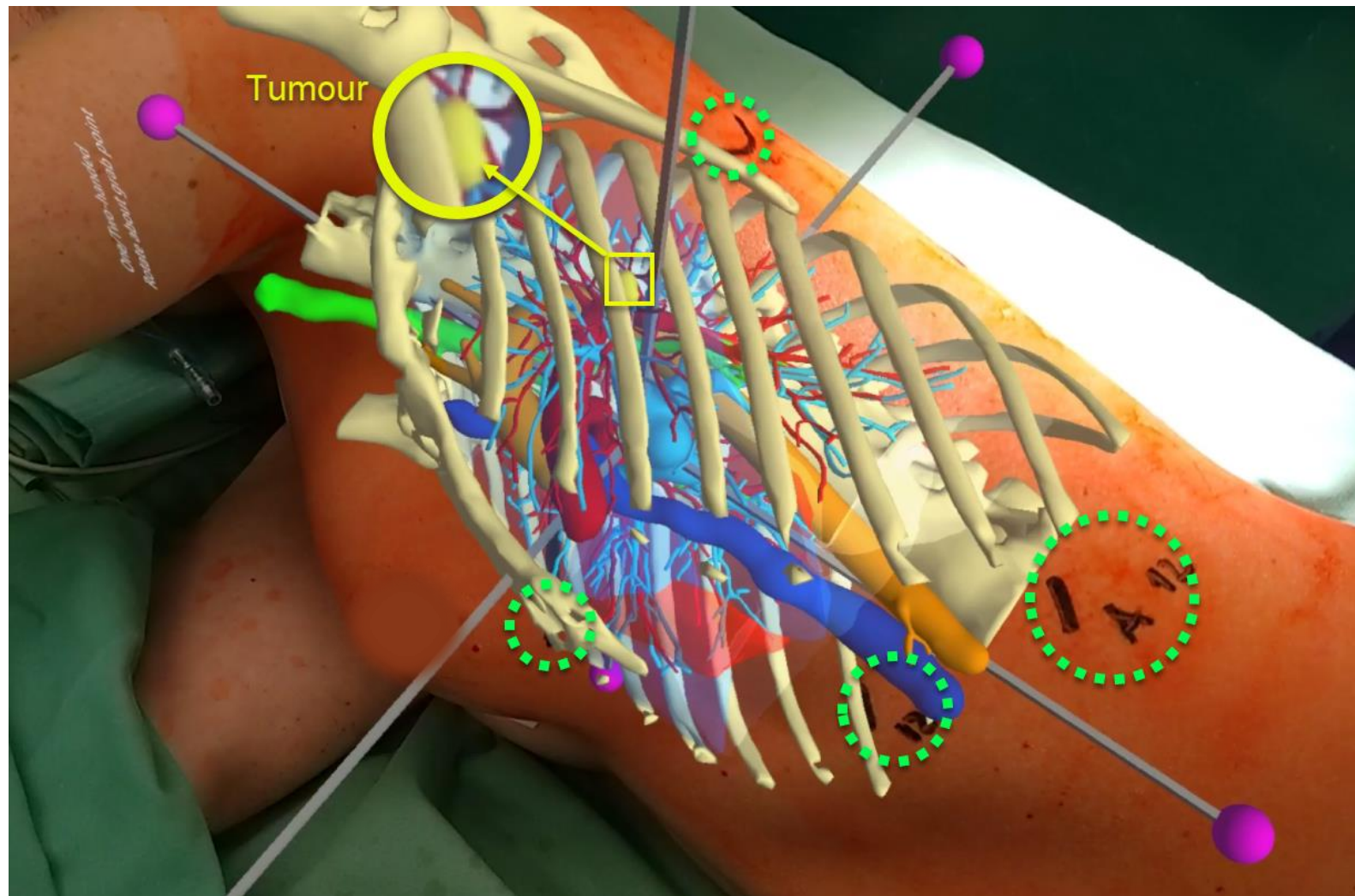
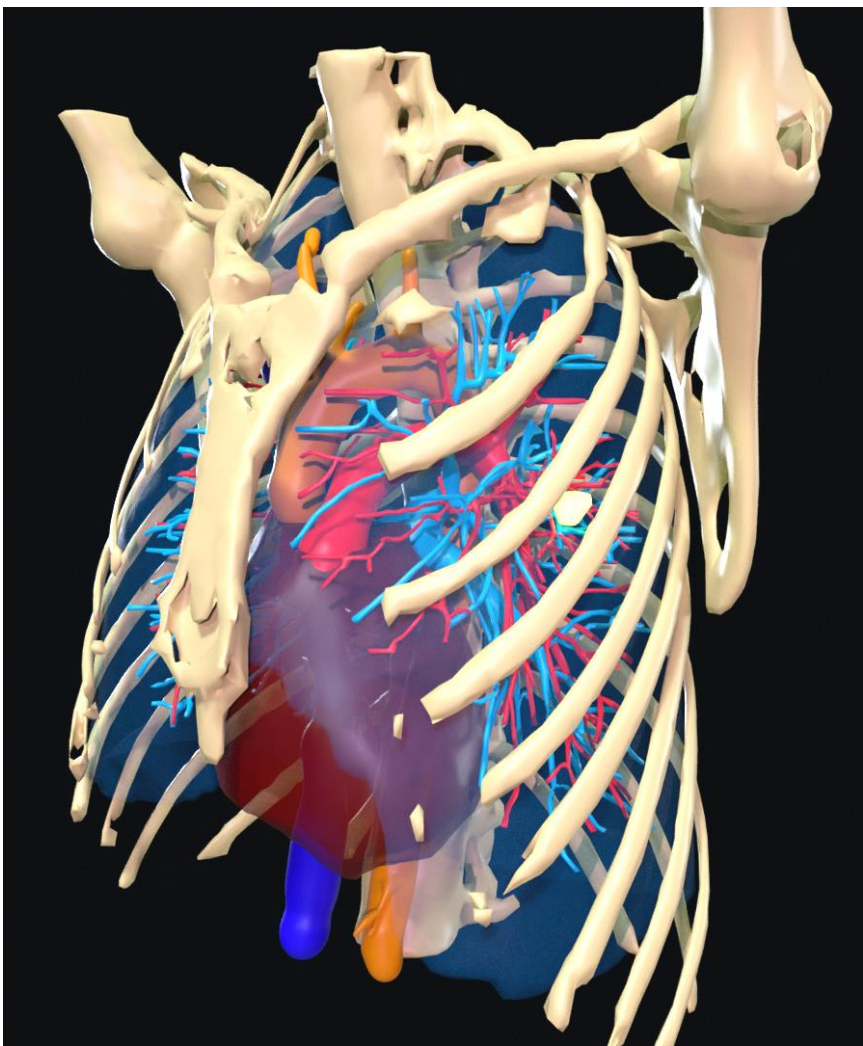
# AR Sálová projekce

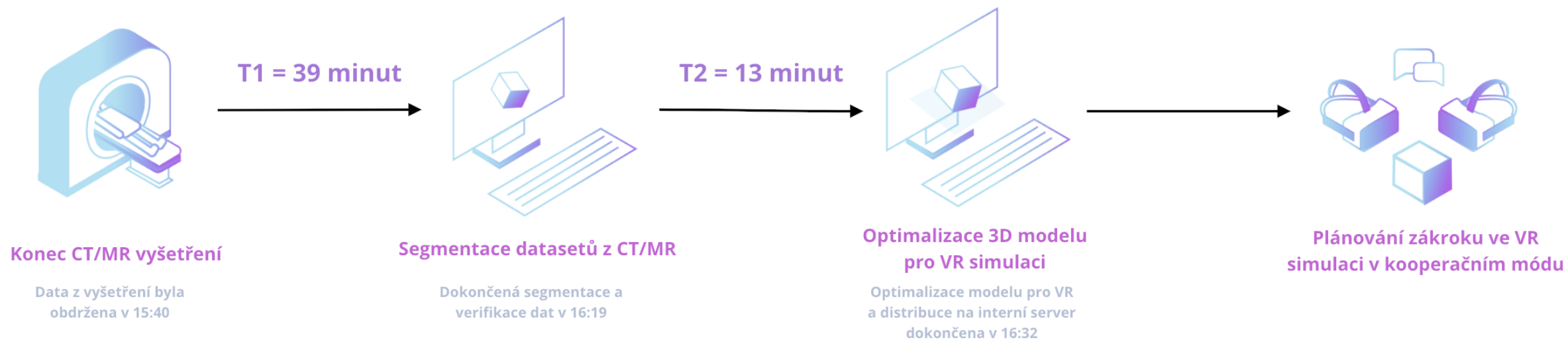


# Fitting Room



# VR Lab segmentektomiích plic

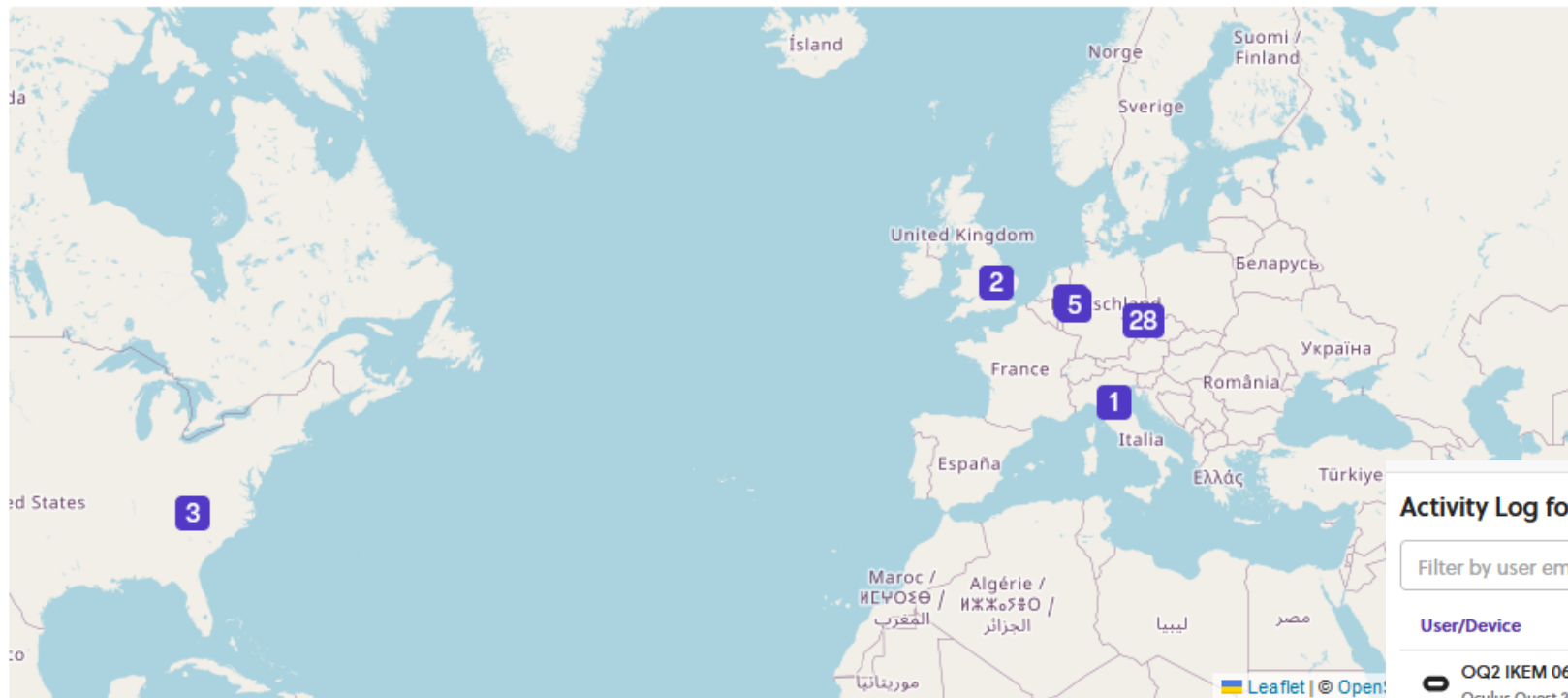




**Převod klinických dat z CT/MR do simulace VRLab za 52 minut**

# VR management

Location ?



## Activity Log for Users & Devices ▾

REFRESH

Filter by user email, device name or serial

Jump to...  
11/12/2022

User/Device	Event	Time
🔌 OQ2 IKEM 06 Internal Oculus Quest 2	SYNC with Configuration IKEM VRLab Internal ...	Nov 12, 12:24am
🔌 OQ2 IKEM 20 Internal Oculus Quest 2	OPEN App SystemUX	Nov 11, 4:39pm
🔌 OQ2 IKEM 20 Internal Oculus Quest 2	CLOSE App Oculus System	Nov 11, 4:39pm
🔌 OQ2 IKEM 20 Internal Oculus Quest 2	OPEN App Oculus System	Nov 11, 4:38pm
🔌 OQ2 IKEM 20 Internal Oculus Quest 2	CLOSE App SystemUX	Nov 11, 4:38pm
🔌 OQ2 IKEM 20 Internal Oculus Quest 2	HEADSET Put On	Nov 11, 4:38pm
— OQ2 IKEM 20 Internal		

# Prozatímní výsledky projektu VRLab

- Pomocí VRLab by IKEM bylo indikováno/kontraindikováno 200+ pacientů v rámci klinické studie
- Hypoteticky lepší předvídatelnost vedoucí k nižšímu počtu komplikací
- Vytvoření protokolu do EPACS a zdravotního informačního systému
- Zvýšení komfortu lékařů při plánování
- Nasazení během: transplantace živých dárců jater, hepatocelulární karcinomu, hepatoblastomu, fokální nodulární hyperplazie, Wilsonově chorobě, Echinococcus, otravě – paracetamol
- Optimalizace procesu přípravy dat – z CT/MR do VR pod 1 hodinu
- Rozšíření systému zahraničních MDT pro rozvoj diskuze nad specifickými případy



## 2. OrthopedVR: *Simulace derotačních osteotomií dolních končetin*

IEEEVR: [doi.org/10.1109/vrw58643.2023.00234](https://doi.org/10.1109/vrw58643.2023.00234)

TVCJ: [doi.org/10.1007/s00371-023-02949-0](https://doi.org/10.1007/s00371-023-02949-0)

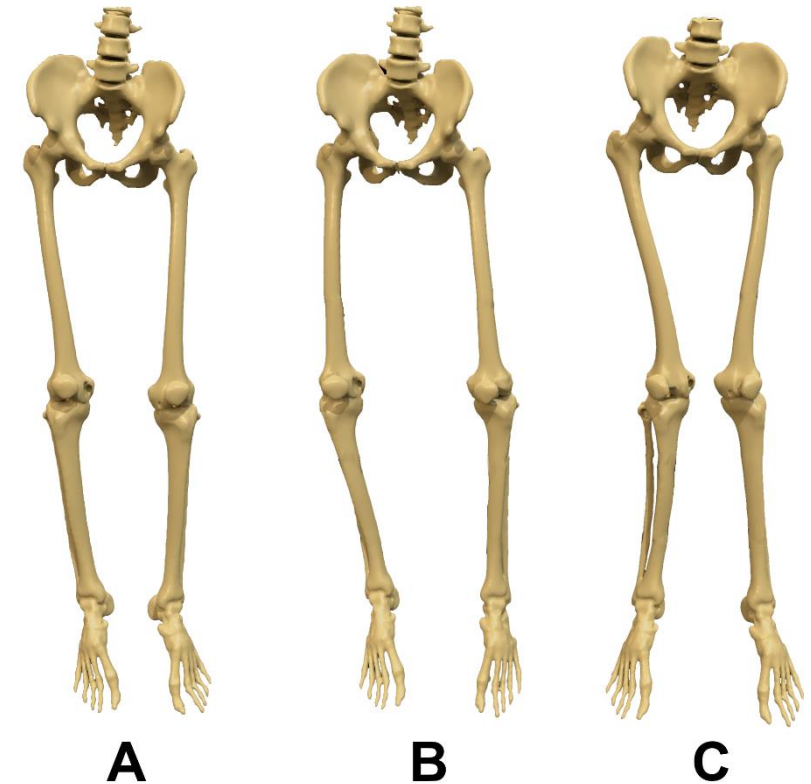


Engineering and  
Physical Sciences  
Research Council

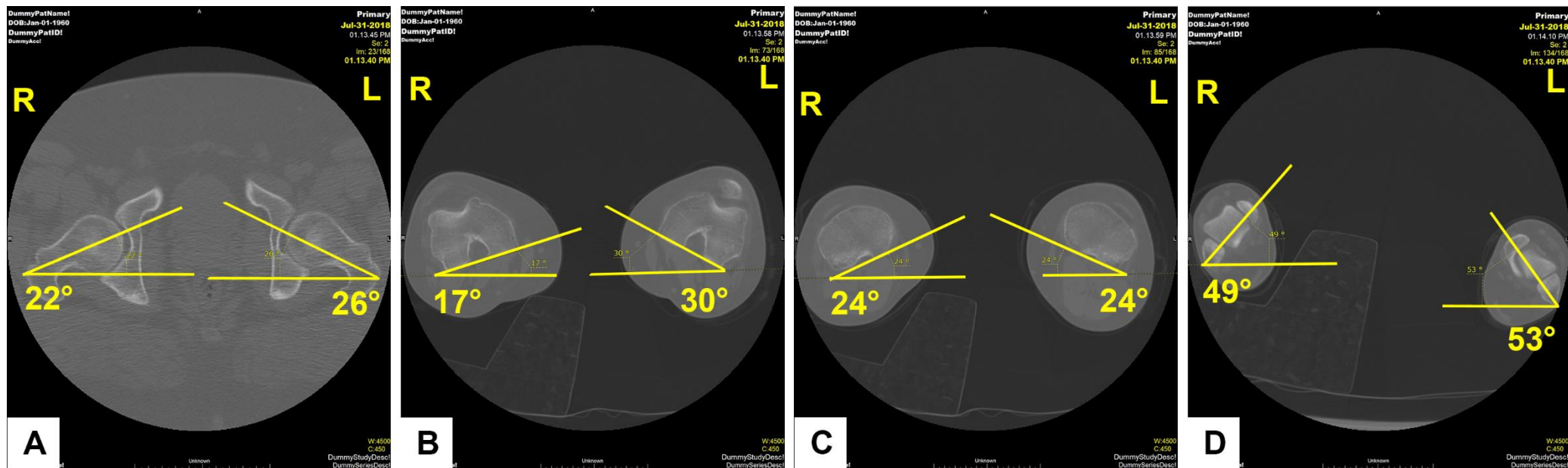


# Rotační abnormality dolních končetin

- Torzní vady kyčle, stehenní kosti a holenní kosti
- Vedou k vbočení do prstů a zakopávání
- Incidence 5,8 na 100 000
- Věková skupina pacientů ve věku 10-17 let
- Zvýšené rizikové faktory/degenerativní vliv na klouby dolní končetiny někdy vedoucí k artroplastice
- Negativní dopad na aktivní životní styl pacienta



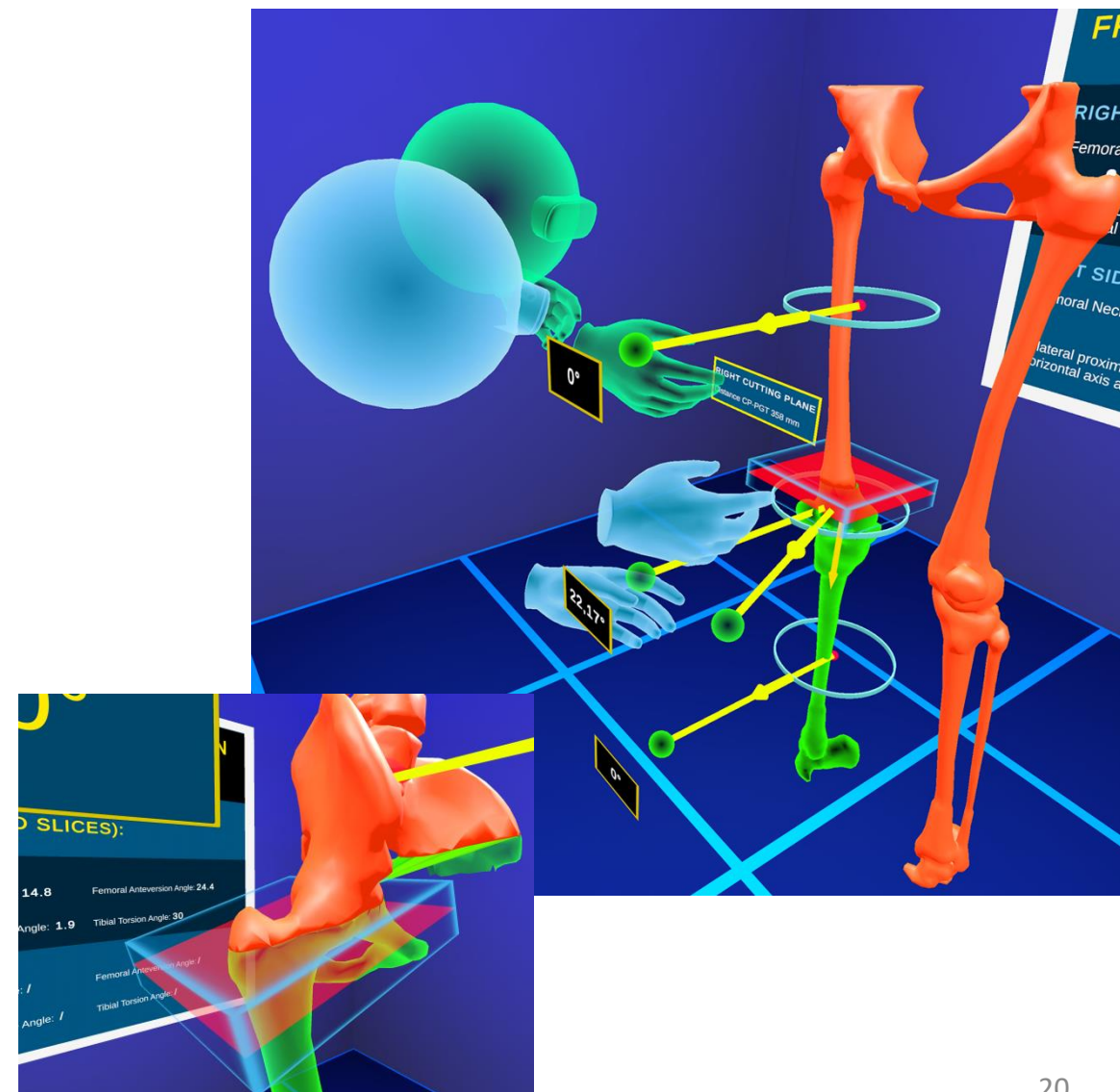
# Současný standard pro plánování osteotomií v NHS: CT snímky dolních končetin (0,54mm X 0,54mm X 3,43mm)



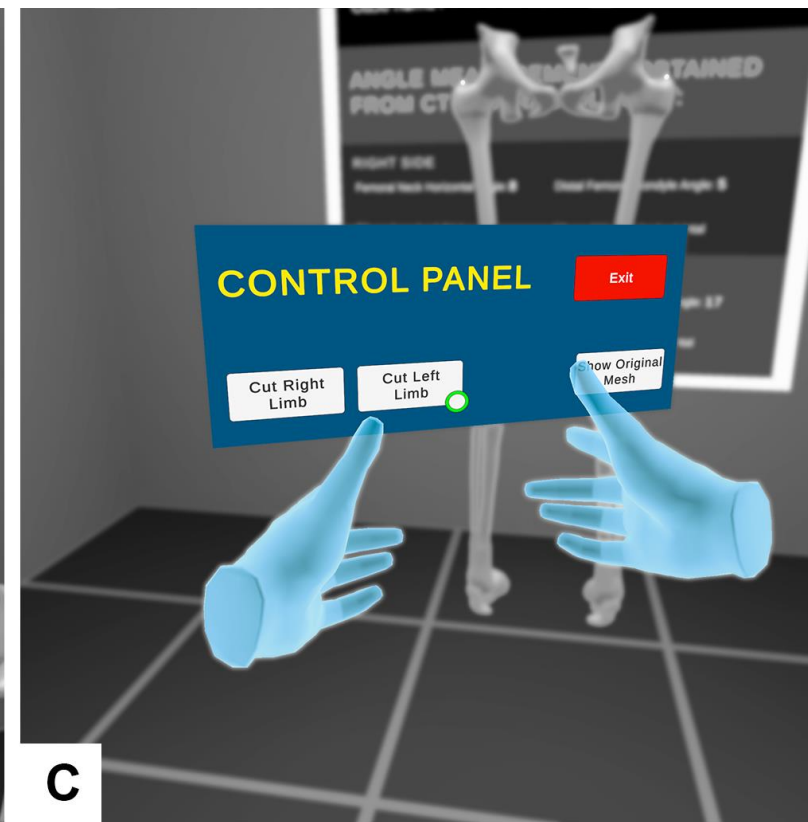
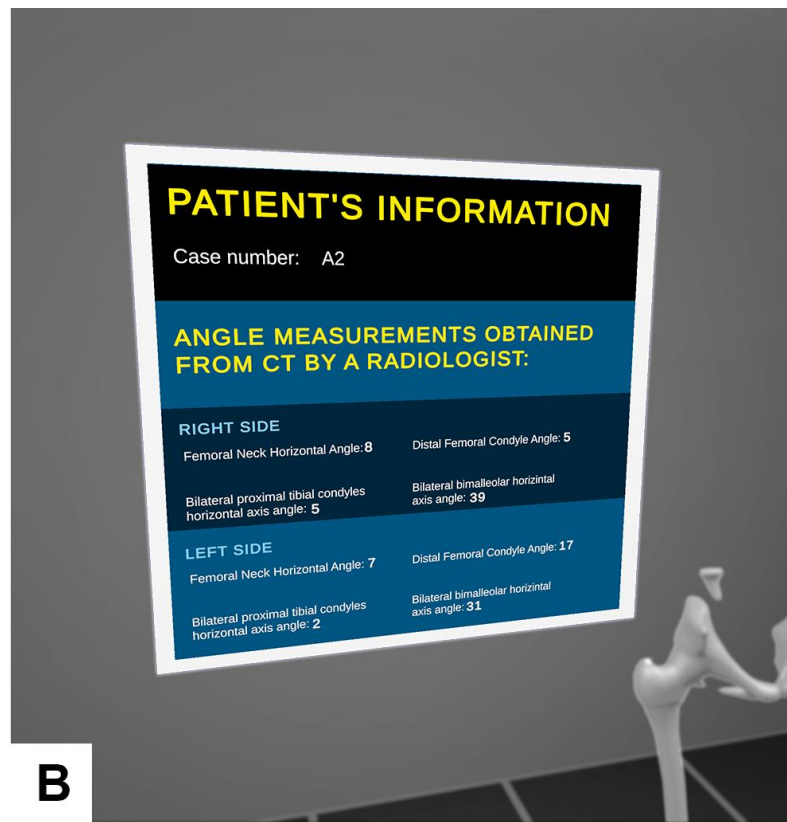
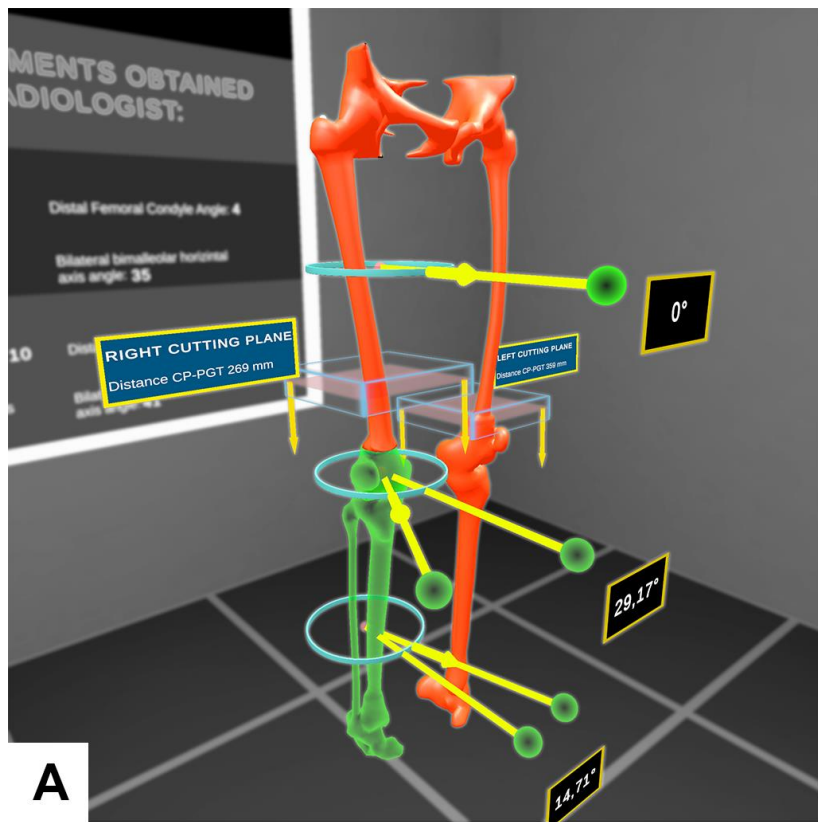
Úhel mezi krčkem stehenní kosti a horizontální osou (A); úhly mezi distálními kondyly stehenní kosti a horizontální osou (B); úhly mezi proximálními kondyly tibie a horizontální osou na úrovni kolen (C); úhly mezi bimaleolárními kondyly a horizontální osou na úrovni kotníků (D).

# Simulace chirurgických postupů při derotační osteotomii

- Chirurg označí rovinu řezu tak, jak by chirurg provedl řez v reálném světě.
- Po provedení řezu se síť dolní končetiny rozdělí a geometrie se přepočítá, uzavře a různě obarví
- Kontextové gizmo je automaticky generováno tak, aby uživateli poskytlo informaci o změně úhlu při manipulaci s konstrukcí a také vizuální znázornění úhlu PŘED/PO



# 3D User Interface



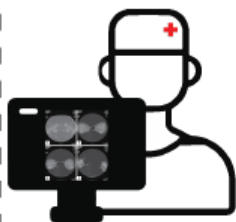
(A) Kontextové 3DUI poskytující akce incize kostí a vizualizaci příslušných informací. (B) Uživatelské rozhraní umístěné ve 3D prostředí, všudypřítomné, sdělující podstatné informace o pacientovi. (C) Dynamické uživatelské rozhraní ovládacího panelu, připevněné k jedné ruce uživatele a ovládané jeho druhou rukou, obsahující kontextově specifické akce, které se dynamicky aktualizují.

# Design studie

## Clinical assessment study

Participant 1

Sequence:  
CT4, CT1, CT2



vs.

Participant 2

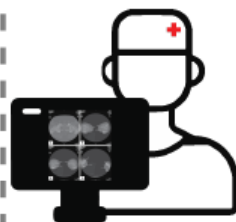
Sequence:  
CT1, CT2, CT4



## Pre-operative planning study

Participant 3

Sequence:  
CT2, CT3, CT5



vs.

Participant 4

Sequence:  
CT3, CT5, CT2



## Overall comparison

All Participants

All collected data



vs.

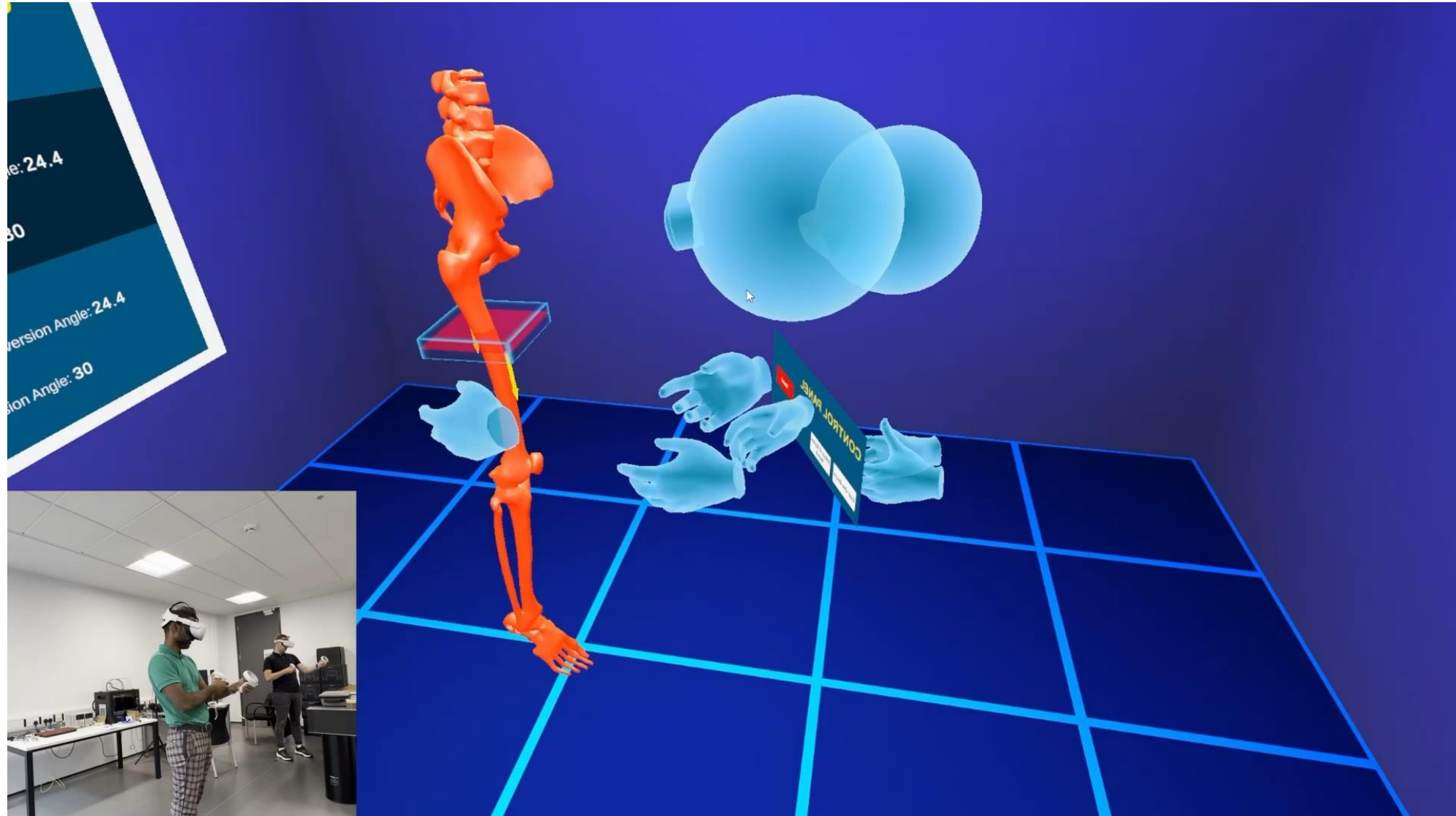
All Participants

All collected data

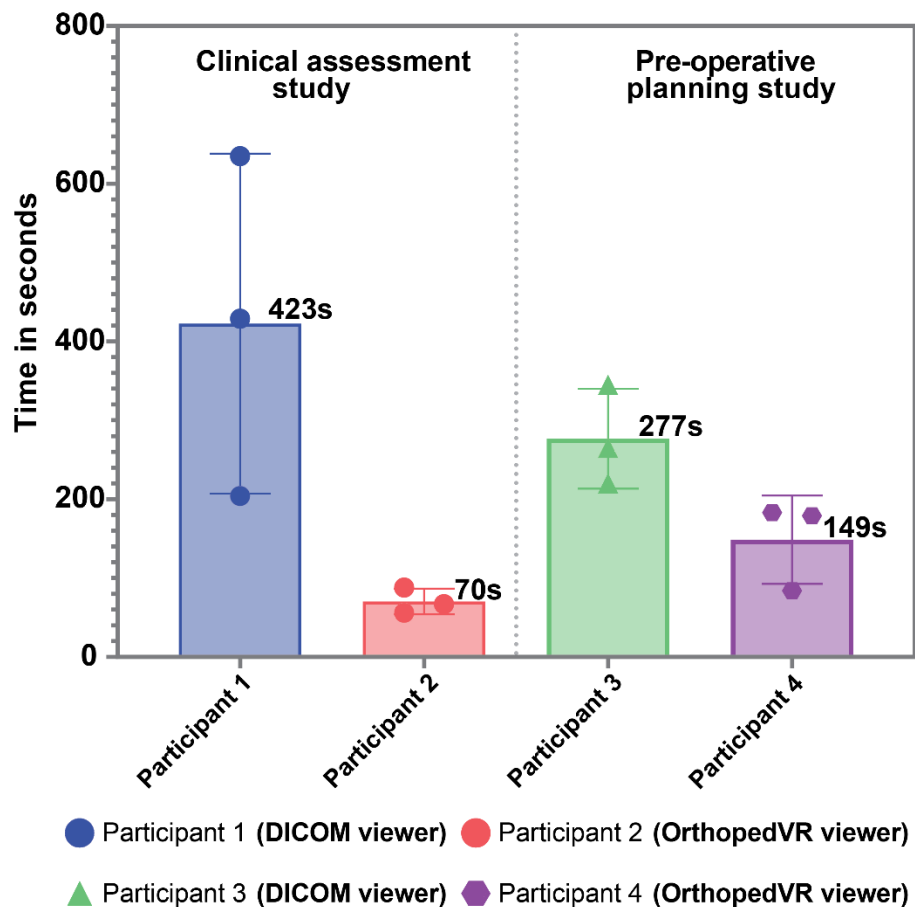


Hodnotící soubor jsme rozdělili do dvou skupin po dvou, což nám umožnilo vyvodit řadu závěrů navzdory omezené velikosti souboru a souboru dat. V klinických a předoperačních studiích jsme přímo porovnávali výkon respondentů používajících prohlížeč DICOM a OrthopedVR na třech případech. Všechna data získaná z testovacího sezení pak byla zahrnuta do celkového srovnání prohlížeče DICOM vs. OrthopedVR bez ohledu na typ studie. Všimněte si, že znázornění testovacích sekvencí neodpovídá přesnému pořadí, v jakém si respondenti prohlíželi jednotlivé případy; pořadí bylo pro každého účastníka náhodné.

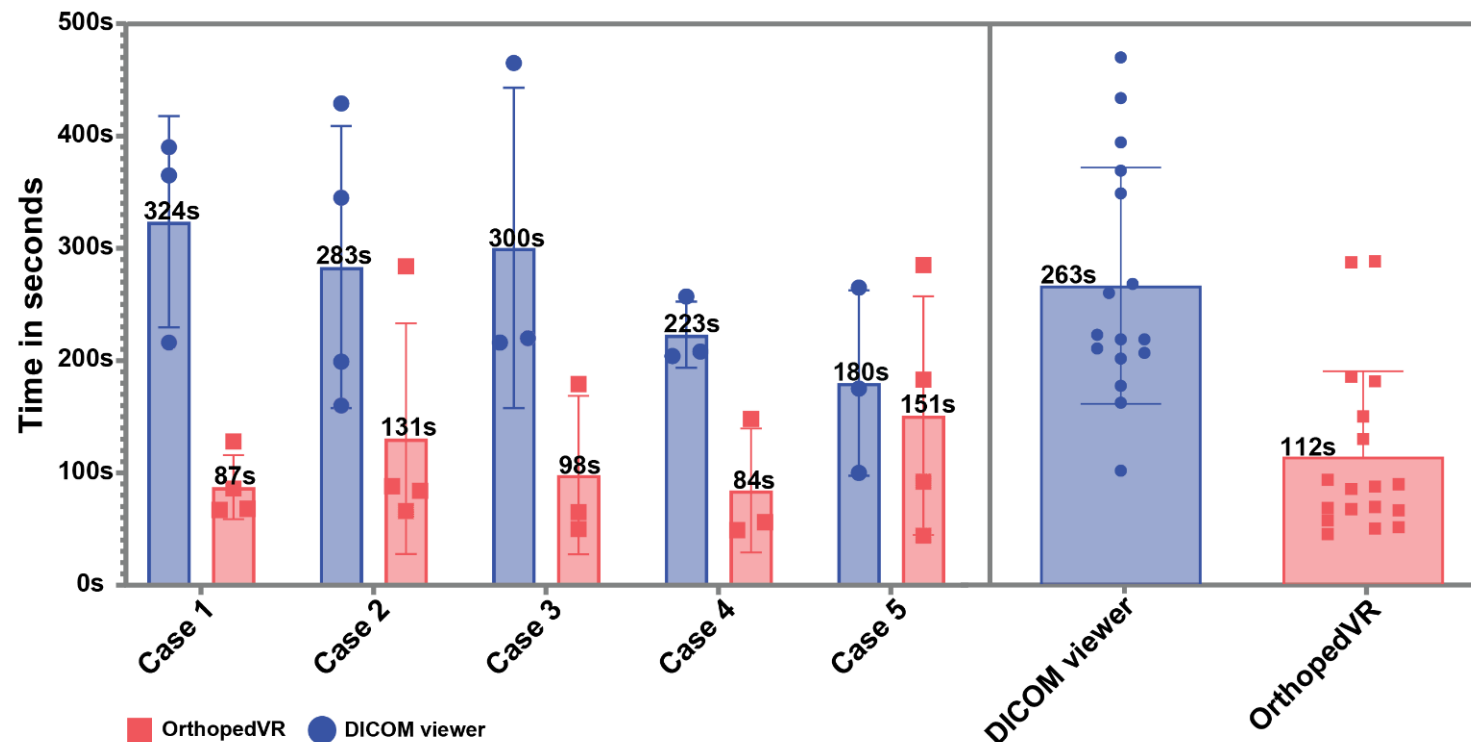
# OrthopedVR Simulace



# Výsledky



Údaje o výkonnosti jednotlivých účastníků při jejich seskupení podle metod. VR má ve všech případech zřetelnou výhodu.



Doba dokončení úlohy pro každý případ v prohlížeči DICOM vs. VR (vlevo) a souhrnné údaje o výkonu pro všechny datové sady (vpravo).

Testovali jsme rozdíl časů dokončení u všech účastníků a obou studijních skupin pro desktop-CT versus OrthopedVR pomocí neparametrického Mannova-Whitneyho U testu vzhledem k logaritmicke-normálnímu rozdělení, které uvádí Shapiro-Wilkův test. Mannův-Whitneyho test ukázal statistickou významnost rozdílů v časech dokončení úkolu (prohlížeč DICOM (Mdn=218s) vs OrthopedVR (Mdn=85s),  $U=30$ ,  $p=,0001$ ).





# Děkuji!

Zvláštní poděkování:

Ing. Raškovi, Prof. Froňkovi, Prof. Lischkemu, MUDr. Kolaříkovi, Bc. Bergmanovi, MUDr. Adlovi, MUDr. Cupalové, Dr. Módosovi a dalším