

ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

SPECT REKONSTRUKCIÓS ALGORITMUSOK

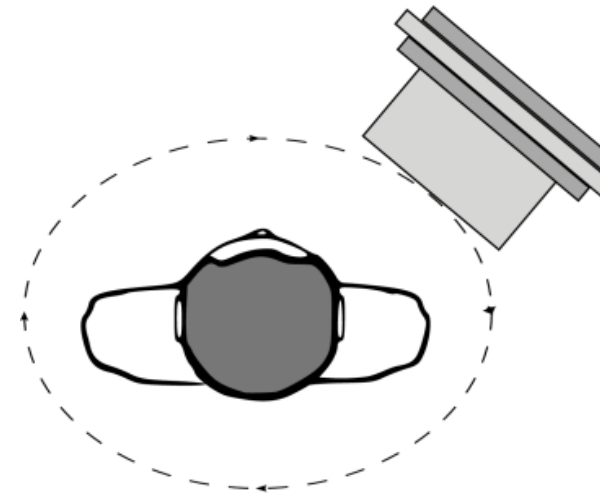
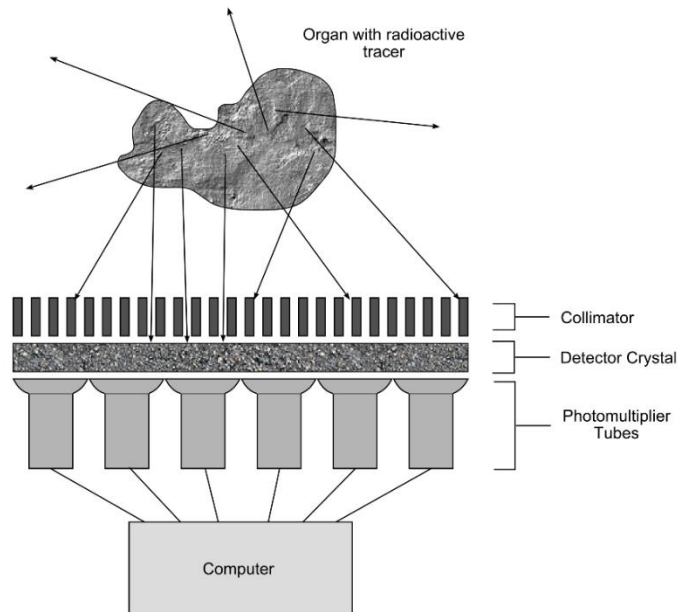
Orvosi képalkotás és képfeldolgozás

Medical Imaging

- **Nuclear imaging**
 - Growing importance in medical treatment
- **Technological improvements:**
 - SPECT, PET, MRI, CT...
 - High Performance Computing
 - Parallel computation
 - GPU
- **Multimodal imaging**
 - PET/CT, SPECT/CT, SPECT/MRI, PET/SPECT/CT
 - Opportunities for image quality enhancement



SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography

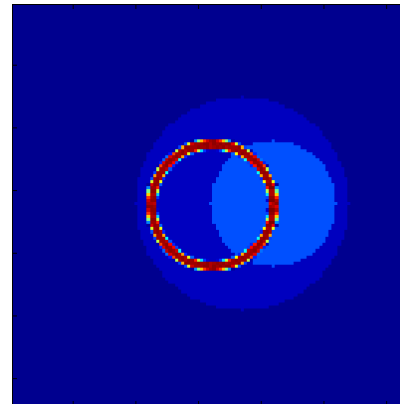
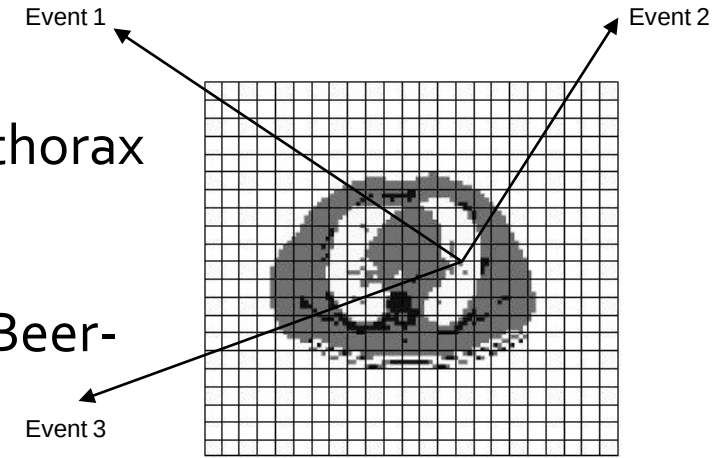


Effect of gamma photon attenuation

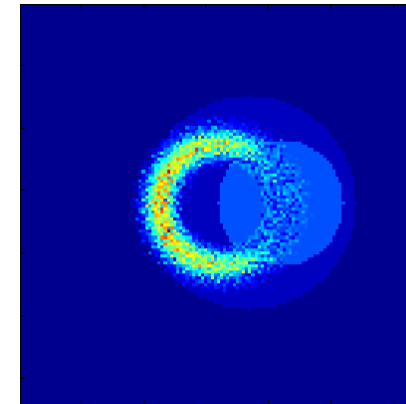
- **Non-homogenous attenuating medium, e.g.: thorax**
- Detecting less events in different directions
- Attenuation can be calculated according to the Beer-Lambert formula:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

- Result: **distortion effects in the reconstructed image**



Reference



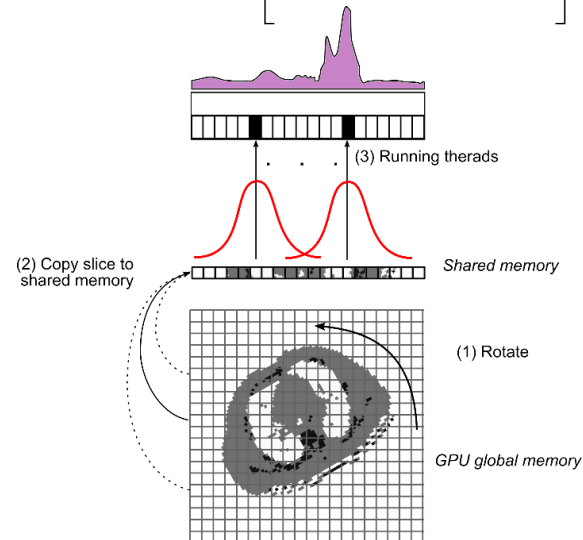
Reconstructed

Fast GPU based implementation

- **CPU based 3D-MLEM** reconstruction with correction for DDSR and attenuation in the forward projection is **computationally intensive**:
1 iteration c.a. 30 min, (Core2Duo) in case of 128^3 discretization
- GPU: Single Instruction Multiple Data (SIMD)
- Reorganizing the algorithm to **data collecting**

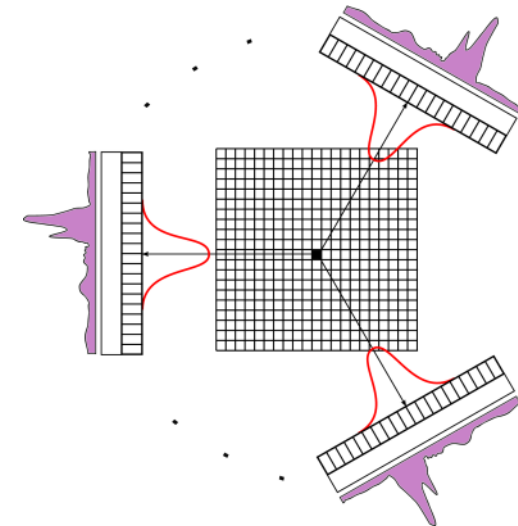
Forward projection: one thread processes one detector pixel

$$p(i) = \sum_{n=1}^J G(n, \Theta, s) * \left[f_n^k \cdot a(n, \Theta, s) \cdot e^{-\sum_{h \in N} c_{ih} \cdot \mu_h} \right]$$

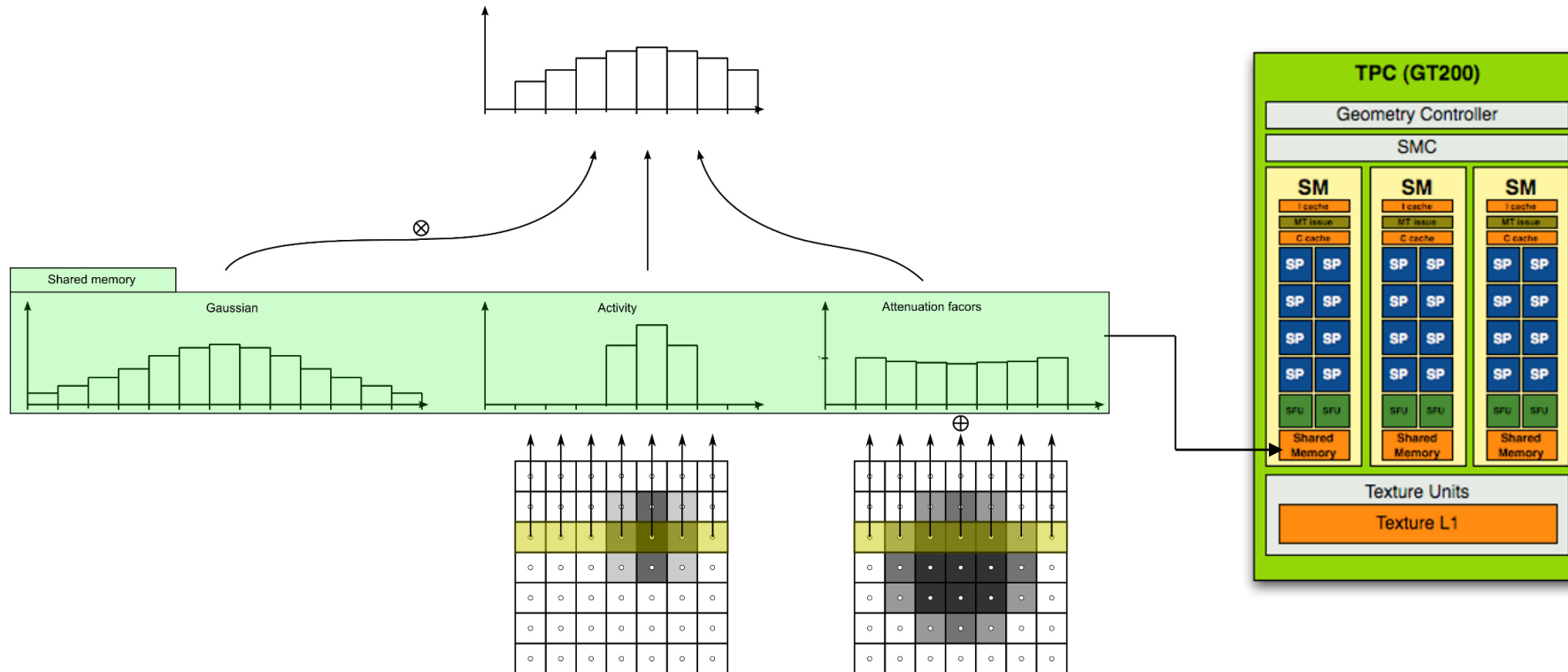


Backward projection: one thread processes one reconstructed voxel

$$v(i) = \sum_{j=1}^I G(j, \Theta, s) * \left[\frac{b_i}{p(i)} \cdot a(j, \Theta, s) \cdot e^{-\sum_{h \in N_{ij}} c_{in} \cdot \mu_h} \right]$$



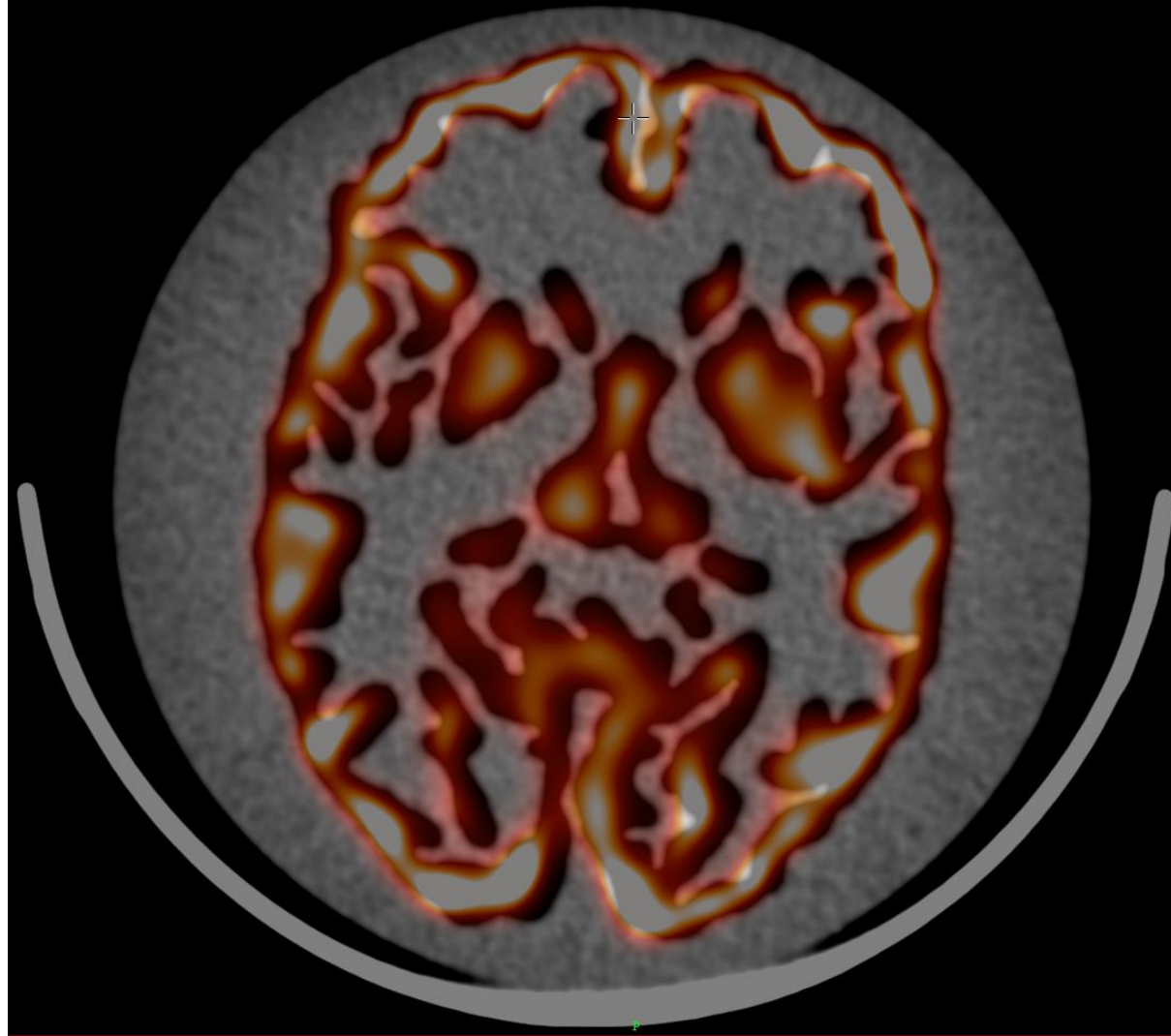
Efficient use of the GPU hardware



Running time: **205 seconds (~3.5 minutes)**

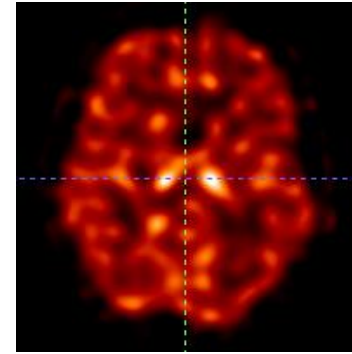
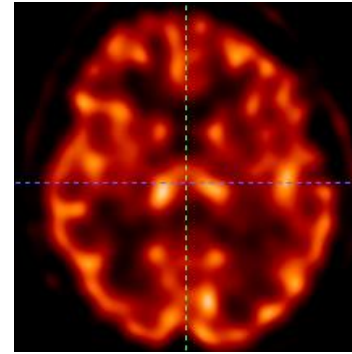
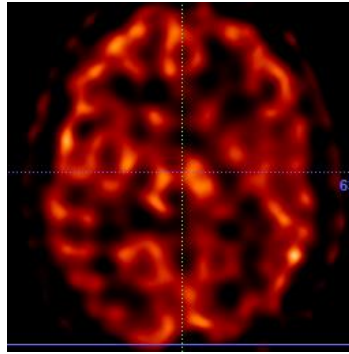
In case of 64 x 128x128 projection images, 128³ reconstruction volume
25 OSEM iterations with 4 subsets, running on an nVidia GTX480 GPU

Single slice Hoffman brain phantom study

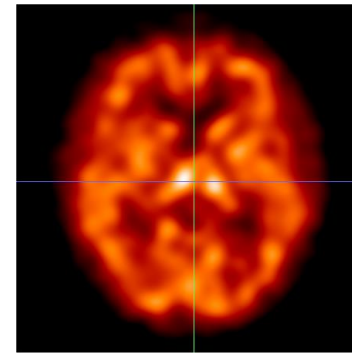
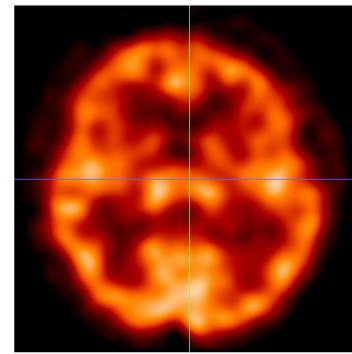
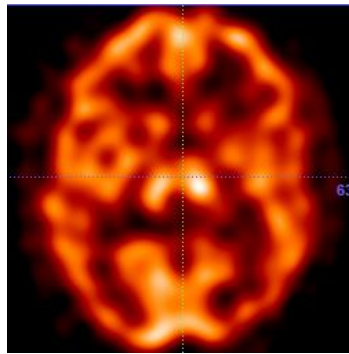


Retrospective human brain SPECT studies

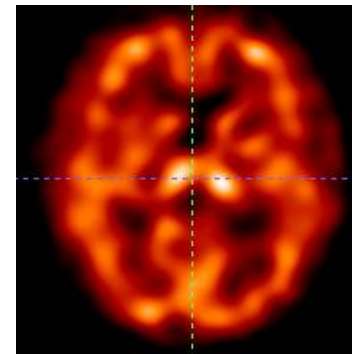
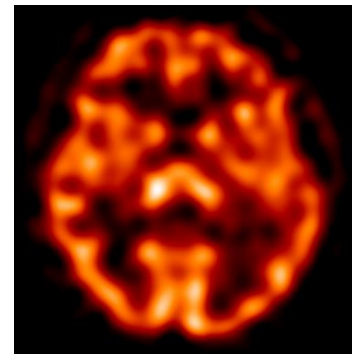
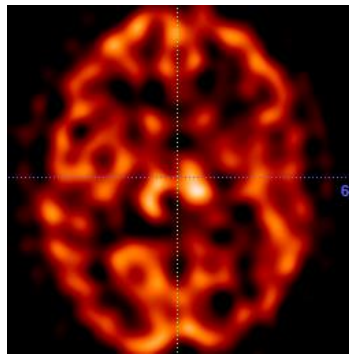
3D-OSEM



FBP



FBP + MTF⁻¹



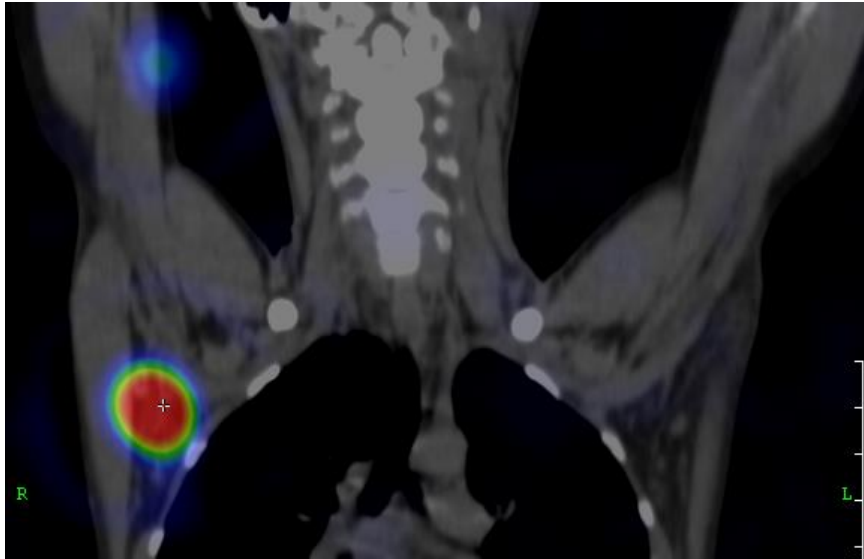
Dedicated brain SPECT
camera (X-Ring/4R)
with UHR collimator

Dedicated brain SPECT
camera (X-Ring/4R)
with HR collimator

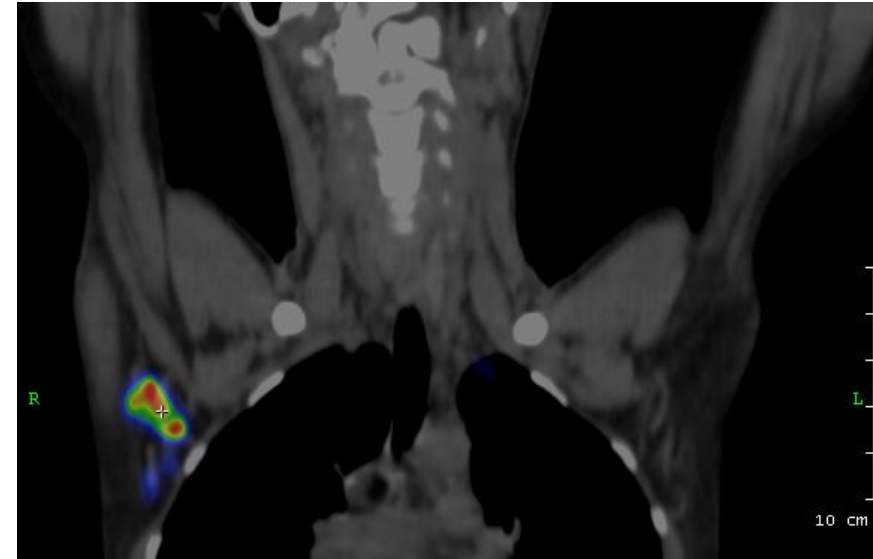
AnyScan SC SPECT/CT
with HR collimator

AnyScan® SPECT/CT LEHR

Sentinel study



2D-OSEM reconstruction



3D-OSEM reconstruction

Related research projects

- TERATOMO - Development of a teraflop capacity image reconstruction system for various medical tomography devices used for diagnosis (grant id: Teratomo/TECH_o8_A2)
- PETCT - Development of multimodality imaging system for serial production dedicated to biomedical research and human diagnostic imaging (grant id: PETCT_o6/NKFPo6A1-PETCT_o6)
- PETMRI7T – Development of a multimodal PET/MRI imaging device (grant id: 1/2014-VKSZ_14)

LEHETSÉGES FELADATOK

SPECT rekonstrukciós algoritmusok

SPECT

4D SPECT képképzés során alkalmazható képrekonstrukciós módszer fejlesztése:

- Haemodinamikai paraméterek meghatározása **szívről készült SPECT** felvételek alapján
- Előre definiált geometriájú **matematikai fantom GATE szimulációjának** előállítása, a kimeneti adatok (általában ASCII file) feldolgozása
- Időben változó, **4D SPECT képképző működésének GATE szimulációja**, a felvétel időbeli változásának vizualizációja
- **Szakértői adatbázis** építése különböző SPECT alapú diagnosztikai feladatokhoz
- **Minőségbiztosítási algoritmusok** a rekonstrukció minőségének mérésére

Kapcsolat: Szlávecz Ákos, szlavecz@iit.bme.hu, Benyó Balázs, bbenyo@iit.bme.hu

Külső partner: SE Orvosi Képképző Központ, Nukleáris Medicina Tanszék (Kári Béla)

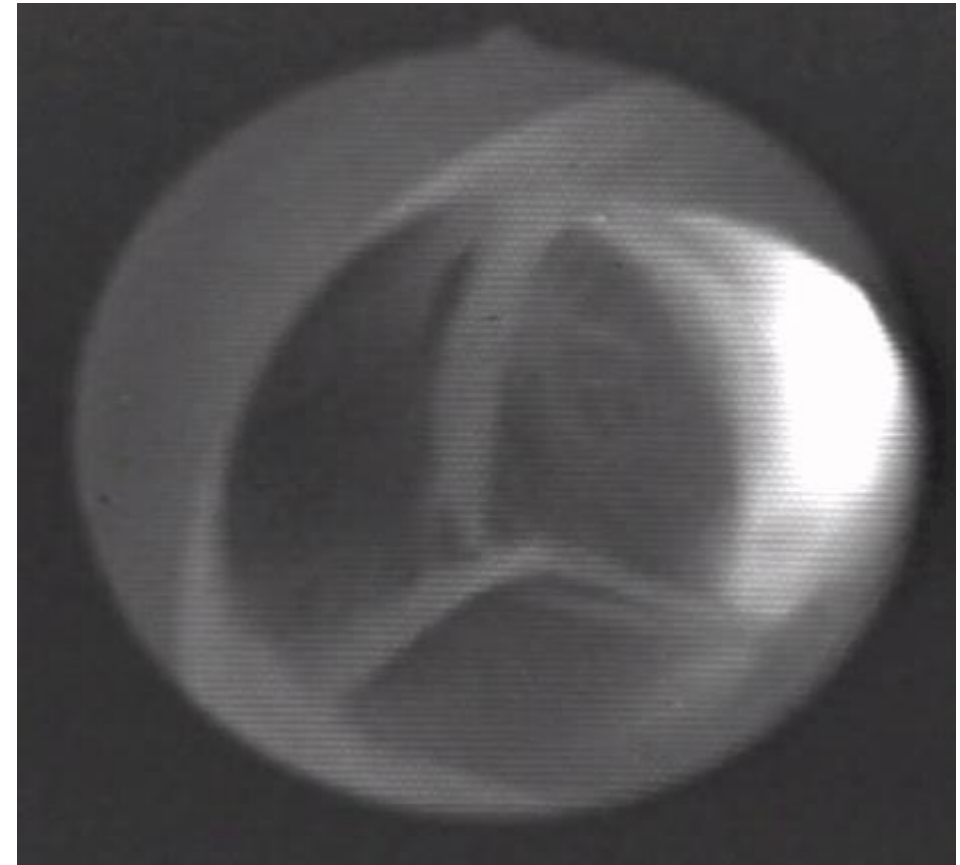
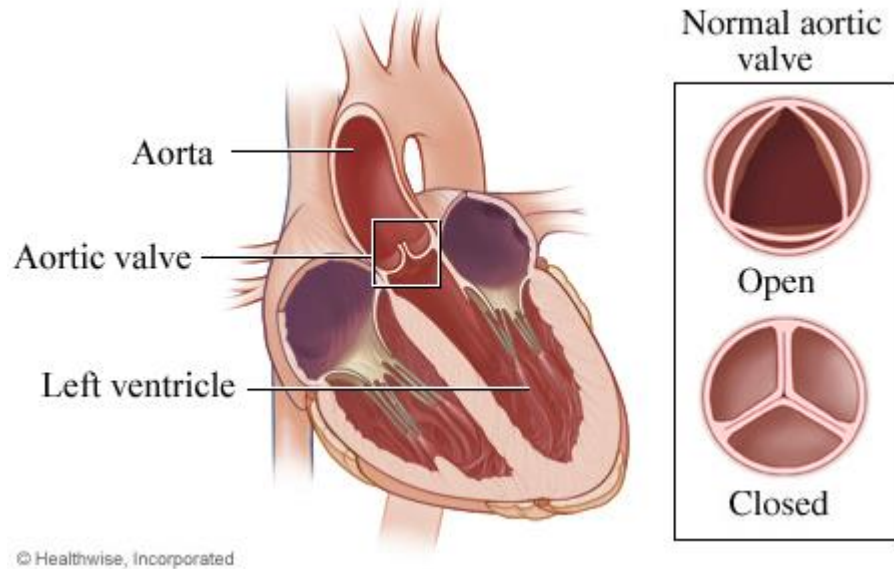
ORVOSI KÉPFELDOLGOZÁS

Orvosi képalkotás és képfeldolgozás

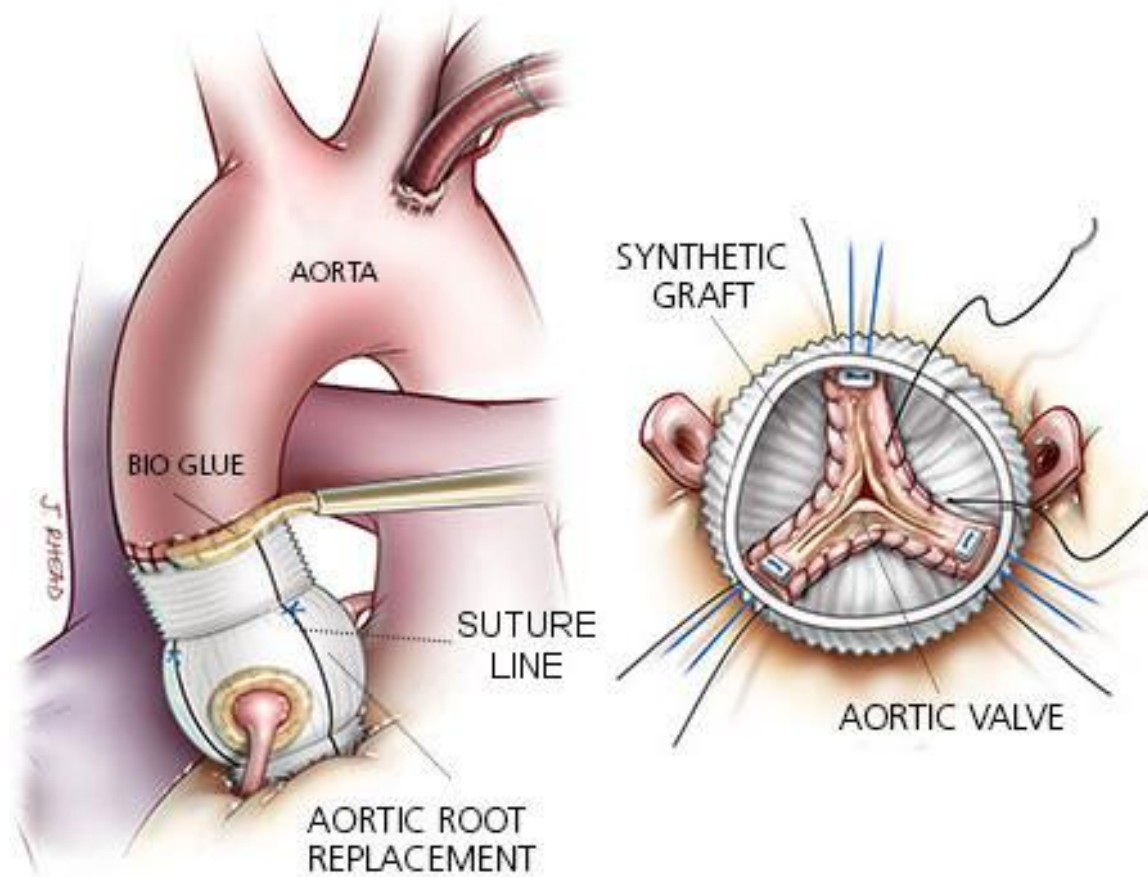
ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

AORTA BILLENTYŰ MODELLEZÉSE

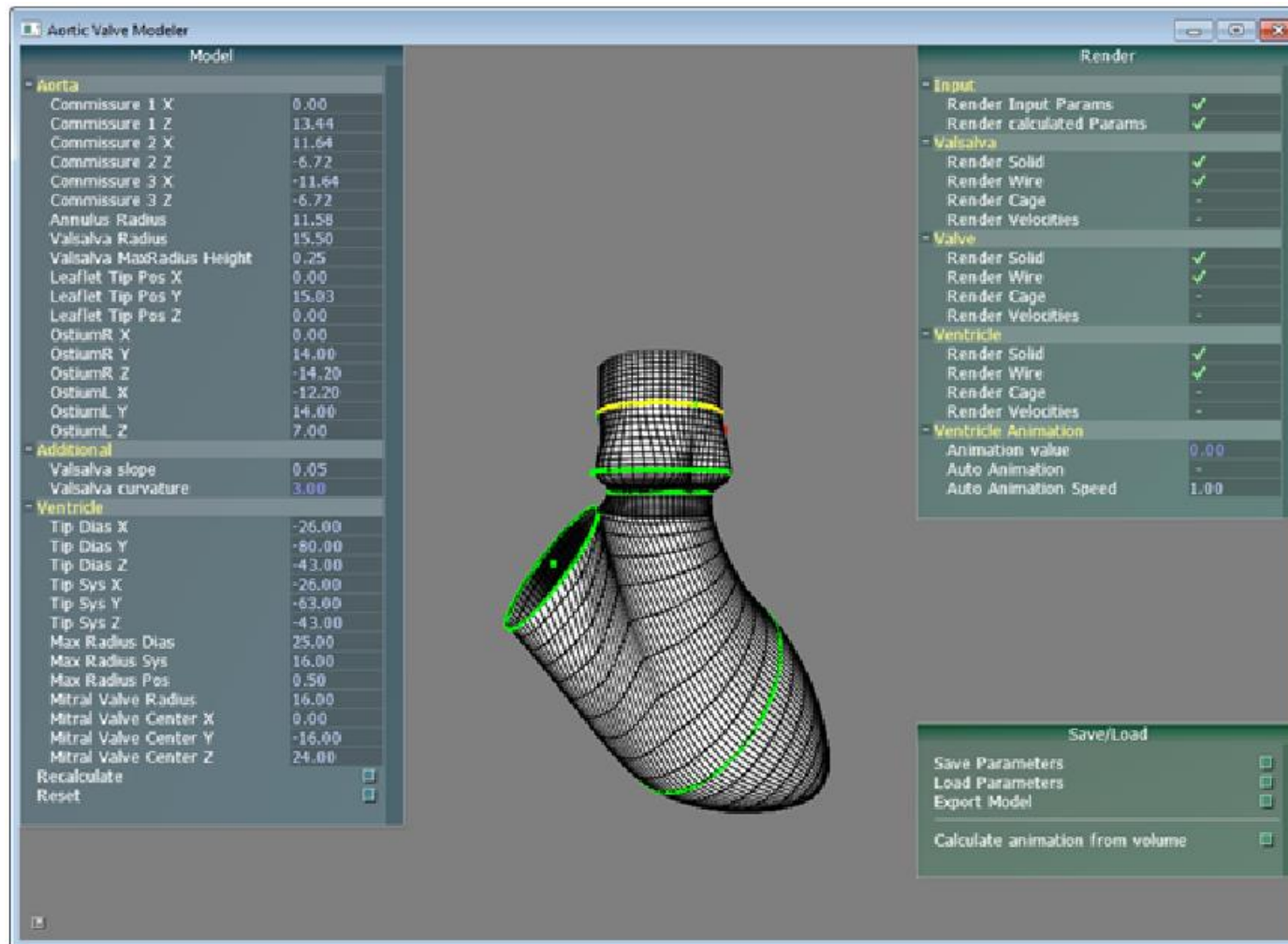
Aorta billentyű



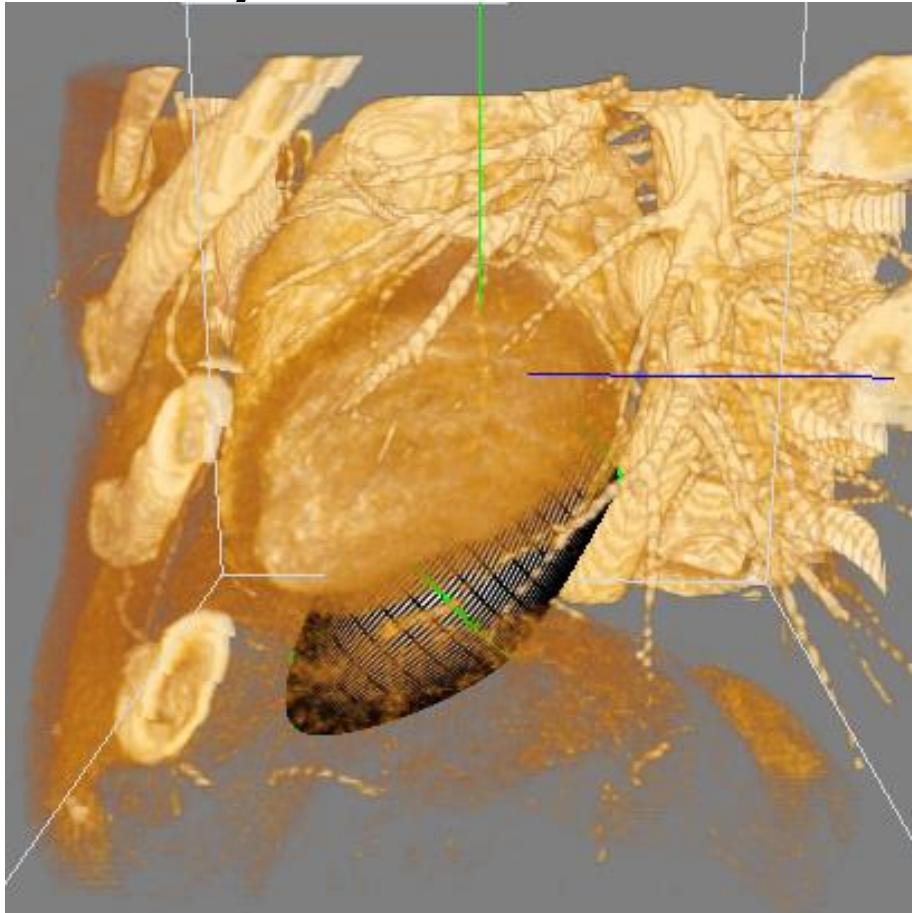
Aorta billentyű megtaró műtét



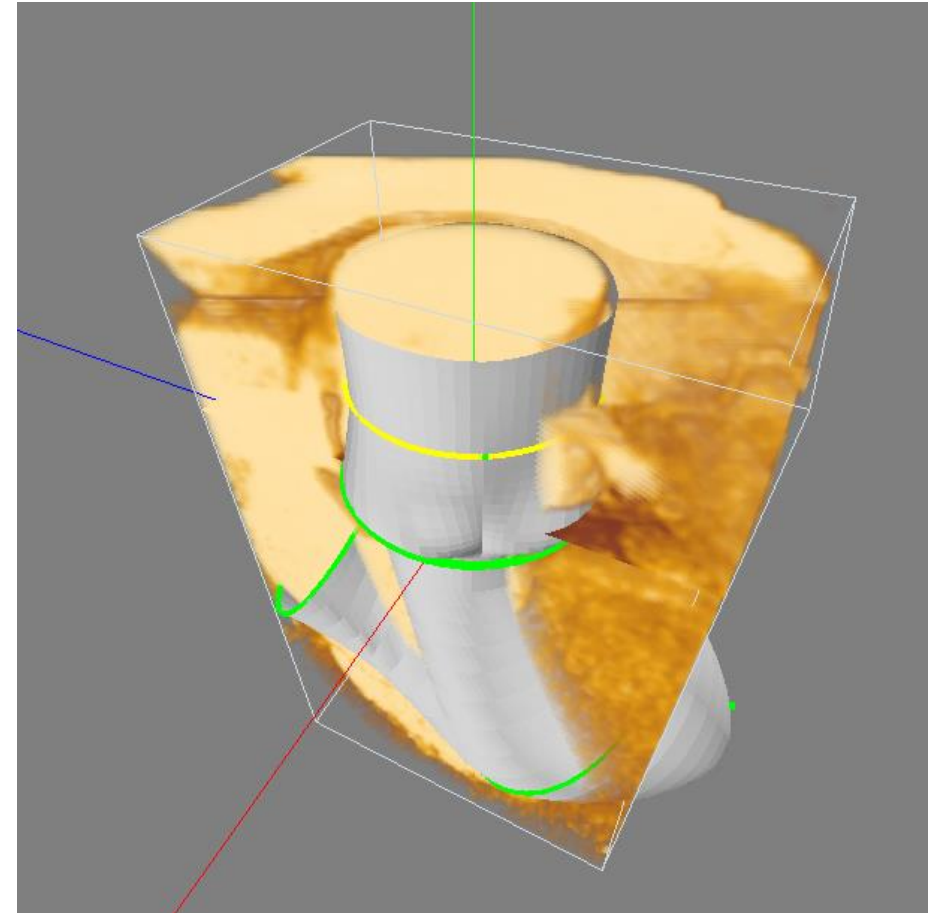
Aorta billentyű modellező környezet



Regisztráció az aorta billentyű modellező környezetben

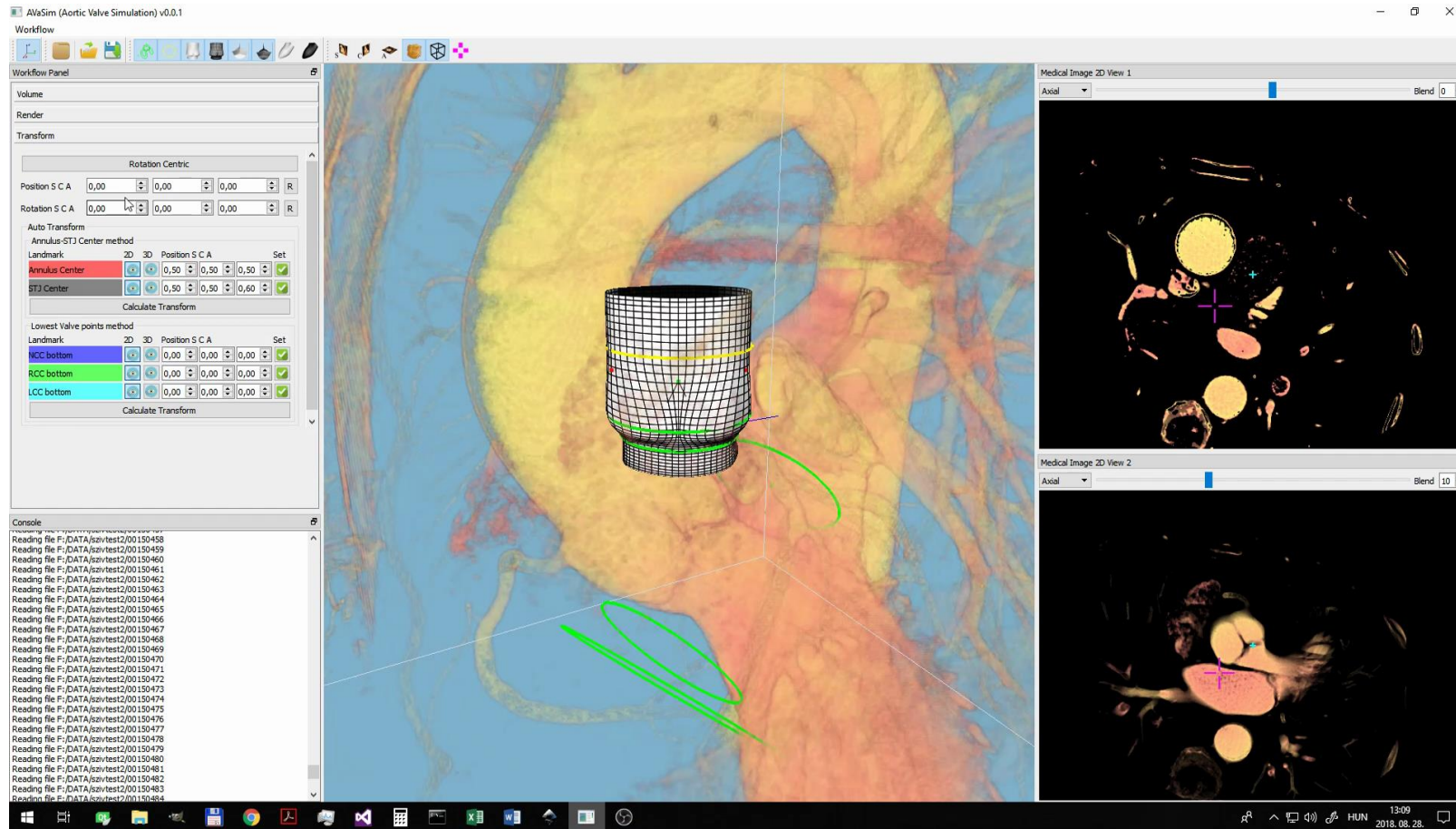


Unregistered

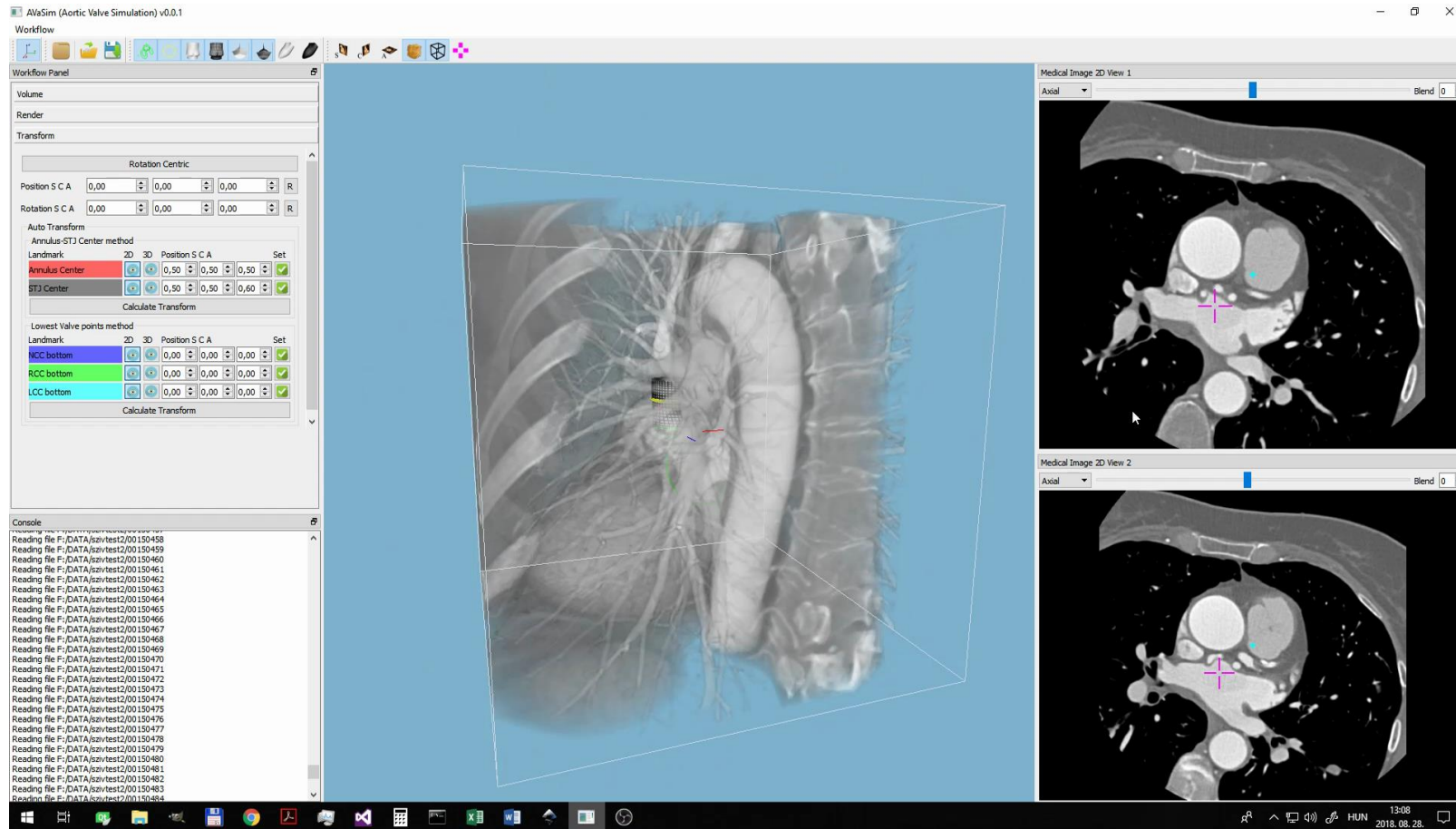


Registered and set

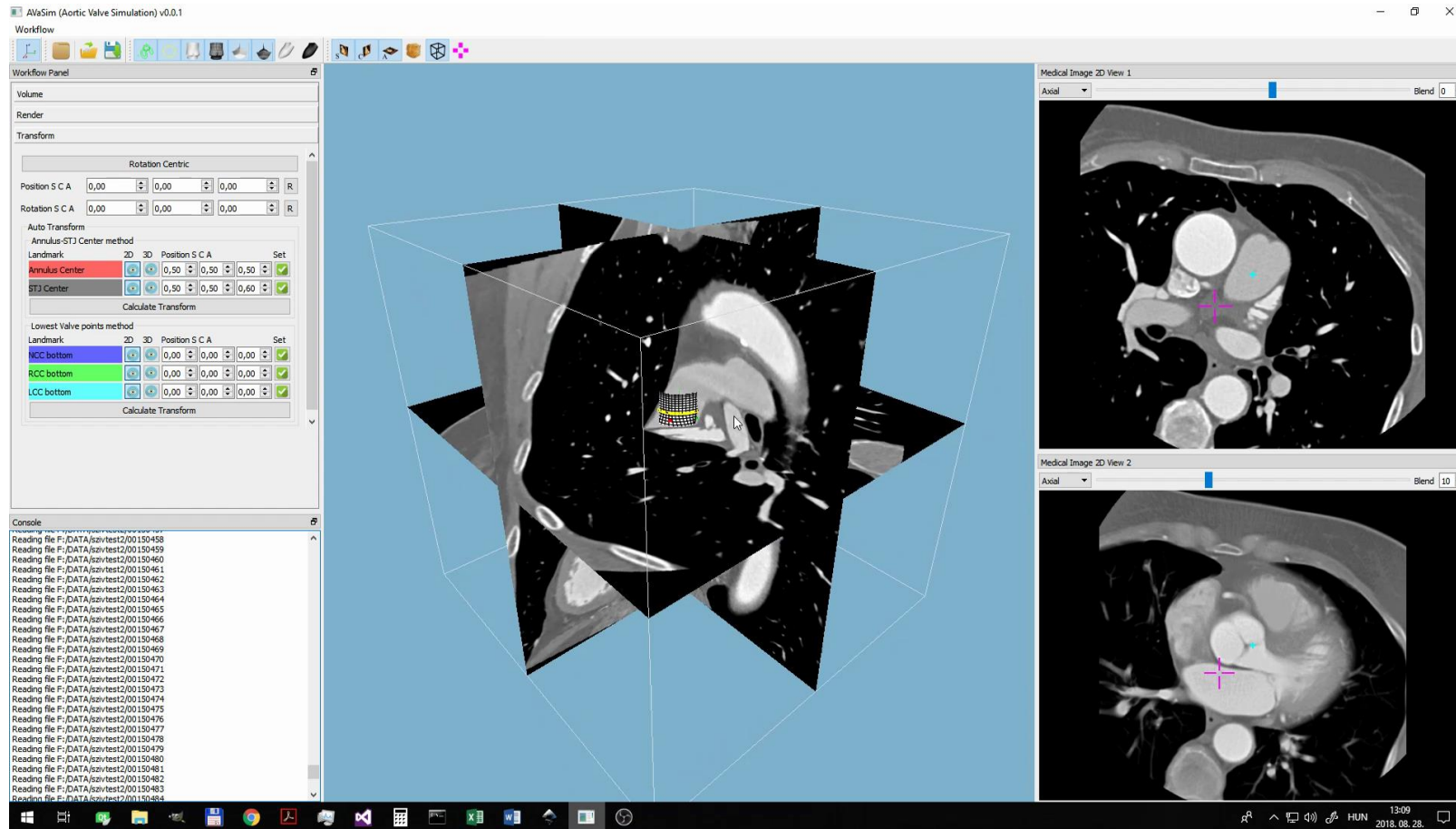
Aorta billentyű modellező környezet



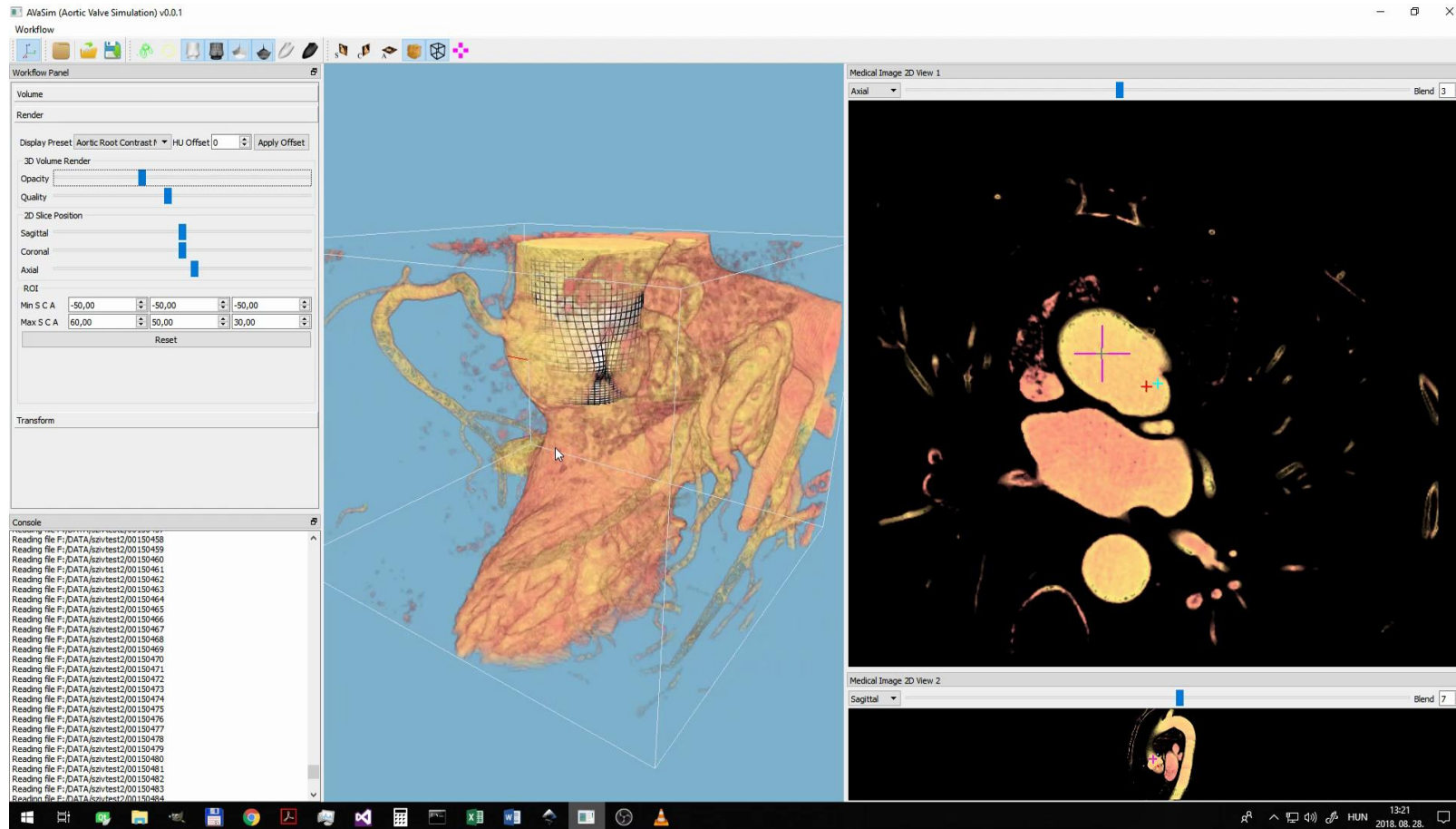
Aorta billentyű modellező környezet



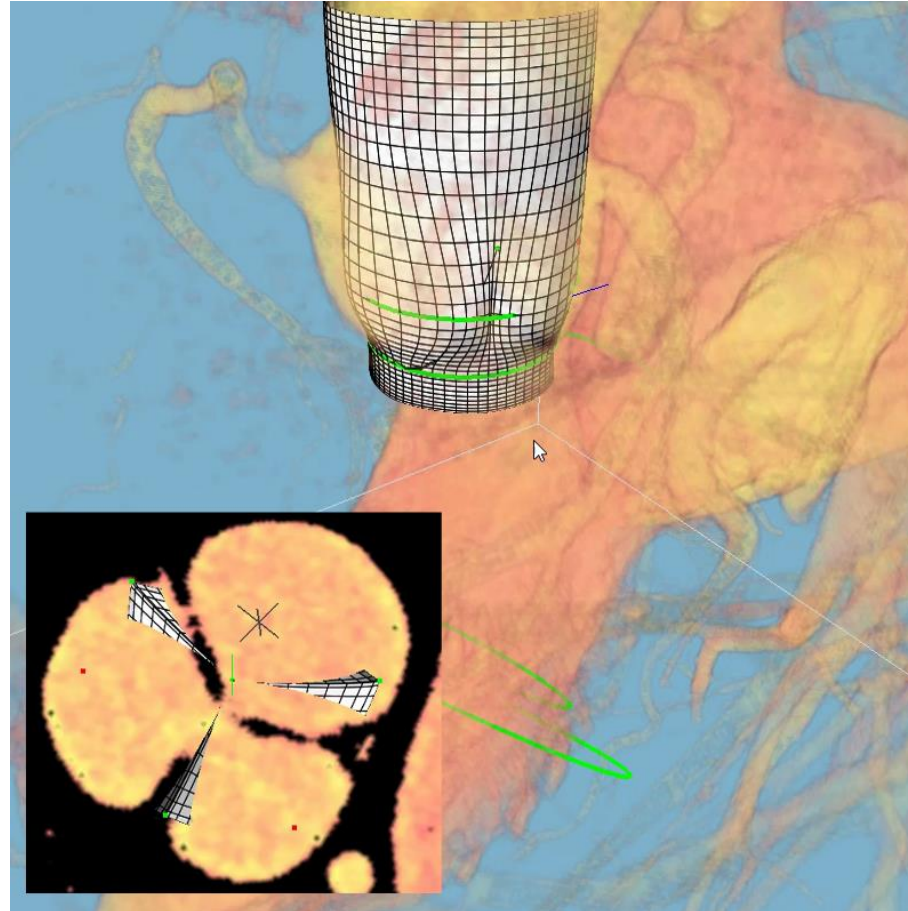
Aorta billentyű modellező környezet



Aorta billentyű modellező környezet



Aorta billentyű modellező környezet



ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

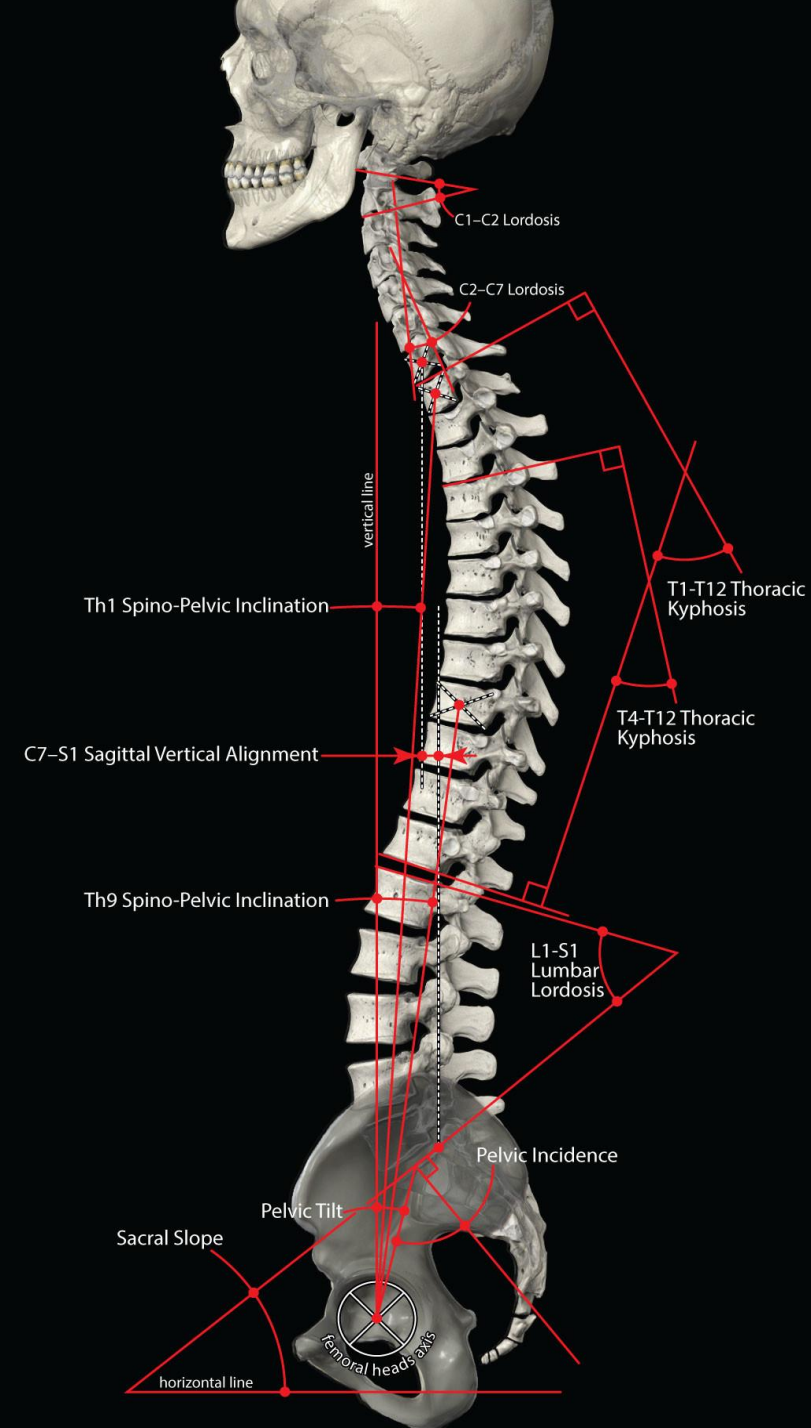
GERINCCSIGOLYA MODELLEZÉSE

Motiváció

- Orvosdiagnosztikai céllal a gerinccsigolya számos geometriai paraméterét használják
- Komplex paraméterek meghatározása
 - Felület, térfogat számítás
 - Összehasonlító elemzés
- Ko-regisztráció CT vagy MRI felvétellel
- Egyszerű modell definíció
- Automatikus távolság és szögszámítás

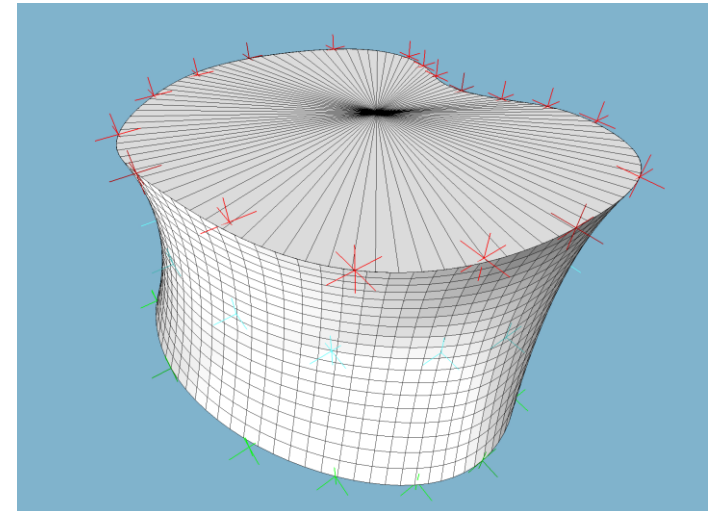
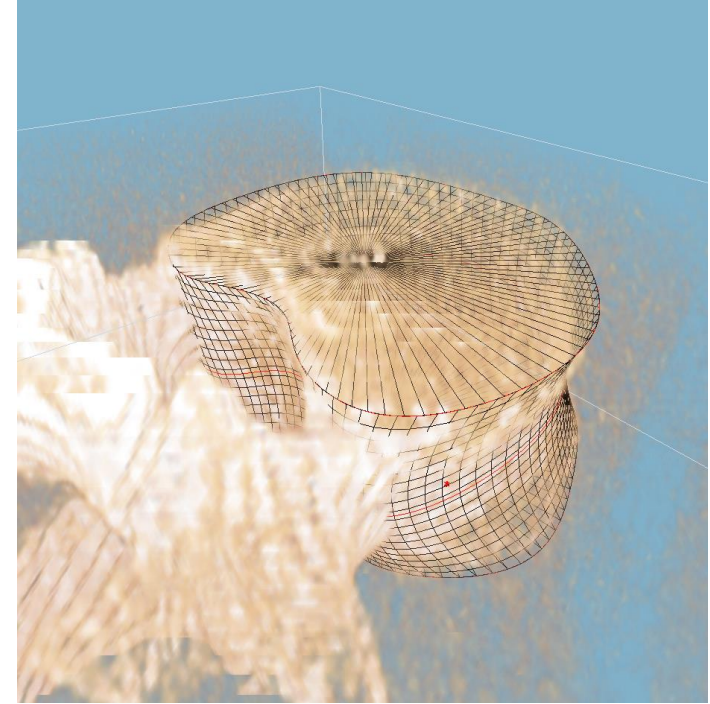
Diagnosztikában általánosan használt anatómiai távolságok és szögek a gerincen

(Az eredeti képet az Anatomy Standard készítette, mely CC BY-NC 4.0 licence alatt terjeszthető.)



Cél: geometriai modell

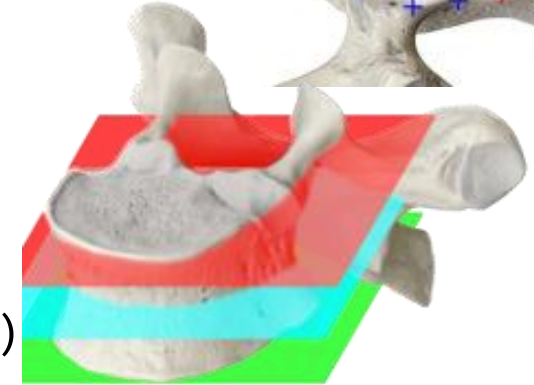
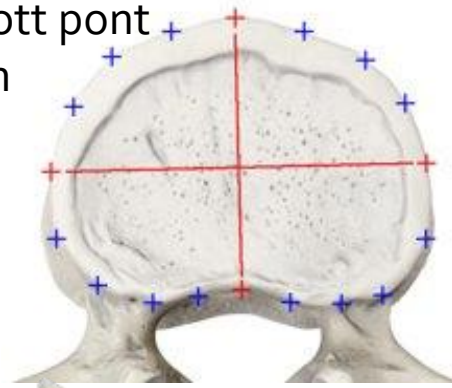
- Paraméterezhető geometriai leírás
- Személyre szabható:
 - Modellparaméterek, anatómiai pontok megadásával
- Egyszerű illesztés módszere
- Univerzális: minden csigolya esetén alkalmazható



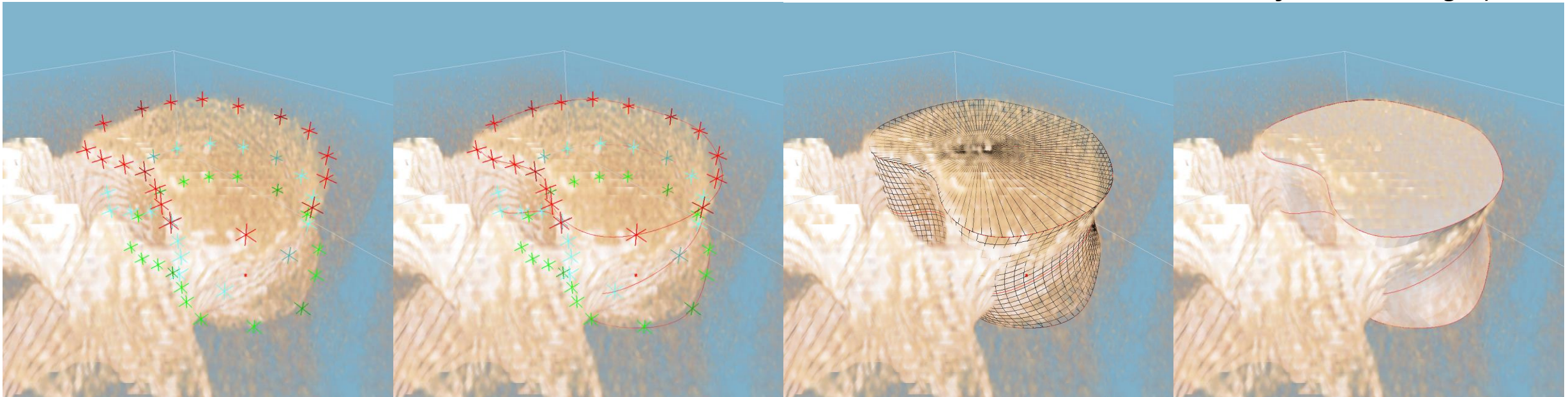
Geometriai modell összeállítása

1. Anatómiai pontok kijelölése a csigolyatesten
2. B-spline görbe illesztése
3. Kvadratikus görbe illesztése a csigolyatest oldalára
4. Háló illesztése a pontok mintavételezésével (megjelenítés érdekében)

18 meghatározott pont
a csigolyatesten



3 kijelölt sík a csigolyatesten

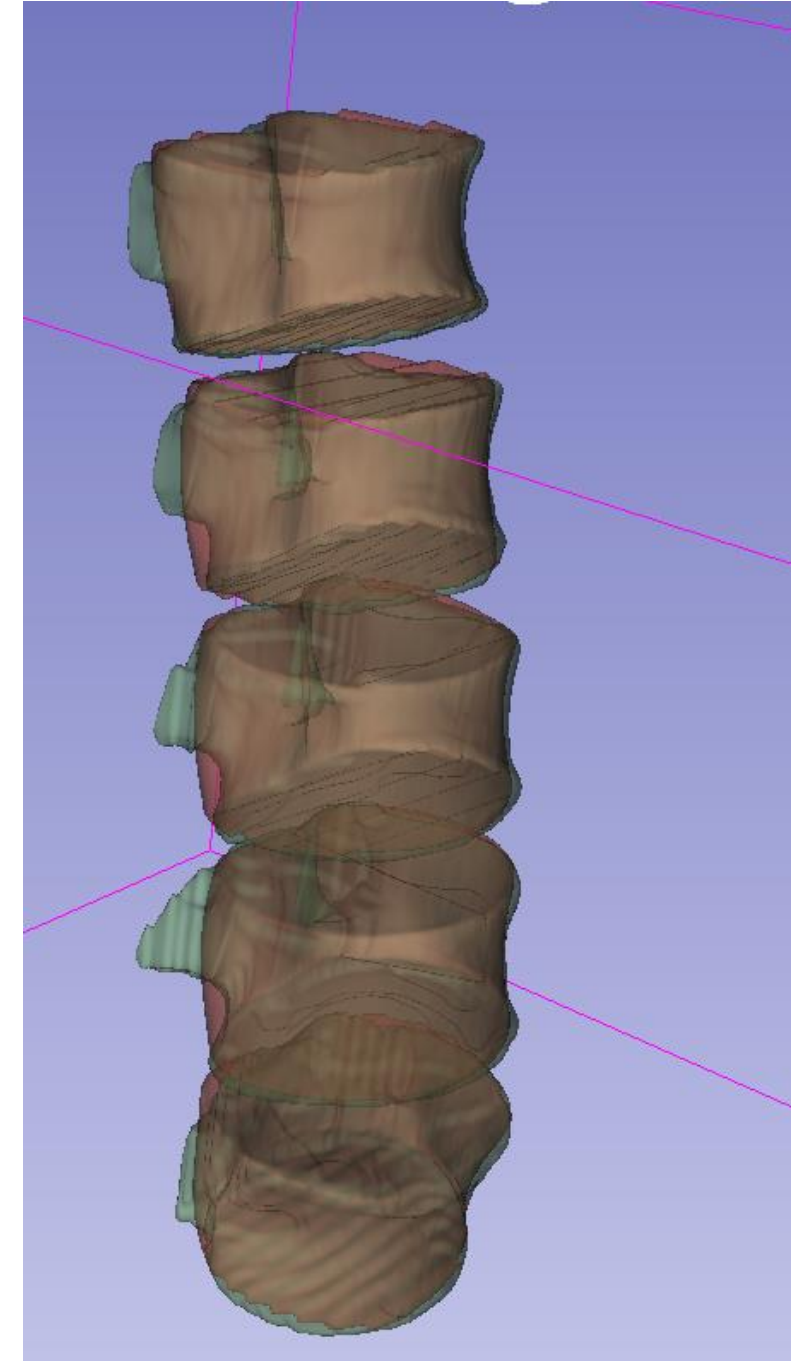


Modellillesztés folyamata

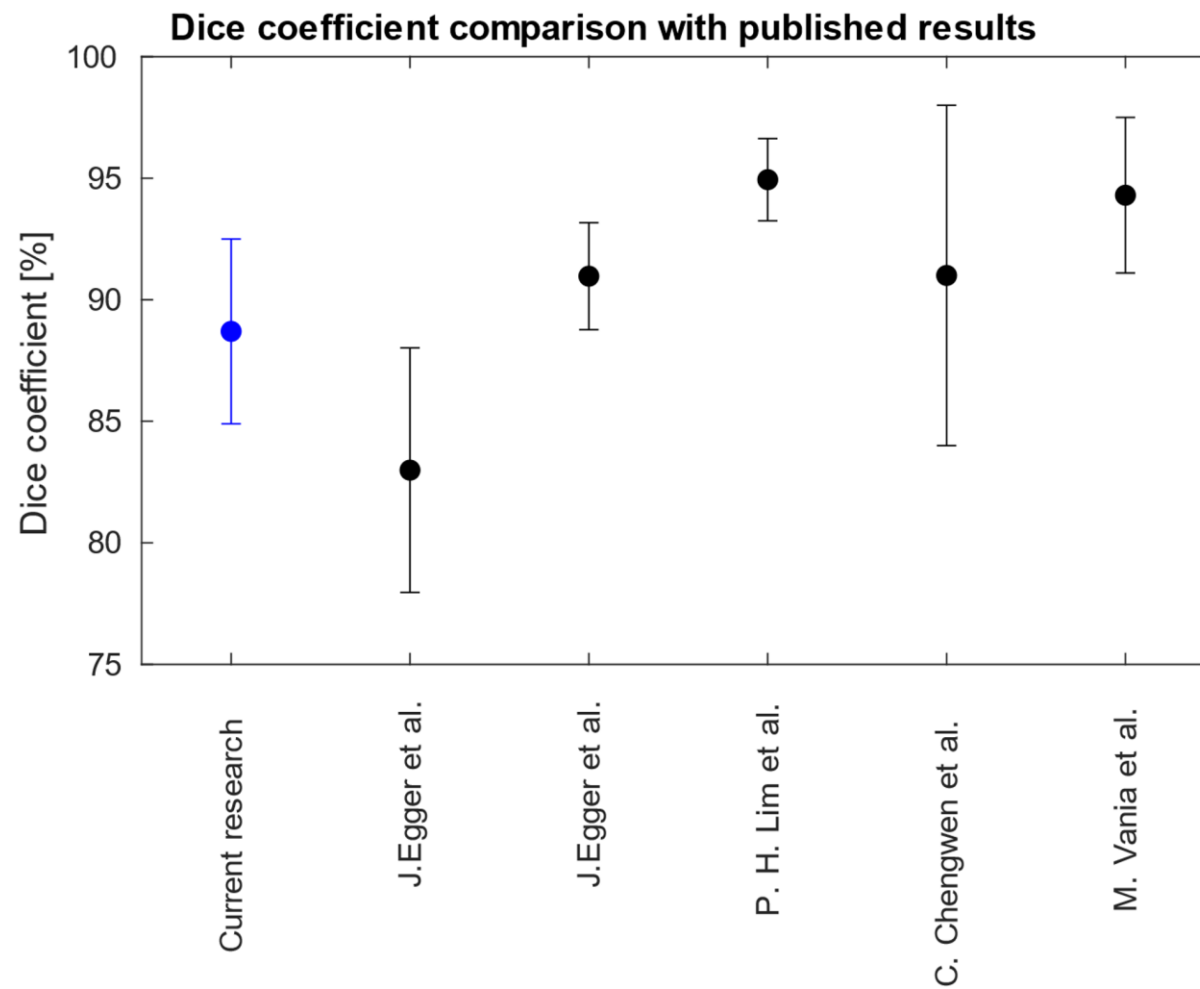
(Az eredeti képeket az Anatomy Standard készítette, melyek CC BY-NC 4.0 licence alatt terjeszthetők.)

Verifikációs eredmények

- Hausdorff (95%): $2,80 \pm 0,69$ mm
- Dice: $88,7 \pm 3,8\%$
- Hiba forrásai:
 - Referenciában teljes csigolya, modellezve csak a csigolyatest
 - Nehéz a csigolyatest határának meghatározása
 - Levágás egyenes síkkal történt
 - Finom részletek elvesztése a limitált számú anatómiai pont kijelölése következtében
 - Zárólemez nem tökéletes sík
 - Anatómiai pontok kijelölésének pontatlansága

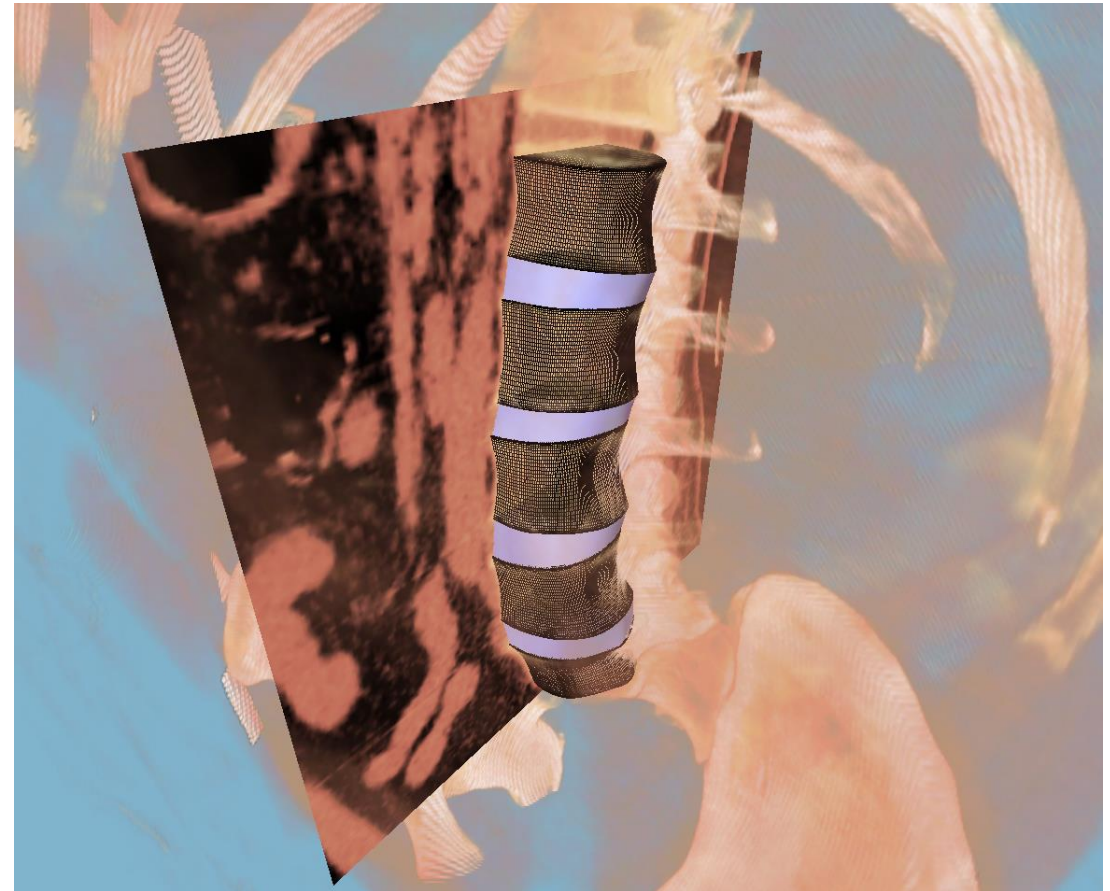


Dice együttható összehasonlítása a publikált eredményekkel



Összefoglalás

- Geometriai modell kidolgozása
- Illesztési algoritmus
- Módszerek az optimális modell létrehozásához
- Validáció
- Klinikai kutatásokban történő használat demonstrálása
- Keretrendszer a klinikai használatához



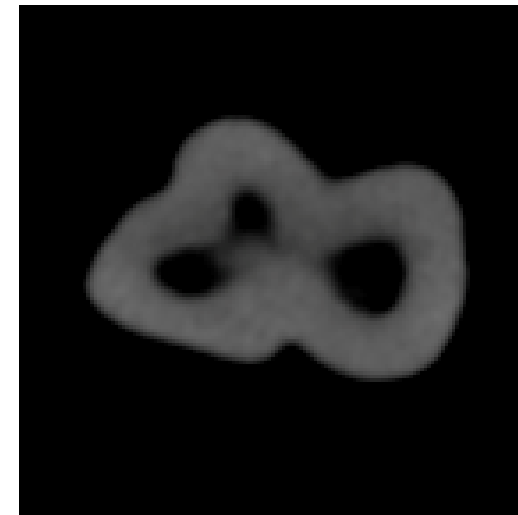
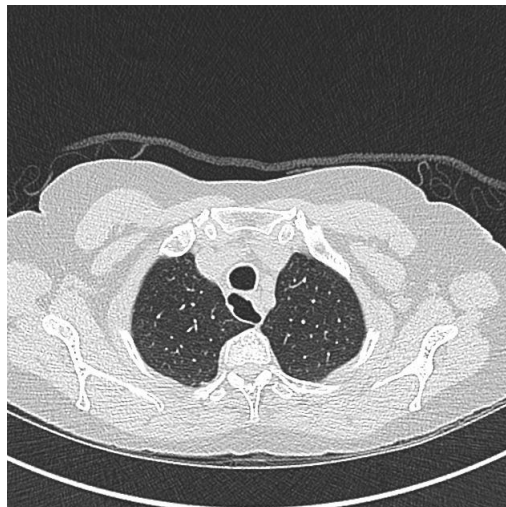
Ágyéki gerinc modellje

ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

Mesterséges intelligencia módszerek –
Konvolúciós neurális hálózatok

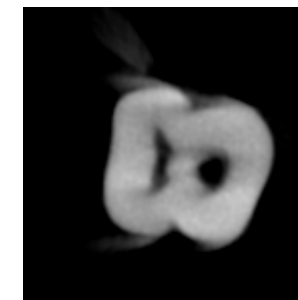
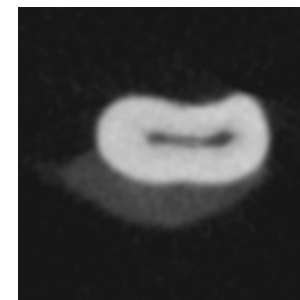
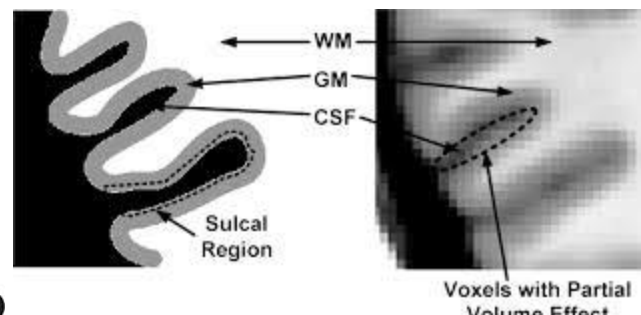
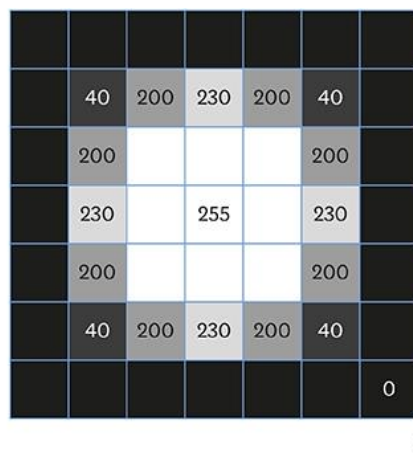
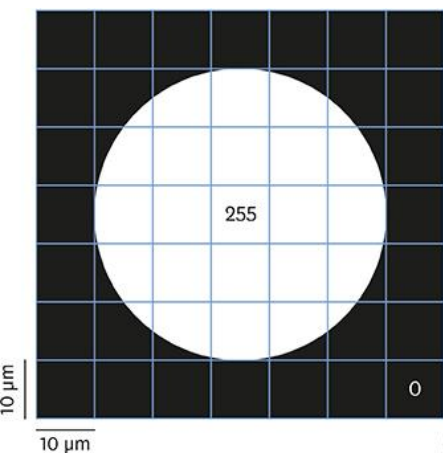
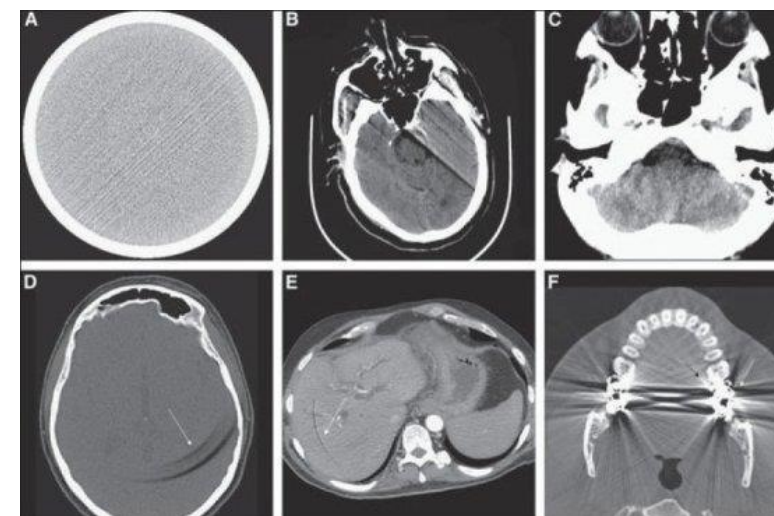
Bevezetés

- Cél: foggyökér csatorna szegmentálása CT képek alapján
 - Csöves szerkezetű, elágazásokat tartalmazó, fiziológiai struktúrák
- Konvolúciós hálózat alapú megoldás
 - Az alkalmazott költségfüggvény szerepe meghatározó
- Speciális terület, különleges követelmények



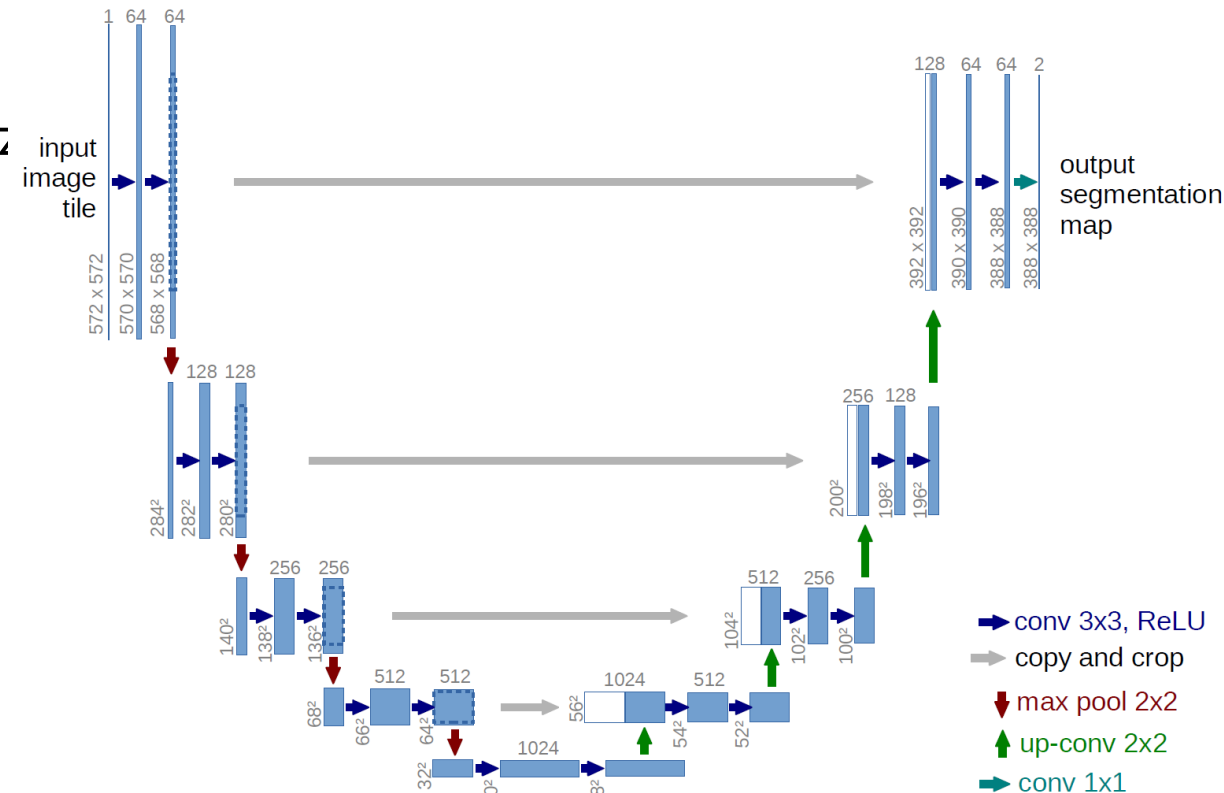
Kihívások

- Képkotási artifaktok hatásának kiküszöbölése
- Korlátozottan rendelkezésre álló tanítóadat
- Legyen robosztus a partial volume effect hatásaira



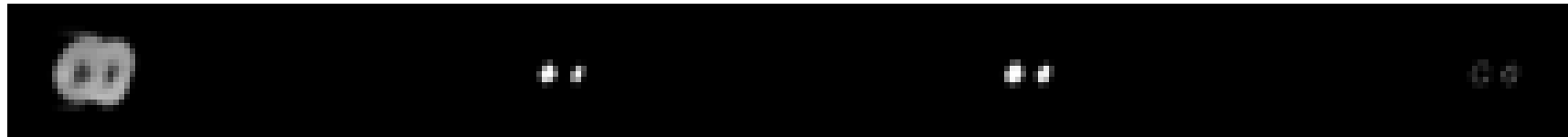
Egy lehetséges megoldás: Unet

- Mély, teljesen konvolúciós, encoder-decoder típusú hálózat
- 2015 óta számos alkalmazási terület
- Működés: leskálázás-felskálázás
- Kifejezetten orvosi képfeldolgozásra tervezve
- Előny: Kis tanítóhalmaz esetén is eredményes tanítás



Eredmények

- A különböző költségfüggvények alkalmazhatónak bizonyultak a kísérlet során
- Az általunk ajánlott, súlyozott költségfüggvények jól teljesítettek
- Az ajánlott metrika használható az eredmények kiértékelésére
 - A partial volume effect által okozott hibát nem veszi figyelembe



Metric Name	Dice Loss	Tversky	BCE	Focal	WH Tversky	WH Focal
Tversky	0.6704	0.7381	0.6740	0.5205	0.7384	0.5284
Generalized Dice	0.7377	0.7801	0.7164	0.5928	0.7813	0.6008
True Positive	0.9842	0.9417	0.9848	0.9943	0.9428	0.9945
True Negative	0.9994	0.9996	0.9995	0.9993	0.9996	0.9993
Binary Dice	0.9917	0.9697	0.9920	0.9967	0.9703	0.9968
Jaccard	0.9836	0.9413	0.9843	0.9936	0.9424	0.9938

LEHETSÉGES FELADATOK

Orvosi képfeldolgozás

Orvosi képfeldolgozás

- Mesterséges intelligencia alapú módszerek máj és vese szegmentációra
- Csonthiány felismerése és 3D modellezése mesterséges intelligencia módszerek segítségével
- Hagyományos és mesterséges intelligencia módszerek kombinálása konkrét diagnosztikai feladatok esetén

Kapcsolat: Szlávecz Ákos, szlavecz@iit.bme.hu, Benyó Balázs, bbenyo@iit.bme.hu



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Benyó Balázs

bbenyo@iit.bme.hu

