

Kiválósági ösztöndíjjal támogatott kutatások az Építőmérnöki Karon c. előadóülés



Agyműtét optimalizálása numerikus szimulációk alapján

Hazay Máté

hazay.mate@epito.bme.hu

PhD hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék

Témavezető: Dr. Bojtár Imre, egyetemi tanár





BEVEZETÉS



Traumás agysérülések epidemiológiája

- Évente **1,7 millió traumás agysérülés** következik be az USA-ban és ezek közül 52000 halálos kimenetelű.
- A 34 év alatti korosztály esetén ez a társadalomban bekövetkező halálozás elsősorú oka.

- A sérült agyszövet duzzadásával **megnő az intrakraniális nyomás** ami további neurológiai károsodást és halált okozhat (**másodlagos sérülés**).
- A traumás agysérülésekhez köthető **halálozások kb. 50%-a** a másodlagos sérüléseknek tudható be.

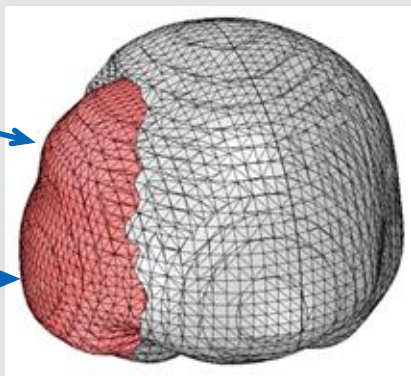
A klinikai kezelés elsődleges célja a nyomás csökkentése mely az alábbi módokon érhető el:

- Gyógyszeres kezeléssel
- Sebészeti beavatkozással

Dekompresszív kraniektómia (DC)

Eltávolítják a koponya egy részét hogy az agyszövet expandálhasson.

Az agyszövet kitüremkedik, ami **extrém nyúlásokat** okozhat.



A műtét általános értékelése:

- Elfogadottan **hatékony módja a nyomás csökkentésének**.
- Megkérdőjelezhető hatékonyság: **nagyobb túlélési arány**, de a **komoly károsodások kockázata is nagyobb** a műtéttel kezelt betegeknél.
- Hatékony alkalmazás korlátja: **a műtét optimális végrehajtási módja** a megnyitás helyét és méretét illetően **nem ismert**.

Hosszútávú cél: műtét optimalizálása



MODELLEZÉSI STRATÉGIA BEMUTATÁSA



Modellezési stratégia bemutatása I.: Páciens specifikus geometria készítése

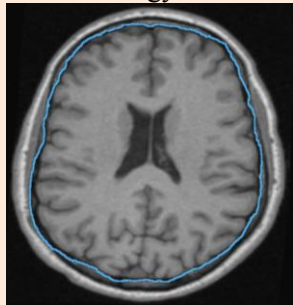
[2]



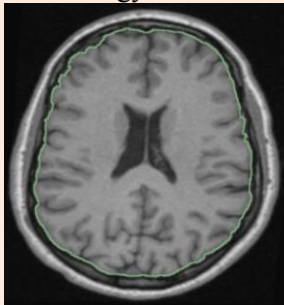
Szegmentálás

3D Slicer-ben

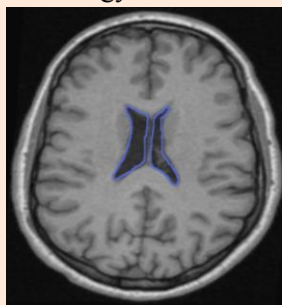
Külső agyvíztér



Agyszövet

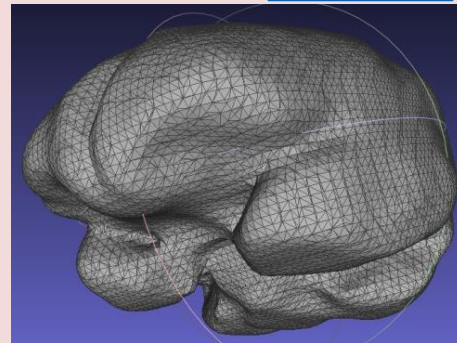
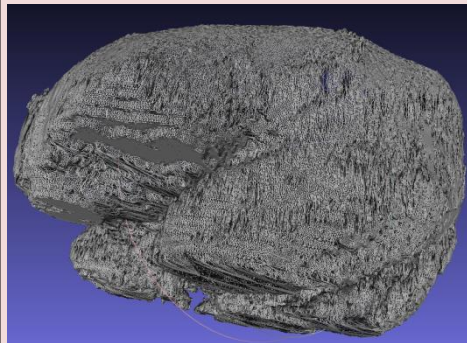


Agykamrák



Felület simítása

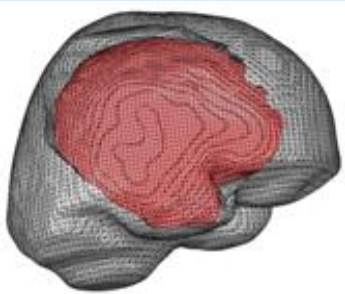
Meshlab-ban



SpaceClaim-ben

CAD geometria

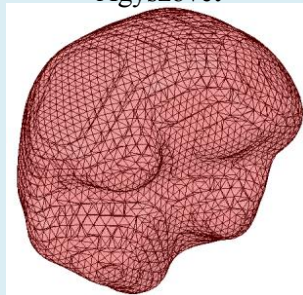
Nyitott koponya



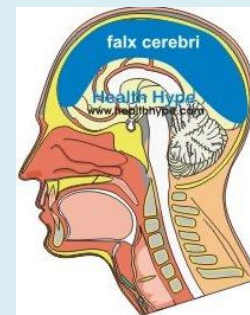
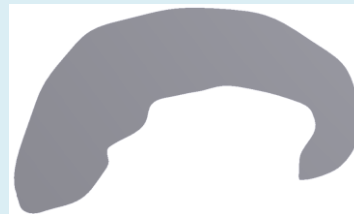
Agykamrák



Agyszövet



Falx (Nagyagysarló)

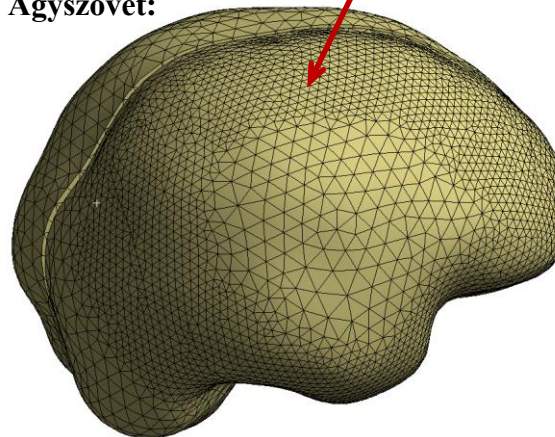


Anyagmodellek:

Anatomi part	Material Model	Material Parameters	
Skull	Linear elastic	$E = 15000 \text{ MPa}$	$\nu = 0,22$
Dura	Linear elastic	$E = 31,5 \text{ MPa}$	$\nu = 0,45$
Tissue	2nd Order Ogden	$\mu_1 = 1,044 \text{ kPa}$	$\alpha_1 = 4,309$
	Hyperelastic	$\mu_2 = 1,183 \text{ kPa}$	$\alpha_2 = 7,736$

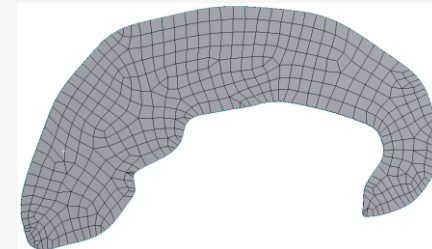
Hálózás:

Agyszövet:



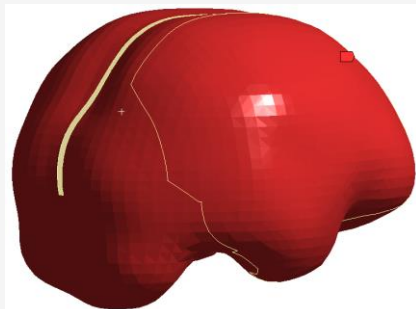
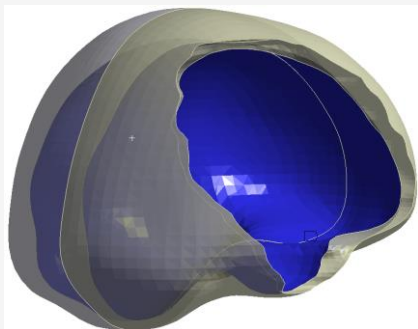
Lokális sűrítés a perem mentén

Falx:

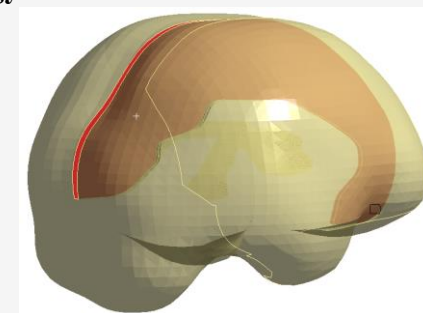
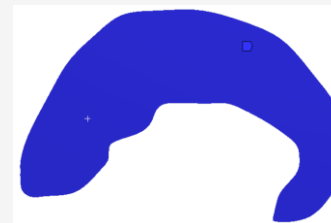


Surlódásos kontaktok:

Koponya – Agyszövet

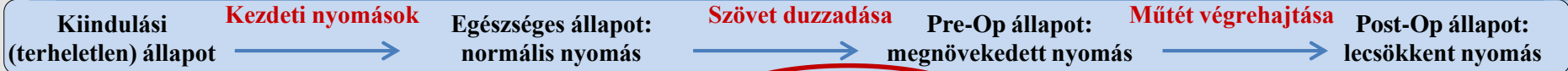


Falx – Agyszövet

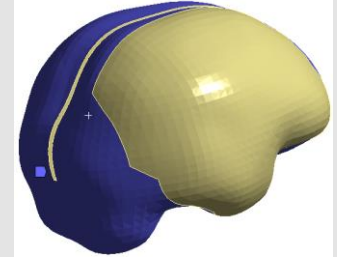
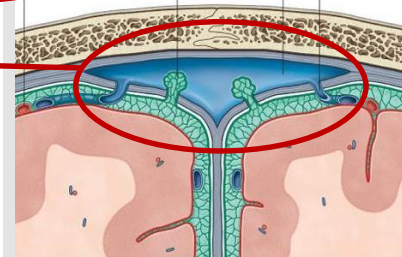
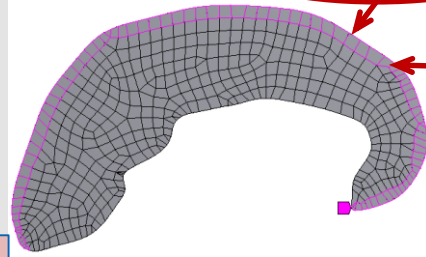
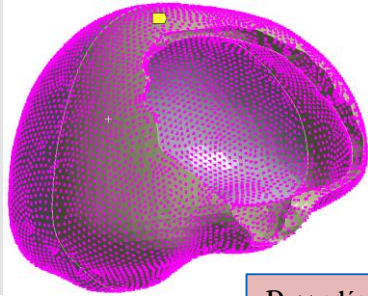


Modellezési stratégia bemutatása III.: Terhek és peremfeltételek

[2]



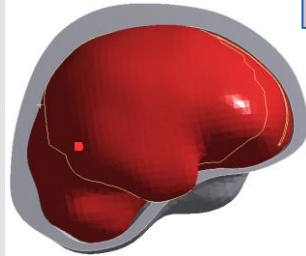
Támaszok:



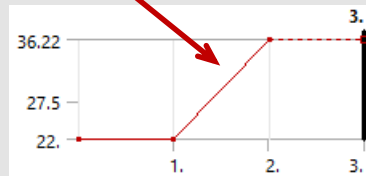
Falx és Sagittal sinus kapcsolata:

Agyzövet és agyvíz kapcsolata:

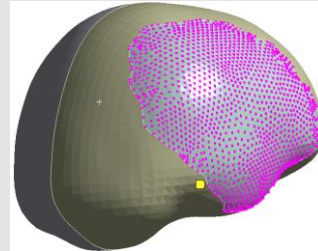
Fiktív hőteher:



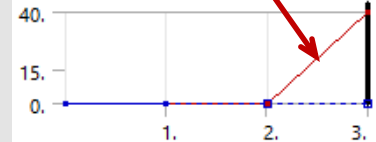
Duzzadás



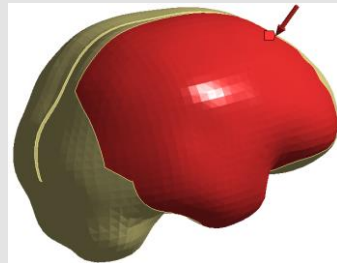
Előírt elmozdulás:



Koponya megnyitása



Felületi nyomások:



Agyvíz eltávolításából származó nyomáscsökkenés



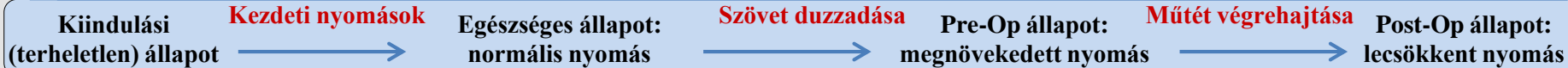


MODELL VALIDÁLÁSA

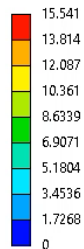


Műtét rekonstruálása – kontúziós és ödémás kóresetre

[3]

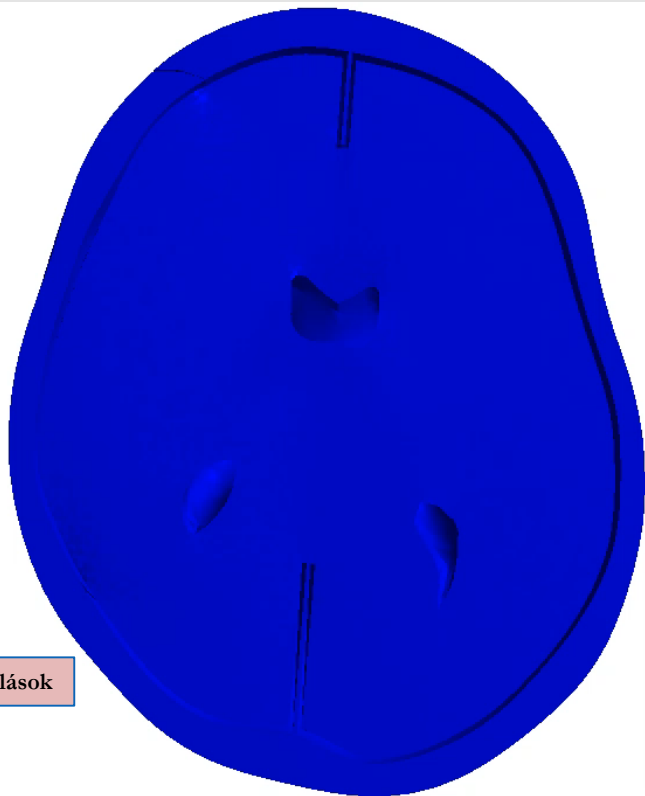


B: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 0
Custom Obsolete
Max: 40
Min: 0

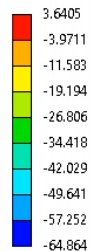


[mm]

Elmozdulások

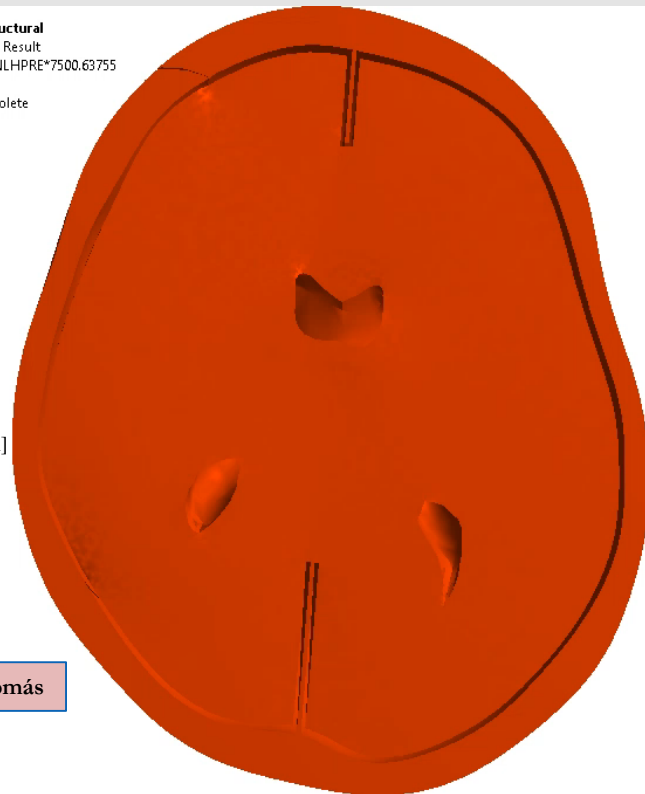


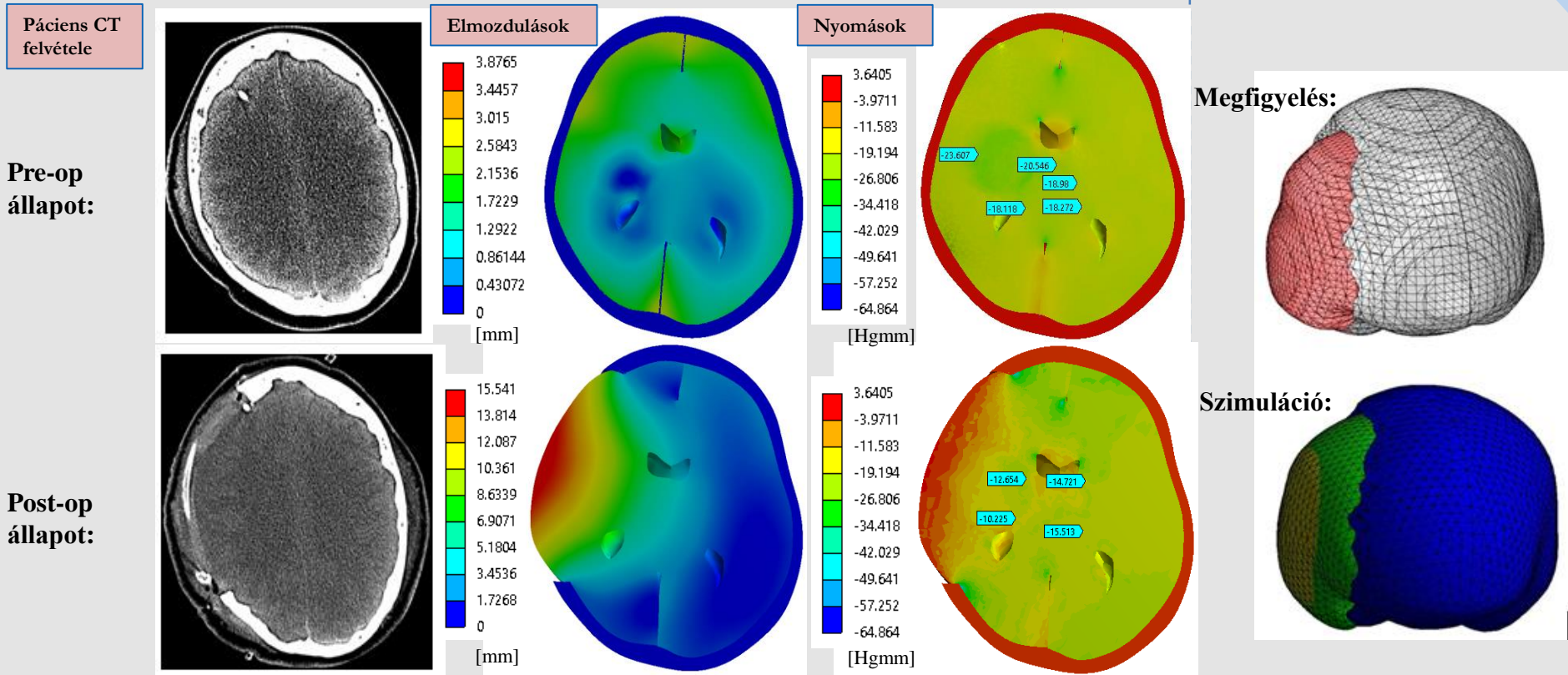
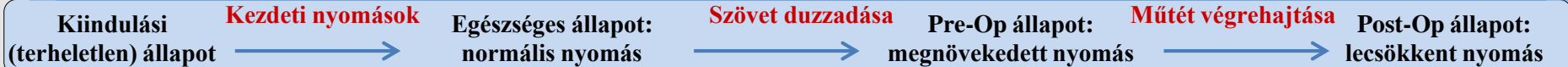
B: Static Structural
User Defined Result
Expression: NLHPRE*7500.63755
Time: 0
Custom Obsolete
Max: 1347.2
Min: -1266

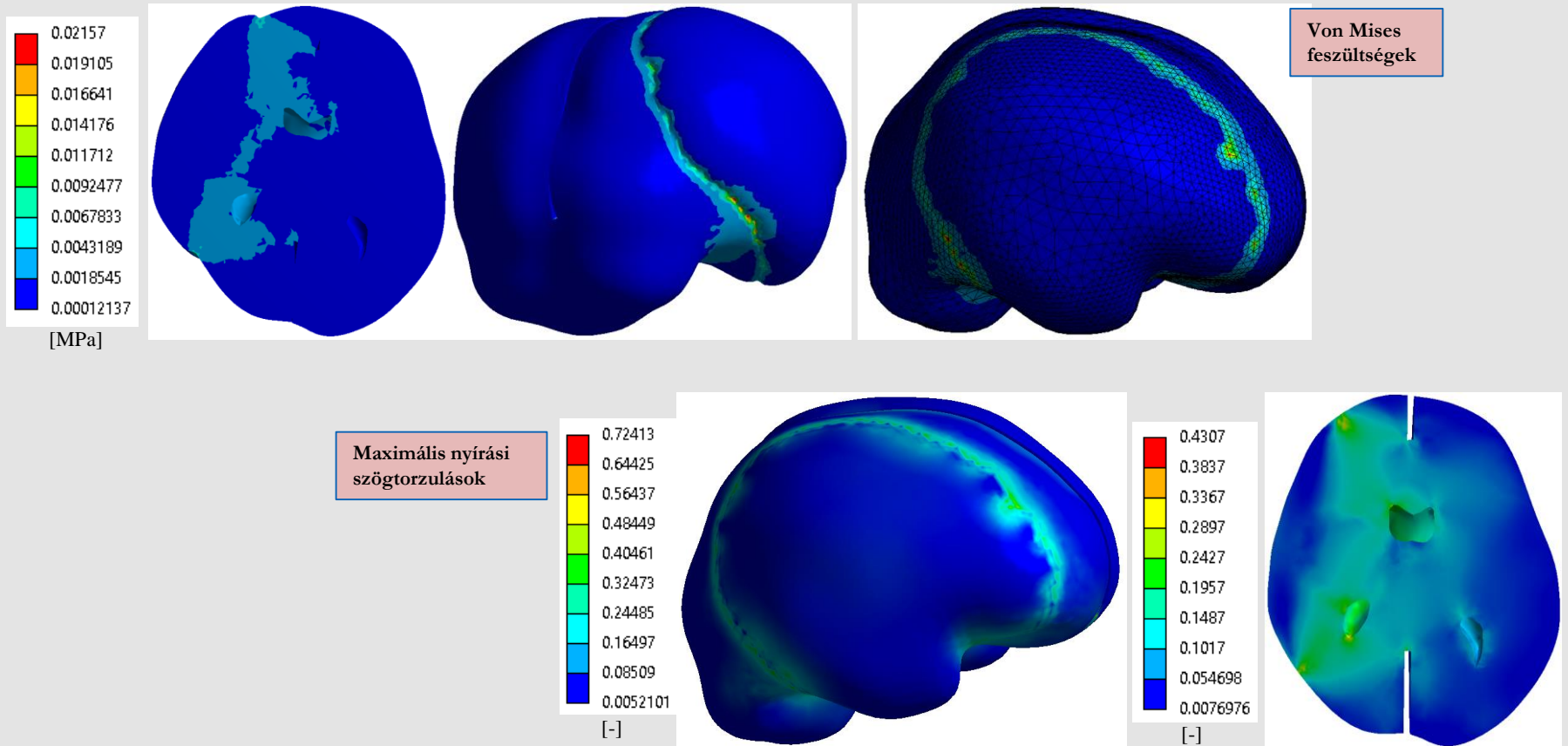


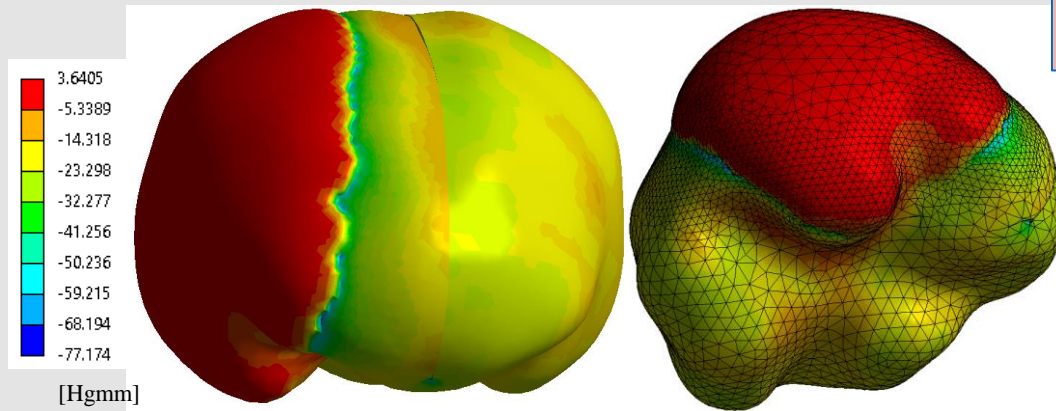
[Hgmm]

Nyomás

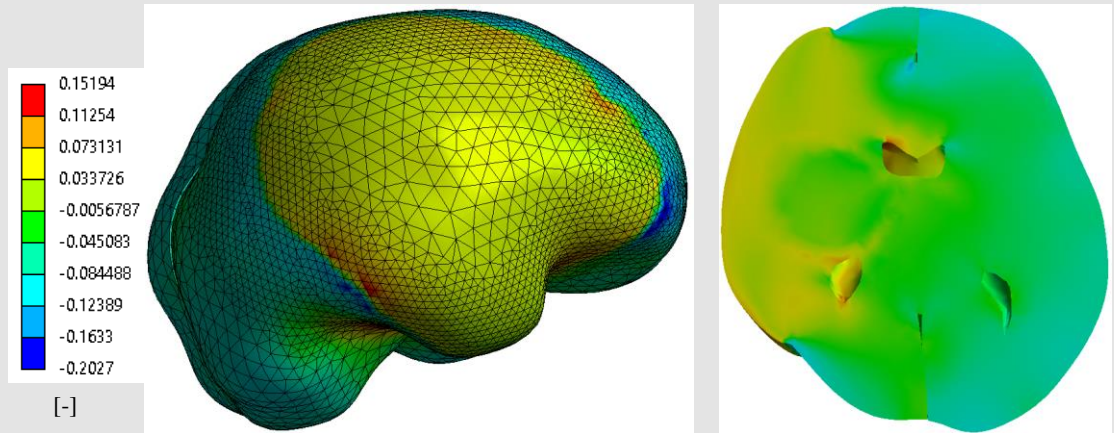








Maximális főnyúlások





VIRTUÁLIS KÍSÉRLETEK



Virtuális kísérletek elvégzése

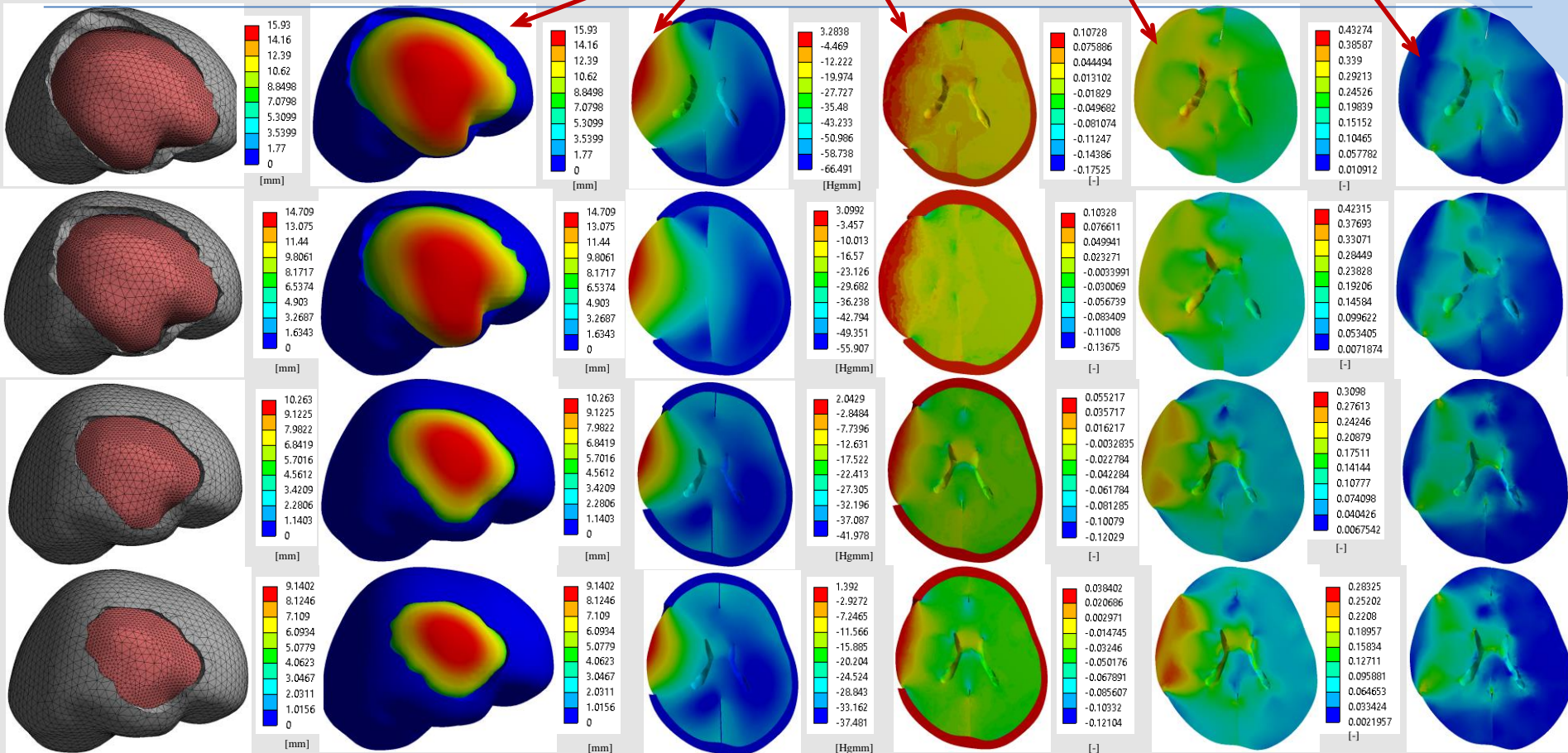
Elmozdulások

Nyomás

Max. főnyúlások

Max. szögtorzulások

[4]



Virtuális kísérletek elvégzése

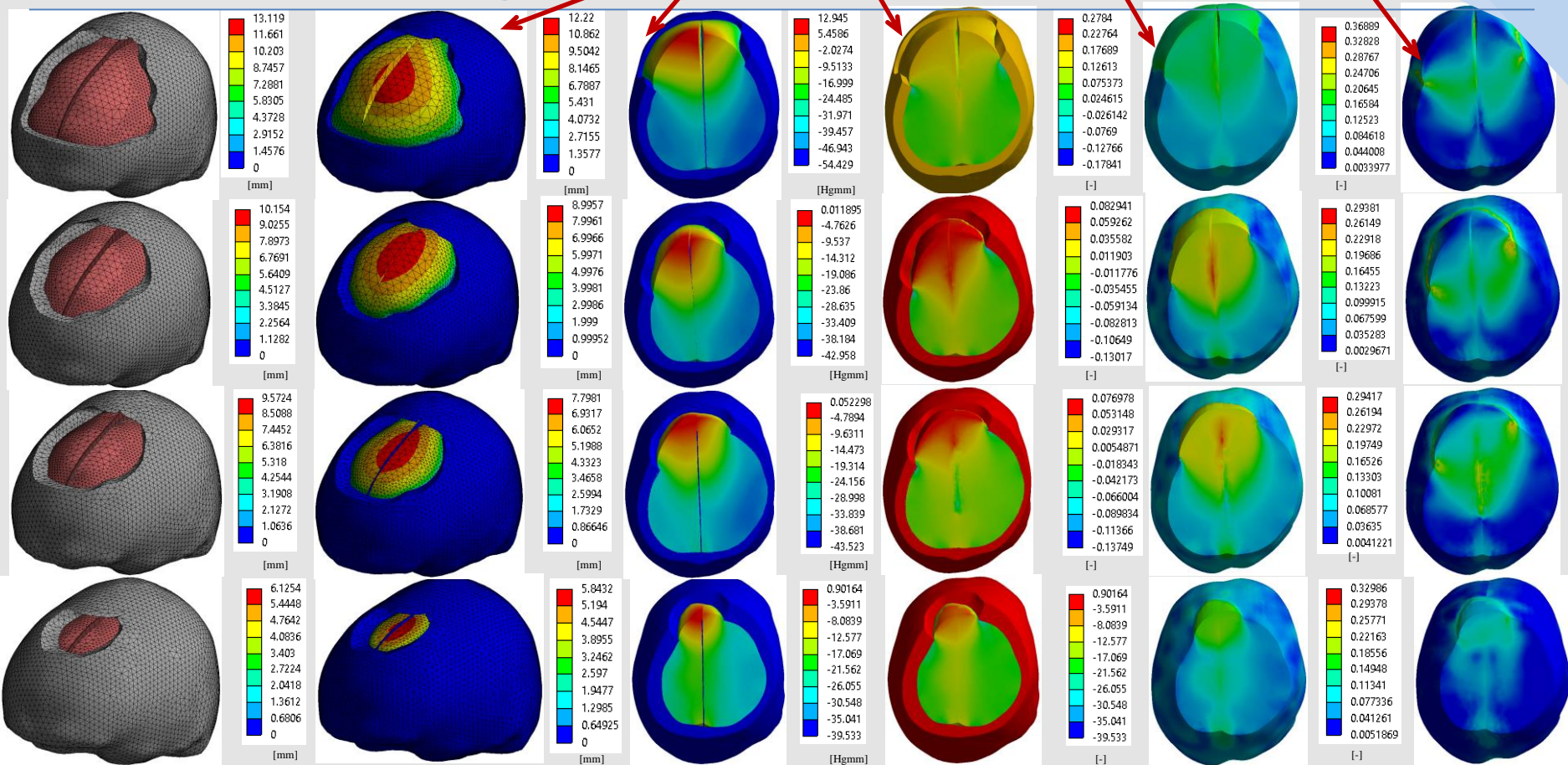
Elmozdulások

Nyomás

Max. főnyúlások

Max. szögtorzulások

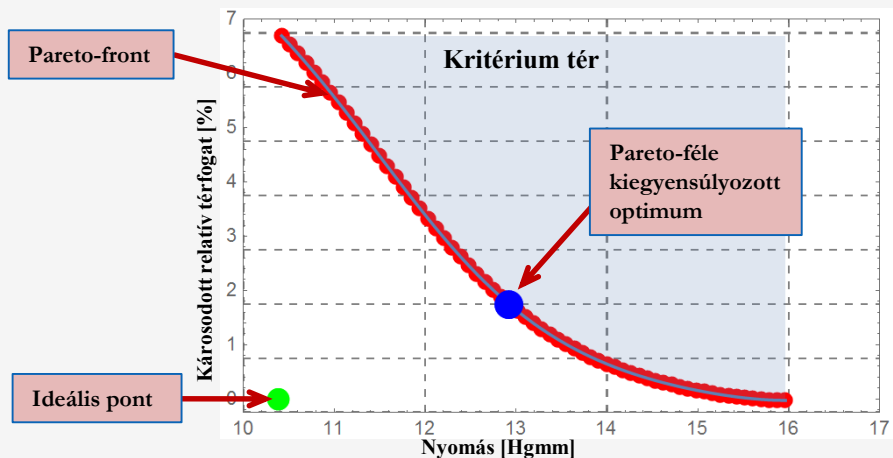
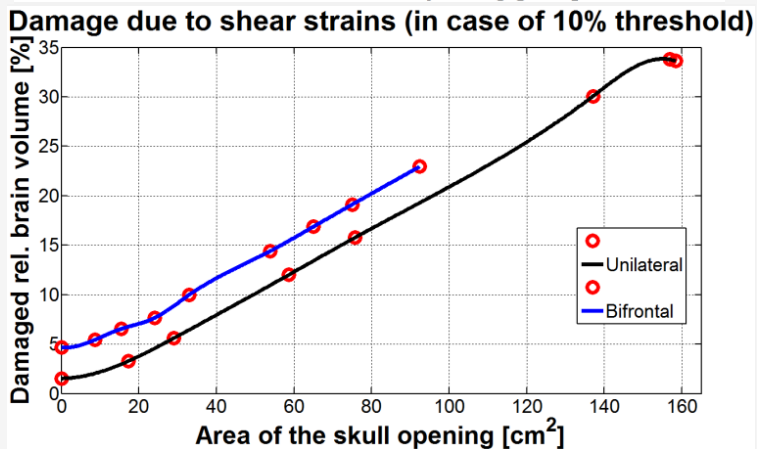
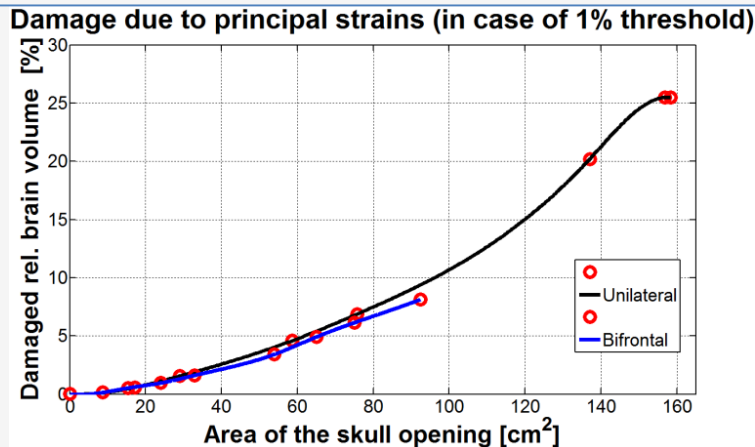
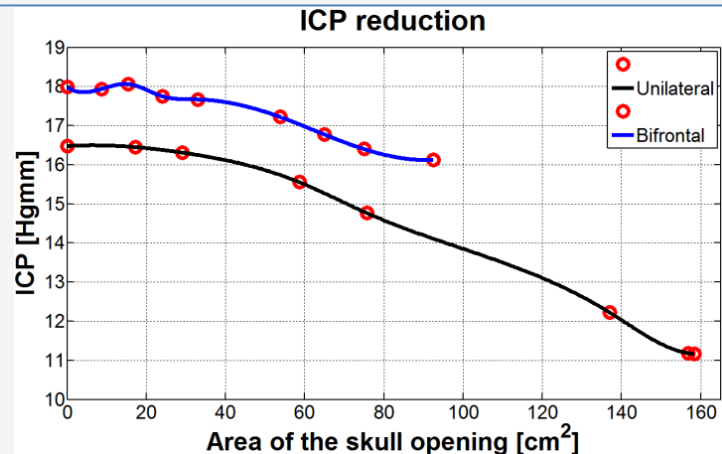
[4]





EREDMÉNYEK







ÖSSZEFOGLALÁS



- 1) Kidolgoztam egy **modellezési stratégiát** a dekompresszív kraniektómia műtét numerikus szimulációinak elvégzésére és az ehhez szükséges **páciens-specifikus végeselemes modelleket** elkészítésére. A kész modelleket a klinikán mért adatok alapján kalibráltam és **validáltam**, melynek sikeressége alapján megállapítható, hogy a végeselemes analízis egy használható eszköz az agyszövet biomechanikai válaszanak modellezésére és így a **műtét optimalizálására**.
- 2) **Virtuális kísérleteket** végeztem azért, hogy megvizsgáljam, hogy az agyszövet biomechanikai viselkedése hogyan változik a **koponyamegnyitás helyének és méretének** a függvényében. Ezek alapján az alábbi eredményeket kaptam:
 - 2.a) A **koponyamegnyitás területének növekedésével** az **intrakraniális nyomás** közel lineáris trend szerint **csökken**,
 - 2.b) azonban a megnyitás területének növekedésével a **főnyúlások** következtében **károsodott agytérfogat** egy nemlineáris trend szerint **növekszik**,
 - 2.c) míg a megnyitás méretének függvényében a **nyírási szögtorzulások** miatt károsodott térfogat közel lineárisan **növekszik**.
- 3) Gyakorlati szempontból ezeknél a **monoton célfüggvényeknél** a Pareto-féle többcélű optimalizálás nem alkalmazható hatékonyan.
- 4) A most alkalmazott modellezési stratégia az **optimális koponyamegnyitás** meghatározására hatékonyan alkalmazható abban az esetben, ha egy **célértéket** definiálunk a nyomáscsökkenésre. Ekkor a kívánt nyomáscsökkenést a lehető legkisebb alakváltozások mellett érhetjük el.





Köszönöm a figyelmet!



Köszönetnyilvánítás:

- Ezt a kutatást a Humán Erőforrások Minisztériuma az Új Nemzeti Kiválóság Program **ÚNKP-17-3-1 Kutatói Ösztöndíjával** támogatta.
- Ezúton köszönöm a **Pécsi Idegsebészeti Klinika munkatársainak** a kutatásomban nyújtott segítségüket!

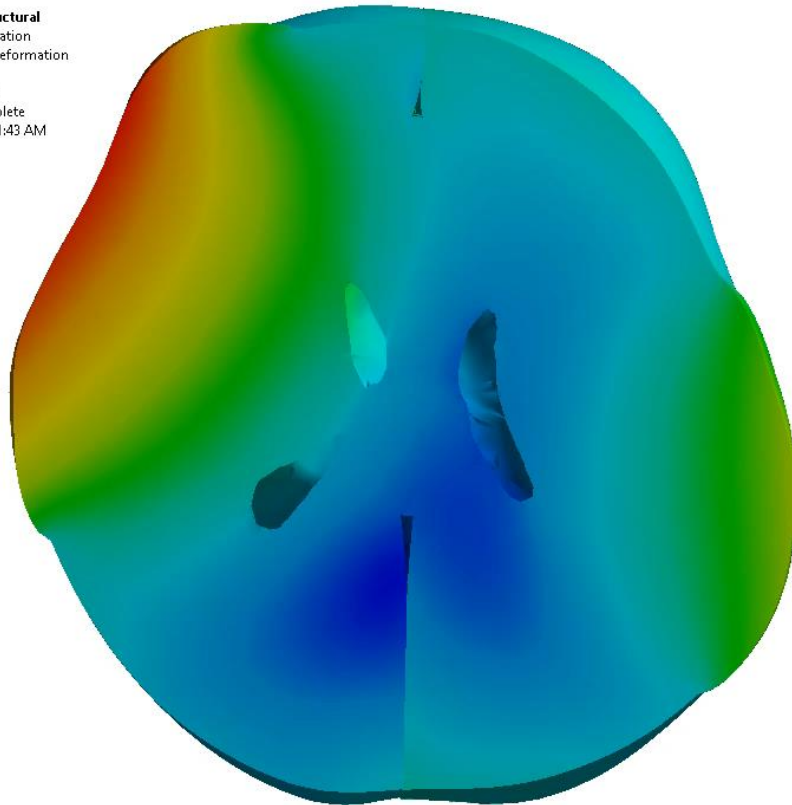
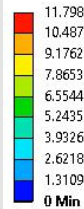
e-mail:

mhazay@epito.bme.hu

ibojtar@mail.bme.hu



B: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 4.9495
Custom Obsolete
2018-05-11 11:43 AM



B: Static Structural
User Defined Result
Expression: NLHPRE*7500.63755
Time: 5.0505e-002
Custom
Max: 2372.4
Min: -2105.6
2018-05-11 12:04 PM

