



UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
„CAROL DAVILA”, BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL ORTOPEDIE

METODE DE APRECIERE A ROTAȚIEI COMPONENTEI TIBIALE
ÎN ARTROPLASTIA TOTALĂ DE GENUNCHI
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:
PROF. UNIV. DR. ȘTEFAN CRISTEA

Student-doctorand:
ROMAN POPESCU

2020

METODE DE APRECIERE A ROTAȚIEI COMPONENTEI TIBIALE ÎN ARTROPLASTIA TOTALĂ DE GENUNCHI

CUPRINS

INTRODUCERE	VIII
1. Istoria artroplastiei totală de genunchi	VIII
2.Motivația alegerii temei de cercetare.....	IX
3.Importanța, noutatea și actualitatea temei	X
4.Încadrarea temei în preocupările internaționale și naționale	X
5.Formularea ipotezei de cercetare.....	XI
6.Obiectivele științifice pentru rezolvare în cadrul cercetării științifice	XI
7.Comentarii privind metoda de cercetare abordată și metodologia cercetării	XII
8.Prezentarea pe scurt a conținutului lucrării cu sublinierea rezultatelor obținute..	XII
9.Evidențierea caracterului interdisciplinar al cercetărilor efectuate	XIV
10.Limite cercetări efectuate și perspective de continuare a cercetărilor	XIV
Listă cu abrevieri	XV

PARTEA GENERALĂ

Capitolul 1 – Elemente de anatomie a genunchiului	1
1.1 Anatomia structurilor osoase și cartilaginoase ale genunchiului	1
1.2 Structura și proprietățile mecanice ale oaselor genunchiului	3
1.3 Aparatul menisco-ligamentar al genunchiului	3
1.4 Anatomia topografică a genunchiului	10
1.5 Musculatura genunchiului	12
1.6 Vascularizația genunchiului	14
1.7 Inervația genunchiului	17
1.8 Biomecanica genunchiului normal	19
1.8.1 Alinierea normală a genunchiului	21
Capitolul 2 – Biomecanica genunchiului protezat	23
2.1 Generalități despre artroplastia totală de genunchi	23
2.2 Tipuri de artroplastie a genunchiului	26
2.3 Biomecanica genunchiului protezat în cadrul artroplastiei totale de genunchi ...	31
2.3.1 Alinierea genunchiului protezat	31
2.4 Efectele pe termen lung ale artroplastiei totale de genunchi	32

Capitolul 3 – Poziționarea componentei tibiale în artroplastia totală de genunchi	35
3.1 Repere anatomice de implantare a componentei tibiale	35
3.2 Planificare pre-operatorie pentru artroplastia totală de genunchi	37
3.3 Tehnici chirurgicale în artroplastia totală de genunchi	40

PARTEA SPECIALĂ

Capitolul 4 – Ipoteza de lucru și obiective generale	46
4.1 Ipoteza de lucru	46
4.2 Obiective de cercetare	46
Capitolul 5 – Metodologia generală a cercetării	47
5.1 Studiul numeric al comportării mecanice a protezei de genunchi utilizând metoda elementului finit	47
5.1.1 Considerații generale.....	47
5.1.2 Modelare geometrică folosind un program CAD comercial	48
5.1.3 Scanarea 3D utilizând scanere cu laser	49
5.1.4 Reconstrucția modelelor pe baza imaginilor 2D în urma unor analize imagistice.....	56
5.2 Considerații generale privind metoda elementului finit	60
5.2.1 Etapele necesare soluționării unei analize prin metoda elementului finit	62

Capitolul 6 – Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezecției tibiale proximale în plan frontal.....65

6.1 Obiective	65
6.2 Materiale și metode	65
6.3 Rezultate	71
6.4 Discuții	93
6.5 Concluzii	94

Capitolul 7 – Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezecției tibiale proximale în plan sagital95

7.1 Obiective	95
7.2 Materiale și metode	95
7.3 Rezultate	95
7.4 Discuții	112
7.5 Concluzii	114

Capitolul 8 – Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezecției tibiale proximale în plan transversal..... 115

8.1 Obiective	115
8.2 Materiale și metode	115
8.3 Rezultate	115
8.4 Discuții	130
8.5 Concluzii	131

Capitolul 9 – Concluzii	132
Capitolul 10 – Contribuții personale și originalitate	135
Capitolul 11- Perspective de cercetare	137
Bibliografie.....	138
Anexe.....	151

Formularea ipotezei de cercetare

Ipoteza de cercetare presupune utilizarea metodei elementului finit pentru a simula poziționarea componentei tibiale la unghiuri diferite, simultan în toate planurile (frontal, sagital și transversal) în vederea obținerii unei alinieri corecte.

Alinierea corectă previne uzura în timp a polietilenei și instabilitatea componentei tibiale, reducându-se astfel incidența reviziei și îmbunătățirea satisfacției pacienților post-operator.

Obiectivele științifice pentru rezolvare în cadrul cercetării științifice

1. Modelarea geometrică 3D a tibiei, componentei tibiale, a insertului de polietilenă și a stratului de ciment
2. Realizarea unui studiu de analiză experimentală pentru a stabili implantarea corectă a componentei tibiale în plan frontal
3. Realizarea unui studiu de analiză experimentală pentru a stabili implantarea corectă a componentei tibiale în sagital
4. Realizarea unui studiu de analiză experimentală pentru a stabili implantarea corectă a componentei tibiale în plan transversal
5. Sinteza rezultatelor obținute în vederea determinării unei alinieri optime în toate cele trei planuri
6. Posibilitatea integrării rezultatelor obținute ca viitoare date de planificare pre-operatorie în artroplastia totală de genunchi

Comentarii sintetice privind metoda de cercetare abordată și metodologia cercetării

În cadrul proiectului de cercetare a fost utilizată metoda elementului finit, care este o tehnică numerică, ce permite modelarea unei geometrii complexe și a unui sistem de sarcini în vederea simulării și anticipării condițiilor care conduc la complicațiile sau eșecul artroplastiei totale de genunchi.

Astfel, proprietățile osului determinate prin scanări efectuate cu un computer tomograf au fost integrate într-un soft specializat și ulterior scanată o proteză cu un microlaser și s-a creat un model prin elemente 3D .

Cu aceste date s-a inițiat simularea poziționării componentei tibiale, fiind identificat unghiul corespunzător pentru a stabili alinierea optimă între cele două componente față de

axul anatomic al membrului pelvin și totodată s-a calculat rezistența componentei tibiale, a insertului de polietilenă și a stratului de ciment, supuse diverselor forțe.

Sinteza capitolelor și sublinierea rezultatelor obținute

Lucrarea de doctorat este structurată în două părți și anume:

- 1) Partea generală care reprezintă partea teoretică, a fost divizată în trei capitole – Capitolul 1 prezintă descrierea elementelor de anatomie ale genunchiului normal (structuri osoase, ligamentare, neuro-vasculare, biomecanica genunchiului nativ), Capitolul 2 descrie biomecanica genunchiului protezat (totodată date generale despre artroplastia totală de genunchi și tipuri de aliniere în cadrul acestei intervenții) și Capitolul 3 se referă la poziționarea componentei tibiale în artroplastia totală de genunchi (repere anatomice, tehnici chirurgicale).
- 2) Partea specială reprezintă partea practică a proiectului și a fost constituită din partea de ipoteză și obiective (Capitolul 4) și generalități asupra analizei elementului finit (Capitolul 5), partea de studiu experimental prin analiza elementului finit (Capitolele 6, 7, 8) și ultima parte care integrează concluziile finale, contribuțiile personale și perspectivele de cercetare (Capitolele 9 – 11).

Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezecției tibiale proximale în plan frontal (Capitolul 6)

În cadrul acestui capitol a fost calculată rezecția tibială în plan frontal în valgus ($1,5^\circ$) și în varus ($-1,5^\circ$), concluzionând că alinierea în varus determină tensiune și deformație mai mare la nivelul insertului de polietilenă și a osului subiacent componentei protetice.

Aceste date relevă faptul că, deși unghiurile la care s-a efectuat rezecția nu sunt descrise în literatura de specialitate ca având un impact clinic major, totuși analiza prin elementul finit poate detecta impactul mecanic asupra osului subiacent protezei și insertului tibial, acestea fiind importante în anticiparea viitoarelor complicații.

Malalinierea componentei tibiale în plan frontal (în varus) are ca efect pe termen lung o distribuție inegală a sarcinilor în defavoarea compartimentului medial, ceea ce în timp determină uzura mai rapidă a insertului de polietilenă, defixarea componentei tibiale și în final determină instabilitatea genunchiului sau chiar revizia artroplastiei totale de genunchi, față de alinierea în valgus sau neutră.

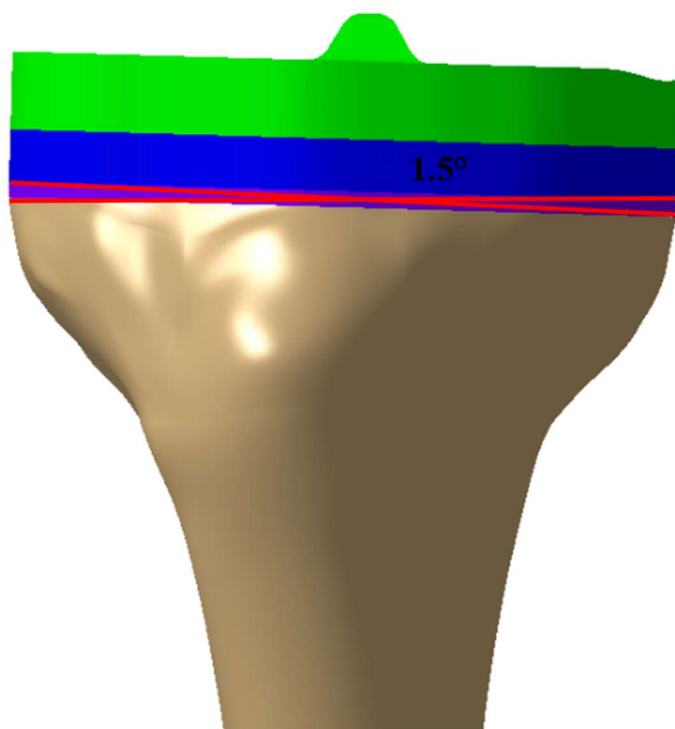


Fig. 6.1 Rezeecția proximală tibială la un unghi de 1.5° în valgus în planul frontal

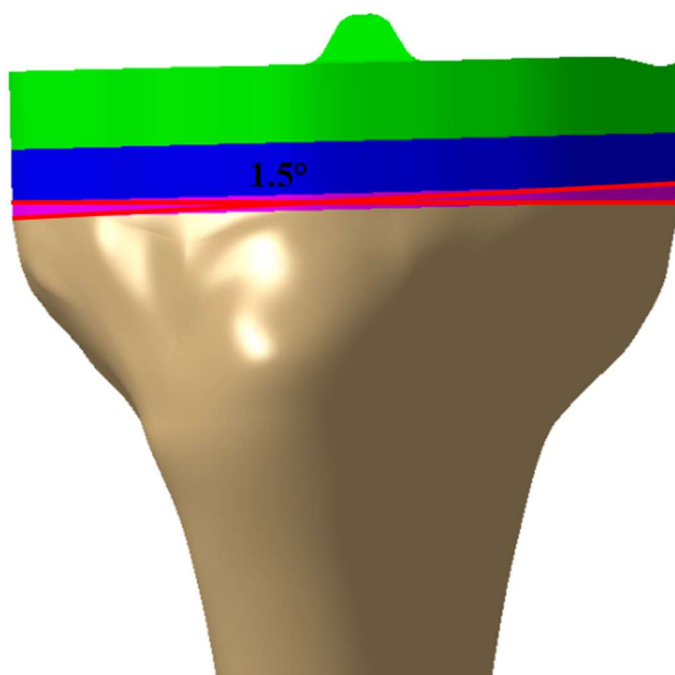


Fig. 6.2 Rezeecția proximală tibială la un unghi de -1.5° în varus în planul frontal

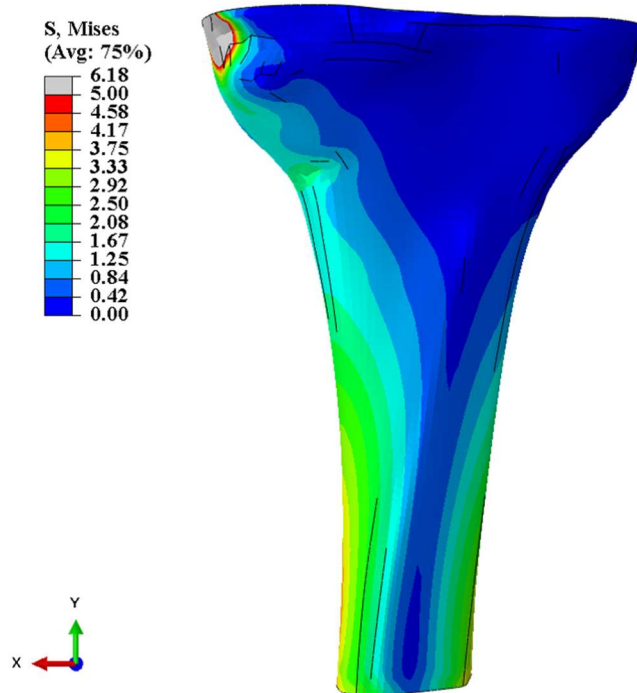


Fig. 6.3 Variația tensiunii echivalente von Misses pentru tibie în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de 1.5° în valgus în planul frontal

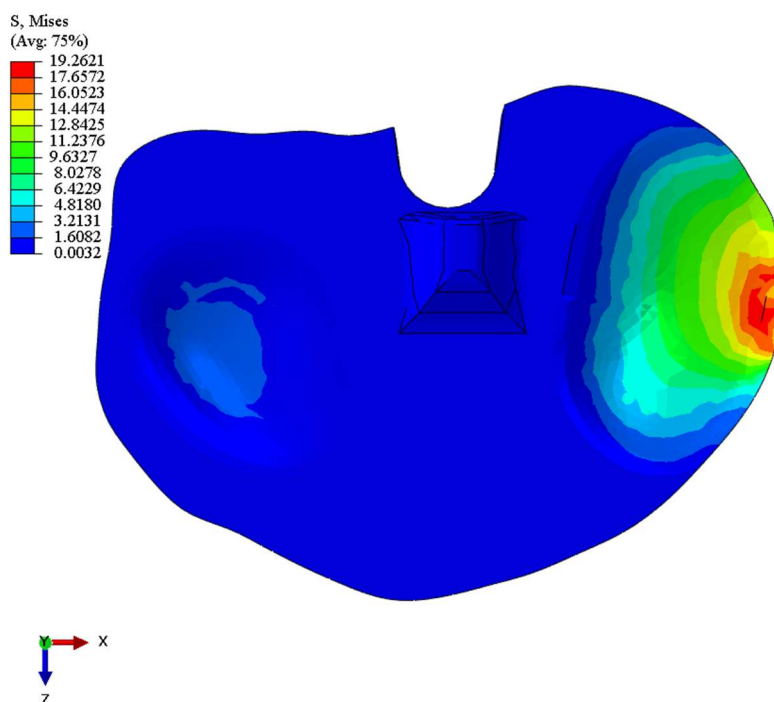


Fig. 6.4 Variația tensiunii echivalente von Misses pentru insertul de polietilenă în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de 1.5° în valgus în planul frontal (vedere transversală)

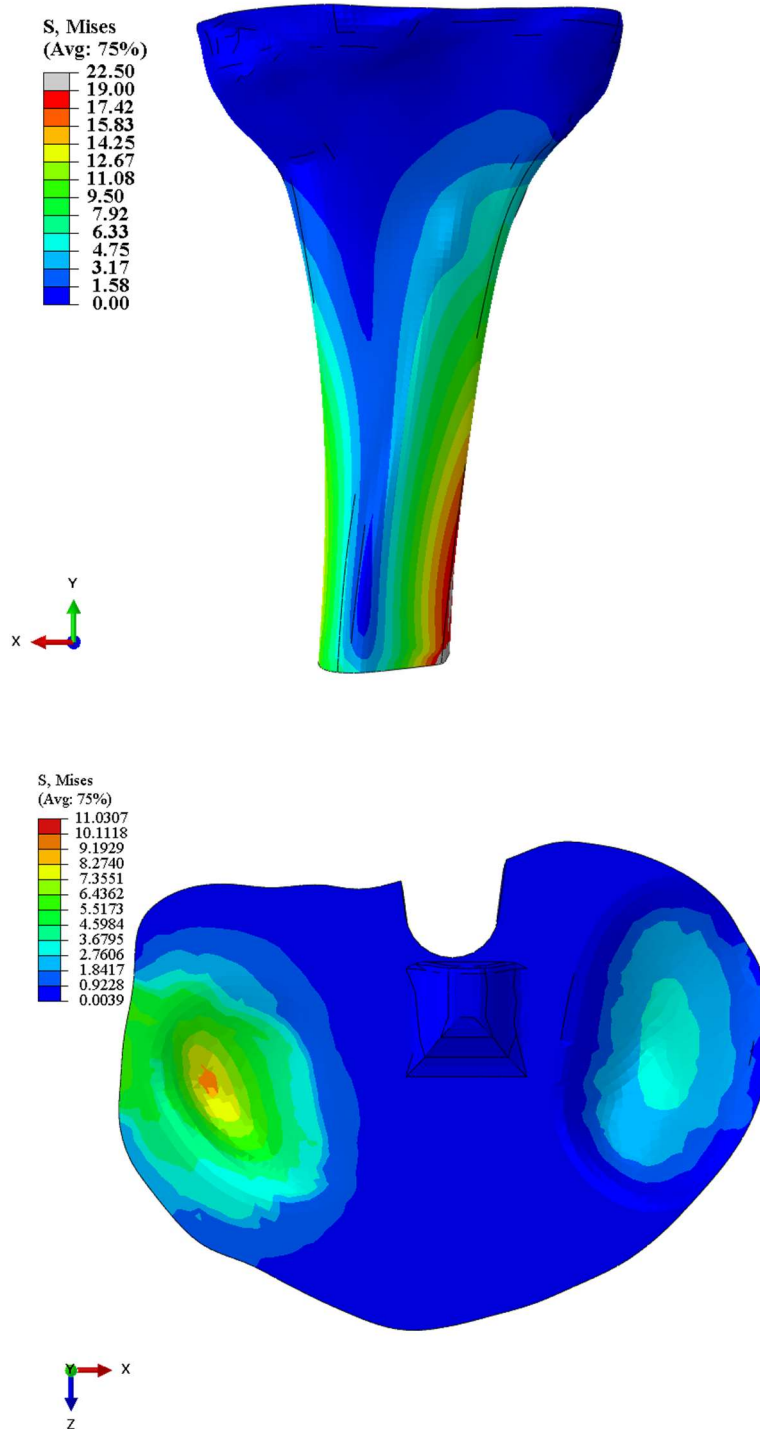


Fig. 6.5 Variația tensiunii echivalente von Mises pentru insertul de polietilenă în cazul rezeceției proximale tibiale la un unghi de -1.5° în varus în planul frontal (vedere transversală)

Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezecției tibiale proximale în plan sagital (Capitolul 7)

În cadrul acestui capitol a fost calculată rezecția tibială în plan sagital la $1,5^\circ$ (anterior) și la $-1,5^\circ$ (posterior), concluzionând că alinierea la valori $>1,5^\circ$ (anterior) determină o presiune și deformație mai mare la nivelul componentei tibiale, a osului subiacent componentei protetice și a stratului de ciment, în timp ce rezecția la valori $> -1,5^\circ$ (posterior) determină presiune și deformație de mai mare la nivelul insertului de polietilenă.

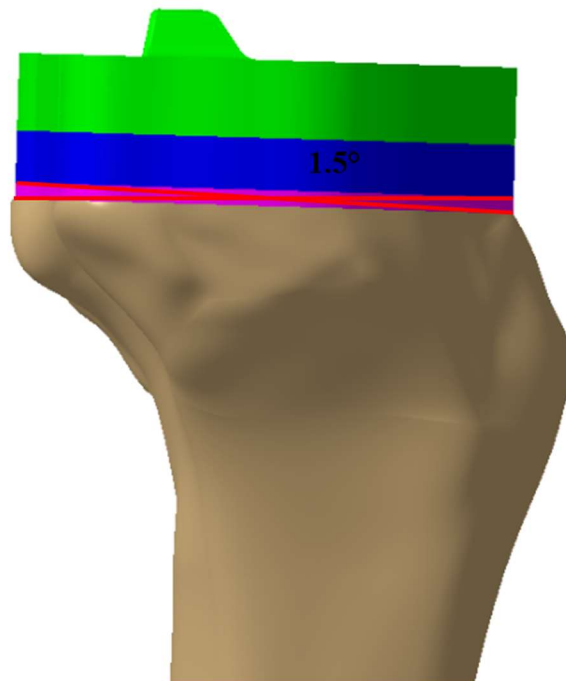


Fig. 7.1 Rezecția proximală tibială la un unghi de 1.5° (anterior) în planul sagital

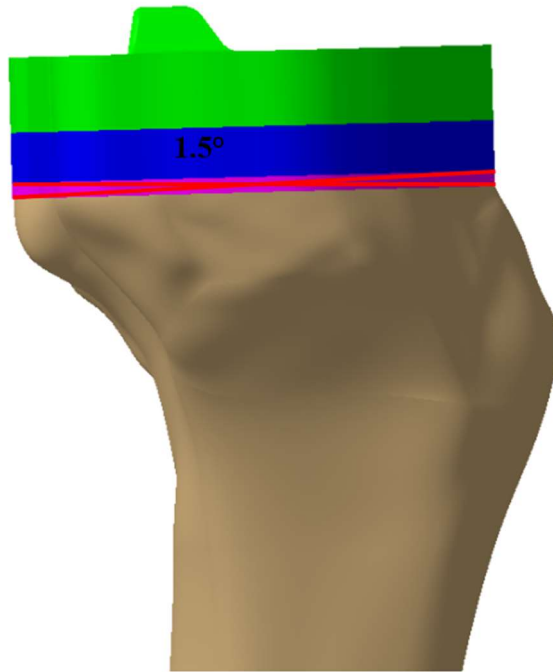


Fig. 7.2 Rezecția proximală tibială la un unghi de -1.5° (posterior) în planul sagital

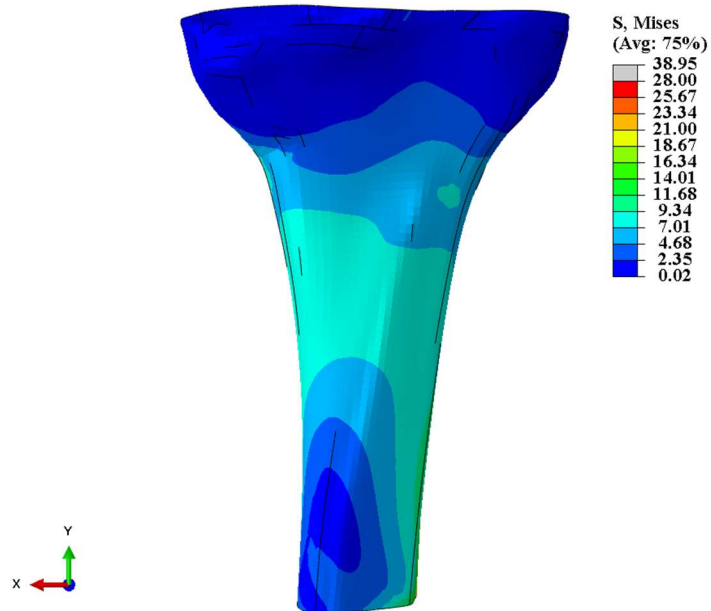


Fig. 7.3 Variația tensiunii echivalente von Miseses pentru tibie în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de 1.5° (anterior) în planul sagital (vedere frontală)

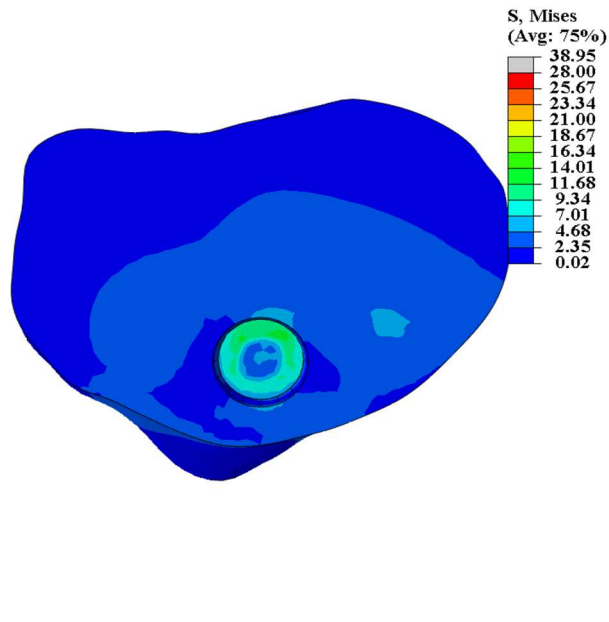


Fig. 7.4 Variația tensiunii echivalente von Mises pentru tibie în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de 1.5° (anterior) în planul sagital (vedere transversală)

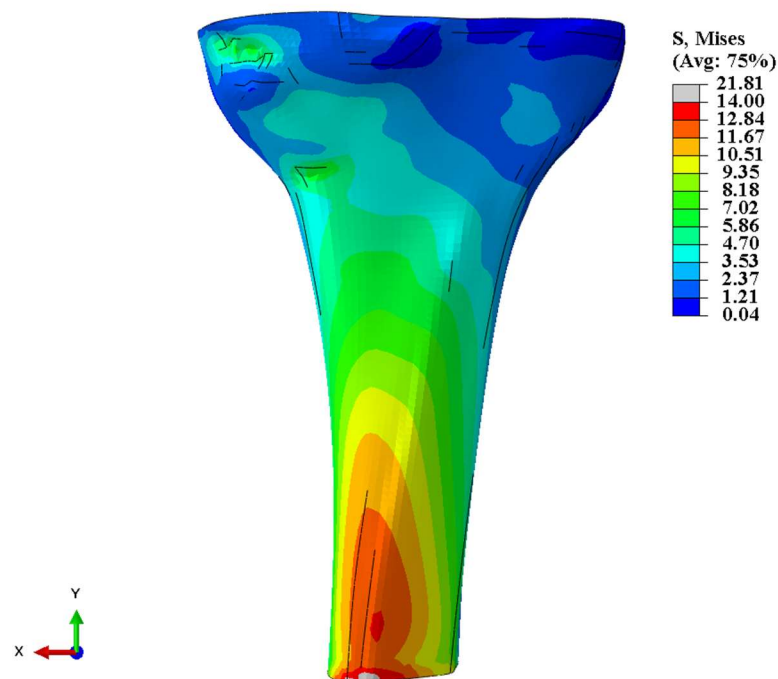


Fig. 7.5 Variația tensiunii echivalente von Mises pentru tibie în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de -1.5° (posterior) în planul sagital (vedere frontală)

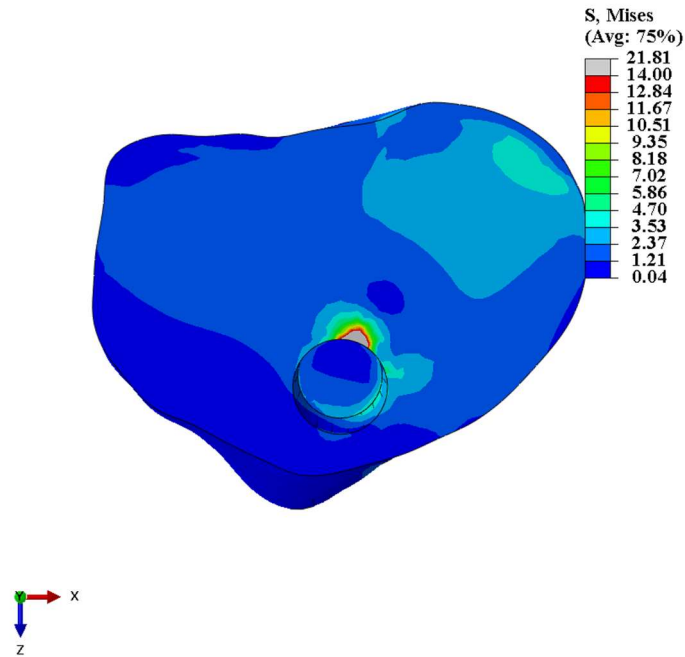


Fig. 7.6 Variația tensiunii echivalente von Mises pentru tibie în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de -1.5° (posterior) în planul sagital (vedere transversală)

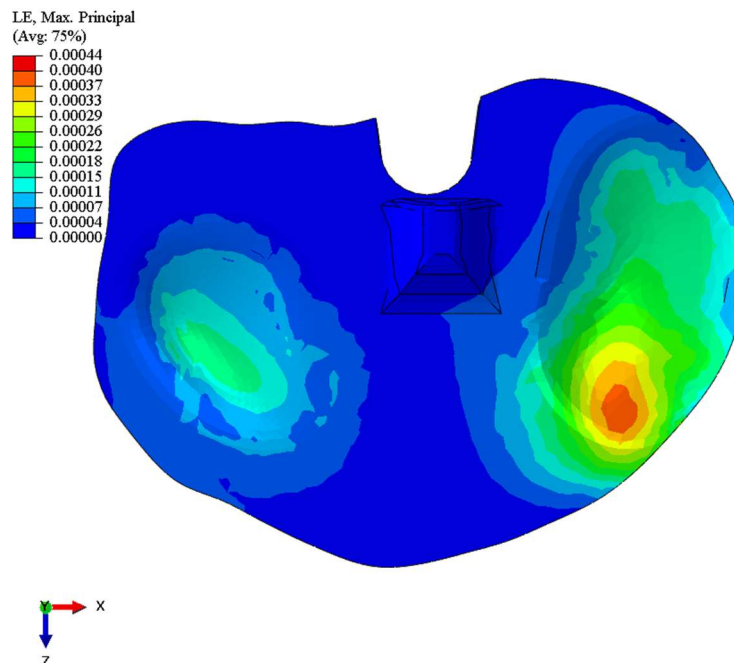


Fig. 7.7 Variația deformației principale pentru insertul de polietilenă în cazul rezecției proximale tibiale la un unghi de 1.5° (anterior) în planul sagital (vedere transversală)

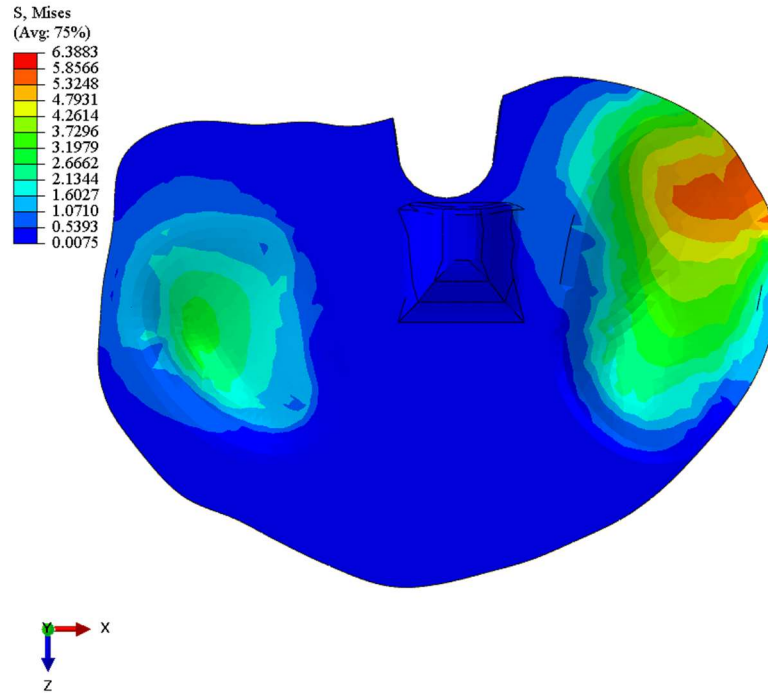


Fig. 7.8 Variația tensiunii echivalente von Misses pentru insertul de polietilenă în cazul rezechției proximale tibiale la un unghi de -1.5° (posterior) în planul sagital (vedere transversală)

Studiu de analiză experimentală prin metoda elementului finit a rezechției tibiale proximale în plan transversal (Capitolul 8)

În cadrul acestui capitol a fost calculată rezechția tibială în plan transversal în rotație externă ($1,5^{\circ}$) și în rotație internă ($-1,5^{\circ}$), concluzionând că alinierea la $> -1,5^{\circ}$ în rotație internă soliciță osul subiacent componenteii protetice și insertul de polietilenă la un stres mai mare decât în cazul rotației externe.

Rezultatele obținute în acest studiu sunt în concordanță cu majoritatea studiilor de specialitate, care confirmă faptul că malrotația internă a componenteii tibiale este cea care determină consecințe negative în artroplastia totală de genunchi, printre care este important de menționat subluxația patelară laterală, incongruența dintre cele două componente protetice și în consecință defixarea componenteii tibiale și instabilitatea genunchiului.

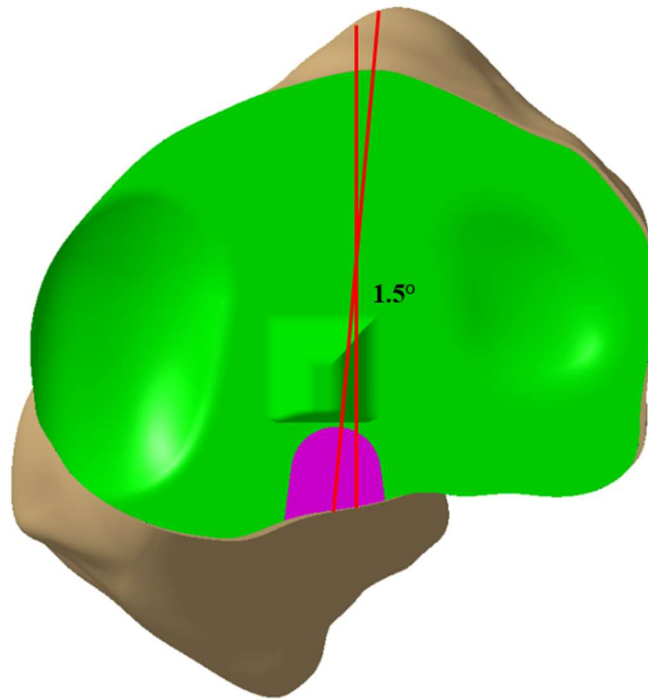


Fig. 8.1 Poziționarea componentei tibiale în rotație externă la 1.5° în planul transversal

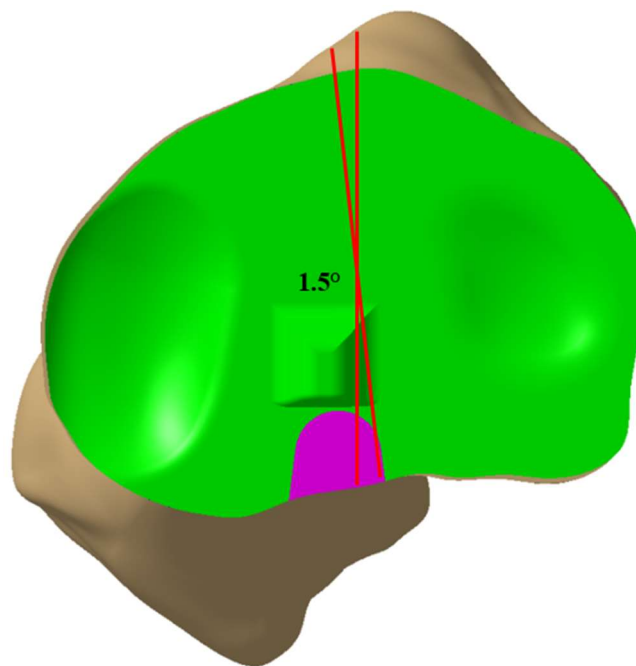


Fig. 8.2 Poziționarea componentei tibiale în rotație internă la -1.5° în planul transversal

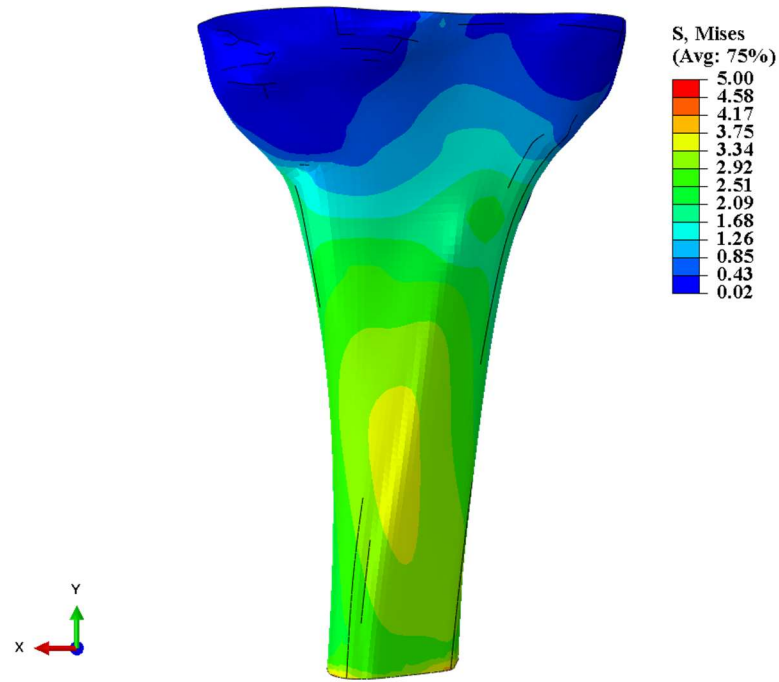


Fig. 8.3 Variația tensiunii echivalente von Miseses pentru tibie în cazul rotației externe a componentei tibiale la 1.5° în planul transversal (vedere frontală)

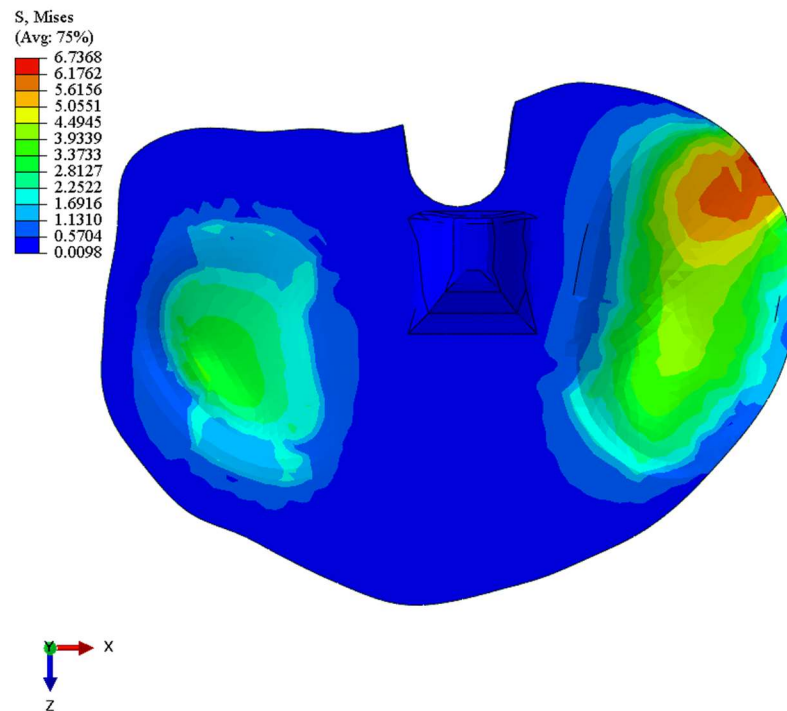


Fig. 8.4 Variația tensiunii echivalente von Miseses pentru insertul de polietilenă în cazul poziționării componentei tibiale în rotație externă la 1.5° în planul transversal

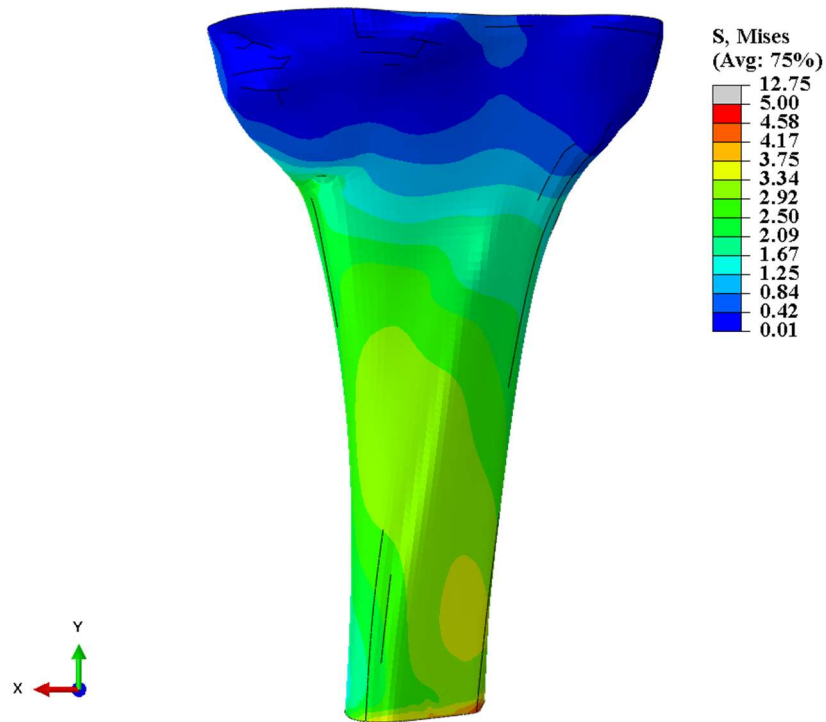


Fig. 8.5 Variația tensiunii echivalente von Miseses pentru tibie în cazul poziționării componentei tibiale în rotație internă la -1.5° în planul transversal (vedere frontală)

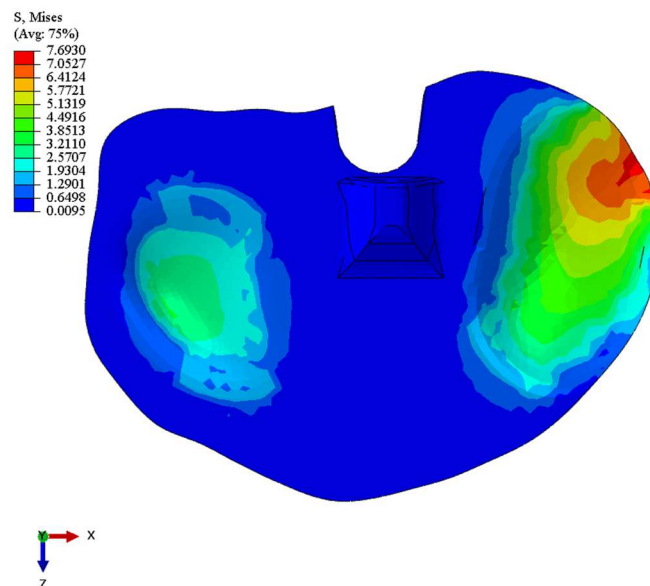


Fig. 8.6 Variația tensiunii echivalente von Miseses pentru insertul de polietilenă în cazul poziționării componentei tibiale în rotație internă la -1.5° în planul transversal

Simularea simultană prin element finit a unor unghiuri diferite pentru obținerea unei alinieri corecte a componentei tibiale (și implicit a unei rotații corecte) ar putea fi implementată de rutină în planificarea pre-operatorie pentru a ajuta chirurgul ortoped să obțină rezultate mecanice și clinice mulțumitoare și să scada rata reviziei artroplastiei totale de genunchi.

Teza „Metode de apreciere a rotației componentei tibiale în artroplastia totală de genunchi” a avut ca scop principal simularea simultană prin metoda elementului finit a multiple unghiuri de rezecție a tibiei proximale care să permită diferite poziționări a componentei tibiale în toate planurile. În acest fel se pot calcula sarcinile de stres și deformațiile echivalente asupra osului subiacent componentei, asupra componentei tibiale, a insertului de polietilenă și asupra stratului de ciment. Aceste calcule aduc informații asupra rezistenței componentelor la diferite tensiuni oferite de poziționarea componentei în funcție de variația unghiurilor.

Având în vedere că rotația componentei tibiale nu are repere anatomice reproductibile și fiabile în totalitate, precum există în cazul componentei femurale, s-a emis ipoteza că poziționarea componentei în mod eronat în planurile frontal respectiv sagital poate avea ca efect rotația în exces în planul transversal a componentei tibiale, în special rotația internă excesivă.

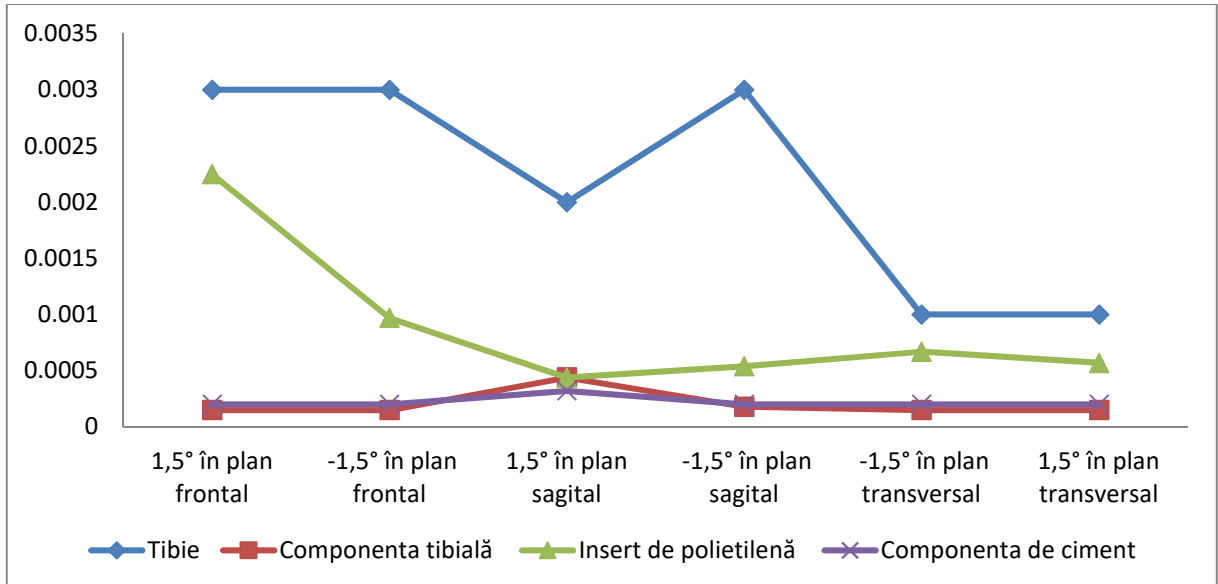
În capitolele 6, 7 și 8 am efectuat studii experimentale prin analiza elementului finit, care evidențiază rezistența componentelor enumerate anterior la diferite sarcini de stres, concluzionând că chirurgul ortoped trebuie să evite poziționarea componentei tibiale în varus în plan frontal la $> -1,5^\circ$, în anterior în plan sagital $> 1,5^\circ$ și în rotație internă în plan transversal $> -1,5^\circ$.

Graficele 9.1 și 9.2 evidențiază că valorile cele mai mari de stres și deformație la care sunt supuse componentele apar în planul sagital și frontal, ceea ce confirmă ipoteza că rotația componentei tibiale poate deveni problematică dacă poziționarea ei în celelalte planuri este incorectă.

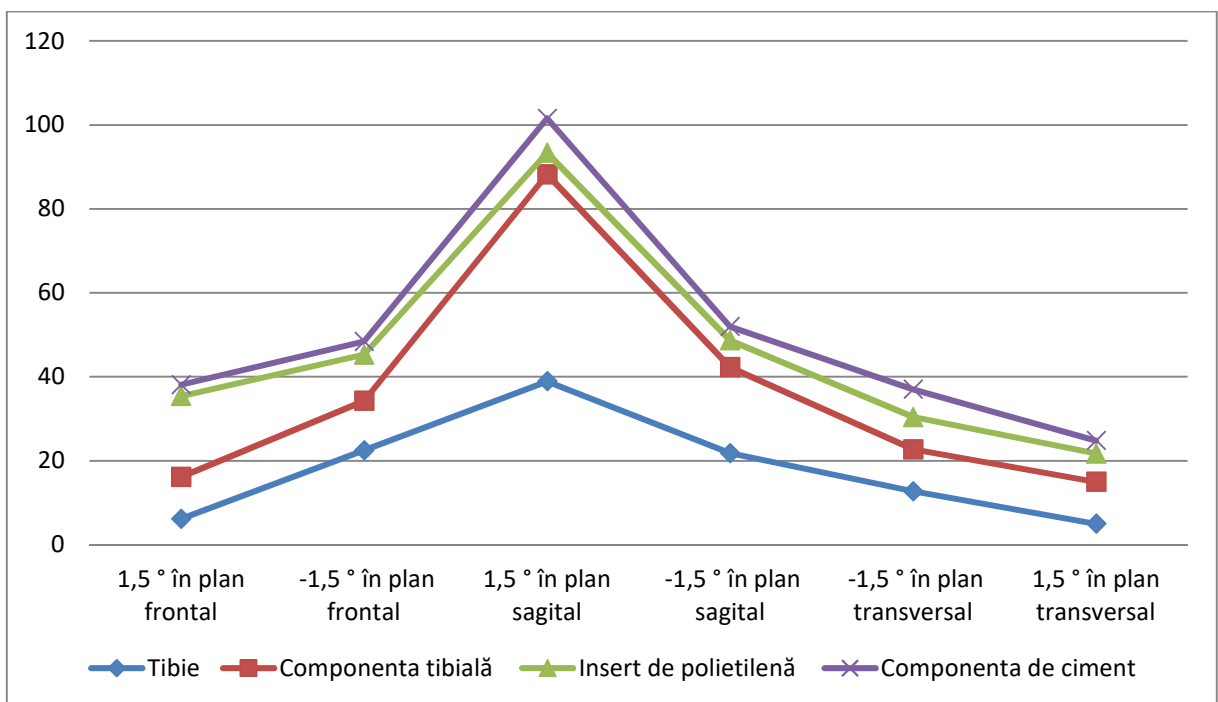
Analizând geometria osoasă individuală a fiecărui pacient înainte de rezecție, chirurgul poate determina poziționarea potrivită a fiecărei componente, reducând astfel riscurile de malpoziționare și implicit malrotație a componentei tibiale.

Totuși trebuie menționat că aceste calcule au fost efectuate în condițiile unui indice de masă coroporal (IMC) normal și a unei tibii fără deformări osoase anterioare. Aceste mențiuni sunt

relevante în contextul implementării pe viitor a tehnicii prin element finit ca planificare pre-operatorie.



Grafic 9.1 Deformații echivalente în toate cele 3 planuri cu valorile aferente fiecărei componente



Grafic 9.2 Tensiuni echivalente în toate cele 3 planuri cu valorile aferente fiecărei component

Contribuție personală și originalitate

În cadrul actualei tezei a fost abordată tema rotației componentei tibiale și actualele probleme legate de aprecierea acesteia. Este cunoscută în literatura de specialitate absența unui protocol exact de măsurare a rotației componentei tibiale. Un protocol este dificil de realizat, deoarece morfologia tibiei variază foarte mult și un reper anatomic fix este dificil de determinat, în ciuda descoperirii a multiple repere anatomice atât intra-articulare cât și extra-articulare.

De-a lungul timpului, utilizându-se diferite repere anatomice pentru orientarea componentei tibiale, totuși 20% din pacienții cu artroplastie totală de genunchi nu sunt satisfăcuți, aproximativ 10% tocmai din cauza malrotației omponentei tibiale.

Simularea a două valori (una pozitivă și cealaltă negativă) demonstrează în toate cele trei planuri importanța poziționării optime a componentei tibiale. Astfel se reduce tensiunea și deformația la nivelul celor mai frecvente structuri sollicitate (în primul rând osul subiacent componentei protetice și ulterior componenta de polietilenă și stratul de ciment), enumerate în funcție de gradul de uzură mai rapid al fiecăreia.

Analiza elementului finit este din ce în ce mai des utilizată în ortopedie, iar introducerea acestei metode ca planificare pre-operatorie este inovativă.

Beneficiul de a instrui medicii ortopezi pentru a-și efectua propriul studiu prin analiza elementului finit în funcție de fiecare pacient pentru poziționarea componentei tibiale, poate aduce rezultate superioare tehnicilor actuale.

A fost elaborat inițial un model virtual 3D al unei proteze totale de genunchi folosind modelarea parametrizată ABAQUS (acest studiu a fost făcut în colaborare cu Prof. Univ. Dr. Ing Pascu Adrian Marius și Prof. Univ. Dr. Ing. Oleksik Valentin - Ștefan, membrii ai departamentului de Mașini și Echipamente industriale, în cadrul Facultății de Inginerie, Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu).

Ulterior, au fost create modele virtuale 3D distincte ale ansamblului articulației genunchi-proteză ce includ următoarele componente: tibie, componentă tibială, insert de polietilenă și stratul de ciment. Pentru aceste componente, s-a efectuat discretizarea separată a acestora și au fost rulate în total 7 analize statice cu elemente finite (toate la 1000N). Pentru toate cele

7 analize cu MEF în ABAQUS au fost obținute tensiuni, deformații și hărțile deplasărilor (în cazul tibiei).

Pentru cele 7 analize statice cu element finit, s-au obținut valorile maxime ale tensiunilor, deformațiilor și deplasărilor în cadrul simulărilor la rezecția în plan perpendicular pe axa mecanică a tibiei (valoare unghi 0°), valori de $1,5^\circ$ și $-1,5^\circ$ în planul frontal, sagital și transversal, analize dezvoltate separat în cadrul capitolelor 6, 7, 8).

Prin simularea variată a unor unghiuri conforme morfologiei tibiei oricărui pacient, se pot obține rezultate personalizate ale poziției optime a componentei tibiale, ceea ce determină creșterea longevității utilizării implantului.

Implementarea analizei elementului finit ca procedeu standard în cadrul planificării pre-operatorii este benefică din punct de vedere al eficienței, diminuând timpul intra-operator de poziționare al componentei tibiale.

Perspective de cercetare

Perspectivile viitoare de cercetare au în vedere următoarele aspecte :

- Analiza dinamică cu elemente finite a comportamentului noului genunchi protezat, în perioada unui ciclu complet de mers
- În cadrul simulării să fie introduse componenta femurală și femurul pentru a determina alinierea optimă a componentelor protetice
- Implementarea în spitale a softurilor de element finit și antrenarea medicilor ortopezi în efectuarea analizei elementului finit ca planificare pre-operatorie în artroplastia totală de genunchi
- Simularea pre-operatorie, în toate cele 3 planuri a rezecției tibiale proximale la diferite unghiuri (fie prestabilite sau stabilite de către chirurgul ortoped) în vederea implantării componentei tibiale, în funcție de particularităților pacientului și ale genunchilor respectivi
- Confecționarea ghidurilor personalizate în funcție de valorile obținute prin metoda elementului finit
- În vederea scurtării timpului de planning și intra-operator se sugerează utilizarea elementului finit și în vederea implantării componentei femurale pentru optimizarea alinierii corecte în toate planurile, a întregului genunchi protezat

Bibliografie selectivă

1. **Popescu R.**, Haritinian E.G., Cristea S., Methods of intra- and post-operative determination of the position of the tibial component during total knee replacement, *International Orthopaedics*, vol.44 (1), pag.119-128, 2020

2. **Popescu R.**, Haritinian E.G., Cristea S., Relevance of finite element in total knee arthroplasty – literature review, *Chirurgia*, vol.114 (4), pag.437-442, 2019

3. Soong J.W., Silva A.N., Tan H.C.A., Disruption of quadriceps tendon after total knee arthroplasty: case report of four cases, *Journal of Orthopaedic Surgery*, vol.25 (2), pag.1-7, 2017

4. Hirtler I., Lübbers A., Rath C., Vascular coverage of the anterior knee region – an anatomical study, *Journal of Anatomy*, vol.235, pag.289-298, 2019

5. Mora J.C., Przkora R., Cruz-Almeida Y., Knee osteoarthritis: pathophysiology and current treatment modalities, *Journal of Pain Research*, vol.11, pag.2189-2196, 2018

6. Guo Q., Wang Y., Xu D., Nossent J., Pavlos N.J., Xu J., Rheumatoid arthritis: pathological mechanism and modern pharmacologic therapies, *Bone Research*, vol.6, pag.15, 2018

7. Postler A., Lützner C., Beyer F., Tille E., Lützner J., Analysis of total knee arthroplasty revision causes, *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 19, pag. 55, 2018

8. Dall'Oca C., Ricci M., Vecchini E., N.Giannini, Lamberti D., Tromponi C., Magnan B., Evolution of TKA design, *Acta Biomedica*, vol.88 (Suppl 2.), pag.17-31, 2017

9. Riviere C., F.Iranpour, Auvinet E., Howell S., Vendittoli P.-A., Cobb J., Parratte S., Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review, *Orthopaedics & Traumatology: Surgery and Research*, vol.103 (7), pag.1047-1056, 2017

10. Drexler M., Backstein D., Studler U., Lakstein D., Haviv B., Schwarzkopf R., Rutenberg T.F., Warschawski Y., Rath E., Kosashvili Y., The medial border of the tibial

tuberosity as an auxiliary tool for tibial component rotational alignment during total knee arthroplasty (TKA), *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, vol. 25 (6), pag.1736 – 1742, 2017

11.Saffarini M., Nover L., Tandogan R., Becker R., Moser L.B., Hirschmann M.T., Indelli P.F., The original Akagi line is the most reliable: a systematic review of landmarks for rotational alignment of the tibial component in TKA, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, vol. 27(4), pag. 1018-1027, 2018

12.Hanada M., Furuhashi H., Matsuyama Y., Investigation of the control of rotational alignment in tibial component during total knee arthroplasty, *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology*, vol. 29 (6), pag.1313-1317, 2019

13.Ohmori T., Kabata T., Yoshimoto K., Inoue D., Taga T., Yamamoto T., Takagi T., Yoshitani J., Ueno T., Ueoka K., Tsuchiya H., A proposed new rotating reference axis for the tibial component after proximal tibial resection in total knee arthroplasty, *Plos One*, vol.13 (12), pag. e0209317, 2018

14.Tiftikçi U., Serbest S., Burulday V., Can Achilles tendon be used as a new distal landmark for coronal tibial component alignment in total knee replacement surgery? An observational MRI study, *Therapeutics and Clinical Risk Management*, vol.13, pag.81-86, 2017

15.Ma Y., Mizu-uchi H., Ushio T., Hamai S., Akasaki Y., Murakami K., Nakashima Y., Bony landmarks with tibial cutting surface are useful to avoid rotational mismatch in the total knee arthroplasty, *Knee Surgery, Sports traumatology, Arthroscopy*, vol. 27 (5), pag. 1570-1579, 2019

16.Jones C. W., Jerabek S.A., Current role of computer navigation in total knee arthroplasty, *The Journal of Arthroplasty*, vol.33 (7), pag.1989-1993, 2018

17.Kayani B., Haddad F.S., Robotic total knee arthroplasty (clinical outcomes and directions for future research), *Bone & Joint Research*, vol.8, pag.438-442, 2019

18.Ren Y., Cao S., Wu J., Weng X., Feng B., Efficacy and reliability of active robotic-assisted total knee arthroplasty compared with conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis, *Postgraduate Medical Journal*, vol.0, pag.1-9., 2019

19.Kayani B., Konan S., Tahmassebi J., Pietrzak J.R., Haddad F.S., Robotic-arm assisted total knee arthroplasty is associated with improved early functional recovery and reduced time to hospital discharge, compared with conventional jig-based total knee arthroplasty (a prospective cohort study), *The Bone & Joint Journal*, vol.100-B, pag.930-937, 2018

20.Kim Y.-H., Yoon S.-H., Park J.-W., Does robotic-assisted TKA result in better outcome scores or long-term survivorship than conventional TKA? A randomized, controlled trial, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 478 (2), pag.266-275, 2020

Lista cu lucrările științifice publicate

Articole publicate de autor

1. **Popescu R.**, Haritinian E.G., Cristea Ș., Relevance of finite element in total knee arthroplasty – Literature Review, Chirurgia, vol.114 (nr.4), pag. 437 – 442, 2019
<https://www.revistachirurgia.ro/pdfs/?art=2019-4-437.pdf&EntryID=1970>
2. **Popescu R.**, Haritinian E.G., Cristea Ș., Methods of intra- and post-operative determination of the position of the tibial component during total knee replacement, International Orthopaedics, vol.44 (nr.1), pag. 119-128, 2020
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00264-019-04424-9>