



**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
DIN CRAIOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ**



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

ANALIZA STABILITĂȚII MECANICE A IMPLANTURILOR FOLOSITE ÎN RECONSTRUCȚIA DEFECTELOR OSOASE ACETABULARE POST ARTROPLASTIE TOTALĂ DE ȘOLD

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
PROF. UNIV DR. RĂDUCU NICOLAE NEMEȘ**

**STUDENT-DOCTORAND:
DANIEL COSMIN CĂLIN**

Craiova 2020



**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
DIN CRAIOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ**



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

ANALIZA STABILITĂȚII MECANICE A IMPLANTURILOR FOLOSITE ÎN RECONSTRUCȚIA DEFECTELOR OSOASE ACETABULARE POST ARTROPLASTIE TOTALĂ DE ȘOLD

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
PROF. UNIV DR. RĂDUCU NICOLAE NEMEȘ**

**STUDENT-DOCTORAND:
DANIEL COSMIN CĂLIN**

Craiova 2020

CUPRINS

CAPITOLUL 1. Elemente de anatomie descriptivă ale articulației coxofemorale	3
1.1 Articulația șoldului	3
1.2.1 Cavitata cotiloidiană	3
1.2.2 Epifiza superioară a femurului	3
1.2.3 Mijloace de unire în articulația coxofemorală	3
1.2.3.1 Capsula articulară	3
1.2.3.2 Ligamentele pericapsulare	3
1.2.3.3 Ligamentul rotund al capului femural	4
1.2.4 Presiunea atmosferică	4
1.3 Aparatul muscular al șoldului	4
1.4 Inervația șoldului	5
1.5 Sistemul vascular	5
1.5.1 Sistemul arterial	5
1.5.2 Sistemul venos	5
CAPITOLUL 2 – Planningul artroplastiei primare de șold	7
2.1 Evaluarea și pregătirea preoperatorie a pacientului	7
2.2 Evaluarea imagistică	7
2.3 Tehnica de implantare a unei proteze primare	9
2.3.1 Căile de abord în artroplastia de șold	9
2.4 Tipuri de artroplastie	9
CAPITOLUL 3 - Loosening-ul protezei totale de șold. Boala de particule. Granulomul inflamator	11
3.1 Etapizarea bolii de particule	12
CAPITOLUL 4 – Clasificarea defectelor osoase acetabulare. Soluții de reparare a acestora.	15
4.1 Soluții tehnice în funcție de defectele acetabulare (clasificarea Paprosky)	20
Capitolul 5 - Cercetarea clinică și statistică în revizia protezei de șold	23
Capitolul 6 - Realizarea unor montaje ortopedice de revizie a șoldului	29
6.1 Material și metodă	29
6.2 Realizarea unui montaj ortopedic de revizie cu augment din titan	30

6.3 Realizarea unui montaj ortopedic standard de referință	33
6.4 Realizarea unui montaj ortopedic cu grefă osoasă structurală	35
6.5 Realizarea unui montaj ortopedic cu grefă osoasă morcelată și plasă de reconstrucție	36
Capitolul 7 - Testarea experimentală a montajelor ortopedice de revizie a șoldului	41
7.1 Material și metodă	41
7.1.1 Material	41
7.1.2 Metodă	44
7.2 Testarea experimentală a montajului ortopedic de revizie cu augment din titan	45
7.3 Testarea experimentală a montajului ortopedic de revizie standard de referință	46
7.4 Testarea experimentală a montajului ortopedic cu grefă osoasă structurală	48
7.5 Testarea experimentală a montajului ortopedic cu grefă osoasă morcelată și plasă de reconstrucție	50
Capitolul 8 - Modelul virtual al articulației întregre a șoldului	53
8.1 Material și metodă	53
8.1.1 Material	53
8.1.2 Metode	57
8.2 Scanarea tridimensională a unui os pelvian	58
8.3 Modelul virtual al osului pelvian	60
8.4 Modelul virtual al osului sacru	66
8.5 Modelul virtual al femurului	66
8.6 Modelul virtual al articulației întregre a șoldului	68
Capitolul 9 - Testarea virtual experimentală a montajelor ortopedice de revizie a șoldului pentru încărcarea mersului normal	69
9.1 Material și metodă	69
9.1.1 Material	69
9.1.2 Metodă	69
9.2 Testarea virtual experimentală a articulației întregre a șoldului pentru încărcarea mersului normal	70
9.3 Testarea virtual experimentală a articulației șoldului	74

cu montaj ortopedic de revizie cu augment din titan pentru încărcarea mersului normal	
9.4 Testarea virtual experimentală a articulației șoldului cu montaj ortopedic de revizie standard de referință pentru încărcarea mersului normal	78
9.5 Testarea virtual experimentală a articulației șoldului cu montaj ortopedic de revizie cu grefă osoasă structurală pentru încărcarea mersului normal	81
9.6 Testarea virtual experimentală a articulației șoldului cu montaj ortopedic de revizie cu grefă osoasă morcelată și plasă de reconstrucție pentru încărcarea mersului normal	84
Capitolul 10 - Discuții, concluzii și contribuții originale	89
10.1 Discuții	89
10.2 Concluzii	91
10.3 Contribuții originale	93
Bibliografie	99
Anexa 1 - Publicații in extenso	A1-1

Cuvinte cheie: revizia protezei de șold, model virtual, articulația șoldului, implant ortopedic, analiză cu elemente finite, comportament mecanic, mediu virtual parametrizat

Analiza stabilității mecanice a implanturilor folosite în reconstrucția defectelor osoase acetabulare post artroplastie totală de șold

Rezumat

Articulația șoldului, din punct de vedere mecanic, este de tip sferoidal care permite rotații pe cele trei axe de mișcare, având un rol important în statica și locomoția corpului uman.

Patologia șoldului care necesită o proteză arată o modificare a morfologiei articulare. Printre cele mai frecvente boli în practica medicală care au ca soluție terapeutică finală artroplastia de șold sunt coxartroza primară și secundară, urmată de afecțiuni traumatiche, fractura femurală și pseudartroza a gâtului femural, stadiul final al necrozei capului femural aseptice, precum și artrita reumatoidă sau spondilita anchilozantă.

Tratamentul patologiei șoldului a evoluat în ultimele două secole, de la proceduri chirurgicale rudimentare la artroplastia modernă a șoldului, cu o explozie marcată în ultimii 30 de ani, considerată una dintre cele mai de succes operații până în prezent. Artroplastia șoldului este o provocare permanentă datorită dorinței de a descoperi „proteza supremă”, pentru care competiția este încă deschisă.

Artroplastia endoprotetică poate fi definită ca o intervenție chirurgicală reconstructivă cu sacrificarea osoasă și înlocuirea protetică a componentelor articulare.

Aspecte particulare apar totuși la revizia protezei de șold. Pe lângă dislocarea protezei, se observă regresii osoase în zona acetabulară, mărirea zonei de contact a cupei protezei, absențele osoase, fisuri ale osului pelvian. Din acest motiv, intervenția chirurgicală pentru refacerea articulației șoldului, în aceste situații speciale, este supusă unor provocări suplimentare. De asemenea, aceste intervenții sunt de obicei efectuate la pacienții vârstnici și

pentru refacerea elementelor metalice suplimentare ale protezei se folosesc tehnici speciale.

Există mai multe metode de protezare și, evident, mai multe tehnici chirurgicale de revizie. Interesul principal al acestui studiu a fost să se identifice acea metodă de revizie a protezei de șold care păstrează cât mai mult material osos și care are rezistență mecanică similară.

Analizând tehnicile, metodele și modelele obținute în prezenta teză de doctorat au fost subliniate următoarele observații:

- Componentele protezelor și a sistemelor de revizie sunt parametrizate, astfel încât acestea pot fi adaptate la diverse dimensiuni antropologice;
- Prin atașarea acestor sisteme de revizie la componente virtuale osoase, pot fi obținute diferite analize "in vitro".
- Aceste modele pot fi folosite în diferite teste și experimente reale sau virtuale;

Studiile prezentate în prezenta teză de doctorat au avut, în linii mari, trei direcții:

- un studiu clinic și statistic realizat pe un lot de 23 de pacienți;
- un studiu experimental care a constatat în realizarea a patru montaje ortopedice de revizie și testarea rezistenței mecanice a acestora;
- un studiu virtual-experimental care a analizat comportamentul celor patru montaje de revizie și a articulației neprotezate, atunci când încărcările sunt similare mersului normal, folosind metoda elementelor finite. La aceste simulări și analize s-au utilizat tehnici inovative, prin care, geometria componentelor osoase a fost obținută din imagini tomografice preluate de la pacienți reali.

Studiind și analizând valorile forțelor la care au cedat cele patru montaje ortopedice de revizie se pot contura următoarele concluzii și observații:

- montajul standard de referință a fost cel mai rezistent, acesta cedând la o valoare a forței de 1850 Kgf, adică 18148 N;

- montajul cu grefă structurală a fost cel mai puțin rezistent, iar forța la care aceasta a cedat a fost de 1680 Kgf, adică 16480 N;
- montajul cu grefă morcelată și plasă de reconstrucție a cedat la forța de 1790 Kgf, adică 17560 N, valori foarte apropiate de valoarea maximă a forței;
- studiind valorile forțelor obținute la cedarea celor patru montaje s-a constatat că, între valoarea cea mai mică a forței și cea mai mare este de doar 170 Kgf. Această constatare permite să se enunțe concluzia că, toate cele patru montaje asigură o rezistență suficient de bună.

Analizând valorile maxime obținute la cele cinci simulări folosind metoda elementelor finite, se pot extrage următoarele concluzii:

- cele mai mari valori ale deplasărilor s-au obținut în cazul articulației integrale a șoldului, iar cele mai mici s-au observat la montajul standard de referință;
- deformațiile maxime s-au obținut la articulația integră a șoldului, iar cele mai mici în cazul montajului standard de referință;
- tensiunile cele mai mari s-au observat la montajul cu grefă structurală, iar cele mai mici în cazul articulației integrale a șoldului;
- Valorile mari ale deformațiilor și deplasărilor indică faptul că articulația integră a șoldului este mai elastică decât șoldul protezat;
- Analizând zonele și suprafețele mai tensionate de la cele patru montaje de revizie, tensiunile maxime se regăsesc pe elementele de protezare, iar componentele osoase care sunt în contact cu acestea sunt mai puțin tensionate;
- Dacă se studiază diagramele comparative ale forțelor de rupere și a tensiunilor din cele patru montaje ortopedice de revizie se constată că, montajul cu grefă structurală este cel mai tensionat și, în consecință a cedat la forța cea mai mică, ceea ce validează cele două studii (virtual și experimental).

De asemenea, au fost subliniate și următoarele concluzii generale:

- folosind metodele CAD și FEM, sistemele biologice foarte complicate pot fi modelate și simulate;
- modelele virtuale propuse în această lucrare au fost validate experimental;

- metodele de analiză cu elemente finite, cuplate cu reconstrucția virtuală din imagini CT sau RMN și cu metode de inginerie inversă, deschid calea inovării sistemelor ortopedice personalizate pentru fiecare pacient.

În Capitolul 1, denumit "Elemente de anatomie descriptivă ale articulației coxofemorale" a fost prezentată, în general, anatomia acestei articulații importante a sistemului locomotor uman, S-au descris epifiza superioară a femurului, capsula articulară, ligamentele pericapsulare, ligamentul rotund al capului femural. De asemenea, s-au detaliat aparatul muscular al șoldului, inervația șoldului și sistemul vascular.

În Capitolul 2, denumit "Planningul artroplastiei primare de șold" s-au descris, mai întâi, evaluarea și pregătirea preoperatorie a pacientului și evaluarea imagistică. În continuare, s-a detaliat tehnica de implantare a unei proteze primare cu căile de abord în artroplastia de șold, apoi tipurile de artroplastie.

În Capitolul 3, denumit " Loosening-ul protezei totale de șold. Boala de particule. Granulomul inflamator", la început, s-a definit termenul de Loosening numit, uneori, pierdere sau decimentare. Ulterior, s-a detaliat, boala de particule, etapizarea acesteia și diferite aspecte histologice. S-a descris și granulomul inflamator.

În Capitolul 4, denumit "Clasificarea defectelor osoase acetabulare. Soluții de reparare a acestora", pentru început, s-au evidențiat, cauzele deficitului osos care constau în intervenția primară, migrarea implanturilor și osteoliza indusă de boala de particule. Apoi, s-au detaliat clasificările AAOS, și Paprosky și s-au explicat obiectivele reviziei acetabulare adică, refacerea anatomiei locale astfel încât să obținem o stabilitate primară, refacerea centrului de rotație al șoldului și asigurarea unui mers simetric. În final, s-au detaliat soluțiile tehnice de refacere a articulației, în funcție de defectele acetabulare.

În Capitolul 5, denumit "Cercetarea clinică și statistică în revizia protezei de șold" s-a analizat și studiat un lot de 23 pacienți internați și operați

în Clinica de ortopedie a Spitalului Clinic județean de Urgență Craiova într-un interval de 8 ani (2007-2011). Folosind metodele statisticii medicale s-au studiat și analizat diferite criterii de prevalență cum ar fi: vârsta și sexul, tipul de defect osos după clasificarea Paprosky, soluții reparatorii osoase, cantitatea de sânge pierdută în timpul intervenției chirurgicale, numărul de zile de spital, comorbiditățile pacienților, dar și alte criterii care s-au considerat importante.

În Capitolul 6, denumit "Realizarea unor montaje ortopedice de revizie a șoldului" s-au recreat, folosind componente osoase prelevate de la animal și elemente de protezare reale și folosind instrumentar specific, patru montaje utilizate la revizia șoldului cum ar fi:

- montaj de revizie cu augment de titan;
- montaj de revizie standard de referință;
- montaj de revizie cu grefă structurală;
- montaj de revizie cu grefă morcelată și plasă de reconstrucție.

În capitolul 7, numit "Testarea experimentală a montajelor ortopedice de revizie a șoldului", pentru început s-au descris dispozitivele și metodele aplicate pentru testare. De asemenea, a fost proiectat și modelat un dispozitiv de fixare a acestor montaje care a fost realizat practic. Folosind acest dispozitiv prin care montajele ortopedice au fost fixate pe o mașină universală de testare au fost obținute forțele la care aceste sisteme ortopedice au cedat din punct de vedere mecanic. Datele au fost organizate și analizate.

În Capitolul 8, denumit "Modelul virtual al articulației integre a șoldului" s-au descris, pentru început, instrumentele hardware și software utilizate. De asemenea, au fost identificate principalele metode prin care se pot obține componente osoase virtuale pornind de la imagini tomografice. S-au utilizat tehnici și metode inovative prin care, pornind de la nuanțele de gri ale diferitelor țesuturi din tomografii, s-au obținut, pentru început, geometrii primare ale componentelor osoase. Prin diferite tehnici software, aceste geometrii primare au fost transformate în solide virtuale. În final, componentele

osoase virtuale compuse din solide virtuale au fost asamblate și s-a obținut modelul virtual al articulației șoldului integrului uman.

În Capitolul 9, numit "Testarea virtuală experimentală a montajelor ortopedice de revizie a șoldului pentru încărcarea mersului normal" s-au expus, mai întâi, tehnicile și metodele utilizate pentru a obține comportamentul mecanic a celor patru montaje ortopedice de revizie, dar și pentru șoldul uman integrului. Aceste modele virtuale, preluate dintr-un mediu CAD au fost importate într-un program de analiză cu elemente finite. În acest program, s-au stabilit, mai întâi, materialele necesare și proprietățile lor fizico-mecanice. Apoi, modelele au fost divizate în elemente finite de formă tetraedrală, s-au stabilit constrângerile impuse și încărcările specifice mersului uman obișnuit. În final, pentru cele cinci situații, s-au rulat aplicațiile și s-au obținut hărți de rezultate.

În Capitolul 10, denumit "Discuții, concluzii și contribuții originale" s-au expus mai multe aspecte importante care au reieșit din studiile expuse în lucrarea de față, scoțând în evidență elementele originale ale tezei.

Din analiza conținutului capitolelor prezentei lucrări de doctorat se evidențiază, cel puțin, următoarele elemente originale:

- studiul, analiza și realizarea practică a unor montaje ortopedice de revizie a șoldului folosind elemente osoase de natură animală;
- proiectarea, modelarea și realizarea practică a unui dispozitiv original care permite fixarea și orientarea montajelor de revizie pentru testarea experimentală;
- utilizarea, în mod original, a unor dispozitive și tehnici experimentale folosite în inginerie pentru obținerea datelor experimentale pentru montajele de revizie;
- folosirea unor metode și tehnici specifice ingineriei, în mod original, pentru obținerea unor modele tridimensionale ale montajelor de revizie studiate și analizate;
- cuplarea, într-un mod original, a tehnicilor de imagistică medicală cu metode de reconstrucție și modelare tridimensională;

- utilizarea unor echipamente și programe de înaltă performanță pentru modelarea tridimensională și pentru analiza cu metoda elementelor finite a montajelor ortopedice de revizie;
- cuplarea metodelor experimentale cu cele virtual-experimentale pentru validarea reciprocă;
- marea majoritate a figurilor, imaginilor, tabelelor, graficelor, diagramelor, hăților de rezultate sunt originale;
- achiziția, stocarea, integrarea, interpretarea, într-un mod original a datelor virtual-experimentale.

Din analiza sistemelor ortopedice de revizie a protezei de șold s-a constatat că montajul ortopedic cu greșă osoasă morcelată și plasă de reconstrucție asigură, atât o rezistență primară bună, dar și o durabilitate a montajului. De asemenea, se asigură reconstrucția cavității acetabulare și integrarea totală a greșei prin refacerea anatomiei locale, țesutul osos integrat fiind viabil și, astfel, capabil să reziste solicitărilor zilnice. Aceste concluzii au fost validate, atât prin testarea experimentală, dar și prin metoda de analiză cu elemente finite, utilizând încărcarea specifică mersului uman normal.

Această teză de doctorat, încearcă să aducă în prim plan situațiile patologice complicate care apar datorită cedării protezelor de șold și înlocuirea acestora cu elemente de protezare de revizie. De asemenea, au fost analizate diferite variante și soluții care să asigure o recuperare rapidă a pacientului, cu sacrificare minimă a materialului osos. S-a evidențiat montajul cu greșă morcelată și plasă de reconstrucție care are toate elementele să devină o soluție de remarcă.