

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA  
ÎN COLABORARE CU  
UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE "VICTOR BABEȘ",TIMIȘOARA

# Contribuții la conceperea și realizarea endoprotezelor de șold

Rezumatul tezei de doctorat

Autor:  
Ing. Ovidiu Mihai Ghiba

Conducători științifici:  
Prof.Dr.Ing. Octavian Gligor - UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA

Prof. Dr. Horia Vermeșan - UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE "VICTOR  
BABEȘ",TIMIȘOARA

Timișoara 2011

## Rezumat

Noua abordare a sănătății publice, orientată spre prevenire, educație și tratament, impune totodată integrarea medicinei cu ingineria medicală, în contextul dezvoltării spre o societate europeană având ca deziderat îmbunătățirea calității vieții.

În societatea modernă, afecțiunile și traumatismele scheletului osos uman reprezintă o problemă majoră de sănătate publică. Incidența acestora depinde de factori socio-economici și culturali, constituind cauza unor diferite tipuri de invalidități, uneori permanente sau chiar a deceselor posttraumatice.

Artroplastia de șold este o intervenție chirurgicală ortopedică ce are drept scop restabilirea funcționalității articulației coxo-femorale deteriorate de un proces patologic oarecare. Conform Registrului Național de Endoprotezare, operația de endoprotezare a articulației șoldului este cea mai des întâlnită în România, în anii 2008 și 2009 înregistrându-se peste 8700 de operații primare și peste 450 revizii, numărul cazurilor scăzând semnificativ în anul 2010 datorită condițiilor economice.

Endoprotezarea șoldului, atât cu proteze parțiale, cât și cu proteze totale în cazul coxartrozei avansate, reprezintă un aspect de maximă importanță, atât datorită ponderii mari a acestei patologii, cât și gravelor posibilități de evoluție.

Pe plan mondial în domeniul implantologiei, în general, precum și în domeniile complementare, sunt elaborate numeroase studii teoretice și aplicative pentru conceperea și realizarea de noi implanturi, proteze, dispozitive de fixare externă și instrumente necesare pentru intervențiile chirurgicale, precum și noi tehnici chirurgicale.

Alegerea temei prezentei teze de doctorat se datorează în primul rând importanței pe care o are pe plan mondial tratamentul chirurgical de endoprotezare a șoldului, dar și colaborării dintre colectivul de Inginerie medicală din Baza de cercetare cu utilizatori multipli CMPICSU din Universitatea Politehnica din Timișoara și Clinica de Otopenie și Traumatologie nr. 1 din Timișoara.

Astfel, principalele obiective vizate de această teză de doctorat au urmărit următoarele aspecte:

- Pornind de la materialul bibliografic existent, să se realizeze un studiu complex referitor la stadiul actual al cercetării în domeniul endoprotezării șoldului, prin identificarea principiilor și metodelor de protezare, a biomaterialelor folosite pentru realizarea endoprotezelor, a tehnologiilor moderne de fabricație, dar, mai ales, a tendințelor actuale referitoare la noile tipuri de endoproteze, urmărind atât osteointegrarea acestora, cât și funcționalitatea pe termen lung;
- Folosind tehnici CAD de modelare geometrică și reconstrucții 3D, să se modeleze articulația coxofemurală în vederea conceperii unor implanturi personalizate;
- Analiza comportamentului biomecanic al articulației șoldului, cu și fără endoproteză, folosind metoda elementului finit;
- Analiza diferitelor tipuri de structuri lattice care pot fi folosite în implantologie, a caracteristicilor geometrice ale acestora, dar mai ales a comportamentului mecanic al unor endoproteze de șold care au integrate astfel de structuri în coada tijei;
- Proiectarea și realizarea prin tehnologii de prototipare rapidă a unor epruvete de structuri lattice și analiza comparativă a acestora;
- Proiectarea și analiza numerică a unor endoproteze cu structuri lattice integrate în tija acestora, urmărind atât aspectele geometrice, cât și comportamentul biomecanic al acestora;
- Validarea modelelor concepute prin prototiparea acestora folosind tehnologii de prototipare rapidă;

- Evaluarea recuperării unor pacienți cu endoproteze, atât pe baza datelor clinice, cât și folosind sisteme instrumentate de analiză a mersului și a distribuției presiunii plantare.

Conținutul tezei se întinde pe 236 pagini și are o structură organizată pe șapte capitole dintre care două sunt preponderent de sinteză bibliografică, patru conțin studiile întreprinse, iar ultimul este de contribuții și direcții viitoare de cercetare, toate fiind precedate de prezenta introducere. Teza mai cuprinde și o listă bibliografică ce conține un număr de 265 titluri, majoritatea cu dată recentă.

**Capitolul 1: Stadiul actual în domeniul artroplastiei de șold** este structurat pe opt subcapitole. Primul subcapitol prezintă un studiu sintetizat privind istoricul artroplastiei și are ca scop cunoașterea principalele inovații aduse în acest domeniu de-a lungul anilor.

Urmează *subcapitolul 1.2* în care este realizată o clasificare originală a endoprotezelor existente pe piață ținând cont de mai multe aspecte. Era nevoie de o astfel de clasificare deoarece în literatura de specialitate nu există una așa de completă ca cea prezentată cât și pentru a putea încadra mai ușor endoprotezele proiectate în capitolul 4. Tot în acest capitol este realizat un studiu bibliografic sintetizat privind design-ul endoprotezelor de șold existente pe piață și a firmelor producătoare. Acest studiu a condus la o mai bună cunoaștere a modelelor de endoproteze coxofemorale existente deja pe piață și la direcțiile de evoluție ale acestora.

Biomaterialele joacă un rol foarte important în această teză și sunt tratate în *subcapitolul 1.3*. Acest subcapitol prezintă un studiu bibliografic sintetizat al principalelor clase de biomateriale, caracteristici ale acestora și problemele care pot apărea la diferite tipuri de biomateriale. De asemenea, a mai fost întocmită și o clasificare a endoprotezelor de șold în funcție de biomaterialele folosite la realizarea componentelor acestora.

În prezent nu mai sunt agreate endoprotezele cu coadă lustruită fixate cu ciment, ci cele cu diferite depuneri pe suprafețe fixate prin presare. Pentru a cunoaște principalele tipuri de depuneri utilizate a fost realizat un studiu al principalelor tipuri de astfel de acoperiri în *subcapitolul 1.4*.

Exista mai multe tehnologii de realizare a endoprotezelor. Pentru a le cunoaște pe cele mai noi cât și limitările design-ului care se poate realiza cu fiecare în parte, a fost realizat un studiu al acestora în *subcapitolul 1.5*. Pe lângă prezentarea unor principii generale ale mașinilor CNC, studiul prezintă și aspecte legate de tehnologiile de prototipare rapidă în care sunt expuse principiile de funcționare a celor mai utilizate tipuri de astfel de mașini în domeniul studiat. Principiile de funcționare sunt explicate prin intermediul unor scheme de funcționare.

Metodele de testare a endoprotezelor de șold au fost studiate în *subcapitolul 1.6* cu scopul de a cunoaște performanțele mecanice care trebuie îndeplinite de acestea.

În *subcapitolul 1.7* sunt studiate tipurile de uzură a endoprotezelor de șold, a factorilor care conduc la aceasta și a mecanismelor de producere a uzurii. Acest studiu a avut ca scop înțelegerea tipurilor și procesele de uzură a endoprotezelor.

*Subcapitolul 1.8* prezintă concluziile capitolului 1.

**Capitolul: 2 Studiul anatomiei și fiziologiei articulației coxofemorale** este structurat pe cinci subcapitole și prezintă aspecte legate de anatomia generală și funcțională a articulației coxofemorale, comportamentul biomecanic al acestei articulații și principalele tipuri de fracturi care pot apărea la nivelul acestei articulații. *Subcapitolul 2.1* prezintă un studiu anatomic al oaselor componente articulației coxofemorale și aspecte legate de comportamentul mecanic al țesutului osos cortical și spongios.

În cadrul *subcapitolului 2.2* sunt studiate aspecte legate de limitările mișcării articulației coxofemorale, oasele și mușchii care intră în componența acestora și se continuă cu prezentarea anatomiei funcționale a articulației coxofemorale. Tot în acest subcapitol a fost

întocmit un studiu pe 20 de pacienți dintre care 10 de sex feminin și 10 de sex masculin pentru a scoate în evidență diferența între unghiul CCD întâlnit la sexul feminin și cel masculin.

*Subcapitolul 2.3* înglobează un studiu al comportamentului biomecanic al articulației coxofemorale care a avut ca scop o mai bună înțelegere a valorilor și direcțiilor forțelor care acționează în aceasta. Studiul prezintă calcule prin care se pot determina încărcările din articulația coxofemurală în faza de stând în picioare a mersului lent normal. Utilizând aceste formule, a fost determinată forța de încărcare necesară pentru analiza cu element finit a endoprotezelor personalizate proiectate în capitolul 4. Tot aici sunt studiate metode in vivo de măsurare a distribuției presiunii pe suprafața articulației șoldului. Aceste cunoștințe vor fi utilizate pentru analizele cu element finit ale endoprotezelor proiectate.

În *subcapitolul 2.4* sunt studiate principalele tipuri de fracturi care pot apărea la nivelul articulației șoldului. Cunoașterea tipurilor de fracturi care pot apărea la nivelul articulației coxofemorale, valorile și distribuțiile tensiunilor exercitate în această articulație, cât și a funcționalității acestora pe care endoprotezele trebuie să o redea cât mai bine, a contribuit, în capitolele următoare, la proiectarea unor endoproteze care să ofere performanțe mult mai bune.

*Subcapitolul 2.5* încheie capitolul 2 prin expunerea concluziilor rezultate.

**Capitolul: 3 Modelarea 3D a articulației coxofemorale și analiza stării de tensiune și deformării** este structurat pe trei subcapitole și cuprinde metoda de achiziție și procesare a imaginilor CT utilizate la modelarea 3D și analiza cu element finit a articulației coxofemorale.

Primul subcapitol se referă la reconstrucția 3D a oaselor care compun articulația coxofemurală și a cartilajelor aferente acestora la un pacient aflat în viață. Se prezintă o soluție de poziționare a pacientului în faza de mers sprijin monopodal a mersului lent în timpul investigației CT. Subcapitolul continuă cu prezentarea etapelor succesive de modelare 3D a femurului stâng/drept și cea a osului coxal stâng/drept din imagini CT și a cartilajelor aferente utilizând un program CAD. Un obiectiv important propus în acest subcapitol îl reprezintă investigarea și, după caz, retizarea modelelor 3D astfel încât să poată fi analizate cu element finit în software-ul Ansys Workbench. Acest subcapitol prezintă și o soluție de importare a modelelor 3D în format .igs din software-ul Mimics în SolidWorks.

*Subcapitolul 3.2* prezintă etapele analizei cu element finit a articulației coxofemorale și rezultatele acesteia. Acest subcapitol este esențial pentru cunoașterea stării de tensiune și deformare a articulației.

Capitolul se încheie cu *subcapitolul 3.3* care prezintă concluziile generale.

**Capitolul: 4 Proiectarea și analiza numerică a unor endoproteze de șold** are o structură organizată pe opt subcapitole și nouă sub-subcapitole și vizează modelarea unor endoproteze de șold cu și fără structuri de tip lattice.

În *subcapitolul 4.1* este prezentat un studiu al caracteristicilor geometrice ale tijelor endoprotezelor existente pe piață, punctând avantajele și dezavantajele acestora. Studiul prezintă aspecte legate de secțiunea orizontală și transversală a tijelor cât și de curbura acestora.

În continuare, *subcapitolul 4.2* se referă la o soluție de proiectare și FEA a endoprotezelor personalizate. Pentru început se prezintă procesul de realizare a modelului 3D a femurului din imaginile CT, model care cuprinde și geometria canalului medular. Urmează o soluție de importare a modelelor 3D din programul Mimics în SolidWorks. Diferența între aceasta și cea prezentată în capitolul precedent constă în faptul că modelele au fost salvate în format .txt (nor de puncte) și regenerate în programul SolidWorks. În continuare este prezentat procesul de modelare 3D a trei endoproteze personalizate cu secțiuni diferite. Folosind acest proces, tija a putut fi modelată ținând cont de suprafața canalului medular și a

țesutului osos trabecular. Subcapitolul se încheie prin prezentarea și comentarea cu prezentarea și comentarea rezultatelor evaluării stării de tensiune și deformare a celor trei tije.

*Subcapitolul 4.3* prezintă un studiu sintetizat cu privire la dimensiunile și comportamentul structurilor lattice studiate și fabricate de către alți cercetători.

Următorul *subcapitol* prezintă procesul de modelare a unei tije cu coada lungă și structuri lattice pe o porțiune a acesteia. Se prezintă și o soluție de modelare a structurilor lattice simple. Subcapitolul continuă cu prezentarea unei soluții de calcul pentru determinarea celor trei componente ale forței de încărcare a articulației ținând cont de direcția acesteia indicate în ISO 7206. În încheierea subcapitolului sunt prezentate și discutate stările de tensiune și deformare care apar la nivelul întregii endoproteze cu structură lattice simplă, la nivelul structurii cât și la interfața structură-tijă.

*Subcapitolul 4.5* prezintă soluții de modelare 3D a endoprotezelor cu coada scurtă și structură lattice complexă pe o porțiune mare a acestora. În această direcție sunt studiate avantajele și dezavantajele software-urilor dedicate modelării structurilor lattice complexe și o soluție de modelare a acestora utilizând un software CAD. Prin intermediul soluției CAD sunt modelate unsprezece astfel de endoproteze. Subcapitolul se încheie cu prezentarea și discutarea stărilor de tensiune și deformare care apar la nivelul endoprotezelor cu coada scurtă și structură lattice complexă.

*Subcapitolul 4.6* prezintă o metodă de determinare a modulului Young echivalent al unei structuri lattice utilizând rezultatele unei analize cu element finit.

În *subcapitolul 4.7* este studiat efectul structurilor lattice asupra țesutului osos aflat în creștere.

Capitolul se încheie cu *subcapitolul 4.8* care prezintă concluziile generale.

**Capitolul: 5 Fabricarea structurilor lattice și a endoprotezelor cu tija scurtă** este structurat pe trei subcapitole și două sub-subcapitole și vizează elaborarea unor prototipuri de endoproteze cu și fără structuri lattice.

*Subcapitolul 5.1* prezintă procesul de realizare practică a unor epruvete cu structuri lattice și a tijelor cu structură lattice utilizând mașina FORMIGA P 100. Această mașină există în dotarea Centrului de cercetare CMPICSU, Laboratorul de Microproducție-Fabricație rapidă prin prototipare din cadrul Universității Politehnica din Timișoara. Tot în cadrul acestui subcapitol este determinat un factor de scalare a endoprotezei pe axele x, y și z. Subcapitolul mai prezintă procesul de sablare cu aer a epruvetelor prototipate și un studiul asupra dimensiunilor și greutatei acestora.

În *Subcapitolul 5.2* se prezintă procesul de realizare practică a unei endoproteze de șold cu coada scurtă utilizând tehnologiile de frezare CNC și așchiere clasică. Astfel este prezentat procesul de realizare a cozi endoprotezei utilizând tehnologiile de frezare CNC și a bilei utilizând tehnologiile de așchiere clasică. Subcapitolul continuă cu expunerea procesului de șlefuire și sablare a endoprotezei. Studiul dimensional al porilor rezultați în urma sablării încheie acest subcapitol și a fost realizat prin intermediul microscopului Olympus BX41 M din cadrul Centrului de Micro și Nanoingineria Materialelor și a Structurilor Inteligente din Universitatea Politehnica din Timișoara.

*Subcapitolul 5.3* expune concluziile acestui capitol.

**Capitolul: 6 Tehnici de evaluare a recuperării persoanelor protezate** este structurat pe cinci subcapitole și prezintă în primul subcapitol anamneza a doi pacienți care au fost internați la Clinica I de Ortopedie-Traumatologie a Spitalului Clinic Județean de Urgență Timișoara.

*Subcapitolul 6.2* prezintă evaluarea radiografică a celor doi pacienți.

*Subcapitolul 6.3* prezintă intervenția chirurgicală efectuată pentru implantarea unei endoproteze parțiale la unul dintre cei doi pacienți.

*Subcapitolul 6.4* prezintă procesul de analiză a mișcării și a distribuției presiunii plantare pre-operator și post-operator a pacienților folosind sistemele Zebris CMS-HS și FDM existente în dotarea Laboratorului de Analiză a Mișcării al BCUM CMPICSU din cadrul Universității Politehnica din Timișoara. În urma analizelor au fost generate rapoartele prezentate și comentate în încheierea subcapitolului.

*Subcapitolul 6.5* prezintă concluziile acestui capitol.

**Capitolul: 7 Contribuții și direcții viitoare de cercetare** prezintă contribuțiile autorului și direcțiile viitoare de cercetare.

Această teză reprezintă rezultatul cercetărilor întreprinse de către autor pe parcursul stagiului de doctorat, cu sprijinul științific și logistic al unui număr important de persoane și al mai multor instituții, Universitatea Politehnica din Timișoara, Universitatea de Medicină și Farmacie din Timișoara și Clinica de Otopedie și Traumatologie nr. 1 din Timișoara, cărora le mulțumesc pe această cale.