

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE DIN CRAIOVA

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

VALOAREA TRATAMENTULUI CHIRURGICAL ÎN PSEUDARTROZELE DIAFIZARE DE HUMERUS STUDIU EXPERIMENTAL CU MEF

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Acad. Prof. Univ. Dr. NICOLAE GORUN**

**DOCTORAND:
Dr. POPA RADU**

CRAIOVA 2012

Cuprins

PARTEA GENERALĂ

Istoric	5
Capitolul 1 Anatomia brațului	7
1.1 anatomie descriptivă	7
1.1.1. date generale	7
1.1.2. scheletul brațului	8
1.1.3. mușchii brațului	10
1.1.3.1. Mușchii regiunii anterioare a brațului	11
1.1.3.2. Mușchii regiunii posterioare a brațului	13
1.1.4. fascia brațului	15
1.1.5. vascularizația brațului	15
1.1.6. inervația brațului	20
1.2 anatomie topografică	23
1.2.1. Regiunea brahială anterioară	23
1.2.2. Regiunea brahială posterioară	25
Capitolul 2 Anatomie funcțională	27
Capitolul 3 Examenul brațului normal	36
3.1. Examenul clinic	36
3.1.1. Inspecția	36
3.1.2. Palparea	38
3.2. Examenul radiologic	39
3.2.1. Radiografia de față (A – P)	39

3.2.2. Radiografia de profil	41
3.2.2.1 Radiografia de profil în decubit dorsal	41
3.2.2.2 Radiografia de profil în poziție șezândă	42
Capitolul 4 Pseudartrozele diafizare ale humerusului	43
4.1 Definiție	43
4.2 Clasificare	44
4.3 Etiopatogenie	46
4.4 Rolul vascularizației	49
4.5 Examenul histologic	52
4.5.1. Aspect macroscopic	54
4.5.2. Aspect microscopic	57
4.6 Examen clinic	60
4.7 Examen radiologic	60
4.8 Examen scintigrafic	61
Capitolul 5 Tratamentul pseudartrozelor diafizare de humerus	62
5.1. Indicații	62
5.2. Etape	62
5.3. Căi de abord	63
5.3.1. Calea laterală	63
5.3.2. Calea anterioară	66
5.3.3. Calea posterioară	69
5.3.4. Calea medială	72
5.4. Metode de osteosinteză	75
5.4.1. Osteosinteza cu placă înșurubată	75
5.4.2. Osteosinteza centromedulară	83

5.4.2.1. Osteosinteza anterogradă	84
5.4.2.2. Osteosinteza retrogradă	86
5.4.3. Osteosinteza cu fixator extern	88
5.5. Tratamentul pseudartrozelor septice	90
5.6. Tratamentul pseudartrozelor cu paralizie de nerv radial	92
5.7. Alte tipuri de tratament	92
5.7.1. Stimularea electrică	92
5.7.2. Metode noi de tratament	93
 PARTEA ORIGINALĂ	
Capitolul 6 Studiu clinic	96
Capitolul 7 Studiu experimental	154
7.1. Metodă de lucru	155
7.2. Modelul geometric	156
7.2.1. Modelul geometric pentru humerus	157
7.2.2. Modelul pentru placa de fixare	161
7.3. Modelul cu elemente finite	169
7.4. Condițiile la limită	186
7.5. Rezultate obținute	188
7.5.1. Cazul rezeecției drepte	189
7.5.2. Cazul rezeecției „în trepte“	200
7.5.3. Cazul rezeecției oblice	213
7.6. Concluzii	222
 Concluzii	 225
Bibliografie	230

Cuvinte cheie: pseudartroza, humerus, tratament chirurgical, osteosinteză, metoda elementelor finite.

Din cele mai vechi timpuri chirurgii au fost preocupați de întârzierea sau absența consolidării fracturilor și principiile esențiale de tratament al fracturilor au fost enunțate încă din antichitate. De-a lungul secolelor, au fost imaginate numeroase metode de tratament, în încercarea de a rezolva cu succes aceste complicații nedorite și dificile care pot surveni în tratamentul fracturilor.

La începutul secolului al XX-lea osteosinteza capătă un loc din ce în ce mai important în tratamentul fracturilor și pseudartrozelor. Mijloacele de osteosinteză se dezvoltă apoi rapid, oferind suport variat extrem de util în tratamentul pseudartrozelor.

Lucrarea este structurată în două părți: partea generală și partea originală.

Partea generală este împărțită în 5 capitole iar cea originală în 2 capitole.

Capitolul 1 redă date despre anatomia brațului. Sunt prezentate pe rând scheletul, mușchii, fascia, vascularizația și inervația brațului. Urmează date de anatomie topografică și este demn de menționat faptul că din punct de vedere topografic epifiza superioară a humerusului aparține regiunii umărului, iar epifiza inferioară, regiunii cotului. La rândul său, diafiza prezintă trei segmente: superior, mijlociu și inferior.

Capitolul 2 prezintă anatomia funcțională a brațului. Unitatea cinematică centură scapulară – umăr – braț, dispune de cinci articulații, dintre care trei ale centurii scapulare și două ale umărului.

Cele trei articulații ale centurii scapulare sunt: sternoclaviculară, acromioclaviculară și interscapulotoracică. Umărul prezintă două articulații: una clasică (articulația propriu-zisă a umărului sau articulația scapulo-humerală) și una accesorie (a doua articulație a umărului).

Biomecanica unității cinemate centură scapulară – umăr – braț este deosebit de complexă. Pentru înțelegerea ei este prezentat, pe rând, rolul fiecăreia dintre cele cinci articulații cu tipurile de mișcări și în final, o prezentare completă a mecanismelor însumate care permit efectuarea mișcărilor. Sunt descrise grupurile musculare ale brațului și umărului, împreună cu acțiunile acestora și se subliniază că biomecanica brațului nu poate fi judecată decât în contextul unității cinemate centură scapulară – umăr – braț, unitate ce asigură libertatea de mișcare necesară îndeplinirii cu succes a multiplelor funcții ale membrului superior.

Capitolul 3 este rezervat examenului brațului normal, atât cel clinic cât și cel radiografic.

Aici sunt prezentate tipurile de radiografii, poziția pacientului pentru execuția lor corectă, precum și reperele vizibile pe fiecare incidență.

Capitolul 4 detaliază noțiuni despre tema acestei lucrări: pseudartroza. Sunt expuse pe rând definiția, clasificarea, etiopatogenia, rolul vascularizației, examenul histologic, examenul clinic, radiologic și scintigrafic.

Pseudartroza de humerus se definește ca *absența consolidării fracturii după trecerea intervalului obișnuit de consolidare de 2 – 3 luni de la accident, în condițiile prezenței de mici mișcări anormale și al unui calus radiografic extrem de discret.*

Sunt redate mai multe clasificări, funcție de situația fragmentelor, de mobilitate și distanța dintre fragmente, de vascularizația fragmentelor, starea tegumentelor, precum și clasificarea anatomo-patologică.

Cauzele pseudartrozelor sunt grupate funcție de caracterul traumatismului, starea generală a pacientului, cauze locale și greșeli de tratament.

Vascularizația locală este descrisă în funcție de fazele de consolidare după fractură, subliniind rolul factorilor locali de creștere. În pseudartrozele hipervasculare, care sunt cele mai frecvent întâlnite, stadiul de formare a calusului conjunctiv se constituie normal, dar în continuare formarea țesutului osos nu mai are loc, tocmai prin menținerea anormală a congestiei, în consecință fragmentele rămânând neunite între ele. Calusul este adesea monstruos, reacția osteoformatoare fiind excesivă și dând impresia unei sclerozări a capetelor fracturii. Aspectul este la începutul pseudartrozei fals, deoarece nu există o scleroză constituită, ci numai un țesut osteoid impregnat abundent cu calciu, care învelește intim extremitățile totuși decalcificate.

Examenul histopatologic descrie modificările macroscopice și microscopice funcție de tipul pseudartrozei și fazele de evoluție ale acesteia.

Examenul clinic analizează prezența următoarelor semne: durere, edem, mobilitate anormală, impotență funcțională. *Examenul radiologic* este cel revelator și el poate pune în evidență: lipsa de continuitate între fragmente cu prezența unui spațiu clar interfragmentar, dezaxarea sau curbarea, densificarea extremităților osoase (în pseudartrozele atrofile sau avasculare), eburnarea extremităților osoase (în pseudartrozele hipertrofile sau hipervasculare), obstrucția canalelor medulare, uneori un calus discret, insuficient, raporturile dintre fragmente și materialul de osteosinteză (plăci, tije, sârme, șuruburi, scoabe) și raporturile dintre fragmente și eventualele grefe, iar uneori, într-un calus aparent voluminos, prin radiografii făcute în două trei incidențe, se

surprinde traiectul de neconsolidare. Este ceea ce se numește traiect de pseudartroză în calus, adesea el se traduce clinic numai prin impotență funcțională și durere, fără mișcare anormală în focar. *Examenul scintigrafic*, ce prezintă tipurile de modele de scanare, poate fi util în diagnosticul pseudartrozelor.

Capitolul 5 - Tratamentul pseudartrozei diafizare de humerus - constă în linii mari, în funcție de tipul anatomic al pseudartrozei, în:

- în pseudartrozele *fibroase*: decorticare osteoperiostică urmată de imobilizare gipsată sau, mai frecvent, osteosinteză cu placă cu compactare sau tijă centromedulară;
- în pseudartrozele *fibrosinoviale*: decorticare osteoperiostică urmată de osteosinteză cu placă cu compactare sau tijă blocată centromedulară cu alezaj. Acestea sunt completate sau nu de osteoplastie cu grefon.
- în pseudartrozele *flotante*: osteoplastie cu grefon diafizar autogen (peroneu) sau allogen (din banca de os) și osteosinteză cu placă sau tijă centromedulară;
- în pseudartrozele *infectate*: tratamentul decurge în doi timpi. Primul constă în extragerea materialului de osteosinteză în totalitate, curățire în focar și prelevare de probe bacteriologice, osteosinteză cu fixator extern și tratament cu antibiotice. La distanță de acest timp, în condițiile unei evoluții favorabile a infecției, se face revizia chirurgicală și osteosinteza cu unul dintre mijloacele descrise mai sus.

Tratamentul parcurge mai multe etape care trebuie respectate. Sunt prezentate căile de abord (laterală, anterioară, posterioară și medială) precum și mijloacele de osteosinteză (placă și șuruburi, centromedulară cu variantele ei, fixator extern). O atenție specială este acordată tratamentului pseudartrozelor septice.

În finalul acestui capitol sunt prezentate metode noi, în care se utilizează, pe lângă metodele tradiționale de fixare, substanțe nou intrate în practica medicală, cum ar fi BMP-7, proteina morfogenetică recombinantă umană (rhBMP-2) și celule stem mezenhimale.

Capitolul 6 prezintă cazurile operate în perioada 1963-2012, respectiv 67 cazuri de pseudartroze la 57 bonavi. Prin amabilitatea Domnului Academician Profesor Universitar Dr. Nicolae Gorun, a fost preluată cazuistica domniei sale, cuprinzând cazuri operate în perioada 1963 – 2005. În cazurile operate între 1996 – 2012 autorul a fost ajutor sau prim operator.

În funcție de tratamentul fracturii care a dus la pseudartroză au fost înregistrate 20 cazuri după tratament ortopedic (29,9%) și 47 cazuri după tratament chirurgical (70,1%). Vârsta medie

a fost de 50 de ani, cea minimă a fost de 18 ani iar cea maximă de 82. Repartizarea cazurilor pe grupe de vârstă arată importanța socială deosebită a acestei afecțiuni, majoritatea cazurilor fiind înregistrate în perioada cea mai activă a vieții (25 - 54 ani).

Repartizarea cazurilor în funcție de localizarea focarului de pseudartroză arată că sediul cel mai frecvent al pseudartrozelor este diafiza mijlocie. Tipurile de osteosinteză folosite au fost următoarele:

- osteosinteză cu *placă*: (cu 4 șuruburi: 4 cazuri; cu 6 șuruburi: 26 cazuri; cu 7 șuruburi: 8 cazuri, în două cazuri folosindu-se o placă „în Y“; cu 8 șuruburi: 19 cazuri; cu 9 șuruburi: 2 cazuri).

În 19 cazuri nu s-a recurs la compactare. Atunci când s-a realizat compactarea, în 30 de cazuri a fost făcută pe fragmentul superior, iar în 10 cazuri pe cel inferior.

- osteosinteză cu *tijă* (cu tijă K anterogradă: 2 cazuri; cu tijă K retrogradă: 1 caz; cu tijă Ender anterogradă: 1 caz; cu tijă centromedulară anterogradă blocată static: 1 caz);

- osteosinteză cu 2 *broșe* centromedulare: 1 caz;

- osteosinteză cu *grefon tetralaterocortical*: 1 caz;

- osteosinteză cu *fixator extern*: 1 caz.

În două cazuri a fost reluat montajul metalic, într-un caz a fost necesară completarea baterii tije K, iar în alt caz a fost necesară înlocuirea tije K cu una mai groasă.

În 26 de cazuri a fost necesară osteoplastia.

Sunt prezentate câteva cazuri selectate din cele operate, însoțite de imagini radiografice pre- și postoperator precum și imagini microscopice ale țesuturilor preluate din focarul de pseudartroză.

Capitolul 7 prezintă studiul experimental al pseudartrozelor diafizare de humerus, cu metoda elementelor finite. În cazul pseudartrozelor diafizei humerale, modul de realizare a fixării plăcii metalice, de susținere a fragmentelor osoase, joacă un rol important în refacerea și vindecarea țesutului osos. Aceasta datorită faptului că în timpul montării se pot genera tensiuni locale prea mari, sau prea mici, tensiuni ce obligă structura osoasă (țesut viu) să răspundă la aceste solicitări prin creșterea sau scăderea densității osoase. Un alt factor important este acela că placa de metal modifică ”traseul” sarcinilor, astfel că în jurul plăcii tensiunile la nivelul corticalei sunt mai mici, ceea ce duce la o resorbție osoasă. Prin simularea matematică (metoda elementelor finite), proprietățile de material ale osului cortical și spongios pot fi determinate prin intermediul densității osoase, putând astfel să calculeze riscul apariției fracturilor.

În prezent se cunoaște mecanismul de refacere a țesutului osos și factorii care contribuie la o vindecare mai rapidă. S-au efectuat studii pe modele matematice care evidențiază legătura dintre valorile tensiunilor și densitatea osoasă, dar nu se cunosc exact valorile limită.

În acest studiu, s-a utilizat metoda cu elemente finite pentru a determina starea de tensiuni de la nivelul corticalei humerale, în momentul în care se face fixarea unei plăci de oțel, prevăzută cu șase găuri de fixare, iar compresiunea (montarea) este asigurată de un compactor Müller. S-au luat în calcul trei cazuri de fracturi: rezeecție paralelă dreaptă (unghiul cu axul humerusului de aproximativ de 90°), rezeecție paralelă oblică (unghiul de aproximativ 75°) și rezeecție în ”trepte opuse de scară”, comparându-se stările și distribuția de tensiuni și deformații. Studiul a fost efectuat în programul de calcul cu metoda elementelor finite ANSYS V14.

Metoda a fost dezvoltată pornind de la ecuațiile clasice, cunoscute din rezistența materialelor, aplicabile pentru corpuri cu secțiune constantă, pentru care, cunoscându-se dimensiunile și proprietățile de material, se poate determina răspunsul sub acțiunea unei sarcini cunoscute.

De fapt, metoda presupune generarea unui model matematic, tridimensional, în care se cunosc lungimea, aria, volumul corpurilor, prin raportarea punctelor liniilor la un sistem global de coordonate (corpul este poziționat față de un reper cunoscut). Fiecărui corp din structura de studiat îi este atribuit un material caracterizat minim de modulul de elasticitate (modulul lui Young), coeficientul de contracție transversală (coeficientul lui Poisson) și de o densitate de material. Sunt necesare cunoașterea condițiilor de funcționare, ce constau în informații cu privire la modul de susținere (fixare, rezemare) a structurii și sarcinile de solicitare la care este supusă.

Astfel, pentru studiul experimental s-au parcurs următoarele etape: etapa 1. Modelul geometric; etapa 2. Modelul cu elemente finite; etapa 3. Condiții la limită; Etapa 4. Rezolvarea sistemului și a interpretarea rezultatelor.

În ce privește modelul geometric, placa de metal, compactorul Müller și șuruburile de fixare au fost măsurate cu dispozitive simple (gen șubler), virtualizarea geometriei complexe a humerusului, ce are grosimea variabilă a corticalei și formele neregulate necesitând efectuarea unor tomografii computerizate transversale, cu incremente axiale diferite, în funcție de complexitatea suprafețelor osoase. Suprafața externă a humerusului a fost considerată ca și corp rigid. Liniile de contur corespunzătoare suprafeței interne a corticalei au fost introduse în ANSYS DM și au stat la baza generării modelului geometric al humerusului, cu grosimea variabilă a corticalei. Liniile de contur au fost simplificate, numărul lor a fost redus, păstrând

totuși un număr suficient cât să permită obținerea cât mai exactă a grosimii corticalei. Aceste suprafețe, împreună cu suprafața externă prelucrată suplimentar, în mod special în zona diafizei humerale, au generat modelul geometric pentru humerus.

Pentru virtualizarea modelului geometric al plăcii de fixare, s-au măsurat dimensiunile de pe un model fizic și geometria a fost obținută prin comenzi specifice programului ANSYS Design Modeler. La generarea modelului, s-a avut în vedere crearea acelor suprafețe regulate ce vor permite apoi discretizarea cu elemente hexaedrice.

În mod similar s-a procedat și pentru compactorul Müller, format dintr-un corp perforat ce se fixează pe humerus, un cilindru de ghidare și un șurub cu cap hexagonal. Aceste modele, au fost introduse apoi într-o bază comună în vederea asamblării acestora și a stabili o poziție inițială relativă. Toate aceste geometrii au fost introduse într-o singură bază și s-a poziționat placa cu compactorul pe laterala externă a humerusului, astfel încât placa să fie într-o poziție stabilă de contact cu humerusul. După ce s-a stabilit poziția relativă inițială a plăcii față de humerus, în regiunea corespunzătoare jumătății plăcii, s-a creat o fractură (rezeecție) a diafizei humerale, de lățime 2 mm, având 3 forme diferite:

- suprafețe paralele care au orientare dreaptă (unghi de 90°) față de axa longitudinală a humerusului;
- suprafețe paralele care sunt înclinate (cu un unghi de 15°) față de axul longitudinal;
- fractura (rezeecția) cu suprafețe dispuse în "trepte opuse de scară" Pe baza modelelor geometrice prezentate anterior, s-au generat modelele cu elemente finite pentru toate componentele ce au fost luate în considerare în acest studiu.

Proprietățile de material utilizate au fost luate din literatura de specialitate: placa de fixare, elementele compactorului și șuruburile de fixare sunt din oțel inoxidabil (modulul de elasticitate Young $E=186000$ MPa și coeficientul lui Poisson ,coeficientul de contracție transversală, de 0.3); pentru materialul humerusului $E=17000$ Mpa și coeficientul de contracție (Poisson) de 0.3. Fiecare din cele trei modele matematice de studiu au fost soluționate în patru pași de încărcare. Încărcările, sau condițiile la limită, sunt identice pentru cele 3 modele și constau în:

1. introducerea a două șuruburi, unul care fixează placa metalică și al doilea fixează compactorul;
2. inserarea celui de-al doilea șurub în placa metalică;
3. inserarea celui de-al treilea șurub în placa metalică și os;

4. impunerea unei miscari de translatie prin rotirea șurubului compactorului;

5. după obținerea deplasării maxime se introduce cel de-al patrulea șurub în placă și os.

Rezultatele obținute au fost evidențiate sub formă de hărți colorate cu distribuția tensiunilor echivalente, a tensiunilor principale maxime, a tensiunilor de comprimare, distribuția deplasării, a contactului din zona rezeceției și presiunea de frecare dezvoltată.

În cazul rezeceției drepte, cele două segmente osoase nu erau în contact pe o suprafață mare, dar după pasul final, contactul este închis pe toată secțiunea, presiunea nu este uniformă, fiind excentrică.

În cazul rezeceției în trepte, chiar dacă contactul dintre cele două secțiuni nu a fost realizat la sfârșitul pasului trei, după acțiunea compactorului, contactul secțiunilor s-a realizat, și e chiar uniform.

În cazul rezeceției oblice, calculele după pasul 3 de încărcare sunt similare cu cele din cazul rezeceției drepte. Rezultatele arată că în acest caz nu are loc contactul între suprafețe înainte de utilizarea compactorului, făcând un joc uniform între suprafețe.

Fiecare model obținut și fiecare etapă de studiu, precum și concluziile, sunt amply ilustrate de imagini color.

Din analiza datelor experimentale se desprind următoarele date:

- valorile tensiunilor la nivelul diafizei humerale sunt benefice pentru refacerea osoasă;
- utilizarea compactorului duce la creșterea tensiunii la nivelul corticalei din jurul șurubului pentru fixare ;
- modelul cu elemente finite a furnizat rezultate comparabile furnizate de alți autori;
- strângerea șuruburilor de fixare mai aproape de zona de fractură, duce la îndepărtarea osului adiacent, de aceea după utilizarea compactorului, fixarea plăcii trebuie să se facă începând cu locașul cel mai îndepărtat;
- la sfârșitul compactării se reface starea de structuri comune, ca și cum osul ar lucra ca un întreg, ceea ce recomandă folosirea compactorului;
- cel mai uniform contact s-a folosit în cazul rezeceției în trepte, iar cel mai nefavorabil în cazul rezeceției oblice.
- s-a observat că utilizarea unei forțe de pretensionare de 100 N, determină tensiuni acceptabile în os (7-10 MPa).

Lucrarea se încheie cu o bibliografie amplă.