

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
CRAIOVA**

TEZĂ DE DOCTORAT

LOCUL OSTEOSINTEZEI METALICE ÎN FRACTURILE DESCHISE DE GAMBĂ

**Conducător științific:
Acad. NICOLAE GORUN**

**Doctorand:
Dr. ANDREI ȘTEFAN CONSTANTIN**

**Craiova
2015**

CUPRINS

CUVINTE CHEIE

INTRODUCERE

A. PARTEA GENERALĂ

DATE DE ANATOMIE DESCRIPTIVĂ

DATE DE ANATOMIE TOPOGRAFICĂ

**PARTICULARITAȚILE CONSOLIDĂRII ÎN FRACTURA
DESCHISĂ DE TIBIE**

**ETAPELE TRATAMENTULUI ÎN FRACTURILE
DESCHISE DE TIBIE**

B. PARTEA SPECIALĂ

I. STUDIU CLINIC SI STATISTIC

**OSTEOSINTEZA CU TIJE CENTROMEDULARE,
BROȘE ȘI PLĂCI CU ȘURUBURI ÎN FRACTURILE DESCHISE
DE GAMBĂ**

**OSTEOSINTEZA CU FIXATOARE EXTERNE ÎN
FRACTURILE DESCHISE DE TIBIE**

**II. STUDIU EXPERIMENTAL ASUPRA MECANISMELOR DIRECTE
ÎN FRACTURILE DESCHISE DE GAMBĂ**

CONCLUZII

BIBLIOGRAFIESELECTIVA

CUVINTE CHEIE : Fractura deschisa gamba, Osteosinteza, Fixator extern, Osteosinteza centromedulara, Osteosinteza secventiala, Mecanism / Gravitate fracturi deschise.

INTRODUCERE:

Fracturile deschise de gambă au fost, au rămas și vor rămâne cele mai frecvente fracturi deschise, la mare distanță de celelalte localizări, motiv pentru care ele au devenit „tip clasic” de descriere a acestor leziuni.

Istoricul fracturilor deschise, în general și al fracturilor deschise de gambă, în special, este extrem de bogat, iar progresele înregistrate pe plan clinic, anatomopatologic și, mai cu seamă, terapeutic marchează etape fundamentale în această istorie. Ele au existat dintotdeauna, cu mare frecvență și gravitate în războaie și calamități naturale (cutremure, alunecări de pământ, erupții de vulcani, inundații). „A face un istoric amănunțit al tratamentului acestor fracturi, înseamnă a trece în revistă întreaga istorie a chirurgiei” (Sc.Popescu, 1934).

Tratamentul acestor fracturi este complex și mult discutat, iar controversele încă numeroase. În ultimele cinci decenii, traumatologi și plasticieni de prestigiu au publicat ample studii clinice și experimentale, aducând clasificări și precizări fundamentale pentru adoptarea celei mai corecte conduite de tratament.

Ca rezultat al unei vaste experiențe, școala AO a elaborat un cod practic de abordare a tratamentului fracturilor deschise, care cuprinde opt pași sau etape succesive. Etapele conduitei practice sunt bine cunoscute și nu voi insista asupra lor ci, mă voi referi doar la a V-a etapă din codul amintit, care constă în stabilizarea fracturilor deschise prin osteosinteză primară. Codul practic, elaborat de școala AO pentru fracturile deschise, în general, se aplică perfect în fracturile deschise de gambă și, în special, de tibie.

În fracturile deschise de tip I și tip II, uneori și în cele de tip III A, osteosinteza primară este realizată, practic, prin aceleași metode, ca și în fracturile închise. În fracturile deschise de tip III B și III C, osteosinteza primară cu fixatoare externe este singura metodă recomandabilă, întrucât, ea asigură stabilizarea mecanică și biologică a focarului, prin alinierea osului și părților moi. Această aliniere favorizează întoarcerea venoasă, reduce edemul, stimulează neovascularizația locală și previne o serie de sechele la nivelul părților moi.

Osteosinteza primară a fracturilor deschise de gambă cu fixatorul extern asigură un procent ridicat de rezultate bune și foarte bune, dar comportă o tehnică riguroasă, cu totul particulară și prezintă unele riscuri care trebuie riguros evitate. Rezultatele sunt cu atât mai bune, atunci când osteosinteza primară cu fixator extern este convertită după una-două luni, în osteosinteză centromedulară (osteosinteză secvențială).

Într-o perioadă de 13 ani (2001-2013), am înregistrat 1617 cazuri cu fracturi diafizare de gambă, dintre care 568 fracturi izolate de tibie(37,5%) și 1049 fracturi ale ambelor oase(62,5%). Seria de 1049 fracturi ale ambelor oase a cuprins 755 de cazuri cu fracturi închise (75,5%) și 245 de cazuri cu fracturi deschise (24,5%).

În studiul clinic și statistic personal, vor fi analizate două loturi de fracturi deschise de tibie. Primul lot cuprinde fracturi deschise „benigne”, care pot fi tratate prin osteosinteză cu aceleași mijloace ca și fracturile închise (broșe, tije

centromedulare și plăci cu șuruburi), iar al doilea lot cuprinde fracturi deschise de tibia, grave și complexe, în care fixatoarele externe reprezintă soluția cea mai corectă.

În studiul experimental cu elemente finite, mi-am propus să demonstrez relația dintre mecanismul direct de producere și gravitatea fracturilor deschise, atât în ce privește leziunile osoase, cât și leziunile părților moi.

PARTEA GENERALA sau **STADIUL CUNOASTERII** este una teoretică și conține următoarele capitole:

- Introducere
- Elemente de anatomia descriptive cu scheletul gambei, articulațiile oaselor gambei, musculatura gambei.
- Date de anatomie topografică cu cele 3 regiuni anteroexternă, anterointernă, posterioară.
- Particularitățile consolidării în fractura deschisă de tibia.

Fracturile larg deschise de tibia pun probleme deosebite prin gravă deteriorare a condițiilor biologice locale, necesare consolidării. Imediat după accident, gravitatea leziunilor de părți moi, eventual în contextul unor politraumatisme poate pune în pericol chiar viața. Distrugerea părților moi reprezintă primul element care tulbură mecanismele locale ale consolidării. Fixarea osoasă imediată, în fractura deschisă de tibia, stabilizează pârghia osoasă, și oferă cele mai bune condițiuni de refacere a părților moi. La rândul său, vindecarea părților moi lezate asigură, în mare măsură, formarea și maturizarea calusului. Tratamentul fracturilor deschise de tibia are ca obiectiv stimularea factorilor naturali ai consolidării. Procesul de consolidare a fracturii deschise de tibia este influențat de doi factori: condiția biologică specifică fracturii respective și condiția biomecanică realizată de tipul osteosintezei alese. Condiția biologică optimă, pentru vindecarea fracturii deschise de tibia, presupune: o vascularizație foarte bună în focar, lipsa infecției, intervenția unor factori de inducere a osteogenezei, acțiunea unor stimuli externi neinvazivi, o fixare metalică biomecanică, cu efect osteoinductiv. Orice procedeu de osteosinteză trebuie să menajeze la maximum vascularizația locală, deja afectată de traumatism (Müller și colab.)

- Etapele tratamentului in fracturile deschise de tibia

Tratamentul fracturii deschise de tibia, ca în orice altă fractură deschisă, are un scop dublu:

- consolidarea osoasă și
- cicatrizarea leziunilor țesuturilor moi.

Cu alte cuvinte, leziunile osoase și cutanate, trebuie tratate simultan, cât mai precoce și definitiv. Gruparea AO/ASIF a stabilit un cod practic de abordare a tratamentului fracturilor deschise, perfect valabil pentru fracturile deschise de tibia. Acest cod cuprinde opt pași sau opt etape succesive:

- tratament de urgență;
- evaluare inițială complexă pentru depistarea unor eventuale leziuni cu risc vital;
- instituirea antibioterapiei chiar la camera de gardă și pe o durată de 2-3 zile;
- debridare imediată și largă a plăgii, asociată cu o irigare abundentă, iar în fracturile deschise grave, reluarea debridării după 24-72 de ore;
- stabilizarea fracturii;
- plaga rămâne deschisă, timp de 5-7 zile;
- grefarea precoce cu os spongios;
- recuperarea gambei fracturate.

- Stabilizarea osoasa:

Stabilizarea primară a focarului de fractură practică imediat după debridare, antrenează și o „stabilizare biologică” a părților moi vecine focarului de fractură.

Ea previne leziunile părților moi și pachetelor neurovasculare, îmbunătățește vascularizația regională, restabilește pozițiile anatomice osoase, musculare și vasculonervoase, scade stimulii inflamatori, durerile, edemele și contracturile musculare, oferă un acces facil pentru îngrijirea plăgilor, permite mobilizarea precoce și scade riscul complicațiilor pulmonare.

Există însă controverse, în ce privește alezajul centromedular premergător introducerii tije, în special în fracturile deschise de tip II și III. În prezent, se recomandă evitarea alezajului centromedular în aceste fracturi deschise, iar autorii discută beneficiile aduse de tija zăvorâtă în fracturile deschise de tip III, comparativ cu fixatorul extern.

O altă atitudine actuală este **osteosinteza secvențială**, care constă în osteosinteza inițială cu fixator extern urmată de osteosinteza endomedulară cu tijă zăvorâtă în fracturile deschise de tip II și tip II. Cea mai mică infecție la nivelul fișelor de fixator contraindică trecerea la osteosinteza endomedulară. Menținerea fixatorului extern peste 21 zile prezintă un risc crescut de infecție secundară (osteite) (66, 174, 103, 89, 164, 218, 192).

În concepția modernă, **osteosinteza centromedulară este prima opțiune**, în toate fracturile în care este posibilă.

În fracturile deschise de tip I, tratamentul este similar cu cel din fracturile închise: imobilizare gipsată, osteosinteză cu tijă blocată, fără alezaj, tijele Ender sau tijele Küntsher.

În fracturile deschise de tip II este indicată tija blocată fără alezaj, tijele Ender sau tija Küntscher.

În fracturile deschise de tip II, I tratamentul chirurgical constă în: fixatoare externe netransfixiante (asociere secvențială: fixator extern urmat la 30-45 zile de osteosinteza cu tijă blocată fără alezaj sau tijă centromedulară.

Din punct de vedere terapeutic, clasificarea practică a fracturilor deschise de tibie cuprinde două grupe absolut distincte:

- fracturi deschise simple: tip I, tip II și tip IIIA și
- fracturi deschise severe: tip IIIB și tip IIIC

Fracturile deschise simple comportă un tratament similar cu fracturile închise

Fracturile larg deschise de tibie însă (fracturi severe) beneficiază de trei modalități terapeutice și evolutive:

- tentativa reușită de salvare poate avea rezultate funcționale satisfăcătoare sau nesatisfăcătoare , pacienții nemulțumiți solicitând amputația secundară tardivă;
- tentativa nereușită de salvare, cu evoluție septică impune amputația secundară precoce
- amputația primară

CONTRIBUTIA PERSONALA :

I. STUDIU STATISTIC SI CLINIC:

Contribuția personală are, de fapt, două obiective principale respectiv, *osteosinteza cu tije centromedulare și plăci cu șuruburi*, pe de o parte și *osteosinteza primară cu fixatoare externe*, pe de altă parte.

În tabelul I, este prezentată o serie studiată de noi, de 245 cazuri cu fracturi deschise de diafiză tibială la adulți, indiferent, dacă este vorba de fracturi deschise izolate de tibie sau fracturi deschise de tibie în cadrul fracturilor ambelor oase de gambă.

Tabel I. Fracturi deschise de diafiză tibială

Grupa de vârstă	M	F	Total	
25-34 ani	24	5	29	206 cazuri (84,1%)
35-44 ani	35	18	53	
45-54 ani	61	17	78	
55-64 ani	32	14	46	
65-74 ani	13	12	25	
75 ani și peste	9	5	14	
Total	174 (71%)	71 (29%)	245	

Acest tabel cuprinde repartizarea cazurilor pe grupe de vârstă și sexe. Frecvența cea mai mare se remarcă în perioada 25-64 de ani cu 206 cazuri (84,1%), perioada cea mai activă a vieții, cu consecințe negative, pe plan profesional și social. În același timp, se constată frecvența de aproape două ori și jumătate mai mare a fracturilor deschise de gambă la sexul masculin (71 %) în raport cu sexul feminin (29 %). Alți autori au găsit o frecvență și mai mare.

În tabelul II, figurează repartizarea cazurilor din seria noastră, pe baza clasificării lui Gustilo și Anderson.

Tabel II

Tipul fracturii	Număr cazuri
tip I	72
tip II	68
tip III A	57
tip III B	36

tip III C	12
Total	245

Din cercetarea acestui tabel, rezultă că am înregistrat 140 de cazuri cu fracturi deschise de tip I și tip II (57 %) și 105 cazuri cu fracturi de tip III A (57 cazuri), tip III B (36 cazuri) și de tip III C (12 cazuri). Numărul relativ mic de fracturi deschise grave (tip III B și, mai ales de tip III C) se poate explica prin faptul că, nu rareori, aceste fracturi fac parte din tabloul clinic al poli-traumatismelor și sunt dirijate către servicii și spitale cu dotare și încadrare specială.

În seria noastră, de 245 cazuri cu fracturi deschise de tibie, în funcție de tipul deschiderii și amploarea leziunilor de părți moi (element dominant), am recurs la osteosinteza cu broșe transfocale, osteosinteza cu tijă rigidă centromedulară fără alezaj, osteosinteza cu plăci înșurubate, osteosinteza cu tije elastice centromedulare și cu fixatoare externe de diverse tipuri (tabel III).

Tabel III. Repartizarea cazurilor în funcție de tipul osteosintezei

Tipul osteosintezei	Nr.cazuri	%
Osteosinteză cu broșe K transfocale	45	18,4
Osteosinteză cu tijă K centromedulară	40	16,3
Osteosinteză cu plăci și șuruburi	35	14,2
Osteosinteză cu tije elastice Ender	25	10,3
Osteosinteză cu fixatoare externe	100	40,8
Total	245	100

STUDIUL STATISTIC PERSONAL:

Într-o perioadă de 13 ani (2001-2013), am înregistrat 35 de cazuri cu fracturi deschise de tibie, care au fost rezolvate prin osteosinteză cu diferite metode, **exclusiv fixatoare externe.**

Ca tip de osteosinteză, au predominat osteosintezele centromedulare (20 cazuri), dintre care osteosinteza fără alezaj, cu blocaj static (10 cazuri), cu blocaj dinamic (2 cazuri), osteosinteza cu tije cu alezaj fără blocaj (2 cazuri), osteosinteza cu tije flexibile Ender (6 cazuri) Rezultă că osteosinteza centromedulară cu tije

blocate static sau dinamic și tije fără blocaj, precum și cu tije elastice Ender a fost folosită în majoritatea cazurilor (57,14% din cazuri).

Pe locul al doilea, se află osteosinteza cu plăci înșurubate, cu sau fără șuruburi izolate (11 cazuri - 31,4% din cazuri). Într-o fractură deschisă de tip II, cu traiect spiroid lung, am practicat osteosinteza, pe focar deschis, cu două șuruburi încrucișate iar în 3 cazuri, osteosinteze minime cu broșe K transplantare sau transfocale încrucișate.

OSTEOSINTEZA CU FIXATOARE EXTERNE ÎN FRACTURILE DESCHISE DE TIBIE

Osteosinteza primară cu fixatoare externe a fracturilor deschise severe de diafiză tibială este o soluție foarte bună și, uneori exclusivă, mai cu seamă în fracturile deschise de tip III B și III C.

Indicația osteosintezei cu fixator extern are la bază un inventar riguros al leziunilor părților moi și focarului de fractură, precum și perspectivele evolutive și de pronostic.

Osteosinteza primară cu fixator extern se situează pe primul loc, atât în statistica noastră, cât și în numeroase alte statistici.

De asemenea, împreună cu mulți alți autori, insist pe necesitatea convertirii fixatorului extern, după 30-60 de zile în osteosinteză endomedulară (osteosinteza secvențială)

II. STUDIU EXPERIMENTAL ASUPRA MECANISMELOR DIRECTE ÎN FRACTURILE DESCHISE DE GAMBĂ

Prezentul studiu experimental s-a efectuat utilizând Metoda Elementelor Finite (metodă numerică de calcul) și este concentrat asupra fracturilor diafizare de gambă, datorate mecanismelor directe, considerând un corp impactor, în plan frontal, ce lovește gamba, din exterior către interior și invers, determinând fracturi ale tibiei și fibulei.

Pentru studiul experimental, s-a utilizat programul general de calcul cu metoda elementelor finite ANSYS/LS-DYNA. Modelul matematic utilizat descrie configurația celor două oase ale gambei aflate în poziție de ortostatism și a

țesutului moale al gambei, format din piele, țesut subcutanat și grupele musculare ale gambei, împreună cu membrana interosoasă.

CONCLUZII:

1. Fractura deschisă de gambă este cea mai frecventă dintre fracturile deschise.
2. Gravitatea fracturilor deschise de gambă este legată de solicitările acestui segment anatomic, de faptul că tibia, cel mai des afectată, este superficială și expusă, pe o bună parte din lungimea sa și desigur strâns legată de biomecanica particulară a acestui segment.
3. Pe de altă parte, creșterea alarmantă a frecvenței și gravității accidentelor moderne, în primul rând, accidentele rutiere și accidentele de muncă, comportă, de cele mai multe ori, traumatisme de înaltă energie, care produc leziuni extrem de grave la nivelul oaselor gambei și părților moi care le învelesc.
4. Trebuie subliniat că gravitatea fracturilor deschise de gambă (tibia) este determinată, în primul rând, de întinderea și profunzimea leziunilor părților moi, ceea ce impune participarea chirurgului plastician.
5. Cu cât leziunile părților moi, sunt mai benigne (tip I, tip II, uneori chiar și tip III A), tratamentul lor este mai simplu și cu rezultate foarte bune.
6. Cu cât leziunile părților moi sunt mai grave (tip III B și III C), cu atât mai complex este tratamentul lor, iar rezultatele, nu rareori, dezamăgitoare.
7. În scopul aprecierii cât mai corecte a leziunilor osoase și de părți moi, au fost elaborate numeroase clasificări, dintre care clasificarea Gustilo-Anderson a fost adoptată și în această lucrare.
8. Încadrarea corectă și riguroasă a cazurilor noastre în această clasificare, ne-a permis să optăm pentru cea mai adecvată conduită de tratament și să evaluăm rezultatele obținute, respectiv calitatea lor, în raport cu cele mai complete scoruri prezentate în literatură.
9. Din punct de vedere al cercetărilor pe plan clinico-statistic, am analizat două tehnici chirurgicale, folosite de noi, în raport cu gravitatea leziunilor și anume osteosinteza cu mijloacele folosite în fracturile închise și osteosinteza cu fixatoare externe.

10. Având în vedere mecanismele directe de producere a fracturilor deschise de tibie, am elaborat un studiu experimental cu elemente finite, pentru mecanismul de deschidere dinăuntru în afară și mecanismul din afară înăuntru, întrucât tipul deschiderii și gravitatea leziunilor părților moi sunt legate strâns de aceste mecanisme de producere.
11. În fracturile deschise de tibie cu plăgi simple și distrugerii relativ reduse ale părților moi vecine focarului osos, este indicată osteosinteza cu aceleași mijloace folosite în fracturile închise: tije rigide endomedulare cu sau fără alezaj, cu sau fără blocaj, tije elastice, plăci înșurubate sau chiar șuruburi corticale izolate.
12. Seria noastră cuprinde 30 de cazuri cu fracturi deschise de tibie, 28 de cazuri cu deschidere de tip I și tip II, un caz tip IIIA și un caz tip IIIB Gustilo.
13. Osteosinteza cu tije centromedulare a fost folosită în 56,7% din cazuri, cu tije blocate static și dinamic, dar fără alezaj, foarte rar cu tije neblocate dar cu alezaj și cu tije flexibile tipo Ender.
14. Osteosinteza cu plăci înșurubate ocupă locul al doilea, la oarecare distanță. De remarcat că, în câteva cazuri, s-a realizat și o compactare interfragmentară cu dispozitivul Müller.
15. Destul de rar sunt utile broșele K groase transplantare sau transfocale încrucișate.
16. Pe măsura creșterii gravității distrugerilor de părți moi, aceste metode de osteosineză își pierd treptat indicația și intrăm în perimetrul fixatoarelor externe.
17. Dotarea materială a serviciului și experiența echipei chirurgicale sunt factorii absolut necesari pentru realizarea osteosintezei fracturilor deschise cu distrugerii limitate ale părților moi.
18. Rezultatele obținute de noi au fost foarte bune în 90% din cazuri. Într-un caz, la o lună după intervenție s-a rupt tija în focar, fapt ce a impus reluarea osteosintezei cu o placă înșurubată și s-a obținut consolidarea la aproape cinci luni. În celelalte două cazuri, s-a dezvoltat un sepsis local, care a impus asanări repetate, dar a survenit osteita.
19. În fracturile deschise de tip III A (mai rar) de tip III B și III C, de regulă, un fixator extern corect aplicat, menajează, în măsură

considerabilă, circulația periostală și endostală, absolut necesară consolidării.

20. Prin numeroase posibilități de poziționare, compactare și alungire, fixatoarele externe permit într-o oarecare măsură, gesturi adecvate de chirurgie plastică a leziunilor de părți moi.
21. În fracturile deschise de diafiză tibială, fixatorul extern oferă avantaje indiscutabile: simplitatea și rapiditatea montării, posibilității de corecție multiple și stabilitate totală la încărcare.
22. Dezavantajele fixatoarelor externe au o importanță redusă: ușor disconfort fizic, stabilitatea mai redusă a unor tipuri de fixatoare, care impune o încărcare prudentă, mai ales în fracturi deschise cominutive cu grave leziuni de părți moi.
23. Osteoliza circumferențială, aseptică sau septică, este urmată de mobilizarea fișelor și instabilitatea montajului, ducând la reluarea fixării, la întârzieri de consolidare sau chiar pseudartroză.
24. Osteosinteza primară cu fixator extern trebuie să fie o etapă premergătoare osteosintezei endomedulare, atunci când leziunile părților moi au fost definitiv rezolvate.
25. În cele 100 de fracturi deschise ale diafizei tibiale, la care am practicat osteosinteza primară cu fixatoare externe, am obținut rezultate bune și foarte bune în 87% din cazuri și rezultate nesatisfăcătoare în 13% din cazuri, care au impus reluări secundare dificile și cu rezultate discutabile.
26. Modelul cu elemente generat pentru acest studiu, poate fi îmbunătățit, prin modelarea oaselor piciorului (glezna) și introducerea ligamentelor de legătură dintre acestea, putând reprezenta un model complet pentru studiul membrului inferior în accidente de mașină.
27. Caracteristicile de material și legile de material utilizate în studiul cu elemente finite simulează comportamentul real al țesutului osos și al țesutului moale, mai puțin criteriul de cedare pentru materialul musculaturii, material ce are un comportament complex. Acest subiect poate fi dezvoltat în lucrări de cercetare viitoare.
28. Valorile obținute, în acest studiu, pentru energia de deformație maximă (de rupere) a tibiei și peroneului, precum și deplasările maxime (săgeată la încovoiere) corespund cu valori determinate/măsurate în alte lucrări de specialitate.

29. Valoarea maximă a energiei interne de deformație, preluată de tibie și peroneu este mai mare cu aproximativ 10% în cazul unei musculaturi ferme, pretensionate (caz. 1.2) față de o musculatură relaxată (caz.1.1);
30. În cazul 1.2 (musculatură pretensionată), energia internă de deformație a stratului de piele este foarte mare în comparație cu cea din cazul 1.1 (musculatură relaxată), caz în care stratul de piele nu participă la amortizarea impactului (este aproape zero până la fracturarea celor două oase);
31. În cazul 1.1, linia de fracturare a tibiei și peroneului apare la același nivel cu cel al contactului dintre impactor și tibie. În cazul 1.2, linia de fracturare se deplasează (față de zona de contact dintre tibie și impactor) cu aproximativ 40 mm către extremitatea distală a tibiei;
32. În cazul impactului dinspre interior către exterior (caz 1), țesutul moale (piele, musculatură) din zona contactului cu impactorul este puternic distrus. În schimb, în cazul impactului dinspre exterior către interior, datorită fracturării tibiei, țesutul moale este penetrat și perforat de către tibie (fraktură deschisă).
33. În cazul impactului dinspre exterior către interior (cazul 2), fracturare a tibiei și a peroneului se face datorită transferului de energie mecanică de la impactor către oase, dar nu prin contact direct ci prin intermediul musculaturii.
34. În cazul impactului dinspre interior către exterior (cazul 1), tonusul muscular influențează mecanismul de fracturare al tibiei și peroneului, astfel:
 - dacă mușchiul este relaxat (cazul 1.1), o mare parte a energiei cinetice a impactorului este preluată de componenta pasivă a musculaturii și transferată din zona de impact către peroneu, către membrana interosoasă (care se rupe) și către extremitățile tibiei, restul energiei mecanice fiind transferată, prin contact direct, către tibie care cedează prima;
 - dacă musculatura are un tonus ferm, pretensionat (caz1.2), capacitatea de a disipa energia scade, astfel că peroneul și tibia sunt mai solicitate, iar după fracturare (peroneul se rupe primul apoi tibia), musculatura preia energia mecanică rămasă.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA:

1. ANTOHI N., STÂNGU C., STAN V. – Reconstrucția chirurgicală a membrului pelvin, Editura „România liberă”, București, 2002
2. ANTONESCU D. – Istoricul ortopediei și traumatologiei, p.3-42 (în Antonescu D. și colab. – Patologia aparatului locomotor, vol.I, Editura medicală, București, 2005)
3. ANTONESCU M.D. – Patologia aparatului locomotor vol.I, Ed.Medicală, București, 2006, p.250-254, p.336-346
4. BACIU CL. – Anatomia funcțională și biomecanica aparatului locomotor, Editura Sport-Turism, București, 1977, p.408-417
5. BACIU CL. – Chirurgia și protezarea aparatului locomotor, Editura medicală, București, 1986, p.423-426
6. BARBU D. – Utilizarea fixatorului extern în fracturile de gambă la politraumatizați, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1999, vol.9, nr.1, p.37-41
7. CATTANEO R. – Technique d’Ilizarov dans les fractures de jambe.Actualité sur les fractures de jambe – 13e Journées de Chirurgie orthopédique et traumatologique de l’Hôpital Bichat, 1985
8. CATTANEO R., VILLA A., CATAGNI M., TENTORI L. – Traitement des pseudarthroses diaphysaires septiques et nonseptiques selon la methode d’Ilizarov en compression monofocale, Rev.Chir.Orthop.(Paris), 1985, vol.71, p.223-229
9. DENISCHI A., MEDREA O. – Cronică referitoare la consfătuirea cu tema „Tratamentul fracturilor deschise și al complicațiilor lor”, Craiova, 23.10.1976, Chirurgica (București), 1977, vol.26, nr.4, p.315-316
10. DENISCHI A.și colab. – Traumatologie practică, Ed.Medicală, București, 1963, p.35-38
11. DRAGOMIR C.V. – Chirurgie plastică și reparatorie, Noțiuni fundamentale, Ed.Junimea, Iași, 1980
12. FILIPESCU N. – Dispozitivul de fixare externă minim invazivă. Un nou concept în fixarea, axarea și stabilizarea fracturilor deschise ale oaselor gambei, Editura „Gr.T.Popa”, Iași, 2008, 324 p.
13. FILIPESCU N. – Model nou de fixator extern pinless vs.fixatorul extern clasic și respectiv – pinless, în fracturile deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2006, vol.16, nr.1-2, p.117-110
14. FILIPESCU N. – Părțile componente și tehnica de fixare ale noului model de fixator extern pinless în fracturile deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2006, vol.16, nr.1-2, p.129-131
15. FILIPESCU N. – Fixatorul hibrid cu modelul nou de fixator extern pinless în fracturile deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2006, vol.16, nr.1-2, p.149-152
16. FIRICĂ A., POPESCU R., SCARLET M., DIMITRIU M., IONESCU V., PROTOPOPESCU C., BUGA M., CONSTANTINESCU I., ILIESCU N. –

- L'osteosynthèse stable élastique, nouveau concept biomécanique-étude expérimentale, Rev.Chir.Orthop.(Paris), 1981, vol.67, no.1, p.82-91
17. FLOAREȘ GH., GEORGESCU N. – Fractura deschisă de gambă, Revista medico-chirurgicală (Iași), 1977, nr.3, p.406-443
 18. FLORESCU I.P., MARINESCU S., IONESCU NOELA, GIUGLEA CARMEN – Acoperirea defectelor de părți moi asociate cu fracturi deschise ale oaselor gambei, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2003, vol.13, nr.3-4, p.163-171
 19. GORUN N. – Traumatologie osteoarticulară generală, Editura „Curtea Veche”, București, 2011, p.3-52, p.502-507
 20. GORUN N., TROIANESCU O. – Fractura deschisă, Editura Medicală, București, 1979
 21. GORUN N. – Conduita de urgență în fracturile membrelor, Viața Med.(București), 1973, vol.20, nr.1, p.39-41
 22. GUSTILO R.B., ANDERSON J.T. – Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty five open fractures of long bones; retrospective and prospective analyses, J.Bone Jt.Surg., 1976, vol.58-A, no.6 p.452-458
 23. GUSTILO R.B., GRUNINGER R.P., DAVIS T. – Classification of Type III (Severe) Open Fractures Relative to Treatment and Results, Orthopaedics, 1987, vol.10, p.1781-1788
 24. GUSTILO R.B. – Open Fractures. In Fractures and Dislocation, St.Louis, C.V.Mosby, 1993
 25. GUSTILO R.B., MENDOZA R.M., WILLIAMS D.N. – Problems in the management of type III (severe) open fractures: A new classification of type III open fractures, J.Trauma, 1984, vol.24, p.742-746
 26. IONESCU DUMITRESCU DOINA – Microchirurgica reconstructivă, Ed.Medicală, București, 1999, p.318-326
 27. ISAC FL., ISAC AURELIA, BRATU T. – Lambourile pediculate, vol.II, Editura Mirton (Timișoara), p.145-151
 28. OBADĂ B. – Etapele terapeutice în fracturile deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2007, vol.17, nr.1, p.3-11
 29. OBADĂ B. – Experiența noastră privind tratamentul fracturilor deschise de gambă în urgență imediată (primele 24 ore), Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2006, vol.16, nr.3-4, p.263-270
 30. OBADĂ B. – Experiența noastră privind tratamentul etapizat al fracturilor deschise de gambă în urgență amânată (la 2-7 zile), Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2006, vol.16, nr.3-4, p.271-277
 31. OBADĂ B. – Experiența noastră privind rezultatele la distanță în cazul fracturilor deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2007, vol.17, nr.2, p.89-97

32. OBADĂ N., MĂNESCU M. – Sindroamele de compartiment ale gambei după traumatism, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București) 1997, vol.7, nr.1, p.69-75
33. OBADĂ N. – Sindromul compartimental posttraumatic al gambei. Considerațiuni teoretice generale, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1996, vol.6, nr.4, p.203-211
34. OBADĂ N., OBADĂ B. – Sindroamele de compartiment posttraumatice ale gambei, Ed.Muntenia & Leda, Constanța, 2001
35. OBADĂ N. – Sindromul de compartiment al gambei postraumatic, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2000, vol.10, nr.3, p.117-128
36. OBADĂ N., LUPESCU V., ENESCU M., ORBEANU V., BĂDĂRĂU I. OBADĂ B. . Fracturile deschise de gambă. Considerații fiziopatologice, clinice și terapeutice privind primele 3 zile de la traumatism, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2003, vol.13, nr.1-2, p.19-26
37. OBADĂ N., OBADĂ B. – Sindroamele de compartiment posttraumatice ale gambei, Ed.Muntenia & Leda, Constanța, 2001
38. PANAIT GH., IONESCU TH., POPESCU M., CRISTEA ȘT., MEDREA O. – Restaurare versus amputație în traumatismele grave ale membrelor, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1992, vol.2, nr.2-3, p.55-66
39. PANAIT GH., STOICA C., CECK T., POPA S., BUDICA C., ȘERBAN D.R. – Clasificare și terapeutică în fracturile diafizare ale oaselor gambei, Revista de ortopedie și traumatologie (București), 1995, vol.5, p.197-203
40. PAPILIAN V. – Anatomia omului, vol.I (Aparatul locomotor), Ediția a V-a, Editura didactică și pedagogică, București, 1974, p.85-88, p.162-163, p.300-311
41. RĂDULESCU R., BĂDILĂ A., STĂNCULESCU D. – Osteosinteza secvențială în tratamentul fracturilor deschise de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1999, vol.9, nr.3-4, p.181-184
42. ȘAMOTĂ I. – Fixarea endomedulară elastică în fractura deschisă de gambă, Ed.C2 design, Brașov, 1999
43. ȘAMOTĂ I. – Osteosinteza endomedulară fără alezaj în fracturile deschise de gambă de tip III B, Teză de doctorat, București, 1999
44. ȘAMOTĂ I., TECĂU M., VIȘA IRINA, GRIGORESCU O.D., DEAK A. – Posibilități și limite în aprecierea prognosticului fracturilor de gambă larg deschise, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1997, vol.7, nr.1, p.55-64
45. ȘAMOTĂ I. – Principii generale de tratament în fractura deschisă de tibie, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1999 vol.9, nr.2, p.69-80
46. ȘAMOTĂ I. – Particularitățile consolidării în fractura deschisă de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 1998, vol.8, nr.3-4, p.123-139

47. ȘOVA D., FILIPESCU N. – Studiu biomecanic în endosinteza elastică a fracturii de gambă, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2004, vol.14, nr.3-4, p.159-162
48. ȘOVA D., FILIPESCU N., MUNTEANU FL. - Osteosinteza elastică în fractura deschisă de gambă – studiu biomecanic II – simulare pe calculator, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2005, vol.15, nr.3-4, p.297-303
49. ȘOVA D., FILIPESCU N., NAFORNIȚĂ D., POPA D., NEAGU I. – Fractura deschisă de gambă – posibilități de tratament, Revista de Ortopedie și Traumatologie (București), 2005, vol.15, nr.1-2, p.107-111
50. VOINEA A., GORUN N. – Practica osteosintezei metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1976, p.231-287