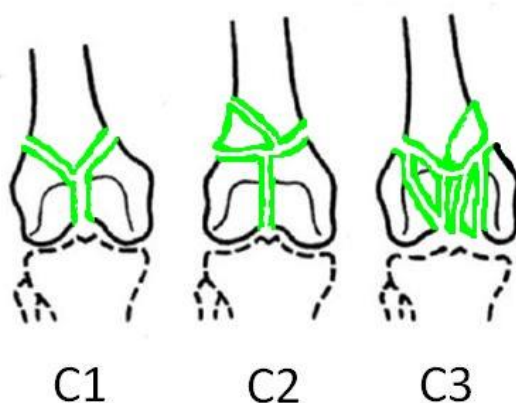
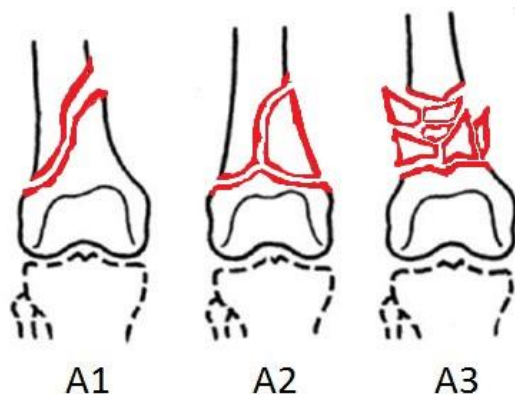


**АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ СЛЕД МИНИМАЛНО
ИНВАЗИВНА ФИКСАЦИЯ С ЪГЛОВО
СТАБИЛНИ ПЛАКИ ПРИ ФРАКТУРИ НА
ДИСТАЛЕН ФЕМУР АО 33А/33С**



Д-р Димитър ТОДОРОВ

I-ва клиника по Ортопедична травматология

УМБАЛСМ “Н. И. ПИРОГОВ” София 2019

- II -

Д-р Димитър Тодоров

**АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ СЛЕД МИНИМАЛНО
ИНВАЗИВНА ФИКСАЦИЯ С ЪГЛОВО
СТАБИЛНИ ПЛАКИ ПРИ ФРАКТУРИ НА
ДИСТАЛЕН ФЕМУР АО 33А/33С**



Дисертационен труд

за присъждане на научната степен “Доктор”

Научна специалност: Ортопедия и травматология

- III -

Научен ръководител:

Проф. Д-р Диян Енчев, Д.М.

Проф. Бойко Георгиев

Официални рецензенти:

1. Проф. д-р Андрей Йотов, Д.М.Н

2. Доц. Д-р Михаил Рашков, Д.М.

Публичната защита на дисертацията ще се състои в София на 11 ноември 2019 от 16 часа. в Рапортна зала на Специализиран Травматологичен Комплекс в УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов”, бул. „Тотлебен” 21, гр.

Тодоров, Димитър (2019) Анализ на резултатите след минимално инвазивна фиксация с ъглово стабилни плаки при фрактури на дистален фемур АО 33А/33С

РЕЗЮМЕ

Пациенти За период от 5 години (януари 2013 – Декември 2017) в Клиниките по Ортопедична травматология на УМБАЛСМ “Н. И. Пирогов”, оперативно са лекувани 97 пациента със 100 фрактури на ФДФ от които проследени са 57 (жени 34, мъже 23, средна възраст 59год.). Преживяемостта след фрактури на дисталния фемур е оценена в 79 случая. Според енергията на травмата 19 (33%) фрактури са причинени от високоенергийна травма, 38 (66%) – от нискоенергийна (%). Придружаващи увреди на опорно-двигателния апарат се наблюдават при 18 (31%) пациента, като общият брой на увредите на ОДА е 33. Според класификацията на АО/ОТА фрактурите се разпределят на АО/ОТА 33А 31бр(А1-21,А2- 8,А3- 3) и АО/ОТА 33С 20 бр. (С1-5, С2-16, С3-5), откритите според класификацията на Gustilo-Anderson са 10 (17.5%), от които I тип са 4 (7%), II тип са 4 (7%), IIIA тип са 2 (3.5%). Средният срок на проследяване е 2.7 години.

Метод Оперативният метод включва латерален/парапателарен минимално инвазивен достъп. Индиректна репозиция и фиксация с преконтурирана, латерално поставена заключваща плака. Открита репозиция и фиксация е прилагана при възстановяване на фрактури на ставната повърхност.

Резултатите са систематизирани по протоколите на Schatzker и сътр. и Lysholm и сътр. в анатомичен, клиничен и функционален план както следва: отлични и добри резултати според Schatzker score при 47%, а според Lysholm score при 33%. Средния обем на движение на колянната става е 105°. Установена е статистически значима корелация между енергията на травмата, наличието на придружаващи увреди и сроковете на срастване на фрактурата. Усложненията, свързани с консолидацията на фрактурата, са 43%. Несрастванията са 10.5%, дебриколаж настъпва в 4 (7%) случая, частична загуба на репозиция при 5 (9%), забавена консолидация при 17 (30%), флексионна контрактура 10° при 8 (14%). Вторичните интервенции са 11. Починали пациенти след фиксация на фрактури на дисталния фемур са 30.

Биомеханично изследване. В лабораторни условия са оценени биомеханичните качества на две различни техники на аугментация спрямо фиксацията с конвенционална заключваща плака.

При симулирана фрактура тип АО/ОТА 33-А3 фиксацията се извърши със:

1. Заключваща плака (LISS)
2. Заключваща плака (LISS) и аугментация с интрамедуларен присадък
3. Заключваща плака (LISS) и аугментация с 3.5mm LCP

При аксиално и торзионно натоварване се отчете и сравни стабилността на отделните остеосинтезни конструкции. Установи се сигнификантно увеличаване на аксиалната стабилност при техниките с аугментация спрямо фиксацията само със заключваща плака.

В контекста на съвременните проблеми на оперативното лечение на фрактури на дисталния фемур са обсъдени резултатите, усложненията и са направени следните *изводи*:

1. Високоенергийните фрактури и наличието на асоциирани увреди на опорно-двигателния апарат са рискови фактори за проблемна консолидация на фрактури на дисталния фемур.
2. Наличието на рискови фактори и тяхната комбинация са относителни индикации за аугментация на фиксацията с латерална заключваща плака.
3. Аугментацията на фиксацията създава биомеханични предпоставки за:
 - Намаляване на броя на ранните и късни усложнения (загуба на репозиция; дебриколаж);
 - Възможност за по-ранно натоварване на крайника.

Използвани съкращения:

ВФ – външен фиксатор

ЗП – заключваща плака

ИМ - интрамедуларен

ИМОС – интрамедуларна остеосинтеза

К-игли – Киршнерови игли

КТ – компютърна томография

МИПО (МИРО) - минимално инвазивна остеосинтеза с плака

ОДА – опорно-двигателен апарат

ОРВФ – открита репозиция и вътрешна фиксация

ОС – остесинтеза

РД - работна дължина

РИМОС - ретроградна интрамедуларна остеосинтеза

ПТП - пътно транспортно произшествие

ТБС – тазобедрена става

ТКА – тотална колянна артропластика

ФДФ - фрактури на дистален фемур

АВР (Angular Blade Plate) - 95° плака с острие

ВМІ (Body Mass Index) - индекс на телесна маса

ДСР – динамично компресивна плака

DCS - Динамична Кондилна Винт Плака

LCP (Locking Compression Plate) – заключваща компресивна плака

- VII-

LISS (less invasive stabilization system) - минимално инвазивна стабилизационна система, ЗП- първа генерация

MRI (Magnetic Resonance Imaging) - магнитно-резонансна томография

ПУБЛИКАЦИИ

Този труд е базиран на следните съобщения изнесени на конгреси или отпечатани в специализираната литература:

1. Todorov D, Zderic I, Richards G, Lenz M, Knobe M, Enchev D, Baltov A, Gueorguiev B, Stoffel K. *Is Augmented LISS Plating Biomechanically Advantageous Over Conventional LISS Plating in Unstable Osteoporotic Distal Femoral Fractures?* Orthopaedic Research Society. Published by Wiley Periodicals, Inc. J Orthop Res. 2018; 36:2604–2611. DOI: 10.1002/jor.24047
2. Todorov D, Zderic I, Stoffel K, Richards RG, Lenz M, Enchev D, Gueorguiev B. *Biomechanical investigation of augmented versus conventional LISS plating of distal femoral fractures.* 23rd Congress of the European Society of Biomechanics. July 2 – 5, 2017: Seville, Spain
3. Todorov D, Gueorguiev B, Zderic I, Stoffel K, Richards G, Lenz M, Enchev D, Baltov A. *Biomechanical comparison of augmented locking plate fixation versus conventional locking plating.* European Orthopaedic Research Society (EORS). September 13-15, 2017: Munich, Germany.
4. Todorov D, Gueorguiev B, Zderic I, Stoffel K, Richards G, Lenz M, Enchev D, Baltov A. *Biomechanical comparison of augmented locking plate fixation versus conventional locking plating.* Orthopaedic Proceedings (A supplement to The Bone & Joint Journal) Volume 100-B, Issue `supp_4` / April 2018 online.boneandjoint.org.uk/doi/abs/10.1302/1358-992X.2018.4.093
5. Тодоров Д, Енчев Д. *Грешки и усложнения при лечението на фрактури на дисталния фемур с минимално инвазивна остеосинтеза с плаки.* XXII Конференция „ДНИ НА БЪЛГАРСКАТА ОРТОПЕДИЯ И ТРАВМАТОЛОГИЯ“ септември 28 – 30, 2017: Трявна, България.

6. Todorov D, Zderic I, Stoffel K, Richards RG, Lenz M, Enchev D, Gueorguiev B. *Is Augmented LISS Plating Biomechanically Advantageous In Comparison To Conventional LISS Plating?* EFORT Congress; Vienna 31 May - 02 June 2017.
7. Todorov D, Gueorguiev B, Zderic I, Stoffel K, Richards G, Lenz M, Enchev D, Baltov A. *Are there biomechanical benefits in augmentation of LISS plating compared to conventional LISS plating?* Osteosynthese International 2017 – Annual Meeting of the Gerhard Künzler Society September 13-15, 2017: Munich, Germany. ISBN 978-3-9816002-4-7
8. Gueorguiev B, Todorov D, Zderic I, Stoffel K, Lenz M, Richards G, Enchev D, *Augmented LISS Plating Is Biomechanically Advantageous Over Conventional LISS Plating* Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2017). Berlin, 24.-27.10.2017doi: 10.3205/17dkou484

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД	1
ЦЕЛ И ЗАДАЧИ	2
1. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР	3
1.1. Хирургическа (приложна) анатомия	3
1.1.1. Костна анатомия	3
1.1.2. Мекотъканна анатомия	6
1.2. Биомеханика (физиология)	12
1.3. Патомеханика и патоанатомия	18
1.4. Образна диагностика	21
1.5. Епидемиология и класификации	23
1.6. Лечебни методи	27
1.6.1. Неоперативни методи	27
1.6.2. Оперативни методи	28
2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ	39
2.1. Пациенти	39
2.1.1. Критерии за подбор на клиничните случаи	39
2.1.2. Данни за статистически анализ	39
2.1.3. Демография и механизъм на увредата	40
2.1.4. Придружаващи увреди	41
2.2. Лечебен алгоритъм и хирургична процедура	42
2.3. Постоперативно поведение	49
2.4. Комплексно клинично изследване	49

2.5.	Проследяване и документация	51
2.6.	Биомеханично изследване	52
2.7.	Статистически методи	56
3.	РЕЗУЛТАТИ И УСЛОЖНЕНИЯ	59
3.1.	Резултати от проследени 57 фрактури	60
3.1.1.	Демография и механизъм на увредата	60
3.1.2.	Класификация на фрактурите	60
3.1.3.	Придружаващи увреди	61
3.1.4.	Време и продължителност на оперативната интервенция и болничен престой	62
3.1.5.	Консолидация на фрактурите на дистален фемур	63
3.1.6.	Средства за фиксация	65
3.1.7.	Обем на движение в колянната става	65
3.1.8.	Резултати от комплексното клинично изследване	65
3.2.	Усложнения	73
3.2.1.	Ранни усложнения	73
3.2.2.	Късни усложнения	73
3.2.3.	Смъртност	75
3.3.	Резултати от биомеханичен експеримент	76
4.	ОБСЪЖДАНЕ	79
4.1.	Честота и епидемиология	79
4.2.	Механизъм на получаване	80
4.3.	Класификация.....	81
4.4.	Индикации за оперативно лечение	82
4.5.	Хирургичен достъп	83

4.6. Клинични резултати и комплексна клинична оценка	87
4.7. Костно срастване и свързаните с него усложнения	92
4.8. Смъртност	100
4.9. Биомеханика и аугментация на остеосинтезата	102
ОГРАНИЧЕНИЯ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	109
ИЗВОДИ.....	110
ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	110
БИБЛИОГРАФИЯ	111

УВОД

Еволюцията на имплантологията и оперативното лечение, като цяло, в последните няколко десетилетия доведоха със себе си и клинични резултати, които в средата на миналия век са били трудно постижими и дори невъзможни. Развитието на медицината следва динамичните промени настъпващи на социално, географско и демографско ниво.

Въпреки, че фрактурите в областта на дисталния фемур се срещат до десет пъти по-рядко с сравнение с фрактурите в проксималната му част, те не са казуистична патология и напротив - честотата им е с тенденция към повишаване в последните години.^{1,2}

До средата на втората половина на миналия век основен метод на лечение е бил неоперативният - свързан с голям брой усложнения и нежелани крайни клинични и функционални резултати: контрактури на ставите, лошо зарастнали фрактури, усложнения от системен произход, свързани с продължителната хоспитализация и залежаване.³ Високата смъртност при възрастни пациенти е съпоставима с тази при фрактурите на проксималния фемур.⁴⁻⁶

Завишаването на критериите за добър изход от лечението, нуждата от бързо възстановяване на работоспособността и икономическата ефективност на лечението претърпяват значителна динамика в последните две десетилетия.

Към момента оперативната стабилизация е метод на избор за лечението на фрактури на дисталния фемур (ФДФ).⁷ Чрез съвременните импланти може да се постигне възстановяване на дължината и оста на крайника, анатомична репозиция на ставните повърхности и възможност за ранна рехабилитация.

Въпреки това има много фактори, които могат да компроментират добрия изход от лечението: лошо качество на костта, голямото раздробяване, мекотъкнна травма, полиморбитет, придружаващи заболявания, кооперативност на пациента.

Поради комплексния характер на увредата все още не съществува унифициран метод за лечение и средство за фиксация на ФДФ.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

ЦЕЛТА на този труд е да се извърши ретроспективен анализ на резултатите и усложненията при пациенти с фрактури на дисталния фемур тип АО/ОТА⁸ А и С, фиксирани със заключващи плаки и да се **отдиференцират рисковите фактори, водещи до проблеми с консолидацията на ФДФ. В допълнение, чрез биомеханични лабораторни тестове да се съставят препоръки за оптимизиране на оперативния метод.**

За постигане на тази цел си поставихме следните **ЗАДАЧИ**:

1. Да се извърши *критичен анализ на методите за лечение* на ФДФ от литературата.
2. Да се приложи методът на минимално инвазивна фиксация със заключваща плака върху *достатъчен контингент* от болни.
3. Въз основа на анализ на клиничния материал и резултатите от лечението да се *направи оценка на възможностите и недостатъците на избраната тактика.*
4. Да се направят изводи за *индикациите и вариантите за аугментация или оптимизиране на оперативния метод.*

ГЛАВА I

ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

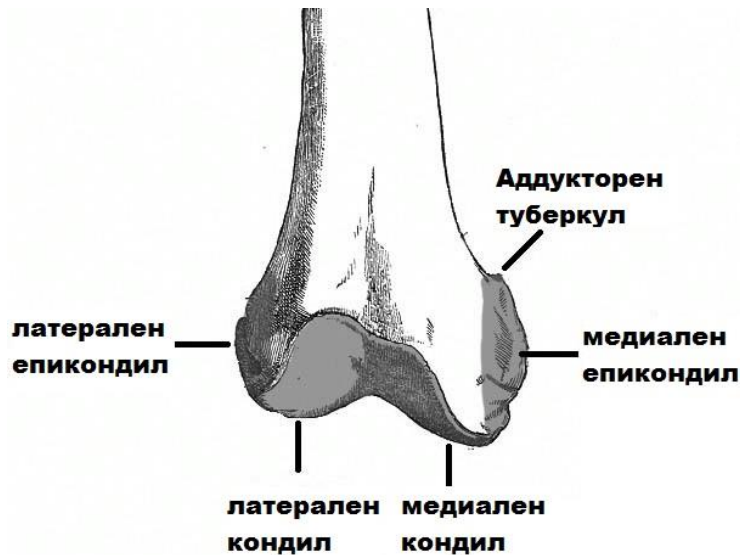
1.1. ХИРУРГИЧЕСКА (ПРИЛОЖНА) АНАТОМИЯ

1.1.1. КОСТНА АНАТОМИЯ

Топографски дисталният край на бедрената кост се намира в колянната област (regio genu). Проксималните граници на областта са: 4 см над основата на пателата - вентрално и 12 см над напречната гънка на задколянната ямка - дорзално. Дисталната граница се проектира на нивото на tuberositas tibiae.⁹ На проксималната граница на областта съответства супракондилна зона на бедрената кост. Тя представлява зоната намираща се между бедрените кондили и прехода метафиза-диафиза. Разполага се на около 9-15 см измерени от дисталната ставна повърхност.^{10,11} Важно е да се диференцират извънставните от вътреставните счупвания, както и фрактурите на дисталната диафиза, защото лечебните подходи и прогнозата значително се различават.¹²

В дистална посока фемурът се разширява експанзивно като формира голяма носеща повърхност за трансмисия на силата на натоварване към тибията. **Метаепифизата** е изградена от двата масивни бедрени **кондила**, които се сливат помежду си в проксимална посока. Част от кондилите е разположена вътреставно и е покрита със ставен хрущял. Извънставно, по страничните повърхности на кондилите, се намират съответно медиален и латерален епикондили, за тях се залавят колатералните лигаменти на колянната става.

Медиалният кондил е по-масивен и по-дълъг от **латералния**, при вертикална позиция на диафизата се простира по-дистално, но заради физиологичния наклон на костта двата кондила се разполагат почти хоризонтално на нивото на колянната става.¹³ (Фиг.1)

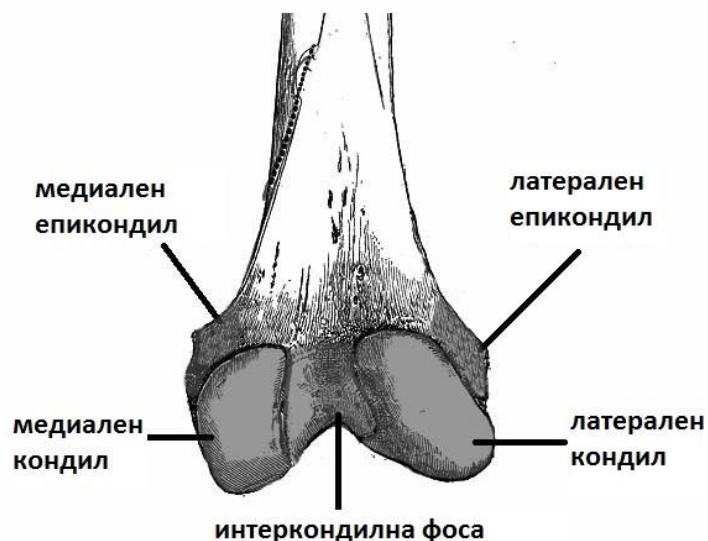


Фигура 1 Костна анатомия на дистален фемур. Предна повърхност

Ставната повърхност на кондилите има формата на обърната буква U и артикулира с пателата и проксималната тибия. Предните повърхности на двата кондила (в по-голяма степен латералния) се сливат и образуват предната част на ставната повърхност, която представлява бразда - конкавна в напречен и конвексна в сагитален план. Дълбочината ѝ варира между 3-9 мм.¹⁴ Анатомичните вариации са предпоставка за вътреставна пенетрация на винтове при пласирането им от латерално към медиално.¹⁵

Голямата ставна повърхност поставя допълнителни предизвикателства при фиксацията на вътреставни фрагменти с фрактурна линия във фронтален план (тип Hoffa): когато компресионният винт трябва да бъде поставен в сагиталната равнина, но не може да бъде пласиран екстраартикуларно, трябва да бъде поставен субхондрално^{16,17}, или да бъде използван „headless screw“ или био резорбируем винт. Дискутабилен е въпросът за дебелината на винта и стабилността на фиксацията при наличие на остеопороза.¹⁸

Дорзално двата кондила се разделят от дълбоката **инцизура интеркондиларис**. Фосата и разположените в нея кръстни връзки са разположени вътреставно, екстрасиновиално. (Фиг.2) Прекалено дорзално поставен имплант има риск да засегне структурите в областта.^{15,19}



Фигура 2 Костна анатомия на дистален фемур. Задна повърхност

Докато предната повърхност на кондилите лежи относително в една равнина с предния кортекс на диафизата, то задната част на кондилите се експонира дорзално спрямо задния кортекс на диафизата, т.е. продължение на дорзалния кортекс сече дорзалната трета на кондила и сключва 90° ъгъл с най-големия (предно-заден) диаметър на кондилите.²⁰ (Фиг.3В) Това има отношение с алинирането на дисталния фрагмент спрямо диафизата в сагитален план при наличие на метафизарно раздробяване.^{18,19}

Дисталната *метаепифиза* е изградена от спонгиозна кост, покрита от тънък слой кортикалис. След външните 6 мм здравината му рязко намалява, оставаща относително еднаква в по-дълбоките слоеве.²¹



Фигура 3 MRI образ – костна архитектура

Дисталният фемур има формата на неправилен трапец, стеснен в предна и разширен в задна посока. В напречен план линията, свързваща предната повърхност на латералния с предната повърхност на медиалния кондил, е с 10° наклон към медиално - „пателофеморална инклинация“.¹⁹ Разстоянието между медиалната и латералната стена отпред е по-малко сравнено с това дорзално, медиалната и латерална стени са наклонени в предно-задна посока една към друга. Латералната има инклинация 10° спрямо сагиталната равнина, а медиалната - по-голям наклон от $20-25^\circ$. Тази анатомична особеност трябва да се има предвид при определяне дължината на винтовете в тази зона.(Фиг.3Б) Лицевата рентгенография в зоната представя двуизмерен образ и може да създаде погрешна представа за реалната ширина на кондила в даден участък. Т.е. имплант поставен вентрално, но в корелация с образа от рентгенографията, ще проминира през медиалния кортекс притирайки дълбокия слой на влакната на медиалния ретинакулум и колатерален лигамент. Върхът на винта или острието на плаката трябва да достигат **10-20** мм от проекцията на медиалната стена на фасовата рентгенова графия.^{15,20,22}

Предната ставна повърхност на дисталния фемур артикулира със ставната повърхност на пателата - пателофеморална става. *Пателата* е най-голямата сезамовидна кост интегрирана в сухожилието на m. quadriceps femoris.

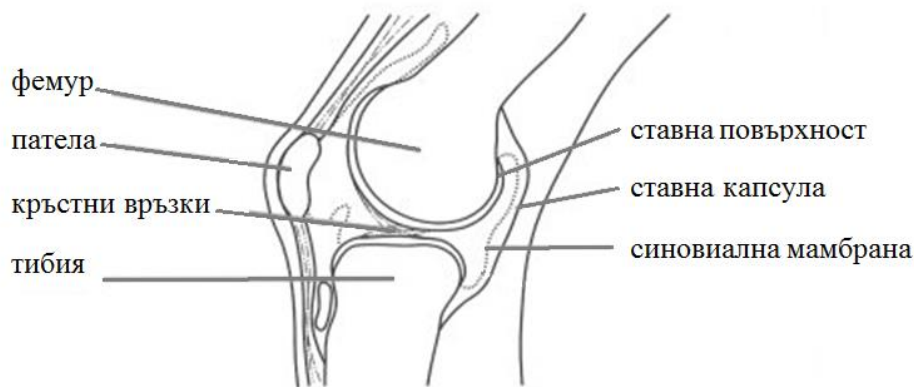
Тибιο-феморалната става се образува от долната и задна артикуларна повърхност на кондилите, които артикулират с двата менисуса и тибиялните кондили.

1.1.2. МЕКОТЪКАННА АНАТОМИЯ

Колянната става е сложна става. Тя се формира от долната част на бедрената кост, горната част на големия пищял (articulatio femorotibialis) и бедрената кост и пателата (articulatio femoropatellaris). Фибулата не взима участие в структурата на колянната става. *Ставната цепка* се проектира отпред на нивото на хоризонталните кожни хлътвания от двете страни на lig. patellae. Отзад ставната цепка се проектира на ниво напречна кожна гънка във фоса поплитеа.^{23,24}

Ставната капсула е обща и е изградена от два слоя: фиброзен и синовиален, които в по-голямата си част срастват един с друг. Синовиалният слой покрива всички вътреставни структури, които не са покрити с хрущял. Залавя се за

периферията на хрущяла на феморалните и тибиялни кондили, пателата и ръбовете на менисците. Ставната капсула се подсилва почти по цялата си повърхност от фиброзни дубликатури, които сливат влакната си с нея. Образуването на фиброзни септи в бурсите, както и уплътняването на ретинакулите и прирастването на капсулата към надлежащите и подлежащите структури е в основата на посттравматичната и постоперативна артрофиброза.²⁵⁻²⁷ (Фиг. 4)



Фигура 4 Морфология на колянната става в сагитален план

Лигаментите са отделни анатомични структури или удебеления на ставната капсула, участващи в моторния процес и осигуряващи стабилността на ставата. Колатералният комплекс се образува от медиалния и латерален лигаменти.^{13,28} Кръстните връзки се инсерират проксимално към вътрешната повърхност на бедрените кондили - предната към латералния, а задната към медиалния бедрен кондил. Дистално връзките се залавят за интеркондилната еминенция на тибията. Оценката на състоянието на връзковия апарат при счупвания е затруднена, защото патоанатомичното състояние не позволява мануално изследване и направа на стрес рентгено графии. MRI (магнитно-резонансна томография) диагностиката е от помощ, но може да не е информативна при наличие на голям хематом и разместена вътреставна фрактура. Адекватната оценка на състоянието на връзковия апарат изисква стабилна фиксация на костта.^{29,30} При интактен връзков апарат лигаментите са заловени за основните фрагменти при С-тип фрактурите, което е условие за запазване на част от кръвоснабдяването на костта. Разкъсване на връзките по-често се наблюдава в случаи на фрактури-лукации или увреди тип „плаващо коляно“.¹⁸ Възможна е и ятрогенна увреда на връзковия апарат или нарушаване на

кръвоснабдяването му при ретроградна интрамедуларна остеосинтеза (РИМОС).³¹
(фиг.5)

Менискусите са фибро-хрущялни образувания, интерпонирани между ставните повърхности на фемура и тибията. Увреди на менискусите се наблюдават изолирано или в комбинация с лигаментарна увреда. Честотата и вида на увредата е различна и зависи от механизма на травмата и позицията на колянната става.^{32,33} **(Фиг.5)**



Фигура 5 На схемата са показани колатералните лигаменти (медиален и латерален) и предна и задна кръстни връзки, разположени в интеркондилното пространство

M. quadriceps femoris се намира в предния компартмент на бедрото и е основен екстензор на колянната става. Изграден е от телата на 4 мускула, които покриват фемура отпред и отстрани. Мускулните тела са разположени в три слоя, както следва: повърхностен - m. rectus femoris, среден - mm. vastus medialis et lateralis и дълбок - m. vastus intermedius.^{11,34} В дисталната част на бедрото сухожилията на четирите мускула се обединяват в едно общо мощно сухожилие, което се инсерира върху базата на капачката. Част от влакната преминават покрай и над капачката и се обединяват със собственото сухожилие на капачката до инсерцията върху tuberositas tibiae. **Скарификация на мускулната тъкан и надлежащата кожа, както и адхезии на квадрицепса към фрактурен калус или интермускулния септум са причини за извънставна контрактура на коляното.**^{25,27,35,36}

По дорзалната повърхност на кондилите се залавят съответно медиалната и латерални глави на *m. gastrocnemius*. Ишиокруралната мускулатура (*m. gracilis*, *m. semimembranosus*, *m. semitendinosus*, *m. biceps femoris*) преминава транзитно през зоната на дисталния фемур и се залавя за проксималния край на костите на подбедрицата. **Характерната дислокация на фрагментите при ФДФ (фрактури на дисталния фемур) се определят от посоката на приложената сила, позицията на коляното (флексия-екстензия) в момента на травмата и тегленето на мускулатурата. Ишиокруралната мускулатура и *m. quadriceps* действат в посока скъсяване. *M. gastrocnemius* ротира дисталния фрагмент дорзално, а при трансинтеркондилните фрактури дивергира и ротира кондилите. Медиално за аддукторния туберкул се залавя *m. adductor longus*. При фрактури над това ниво дислокацията е във варус.**

Анатомо-топографски образувания имащи отношение към патологията в областта, оперативното лечение и възможните усложнения.

Аддукторния канал (Хънтеров канал, субсарториален канал) се разполага в средната трета по медиалната повърхност на бедрото, като дължината му е около 7 см.⁹

Каналът се ограничава от *m. vastus medialis* от латерално, *m. adductor longus* отзад и медиално, покривът на канала се изгражда от пресичащия косо областта *m. sartorius* и подлежащата *Lamina vastoadductoria*.

В дистална посока комуникира с поплитеалната ямка чрез *Hiatus adductorius*. Последният представлява пролука в апоневрозата на *m. adductor magnus*, която свързва канала със задколянната ямка. Разполага се на 10-14 см проксимално от ставата на горната граница на зоната.^{9,11} През хиатуса преминават *a. et v. femoralis* и навлизат в задколянната ямка като *a. et v. poplitea*. Тук те са изложени на риск от притискане и странгулации в случай на луксация на коляната става и/или фрактури на проксималната тибия.^{24,37}

Поплитеалната фоса се разполага дорзално на коляната става и има ромбовидна форма. Във фосата се намират следните съдово-нервни структури, които могат да бъдат засегнати от дислокацията и острите костни фрагменти или от хирургичният достъп: *a. et v. poplitea* и техните разклонения, *v. saphena minor*, *n. tibialis et n. peroneus communis*, *n. cutaneus femoris posterior*.^{37,38}

N. Isthadicus се разделя на крайните си разклонения: тибиялният и общия фибуларен нерв в горния ъгъл на ямката 10-12 см от ставната цепка, но са възможни различни анатомични вариации.⁹

N. tibialis се разполага повърхностно и латерално спрямо съдовете в горната половина на фосата. Кръстосвайки медиално съдовете я пресича по дължина и се насочва към долния ъгъл под арката на *m. soleus* заедно с *a. poplitea*.^{9,39} Във фосата той дава инервация на следните мускули: *m. gastrocnemius*, *m. soleus*, *m. plantaris*, *m. popliteus*. **В случаи на открити тип ШС фрактури комбинацията с лезия на нерва е релативна индикация за първична ампутация на крайника.**⁷

N. Peroneus communis е другият терминален клон на седалищния нерв, отделя се в проксималната част на фосата и следва медиалния ръб на бицепса и неговото сухожилие и напуска фосата, преминавайки над проксималния край на латералната глава на гастрокнемиуса. В дистална посока се насочва към шийката на фибулата, където дава своите крайни разклонения. Нервът отделя 3 клона към ставата. Увреда на нерва може да се случи в следствие на първична увреда на ниво коляно или проксимално, в следствие фрактури-луксации на тазобедрената става (ТБС). В резултат се наблюдава парализа на екстензорната и еверторна мускулатура на ходилото.⁷ Ятрогенната увреда на нерва е реален риск при разширена дисекция и поставяне на ретрактори по дорзо-латералната повърхност на латералния кондил, поставяне на директна скелетна тракция или стегната имобилизация.

Кръвоснабдяването около коляното се осъществява от мрежа от анастомози между клоновете на *a. femoralis*, *a. profunda femoris* и *a. poplitea*. Дислоцираните ФДФ в близост до съдовия сноп крият рискове от окултни съдови увреди, въпреки наличието на периферни пулсации на крайника.⁷

Интраосалното кръвоснабдяване се осъществява от анастомози между три отделни системи: *a. nutritiae* преминава през кортекса на диафизата и се разделя в медуларния канал на два основни клона - проксимален и дистален, кръвоносните съдове на метафизата са множество малокалибрени съдове изграждащи богата анастомотична мрежа в метафизарната зона и съдовете на периоста.⁴⁰

Дебитът през медуларната и метафизарната системи е значителни по-голям от този на периоста. **Физиологично кръвният поток е центрифугален (отвътре навън), защото медуларната система е с по-високо налягане. Тя от своя страна е директен клон на II перфорантна артерия. Анастомозите между двете системи могат да компенсират кръвоснабдяването на кортекса. Фиксацията със**

заклучваща плака не изисква компресия на плаката към кортекса, което съхранява периосталия кръвоток. Периосталните съдове кръвоснабдяват външната трета на кортекса и при инсуфициенция интраосалното кръвоснабдяване настъпва в пъти по-бавно, заради фрактура или хирургична травма реваскуларизацията със съдове от периоста.^{40,41}

Перфорантните артерии осигуряват предимно кръвоснабдяването на бедрената област. Те са директни разклонения на a.profunda femoris. Най-често перфорантните артерии са 3 на брой, а самата a.profunda femoris в терминалната си част може да се приеме за четвърта. Техният ход е в посока от медиално-дорзално-латерално. Преминават през интермускулния септум много близо до костта в областта на linea aspera през обособени фиброзни арки и по пътя си отделят мускулни, кожни и анастомотични клонове. През периосталните артерии при дислоцираните фрактури се осъществява кръвоснабдяването в ранния период след фрактурата.^{40,41} Широкият хирургичен достъп и депериостиране в областта на linea aspera може да засегне перфорантите и нутритивните артерии и да предизвика неконтролируемо кървене.⁴²⁻
44

От *a.poplitea* се отделят четирите *геникуларни артерии*. На нивото на бедрените кондили се отделят aa. genicularis superior lateralis et medialis. Артериите достигат предната повърхност на коляното, преминавайки под сухожилията на ишиокруралната мускулатура, отделяйки повърхностни и дълбоки клонове. Образуват анастомози: помежду си, с долните геникуларни артерии, с a.genicularis descendens от медиално и a.circumflexa femoris lateralis от латерално. **Повърхностният клон на a.genicularis lateralis superior попада в зоната на дисекция при латералните хирургични достъпи и трябва да се лигира.**^{37,39,45} **Поставянето на ретрактори от медиално води до допълнително депериостиране на костта и намаляване на медиалния колатерален кръвоток.**^{42,44}

Кожата в областта е сравнително тънка, със слабо изразена подкожна тъкан. Собственото сухожилие на квадрицепса прозира под бедрената фасция, а латерално tractus iliotibialis се представя като сребриста ивица.⁹

Повърхностната инервация се осъществява от следните кожни клонове: n. femoralis отпред, n. cutaneus fem. lat. – латерално, подкожен клон на n. obturatorius достига до медиалната част на коляното, n. saphenous след напускането си на аддукторния канал дава разклонения към препателарната зона, n. cutaneus fem. post

дорзално пробива фасцията между m. semimembranosus и m. biceps femoris. Неврални анастомози между отделните кожни нерви образуват т.н. – перипателарен плексус.³⁷ **Най-често използваният латерален достъп и неговите модификации е с малък риск за увреда на кожните и мускулни клонове, защото ходът на нервите е от проксимално към дистално.**⁴⁵

1.2. БИОМЕХАНИКА (ФИЗИОЛОГИЯ)

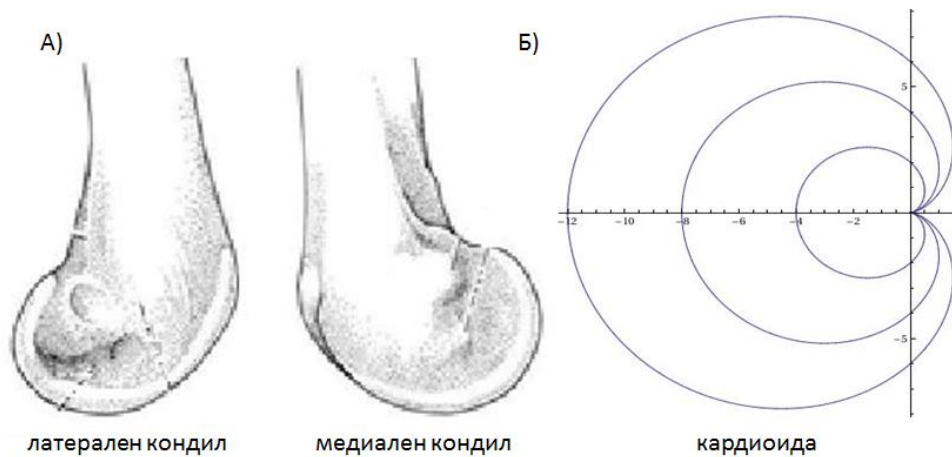
Морфология. В анатомично отношение колянната става е сложна. Изградена е от ставните повърхности на кондилния масив на фемура, тибиалното плато и пателата. Тя е най-голямата синовиална става в човешкия организъм. Разположена е интермедиерно в долния крайник. Нормалното използване на долния крайник в голяма степен зависи от функцията на коляното, което участва активно в локомоториката при ходене, бягане, изкачване и слизане по наклон, клякане, седане.

При нормалната походка тя осигурява в най-голяма степен релативното скъсяване и удължаване на крайника. За да изпълнява био-механичните си функции, анатомичните части на колянната става трябва да бъдат достатъчно масивни, за да издържат на механичния стрес, но в същия момент да осигурят голям обем на движение.⁴⁶ В дисталния край на костта действат предимно компресионни сили. Медиалната супракондилна зона на костта е по-натоварена. В дистална посока силите се разпределят симетрично между кондилите.⁴⁷

В устройството на ставата участват две функционално и анатомично свързани стави, които в акта на движение действат синергично: тибιο-феморална и пателофеморална стави.

Разгледана като модел на лостова система, колянната става е поставена между дългите рамена (фемур и тибия). Основната арка на движение в тибιο-феморалната става е в сагиталната равнина: флексия – екстензия, подобно на едноосевите шарнирни стави. Центърът на ротация в сагиталната равнина не е константен. Reuleaux⁴⁸ въвежда техниката на "моментния център", с която установява, че при движение в сагиталната равнина, в зависимост от позицията на ставата, центърът се измества по хода на един полукръг.^{48,49} Фемурът артикулира с тибията с долно-задната ставна повърхност на кондилите. Формата в сагитален план в литературата се описва като кардиоидна линия.⁴⁶ Отпред-назад извивката става по-остра, а

радиусът пропорционално намалява. Медиалният феморален кондил е по-голям, извивката му е нехомогенна и се проецира по-дистално от латералния.⁵⁰ (Фиг.6) Контактната повърхност между фемура и тибията варира между 2 см² и 6 см².⁵¹



Фигура 6 А) На фигурата е представен страничен изглед на дистален фемур. Отпред-назад извивката на ставното лице става по-остра, а радиусът пропорционално намалява.

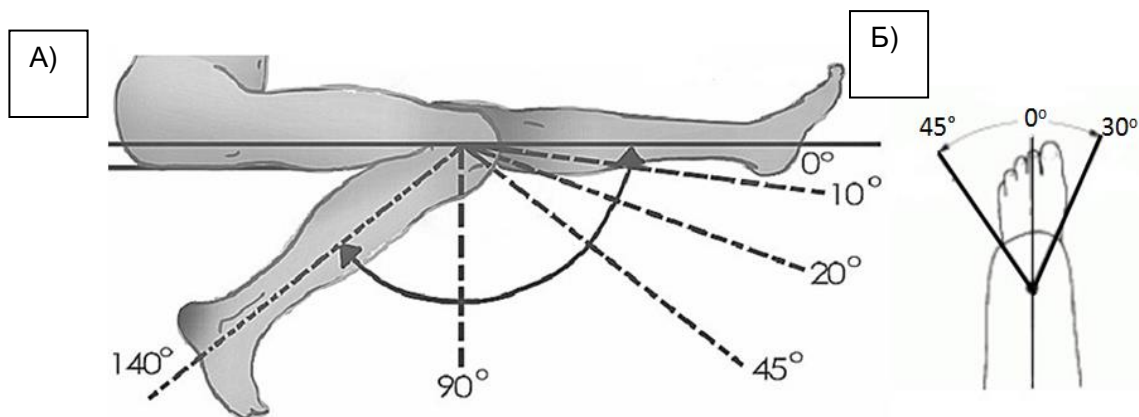
Б) Геометричен модел на сагитално сечение на бедрените кондили- кардиоидна линия

Към това може да се добавят и страничните отклонения на тялото по време на движение, които добавят допълнителен (варус-валгус) стрес във фронталната равнина и аксиална ротация в трансверзален план. Мобилността на коляното е сложен биомеханичен процес, свързан с движение на ставните повърхности една спрямо друга в няколко различни равнини и оси.⁵² **Неправилно срастване, вътреставна фрактура и праг на ставното лице водят до импинджмънт синдром и развитие на контрактура.**²⁵ Силите на стрес водят до варусна деформация, което резултира в пикова стресова концентрация върху ставния хрущял и развитие на артроза. Параметрите на движение на коляното се описват по отношение на сагиталната, коронарната и аксиалната равнини. Тибιο-феморалните ставни участъци се движат в тези равнини по механизмите на ротация, търкаляне и трансляция/плъзгане.^{46,49,50,53-55} Според Fu et al.⁵⁶ се дефинират три вида свобода на движение: флексия-екстензия, вътрешна-външна ротация, отклонение във варус-валгус и три на трансляция: предно-задна, медио-латерална и компресионно-дистракционна. Последните два механизма са минимални по обем и не се взимат предвид в клиничната практика.⁵⁶

Обемът на движение в тибιο-феморалната става в сагиталната равнина варира от $5^{\circ}/0^{\circ}$ до 140° - 160° . При различните индивиди обхватът на движение варира, но далеч надхвърля това, което се изисква за ежедневните нужди.^{37,46,55}

Арката на движение (флексия-екстензия) може да се раздели на три части (Фиг.7):

1. 0° - 20° - Арка на терминална екстензия (screw-home position, заключване на коляното)
2. 20° - 120° - основна функционална арка
3. 145° - 160° - арка на пасивна флексия



Фигура 7 А) Функционалният обхват на флексия-екстензия е $10 - 120^{\circ}$ - обемът движение нужен в ежедневието. **Б)** обем на движение на вътрешна-външна ротация

В крайната част на екстензията 0° - 20° се наблюдава торзионен момент на тибията спрямо фемура в хоризонтален/трансверзален план. Тибията се завърта във външна ротация спрямо бедрото, като в края на екстензията може да достигне 10° .^{46,49} При фиксирано ходило се наблюдава вътрешна ротация на фемура спрямо тибията. При флексия на колянната става ротационните феномени се повтарят в обратен ред.

$20^{\circ} \pm 10^{\circ}$ до $120^{\circ} \pm 10^{\circ}$ флексия-екстензия според Freeman е обемът движение нужен в ежедневието.⁵³ В този диапазон частта от феморалните кондили, която контактува с тибиялното плато в сагитален план, прилича на част от окръжност с радиус 22мм.⁵³ Медиалният кондил е по-стабилен в предно-задна посока в сравнение с латералния. Латералният кондил е с по-голяма тенденция за трансляция в сагиталната равнина заради физиологичната вътрешна ротация на тибията и по-голямата мобилност на латералния мениск.^{50,54}

В обема между $110^{\circ}/120^{\circ}$ до $145^{\circ}/160^{\circ}$ силно намалява работното рамо на флексорната мускулатура и е нужна външна сила или теглото на тялото за по-нататъшната флексия. Обемът на движение се ограничава от меките тъкани по задната част на подбедрицата и бедрото.⁵³

Центърът на ротация при движение в трансверзален и коронарен план също не е константен. Заема положение между средата и латералната стена на медиалния феморален кондил близо до инсерцията на задната кръстна връзка.^{46,50,53}

При пълна екстензия ротацията е почти напълно ограничена. При флексия обемът на ротация нараства пропорционално, като достига своя максимум при флексия 90° , когато са възможни до 45° външна и до 30° вътрешна ротация. При флексия от над 90° ротацията е ограничена от съпротивлението на меките тъкани.^{49,53} Като активни вътрешни ротатори при флектирано коляно действат *m.semimembranosus*, *m.gracilis*, като външни ротатори *m.biceps femoris*.⁵² Пасивна абдукция-аддукция са възможни в рамките на няколко градуса при флексия на коляното около 30° .⁴⁹

Биомеханика на патело-феморална става. Интерпонирана в сухожилието на *m.quadriceps*, пателата изпълнява ролята на анатомичен скрипец като увеличава работното рамо на екстензорния апарат и съответно неговата сила с до 30%. Този ефект е най-голям при екстензирано коляно.^{49,55} Пателата се плъзга в проксимална и дистална посока в трохлеарния сулкус, а при пълна флексия потъва в интеркондилния сулкус. Дължината на екскурзиите на пателата е 5-7 см.^{46,49} Артикуларната ѝ повърхност е изградена от латерална и медиална фасетки. За определяне алинирането на пателата спрямо долния крайник се използва измерването на Q-ъгъл. Последният варира от 10° - 14° при мъже и 15° - 17° при жени, заради по-широкия таз. Стойности $\geq 20^{\circ}$ показват тенденция за сублуксация на капачката.⁵⁵

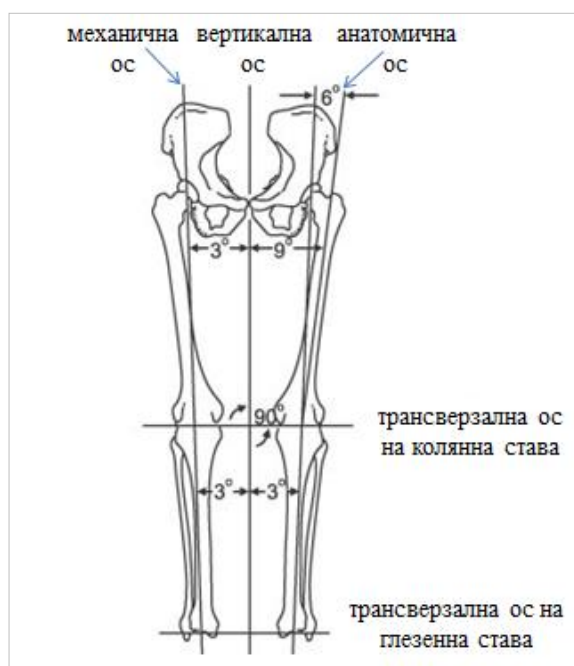
Ограничените движения в колянната става са едно от най-честите усложнения след ФДФ. Наблюдава се предимно ограничение на флексията. Ограничените движения не винаги водят до функционален дефицит, защото нуждите и изискванията при различните пациенти са различни, според ежедневната им активност и професията, която упражняват. Според различните автори средният обем на движение при ежедневни дейности може да се определи както следва:^{49,52,57,58} **(Таблица 1)**

Ходене	0° до 60°-67°
Изкачване стъпала	0° до 83°-94°
Слизане по стъпала	0° до 90°-93°
Връзване на връзки на обувки	0° до 106°
Сядане	0° до 93°-110°
Клякане	0° до 117°-130°

Таблица 1 Среден обем на движение при ежедневни дейности

От тези данни се предполага, че 0° до 110° е обемът на движение, който е разумна цел на лечението и рехабилитацията при възстановяване на обема на движение в колянната става.⁵⁷

Механичната ос на долния крайник се дефинира като линията свързваща центъра на бедрената глава със средата на глезенната става на фасова рентгенография. Тази линия типично се проектира в средата на колянната става.^{20,46,55,59} Механичната ос се отклонява с 3° валгус от вертикалата. Анатомичната ос сключва ъгъл 6° с механичната ос. Ставната цепка нормално е паралелна на хоризонталата и анатомичната ос сключва с нея ъгъл 81° валгус. Варусната инклинация на фемура е биомеханична проекция на по-голямата ширина на тялото в областта на тазобедрените стави отколкото в коляното. (Фиг.8)



Фигура 8 Анатомично и механично алиниране на долен крайник

Параметрите при различните индивиди търпят анатомични вариации. Рентгенография на контралатералния крайник може да служи за сравнение при алинирането на крайника.^{31,60}

Патело-феморална става. Косият ход на влакната на квадрицепса физиологично дърпа пателата в горно латерална посока. Стабилността и центража на капачката се осигуряват от :

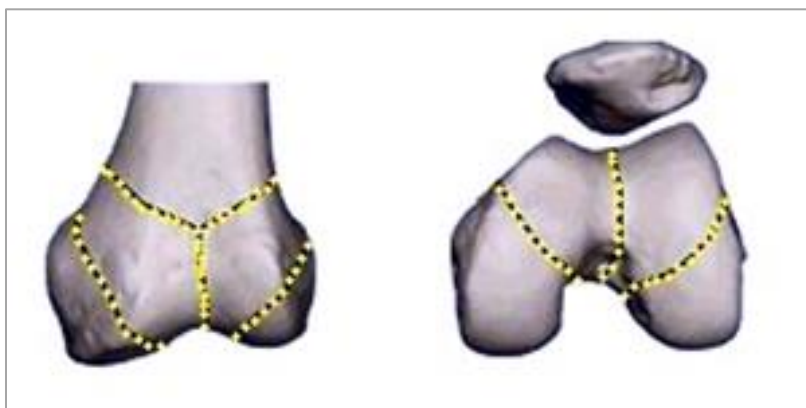
- Лигаментарния поддържащ апарат на пателата: медиален и латерален пателофеморални лигаменти и ретинакулуми
- Алинирането между диафизите на фемур и тибия (Q-ъгъл)
- Дълбочината на кондилния сулкус
- Напречните дистални фибри на м.vastus medialis³⁷

Тибιο феморална става. Основният стабилизатор на ставата са медиалния и латерален колатерални лигаменти и кръстните връзки. Връзковият апарат е статичен и противостои предимно на сили на опън. Мускулатурата около коляното действа като динамичен стабилизатор.^{37,52,61} Най-стабилната позиция на ставата е пълна екстензия, при тази позиция всички лигаменти са напрегнати. Независимо от позицията на коляното част от фибрите остават напрегнати и осигуряват стабилността на ставата.⁶¹

1.3. ПАТОМЕХАНИКА И ПАТОАНАТОМИЯ

Патомеханика. Точният механизъм на получаване може да остане неразпознат, но обстоятелствата довели до счупването са насочващи за изследването и диагностицирането на придружаващи увреди на опорно-двигателния апарат (ОДА) - фрактури/лукации на ТБС, фрактури на проксималния и диафизарен фемур.^{7,18} Съществува зависимост между механизма на травмата, демографските характеристики на пациента, наличието на остеопороза и морфологията на фрактурата.¹¹ Надрязване на предния кортекс на фемура при тотална колянна артропластика (ТКА) е предиспозиция за ФДФ.^{7,62}

При директна травма в областта на дисталния фемур зоните, където костта е най-слаба се локализируют в: прехода диафиза-метафиза; сагиталния план през интеркондилния сулкус, където пателата може да служи като клин и връзката между интеркондилния сулкус и двата кондила.^{63,64} Фрактурните линии са с тенденция да следват тези планове, но при лошо качество на костта или високоенергийна травма може да настъпи значително раздробяване в зоната.⁶³



Фигура 9 Зони в дисталната мета-епифиза, които са предилекционно място за разположението на фрактурните линии при ФДФ

В кадавър експеримент на Viano DC⁶⁴, изследващ ефекта от високо енергийна травма при напречен удар при флексия 90° в колянната става (dash board injury), се увеличава предно-задното огъване на фемура и компресионна деформация преди настъпването на фрактура. Подложена на аксиално натоварване бедрената кост се представя като колонна система, при която се наблюдават следните биомеханични

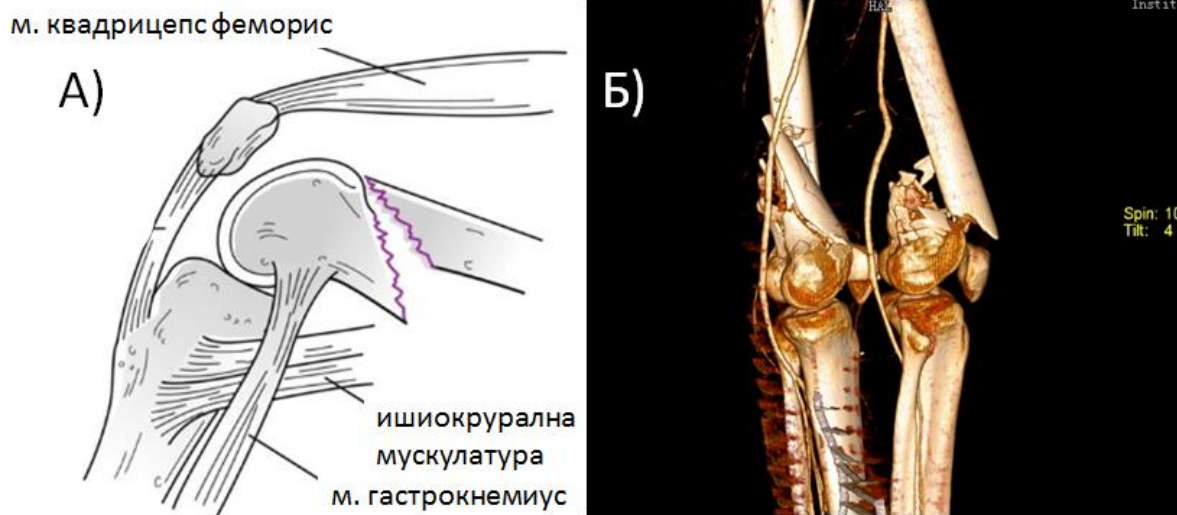
моменти настъпващи в рамките на ~2 мс: ставна компресия, огъване и компресия на костта и трансфер на натоварването към тазобедрената става. Ставната компресия води до фрактура на пателата или кондилна фрактура (пателата действа като клин), огъването на фемура най-често води до диафизарни фрактури, а трансферът на енергията проксимално - до фрактури или фрактурни луксации на ТБС.⁶⁴

Изследване на Soeur R.⁶⁵ при нискоенергийни травми при млади хора (паднали от собствен ръст върху флектирано коляно) установява: костта в дисталната 1/3 е много чувствителна на рязък ротационен стрес. В своя модел на спираловидните фрактури разглежда дисталната мета-диафиза на фемура като структура изградена от две колони (медиална и латерална), които продължават към бедрените кондили. Всеки кондил съдържа парче от колоната, а образувалите се костни шипове при счупването никога не са с еднаква дължина.⁶⁵ При външно ротаторен стрес фрактурната линия започваща от медиално се насочва дистално и костният фрагмент е по-къс, латералната фрактурна линия се насочва проксимално с по-дълъг костен фрагмент. Двете фрактурни линии обикновено се събират в интеркондилното пространство разцепвайки кондилите. При вътрешно ротаторен механизъм патоанатомичната находка е противоположна. Изолиран режещ механизъм при счупване се среща рядко. Получава се при варусен или валгусен стрес, когато тибиялното плато "подпре" съответния бедрен кондил. В резултат това най-често води до уникондилни фрактури.⁶⁵

Болшинството от автори са единодушни, че най-честият механизъм на счупване при супракондилните фрактури е аксиално натоварване, съчетано със сила деформираща във варус, валгус или ротация по оста.^{12,61}

Патоанатомия. Дислокацията на ФДФ е в следствие на първичната травма, както и на контракцията на мускулатурата на бедрото и подбедрицата.¹² Контракция на квадрицепса и ишиокруралната мускулатура скъсяват бедрото, като по-често проксималният фрагмент е флектиран напред и се забива в меките тъкани в зоната на супрапателарната бурса, възможно е и да пробие през кожата по предната повърхност на бедрото.^{61,66,67} Дислокация, при която дисталният фрагмент възсяда отпред диафизата, е казуистична и по-честа при подрастващи пациенти, но е възможно да се получи вторично при опит за мануална репозиция.⁶⁸ Варусна или валгусна ангулация на фрактурата се причинява от тегленето на аддукторната мускулатура, в зависимост конфигурацията на фрактурата и в кой основен

фрактурен фрагмент попада аддукторния туберкул.⁶³ M.gastrocnemius ротира дорзално дисталния фрагмент като деформацията се задълбочава при опити за пълна екстензия на колянната става. В случаите на ставна сепарация, мекотъканните инсерции върху съответния кондил, както и отделните глави на мускула, дистраhirат и ротират отделните кондилни фрагменти, което води до абсолютна неконгруентност на ставата. Ротационната дислокация се наблюдава и в трите равнини, което допълнително затруднява ставната реконструкция.¹² Степента на раздробяване в супракондилната зона е сходна в различните възрастови групи, но при млади пациенти с високоенергийна травма има тенденция към по-тежка увреда на ставното лице и по-проксимално засягане на диафизата.⁶⁹



Фигура 10 А) Диаграмата показва типичната фрактурна дислокация и деформиращите мускулни сили. Б) Случай от клиничната практика, демонстриращ фрактурната дислокация и близостта на съдовонервния сноп.

Увреждане на съдово нервния сноп от забиване на костните шипове на дисталния фрагмент е възможно, но рядко срещано усложнение - 0,2%.⁷⁰ При комбинацията от високоенергийна открита фрактура с тежка лигаментарна увреда (задна луксация на ставата) засягането на колянната артерия достига 40%.⁷¹⁻⁷³ Съпътстващи лигаментарни увреди достигат 20%. Те са трудни за диагностициране докато дисталната част на фрактурата не бъде стабилизирана заради клиничната оценка и стрес графии.^{29,74}

Изолираните ФДФ рядко са придружени с лигаментарни увреди на колянната става.^{7,75} Връзковият апарат по-често е интактен, колатералните лигаменти остават инсерирани към кондилните фрагменти и след реконструкция на ставата стабилността на коляното се възстановява.^{7,76}

Липсва консенсус относно времето за възстановяване на изолираните лигаментарни увреди при наличие на ФДФ. Обемните метални импланти използвани за остеосинтеза пречат на планираната реконструкция, а използването на големи отвори и тунелизирането през интеркондилното пространство не са индицирани в условията на вътреставно раздробяване, защото могат да компроментират фиксацията на фрактурата.^{7,30}

1.4. ОБРАЗНА ДИАГНОСТИКА

Рентгеново изследване. Изборът на лечебен метод, предоперативното планиране: изборът на имплант, оперативният достъп, отделните етапи на репозицията се изграждат на базата на качествени и информативни рентгенографии. Рентгенографии на цялата бедрена кост с прилежащите ѝ колянна и тазобедрена става се използват, за да се отдиференцират съпровождащи фрактури или луксации.¹¹ Рентгенографии на контралатералния крайник, ако е интактен, служат за модел на планираната реконструкция и изграждане на адекватен предоперативен план.²⁰ При фрактурите с голямо раздробяване (тип А3, С2 и С3), както и с придружаващи фрактури на патела и проксимална тибия, рентгенографският образ може да бъде insuficienten, заради суперпонирането на отделните фрагменти. Релативното определяне на степента на остеопороза при възрастни пациенти корелира с до 40% намаляване на костната плътност при конвенционалните образни изследвания.¹²

1) Фасова проекция. Обикновено крайникът се алинира провизорно и гротескните деформации се коригират при оказването на първичната медицинска помощ на мястото на инцидента.

Невъзможността да се екстензира коляното затруднява изследването, центрирането на капачката по средата на кондилния масив и фиксирането на подбедрицата с пръсти на ходилото насочени нагоре алинира латералните и

медиални граници на тибиялните и феморални кондили във вертикален план.⁷⁷ Рентгеновият лъч се центрира перпендикулярно на колянната става.⁷⁸

На фасова рентгенография протежението на фрактурната линия в интеркондилния сулкус може да остане неразпозната при неразместени фрактури и заради наслагване на образа на капачката. Измерва се "ставният праг" при вътреставни фрактури и кондило диафизарният ъгъл (aLDFA-anatomical lateral distal femoral angle). Последният се образува от пресичането на линията, съответстваща на надлъжната ос на диафизата (анатомична ос) и допирателната на дисталната ставна повърхност на двата кондила.⁷⁹ Средната стойност на ъгъла е 81° отворен навън (валгус).^{12,18} Наличието на сепарация, фрагментация и ротация на кондилите при С-тип фрактури се диагностицира на фасова графия, но интерпретацията им е трудна.

2) Профилната проекция се прави с лъчи перпендикулярни на лъчите от фасовата проекция, ретропателарната повърхност трябва да се представи строго паралелно. По този начин се онагледява фрактурата и дислокацията на фрагментите в метафизарната зона, ротацията на кондилите и скъсяването на крайника, също така е и информативна за наличие на фрактура на капачката и луксация/сублуксация на тибιο-феморалната става в сагитален план. Фрактури на кондилите в коронарен план (тип Hoffa) често се пропускат заради наслагването на кондилните контури.⁸⁰

Рентгенографски маркер е линията на Blumensaat (проекция на дъното на фоса интеркондиларис). Нормално сключва ъгъл с анатомичната ос $37^\circ \pm 5^\circ$ и е ориентир при определяне на инсерционната точка при РИМОС.⁸¹ Недостатък на техниката е невъзможността за оценка на репозицията в сагиталната равнина, защото използваните импланти се наслагват върху рентгенологичните ориентери.⁸² Този проблем може да се избегне с измерване на заден дистален феморален ъгъл (aPDFA anatomic posterior distal femoral angle), който се определя от сечението на линията, свързваща проксималната предна и задна граница на ставното лице и анатомичната ос ($83^\circ \pm 4^\circ$).⁸³

Увеличаването на предно-задния размер на супрапателарната бурса ≥ 10 мм е белег за хемартроза. Липохемартрозата е признак за наличието на вътреставна фрактура. На латерална рентгенография при пациент легнал по гръб на нивото на супрапателарната бурса се наблюдават "нива" с различна рентгенова плътност.⁷⁸

3) С тракционни рентгенографии получени след тракция на подбедрицата по оста на крайника се намалява наслагването на фрагментите и се получава по-точна представа за морфологията на фрактурата.¹⁸

4) Коси графии с наклон на лъча 45° медиално и латерално са индицирани при артикуларно ангажиране, информативни са за наличието на фрактури на кондилите в коронарната равнина и фрактури на тибиялното плато.¹⁸

5) При тунелната проекция пациентът е легнал по гръб, а лъчът е наклонен 45° каудално. Тя дава информация за сепарация на кондилите и свободни фрагменти във фосата. Тунелен образ на фасова графия след репозиция означава остатъчна ретроверзия на дисталния фрагмент.⁶⁰

Компютърна томография (СТ) е индицирана като допълнение към конвенционалната рентгенологична диагностика, особено при пациенти с вътреставни фрактури.⁸⁰ СТ е показана при анализиране на морфологията на комплексни фрактури, диагностициране на окултни фрактури и зони на остеохондрална импакция.^{12,18} При диагностика на вътреставни фрактури на кондилите в коронарен план (Hoffa fracture), в серия от 202 33-С тип фрактури Sean E. Nogk et al. установяват два пъти по-висока честота на диагностицираните фрактури с СТ в сравнение с конвенционална рентгенография.⁸⁰

Магнитно-резонансна томография (MRI изследване) не се провежда рутинно, но е в съображение при диагностика на лигаментарни увреди и остеохондрални фрактури. Постоперативният MRI се компроментира от наличните метални импланти.⁸⁴

1.5. ЕПИДЕМИОЛОГИЯ И КЛАСИФИКАЦИИ

Епидемиология Фрактурите на дисталното бедро съставляват 0.4 % от всички счупвания и 6% от фрактурите на фемура. Честотата им е десет пъти по-малка от тази при фрактурите на проксималния фемур.^{1,2,85} Разпределени са бимодално, като на първо място са млади мъже в активна възраст, пострадали при високоенергийна травма (спорна, ПТП, падане от височина). Във втората група доминират жени над 60 годишна възраст, с ниско енергийна травма (битова травма, падане от собствен ръст).^{1,2,86}

Според изследването на Court-Brown et al.² броят на ФДФ рязко нараства при жени в менопаузална възраст (съотношението мъже:жени е 33%:67%). Броят на тези фрактури нараства и при мъжете в тази възрастова група, но никога не достига такава висока честота. Средната възраст на пациентите е 61,0 години като 50% са над 65 годишна възраст.²

През последните десетилетия се наблюдава застаряване на популацията и повишаване на очакваната продължителност на живота, заради подобрените социални условия и медицинска помощ. Това е свързано с увеличаване на броя на т.н. инсуфициентни фрактури (fragility or insufficiency fractures), към които се причисляват и част от фрактурите на дисталния фемур.^{1,2} В мюсюлманските страни съотношението мъже-жени е много по-високо в сравнение със западните страни, заради начина на живот и вида на трудовата заетост при жените в определени общества.⁸⁷

При анализ на 47 клинични серии в периода 1989-2005г. Zlowodzki et al. отдиференцира следните епидемиологични параметри в разпределението на ФДФ: средната възраст е 49г, 47% са жени, засягане на ставното лице при 58,1%, тежко раздробяване на ставата тип С3 - 21.6%, открити фрактури по G.A. са 26.9%, от които GA III- 10.3%, перипротезните фрактури съставляват 2% от случванията.⁸⁶

В изследването на Martinet et al.¹ разпределението на база механизъм на травмата е 53% при пътно транспортно произшествие (ПТП), 33% при битова травма и 14% в други ситуации.¹

Според последните епидемиологични анализи може да се заключи, че има значителен ръст на остеопоротичните фрактури, по-често при жени и че възрастното поколение в момента е много по-активно от предишните.²

Много малко са изследванията свързани със смъртността след фрактура на дисталното бедро, особено във възрастната популация. В различните серии се съобщават стойности вариращи между 6% и 10% смъртност през първия постоперативен месец, 18 % за шест месеца и до 30% леталитет една година след случването.⁸⁸⁻⁹⁰ Тези стойности са съпоставими с тези при фрактурите в областта на тазобедрената става. Според изследване на Streubel PN et al.⁸⁸ пациентите с висок индекс на телесна маса (ВМІ) са по-предразположени към ФДФ отколкото към фрактури в областта на ТБС. Освен това, отлагането на оперативната интервенция повече от четири дни повишава леталитета в следващите 6 месеца до 1 година.⁸⁸

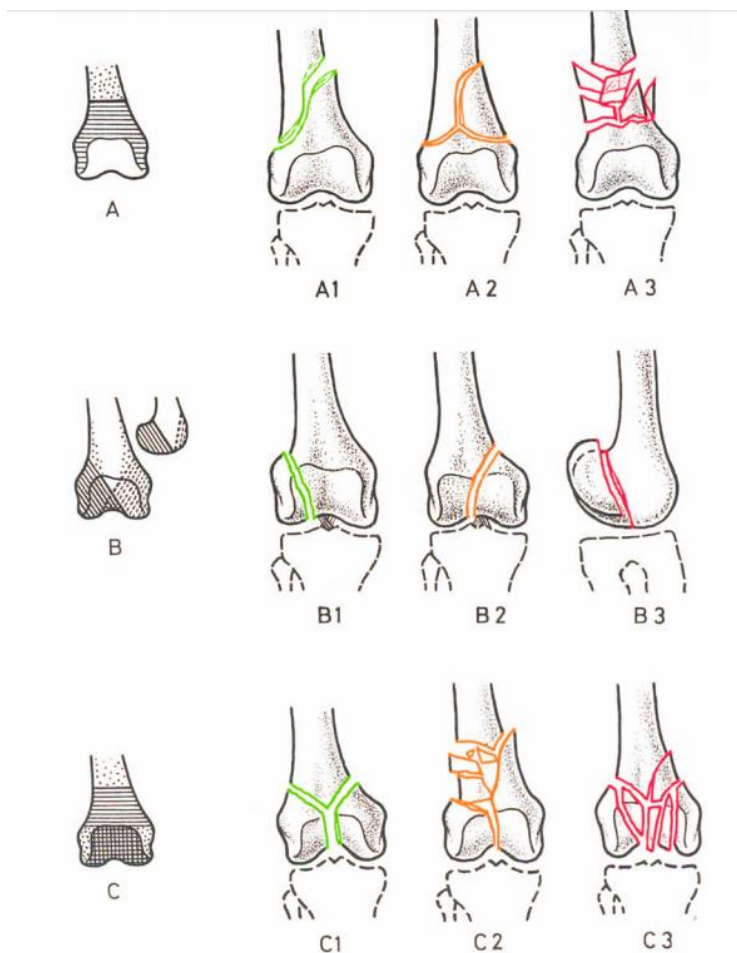
Класификации. С еволюцията на методите на лечение се променят класификациите на ФДФ. Целта на класификационната система е да обхваща пълния обем от фрактурни вариации, да е лесна за възпроизвеждане и употреба, да позволява лесна документация и възможност за статистическа обработка на информацията, да дава идея за терапевтичния подход и прогноза на крайните резултати от лечението.

АО/ОТА класификационна система^{8,91}

Клиничната значимост на класификацията е акцентът върху раздробяването на фрактурата и неговата локализация (А;В;С тип). Подтиповете 1-3 съответстват на увеличаване тежестта на раздробяване. Това е факторът, който води лечението и прогнозата за крайния терапевтичен резултат. Класификацията на Muller АО се приема за златен стандарт сред ортопедичните хирурзи и е най-широко застъпена. Алфа-номерологичната концепция е лесна за употреба и предоставя висока надеждност и валидност на резултатите.⁹² За целите на настоящия труд и за да бъдат резултатите ни сравними се придържаме към класификацията на АО⁹¹групата.

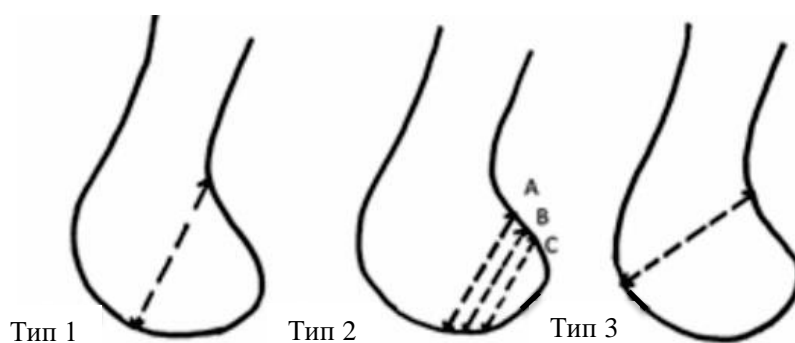
Muller et al.⁹¹ разделят фрактурите на 3 основни типа и 27 подтипа.(Фиг.11)

- 1) А.тип - извънставни фрактури
- 2) В.тип - фрактури, ангажиращи ставната повърхност, но при които част от ставното лице запазва връзка с диафизата на фемура
- 3) С.тип - вътреставни фрактури без структурна връзка с диафизата



Фигура 11 Класификация на АО/ОТА⁸

Класифицирането на фрактура на кондилите в коронарната равнина като част от една по-комплексна вътреставна фрактура 33-C3 може да ни даде представа за прогнозата и риска от аваскуларна некроза на фрагментите. Лесна за приложение в този контекст е класификация на *Letenneur et al.*⁹³ от 1978г при фрактури на латералния кондил.^{17,93} (Фиг.12)



Фигура 12 Класификация на уникондилни фрактури -Letenneur et al.⁹³

Класификацията е базирана на посоката на фрактурната линия и отразява разположението на мекотъканните инсерции: ставна капсула, ACL, LCL, M. popliteus tendon, латерална глава на гастрокнемиус към отделните фрактурни фрагменти. При тип 1 и 3 – към кондилния фрагмент остават част от мекотъканните инсерции, следователно и част от кръвоснабдяването, при тип 2 фрагментът може да бъде изцяло вътреставен без никакви инсерции- тип 2C.¹⁷

1.6. ЛЕЧЕБНИ МЕТОДИ

За последните 50 години лечението на ФДФ преминава през много модификации и твърдението на Neer 1967г.⁶⁶: “нико една фрактура на това ниво не е подходяща за вътрешна фиксация” достига до: Rockwood and Green 8th edition 2015г.⁷: “на оперативно лечение подлежат всички разместени фрактури на дисталния фемур“. Липсата на проучвания с висока степен на медицинска достоверност, различните начини на лечение, селекцията на пациенти и различните критерии за оценка на крайния резултат правят невъзможно директното съпоставяне на резултатите от различните серии.

1.6.1. НЕОПЕРАТИВНИ МЕТОДИ

Мануална репозиция и имобилизация

Характерната патоморфология на фрактурата и големите деформиращи сили на мускулатурата са предизвикателство за лечение с мануална репозиция и гипсова имобилизация. Индицирани за такъв подход са неразместени, стабилни или импактирани фрактури.⁹⁴ Имобилизацията с гипсов ботуш или поясно-крачолен гипс е неудобна и свързана с много рискове.⁹⁵ В отделните серии броят на пациентите е малък, а резултатът от лечението противоречив: Neer⁶⁶ - 32 пациента- 37% отличен резултат., Schatzker et al.⁹⁶ et al. - 50% провал на лечението, Stewart et al⁹⁷ - 37% от кохортата са с анкилоза, несрастване или тежък флексионен дефицит.⁹⁷ Предимство пред лечението с тракция е намаленият болничен престой (8-14 дни)⁶⁶. Отличните и добрите резултати в сериите на практика се дължат на добра селекция на фрактури и занижени критерии за оценка на крайния резултат.

Скелетна тракция

Лечението с изотонична скелетна тракция е основен терапевтичен метод до средата на миналия век. Голям проблем е репозицията на дисталния фрагмент, ротацията в сагитален план е по-изразена при по-малки дистални фрагменти и е най-трудна за корекция.¹¹ Използват се различни модификации на тракцията за оптимизация на репозицията: тракция през проксимална подбедрица, през дисталния фрактурирен фрагмент, или комбинация от двете, а крайникът се поставя върху шина (Brown; Thomas).^{11,67,97} Тракцията води до много усложнения свързани с приковаване пациентите на легло (средно 60 дни): декубитуси, белодробни и уринарни усложнения, развитие на ставен лакситет, неправилно срастване.^{67,94} Най-честа остатъчна деформация е вътрешната ротация и варусна ангулация на дисталния фрагмент.⁶⁷ Рекурвацията на дисталния фрагмент не се отдава при тракционно лечение в случаите на импакционна фрактура или когато проксималният фрагмент се възкача пред дисталния.^{66,98}

Функционално лечение

Гипсов брейс от дълъг крачолен тип с шарнир на колянната става се прилага след период на тракционно лечение, когато фрактурата е станала „лепкава“.⁹⁹ Закрита репозиция и ранна мобилизация с фикционална имобилизация постига по-добри резултати в сравнение с приложението ѝ при раздробени и многофрагментни фрактури в средната или горна трета на бедрената кост.^{67,100} Усложнения като малротация и скъсяване могат да възникнат в ранният етап на лечението. Добре моделираният гипс в областта на фрактурата контролира порочната малпозиция на фрагментите, а ранното натоварване ускорява консолидацията с периостален калус и намалява болничния престой.⁹⁸ Ранното поставяне на брейса предпазва от ротационната деформация, като дисталният фрагмент се фиксира във външна ротация и лек валгус.^{66,98} Клиничните резултати в сериите са: Connolly¹⁰¹ - 80%-85% , Butt⁹⁵ - 31%, Stewart⁹⁷ - 54% добри и отлични резултати.

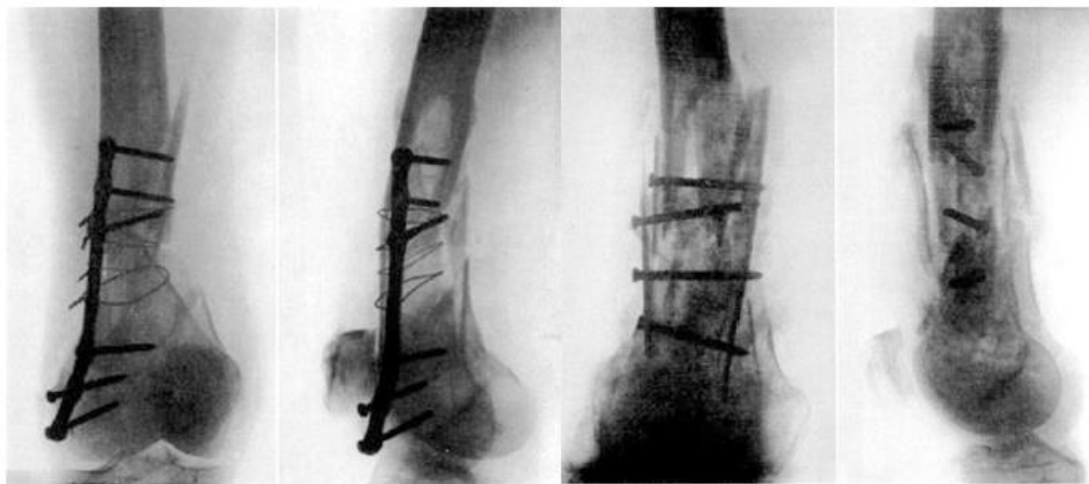
1.6.2. ОПЕРАТИВНИ МЕТОДИ

С налагането на АО¹⁰² доктрината (анатомична репозиция, стабилна фиксация, ранна рехабилитация) се появяват и първите серии с обнадеждаващи резултати в

полза на оперативния подход. Wenzl et al.¹⁰³ 1970г. и Schatzker et al.⁹⁶ 1974г. съобщават 73,5%-75% добри и отлични резултати при пациенти лекувани по принципите на АО.^{96,103} Авторите отбелязват, че част от лошите резултати се дължат не на неспазване на принципите на оперативната техника, а на лошото качество на костта при възрастните пациенти и невъзможността на имплантите да фиксират адекватно остеопоротичната кост, което от своя страна е независещ от хирурга фактор.²⁰

Фиксация ad minima

Първите опити за фиксация цитирани в литературата са по-скоро отчаян акт на хирурга в състояние на безизходица. Използвани са различни вариации от импланти (киршнерови игли, винтове, серклажи) без да се следват утвърдени принципи във фрактурното лечение. Резултатът е биомеханично неефективна фиксация, която Stewart⁹⁷ нарича „хомеопатична фиксация“. (Фиг.13) Множеството от крайните резултати са лоши и авторите считат неоперативното лечение за по-оптимално. Винтова остеосинтеза (fixation ad minima) се използва предимно за реконструкция на ставното лице в комбинация с външен фиксатор или уникондилни увреди тип Hoffa.¹⁰⁴⁻¹⁰⁶



Фигура 13 Пример за несъвършената техника на фиксация на ДФД от средата на 20 век (Stewart 1966 Fractures of the distal third of the femur⁹⁷)

Еластична интрамедуларна остеосинтеза

В дисталния си край медуларният канал на фемура се разширява като тропет. Дори експесивно разширяване на канала не осигурява оптимално сцепление на пирона както при истмалните фрактури.¹⁰² Еластичната остеосинтеза почива на други биомеханични принципи (три точкова опора)¹⁰⁷, а фиксацията, която осигурява, не е достатъчно ригидна и налага следоперативна имобилизация. Най-често прилагани са пироните на Ender, Rush и Zickel. Индицирани са предимно за извънставни фрактури без метафизарно раздробяване, ако не се очаква голямо скъсяване¹⁰⁸. Преимущество е лесната хирургична техника и миниинвазивност.¹⁰⁹ Добрите и отлични резултати са предимно при възрастни пациенти 72%-83%.^{107,109-111} Чести усложнения на метода са тежка контрактура на колянната става 30%-54%¹¹², неправилно срастване в 46%, скъсяване над 4 см в 15% от случаите.¹⁰⁹

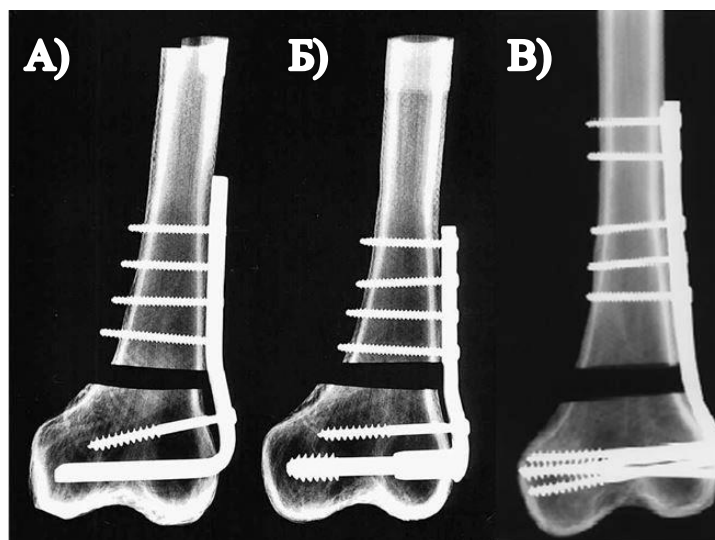
Антероградна и ретроградна интрамедуларна остеосинтеза

Антероградната ИМОС се прилага предимно за фиксация на супракондилни фрактури, някои автори я прилагат и при С-тип след остеосинтеза на ставното лице с винтове.^{63,113,114} Клиничните резултати в голям процент са добри и отлични (76%-100%), честотата на несрастване варира 0%-18%, а средният обем на движение е 0°-100°.¹¹⁵⁻¹²⁰ Според Huang et al.¹²¹, важно условие за постигане на стабилност на конструкцията е увеличаването на дисталния кортикален контакт, а разположението на фрактурната линия на минимум 3 см отстояние от проксималния дистален застопоряващ винт според Antekeier et al.¹²² увеличава издръжливостта на конструкцията на циклични натоварвания (1 млн. цикъла).^{121,122} Предимство на ретроградната ОС е използването на един хирургичен достъп за реконструкция на ставното лице и имплантация на пирона, както и при фиксация на увреди тип „плаващо коляно“. ^{63,114} Клиничните резултати са сходни с тези при антероградната фиксация. Недостатък на техниката е вътреставното имплантиране, развитие на импинджмънт синдром, септичен артрит и трудна екстракция на импланта.¹²³ В последствие се разработват ретроградни пирони за лечение на ФДФ (SCN-supracondylar nail, DFN distal femoral nail) с модификация на дисталното застопоряване (с винт или лезвие), което е преместено по-дистално, за да се подобри фиксацията. Проксималното и дистално застопоряване се извършват с рамката на пирона. В кохортните серии добрите и отлични резултати са 85%-91%.^{89,124-132} Специфични проблеми са протрузия на пирона в ставата и колянна болезненост.¹²³⁻

^{126,130} Комбинацията с минимално инвазивна техника корелира с висок процент на срастване 96.9% и ниска честота на инфекции 1.4%.^{123,133}

Фиксация с плаки

До средата на миналото десетилетие плаките съставляват 2/3 от имплантите на избор за фиксация на ФДФ. Компресионните плаки (компресия на плаката към костта като метод на фиксация, а не интерфрагментарна компресия) се разпределят: АВР-41%, DCS-33%, СВР-23%. Заклучващите плаки като сравнително нов имплант се използват в около 30% от случаите.⁸⁶



Фигура 14 На фигурата е демонстриран фрактурен модел на АО/ОТА 33-А3 тип фрактура фиксирана с; **А)** 95° плака с острие (АВР), **Б)** Динамична Кондилна Винт Плака (DCS), **В)** Подпорна Кондилна Плака - Condylar Buttress Plate (CBP).

95° плака с острие - Angular Blade Plate (ABP) (Фиг.14А). Проектирана в средата на миналия век, плаката с острие става основен имплант за фиксиране на ФДФ.⁸⁶ Имплантът е тип моноблок, който е контуриран по анатомията на дисталния фемур и осигурява здрава и ригидна вътрешна фиксация.²² Недостатък на техниката е трудността ѝ за изпълнение. Основен момент е точното инсериране на лезвието на плаката, защото не позволява допълнителни корекции.²⁰ Лошата хирургична техника крие риск от увреда на ставното лице и лигаментарния апарат.¹¹³ Лезвието не може да осъществи компресия при интеркондилни фрактури, дори крие риск от допълнителна сепарация на кондилите до 2% в отделните серии.^{63,134}

Дълго време плаката с острие е основен имплант на избор при множество пациенти. Добри и отлични резултати се постигат в 85% от случаите.¹³⁵⁻¹³⁹ Честотата на инфекции варира между 5%-8%; несратсването – 0%-7%; неправилно срастване – 5%-19%; средният обем на движение в колянната става е 100°.¹³⁵⁻¹³⁹

Динамична Кондилна Винт Плака (DCS Фиг. 14 Б). Двуконпонентната конструкция – кондилен винт Ø13 мм и барел плака, решават много от недостатъците на АВР системата.¹⁰² Основен момент във фиксацията е позиционирането на водещата игла – едновременно паралелна на патело-феморалната и тибео-феморалната става по аналогия с АВР.¹¹³ Предимства на техниката са: свобода за корекция на плаката в сагиталната равнина, по-добра фиксация в остеопоротична кост, възможност за интерфрагментарна компресия при С-тип фрактури.^{63,114} Намален е рискът за загуба на репозиция, защото се използва борер вместо длето, а при фрактури на плаката се позволява частична смяна на импланта. Един от недостатъците е свързан с риск от вътреставна увреда при неправилно насочване на водещата игла, което се среща често при метафизарно раздробяване. Типични при фиксация с DCS са загуба на голямо количество костен субстрат, ротационна нестабилност на дисталния фрагмент и подкожно проминиране на импланта.¹¹⁴ Съобщените клинични резултати в литературата са сходни с резултатите при лечение с АВР, като се наблюдава намаляване на броя на усложненията. Добри и отлични резултати се постигат в 74% от сериите, инфекциозни усложнения се съобщават в 0%-5%; несрастване 0%-10%; неправилно срастване 0%-5%.^{10,43,95,140,141}

Подпорна Кондилна Плака - Condylar Buttress Plate (CBP) (Фиг. 14 В). Имплантът следва анатомията на дисталния фемур и позволява фиксиране на дисталния фрагмент с 5-6 спонгиозни винта.¹⁴² Индицирани са когато раздробяването или фрактурната морфология (тип Hoffa) не позволяват използването на АВР или DCS.⁶³ Недостатъци са ниската здравина на импланта и високата честота на разхлабване на винтовете и колапс във варус.^{63,143-145} Липсата на фиксиращ механизъм на винта към плаката налага добавяне на допълнителни импланти и/или костен графт медиално, което е свързано с лоши клинични резултати.^{20,27,146,147}

Еволюция на хирургичната техника

Дизайнът на имплантите за фиксация (ABP, DCS, CBP) е съобразен с класическите догми на АО, което от своя страна е свързано с използването на класическите екстензивни хирургични достъпи. Целта към намаляване на хирургичната травма води до развитието на нова концепция за оперативно лечение на ФДФ - индиректна репозиция с примостяваща остеосинтеза през ограничен хирургичен достъп.¹⁴⁸ Съхраняването на локалното кръвообращение води до намелена честота на инфекции и несрастване.¹⁴⁹ Клиничните резултати са съпоставими с тези при използване на конвенционални хирургични техники, но първичното използване на костен графт е сведено до минимум. (Таблица 2)

Автор	Брой пациенти	Добри и отлични резултати	Инфекции	Използване на графт	Несрастване
Bolhofner(1996) ¹⁵⁰	57	84%	1	0	0
Huang(2003) ¹⁵¹	16	81%	0	4	0
Krettek(1997) ¹⁵²	14	50%	0	0	1
Krettek(1997) ¹⁵³	8	75%	0	0	0
Ostrum1995 ¹⁵⁴	30	87%	0	0	1

Таблица 2 На таблицата са показани резултатите от първите серии с използване на миниинвазивна остеосинтеза с конвенционални (компресивни) плаки.

Заклучваща компресивна плака - Locking Compression Plate (LCP). (Фиг. 15)

Развитието на остеосинтезата с плаки търси да осъществи фиксация, действаща като еластична система, която да потенциира деформиращите сили, които от своя страна да стимулират калусообразуването.¹⁵⁵ Концепцията за „био-логична фиксация“ логично води до появата на заключващите плаки.¹⁴⁹ Това е нов клас импланти, които на практика улесняват хирургичното лечение. Заклучващите плаки функционират на принципа на вътрешен фиксатор и имат следните характеристики:

- Форма контурирана по анатомията на дисталния фемур, която позволява подмускулно инсериране и съхраняване на периосталното кръвообращение
- Заклучване на главата на винта към плаката, осигуряващо ъглова стабилност
- Възможност за перкутанно поставяне на винтовете
- По-добра фиксация в остеопоротична кост



Фигура 15 На фотографиите е показана позицията на ЗП при ФДФ.

Ранните клинични резултати са обещаващи: 93%-100% срастване на фрактурата, с честота на инфекциите 0%-3%.¹⁵⁶⁻¹⁵⁸ честотата на несрастване е сравнително ниска и варира между 0%-14% като по-често е под 6%.¹⁵⁶⁻¹⁶⁷

В по-късни серии, с популяризирането на техниката, резултатите в литературата показват, че технологията не е съвършена и има своите недостатъци: честотата на несрастване нараства до 17%-21%, появяват се съобщения за намалено количество на формирания калус, а проблемите с консолидацията достигат до 32%.¹⁶⁸⁻¹⁷¹

Заклучващите конструкции могат да бъдат твърде ригидни, което намалява микродвиженията и инхибира калусообразуването като рискови фактори за това се посочват: дължина на плаката, броят и разпределението на винтовете, материалът, от

който е изработен импланта като независим рисков фактор за несрастване на фрактурата.¹⁷²⁻¹⁷⁵

Бъдещи клинични проучвания са насочени към модифициране на конструкцията и контрол на микродвиженията, както и влиянието на растежните фактори.^{62,176}

Външен фиксатор

Външният фиксатор не е наложен като средство за избор при дефинитивно лечение на ФДФ, клиничните серии са малко на брой и обхващат малък брой пациенти.^{106,177-179} Концепцията на външната фиксация предлага някои преимущества спрямо другите оперативни методи: избягва мекотъканната дисекция и депериотирането на костта.¹⁰⁶ От друга страна, тънкият кортикалис, широкият медуларен канал и късият дистален фрагмент компроментират стабилността на фиксацията. Примостяването на колянната става и нейното имобилизиране с цел по-стабилна фиксация водят до контрактури и влошаване на крайния резултат.¹⁷⁹ Локална инфекция по хода на иглата, септичен артрит и остеомиелит се чести усложнения.^{177,178,180} Вътреставните фрактури рядко биват репонирани закрито, което налага хирургичен достъп и фиксация с един или повече компресионни винта.^{177,181} Неправилното срастване и скъсяване достигат 30%¹⁸¹, забавено срастване и вторично разместване на фрактурите в следствие на разхлабване на конструкцията също са чести.^{177,178} Независимо от вида на използваните фиксатори, средният обем на движение в колянната става е около 100° в различните серии.^{106,177,179,181} Техниката се препоръчва при много раздробени фрактури с масивна увреда на меките тъкани.¹⁷⁷ Използването ѝ е предимно за временна фиксация и damage control.⁹¹

Артропластика. Индицирани за първично ендопротезиране са пациенти с предшестваща гонартроза, тежка остеопороза и/или тежко артикуларно раздробяване.¹⁸²⁻¹⁸⁴ Заради фрагментацията на супракондилната зона, импланти на избор са ендопротези тип „hinge” или мегапротези.¹⁸³ Наличието на изкуствена ТБС от същата страна води до увеличена концентрация на стрес между имплантите и риск от нови фрактури. Предимство е възможността за ранно натоварване на крайника, но усложненията след ендопротезиране на ставата са по-тежки в

сравнение с провалена остеосинтеза.¹⁸² Appleton et al.¹⁸² съобщава за 40% смъртност за 1 година и 11% хирургични ревизии. Vaishya et al.¹⁸⁵, Haidukewych et al.¹⁸⁶ 9% смъртност, 29% постоперативни усложнения. Лечение на несрастване и дебриколаж при възрастни пациенти с “hinge” протези е с добри резултати.^{183,186}

Ампутацията не е унифициран метод за лечение на ФДФ. Индицирани са пациенти с необратима исхемия на крайника, относителна индикация е увредата на n. tibialis при ПС тип фрактури.^{7,59} С цел намаляване на болката, лесно обслужване и намаляване на усложненията, се прилага като спасителна процедура при лечение на инфектирани псевдоартрози, увредени пациенти в напреднала възраст, при тежки вторични дислокации и контрактури.^{96,187,188}

Биомеханично сравнение между различните импланти

Голяма част на провалите в оперативното лечение се дължат на неадекватната фиксация на фрактурните фрагменти. За установяване на механичните качества на различните конструкции са проведени различни лабораторни проучвания.¹⁸⁹⁻¹⁹⁶ Обобщените резултати са представени в **таблица 3**. Няма все още отговор на въпроса: колко трябва да е стабилна фиксацията, за да осигури срастване преди да настъпи разпад на остеосинтезата?

Автор	Година	Сравнявани импланти	Тип фрактура	Извод
Zlowodzki ¹⁸⁹	2004	заклучваща плака 95 плака с острие РИМОС	33-А3	ЗП: по-добра фиксация на дисталния фрагмент
Wahnert ¹⁹⁰	2010	Заклучваща плака ИМОС	33-С2	ЗП: най- висока ригидност на торзия
Marti ¹⁹¹	2001	Заклучваща плака Подпорна Кондилна Плака Динамична Кондилна Винт Плака	33-А3	ЗП: възможност да понася по-високи натоварвания
Assari ¹⁹²	2013	Заклучваща плака РИМОС	33-А3	ИМ пирон: по-голям риск от дебриколаж
Harder ¹⁹³	1999	Динамична Кондилна Винт Плака 95 плака с острие	33-С1/С2	DCS по-здрава на усукване и акс. натоварване
Higgins ¹⁹⁴	2007	95 плака с острие Заклучваща плака	33-А3	ЗП: по-здрава фиксация
Jaakkola ¹⁹⁵	2009	95 плака с острие Динамична Кондилна Винт Плака	33-А3	DCP: по-добри механични качества
Ito ¹⁹⁶	1998	95 плака с острие ИМОС	33-А3	АВР: по-здрава на торзионен стрес

Таблица 3 Биомеханично сравнение между отделните импланти

Клинични сравнения между различните методи на лечение

В литературата липсват съобщения от най-висок клас на медицинска достоверност. Най-много са резултатите тип „серия от случай“ (IV ниво медицина на доказателствата), което прави трудно определянето на преимуществото на един метод пред останалите. Единици са кохортните изследвания, които представят качествен сравнителен анализ, представени в **таблица 4**:

Сравнение	Автор	Резултат
Тракция/функ. лечение	Thomas⁹⁹ 1981г.	Тракция: по-голяма честота на забавено срастване
ОРВФ/ функ. лечение	Seinsheimer¹⁹⁷ (1980) Thomas⁹⁹ (1981) Butt¹⁹⁸ (1996) Nasr⁷⁵ (2000) Halpenny¹⁹⁹ (1984)	Функ. л-е: с по-голям риск за ДВТ и неправилно срастване Обемът на движение е по-голям в ОРВФ група
Открита/закрита репозиция	Shahcheraghi²⁰⁰ (1993) Healy²⁰¹ (1983)	Открита репозиция: по-добри крайни резултати и по-ниска честота на неправилно срастване
Пирони/плаки (без ЗП)	Wu CC¹¹⁷ (1992) Hartin²⁰² (2006)	Без статистически значима разлика
Пирон/ЗП	Markmiller¹³² (2004)	Без статистически значима разлика
ИМ фиксация Перкутанна/открита техника	Henry¹²⁷ (2000)	Перкутанна техника: намалена нужда от костен графт; по-голям обем на движение
Динамична Кондилна Винт Плака/ Пирон	Christodoulou²⁰³ (2005)	SCN: по-ниска кръвозагуба, оперативно време и болничен престой.

Таблица 4 Клинични сравнения между различните методи на лечение от II и III степен на медицинска достоверност

Лечебните алгоритми при лечението на ФДФ в по-голяма степен се определят от медицината на сериите, а не от медицината на доказателствата. Липсата на категорични данни фаворитизира дадена методика определят нуждата от нови проучвания в сферата.

ГЛАВА II

МАТЕРИАЛ И МЕТОД

2.1. ПАЦИЕНТИ

2.1.1. КРИТЕРИИ ЗА ПОДБОР НА КЛИНИЧНИТЕ СЛУЧАИ

Включващи критерии:

- Пациенти със завършен костен растеж (≥ 18 г. възраст и рентгенологични данни за затворени физи)
- Възможност на пациентите самостоятелно да ходят преди фрактурата
- Травматичен механизъм при получаване на фрактурата

Исключващи критерии:

- Изолирани фрактури тип АО/ОТА-33В
- Ятрогенни, патологични и перипротезни фрактури
- Предхождащо лечение в друго лечебно заведение (с изключение на поставяне на външен фиксатор (ВФ) или скелетна тракция с цел транспортиране на пациента)
- Продължаване на лечението в друго лечебно заведение

2.1.2. ДАННИ ЗА СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ

Единици на наблюдението използвани за статистическия анализ са: възраст, пол, механизъм на получаване на фрактурата, придружаващи увреди, придружаващи заболявания на пациентите, класификациране на фрактурата според АО/ОТА⁸, оценка на мекотъкания статус (открити/закрити фрактури) според класификацията на Gustilo-Anderson²⁰⁴, срок на оперативната интервенция, времетраене на процедурата, срок на хоспитализация, срок на срестване, следоперативни резултати (анатомични и функционални), усложнения при лечението, смъртност в хода на проследяването.

За период от 5 години (януари 2013 – Декември 2017) в Клиниките по Ортопедична травматология на УМБАЛСМ “Н. И. Пирогов”, отговарящи на

зададените критерии оперативно са лекувани 97 пациента със 100 фрактури на ФДФ от 23 хирурга.

Според демографски критерии пациентите са разпределени както следва: жени - **62 (64%)**, мъже - **35 (36%)**. Средната възраст на пациентите е **63г. (21г-92г)**.

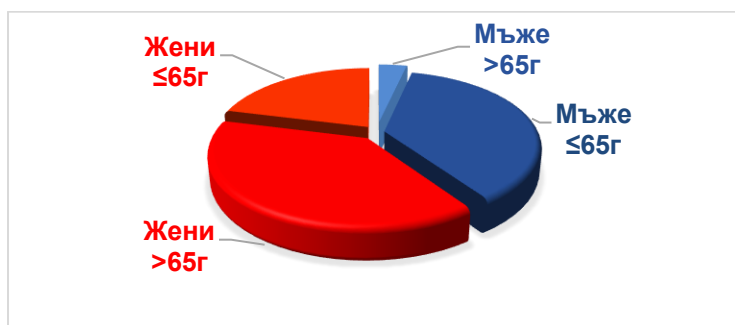
Според механизма на травмата разпределението е: падане от височина - **3 (3%)**; ПТП – **24 (25%)**; битова травма (падане от собствен ръст) – **67 (69%)**; други – **3 (3%)**.

С оглед на статистическия анализ на влиянието на отделните фактори върху крайния резултат от лечението на всяка ФДФ отделните фрактури са разгледани като отделни клинични случаи/пациенти.

54 пациента (57 фрактури) са проследени до консолидация и края на възстановителния период, когато последствията от фрактурата и лечението се смятат за дефинитивни. При 79 пациента проследяването е само за оценка на ранната и късна постоперативна смъртност.

2.1.3. ДЕМОГРАФИЯ И МЕХАНИЗЪМ НА УВРЕДАТА

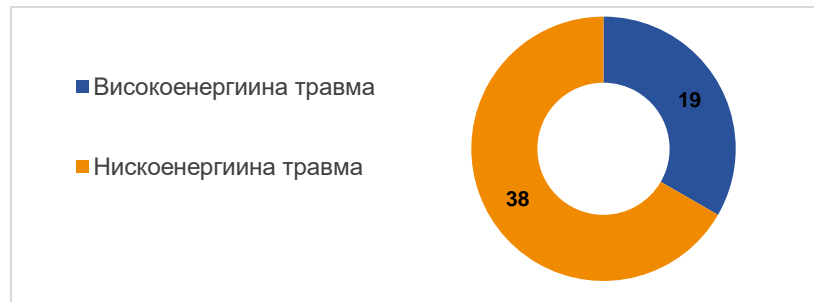
Кохортата се състои от 23 (40%) мъже и 34 (60%) жени. *Средната възраст* в групата е 59.3г. (в диапазон от 30г. до 92г). Средната възраст при мъжете е 48.5г. (30г.-80г.), при жените е 64г. (34г.-92г.). Пациентите над 65 годишна възраст по време на травмата са 24 (42%), като 22 (38%) са жени. (Графика 1)



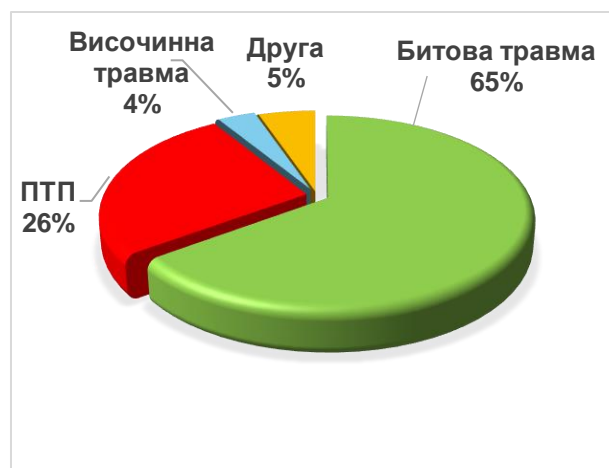
Графика 1 Демографски показател за възраст при проследените пациенти

Според *енергията на травмата* 19 (33%) фрактури са причинени от високоенергийна травма, 38 (66%) – от нискоенергийна. (Графика 2) Според *механизма на увредата* разпределението е: 2 (3%) мъже са пострадали при

височинна травма, 15 (26%) случая при ПТП - 10 мъже и 5 жени, 37 (65%) случая на битова травма (падане от собствен ръст) - 9 мъже и 28 жени. Един случай е следствие на селскостопански инцидент и два от притискане, съответно от земна или дървесна маса. (Графика 3)



Графика 2 Разпределение на фрактурите според енергията на травмата



Графика 3 Разпределение на фрактурите според механизма на травмата

2.1.4. ПРИДРУЖАВАЩИ УВРЕДИ

Според ФДФ левият долен крайник е засегнат в 33 (58%) от случаите, десният в 24 (42%) случая.

Пациентите със съчетана травма (гръдна, коремна, черепно-мозъчна травма) са 8 (14%). Придружаващи увреди на ОДА се наблюдават при 18 (31%) пациента, като общият брой на увредите на ОДА е 33. Разпределението на фрактурите е както следва: фрактури на хумерус-2, ключица-2, улна-2, радиус-1, кarpални кости-1, бедро-5, патела-5, тибиадно плато-3, подбедрица-5, фрактури на глезена-2, тарзални и метатарзални фрактури-8, тазов пръстен-1, прешлени-3.

Изброените придружаващи увреди на ОДА са в съчетание при отделните пациенти. Тяхното разпределение спрямо ФДФ е както следва: придружаваща фрактура само на горен крайник - при един пациент, съчетание на фрактури на горен крайник и контралатерален долен крайник - 3; фрактура на горен крайник и ипсилатерален долен крайник - 2; фрактури на контралатерален долен крайник - 6, ипсилатерален долен крайник - 2, допълнителни фрактури на двата долни крайника - 2, комбинация от увреда на двата долни и горен крайник - при един пациент.

2.2. ЛЕЧЕБЕН АЛГОРИТЪМ И ХИРУРГИЧНА ПРОЦЕДУРА

Диагнозата се поставя на база клиничен преглед и рентгеново изследване (ортогонални рентгенографии и тракционни графии). Диагностична компютърна томография е използвана при 6 пациента.

След стабилизиране на общото състояние на пациента интервенцията се извършва в спешен или планов порядък. Липсват солидни аргументи, че дефинитивната фиксация на фрактурата трябва да бъде извършена по спешност (освен случаите с компартмънт синдром и/или наличие на съдова лезия).¹⁸

След анализ на фрактурната морфология се определя дължината на плаката и предпочитаната позиция на винтовете. Планират се поне четири винта в диафизарния основен фрагмент проксиално от фрактурата.

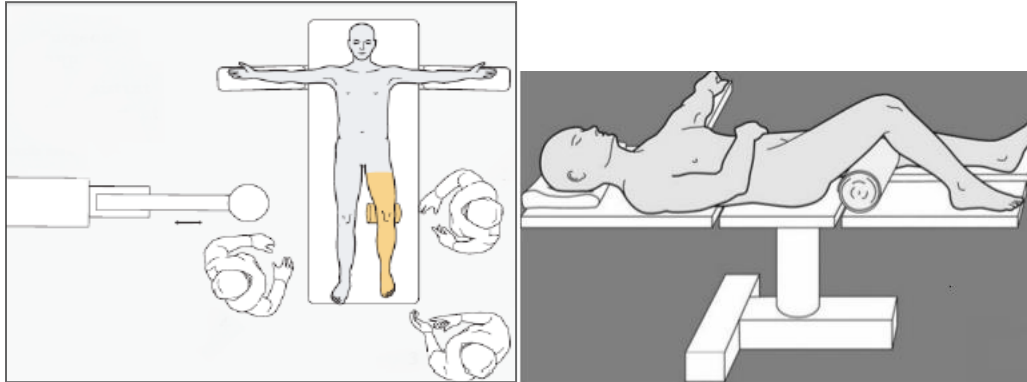
Позициониране на пациента

Пациентът се поставя в положение по гръб на рентген-негативна маса. Възможно е използването на тракционна фрактурна маса. Рентгенов контрол в предно-заден и латерален план на цялата бедрена кост трябва да е възможен през цялото време на хирургичната интервенция. (Фиг. 16)

Позициониране на крайника

Провизорно алиниране на фрактурата под рентгенов контрол. Поставя се подпора под глутеалната област и под колянната става, за да се неутрализира външната ротация на бедрото и коригира рекурвацията на кондилите. В съображение влиза и позиционирането на ипсилатералния крайник. При фрактури на двете бедрени кости и двата долни крайника се изолират стерилно при едноетапните интервенции. При

интактен контралатерален долен крайник е важно да се осигури достъп на рентгеновия апарат и извършването на сравнителни рентгенографии интраоперативно.



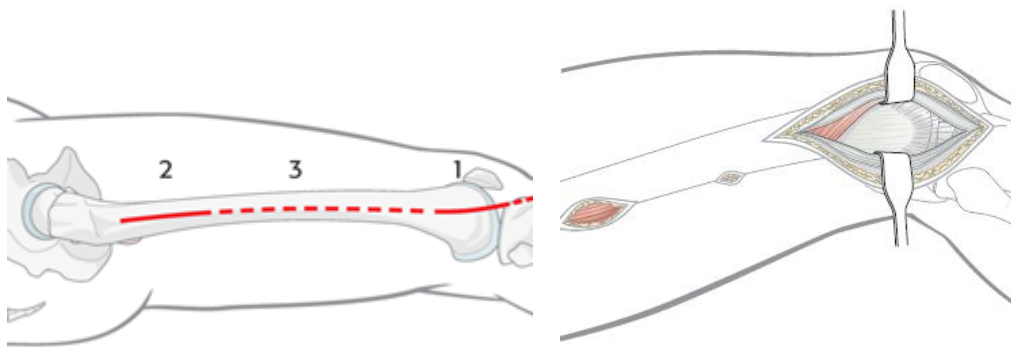
Фигура 16 Позициониране на пациента

Хирургичен Достъп

При лечение на екстраартикуларни А-тип и неразмествени С-тип фрактури се използва модифицирания стандартен латерален достъп. При комплексни С-тип фрактури - латерален парapatеларен достъп.

Модифициран стандартен латерален достъп (lateral MIPO approach)(фиг.17)

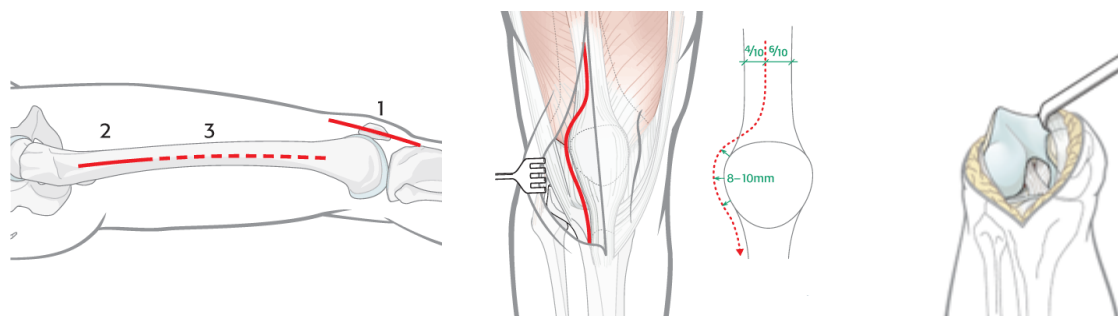
Кожната инцизия е с дължина 6-8см., започва от туберкула на Gerdy и се насочва проксимално и латерално. В дълбочина tractus iliotibialis се разделя по дължина по хода на кожната инцизия. Инцизията следва хода на ориентация на фибрите на трактуса. В дисталната трета на бедрото мускулната част на m. vastus lateralis е оскъдна и експозицията на латералния бедрен кондил става след разделяне на трактуса и сухожилната част на мускула, при което артротомия не се налага. Правилната позиция на плаката спрямо латералния кондил може да се определи рентгенографски. В хода на дисекция се откриват клонове a. et v. genicularis lateralis superior, които се лигират или електрокоагулират. При нужда от тактилен или визуален достъп до предното ставно лице на фемура, кожната инцизия се удължава с 4 см. и артротомия се извършва по предната трета на бедрения кондил. В дистална посока артротомията достига до предната част на латералния менискус. Поставянето на екартьор (langenbeck/farabeuf) в пателофеморалната става и елевация на капачката увеличава експозицията на ставното лице.



Фигура 17 Модифициран стандартен латерален достъп (MIPO)

Латерален парапателарен достъп (фиг. 18)

Кожната инцизия с дължина 15-20 см. се центрира върху колянната става като се извива дъговидно и заобикаля от латерално пателата. Подкожната тъкан се разделя по хода на кожния разрез и се отдиференцира латералната граница на собственото сухожилие на квадрицепса като се образуват кожно-фасциални ламба (медиално и латерално) с пълна дебелина. В дълбочина дисекция се извършва чрез надлъжна инцизия през собственото сухожилие на квадрицепса и парапателарния ретинакулум. Началото на инцизията е 10 см. проксимално от горния полюс на пателата, като се центрира латерално от срединната линия. В дистална посока се извива дъговидно латерално, като се оставя 1 см от ретинакулума инсерирани по латералния ръб на капачката за последваща реинсерция. Дистално дисекцията продължава по латералния ръб на собственото сухожилие на пателата. Медиалната луксация на пателата при флексия на коляното представя цялото ставно лице. Проксималната дисекция може да продължи в трансмускулен план между m. rectus femoris и m. vastus lateralis или между m. vastus lateralis и интермускулния септум.



Фигура 18 Латерален парапателарен достъп

Достъп до диафизарната част на костта

Нивото на кожната инцизия се определя от проксималния край на избрания имплант. Кожният разрез с дължина 4-5см. се разполага върху линията свързваща trochanter major и epicondylus femoris lateralis. Широката бедрена фасция и мускулната фасция се срязват по хода на кожният разрез. Мускулното коремче на m. vastus lateralis се разделя чрез тъп метод по хода на мускулните му влакна и се достига на латералната диафизарна част на фемура.

В хода на оперативната интервенция винтовете в диафизарната част на плаката се поставят чрез отделни прободни инцизии. Дължината на разреза е 1-1.5 см. Извършва се с пробождане със скалпел през кожа, подкожие, трактус, фасция и мускулната част на m. vastus lateralis. При нужда от поставяне на близко стоящи винтове може да се използва единична разширена инцизия.

Оформяне на подмускулен тунел

Отдиференцира се пространството между m. vastus lateralis и периоста и чрез инструмент, който се плъзга от дистално към проксимално по латералния кортекс на фемура се оформя субмускулен-супрапериостален канал. По същия начин се инсерира и остеосинтезният имплант.

Репозиция на С3 тип фрактури

При наличие само на интеркондилно разцепване (тип C1/C2) репозицията се осъществява чрез мануална манипулация или чрез „джойстик“ техника. Репозицията се задържа с двузъба костна клампа или голяма тазова клампа поставена върху медиалния и латерален епикондили, перпендикулярно на фрактурната линия. За временна фиксация се използват 2мм Киршнерови игли, които могат да се поставят и перкутанно от медиално и латерално.

Дефинитивната фиксация се осъществява с дисталните винтове на плаката при по-семпли фрактурни типове или с допълнителни интерфрагментарни винтове в различни равнини при раздробените фрактури. При лошо качество на костта винтовете се поставят през шайба, а при преминаване през ставната повърхност винтовете трябва да се вкопаят под ставния хрущял или да се използват винтове без глави. Поставянето на винтовете по периферията на кондилите предоставя по-добра

фиксация в субхондралната кост и оставя т.н. „свободна зона“ за позициониране на плаката.

Фрактурите в коронарен план се наместват и фиксират преди интеркондилната компонента. При прости фрактури на кондилите тип “Hoffa” се използват 2 бр. винтове 3.5 мм, поставени в дорзална посока. При малки дистално разположени фрагменти посоката на винтовете може да е и отзад-напред, което е биомеханично по-стабилна фиксация, но технически по-трудна. За фиксация на остеохондрални фрагменти, при ексцесивно раздробяване се използват винтове с малък диаметър (2.0мм, 2.4мм, 2.7мм) или К-игли. При комплексни фрактури допълнителна фиксация се постига с пласиране на диагонален винт с посока предно-латерално към задно-медиално. Допълнителна фиксация с винтове извън плаката е извършена в 1/3 от фрактурите тип С3. Оценката на репозицията на ставното лице се извършва чрез визуална и палпаторна инспекция на пателофеморалната става и интеркондилната инцизура.

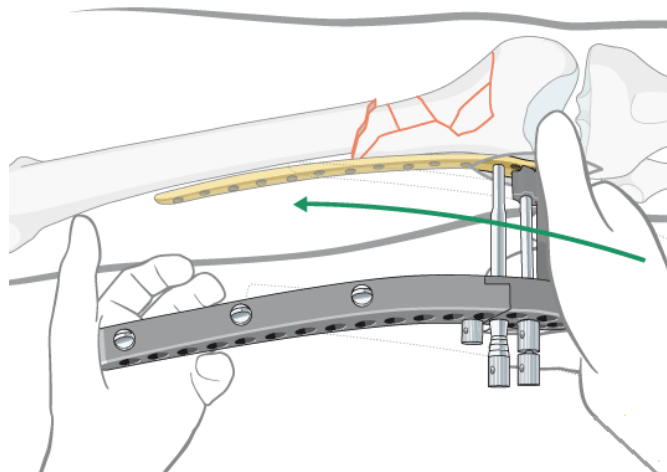
Индиректна репозиция

При извънставните фрактури тип АО/ОТА 33-А и след фиксация на фрактурата на ставното лице се използва индиректна репозиция на кондилния масив към диафизата. Като помощни средства за целта се използват: външен фиксатор, АО дистрактор, тракция (мануална от асистент или фрактурна маса). При наличие на метафизарно раздробяване съществува риск от свръхдистракция. Скъсяване до 1-1.5 см е допустимо, за да се намали риска от проблемна консолидация. Посредством моментен рентгенов контрол в ортогонални и коси проекции се проверява алинирането на крайника в различните равнини както и наличието на остатъчна дислокация в коронарната равнина варус-валгус, и остатъчна рекурвация на дисталния фрагмент. За контрол на репозицията се използват сравнителни Rö графии на контралатералния крайник и кабел техниката въведена от Krettek et al.¹⁵³ (за възстановяване на механичната ос на натоварване). Временна фиксация на репозицията се извършва с К-игли. Всяка стъпка от репозицията и фиксацията се проверява рентгенологично в два плана.

Инсериране на плаката

Някои импланти разполагат с включен в специфичния инструментариум рентгено-негативен водач, който се съчленява с плаката според зададените от

производителя методи. Друг метод, приложим при всички импланти, е фиксиране на канюла в един от дисталните отвори на плаката. Плаката се инсерира от дистално към проксимално през оформен тунел в пространството между периоста и *m. vastus lateralis* (фиг. 19). Проксималният край на плаката трябва да е в постоянен контакт с костта по време на инсерцията на импланта. Дисталният край на плаката приляга върху латералния бедрен кондил. Точната позиция се определя чрез артротомия и визуализация на периферията на ставния хрущял и/или рентгенографски. Има естествена тенденция плаката да се ротира навън заради тежестта на водача, наклонът на плаката трябва да е 10° към медиално, за да прилепне върху кортекса на кондила. През дисталната канюла се инсерира К-игла или бургия. Под рентгенов контрол на фасова проекция К-игла трябва да е паралелна на ставната междина на тибιο-феморалната става.



Фигура 19 Демонстриран е механизмът и посоката на инсерцията на ЗП, която е прикрепена към специфична рентгено-негативна рамка.

Провизорна фиксация на плаката с К-игли и/или бургии

Под рентгенов контрол на профилна проекция проксималните отвори на плаката се центрират върху медуларния канал на диафизата. Канюла се фиксира в проксималните 1-ви или 2-ри заключващи отвори на плаката. Проксималната и дистални канюли се фиксират към фабричния водач или се използват като джойстици за манипулиране позицията на плаката. През проксималната канюла се поставя втора К-игла или бургия. Позиционирането на плаката и репозицията на

фрактурата се проверяват. Дисталният край на диафизарния фрагмент най-често е дислоциран във флексия и/или аддукция. Освен с приомите на индиректна репозиция в зоната се инсерира трета К-игла през канюла. За корекция на аддукцията на фрагмента се прилага издърпващо-репозиционно устройство (Whirlybird-специфичен инструментариум при някои производители) или обикновен кортикален винт, поставен през диафизарен отвор на плаката, който при затягането си придърпва диафизарния фрагмент и го прилепва към импланта. Към този етап на интервенцията са възможни малки корекции в репозицията преди да започне инсерирането на заключващите винтове.

Поставяне на заключващите винтове:

Дистално застопоряване

Дисталният край на плаката провизорно се фиксира към кондилния масив чрез голяма тазова клампа. Към този момент на фиксацията са възможни минимални корекции на репозицията. Минимум 4 заключващи винта трябва да фиксират всеки основен фрагмент¹⁷³. Дължината на дисталните винтове трябва да е поне 1 см по-къса от измерената на фасова рентгенография заради наклона от 25° на кортекса на медиалния кондил. След поставянето на втория винт временната фиксация (к-игла или бургия) може да бъде премахната.

Проксимално застопоряване

Отворите за винтовете трябва да бъдат центрирани върху медуларния канал на костта, за да се избегне тангенциално фиксиране на кортекса²⁰⁵. След поставяне на първия заключващ винт проксималната К-игла може да бъде заменена с винт. Често при използването на издърпваща техника за прилепване на костта към плаката К-игла е под голямо напрежение и е възможна фрактура на метала. Останалите винтове се поставят от дистално към проксимално. Използваните конвенционални винтове за асистирана репозиция се заменят със заключващи или се екстрахират. Разпределението на диафизарните винтове се определя от фрактурната морфология. При простите фрактури дисталните 1-2 диафизарни отвора проксимално от фрактурата остават свободни, при раздробените фрактури винтове се поставят в съседните на фрактурата отвори на плаката.^{205,206} Разпределението на винтовете е симетрично по диафизарното рамо на плаката като между винтовете се оставят свободни 1-2 отвора.

След мануална оценка на стабилността на фиксацията и движенията на колянната става, крайният резултат от остеосинтезата се проверява чрез бипланов рентгенов контрол на целия фемур и тунелна проекция на зад интеркондилното пространство.

След иригация оперативните рани се затварят върху аспирационни дренажи, поставени по хода на плаката.

2.3. ПОСТОПЕРАТИВНО ПОВЕДЕНИЕ

Крайникът се елевира за 24 – 48 часа. След отстраняването на дренажа на 24 - 48 час, стартира рехабилитацията на крайника. Всички болни провеждат рехабилитация и физиотерапия под ръководството на физиотерапевт. Общият постоперативен план, както следва, се прилага при болшинството от пациенти, като индивидуални промени се налагат при пациенти с политравма и/или настанени в отделение по интензивна терапия и реанимация.

- Антибиотична (цефалоспорин 2-ра генерация) и антикоагулантна профилактика
- Продължително пасивно раздвижване (артромот) след сваляне на аспирационните дренажи
- Вертикализация на пациента и научаване да ходи с помощни средства с частично натоварване на оперирания крайник.

2.4. КОМПЛЕКСНО КЛИНИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Крайната клинична оценка се извършва по системата на **Schatzker**⁹⁶. Тази система е прилагана в различни травма серии, лесна е за приложение, а резултатите лесно могат да се сравнят с други аналогични системи за оценка²⁰⁷. Критериите, от които зависи крайния резултат са: конгруентността на ставата, наличието на болка, обемът на движение и остатъчните ъгли и ротационни деформации. (**Таблица 5**)

Отличен резултат	Добър резултат	Задоволителен резултат	Лош резултат
<ul style="list-style-type: none"> • пълна екстензия в колянната става • дефицит на флексия не по голям от 10° • липса на варусна, валгус или ротационна деформация • липса на болка • перфектна конгруентност на ставата 	<ul style="list-style-type: none"> • При наличие на един от следните критерии • скъсяване не повече от 0.5инч/ 1.2см • 10° варусна или валгусна деформация • дефицит на флексия не по голям от 20° • минимална болка 	<ul style="list-style-type: none"> • Наличие на два от критериите за „добър резултат“ • напр: флексionen дефицит 20° и наличие на болка 	<ul style="list-style-type: none"> • ставна неконгруентност • варус/валгус деформация повече от 15° • флексия по-малко от 90° • при наличи не силна болка, независимо от рентгенологичния изглед на крайният резултат се отчита като лош

Таблица 5 Резултати според критериите на Schatzker

Субективната оценка на функцията на колянната става от пациента се осъществява посредством попълване въпросника **Lysholm**²⁰⁸. За отдиференцирането на състоянието след лечението на ФДФ и друга предшестваща патология преди настъпването на фрактурата пациентите са инструктирани да попълнят две копия на съответния въпросник. Респективно, как оценяват функцията на колянната става преди настъпването на фрактурата и след края на лечението на ФДФ.

Въпросник за субективна оценка на функцията на колянната става, който включва най-често срещаните оплаквания и се попълва от пациента:

Класификационна скала за оценка функцията на колянната става „LYSHOLM KNEE SCORING SCALE” ²⁰⁸	
<p>Накуцване</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. не куцам когато ходя (5) 2. имам леко или периодично накуцване при ходене (3) 3. имам тежко и постоянно куцане при ходене (0) 	<p>Болка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. нямам болка в коляното (25) 2. имам непостоянна или лека болка по време на по-тежки натоварвания (20) 3. имам отчетлива болка при по-тежко натоварване(15) 4. имам отчетлива болка по време или след като съм ходил повече от 1,5 км (10) 5. имам отчетлива болка по време или след като съм ходил по-малко от 1,5 км (5) 6. имам постоянна болка в коляното (0)
<p>Използване на бастун или патерици</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. не използвам бастун или патерици (5) 2. използвам бастун или патерици и частично натоварвам крайника (2) 3. натоварването на увредения крайник е невъзможно (0) 	<p>Оток на колянната става</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. нямам оток/подуване на коляното (10) 2. коляното ми отича след тежко натоварване (6) 3. коляното ми отича при ежедневни дейности (2) 4. имам постоянен оток на коляното (0)

<p>Чувство за блокиране (невъзможност за сгъване и разгъване) на коляното</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. нямам блокиране или усещане за прескачане в коляното (15) 2. имам усещане за прескачане, но нямам блокиране на коляното (10) 3. коляното ми блокира рядко (6) 4. коляното ми блокира често(2) 5. чувствам коляното си блокирано в момента (0) 	<p>Изкачване на стъпала</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. нямам проблем при изкачване по стъпала (10) 2. имам леки затруднения при изкачване по стъпала (6) 3. изкачвам стъпалата едно по едно (2) 4. изкачването на стълби е невъзможно за мен (0)
<p>Чувство за поддаване на коляното</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. коляното ми не поддава (25) 2. коляното ми рядко поддава, при спорт или тежко натоварване (20) 3. коляното ми често поддава при спорт и по-сериозно натоварване, и поради това не мога да практикувам такива дейности (15) 4. коляното ми рядко поддава при ежедневни дейности (10) 5. коляното ми често поддава при ежедневни дейности (5) 6. коляното ми поддава при всяка крачка, която правя (0) 	<p>Клякане</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. нямам проблеми при клякане (5) 2. имам леки затруднения при клякане(4) 3. не мога да клекна при повече от 90 градуса сгъване на коляното (2) 4. не мога да клекна заради коляното (0)
<p>Максималният брой точки е 100. Резултатите се класифицират като: Отличен >90, Добър 84-90, Задоволителен 65-83, Лош <60 точки.</p>	

Таблица 6 Класификационна скала за оценка функцията на колянната става

2.5. ПРОСЛЕДЯВАНЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Проследяване и документация се извършва чрез периодични контролни прегледи през 6-седмични интервали в първите 6 месеца, през 3-месечни интервали до консолидация на фрактурата. Оценява се функционалното състояние на крайника – субективни оплаквания, обем на движение в колянната става. Всички данни се нанасят на специално разработен фиш. Проследяването се извършва до пълно функционално възстановяване и ако такова не настъпи - веднъж годишно до стабилизиране на състоянието, когато се приема, че функционалните ограничения са дефинитивни. В края на проследяването пациентите подлежат на рентгенографска и функционална оценка по критериите на Schatzker⁹⁶ и Lysholm²⁰⁸. Ретроспективният характер на това проучване дава възможност да се проследят специфичните усложнения след фиксация със заключваща плака. **При обработката на материала целенасочено са търсени типичните за метода усложнения, както и рисковите**

фактори за тяхното възникване, а комбинацията с биомеханично лабораторно изследване цели да даде насоки за модифициране на плана за остеосинтеза съобразен с индивидуалните характеристики на фрактурата и пациента като цяло.

2.6. БИОМЕХАНИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ

2.6.1. ЦЕЛ

Целта е да се изследват и сравнят биомеханичните качества на фиксацията с конвенционална преконтурирана заключваща плака за дистален фемур с две разновидности на аугментация на същата конструкция.

Тестовите са проведени в отдел Биомеханика в изследователски институт АО Швейцария AO Research Institute Davos, Clavadelerstrasse 8, 7270 Davos, Switzerland

2.6.2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Образци и инструментация

Тридесет модела на десен фемур ((#LD2162, SYNBONE AG, Malans, Switzerland) със симулирана ниска костна плътност с параметри: дължина 450 мм, кондилна ширина 85 мм, диаметър на медуларния канал 9.5 мм. Медуларният канал в допълнение се разшири до диаметър 13 мм с цел да се понижи допълнително качеството на костта. Отделните образци се разделиха в 3 групи по 10:

1. група ЗП-фиксация със ЗП (LISS)
2. група ЗП + ИМ присадък фиксация със ЗП (LISS) + аугментация с интрамедуларен графт
3. група две ЗП-фиксация със ЗП (LISS) + медиално поставена 3.5 мм LCP.

Всяка група се изследва в две разновидности на работната дължина (дълга и къса) на ЗП (LISS). В резултат се формираха общо 6 тестови групи с образци.

Фиксация с конвенционална ЗП

Използва се 5.0 мм 9-дупкова LISS плака от титаниева сплав - Ti-6Al-7Nb (DePuy Synthes, Zuchwil, Switzerland). Имплантът се фиксира към костта с 5.0 мм заключващи винтове според ръководството на производителя. Заеха се всички дистални отвори на плаката и отвори номерирани 5, 7, 9 в проксималната част. С цел да се симулира извънставно раздробяване на метафизата съответстващо на

фрактура тип АО/ОТА 33-А3, след инструментацията се извърши 2 см напречна остеотомия на отстояние 6 см от дисталното ставно лице. След провеждане на недеструктивни механични тестове към диафизарната част на плаката се добави допълнителен заключващ винт в отвор №3. Механичният тест се повтори при къса работна дължина на импланта. (Фиг. 20 А)

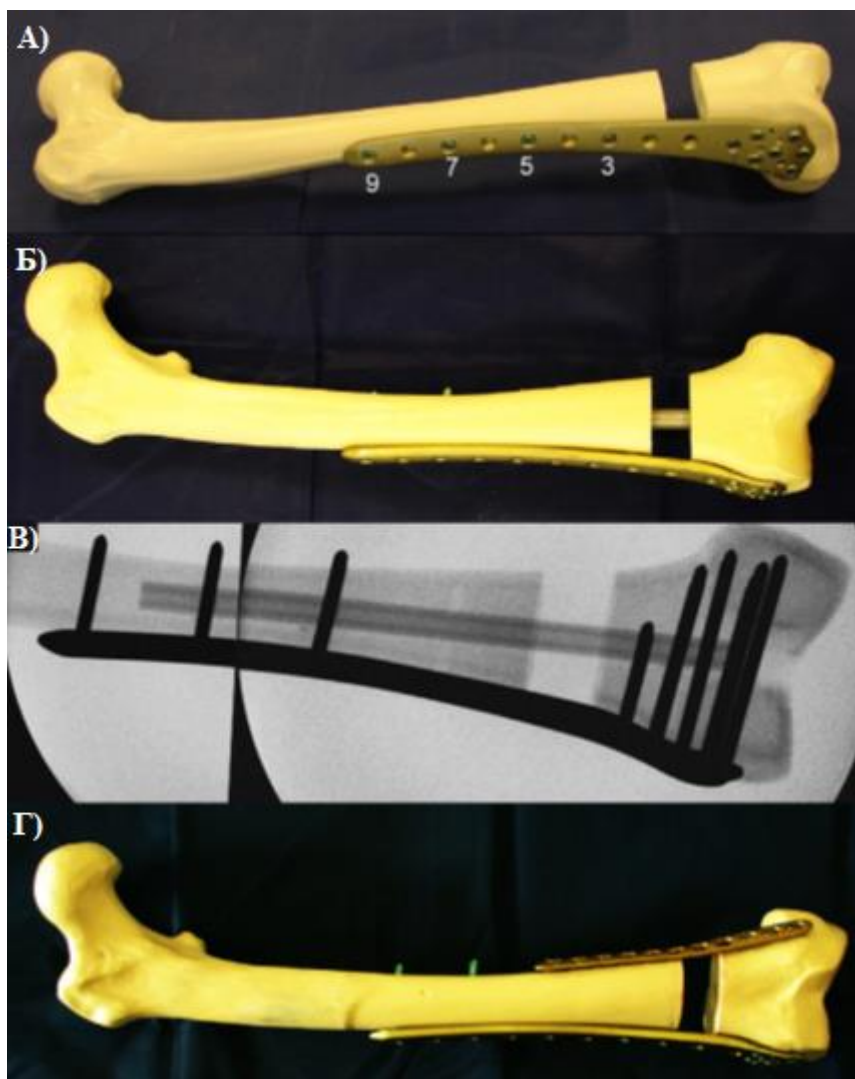
Фиксация с конвенционална ЗП + интрамедуларна аугментация

Посредством технология на триизмерно принтиране се произведе графт за интрамедуларна аугментация с цилиндрична форма с параметри 200 мм дължина, 11 мм външен диаметър и 5 мм вътрешен диаметър. Присадъкът се инсерира в ретроградна посока през дистална трепанация на медуларния канал. След имплантиране на графта, тестовият модел се инструментира и се извърши остеотомия по аналогичен начин на фиксацията с конвенционална ЗП. (Фиг. 20 Б)/В)

Фиксация с две заключващи плаки

В допълнение на конвенционалната LISS фиксация се имплантира 3.5 мм 11-дупкова заключваща компресивна плака (LCP), която е преконтурирана по релефа на предно-медиалната повърхност на дисталния фемур и фиксирана с по три 3.5 мм заключващи винта в най-крайните проксимални и дистални отвори на плаката. (Фиг. 20 Г)

Два ретро-рефлексивни маркера се прикрепиха проксимално и дистално на 5 мм отстояние от остеотомията за оптично проследяване на движението.

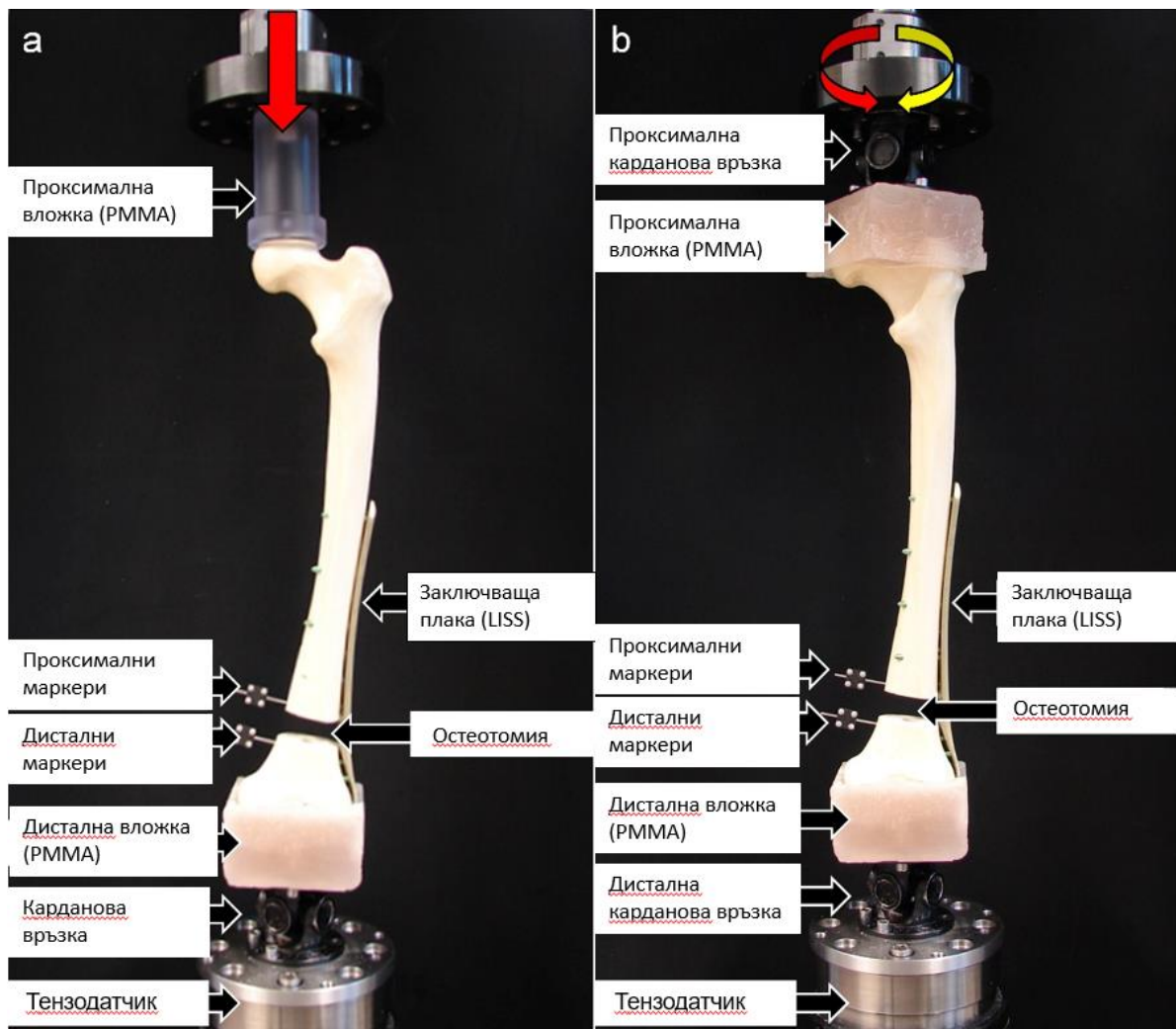


Фигура 20 Представени са тестовите образци, които са инструментирани с 3 вида фиксационни техники. **А)** Конвенционална ЗП (LISS). Номерата показват заетите с винтове отвори в проксималната част на плаката. Късата РД се определя от заемане на отвор #3 с допълнителен винт. Винтове са поставени през всички дистални отвори на плаката. **Б)** Конвенционална ЗП (LISS) + ИМ присадък. **В)** Rõ графия на образец ЗП+ ИМ присадък. **Г)** Конвенционална ЗП (LISS) + допълнителна 3.5мм ЗП (имплантирана по медиалната повърхност на дисталния фемур)

Механично тестване

Тестовите се извършиха на серво-хидравлична система за тестване на материали (Bionix 858, MTS Systems, Eden Prairie, MN). Всяка конструкция кост-имплант се тества недеструктивно по два отделни протокола за аксиално и торзионно натоварване, както е демонстрирано на **Фиг. 21**. Протоколът за аксиално натоварване включва постепенно увеличаване на натоварването в квазистатична компресионна рампа от 20 до 150 N в три цикъла. Протоколът за торзионно

натоварване представлява друга квазистатична рампа от три цикъла на редуване на вътрешна и външна ротация на моделите.



Фигура 21 Тестова постановка с екземплярите, монтирани за механично тестване в а) режим на аксиално натоварване, с вертикална стрелка е посочена посоката на натоварване и б) режим на торзионно натоварване, с полуокръжните стрелки е посочена посоката на натоварване респективно за вътрешна (ляво) и външна (дясно) ротация

Събиране на данни

Машинни данни по отношение на аксиалното натоварване, аксиалното изместване, въртящ момент и ъгъл на усукване са получени при скорост от 128 Hz.

Интерфрагментарните движения бяха изследвани в шест степени на свобода чрез анализ на проследяването на движение, използвайки пет инфрачервени цифрови фотоапарата (ProReflex MCU, Qualisys AB, Goghenburg, Sweden) за улавяне на триизмерните координати от приложените маркери при 100 Hz.

Изчислени са надлъжната дислокация между най-медиалната горна и долна граници на остеотомията при аксиално натоварване по оста на бедрената кост, заедно с ъгъла на огъване при мястото на остеотомията между проксималния и дисталния фрагменти, както в предната, така и в сагиталната равнини и сумарно се определят като "ъгъл на пролука". Освен това, интерфрагментарното изместване се изчислява отделно във вътрешна и външна ротация.

2.7. СТАТИСТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Статистически анализ

Използвани са следните методи на анализ:

1. Дескриптивен анализ

- Вариационен дескриптивен анализ за количествени променливи: средна стойност, стандартно отклонение, стандартна грешка на средната стойност и 95% доверителен интервал на средната стойност.
- Честотен дескриптивен анализ на качествени променливи (номинални и рангови), който включва абсолютни честоти, относителни честоти (в проценти), кумулативни относителни честоти (в проценти)

2. Графични изображения (хистограми и секторни диаграми)

3. Инферентен статистически анализ (метод на статистическия извод и проверка на хипотези)

3.1. *Параметрични анализи:* прилагат се за изследване на разликите между средните стойности и вариациите им за две и повече групи.

- Т-тест за сравняване на средните стойности на две независими извадки (групи) с отчитане големината на стандартните отклонения в тях (Independent Samples T-Test).
- Еднофакторен дисперсионен анализ (на варирането) за сравняване на средните стойности на повече от две независими извадки (групи) с отчитане големината на стандартните отклонения в тях (One-Way Analysis of Variance, ANOVA), с допълнителни тестове за множествени сравнения (Post Hoc Tests), когато е необходимо.

- Т-тест за сравняване на средните стойности на две зависими извадки (групи) с отчитане големината на стандартните отклонения в тях (Paired Samples Test).
- Едноизвадков Т-тест за сравняване на средна стойност на една извадка (група) с избрана тестова стойност (One-Sample T Test), с отчитане големината на стандартното отклонение в нея.

3.2 *Непараметрични методи*: прилагат се за изследване на разликите между две и повече извадки (групи) при отклонение на разпределението на пациентите (пробите) в някои от тези извадки (групи) от нормалното разпределение, или пък когато се приема, че разпределението не е нормално (т.е. непараметрични тестове биха могли да се прилагат формално и при нормално разпределение). Променливите, които се изследват, са рангови.

- Тестове на Kolmogorov-Smirnov и Shapiro-Wilk – проверка за нормалност на разпределението на една количествена променлива.
- Тест на Mann-Whitney за сравняване на ранговете на една променлива в две независими извадки (групи), когато разпределението във всяка от тях не е нормално, или пък се категоризира като отклонено от нормалното.
- Kruskal-Wallis тест за сравняване на ранговете на една променлива в повече от две независими извадки (групи), когато разпределението във всяка от тях не е нормално, или пък се категоризира като отклонено от нормалното.
- Wilcoxon signed-rank test за сравняване на ранговете на една променлива в две зависими извадки (групи), когато разпределението във всяка от тях не е нормално, или пък се категоризира като отклонено от нормалното.
- Chi-square test за изследване на връзка между две или повече номинални променливи чрез сравняване на техните пропорции в две или повече извадки (групи).
- Точен тест на Fischer за изследване на връзка между две номинални променливи чрез сравняване на техните пропорции в две извадки (групи).
- Корелационен анализ: определя характера и степента на корелация между две променливи. При нормално разпределение се използва корелационния тест на Pearson (параметричен метод), в противен случай – при отклонение

от нормалното разпределение – корелационният тест на Spearman (непараметричен метод).

За гранична стойност на нивото на статистическа значимост е зададена стойността 0.05. Ако изчислената от съответния тест стойност на статистическа значимост е по-малка от 0.05, тестваният ефект се приема за статистически значим, а при по-голяма от 0.05 изчислена стойност – тестваният ефект се приема за статистически незначим.

За обработка на данните от проучването, свързано с дисертационната работа, беше използван SPSS софтуер за статистически анализи (V.21, IBM SPSS, Armonk, NY).

ГЛАВА III

РЕЗУЛТАТИ И УСЛОЖНЕНИЯ

Дефиниция на използвани *термини*:

- **Срастване/консолидация на фрактурата** - липса на патологична подвижност и болка при натоварване на крайника. Наличие на примостяващ калус на три кортекса в две ортогонални Rö проекции.
- **Несрастване** - липса на прогресия на Rö консолидация ≥ 24 седмици и извършване на хирургична интервенция за потенциране на срастването.
- **Забавено срастване** - липса на рентгенологични признаци за консолидация на фрактурата, но с наличие на прогресиране в посока срастване на 24 седмица.
- **Дебриколаж** - разпад на остеосинтезата преди да е настъпило костно срастване.
- **Загуба на репозиция** - разместване на основните фрагменти при контролните Rö изследвания без дебриколаж.
- **Аугментация на остеосинтезата** – процедура, при която чрез използване на допълнителен имплант и/или биоматериал се подобрява стабилността на фиксацията на фрактурата.

С цел установяването на факторите и тяхната взаимовръзка по отношение на крайния резултат от лечението на ФДФ всяка фрактура е разгледана като *отделен клиничен случай*. Последното има отношение към трима пациенти с ФДФ на двете бедрени кости.

3.1. РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОСЛЕДЕНИ 57 ФРАКТУРИ

3.1.1. ДЕМОГРАФИЯ И МЕХАНИЗЪМ НА УВРЕДАТА

В епидемиологичен план се наблюдава бимодално разпределение на пациентите от кохортата: мъже на средна възраст 48г. (± 12 г.) и жени 66г. (± 14 г.) $p \leq 0.047$

Според енергията на травмата се открива сигнификантна зависимост спрямо разпределението на открити и закрити фрактури ($p < 0.003$), както и в тежестта на откритите фрактури според класификацията на Gustilo-Anderson.²⁰⁴ ($p < 0.001$) Високоенергийните травми е по-вероятно да доведат до открита фрактура. Морфологията на фрактурата според класификацията на АО/ОТА⁸ ($p < 0.001$) и сроковете на срастване също зависят от енергията на травмата, като забавеното срастване е по-вероятно да настъпи след високо енергийните травми ($p \leq 0.003$).

3.1.2. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФРАКТУРИТЕ

Фрактурната морфология, класифицирана според класификацията на АО/ОТА⁸, е представена в Таблица 7.

АО/ОТА 33 А								
31 /броя/								
А1			А2			А3		
20			8			3		
А1.1	А1.2	А1.3	А2.1	А2.2	А2.3	А3.1	А3.2	А3.3
0	14	6	3	1	4	1	1	1

АО/ОТА 33С								
26 /броя/								
С1			С2			С3		
5			16			5		
С1.1	С1.2	С1.3	С2.1	С2.2	С2.3	С3.1	С3.2	С3.3
1	1	3	3	6	7	0	3	2

Таблица 7 Класификация и честота на лекуваните и проследени 57 фрактури (АО/ОТА 33А и 33С)

Характер на фрактурата и оценка на мекотъкания статус. Закритите фрактури са 47 (82.5%), а откритите според класификацията на Gustilo-Anderson ²⁰⁴ са 10 (17.5%), от които I тип са 4 (7%), II тип са 4 (7%), IIIA тип са 2 (3.5%).

3.1.3.ПРИДРУЖАВАЩИ УВРЕДИ

Наблюдава се корелация между придружаващите увреди и късните усложнения. **Късните усложнения**, свързани със зарастването на фрактурата (несрастване, забавено срастване и неправилно срастване), зависят сигнификантно от придружаващите увреди на глава и шия с ($p \leq 0.028$), придружаващите торако-лумбални и тазови увреди ($p \leq 0.032$), фрактури на горните крайници ($p \leq 0.048$), както и съчетаните травми на контралатералния долен ($p \leq 0.019$) и ипсилатерален долен крайник ($p \leq 0.005$) (**Таблица 8**)

Забавеното срастване на фрактурата (консолидация ≥ 24 седмици) зависи значително от придружаващите торако-лумбални и тазови увреди ($p \leq 0.002$). Придружаващите фрактури на горните крайници ($p \leq 0.048$) и контралатералният долен крайник ($p \leq 0.034$) е по-вероятно да доведат до забавено срастване. (**Таблица 8**)

Контрол на ортопедичната травма (Damage control) и последваща ОС със ЗП е извършен при 8 (14%) пациента.

Придружаващи увреди		Късни усложнения	P-стойност
Глава/гръбначен стълб (да,не)	↔	Провал на остеосинтезата (да,не)	0.028
Тораколумбална/тазова увреда (да,не)	↔	Провал на остеосинтезата (да,не)	0.032
	↔	Консолидация ≥ 24 седм. (да,не)	0.002
Горен крайник (да,не)	↔	Провал на остеосинтезата (да,не)	0.046
	↔	Консолидация ≥ 24 седм. (да,не)	0.048
Контралатерален долен крайник (да,не)	↔	Провал на остеосинтезата (да,не)	0.019
	↔	Консолидация ≥ 24 седм. (да,не)	0.034
Ипсилатерален долен крайник (да,не)	↔	Провал на остеосинтезата (да,не)	0.005

Таблица 8 Сигнификантни статистически взаимовръзки между придружаващи увреди на ОДА и настъпването на късни усложнения свързани с консолидацията на фрактурата

3.1.4. ВРЕМЕ И ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА ОПЕРАТИВНАТА ИНТЕРВЕНЦИЯ И БОЛНИЧЕН ПРЕСТОЙ

Средното време до провеждане на хирургичната процедура е 3.5 дни (0-15дни). Средното оперативно време е 140 мин (60-300мин). Средната продължителност на хоспитализацията е 10 дни (6-37дни).

Късната фиксация на фрактурата корелира с удължен болничен престой и по-бавна консолидация на счупването($p < 0.001/p = 0.019$).

Пропорционална зависимост се наблюдава и между продължителността на операцията и сроковете на хоспитализация ($p < 0.001$), консолидация ($p = 0.022$) и времето до възможно пълно натоварване на крайника ($p = 0.016$).

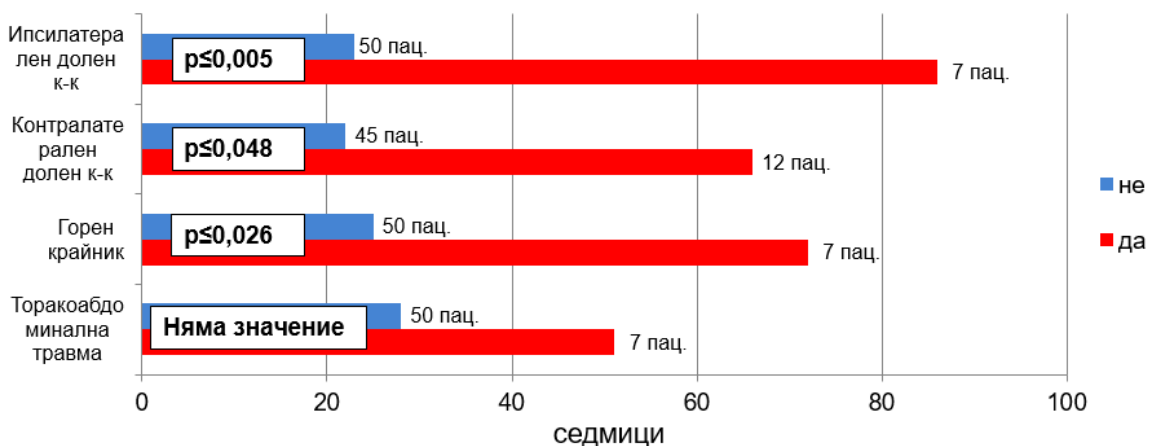
3.1.5. КОНСОЛИДАЦИЯ НА ФРАКТУРИТЕ НА ДИСТАЛЕН ФЕМУР

Всички 57 фрактури са проследени до клинична и рентгенологична консолидация.

Средният срок на консолидация на всички фрактури в серията е **31.5 седмици** (8-286), при фрактурите с еднократна хирургична интервенция е **22 седмици** (8-54), а при тези с една или повече вторични хирургични процедури е **101 седмици** (38-286). При 17 (30%) пациента срастването отнема повече от 24 седмици. Вторични хирургични интервенции с цел потенциране на консолидацията са извършени при 7 (12%) пациента. Авто/ало-остеопластика е извършена при 6 от ревизионните процедури.

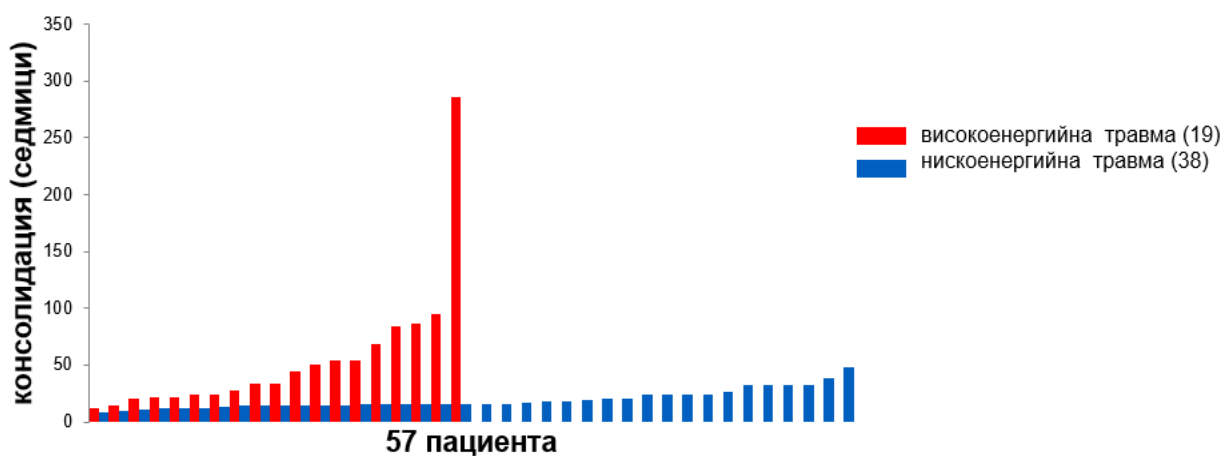
Промени на конфигурацията и/или вида на остеосинтезните средства при вторичните интервенции са както следва: добавяне на заключващи винтове в 4 случая, замяна на ЗП със: ЗП, плака с лезвие или ИМ пирон в един случай.

Наблюдава се статистически значима разлика във времето за консолидация при наличие на асоциирани увреди на ОДА. При наличие на *асоциирани фрактури* на ипсилатералният долен крайник средният срок на консолидация е **86 (21-286) седмици**, а без асоциирани фрактури - **24 (8-84) седмици**. При увреда на контралатерален долен крайник, средният срок на консолидация е **66.5 (12-286) седмици**, а без асоциирани фрактури на същия е **22 (8-95) седмици**. При увреда на горен крайник средният срокът на консолидация е **72 (22-286) седмици**, а без асоциирани фрактури е **25(8-95) седмици**. (Графика 4)



Графика 4 Представени са сроковете на срастване на ФДФ с/без наличие на асоциирани увреди.

Статистически значима разлика ($p < 0.001$) се открива в сроковете на срастване в зависимост *енергията на травмата*. Средният срок на консолидация на висикоенергийните фрактури е 55.5 (12-286) седмици, а при нискоенергийни фрактури е 19.5 (8-48) седмици. (**Графика 5**)



Графика 5 На диаграмата се демонстрира разликата ($p < 0,001$) в сроковете за срастване при високо и нискоенергийните ФДФ

Времето до възможно пълно натоварване на крайника силно корелира с времето за рентгенологична консолидация на фрактурата ($p < 0.001$). Средният срок е 32.4 (10-286) седмици. Разпределението и сигнификантните разлики между отделните групи пациенти спрямо наличието на асоциирани увреди и високо/нискоенергийна травма е аналогично на разпределението спрямо сроковете на консолидация.

3.1.6. СРЕДСТВА ЗА ФИКСАЦИЯ

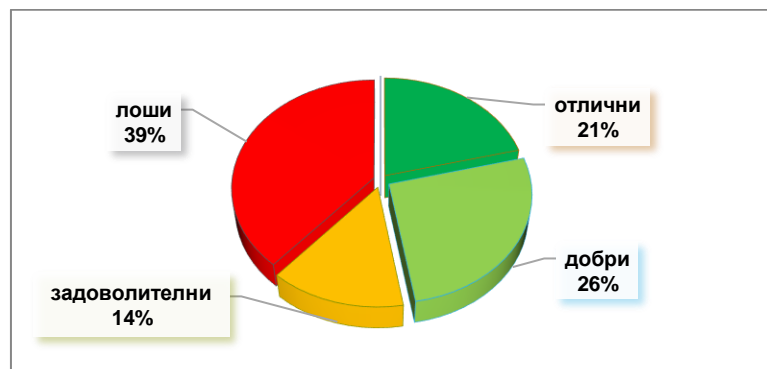
При първичната фиксация на ФДФ са използвани анатомично контурирани ЗП от 11 различни производителя. С цел систематизация на резултатите имплантите са групирани в 2 групи спрямо металната сплав на импланта - титан и стомана. Титаниевите импланти са 35, а от стомана - 22. Спрямо сроковете на костно срастване, време до пълно натоварване на крайника, както и комплексната клинична оценка в края на проследяването не се откриват значителни разлики по отношение вида на използвания имплант.

3.1.7. ОБЕМ НА ДВИЖЕНИЕ В КОЛЯННАТА СТАВА

Средните параметри на флексията в колянната става са 105° (38° - 136°). Флексионна контрактура от 10° - 8 пациента (14%), 100° - 1 пациент. Значима разлика ($p \leq 0.045$) в обема на движение (флексия) се открива в групите пациенти ≤ 65 г и > 65 г, като при пациенти под 65г. средният обем на флексия е 110° (36° - 136°), при пациенти над 65г - 96° (38° - 125°). Интервенции, свързани с повишаване на обема на движение, са извършени при трима пациенти (при двама екстракция на остеосинтезният метал и артролиза, и премахване на вътреставни адхезии по време на реостеосинтеза при един пациент).

3.1.8. РЕЗУЛТАТИ ОТ КОМПЛЕКСНОТО КЛИНИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Разпределението на резултатите спрямо обективната скала за оценяване на крайните резултати **Schatzker score** е както следва: *отлични* резултати при 12 (21%) пациента, *добри* 15 (26%), *задоволителни* 8 (14%) и *лоши* 22 (39%)

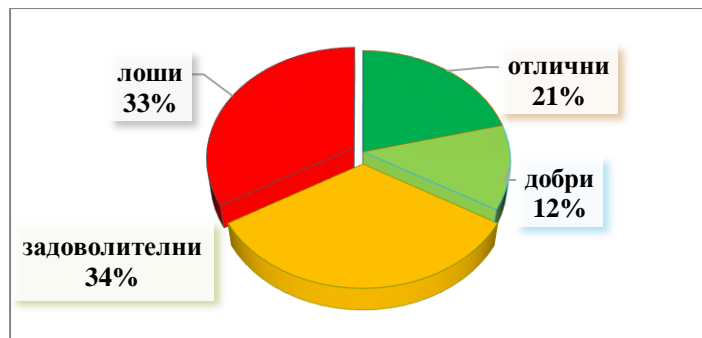


Графика 6 Процентни съотношения между клиничните резултати според критериите на **Schatzker**

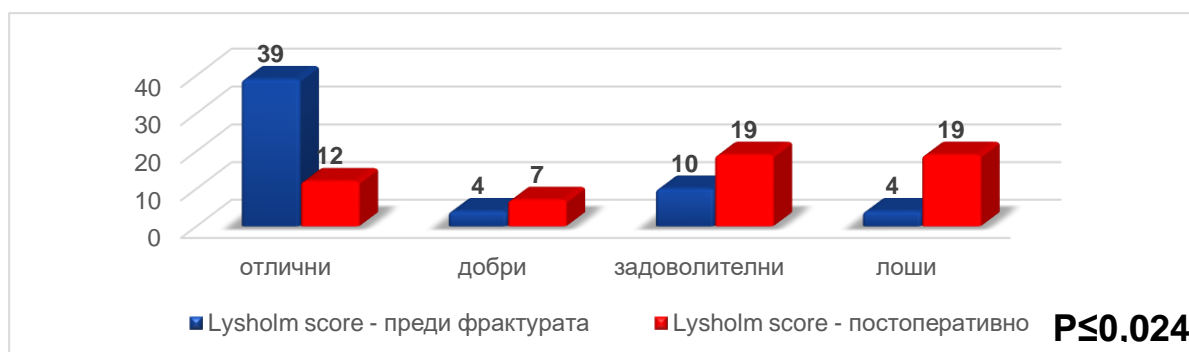
Флексионен дефицит до 10° има при 12 (21%) пациента, до 20° при 13 (22%). Флексия до 90° се регистрира в 21 (36%) случая.

При пациентите със задоволителни и лоши резултати варусна деформация до 10° има при 10 (17%), $\geq 15^\circ$ има при 3 (5%) пациента. Валгусна деформация до 10° има при 1 (2%) пациент. Скъсяване на крайника в зоната на фрактурата ≥ 1.5 см се отбелязва в 13 (22%) случая. Инвалидизираща болка, непозволяваща натоварване на крайника, не е регистрирана при нито един пациент. Статистически значима разлика се открива според възрастовата група на пациентите под/над 65г. (задоволителните и лоши резултати при пациентите под 65г. са 45%, докато при пациентите над 65г. са 62.5% $p \leq 0.045$), но не и по отношение на механизъм и енергия на травмата.

Според субективната скала за оценка на функцията на колянната става **Lysholm score** състоянието **преди настъпване** на фрактурата се оценява от пациентите както следва: Отлично - 38 (66%); добро - 5 (8%); задоволително – 10 (17%); лошо – 4 (7%). Резултатите според Lysholm score **в края на проследяването** на пациентите са: отлични – 12 (21%); добри – 7 (12%); задоволителни – 19 (34%); лоши – 19 (33%). (**Графика 7**) Пропорционална корелация се открива между стойностите на Lysholm score преди и след фрактурата $p \leq 0.014$ (**Графика 8**)



Графика 7 Процентни съотношения на субективната клинична оценка на пациента в края на проследяването според критериите на **Lysholm**



Графика 8 Субективни резултати и статистически значима разлика Lysholm преди ФДФ/ Lysholm след ФДФ $p \leq 0.0240$

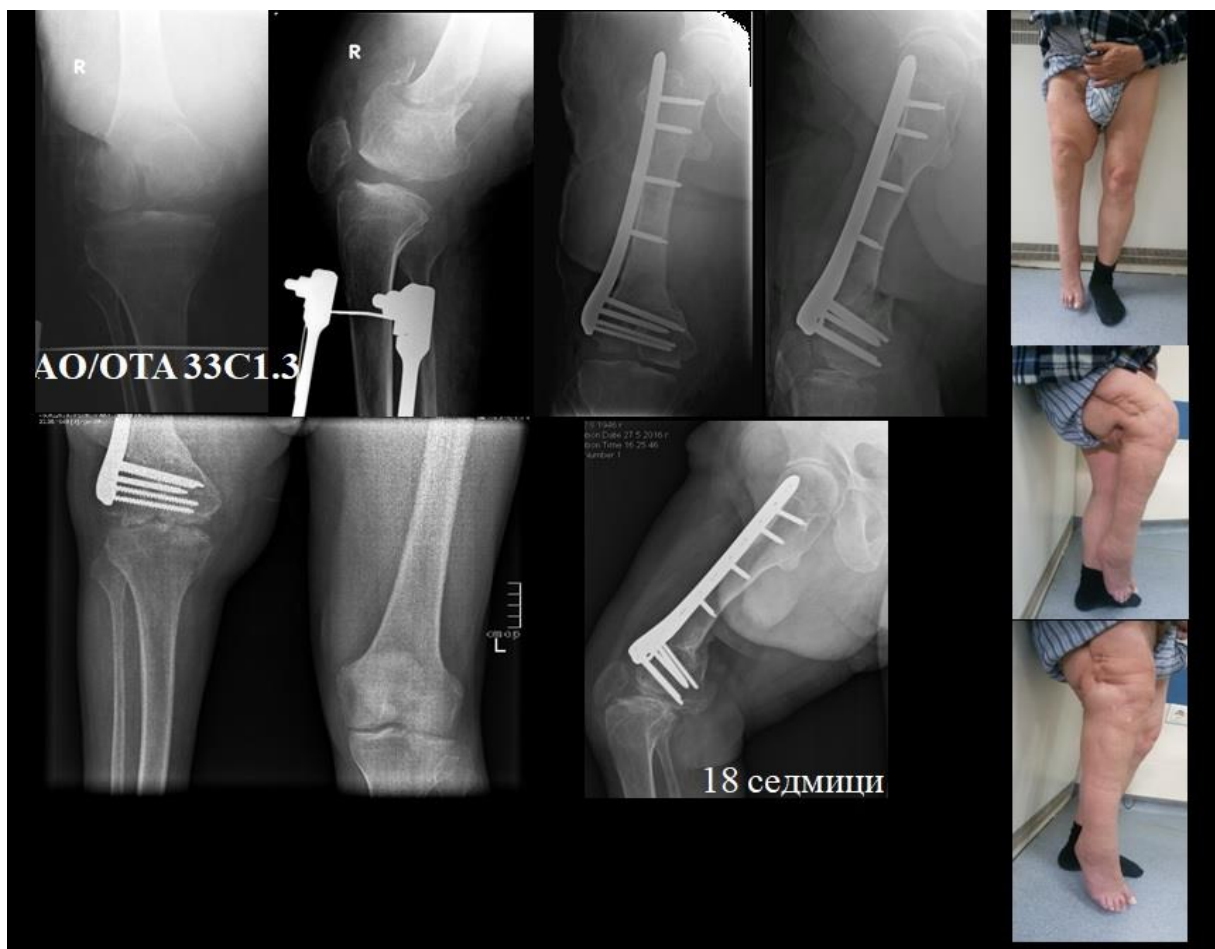
Статистически значима разлика ($p \leq 0.05$) според Lysholm score преди и след ФДФ в групите пациенти: мъже-жени; ≤ 65 г и > 65 г, наличие-отсъствие на артрозни изменения в колянната става на диагностичните RÖ графии, предхождащи увреди на крайника и придружаващи заболявания са представени на следната таблица:

	Lysholm score преди ФДФ	Lysholm score след ФДФ
Мъже/жени	Няма статистически значима разлика	Мъже: 76 Жени: 67 $p \leq 0.047$
≤ 65 г / > 65 г	≤ 65 г: 95.4 > 65 г: 85.7 $p \leq 0.045$	≤ 65 г: 78.2 > 65 г: 61.3 $p \leq 0.045$
Наличие на артроза преди ФДФ (да/не)	Да: 83.3 Не: 96 $p \leq 0.045$	Няма статистически значима разлика
Предхождаща ФДФ увреда на същия крайник (фрактури/ампутации/други) (да/не)	Да: 78 Не: 95.7 $p < 0.001$	Няма статистически значима разлика
Диабет (да/не)	Да: 83.5 Не: 93.6 $p \leq 0.047$	Да: 57.5 Не: 75.5 $p \leq 0.047$
Заболявания на ССС (да/не)	Да: 85.8 Не: 95.5 $p \leq 0.048$	Да: 65 Не: 76.2 $p \leq 0.048$

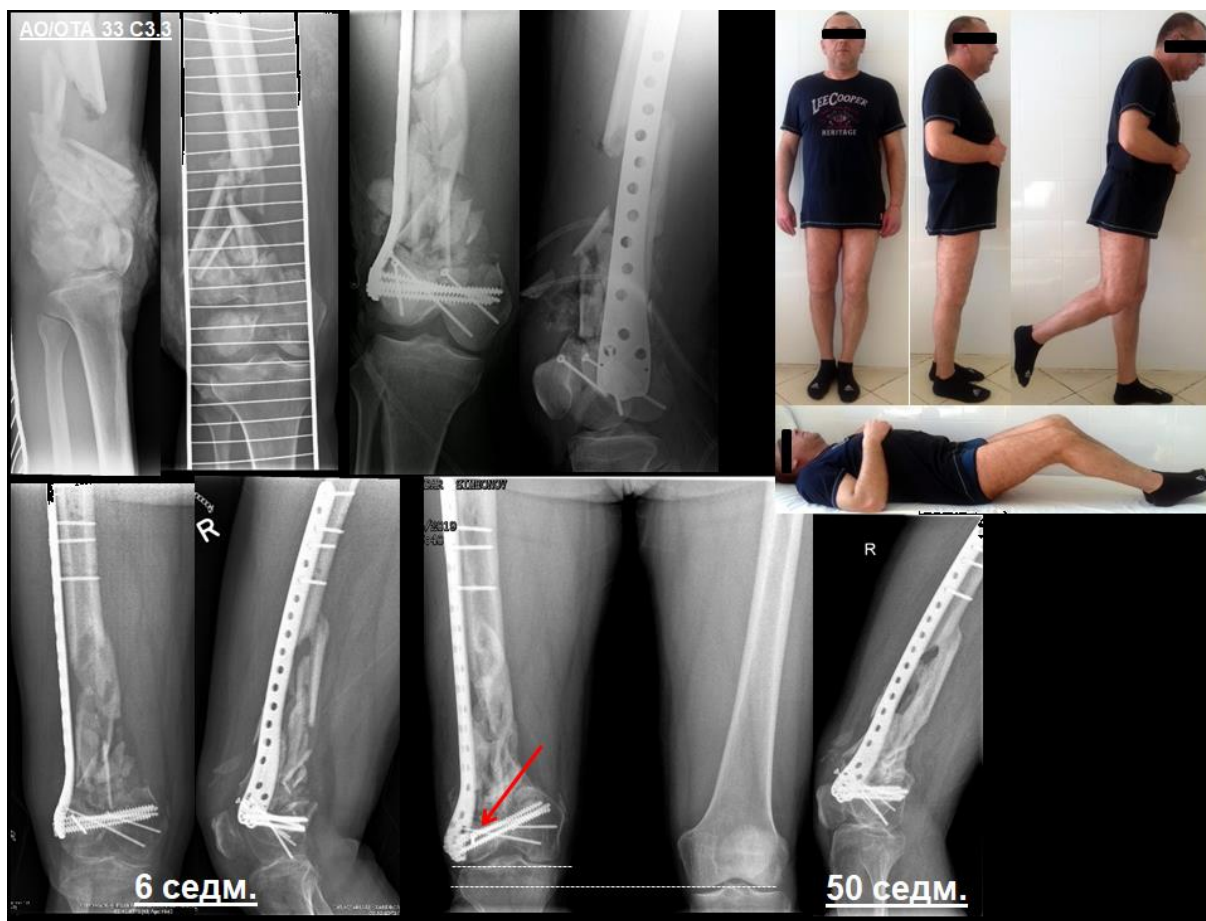
Таблица 9 Представени са сигнификантните разлики в Lysholm score (максимален резултат -100г.) преди и след ФДФ в различните групи пациенти.

Открива се сигнификантна пропорционална зависимост между Lysholm score преди фрактурата и крайния обем на движение в колянната става $p \leq 0.007$, както и между обема на движение и Lysholm score след фрактурата. Значителна обратно пропорционална зависимост съществува и между възрастта на пациента и Lysholm score преди и след ФДФ $p < 0.001$.

Не се открива разлика ($p \geq 0.05$) в стойностите от субективния въпросник спрямо разликите в: типа на фрактурата (открити/закрити фрактури) $p \geq 0.150$; механизъм на травмата $p \geq 0.425$; енергия на травмата (високо/ниско енергийни фрактури) $p \geq 0.118$; наличие на придружаващи увреди на: глава и шия $p \geq 0.186$, горен крайник $p \geq 0.337$, ипсилатерален долен крайник (плаващо коляно; фрактури на ходило; фрактури на проксимално бедро) $p \geq 0.207$, провеждането на ревизионна хирургическа интервенция $p \geq 0.630$, усложнения от страна на фрактурна консолидация (забавено срастване, несрастване, неправилно срастване) $p \geq 0.105$.



Фигура 22 Диагностични и постоперативни рентгенографии на 66 годишен мъж с хипоплазия на десен фемур и фрактура Тип C1.3. Срастване на фрактурата след фиксация с 1 LCP. Крайна обективна и субективна оценка: Schatzker score- лош, Lysholm score- задоволителен (Lysholm score преди увредата - задоволителен)



Фигура 23 Диагностични и постоперативни рентгенографии на 41 годишен мъж с високо енергийна фрактура Тип C3.3. Забавено срастване на фрактурата след фиксация с 1 ЗП и частична загуба на репозиция в късния постоперативен период. Крайна обективна и субективна оценка: Schatzker score - лош, Lysholm score - задоволителен (Lysholm score преди увредата - отличен)



Фигура 24 Диагностични и постоперативни рентгенографии на 92 годишна жена с ниско енергийна фрактура Тип C1.1. Срастване на фрактурата след фиксация с 1 ЗП. Крайна обективна и субективна оценка: Schatzker score - задоволителен, Lysholm score - лош (Lysholm score преди увредата - отличен)



Фигура 25 Диагностични и постоперативни рентгенографии на 46 годишен мъж с високо енергийна фрактура Тип C2.3 на двете бедрени кости. Забавено срастване на фрактурата на ляв фемур след фиксация с 1 ЗП. Крайна обективна и субективна оценка: Schatzker score - отличен, Lysholm score - отличен (Lysholm score преди увредата - отличен). Несрастване на фрактурата на десен фемур след фиксация с 1 ЗП (консолидация на фрактурата след автоостеопластика след 1.5год.) Крайна обективна и субективна оценка: Schatzker score - задоволителен, Lysholm score - задоволителен (Lysholm score преди увредата - отличен).

3.2. УСЛОЖНЕНИЯ

3.2.1. РАННИ УСЛОЖНЕНИЯ

Ранни инфекциозни усложнения, налагащи хирургична интервенция и антибиотично лечение, не са установени в проследените 57 случая. При 1 (1.7%) пациент е извършена ревизия на оперативната рана и екстракция на дрен на 5-ти постоперативен ден, при 1 (1.7%) пациент е извършена ревизия след образуване на постоперативен хематом (200 мл) на първи пост оперативен ден. В един случай на контролните Rö графии се установи вътреставна пенетрация на 1 брой винт, но процедура за екстрахиране не е извършена.

3.2.2. КЪСНИ УСЛОЖНЕНИЯ

Несрастване - липса на прогресия на Rö консолидация ≥ 24 седмици и извършване на хирургична интервенция за потенциране на срастването се наблюдава при 3 (5%) пациента. И в трите случая ФДФ е в следствие на високоенергийна травма (ПТП/падане от височина), заедно със съчетани травми на ОДА. Извършените процедури с цел потенциране на срастването са: при 1 пациент (2 процедури през 23 и 42 постоперативна седмица) авто/алогенна костна пластика и прибавяне на допълнителни винтове, при 1 пациент - автоостеопластика с шпан от криста илиака (72 седм.), 1 пациент - автоостеопластика и добавяне на допълнителен винт (51седм). Последният завършва с несрастване и дебриколаж и повторна остеосинтеза (165седм.)

Забавено срастване - Rö консолидация ≥ 24 седмици се наблюдава при 17 (30%) пациента.

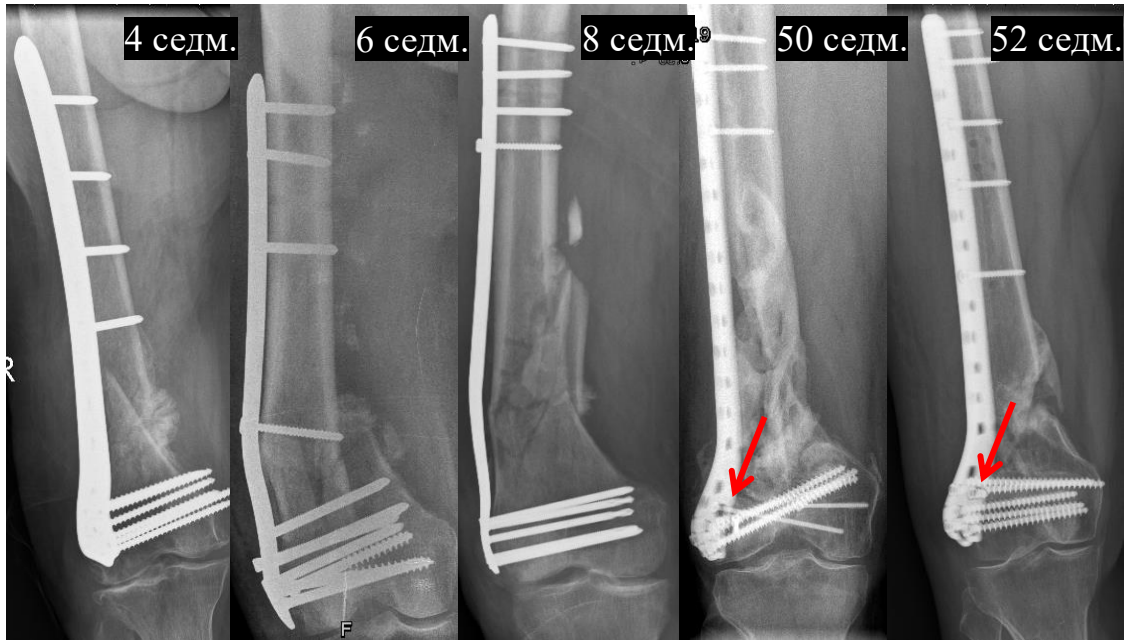
Дебриколаж (разпадане на фиксацията преди да е настъпило костно срастване) е значително късно усложнение, налагащо повторна хирургична интервенция. Той е установен при 4 (7%) пациента. При 1 се дължи на липсата на биомеханично неиздържана остеосинтезна конструкция поради липсата на достатъчно дълъг имплант. При останалите 3 причината е умора на метала и забавена консолидация на фрактурата (след ≥ 44 седм, 165седм, 36 седм. след първичната фиксация). (Фиг. 26)



Фигура 26 Представени са случаите на дебриколаж на остеосинтезата. В повечето случаи се наблюдава фрактура от умора на импланта в зоната на пикова стресова концентрация и подлежащо нестрастване на фрактурата.

Частична загуба на репозиция е установена при 5 (9%) пациента. Тя се дължи на неспазване на протокола за частично натоварване на крайника и недостатъчна критичност към лечението от страна на пациентите, както и на умора на метала в следствие на забавена консолидация.

Всички **вторични дислокации** са във варус и при всички случаи липсва адекватна костна опора от медиално. В един случай (жена на 85г.) има разхлабване на фиксацията и дислокация на дисталния фрагмент поради лошо качество на костта. В два случая (3.5%) се наблюдава огъване на латералната ЗП в 6 и 8 пост оперативна седмица. В първия случай се касае за пациент (жена на 71г) след прекаран мозъчен инсулт и придружаващо заболяване захарен диабет. Във втория случай става въпрос за пациент (мъж на 55г) пострадал при ПТП със съчетана травма на ОДА (фрактура на лумбален прешлен и множество фрактури на контралатералния долен крайник лекувани с ВФ). В два случая се наблюдава счупване на част от дисталните застопоряващи винтове, частична дислокация на дисталният фрагмент в следствие на забавена консолидация в 50-52 постоперативна седмица. (**Фиг. 27**) Повторна оперативна интервенция не е извършвана при нито един пациент.



Фигура 27 Представени са случаите на частична загуба на репозиция в ранния и късен постоперативен период. Липсата на медиална подпора води до типична дислокация на фрактурата във варус.

Други усложнения - дразнене на tractus iliotibialis, наложил екстракция на импланта: 1 година постоперативно има при 2 (3.5%) пациента.

Ранните усложнения е по-вероятно да се дължат на нестабилност на остеосинтезната конструкция, а късните - на забавено срастване и умора на метала. Некооперативни пациенти, проблемна консолидация на фрактурата, лошо качество на костта, наличието на метафизарно раздробяване и комбинацията на изброените фактори превръщат фиксацията с латерална ЗП биомеханично неадекватно средство на фиксация.

3.2.3. СМЪРТНОСТ

По обективни и субективни причини голяма част от общата кохорта са изгубени за крайно проследяване и оценка. В 79 случая е оценена преживяемостта на пациентите след оперативно лечение на ФДФ. Постперативната смъртност в кохортата е 30 (38%) случая. 8 (10%) от починалите пациенти са проследени до консолидацията на фрактурата и крайна комплексна клинична оценка. При тези пациенти смъртта е настъпила след повече от 12 месеца след фрактурата. От останалите пациенти 10 (12%) са починали в рамките на 3 месеца, 4 (5%) - до 6 месеца и 8 (10%) са преживели повече от година. 10 (12%) пациента не са посетили нито един контролен преглед след дехоспитализацията, 8 (10%) - само един в

рамките на месец след дехоспитализацията. За 18 (22%) от починалите пациенти е било невъзможно да се придвижват самостоятелно (приковани на легло и/или инвалидна количка). Средната възраст на пациентите починали след ≥ 12 месеца е 70.9 (49-83) години, при тези починали след ≤ 12 месеца - 77.3 (64-89) години, средната възраст на останалите живи пациенти е 57.7 (30-92) години. Разликата във възрастта в изброените групи е статистически значима $p < 0.038$. Сигнификантна разлика има и във времето до оперативната интервенция при живи пациенти - 3 дни (0-15) и починали след ≤ 12 месеца - 6 дни (1-25) $p \leq 0.045$. Наблюдава се съществена зависимост между постоперативната смъртност и наличието на: злокачествени новообразувания ($p < 0.014$), прекаран мозъчен инсулт ($p < 0.029$), заболявания на сърдечно-съдовата система ($p < 0.021$), но не се открива такава зависимост между отлагането на оперативната интервенция, придружаващите увреди и смъртността $p \geq 0.05$.

3.3. РЕЗУЛТАТИ ОТ БИОМЕХАНИЧЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

Всички параметри, представляващи интерес, бяха разпределени в изследваните групи ($p \geq 0.160$, **Таблица 10**). Всеки от показателите показва съществено различни стойности сред всички проучвани групи, разглеждани заедно ($p < 0.001$).

Надлъжната дислокация при аксиално натоварване значително се различава между трите техники на фиксиране за двете работни дължини. Най-голяма деформация се открива при фиксация със ЗП, последвана от ЗП + ИМ присадък и фиксация с 2 ЗП ($p \leq 0.001$) (**Графика 9**). В допълнение, дългата РД води до значително по-голямо надлъжно изместване в сравнение с късата РД за двете конвенционални ЗП и ЗП + ИМ присадък ($p \leq 0.032$); при две ЗП - РД обаче не оказва влияние ($p = 0.999$).

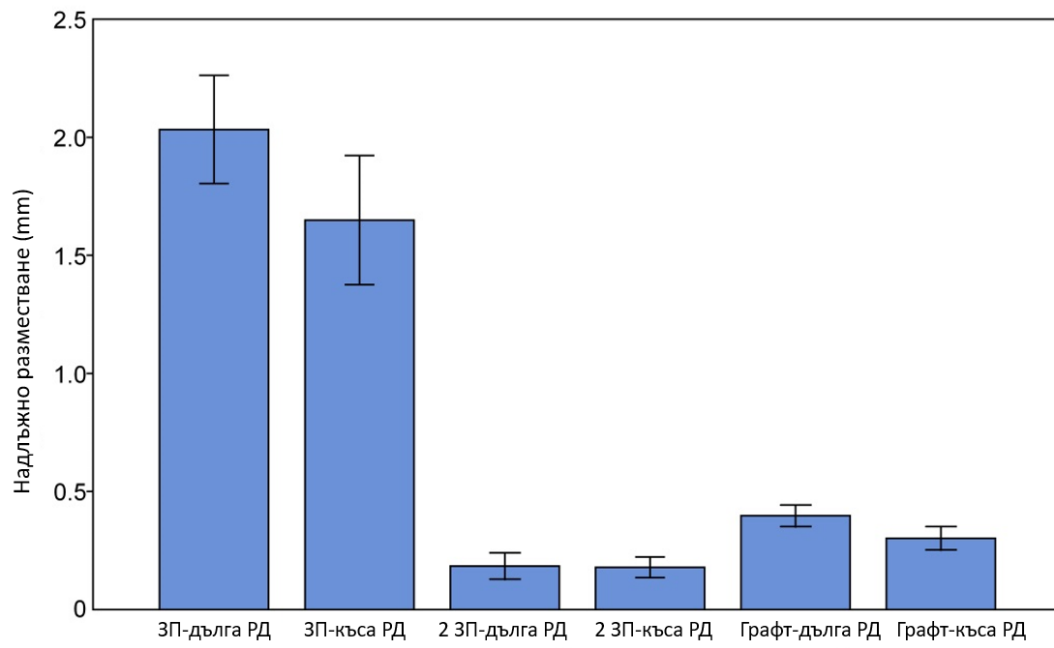
„Ъгълът на пролуката“ е значително по-голям за конвенционалните ЗП спрямо ЗП+ИМ присадък и две ЗП ($p < 0.001$); но остава незначителна разликата между двете техники с аугментация ($p = 0.999$). Не са открити съществени разлики между дълга и къса РД за всяка от техниките за фиксация ($p = 0.999$).

В допълнение, дългата РД води до значително по-голямо изместване при ротационен стрес спрямо късата РД при ЗП и ЗП+ИМ присадък ($p \leq 0.031$). Работната дължина е без значителен ефект при фиксация с две ЗП ($p = 0.999$).

При вътрешна и външна ротация ЗП и ЗП+ИМ присадък показват съществено по-голямо разместване при ротация в сравнение с две ЗП и за двете РД ($p \leq 0.044$), като не се различават значително помежду си ($p=0.999$).

Изследвани групи						
Параметри	ЗП дълга	ЗП къса	две ЗП дълга	две ЗП къса	ЗП+графт дълга	ЗП+графт къса
Ъгъл на пролуката (<i>градуси</i>)	2.58 (0.31)	2.22 (0.38)	0.62 (0.28)	0.56 (0.25)	0.75 (0.14)	0.64 (0.26)
Ъгъл на пролуката- твърдост (<i>N/deg</i>)	51.1 (6.1)	60.3 (10.6)	241.9 (87.6)	270.7 (95.4)	179.3 (30.4)	221.1 (55.5)
Надлъжно разместване (<i>mm</i>)	2.03 (0.23)	1.65 (0.27)	0.18 (0.06)	0.18 (0.04)	0.40 (0.05)	0.30 (0.05)
Разместване при усукване- вътр. ротация (<i>mm</i>)	1.16 (0.17)	0.92 (0.11)	0.40 (0.10)	0.43 (0.07)	1.09 (0.13)	0.82 (0.11)
Твърдост на усукване вътр. ротация (<i>Nm/deg</i>)	2.25 (0.38)	3.28 (0.80)	3.82 (0.72)	5.97 (2.13)	2.58 (0.51)	3.67 (1.91)
Разместване при усукване- външна ротация (<i>mm</i>)	1.15 (0.14)	0.89 (0.19)	0.38 (0.12)	0.43 (0.12)	1.07 (0.25)	0.77 (0.18)
Твърдост на усукване външна ротация (<i>Nm/deg</i>)	2.23 (0.43)	3.05 (0.56)	3.89 (0.97)	5.70 (1.53)	2.39 (0.88)	3.98 (1.05)

Таблица 10 Средните стойности и стандартните отклонения на параметрите представляващи интерес за изследваните тестови групи за „къса“ и „дълга“ работна дължина на плаката



Графика 9 Надлъжно разместване по феморалната ос при отделните изследвани групи образци

ГЛАВА IV. ОБСЪЖДАНЕ

С оглед на съвременното застаряващо население и завишаващите се функционални изисквания на пациентите липсват неоспорими аргументи свързани с вида на терапевтичния подход при лечение на фрактурите в дисталната трета на бедрената кост.

Фрактурите на дисталния фемур са сериозни и потенциално осакатяващи увреди на опорно-двигателния апарат, които са свързани с висока честота на усложненията във всички възрастови групи. Наличието на остеопороза, както и придружаващи увреди на ОДА, са предпоставка за усложнения свързани с консолидацията на фрактурата, разпад на остеосинтезата, нуждата от повторни хирургически интервенции и забавено възстановяване, което от своя страна оказва значително влияние върху независимостта и качеството на живот на засегнатите индивиди.

В оперативното лечение се използват различни вариации от хирургични достъпи и техники, а имплантите за фиксация на фрактурите включват винтова, интрамедуларна и остеосинтеза с плаки, както и допълнение от различни аугментационни техники.

Използването на заключваща плака има две основни предимства пред остеосинтезата с конвенционална плака. На първо място - по-добрата механична фиксация, която се осигурява от заключващия механизъм на винтовете към плаката и превръщането на конструкцията в ъглово стабилна. От друга страна, ЗП са описани като вътрешни фиксатори, което позволява тяхното поставяне чрез щадящи хирургични достъпи и запазване на периосталното кръвоснабдяване. ЗП имат относително по-широки индикации за употреба, от гледна точка на фрактурната морфология в сравнение с ИМ пирони. Разработването на индикации „за“ и правилното приложение на съвременните импланти и хирургични техники е в основата на постигане на оптимални терапевтични резултати.

4.1. ЧЕСТОТА И ЕПИДЕМИОЛОГИЯ

ФДФ съставляват 6% от фрактурите на фемура и 0.4% от всички фрактури на скелета.^{1,2} Ниската честота, спецификата на фрактурата и демографското разпределение на пациентите изискват експертно лечение в големи травма центрове.

Средната възраст на пациентите е 61 години², а в нашата серия е 59.3 години. Пациентите над 65 годишна възраст в серията са 42% от цялата кохорта и според епидемиологичните проучвания процентът на тези пациенти с изразена остеопороза е с тенденция да се покачи в световен мащаб.²

В нашата серия се отчита модел на бимодално разпределение по пол, подобно на това, което се описва в литературата - млади мъже в активна възраст и възрастни жени.^{1,2,209} Фрактурите при жени са 34 (60%), при мъже 23 (40%). Средната възраст при мъжете е 48.5 г. при жените е 64 г. Пациентите над 65 годишна възраст по време на травмата са 91% жени. Наблюдаваната тенденция да се увеличава броя на жените с ФДФ след 65 години се потвърждава и в нашия материал.^{1,2,209} При възрастни пациенти ФДФ са вторите по честота инсуфициентни фрактури на бедрената кост след тези в областта на ТБС⁸⁸

4.2. МЕХАНИЗЪМ НА ПОЛУЧАВАНЕ

Най-честият механизъм на травма в серията е падане от собствен ръст при 38 (66%) пациента. Съотношението между високо и нискоенергийните фрактури е 1:2. Според епидемиологичните проучвания 90.8% от всички фрактури при гериатрични пациенти (82.6% при мъже и 93.2% при жени) се причиняват при битова травма²¹⁰. В нашата серия 100% от ФДФ при пациентите ≥ 65 год. са получени при нискоенергийна травма. Фрактурите, свързани с автомобилни злополуки, както и падане от голяма височина са високоенергийни и мекотъканната травма е по-тежка, при което и вероятността от придружаващи увреди е сравнително голяма. Високоенергийните фрактури в серията са 19 (33%), като 15 от тях са при ПТП. Съчетана травма се установява в 31.5% от изследваната кохорта пациенти. В различни мултицентрични проучвания пациентите с множество фрактури и политравма съставляват 48% - 57.6%.²¹¹⁻²¹³ Освен това, при до 50% от тези пациенти има продължение на фрактурата в диафизарната част на костта¹⁵⁶. В нашата серия общият брой на увредите на ОДА е 33 придружаващи фрактури, като най-чести са фрактурите в областта на ходилото - 8 (14%), следвани от фрактури на капачката - 5 (8%) и подбедрицата - 5 (8%). Увреди тип плаващо коляно се откриват при 7 (12%) случая. Откритите фрактури в серията според класификацията на Gustilo-Anderson са 10 (17.5%), от които I тип са 4 (7%), II тип са 4 (7%), а IIIA тип са 2 (3.5%). В различните серии общата честота на откритите фрактури лекувани със ЗП достига 35.6%, а откритите тип III по Gustilo-Anderson²⁰⁴ - 16.8%.⁸⁶

Контрол на ортопедичната травма (Damage control) и последваща ОС със ЗП е извършен при 8 (14%) пациента. Външната фиксация не е индицирана за дефинитивно лечение на тези фрактури, особено тези с дислоцирана вътреставна компонента. Недостатък на техниката е невъзможността да се фиксират вътреставните фрагменти, както и трудният контрол върху алинирането на фрактурата. Често се налага примостяване на колянната става, което повишава риска от контрактури¹¹³. В нашата серия, контрол на ортопедичната травма (damage control) е прилаган при лечението на високоенергийни открити фрактури с тежък мекотъканен статус, билокуларни фрактури или фрактура тип плаващо коляно.

Шпилките на ВФ трябва да са на разстояние от фрактурата и колянната става, за да се намали рискът от инфекция, както и да не възпрепятстват поставянето на латералната плака¹¹³. В нашата серия няма данни за инфекциозни усложнения при временна външна фиксация на ФДФ. В клиничните серии на Oh et al.²¹⁴ инфекциозните усложнения при използване на примостяващ ВФ са 4.13 %. Parekh et al.²¹⁵ съобщават за добри резултати при двуетапното лечение на вътреставни фрактури в серия от 16 АО/ОТА 33 С тип фрактури. Bonneville et al.¹⁸⁰ осведомяват за висок процент на инфекции в серия от 26 ФДФ при използване на еднопланов ВФ и стигат до извода, че индицирани за дефинитивно лечение в ВФ са стабилни мета-диафизарни счупвания или след стабилна вътрешна фиксация на епифизарната компонента на фрактурата.

4.3. КЛАСИФИКАЦИЯ

В тази серия се придържаме към класификацията на АО/ОТА⁸, която в най-голяма степен покрива фрактурната морфология, подпомага изграждането на предоперативен план и има голяма прогностична точност²¹⁶. Недостатък е, че не отчита степента на мекотъканната травма. От особено значение за хирургичното лечение е степента на раздробяване, както на ставната повърхност, така и в метафизарната зона, където се отчитат основните анатомични локализации на наблюдаваните усложнения (несрастване и дебриколаж)⁸. Най-чести в нашата серия са простите фрактури АО/ОТА 33А1 - 20 (35%), 17 (30%) от които са настъпили в следствие на нискоенергийна травма при жени на средна възраст ≥ 70 год. Вътреставните фрактури АО/ОТА 33С са 26 (45,6%), епи-метафизарно раздробяване има в 8.7%. Фрактури с наличие на междинни фрагменти в метафизата АО/ОТА 33А2 и АО/ОТА 33С2 са 24 (42%), а такива с тежко раздробяване в на метафизата 8

(14%). В серията на Kregor et al.¹⁵⁷ комплексните фрактури АО/ОТА 33А3 и 33С3 са $\geq 54\%$, Schutz et al.¹⁶⁴ установява при 72% от 66 фрактури наличие на фрагментация и раздробяване в метафизата, а в последваща серия - 42% от 85 фрактури са типова А3 и С3²¹¹. В метаанализ на 1670 фрактури се установява ангажиране на ставното лице в 58%, а тежко ставно раздробяване в 21.6%⁸⁶. Въпреки нехомогенното разпределение на пациентите и типа на фрактурите в различните серии се забелязва тенденцията в над 50% от случаите различна степен на дефицит на костната опора в метафизарната зона.

Кондилните фрактури с фрактурна линия в коронарната равнина (АО 33-В3; Hoffa) сами по себе си са рядкост, но като фрагмент от раздробена вътреставна фрактура 33-С техният процент достига до 38.1%⁸⁰. При рентгеново изследване фрактурата се скрива от експонацията на интактната предна част на кондила и може да бъде недиагностицирана¹⁷. Най-често е засегнат латералния кондил 85%, но се срещат медиални 15% и бикондилни увреди^{80,217}. Поради честата асоциация на интеркондилните с фрактури еквивалент - „Hoffa“, особено при високоенергийна травма, е важно предоперативното им диагностициране, което може да доведе до промяна на оперативния план и имплантите за фиксация⁸⁰.

4.4. ИНДИКАЦИИ ЗА ОПЕРАТИВНО ЛЕЧЕНИЕ

Оперативното лечение е метод на избор при всички разместени фрактури на дисталния фемур²¹⁸, които не могат да бъдат репонирани закрито, включително и 33В тип фрактурите¹⁸, открити фрактури I и II тип със съпътстваща съдова увреда, патологични фрактури, лигаментарни увреди на колянната става, компартмент синдром, придружаващи фрактури на ипсилатералната подбедрица или билокуларни бедрени фрактури, пациенти с политравма¹⁸. Комбинацията от усъвършенствания дизайн на имплантите и биологично съобразения хирургичен подход, както и подобрените анестезиологични методи, покриват почти целия спектър от пациенти¹². Неразместени/репонирани фрактури с цел избягване недостатъците от продължителната имобилизация са относително индицирани за оперативно лечение¹. Контраиндицирани са открити фрактури III тип¹⁸, както и силно контаминирани и инфектирани фрактури, иноперабилни пациенти с много висок анестезиологичен риск или пациенти с много ниска очаквана преживяемост в бъдеще. Последното може да се разглежда като относителна контраиндикация – стабилната фиксация

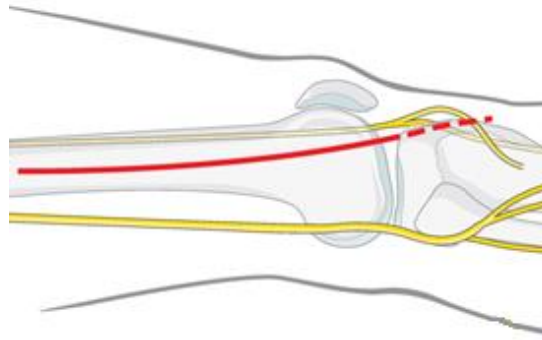
улеснява обслужването на пациента. Липсата на опитен хирург и подходящ инструментариум също е относителна контраиндикация за оперативно лечение.

4.5. ХИРУРГИЧЕН ДОСТЪП

Изборът на хирургичен достъп се базира на следните критерии: конфигурацията на фрактурата, нуждата от достъп до ставното лице за репозиция и фиксация, вида на използвания имплант и неговото позициониране според предоперативното планиране. Според съвременната литература, при извънставните фрактури, когато е възможна индиректна репозиция на фрактурата, мини инвазивните достъпи са метод на избор. Ако репозицията е затруднена МИПО достъпът лесно може да се конвертира в конвенционален достъп.

Хирургичните достъпи при 57 първични интервенции в серията са: при 31 интервенции с минимално инвазивен латерален достъп и 26 с латерален парапателарен (МИПО) достъп.

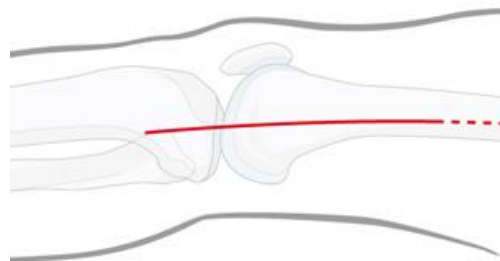
Конвенционалният латерален достъп (фиг. 28) е най- използваният достъп за открита репозиция и фиксация с плака при фрактури на дисталния фемур⁴⁴. Кожната инцизия е разположена по латералната повърхност на бедрото, центрирана върху латералния епикондил дистално. Достъпът трябва да е достатъчно голям, за да позволи лесно екартиране на меките тъкани. Щателната хемостаза в зоната изисква идентифициране и лигиране или коагулиране на перфорантните артерии. Недостатъци на достъпа: визуализацията на интеркондилното пространство и медиалния компартимент е силно ограничена. Достъпът до тях е свързан с продължаване на кожната инцизия дистално в посока латералната граница на *tuberositas tibiae*, сублуксация на капачката и голяма по обем мекотъканна дисекция, която компроментира кръвоснабдяването в зоната.^{12,18} Предимства на достъпа: лесно възпроизводим и бърз достъп⁴⁵, предоставя добра визуализация на латералния компартимент и достъп до фрактурата за директна репозиция, лесно може да бъде разширен в проксимална и дистална посока.



Фигура 28 Конвенционалният латерален достъп до дистален фемур

Медиален достъп (фиг. 29)

В хирургичното лечение на ФДФ медиалните достъпи се използват при разместени фрактури на медиалния кондил (В2, В3 и С3). Прокламирани са от редица автори при фиксация с втора плака от медиално, намаляване на мекотъканната дисекция при конвенционален латерален достъп, наличие на голямо раздробяване, липса на структурна опора и нужда от пласиране на костен присадък от медиално.^{12,16,22,27} При определени обстоятелства остеосинтезата на супракондилни фрактури може да стане с медиален еквивалент на конвенционалните латерални плаки, като методът е биомеханично адекватен.²¹⁹ Планът на достъпа включва права кожна инцизия, която се проектира от аддукторния туберкул дистално по медиалната повърхност на бедрото проксимално. Дълбоката дисекция проксимално следва предния ръб на *m. sartorius*, *m. vastus medialis* се отделя от интермускулния септум и се екартира проксимално и напред. Дисталната екстензия на достъпа с прерязване на сухожилието на мускула и ставната капсула осигурява директен достъп да медиалното ставно лице^{12,18}. Рискови структури в зоната са съдово нервния сноп, който преминава през аддукторния хиатус на 10-12 см от ставната цепка, а в дистална посока медиалния колатерален лигамент и горно медиалната геникуларна артерия.^{12,18}



Фигура 29 Медиален достъп до дистален фемур

Разширените достъпи с дистално отделяне на екстензорния апарат (фиг. 30) са индицирани при комплексни вътреставни фрактури и нужда от голямо оперативно поле с достъп до всички структури на дисталната метаепифиза²⁷. Описани са различни модификации с прерязване на собственото сухожилие на пателата, остеотомия на пателата, с отделяне на костен шпан от *tuberositas tibiae*.^{45,220} Остеотомията на тибиялния туберкул с оформяне на ламбо, включващо всички структури на екстензорния апарат, е най-застъпеният метод.^{12,18,27,137,221} Olerud et al.²²¹ описва разширения достъп и клиничните резултати от лечението. Като основно предимство е предоставянето на достъп до цялата дистална повърхност на бедрената кост. Недостатъците са голяма кожна инцизия, увеличена кръвозагуба и оперативно време, деваскуларизация на метафизарните костни фрагменти, ограничена постоперативна флексия в ставата и висока честота на постоперативни инфекции.^{12,18,221} В ежедневната хирургична практика тяхното използване е ограничено, в случаи на комплексни вътреставни увреди на фемур и тибия (плаващо коляно) или фрактури луксации.²²²



Фигура 30 Разширен достъп до дистален фемур с остеотомия на *tuberositas tibiae*

В последните десетилетия техниките и материалите за остеосинтеза се развиват в посока подобряване на костното срастване и намаляване на инфекциозните усложнения.²²³ За целта се разработват достъпи за минимална експонация на зоната на фрактурата и възможност за имплантиране на плаката чрез отделни кожни инцизии - т.н. „биологични техники на фиксация“.¹⁴⁹ В изследване с кадаври Farouk et al.⁴² сравняват конвенционалния латерален достъп с МИПО техниката и установяват предимствата на минимално инвазивната техника за запазването на периосталното кръвоснабдяване. Авторите очакват запазването на васкуларизацията да намали честотата на усложнения свързани с несрастване и инфекции. В източници от средата на миналия век честотата на инфекциозните усложнения достига близо 20%³, в по-съвременната литература варира между 0-7%^{10,43,135,201} (при използване на конвенционални хирургични достъпи) и 2%⁸⁶ след популяризирането на МИПО със заключващи плаки. Недостатъците на МИПО са свързани с методите на индиректна репозиция и повишаване на честотата на неправилното алиниране и неправилно срастване на фрактурата, при което се отчита продължителна крива на обучение от страна на хирурга.^{31,157,164,224} От друга страна, разместените вътреставни фрактури изискват анатомична репозиция и абсолютно стабилна фиксация, което от своя страна налага нужда от адекватна визуализация и тактилен достъп. Лошата репозиция на фрактурата ясно корелира с лошите резултати от края на лечението.^{96,225} Съвременната АО школа препоръчва при екстраартикуларни „А“-тип фрактури да се използва модифицирания стандартен латерален достъп. При „В“ и „С“ тип фрактури, съответно, латерален или медиален парapatеларни достъпи.

При оперативното лечение на АО/ОТА 33-С тип фрактури латералният и медиален парapatеларни достъпи с луксация на пателата са възприетия оперативен подход. Латералният парapatеларен достъп е по-широко застъпен, защото медиалният парapatеларен достъп предлага малка възможност за проксимална екстензия на достъпа²²⁶. Индикация за медиална артротомия е масивно раздробяване от медиално. При стандартния подход кожната инцизия е паралелна на латералния пателарен ръб на отстояние 1 см от него с цел по-лесна реконструкция. Проксималната дисекция може да продължи в трансмускулен план между m. rectus femoris и m. vastus lateralis или между m.vastus lateralis и интермускулния септум¹⁵³. Луксация на пателата и флексия на коляното представят цялото ставно лице. Подмускулният тунел се оформя по аналогичен начин. Минимално инвазивната

модификация на предно-латералния парапателарен достъп (Swashbuckler) описан от Starr et al.²²⁷ предоставя достъп до 87% от ставното лице и всички ключови структури, включително и медиалния компартимент, съхранява екстензорния механизъм и не пречи на бъдещите достъпи за артропластика.²²⁶ В нашата серия при анализ на постоперативните рентгенографии липсват данни на ставна неконгруентност. Проблем представлява вътреставната пенетрация на винтове при 1 случай. Липсват данни за несрастване или загуба на репозиция при фиксацията на ставното лице. От лекуваните АО/ОТА 33С тип фрактури настъпило усложнение свързано със загуба на репозиция е нарушение на алинирането на кондилния масив спрямо диафизата, но дислокация на вътреставните фрагменти не се отчита. От гледна точка на появата и развитието на посттравматична артроза на колянната става целенасочено изследване не е провеждано заради нехомогенната група пациенти и факта, че при $\geq 38\%$ от тях се установяват рентгенографски артрозни изменения (субхондрална склероза и маргинални остеофити) при диагностичните образни изследвания.

4.6. КЛИНИЧНИ РЕЗУЛТАТИ И КОМПЛЕКСНА КЛИНИЧНА ОЦЕНКА

Поради ретроспективния характер на нашето проучване и краткия период на проследяване (средно 2.7 години) не е изследвано насочено развитието на остеоартрит на колянната става. Недостатък на проучванията, изследващи посттравматичната дегенерация е, че изискват много дълъг период на проследяване на пациентите, в повечето серии проследяването е около 1,5-7 години като артрозата се развива 6-8 години след травмата⁷⁴. Продължителната имобилизация, възрастта на пациента, степента на фрагментация на ставното лице, ставен праг или диастаза по-голяма от 3 мм корелират със значителна честота на посттравматична гонартроза²²⁸, докато възстановяването на ставната конгруентност, правилното алиниране според анатомичната и механична оси, стабилизирането на ставата и ранната мобилизация намаляват този риск⁷⁴.

Посттравматичната скованост на колянната става и загуба на обема на движение е често усложнение след фрактури в зоната, като се развиват флекссионни, екстензионни и комбинирани контрактури. Причината е развитието на плътни

интраартикуларни адhezии и/или фибротична трансформация на периартикуларните структури²⁵. Не са напълно изяснени механизмите, които стартират фиброзната трансформация, но почти цялото формиране на адhezивната тъкан се среща в рамките на първите 6 месеца.²⁶ Следоперативното поведение (аналгезия, рехабилитация) е от съществено значение за запазване на обема на движение.²⁵

Средният обем на движение в колянната става в нашата серия е флексия от 105° (38°-136°). Флексионна контрактура от 10° се наблюдава при 8 пациента (14%), а от 100° при 1 пациент. Сходни резултати се откриват в повечето клинични серии представени в **Таблица 11**.

Серия/ автор	Обем на движение на колянната става
Althausen et al. ²²⁹	0°-91°
Apostolou et al. ²³⁰	1°-105°
Weight and Collinge. ¹⁵⁶	5° (-2°-22°) - 114° (55°-145°)
Ricci et al. ¹⁶⁰	-5°-95°
Kanabar et al. ²³¹	93° (80°-130°) (общ обем на движение)
Kregor et al. ²³²	2° (0°-5°) - 90° (80°-115°)
Kregor et al. ¹⁶³	2° (0°-30°) - 103° (20°-140°)
Kregor et al. ¹⁵⁷	1° (0°-15°) - 109° (25°-140°)
Markmiller et al. ¹³²	110° (общ обем на движение)
Schandelmaier et al. ³¹	104° (20°-140°) (общ обем на движение)
Schütz et al. ¹⁶⁴	АО/ОТА 33 А = 0°-114° АО/ОТА 33 С1 = 0°-107° АО/ОТА 33 С2 = 0°-128° АО/ОТА 33 С3 = 0°-99°
Fankhauser et al. ¹⁶¹	АО/ОТА 33А = 4°-113° (0°-140°) АО/ОТА 33С = 9°-101° (0°-130°)
Kayali et al. ²¹²	Политравма = 112.8 (75°-135°) Изолирани фрактури = 121.8° (85°-130°) (общ обем на движение)
УМБАЛСМ Н. И. Пирогов	1°(0°-10°) - 105°(38°-136°)

Таблица 11 Обем на движение. Представени се резултатите от крайния обем на движение в колянната става. Обемът на движение от 110° е разумна цел на лечението и рехабилитацията при възстановяване след фрактури в областта на колянната става.

В нашата серия флексионният дефицит е по-изразен при пациентите над 65г. ($p \leq 0.045$). Интервенции, свързани с повишаване на обема на движение, са извършени при трима пациента.

Ограниченият обем на движение е сред основните нежелани последствия в следоперативния период, като процедури за повишаване на обема на движение (пластика на квадрицепса по метода на Judet; артроскопска артролиза) са извършвани в до 9% от пациентите в различните серии.^{157,211}

Сравнявайки фрактурите според АО/ОТА класификацията не се открива корелация спрямо крайния резултат^{164,233}, като в края на лечението обемът на движение достига 87% от този на незасегнатия крайник¹⁶⁴, а лошите резултати се асоциират с обезитет и/или наличие на перипротезни фрактури.²³³ Не се открива сигнификантна разлика в обема на движение на пациентите с изолирани фрактури и политравма.²¹²

Комплексна клинична оценка

Критериите на Schatzker et al.⁹⁶ са използвани за оценка на клиничния резултат в различни серии, като в повечето от тях са използвани различни от ЗП импланти^{150,159,212} (**Таблица 12**). Недостатък на тази оценителна система е, че не обхваща напълно физикалното възстановяване и няма отношение към психическия статус на пациента след оперативната интервенция.

В нашата серия задоволителните и лоши резултати са над 50% от кохортата, като при пациентите под 65 год. са 45%, докато при пациентите над 65 год. са 62.5%, въпреки, че не се открива сигнификантна разлика в резултатите от Schatzker score според вида, енергията на травмата и наличието на открити фрактури. Средната възраст на пациентите с лош краен резултат над 65 год. е 75 години, при тях липсват високоенергийни фрактури, а открита първа степен е само една фрактура. Лошите резултати в серията се дължат предимно на ограничения обем на движение в колянната става: флексия до 90° се регистрира в 21 (36%) случая, варусна деформация $\geq 15^\circ$ се отчита при 3 пациента, а валгусна при един.

Автор	Scatzker score
УМБАЛСМ Н. И. Пирогов	Отлични и добри- 47% Задоволителни и лоши- 53%
Bolhofner et al. ¹⁵⁰	Отлични и добри- 84% Задоволителни и лоши- 16%
Kayali et al. ²¹²	Отлични и добри- 76% Задоволителни и лоши- 23%
Syed et al. ¹⁵⁹	Отлични и добри- 64% Задоволителни и лоши- 36%
Brekke et al. ²³⁴	Отлични и добри- 18% Задоволителни и лоши- 81%

Таблица 12 Разпределението на резултатите спрямо обективната скала за оценяване на крайните резултати: Schatzker score.

Лошите резултати в серията на Kayali et al.²¹² се дължат на остеомиелит в един случай и варусна деформация $\geq 15^\circ$ в друг. При изследване само на вътреставни фрактури тип 33C: Kayali et al.²¹² при 12 33C тип съобщава 1 отличен, 7 добри, 3 задоволителни и 1 лош резултат. Brekke et al.²³⁴ при 11 33C: 2 добри, 3 задоволителни и 6 лоши резултата, като при над 50% от пациентите флексията е под 90 градуса. В нашата серия от 26 33C тип фрактури резултатите са отлични в 6, добри в 6, задоволителни в 5 и лоши в 9 случая. Според Bolhofner et al.¹⁵⁰ лошите резултати се дължат на ограничената флексия в колянната става и заключава, че въпреки, че миниинвазивните техники осигуряват добър потенциал за костно срастване те не гарантират добрите резултати. Данните от нашето проучване потвърждават това твърдение.

Клинична оценка от страна на пациента

За оценка на крайния клиничен резултат от страна на пациента използваме въпросника на Lysholm-Tegner score²⁰⁸, който е модификация на оценителната система на Lysholm и Gillquist²³⁵ от 1982г. Въпреки, че акцентът на системата пада върху функцията на коляното след лигаментарни и менискални увреди, тя е лесно

приложима за оценка на състоянието след фрактури в областта на колянната става и се използва в множество публикации.^{31,132,161,236}

В серията на Markmiller et al.¹³² средният резултат от Lysholm–Gillquist score е 81 т. (добър), като не открива разлика във функцията спрямо фиксацията със ЗП или пирон. Подобни резултати докладва и Schandelmaier et al.³¹: средно 80.5т. една година след травмата, в друга серия при 69% високо енергийни фрактури Lysholm score е средно 63.5т. (задоволителен). Според Fankhauser et al.¹⁶¹ функционалният и рентгенографски резултат зависят основно от етиологията на фрактурата, тежестта на увредата, наличието на придружаващи травми, качеството на костта и времето изминало от травмата до оперативната интервенция, като средният Lysholm score в неговата серия е 71 (43–100)т.

В нашата серия се забелязва висок процент ($\geq 60\%$) на лошите резултати според критериите на Lysholm. В по-детайлен анализ на резултатите се откриват следните статистически значими разлики и зависимости: крайната оценка на състоянието е пропорционална на състоянието преди фрактурата ($p \leq 0.014$), като лоша и задоволителна оценка преди ФДФ дават 24% от пациентите. Преди ФДФ по-ниска функционална оценка дават: пациенти над 65г. ($p \leq 0.045$), пациенти с предхождащи увреди на фрактурирания крайник ($p < 0.001$) и тези с наличие на артрозни изменения в ставата ($p \leq 0.045$). Наличието на системни заболявания (диабет и заболявания на сърдечно-съдовата система) корелират с по-ниски функционални резултати ($p \leq 0.047/p \leq 0.048$). Пропорционална е зависимостта между обема на движение в коляното и крайната клинична оценка ($p < 0.001$). Не се открива значителна разлика в Lysholm score според наличието на придружаващи увреди и провеждането на вторични хирургични интервенции.

В ретроспективно проучване за срок от 10 г. при 637 пациента с политравма Schmidt-Rohlfing et al.²³⁶ установяват, че въпреки хетерогенните резултати (Lysholm score варира от 15т до 100т.) при пациентите с увреда на колянната става, резултатите са по-лоши в сравнение с тези, които имат периартикуларни увреди. Изключително важна е собствената оценка на пациента за крайния резултат, защото функцията на колянната става не се определя единствено от анатомичната реконструкция на ставното лице, но зависи и от състоянието на цялото тяло и тежестта на придружаващите увреди²³⁶.

4.7. КОСТНО СРАСТВАНЕ И СВЪРЗАНИТЕ С НЕГО УСЛОЖНЕНИЯ

От проследените 57 фрактури всички са консолидирали (първично и след вторични интервенции по повод несрастване и дебриколаж). Средният период на костно срастване в цялата серия е **31.5 седмици (8-286)**, при ФДФ лекувани с еднократна хирургична интервенция срокът е **22 седмици (8-54)**, а при тези с повторни интервенции - **101 седмици (38-286)**. Времето до пълно натоварване на крайника силно корелира с времето за рентгенологична консолидация на фрактурата ($p < 0.001$). Натоварването на крайника се увеличава прогресивно с наличието на рентгенологични данни за срастване на фрактурата, като средният срок до възможно пълно натоварване на крайника в серията е 32.4 (10-286) седмици. В цялата кохорта при 43% от ФДФ се откриват проблеми свързани с консолидацията. Високият процент усложнения е на базата на една много обобщена категория включваща понятия от надвишен емпиричен срок за зарастване, извършване на вторични процедури с цел потенциране на консолидацията, реостеосинтеза при дебриколаж. В своята серия Schutz et al.¹⁶⁴ от 62 фрактури съобщава за 2 фрактури (3%) завършили с несрастване, но в допълнение 6 (10%) със забавено срастване, 6 (10%) с нужда от костна пластика и 3 (5%) с фрактура на имплант или общо 28% от фрактурите са с проблемно срастване. По аналогичен начин са представени и данни от други клинични серии в **Таблица 13:**

Зарастване на ФДФ фиксирани със заключващи плаки								
Автор	Фрактури (брой)	Открити Фрактури (%)	Несрастване (%)	Забавено срастване (%)	Костна пластика, ревизия- имплант (%)	Дебриколаж (%)	Средно време: консолидация (седм)	Проблем със срастването (%)
Kregor et al. ¹⁶³	66		0		5		11	
Syed et al. ¹⁵⁹	18	22	0				13.2	0
Vallier et al. ²³⁷	46	54	9	15	20	13		32
Fankhauser et al. ¹⁶¹	30	47	0	3	20	20	12	20
Schutz et al. ¹⁶⁴	52	32	4	12	19	6		21
Kayali et al. ²¹²	27	26	0		4	7	15	7
Wong et al. ¹⁶⁵	16		0		13	13	30	13
Gaines et al. ²³⁸	109	41	8					8
Phipatanakul et al. ²³⁹	12		17				13	17
Kregor et al. ¹⁵⁷	103	34	2		5	5		10

Таблица 13 Представя процентното съотношение на усложненията, свързани с консолидацията на ФДФ

В обзорни статии Calori et al.²⁴⁰ и Gaston et al.²⁴¹ посочват общите и локални рискови фактори, които се асоциират с несрастване на фрактурите. Общи фактори са: пол (ниски естрогенови нива при жени в менопауза), възраст (децата са с по-високи регенерационни способности спрямо възрастните), хранене (малнутрицията корелира с дефицит на микроелементи, витамини и протеини), диабет (невро и ангиопатия; понижен синтез на колаген и растежни фактори), остеопороза (намалено количество остеобласти), мускулна маса (подобрява биомеханичната стабилност на фрактурата), анемия и периферни съдови заболявания (локална хипоксия), хипотиреоидизъм (нарушена енхондрална осификация), прием на медикаменти: нестероидни противовъзпалителни и кортикостероиди (инхибират синтеза на интерлевкини и простагландини), антибиотици (флуорхинолоните, рифампицин, гентамицин - намаляват пролиферацията на остеобласти), тютюнопушене (вазоконстрикция и намалена пролиферация на клетки), алкохол (алкохолиндуцирана остеопения). Локалните рискови фактори са свързани с индивидуалността на фрактурата: високоенергийна травма, съдова увреда, топография на фрактурата (метафизарните фрактури зарастват по-бързо от диафизарните), отстояние между фрактурните фрагменти, открити фрактури,

компаратмънт синдром, наличие на инфекция, политравма/множество фрактури. След анализ на научния материал за период от 10 г. Ebraheim et al.¹⁷⁶ отдиференцират рисковите фактори за развитието на несрастване на ФДФ: 31.9% - открити фрактури, 22.1% костна загуба, 16.8% - фрактури на имплант или винт, 11.5% - дебриколаж в следствие на забавено срастване, 1.8% загуба на репозиция, 0.9% твърде ригидна конструкция, 0.9% - развитие на прекомерни режещи сили по време на натоварването на крайника и въпреки представените резултати причините и факторите, водещи до забавено срастване, остават неясни. Tank et al.²⁴² не установяват статистически повишен риск от дебриколаж според пола, откритите фрактури и дължината на плаката, но метафизарното раздробяване от медиално се оказва статистически сигнификантен предиктор на дебриколаж. **От всички изброени предпоставки за проблем със срастването на ФДФ нито един от тези фактори не е под директното въздействие на хирургичният екип, освен актът на остеосинтеза.**

В нашето изследване се забелязват статистически значими разлики във времето за срастване на ФДФ спрямо механизма на травмата $p < 0.001$ (при високоенергийни фрактури е 55.5 (12-286) седмици, при нискоенергийни фрактури е 19.5 (8-48) седмици). Наличието на придружаващи увреди на ОДА, които често засягат повече от един крайник, също се асоциират с по-дълги срокове на консолидация (66-86 седм. при асоциирани увреди/ 20 седм. при изолирани ФДФ) $p \leq 0.05$. Освен директното негативно влияние върху костната анатомия и физиология, нашето предположение е, че тези фактори влияят на механизма на срастване в късния следоперативен период, в контекста на нарушаване на рехабилитационните протоколи и хомеостазата на организма като цяло.

В серията на Kayali et al.²¹² въпреки, че придружаващите увреди водят до удължаване на периода до пълно натоварване на крайника статистическият анализ не открива значима разлика спрямо пациентите с изолирани увреди, въпреки това съчетаните травми оказват влияние върху крайния функционален резултат. Според Brekke et al.²³⁴ независимо от импланта на избор, при лечението на пациенти с множествени увреди и лош мекотъканен статус е трудно да се очакват добри и отлични резултати и фиксацията на по-неусложнени ФДФ със ЗП води до добри и предвидими резултати.

Несрастване

Костното срастване е динамичен и многофазов процес, при който действието на различни фактори може да има негативен ефект върху консолидацията на фрактурата. Целта на оперативното лечение е да намали негативните ефекти на рисковите фактори чрез биологична минимално инвазивна интервенция и да създаде биомеханично изгодни условия за оптимално бърза костна консолидация чрез различните конфигурации на остеосинтезните средства и респективно възможност за ранна рехабилитация.

В нашата серия броят на несрастванията е 6 (10.5%). Дебриколаж се наблюдава в 4 (7%) случая, като три са фрактури от умора на импланта, които настъпват между 36-165 постоперативна седмица. Vallier et al.²³⁷ съобщава за 6.5% фрактури от умора на плаката, които настъпват 9-14 месеца постоперативно, като всички фрактури на плаката са през свободен отвор в метафизарната зона на костта. Честотата на усложненията, свързани със срастването на фрактурите в различните серии, варира от 0%-32%, като дебриколаж настъпва в 75% след 3 месеца и 50% след 6 месеца¹⁷⁰. Усложненията с консолидацията и нуждата от вторични интервенции са все още нерешен проблем при лечението на ФДФ^{237,243,244}, и дори съвременните методи за фиксация не подобряват резултатите, постигнати със старите техники.^{132,238}

75% от дебриколажите в нашата серия настъпват 6 месеца след първоначалната фиксация и представляват фрактура на плаката в зоната мета-диафиза. Най-честият фрактурен модел асоцииран с несрастване е наличието на метафизарно раздробяване.¹⁷⁶ Липсва дефиниция на периода, за който настъпва фрактура от умора на метала, но проучванията показват, че тези, които настъпват след 3 месеца е вероятно да се дължат на умора на метала като следствие на подлежащо несрастване, отколкото на нестабилна остеосинтеза.¹⁷⁰ В един случай дебриколаж настъпва след загуба на фиксация на дългото рамо на плаката (изтръгване на проксимален винт след техническа грешка при поставянето). В по-ранните серии подобни усложнения се съобщават от редица автори, но основно се дължат на монокортикалната фиксация в диафизарната част на плаката.^{31,163,164} Kregor et al.¹⁵⁷ съобщава за превалиране (5%) на разпад на ОС в проксималната част на плаката в серия от 103 ФДФ, Button et al.²⁴³ докладва за 18% усложнения (фрактура на плаката и загуба на проксимална фиксация) и като потенциални причини за това са технически грешки при пласиране на плаката и ранно натоварване на крайника в присъствието на

забавено срастване на ФДФ. В серия от 335 фрактури Ricci et al.²⁴⁵ докладва дебриколаж в 25 (7%) случая, 18 от които в проксималната част на плаката, 4 в зоната на работната дължина и 4 - в зоната на дистална фиксация. Най-популярният метод на лечение на несрастване е фиксация с ъгловостабилна плака и автоостеопластика със спонгиозна кост, където костно срастване се достига в 97.4% от случаите.^{176,246} В серията на УМБАЛСМ Н.И.Пирогов при лечението на дебриколаж на ОС в 2 случая е използвана ЗП и в 2 случая - плака с острие или ИМ пирон.

Срастването на ФДФ се представя като състезание между регенерацията на костта и стабилността на конструкцията.²⁴⁵ Има много препоръки за модификации на ОС с плаки с цел повишаване на здравината и стабилността на конструкцията. Те включват ограничаване на винтовите канюлации, увеличаване на дебелина на плаката в зоната на метафизата, ограничаване на отворите на плаките и използването на по-дълги плаки.^{237,243,247} Ограничаването на постоперативното натоварване също често се препоръчва.^{237,243,248} В тези случаи модификациите на плаките, които увеличават ригидността на конструкцията, в действителност могат да бъдат контрапродуктивни и усилията трябва да се съсредоточат върху подобряването на лечебната среда на мястото на счупване и насърчаване по-ранна и по-здрава формация на калус, т.е. механо индукция на срастването. (Схема 1)



Схема 1 Схематично са представени различните варианти на модификация на биомеханичните параметри на фиксацията на фрактура тип АО/ОТА 33-А3 в условията на примостяваща остеосинтеза. Целта на лечението със заключващи плаки е постигане на оптимален баланс между стабилната фиксация, която да издържи на цикличното натоварване и еластичната деформация в зоната на фрактурата, която да стимулира вторичното костно срастване.

Различни изследвания оценяват модалностите на ОС, които потенциално влияят на честотата на срастване на ФДФ. Gaines et al.²³⁸ установява разлика в честотата на несрастване на титаниевите (7%) спрямо по-ригидните стоманени плаки - 23% ($p=0.05$) и заключава, че по-пластичните титаниеви импланти допринасят за консолидацията на ФДФ. В нашата серия статистически значима разлика в сроковете на срастване според вида на импланта не се открива. Подобен резултат може да се дължи и на факта, че въпреки това, че са обединени в две големи групи титан/стомана, използваните импланти са хетерогенна група от 11 различни производителя с минимални, но все пак различни спецификации. В заключение, при нехомогенното разпределение на различните видове импланти не се открива преимущество на един вид имплант спрямо друг.

Luĵan et al.¹⁶⁹ установяват количествено преразпределение на калуса, повече по медиалния кортекс, отколкото по предно-задния кортекс спрямо плаката, което асоциират с по-голямата фрагментарна дислокация. Bottlang et al.¹⁷⁴ открива съществена разлика в броя на свободните отвори на плаката при срастнали и несрастнали фрактури ($p=0.01$), както и намалено количество на калуса при несрастванията и при стоманените спрямо титаниеви плаки. Липсата на периостален калус обаче невинаги индицира проблеми с консолидацията, защото вторичното срастване може да се извърши по механизмите на ендостеална или интрамедуларна консолидация¹⁶⁹. Принципът на механо индукцията е създаване на интерфрагментарни движения в диапазон потенциращ вторичното костно срастване. Оценката, на което, е на базата на образна диагностика и клинична картина, Въпреки това, липсват конвенционални методи за определянето му *in vivo*.²⁴⁹ (**Схема 1**)

Загуба на репозиция

Заклучващите плаки за дистален фемур осигуряват множество точки на ъгловостабилен контакт на винт към плака и по-голяма стабилност от латерално поставената конвенционална плака, което потенциално премахва тенденцията за варусен колапс на фрактурата.^{191,237}

В обзор на резултатите от 21 проучвания (663 пациента с 694 ФДФ) Т.О. Smith et al.²⁰⁷ установяват, че най-честото усложнение е абнормална постоперативна деформация (флексия/екстензия; варус/валгус; външна ротация) - 19%. Като най-честа е деформацията в коронарната равнина -13% от всички случаи, но не се упоменава дали деформацията е в следствие на неправилно алиниране или постоперативна загуба на репозиция.

В нашата серия частична загуба на репозиция е установена при 5 (9%) пациента. При два случая се наблюдава огъване на плаката, а при три частична дислокация на кондилния масив спрямо диафизата и фрактура на част от дисталните винтове. Всички вторични дислокации са във варус.

Цялостната стабилност на ОС конструкция се дължи на натоварването, което се упражнява от една страна и механичните качества на импланта от друга, като диапазонът на еластичните движения зависи от дължината, сечението и материала на плаката, честотата и диаметъра на винтовете и от това дали са поставени моно или би-кортикално.^{250,251}

В двата случая на огъване на плаката деформацията настъпва в зоната на най-голямо раздробяване в относително ранен постоперативен период (6-8 седмица). Ако примостения сегмент е много къс се наблюдава концентрация на деформиращи сили в зоната на фрактурата и върху импланта и ако не разруши връзката кост-винт еластичната деформация на плаката се превръща в пластична.^{205,251} Като решение на този проблем се предлага използването на дълги плаки с голяма работна дължина за преразпределение на среса в отговор на огъващия момент.²⁰⁶ Въпреки използването на имплант с достатъчна работна дължина (при втория случай на огъване на плаката) пациентът не може да спазва протокола за частично натоварване, което в комбинация с $ВМІ \geq 30$ води до съответната деформация.

Счупване на дистални винтове и колапс на фрактурата във варус (без да настъпва дебриколаж) наблюдаваме в 3.5% от случаите. Тези усложнения настъпват в диапазона 50-52 седмици след счупването.

В серията на Tank et al.²⁴² се съобщава за 3% счупване на дистални винтове при фиксация с LISS, 4% огъване или фрактура на плака както и 7% освобождаване на дисталните винтове от съчленението с плаката при фиксация със ЗП с полиаксиални винтове, като за основна предпоставка се изтъква метафизарното раздробяване. Счупването на винтовете се наблюдава сигнификантно по-късно (52 седм.) сравнено с другите усложнения (21 седм.).

Заклучващите плаки като ъгловостабилни устройства често са индицирани за примостяваща остеосинтеза при раздробени фрактури, където периосталният калус е клиничния индикатор за костно срастване и корелира с механичната ригидност на ОС конструкция. Обратно на това, продукцията на калус може да показва интерфрагментарни движения от прогресивна загуба на стабилност.

4.8. СМЪРТНОСТ

Женската популация над 65 год. е по-рискова за ФДФ спрямо мъжката. Гериатричните пациенти се характеризират с лошо качество на костта с различна тежест, причинено от остеопороза свързана с възрастта, системни заболявания или костна реорганизация при наличието на ендопротези или други импланти, което от своя страна компроментира фиксацията на фрактурите и води до несрастване, неправилно срастване и дебриколаж.^{252,253} Честотата на остеопоротичните ФДФ се покачва, с което расте и социалното и икономическо бреме.²¹⁰

В минали публикации се съобщава, че в гериатрични популации (средна възраст 77-82 год.) почти една трета (34%-41%) от ФДФ са перипротезни или перимплантни фрактури.^{182,254} Широкият спектър от придружаващи заболявания повишава рисковете за локални и системни усложнения, както и за преждевременна смърт след ФДФ.^{5,6} В допълнение към това, възрастните пациенти често са некооперативни към постоперативният режим на частично натоварване на крайника, което повишава рисковете за разпад на остеосинтезата. Честотата на смъртността в тази група пациенти след ФДФ достига 30% през първата година след хирургичната интервенция.^{6,254,255} Ранни клинично значими усложнения се съобщават в 37.5% от

случаите с пациенти над 60 годишна възраст, а честотата на несрастване достига до 24%, имайки предвид, че може да е по-висока, тъй като някои пациенти не доживяват консолидирането на фрактурата.⁵ Липсва златен стандарт и ясни насоки за техниките на фиксация и постоперативно натоварване на крайника с цел намаляване на честотата на усложненията и смъртността.²⁵⁴

Резултатите от нашето изследване до голяма степен се припокриват с данните в литературата. Постоперативната смъртност достига 38% от проследените по съответния критерии пациенти, като за повече от 2/3 от пациентите няма налично клинично и рентгеново проследяване на резултата от лечението на ФДФ. При 60% от починалите пациенти са регистрирани 0-1 контролни прегледи в рамките на месец след дехоспитализацията, при същите пациенти нивото на мобилизация е било сведено до минимум. Сигнификантна е разликата във възрастта на починалите и живи пациенти (70.9г. (49-83) - 77.3г. (64-89) – починали; 57.7г. (30-92) живи пациенти $p < 0.038$). Наличието на придружаващи заболявания е рисков фактор за смърт след ФДФ ($p \leq 0.05$).

Възрастните пациенти представляват специфична, нехомогенна и комплексна терапевтична група. Редица фактори, които могат да затруднят и в много случаи да компроментират лечението на ФДФ, са налични при гериатрични болни. В литературата посочените предиктори на смъртността при тези пациенти са: Parker mobility score под 5²⁵⁶, високата възраст, висок Charlson Comorbidity Index (CCI), и отлагане на интервенцията с повече от два дни ($p < 0.001$).⁵ В друго проучване се посочва, че отлагането на интервенцията с повече от 4 дни намалява преживяемостта в рамките на 1 година⁶. В нашата серия подобни зависимости не се откриват, но забавянето на фиксацията на фрактурата корелира с удължен болничен престой и по-бавна консолидация ($p < 0.001/p = 0.019$).

Целта на оперативното лечение при гериатрични пациенти с ФДФ е да осигури стабилна остеосинтезна конструкция, която да дава възможност за бърза мобилизация и ранно натоварване на крайника. Според Appleton et al.¹⁸² незабавно натоварване с пълна тежест е приложимо след тотална смяна на колянната става при гериатрични пациенти с тежка остеопороза. Усложненията след ендопротезиране обаче са по-тежки в сравнение с провалена остеосинтеза.

4.9. БИОМЕХАНИКА И АУГМЕНТАЦИЯ НА ОСТЕОСИНТЕЗАТА

Фиксирането на нестабилни извънставни фрактури на дисталната част на бедрената кост с екстрамедуларно позиционирани импланти като ЗП се основава на принципа на примостяващата остеосинтеза, където в следствие на еластичната деформация на импланта при прилагането на товар се генерират интерфрагментарни микродвижения, които индуцират вторичното костно срастване¹⁴⁹. В такива случаи плаката поема цялото натоварване без да го преразпределя с костта, което води до концентрация на механичен стрес върху импланта. (Фиг. 31А))

ЗП се характеризира с достатъчна механична ригидност съпоставима с други често използвани импланти^{173,257} и дори има сведения, че подтиска остеогенезата в непосредствена близост под плаката поради голямата си твърдост¹⁷⁴, допълнителна фиксация е приложима в случай на лошо качество на костта, където адекватна фиксация със ЗП не може да бъде реализирана и значително натоварване в зоната може да ескалира до дебриколаж на остеосинтезата.²⁷ В специфични случаи, при които има предиспозиция за забавена консолидация и/или когато пациента не може да спазва постоперативните указания за частично натоварване на крайника, се стига до по-голяма стресова концентрация и издръжливостта на импланта на циклично натоварване е подложена на риск. Това е относителна индикация за допълнителна фиксация и/или аугментация на фиксацията.¹⁸ Рискът от дебриколаж намалява, ако фрактурната междина е сравнително малка и еластичността на конструкцията позволява контакт кортекс в кортекс в срещуположната страна на плаката, т.е. частично разпределяне на товара между импланта и костта при аксиално натоварване. От друга страна, при раздробени фрактури с липса на медиална подпора, ранното натоварване и формирането на калус ще осигури ефективно медиално укрепване за да се избегне разхлабване на импланта или фрактура от умора.²⁵⁸ Ранното натоварване обаче е идентифицирано като един от етиологичните фактори за разпад на остеосинтезата²⁵⁹ и следователно не се препоръчва непосредствено в постоперативната фаза. Типичните усложнения при примостяваща остеосинтеза със заключващи плаки свързани с ранното натоварване са огъване на плаката, изтръгване или счупване на винтове и фрактури на плаката от умора на метала.¹⁴⁹ Рискът от дебриколаж се увеличава в комбинация със затлъстяване, лошо качество на костта и/или подлежащо забавено срастване и несрастване. Въпреки

гореспоменатите рискове, ранната мобилизация на пациента е основна за намаляването на броя и степента на локалните и системни усложнения.

Благоприятните условия за образуване на калус изискват надлъжна деформация във фрактурната междина, която не надвишава 10% от нейната дължина или интерфрагментарни движения между 0,2 и 1,0 мм в повечето случаи.^{149,174,260} Следователно, ранното, но безопасно частично натоварване създава преимущество за пациента. За съжаление, точното естество на тази причинно-следствена връзка между ригидността на фиксацията и лечебния потенциал все още остава неопределено в зоната на дисталната бедрена кост. Прекалено ригидната фиксация се асоциира с подтискане на калусообразуването, докато твърде еластичната фиксация води до липса на стабилност.¹⁶⁹ Следователно, оптималната стабилизация при фрактурите на дългите кости изисква намиране на компромис между ригидна и еластична фиксация.^{149,173} Задълбочаването на познанията за интерфрагментарните движения при натоварването на крайника (частично или пълно) по време на рехабилитацията в постоперативният период може да помогне за намирането на подходяща конструкция за осигуряване на оптимален лечебен потенциал. Обратно, със съществуващите знания за биомеханичната стабилност на остеосинтезната конструкция, биха могли да бъдат направени препоръки за адекватен протокол за натоварване.

По отношение на изброените критични аспекти на фиксацията на нестабилните фрактури на дисталния фемур в настоящото биомеханично изследване е разгледана комбинацията от лошо качество на костта и диапазона на интерфрагментарните движения.

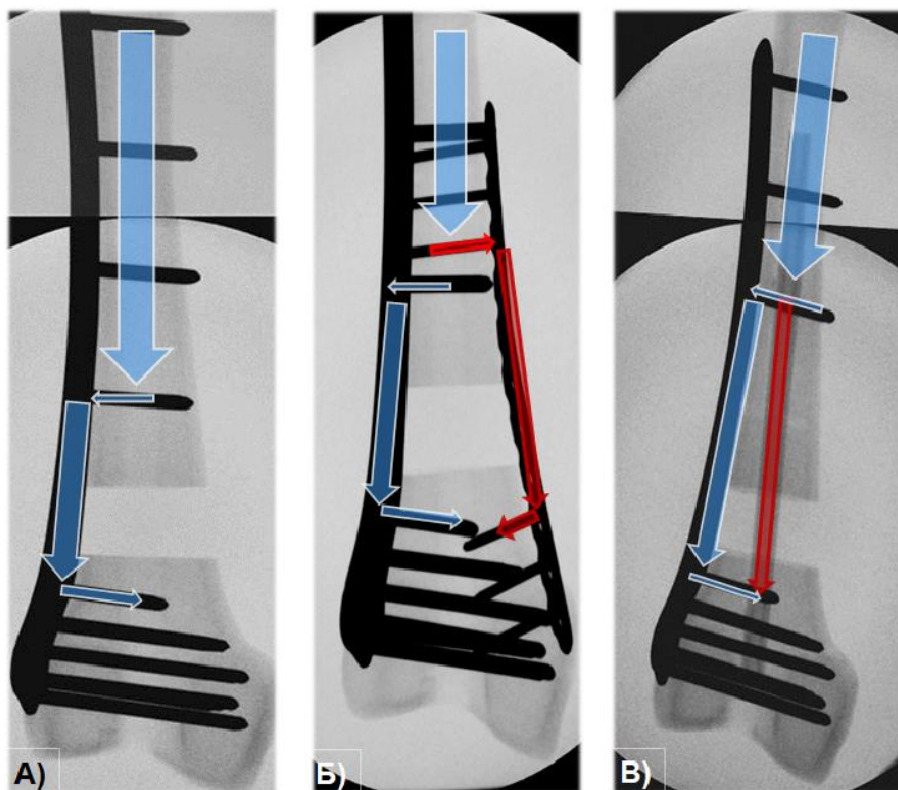
За да се симулира частично натоварване (10-15 кг) на крайника, както се препоръчва в рехабилитационните протоколи през първите 6-10 седмици следоперативно¹⁹, се приложи аксиално натоварване от 150N, при което крайните резултати показват 4-5 пъти по-голяма надлъжна дислокация на конвенционалната „ЗП“ спрямо „ЗП+присадък“ и „две ЗП“. В контраст с остеосинтезата с конвенционална ЗП двете техники с аугментация в двете конфигурации с къса и дълга работна дължина изглежда, че осигуряват достатъчно биомеханична стабилност при остеосинтезната конструкция, дори след екстраполация на натоварването до пълно тегло (750 N) и могат да бъдат надеждни за справяне с потенциални рискови ситуации, възникващи с пациенти в напреднала възраст,

некооперативни пациенти или при наличие на предразполагащи към забавена консолидация фактори.

Имайки предвид и двете конфигурации на работната дължина при всяка ОС със ЗП при пълно натоварване на крайника от 750 N (при тегло на пациента 75 кг), средното надлъжно интерфрагментарно изместване в най-нестабилния медиален аспект на мястото на фрактурата би било приблизително 0,90 мм или 4,5% деформация за ОС с две плаки, 1,5–2,0 mm или 7,5–10,0% за ЗП+присадък и 8.2–10.2mm или 41,0–51,0% за конвенционалните ЗП. Така за разлика от конвенционалната ЗП, дори и при пълно натоварване и двете конструкции с аугментация биха довели до стабилност на фиксацията с деформация до 10% от фрактурната дължина¹⁴⁹, която се асоциира с механоостеоиндукция, докато голямата дислокации при конвенционалната ОС със ЗП създава предпоставка за компроментиране на срастването, деформация и/или разпад на ОС конструкция. В този ред на мисли заслужава да се спомене, че при частично натоварване 150N, надлъжната интерфрагментарна дислокация е приблизително 2,0 мм, при фиксация с конвенционалната ЗП с дълга работната дължина, която би достигнала границата от 10% разместване, което от своя страна може да бъде от решаващо значение за прогреса на консолидацията на фрактурата. Други изследвания показват, че несиметричното разпределение на калуса се асоциира с несиметрична деформация на ОС и захващането на винтовете само в далечния на плаката кортекс осигурява симетрична аксиална деформация (динамизация на плаката)^{169,174,261}, но все още липсват категорични данни от големи клинични серии и медицина на доказателствата за превъзходството на метода спрямо остеосинтезата с конвенционална ЗП. **(Схема 1)**

Успехът на ОС със ЗП при рискови пациенти е комбинация от стабилна фиксация, която да превентира разпада на остеосинтезата дори при пълно натоварване, както и достатъчно дълъг „живот“ на конструкцията, който да забави умората на метала в случаите на забавена консолидация. Вариантите за повишаване на стабилността на остеосинтезната конструкция със ЗП е допълнителна фиксация с външен фиксатор или конвенционална плака, които са инвазивни и рискови за инфекции процедури.²⁶² В този контекст, минимално инвазивна **(Схема 1)**.

С голямото разместване в зоната на фрактурата и потенциалната липса на калусообразуване в ситуации на динамично натоварване с пълна тежест, конвенционалната ЗП най-вероятно ще да доведе до неправилно срастване във варус, забавено срастване/несрастване или повреда на импланта (разхлабване на винтове, изтръгване на винт, огъване или фрактура на плаката или периимплантна фрактура). От друга страна, новообразуваният калус от далечния кортекс на плаката след аугментация ще осигури допълнителна подпора и споделяне на натоварването между костната тъкан и плаката, като по този начин предотвратява тежка деформация на импланта и разпад на остеосинтезата. (Фиг. 31 Б) и В))



Фигура 31 Представен е модел на АО/ОТА 33А3 фрактура и посоката на разпределението на аксиалното натоварване при различните техники на фиксация. **А)** фиксация с латерално поставена конвенционална ЗП- цялото натоварване в зоната на фрактурата се поема от импланта. **Б)** след аугментация с медиално поставена втора ЗП натоварването се преразпределя между двата импланта. **В)** след имплантиране на кортикален присадък в медуларния канал и неговата трансфиксация с проксималните и дистални винтове на латералната ЗП част от аксиалното натоварване преминава през физиологичната механична ос на натоварване

По време на нормалното ходене торзионните моменти, действащи в тазобедрената става, при пациенти са в обхвата 1,5–2,0% Нютон-телесно тегло-метра или 11–15 Nm за 750N телесно тегло.²⁶³ В съответствие с протокола за частично натоварване торзионното натоварването в настоящото проучване беше ограничено до 4 Nm и е малко по-високо от теоретично интерполираната стойност под 150N симулирано частично натоварване на крайника. Въпреки това е уместно, като се имат предвид други ежедневни дейности като изкачване на стълби или изправяне от седнало положение. Според резултатите от нашето изследване, дислокацията от режещи сили в зоната на фрактурата при вътрешна и външна ротация по време на нормално ходене, при 15Nm торзионно натоварването ще съответства на 1,42–1,61 мм или 7,1–8,1% дислокация за ОС с две плаки, 2,89–4,09 мм или 14,4–20,4% за ЗП+присадък и 3.33–4.35mm или 16.7–21.8% за конвенционалните ЗП. Предишни *in vivo* проучвания съобщават, че режещите движения на мястото на счупване имат негативен ефект и възпрепятстват срастването, ако съответно деформацията е по-голяма от приблизително 30%.^{263,264} При изследваните методи на фиксация деформацията от режещи сили при пълно натоварване е по-ниска от 22 % и е значително по-ниска от критичния праг от 6 мм (30%), при което няма да има негативно влияние върху костното срастване.

При торзионно натоварване, прибавянето на интрамедуларен графт изглежда е неоптимално решение за аугментация на фиксацията на нестабилни фрактури. В настоящето изследване, обаче, интрамедуларният канал е допълнително разширен, за да се влоши костното качество на тествания модел и да се намали контактната повърхност между костта и присадъка. С разлика от 2 мм между диаметрите на медуларния канал и присадъка, последният беше поставен относително свободно в канала с малък контакт между двете повърхности без да осигурява първична стабилност на мястото на счупване. Ние очакваме, че торзионната стабилност ще се подобри при импакционно поставяне на графта и създаване на контакт с костта тип "прес-фит".

Заедно с дизайна на плаката и еластичните характеристики на метала, основните модулатори на интерфрагментарните движения в зоната на фрактурата са отстоянието на импланта от костта и работната дължина на плаката.²⁶⁵ Последните две се определят от решението и предпочитанията на хирурга как да модулира цялостната твърдост на ОС конструкция.¹⁷³ (Схема 1) Ригидността към аксиален и

торзионен стрес основно се увеличава с повишаване броя на поставените винтове. Този ефект е показан при поставяне на до 4 винта към всеки основен фрагмент от двете страни на фрактурата - за торзионна ригидност и до 3 винта за аксиална¹⁷³. Установено е, че увеличаването на РД потенциира интерфрагментарните движения и е възможно да доведе до нестабилност и компроментира срастването^{173,265}. В настоящото изследване дългата РД води до значително по-големи аксиални и режещи размествания сравнена с късата РД при фиксация със ЗП и ЗП+присадък, но не и при фиксация в две ЗП. При комплексните фрактури препоръките са да се поставят винтове в отворите в непосредствена близост до фрактурата, запазвайки РД максимално къса¹⁷³. Нашите констатации подкрепят тази препоръка, с изключение на поведението при фиксация с две ЗП, при което разликата в РД няма съществено влияние върху стабилността, най-вероятно защото приносът на медиалната плака за стабилността е значително по-голям от скъсяването на работата дължина.

Въпреки че интрамедуларната имплантация на кортикален присадък не е ново явление, то не е установено до момента като стандартна процедура за аугментация на остеоинтеза. В две минали клинични проучвания, едното от тях с допълнителни биомеханични изпитвания, авторите подчертават биомеханичната полза от връзката, която се осъществява от импактирането на кортикалния присадък в костта реципиент.^{259,266} Според Jiang et al.²⁵⁹ интрамедуларно поставения фибуларен присадък прилича на интрамедуларен пирон, като предлага медуларна фиксация и оптимално алиниране. Освен това кортикалните присадки могат да осигуряват незабавна структурна непрекъснатост в зоната на раздробяване, като се избягва от структурните недостатъци на спонгиозните присадъци. Също така различните материали за костно присаждане стимулират остеогенезата и костното срастване по механизмите на остеоиндукция (наличие на остеоиндуктивни протеини) и/или разполагането на остеокондуктивно скеле за биологично инкорпориране в костта реципиент.²⁵⁸

В „анализ на крайните елементи“ при интрамедуларна аугментация Chen et al.²⁵³, докладва за до 95% увеличение на аксиалната и торзионната твърдост. Също така ОС със ЗП и ало-присадък показва значително по-малко движения в зоната на фрактурата спрямо фиксация само със ЗП, където аксиалния и торзионен стрес са 132% и 63% по-високи в сравнение със стреса при фиксация с плака и присадък.

Въз основа на това авторите стигат до заключението, че интрамедуларните присадки са полезни средства за аугментация при лечението на раздробени фрактури на остеопоротични кости. Освен това ние вярваме, че този метод може да се комбинира често с минимално инвазивна остеосинтеза с плака (МРО), без да се нанася допълнителна увреда на меките тъкани. От друга страна, аугментацията на фиксацията с допълнителна медиалната плака е стандартна процедура и се асоциира с висок процент на срастване, без значителни следоперативни усложнения.^{267,268} Техниката с две плаки се препоръчва от много автори за случаи, в които фиксацията с една плака е неадекватна.^{27,142,269,270} Фрактури с раздробяване на медиалния кортекс, със дистален фрагмент или метафизарен дефект са индицирани за ОС с две плаки.²⁷ В предишно проучване, сравняващо „заключени“ и „незаключени“ конструкции с две плаки при раздробени фрактури с лошо качество на костта Jazrawi et al.²⁷⁰ съобщава, че първите предоставят значително по-висока фиксираща стабилност от конструкцията с медиално и странично поставени конвенционални плаки. Въпреки, че медиалният достъп като цяло се счита за доста възврателен, проучване на Jiamton et al.²⁷¹ върху кадаври доказва, че дисталните 60% от бедрената кост е безопасна зона за МРО. В друго ангиографско проучване, Kim et al.²⁷² демонстрират, че предномедиалният МРО достъп е безопасен до 8 см под по-малкия трохантер.

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Специфичните недостатъци в проведеното от нас ретроспективно клинично изследване са невъзможността за измерване на някои ключови статистически данни, както и липсата на контролна група пациенти. В ретроспективния аспект хетерогенната кохорта от пациенти може да доведе до неправилна класификация или информационни отклонения. Малкият брой проследени пациенти намалява размера на репрезентативната извадка при търсенето на редки резултати. Извършването на хирургичните интервенции от множество различни хирурзи може да даде отклонение в крайните резултати на базата на незавършена крива на обучение.

Ограниченията на биомеханичното изследване са, че е използван модел на изкуствена кост, който прави тестовите условия по-малко физиологични. Въпреки това, очакваме този модел да симулира най-нестабилния фрактурен сценарий за

идентифициране и проучване на разликите между методите за фиксация. Предимството на изкуствената кост е осигуряване на постоянни механични характеристики на изследваните модели. От друга страна, недостатък е, че тестовете са извършени под недесруктивно квазистатично натоварване без появата на разпад на остеосинтезата. За по-голяма клинична значимост бъдещите проучвания в тази област трябва да изследват качествата на аугментацията на фиксацията при тестове с кадаври както при квазистатични, така и при тестове с циклично натоварване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на констатациите в настоящото проучване ние установихме, че въпреки утвърдените техники на минимално инвазивна фиксация с ъгловостабилни плаки на фрактури на дисталния фемур методът все още не може да гарантира добрите резултати и категорична прогноза за изхода от лечението. Типичните усложнения на лечението, свързани с ограничен обем на движение в колянната става и отклонения в алинирането на крайника, рефлектират сериозно върху функционалния резултат и качеството на живот на пациентите, докато проблемната консолидация на фрактурата и разпада на остеосинтезата са инвалидизиращи и потенциално животозастрашаващи усложнения. Като рискови фактори за проблемно срастване определяме висикоенрегийните травми и/или съчетанието на ФДФ с други увреди на ОДА, както и фрактурите при гериатрични и некооперативни пациенти. Представените техники за аугментация на фиксацията с латерално поставена ЗП (ЗП+присадък и две ЗП) може да представляват алтернативен подход при лечението на ФДФ в изброените специфични случаи. Хирургичната техника е възпроизведима и може да бъде изпълнена по минимално инвазивен метод, избягвайки големи хирургични травми и е възможно да се приложи като етапна или вторична процедура, в случаи на забавено костно срастване, или като планирана реконструкция за осигуряване на допълнителна стабилност и повишаване на репарационния потенциал. Въпреки, че аугментацията на фиксацията със ЗП не е абсолютно решение на проблемите с лечението на ФДФ, тя представлява допълнителна възможност за хирурга и пациента, че репозицията на фрактурата ще се запази до настъпване на срастване. Освен това, интрамедуларният присадък чрез биологични механизми може да стимулира костното прорастване и да осигури

допълнителен костен субстрат в случаите на последващи ревизионни интервенции и/или артропластика, ако е необходимо.

ИЗВОДИ

1. Високоенергийните фрактури и наличието на асоциирани увреди на ОДА са рискови фактори за проблемна консолидация на ФДФ.
2. Наличието на рискови фактори и тяхната комбинация са относителни индикации за аугментация на фиксацията с латерална заключваща плака.
3. Аугментацията на фиксацията създава биомеханични предпоставки за:
 - Намаляване на броя на ранните и късни усложнения (загуба на репозиция; дебриколаж);
 - Възможност за по-ранно натоварване на крайника.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Методът минимално инвазивна фиксация с ъглово стабилни плаки при фрактури на дистален фемур е приложен върху достатъчно голям контингент от болни.
2. Ретроспективно са търсени и доказани специфичните за метода възможности и недостатъци.
3. Проведен е подробен статистически анализ, чрез който се отдиференцираха различните фактори, водещи до лоши резултати от лечението, както и проблеми с консолидацията на фрактурите.
4. Предлагат се и се доказват експериментално предимствата на техниката за аугментация на фиксацията на фрактури на дисталния фемур.
5. Извършените биомеханични тестове са проведени в референтна лаборатория, съвместно с международен екип експерти в областта, които дават ясни насоки за бъдещи научни разработки по темата.
6. Въз основа на натрупания опит се прецизираха съвременните индикации за модификация на остеосинтезата с ъгловостабилни плаки при фрактури на дисталния фемур.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Martinet O, Cordey J, Harder Y, Maier A, Buhler M, Barraud GE. The epidemiology of fractures of the distal femur. *Injury* 2000;31 Suppl 3:C62-3.
2. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 2006;37:691-7.
3. Neer CS, 2nd, Grantham SA, Shelton ML. Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg Am* 1967;49(4):591-613.
4. Hagedorn JCI, Achor TS. Osteoporotic distal femoral fractures. *Current Orthopaedic Practice* 2016;27(1):30-35.
5. Moloney GB, Pan T, Van Eck CF, Patel D, Tarkin I. Geriatric distal femur fracture: Are we underestimating the rate of local and systemic complications? *Injury* 2016;47:1732-6.
6. Streubel PN, Ricci WM, Wong A, Gardner MJ. Mortality after distal femur fractures in elderly patients. *Clin Orthop Relat Res* 2010;469:1188-96.
7. Heckman JD, McQueen MM, Ricci WM, Tornetta P, McKee MD. *Rockwood and Green's fractures in adults*. Wolters Kluwer Health; 2015.
8. Marsh J, Slongo TF, Agel J, Broderick JS, Creevey W, DeCoster TA, Prokuski L, Sirkin MS, Ziran B, Henley B. Fracture and dislocation classification compendium-2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. *Journal of orthopaedic trauma* 2007;21(10 Suppl):S1-133.
9. Холевич Я. Бойчева оперативна ортопедия и травматология. София. Медицина и Физкултура 1993.
10. Giles JB, DeLee JC, Heckman JD, Keever JE. Supracondylar-intercondylar fractures of the femur treated with a supracondylar plate and lag screw. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64(6):864-70.
11. Таков Е, П.Тивчев. Фрактурите - диагностика и лечение. София, Венел, 1996; 1996.
12. Green DP, Rockwood CA, Bucholz RW, Heckman JD, Tornetta P. *Rockwood and Green's fractures in adults*. Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
13. Gray H. *Gray's anatomy. Anatomy, descriptive and surgical*. Running Press, Philadelphia; 1974.
14. Guy P, Krettek C, Mannss J, Whittall KP, Schandelmaier P, Tscherne H. CT-based analysis of the geometry of the distal femur. *Injury* 1998;29 Suppl 3:C16-21.
15. Collinge CA, Gardner MJ, Crist BD. Pitfalls in the application of distal femur plates for fractures. *Journal of orthopaedic trauma* 2011;25(11):695-706.
16. Telleria JJ, Barei DP, Nork SE. Coronal Plane Small-Fragment Fixation in Supracondylar Intercondylar Femur Fractures. *Orthopedics* 2016;39(1):e134-e139.
17. Lewis S, Pozo J, Muirhead-Allwood W. Coronal fractures of the lateral femoral condyle. *Bone & Joint Journal* 1989;71(1):118-120.
18. Browner BD. *Skeletal trauma: basic science, management, and reconstruction*. Elsevier Health Sciences; 2009.
19. Tong G, Bavonratanavech S. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO): Concepts and Cases Presented by the AO East Asia. Thieme; 2007.
20. Schatzker J. *Supracondylar fractures of the femur (33-A, B, and C). The Rationale of Operative Fracture Care*: Springer; 2005. p 409-439.
21. Nakabayashi Y, Wevers H, Cooke T, Griffin M. Bone strength and histomorphometry of the distal femur. *The Journal of arthroplasty* 1994;9(3):307-315.
22. Müller ME, Allgöwer M, Perren S. *Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF group*. Springer Science & Business Media; 1991.
23. Балтаджиев Г, Атанасова П, Коева И, Сивков С. *Анатомия на човека*. Издателство Райков, Пловдив 2006.
24. Балтаджиев Г МТ. Ръководство за свързвания между костите и топографска анатомия на крайниците. ВМИ Пловдив 1998.
25. Pujol N, Boisrenoult P, Beaufils P. Post-traumatic knee stiffness: surgical techniques. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101(1 Suppl):S179-86.
26. Mariani PP, Santori N, Rovere P, Della Rocca C, Adriani E. Histological and structural study of the adhesive tissue in knee fibroarthrosis: a clinical-pathological correlation. *Arthroscopy* 1997;13(3):313-8.
27. Sanders R, Swiontkowski M, Rosen H, Helfet D. Double-plating of comminuted, unstable fractures of the distal part of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73(3):341-346.

28. LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L. The anatomy of the medial part of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(9):2000-2010.
 29. Walling AK, Seradge H, Spiegel PG. Injuries to the knee ligaments with fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:1324-1327.
 30. Fanelli GC, Stannard JP, Stuart MJ, MacDonald PB, Marx RG, Whelan DB, Boyd JL, Levy BA. Management of complex knee ligament injuries. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:2235-2246.
 31. Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B, Grün OA, Krettek C. Distal femoral fractures and LISS stabilization. *Injury* 2001;32:55-63.
 32. Vangsness Jr C, DeCampos J, Merritt P, Wiss D. Meniscal injury associated with femoral shaft fractures. An arthroscopic evaluation of incidence. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 1993;75(2):207-209.
 33. Hayes CW, Brigido MK, Jamadar DA, Propeck T. Mechanism-based pattern approach to classification of complex injuries of the knee depicted at MR imaging. *Radiographics* 2000;20(suppl_1):S121-S134.
 34. Reider B, Marshall JL, Koslin B, Ring B, Girgis FG. The anterior aspect of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(3):351-6.
 35. Chen MR, Dragoo JL. Arthroscopic releases for arthrofibrosis of the knee. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2011;19(11):709-716.
 36. Nicoll EA. Quadricepsplasty. *Postgraduate Medical Journal* 1964;40:521.
 37. Gray H, Standring S, Ellis H, Berkovitz BKB. *Gray's anatomy : the anatomical basis of clinical practice*. Edinburgh; New York: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.
 38. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Clinically Oriented Anatomy*. Wolters Kluwer Health; 2013.
 39. Hall AJ, Colton CL. *Atlas of orthopaedic surgical approaches*. Butterworth Heinemann; 1991.
 40. JOHNSON RW. A PHYSIOLOGICAL STUDY OF THE BLOOD SUPPLY OF THE DIAPHYSIS. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1927;9(1):153-184.
 41. Rhinelander FW. The normal microcirculation of diaphyseal cortex and its response to fracture. *J Bone Joint Surg Am* 1968;50:784-800.
 42. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherné H. Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28:A7-A12.
 43. Sanders R, Regazzoni P, Ruedi TP. Treatment of Supracondylar-Intracondylar Fractures of the Femur Using the Dynamic Condylar Screw. *Journal of Orthopaedic Trauma* 1989;3:214-222.
 44. Krettek C, Müller M, Miclau T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury* 2001;32:14-23.
 45. Hoppenfeld S, Buckley R. *Surgical exposures in orthopaedics: the anatomic approach*. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
 46. Steindler A. *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions*. Charles C Thomas Publisher Springfield Illinois USA; 1955.
 47. Zickel RE. Fractures of the adult femur excluding the femoral head and neck: a review and evaluation of current therapy. *Clin Orthop Relat Res* 1980(147):93-114.
 48. Moorehead J, Montgomery S, Harvey D. Instant center of rotation estimation using the Reuleaux technique and a Lateral Extrapolation technique. *Journal of Biomechanics* 2003;36(9):1301-1307.
 49. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Philadelphia, London: Lea & Febinger; 1989.
 50. Iwaki H, Pinskerova V, Freeman M. Tibiofemoral movement 1: the shapes and relative movements of the femur and tibia in the unloaded cadaver knee. *Bone & Joint Journal* 2000;82(8):1189-1195.
 51. Kettelkamp DB, Jacobs AW. Tibiofemoral contact area--determination and implications. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54(2):349-56.
 52. *Orthopaedic Basic Science*.
- Foundations of Clinical Practice. AAOS; 2013. 544 p.
53. Freeman M. How the knee moves. *Current Orthopaedics* 2001;15(6):444-450.
 54. Hill P, Vedi V, Williams A, Iwaki H, Pinskerova V, Freeman M. Tibiofemoral movement 2: the loaded and unloaded living knee studied by MRI. *Bone & Joint Journal* 2000;82(8):1196-1198.
 55. Malik SS, Malik SS. *Orthopaedic Biomechanics Made Easy*. Cambridge University Press; 2015.
 56. Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SL. *Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application*. Instructional course lectures 1993;43:137-148.

57. Rowe P, Myles C, Walker C, Nutton R. Knee joint kinematics in gait and other functional activities measured using flexible electrogoniometry: how much knee motion is sufficient for normal daily life? *Gait & posture* 2000;12(2):143-155.
58. Kettelkamp DB, JOHNSON RJ, SMIDT GL, CHAO EY, Walker M. An electrogoniometric study of knee motion in normal gait. *J Bone Joint Surg Am* 1970;52(4):775-790.
59. Canale ST, Beaty JH. *Campbell's operative orthopaedics*. Elsevier Health Sciences; 2012.
60. Krettek C, Miclau T, Gru O, Schandelmaier P, Tschernhe H. Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures technical note. *Injury* 1998;29:29-39.
61. DePalma A. *The management of fractures and dislocations. An atlas*. W.B. Saunders Company Philadelphia London Toronto; 1970.
62. Todorov D, Zderic I, Richards RG, Lenz M, Knobe M, Enchev D, Baltov A, Gueorguiev B, Stoffel K. Is augmented LISS plating biomechanically advantageous over conventional LISS plating in unstable osteoporotic distal femoral fractures? *J Orthop Res* 2018;36(10):2604-2611.
63. Forster M, Komarsamy B, Davison J. Distal femoral fractures: a review of fixation methods. *Injury* 2006;37(2):97-108.
64. Viano DC, Stalnakier RL. Mechanisms of femoral fracture. *Journal of biomechanics* 1980;13(8):701-715.
65. Soeur R. *Fractures of the limbs. The relationship between mechanism and treatment*. Bruxelles: La Clinique Orthopedique SA; 1981.
66. Neer CS, 2nd, Grantham SA, Shelton ML. Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg Am* 1967;49:591-613.
67. Mooney V, Nickel VL, Harvey JP, Snelson R. Cast-brace treatment for fractures of the distal part of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1970;52:1563-1578.
68. HINTON D. SUPRACONDYLAR FRACTURE OF THE FEMUR WITH ANTERIOR POSITION OF THE LOWER FRAGMENT. *J Bone Joint Surg Am* 1939;21(3):719-722.
69. Schatzker J, Tile M, Axelrod TS. *The rationale of operative fracture care*. Springer; 2005.
70. Forster MC, Komarsamy B, Davison JN. Distal femoral fractures: a review of fixation methods. *Injury* 2006;37:97-108.
71. Green NE, Allen BL. Vascular injuries associated with dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59(2):236-9.
72. KENNEDY JC. COMPLETE DISLOCATION OF THE KNEE JOINT. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:889-904.
73. Meyers MH, Moore TM, Harvey JP. Traumatic dislocation of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57(3):430-3.
74. Volpin G, Dowd G, Stein H, Bentley G. Degenerative arthritis after intra-articular fractures of the knee. Long-term results. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 1990;72-B(4):634-638.
75. Nasr A, McLeod I, SABBOUBEF A, Maffulli N. CONSERVATIVE OR SURGICAL MANAGEMENT OF DISTAL FEMORAL FRACTURES. *Acta Orthopasica Belgica* 2000;66:5-2000.
76. Johnson EE. Combined Direct and Indirect Reduction of Comminuted Four-Part Intraarticular T-Type Fractures of the Distal Femur. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1988;231:154-162.
77. Yochum TR, Rowe LJ. *Essentials of skeletal radiology*. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
78. Donovan A, Schweitzer ME. *Imaging Musculoskeletal Trauma: Interpretation and Reporting*. John Wiley & Sons; 2012.
79. Keats TE, Teeslink R, Diamond AE, Williams JH. Normal axial relationships of the major joints. *Radiology* 1966;87(5):904-907.
80. Nork SE, Segina DN, Aflatoon K, Barei DP, Henley MB, Holt S, Benirschke SK. The association between supracondylar-intercondylar distal femoral fractures and coronal plane fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(3):564-569.
81. P. XB, У. ДХ. *Ортопедична диагностика. Медицина и физкултура*; 2010 г.
82. Hoffmann MF, Jones CB, Sietsema DL, Maatman BT, Sink EM. Determination of sagittal alignment measurements in distal femurs. *Journal of orthopaedic trauma* 2012;26:e183-e187.
83. Paley D. *Principles of deformity correction*. Springer; 2014.
84. Ilyas A, Rehman S. *Contemporary Surgical Management of Fractures and Complications*. Jaypee Brothers, Medical Publishers Pvt. Limited; 2013.

85. Harder Y, Martinet O, Barraud G-E, Cordey J, Regazzoni E. The mechanics of internal fixation of fractures of the distal femur: a comparison of the condylar screw (DCS) with the condylar plate (CP). *Injury* 1999;30:SA31-SA39.
86. Zlowodzki M, Bhandari M, Marek DJ, Cole PA, Kregor PJ. Operative treatment of acute distal femur fractures: systematic review of 2 comparative studies and 45 case series (1989 to 2005). *Journal of orthopaedic trauma* 2006;20:366-371.
87. Patil SV, Magdum PB, Naik NP. Management of type a supracondylar fractures of femur with dynamic condylar screw (DCS). *International J. of Healthcare and Biomedical Research* 2015;3:127-134.
88. Streubel PN, Ricci WM, Wong A, Gardner MJ. Mortality after distal femur fractures in elderly patients. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(4):1188-96.
89. Dunlop DG, Brenkel IJ. The supracondylar intramedullary nail in elderly patients with distal femoral fractures. *Injury* 1999;30(7):475-84.
90. Kolmert L, Wulff K. Epidemiology and treatment of distal femoral fractures in adults. *Acta Orthop Scand* 1982;53(6):957-62.
91. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer Science & Business Media; 2012.
92. Raja BK AK, Dheenadayalan J. Classification of distal femur fractures and their clinical relevance. *Trauma International* 2016;Jan-Apr 2016;2(1):3-6.:3-6.
93. Letenneur J. Fractures de Hoffa: a propos de 20 observations. *Ann Chir.* 1978;32:213-219.
94. Link BC, Babst R. Current concepts in fractures of the distal femur. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2012;79:11-20.
95. Butt MS, Krikler SJ, Ali MS. Displaced fractures of the distal femur in elderly patients. Operative versus non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78:110-4.
96. Schatzker J, Home G, Waddell J. The Toronto experience with the supracondylar fracture of the femur, 1966-72. *Injury* 1974;6:113-28.
97. Stewart MJ, T David S, Wallace SL. Fractures of the distal third of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1966;48:784-807.
98. Connolly JF, King P. Closed reduction and early cast-brace ambulation in the treatment of femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1973;55:1559-1580.
99. Thomas TL, Meggitt BF. A comparative study of methods for treating fractures of the distal half of the femur. *Bone & Joint Journal* 1981;63:3-6.
100. Connolly JF, Dehne E, Lafollette B. Closed Reduction and Early Cast-Brace Ambulation in the Treatment of Femoral Fractures. PART II: RESULTS IN ONE HUNDRED AND FORTY-THREE FRACTURES 1973;55:1581-1599.
101. Connolly J. Closed management of distal femoral fractures. Instructional course lectures 1987;36:428-437.
102. Müller ME, Allgöwer M, Perren SM. Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF group. Springer Science & Business Media; 1991.
103. Wenzl H, Casey P, Hebert P, Belin J. Die operative Behandlung der distalen Femurfraktur. *AO-Bulletin* 1970.
104. Mandredini M, Gildone A, Ferrante R, Bernasconi S, Massari L. Unicondylar femoral fractures: therapeutic strategy and long-term results. A review of 23 patients. *Acta orthopaedica belgica* 2001;67:132-138.
105. Hak DJ, Nguyen J, Curtiss S, Hazelwood S. Coronal fractures of the distal femoral condyle: a biomechanical evaluation of four internal fixation constructs. *Injury* 2005;36(9):1103-1106.
106. Arazi M, Memik R, Ögün T, Yel M. Ilizarov external fixation for severely comminuted supracondylar and intercondylar fractures of the distal femur. *Bone & Joint Journal* 2001;83(5):663-667.
107. Shelbourne KD, Brueckmann FR. Rush-pin fixation of supracondylar and intercondylar fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:161-9.
108. Clancey GJ, Smith RF, Madenwald MB. Fractures of the distal end of the femur below hip implants in elderly patients. Treatment with the Zickel supracondylar device. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1983;65:491-494.
109. Marks DS, Isbister ES, Porter KM. Zickel supracondylar nailing for supracondylar femoral fractures in elderly or infirm patients. A review of 33 cases. *Bone & Joint Journal* 1994;76:596-601.
110. Kolmert L, Egund N, Persson BM. Internal fixation of supracondylar and bicondylar femoral fractures using a new semielastic device. *Clinical orthopaedics and related research* 1983;181:204-219.

111. Pryor GA, Doran A. Fractures of the distal femur: the role of the zickel supracondylar fixation device. *Injury* 1988;19:410-414.
112. Zickel RE, Hobeika P, Robbins DS. Zickel supracondylar nails for fractures of the distal end of the femur. *Clinical orthopaedics and related research* 1986;212:79-88.
113. Ehlinger M, Ducrot G, Adam P, Bonnomet F. Distal femur fractures. Surgical techniques and a review of the literature. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:353-60.
114. Stover M. Distal femoral fractures: current treatment, results and problems. *Injury* 2002;32 Suppl 3:Sc3-13.
115. Leung K, Shen W, So W, Mui L, Grosse A. Interlocking intramedullary nailing for supracondylar and intercondylar fractures of the distal part of the femur. *JBJS* 1991;73(3):332-340.
116. Dominguez I, Moro ER, De JPM, Cebrian JP, López-Durán LS. Antegrade nailing for fractures of the distal femur. *Clinical orthopaedics and related research* 1998(350):74-79.
117. Wu C-C, Shih C-H. Treatment of femoral supracondylar unstable comminuted fractures. *Archives of Orthopaedic and Trauma surgery* 1992;111:232-236.
118. Papagiannopoulos G, Clement D. Treatment of fractures of the distal third of the femur. A prospective trial of the Derby intramedullary nail. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 1987;69(1):67-70.
119. Wu C-C, Shih C-H. Interlocking nailing of distal femoral fractures: 28 patients followed for 1–2 years. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1991;62(4):342-345.
120. Stømsøe K, Alho A, Ekeland A. The Grosse-Kempf nail for distal femoral fractures: 2-year follow-up of 25 cases. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1990;61(6):512-516.
121. Huang S-C, Lin C-C, Lin J. Increasing nail-cortical contact to increase fixation stability and decrease implant strain in antegrade locked nailing of distal femoral fractures: a biomechanical study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2009;66(2):436-442.
122. Antekeier SB, Burden Jr RL, Voor MJ, Roberts CS. Mechanical study of the safe distance between distal femoral fracture site and distal locking screws in antegrade intramedullary nailing. *Journal of orthopaedic trauma* 2005;19:693-697.
123. Papadokostakis G, Papakostidis C, Dimitriou R, Giannoudis PV. The role and efficacy of retrograding nailing for the treatment of diaphyseal and distal femoral fractures: a systematic review of the literature. *Injury* 2005;36:813-822.
124. Janzing H, Stockman B, Van Damme G, Rommens P, Broos P. The retrograde intramedullary supracondylar nail: an alternative in the treatment of distal femoral fractures in the elderly? *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 1998;118(1-2):92-95.
125. Handolin L, Pajarinen J, Lindahl J, Hirvensalo E. Retrograde intramedullary nailing in distal femoral fractures—results in a series of 46 consecutive operations. *Injury* 2004;35:517-522.
126. Iannacone WM, Bennett FS, DeLong JW, Born CT, Dalsey RM. Initial experience with the treatment of supracondylar femoral fractures using the supracondylar intramedullary nail: a preliminary report. *Journal of orthopaedic trauma* 1994;8(4):322-327.
127. Henry SL. Supracondylar femur fractures treated percutaneously. *Clinical orthopaedics and related research* 2000;375:51-59.
128. Seifert J, Stengel D, Matthes G, Hinz P, Ekkernkamp A, Ostermann PA. Retrograde fixation of distal femoral fractures: results using a new nail system. *Journal of orthopaedic trauma* 2003;17(7):488-495.
129. Ingman A. Retrograde intramedullary nailing of supracondylar femoral fractures: design and development of a new implant. *Injury* 2002;33(8):707-712.
130. Watanabe Y, Takai S, Yamashita F, Kusakabe T, Kim W, Hirasawa Y. Second-generation intramedullary supracondylar nail for distal femoral fractures. *International orthopaedics* 2002;26(2):85-88.
131. Kumar A, Jasani V, Butt MS. Management of distal femoral fractures in elderly patients using retrograde titanium supracondylar nails. *Injury* 2000;31:169-173.
132. Markmiller M, Konrad G, Südkamp N. Femur-LISS and distal femoral nail for fixation of distal femoral fractures: are there differences in outcome and complications? *Clinical orthopaedics and related research* 2004;426:252-257.
133. Gwathmey FW, Jr., Jones-Quaidoo SM, Kahler D, Hurwitz S, Cui Q. Distal femoral fractures: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 2010;18:597-607.
134. Zehntner MK, Marchesi DG, Burch H, Ganz R. Alignment of supracondylar/intercondylar fractures of the femur after internal fixation by AO/ASIF technique. *J Orthop Trauma* 1992;6:318-26.

135. Chiron HS, Trémoulet J, Casey P, Müller M. Fractures of the distal third of the femur treated by internal fixation. *Clinical orthopaedics and related research* 1974;100:160-170.
136. Della Torre P, Aglietti P, Altissimi M. Results of rigid fixation in 54 supracondylar fractures of the femur. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 1980;97(3):177-183.
137. Mize RD, Bucholz R, Grogan D. Surgical treatment of displaced, comminuted fractures of the distal end of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64(6):871-879.
138. Siliski JM, Mahring M, Hofer HP. Supracondylar-intercondylar fractures of the femur. Treatment by internal fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:95-104.
139. Merchan ECR, Maestu PR, Blanco RP. Blade-plating of closed displaced supracondylar fractures of the distal femur with the AO system. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1992;32:174-178.
140. Pritchett JW. Supracondylar fractures of the femur. *Clinical orthopaedics and related research* 1984(184):173-177.
141. Shewring DJ, Meggitt BF. Fractures of the distal femur treated with the AO dynamic condylar screw. *Bone & Joint Journal* 1992;74:122-125.
142. Müller ME, Bandi W, Bloch HR, Allgöwer M, Willenegger H, Mumenthaler A, Schneider R, Steinemann S, Straumann F, Weber BG. *Technique of internal fixation of fractures*. Springer Science & Business Media; 2012.
143. Swentik A, Tucker M, Jones T. Percutaneous Application of a Medial Plate for Dual Plate Stabilization of Supracondylar Femur Fractures. *Journal of orthopaedic trauma* 2018;32(1):e31-e35.
144. Weng C-J, Wu C-C, Feng K-F, Tseng IC, Lee P-C, Huang Y-C. Comparison of supracondylar and supracondylar femur fractures treated with condylar buttress plates. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2016;17:413.
145. Davison BL. Varus collapse of comminuted distal femur fractures after open reduction and internal fixation with a lateral condylar buttress plate. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2003;32:27-30.
146. Prayson MJ, Datta DK, Marshall MP. Mechanical comparison of endosteal substitution and lateral plate fixation in supracondylar fractures of the femur. *J Orthop Trauma* 2001;15:96-100.
147. Petsatodis G, Chatzisyneon A, Antonarakos P, Givissis P, Papadopoulos P, Christodoulou A. Condylar buttress plate versus fixed angle condylar blade plate versus dynamic condylar screw for supracondylar intra-articular distal femoral fractures. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2010;18:35.
148. Leunig M, Hertel R, Siebenrock KA, Ballmer FT, Mast JW, Ganz R. The Evolution of Indirect Reduction Techniques for the Treatment of Fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2000;375:7-14.
149. Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. *Bone & Joint Journal* 2002;84:1093-1110.
150. Bolhofner BR, Carmen B, Clifford P. The results of open reduction and internal fixation of distal femur fractures using a biologic (indirect) reduction technique. *Journal of orthopaedic trauma* 1996;10(6):372-377.
151. Huang H-T, Huang P-J, Su J-Y, Lin S-Y. Indirect reduction and bridge plating of supracondylar fractures of the femur. *Injury* 2003;34:135-140.
152. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tscherne H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A20-30.
153. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Bertram R, Holmes W, Tscherne H. Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures. *Injury* 1997;28:A31-A41.
154. Ostrum RF, Geel C. Indirect reduction and internal fixation of supracondylar femur fractures without bone graft. *Journal of orthopaedic trauma* 1995;9(4):278-284.
155. Greiwe RM, Archdeacon MT. Locking Plate Technology—Current Concepts. *Journal of Knee Surgery* 2007;20:50-55.
156. Weight M, Collinge C. Early results of the less invasive stabilization system for mechanically unstable fractures of the distal femur (AO/OTA types A2, A3, C2, and C3). *Journal of orthopaedic trauma* 2004;18:503-508.
157. Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, Cole PA. Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18(8):509-20.

158. Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, Marx F, Kolb K, Koller H. Fixation of distal femoral fractures with the Less Invasive Stabilization System: a minimally invasive treatment with locked fixed-angle screws. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2008;65:1425-1434.
159. Syed AA, Agarwal M, Giannoudis PV, Matthews SJE, Smith RM. Distal femoral fractures: long-term outcome following stabilisation with the LISS. *Injury* 2004;35:599-607.
160. Ricci AR, Yue JJ, Taffet R, Catalano JB, DeFalco RA, Wilkens KJ. Less Invasive Stabilization System for treatment of distal femur fractures. *American journal of orthopedics (Belle Mead, NJ)* 2004;33:250-255.
161. Fankhauser F, Gruber G, Schippinger G, Boldin C, Hofer H, Grechenig W, Szyszkowitz R. Minimal-invasive treatment of distal femoral fractures with the LISS (Less Invasive Stabilization System) A prospective study of 30 fractures with a follow up of 20 months. *Acta orthopaedica Scandinavica* 2004;75:56-60.
162. Schütz M, Müller M, Käab M, Haas N. Less invasive stabilization system (LISS) in the treatment of distal femoral fractures. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca* 2003;70(2):74-82.
163. Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, Cole PA, Alonso J. Distal femoral fracture fixation utilizing the Less Invasive Stabilization System (LISS): the technique and early results. *Injury* 2001;32:32-47.
164. Schütz M, Müller M, Regazzoni P, Höntzsch D, Krettek C, Van der Werken C, Haas N. Use of the less invasive stabilization system (LISS) in patients with distal femoral (AO33) fractures: a prospective multicenter study. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2005;125:102-108.
165. Wong M-K, Leung F, Chow SP. Treatment of distal femoral fractures in the elderly using a less-invasive plating technique. *International orthopaedics* 2005;29:117-120.
166. Haidukewych G, Sems SA, Huebner D, Horwitz D, Levy B. Results of polyaxial locked-plate fixation of periarticular fractures of the knee. *JBJS* 2007;89(3):614-620.
167. Kao FC, Tu YK, Su JY, Hsu KY, Wu CH, Chou MC. Treatment of Distal Femoral Fracture by Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis: Comparison Between the Dynamic Condylar Screw and the Less Invasive Stabilization System. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2009;67:719-726.
168. Streubel P, Gardner M, Morshed S, Collinge C, Gallagher B, Ricci W. Are extreme distal periprosthetic supracondylar fractures of the femur too distal to fix using a lateral locked plate? *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2010;92(4):527-534.
169. Lujan TJ, Henderson CE, Madey SM, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Bottlang M. Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation. *J Orthop Trauma* 2010;24:156-62.
170. Henderson CE, Kuhl LL, Fitzpatrick DC, Marsh JL. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing? *J Orthop Trauma* 2011;25 Suppl 1:S8-14.
171. Ebraheim NA, Liu J, Hashmi SZ, Sochacki KR, Moral MZ, Hirschfeld AG. High complication rate in locking plate fixation of lower periprosthetic distal femur fractures in patients with total knee arthroplasties. *The Journal of arthroplasty* 2012;27(5):809-813.
172. Rodriguez EK, Boulton C, Weaver MJ, Herder LM, Morgan JH, Chacko AT, Appleton PT, Zurakowski D, Vrahas MS. Predictive factors of distal femoral fracture nonunion after lateral locked plating: a retrospective multicenter case-control study of 283 fractures. *Injury* 2014;45:554-559.
173. Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury* 2003;34, Supplement 2:11-19.
174. Bottlang M, Doornink J, Lujan TJ, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Augat P, von Rechenberg B, Lesser M, Madey SM. Effects of construct stiffness on healing of fractures stabilized with locking plates. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:12-22.
175. Bottlang M, Doornink J, Fitzpatrick DC, Madey SM. Far cortical locking can reduce stiffness of locked plating constructs while retaining construct strength. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1985-1994.
176. Ebraheim NA, Martin A, Sochacki KR, Liu J. Nonunion of Distal Femoral Fractures: a Systematic Review. *Orthopaedic Surgery* 2013;5:46-50.
177. Hutson Jr JJ, Zych GA. Treatment of comminuted intraarticular distal femur fractures with limited internal and external tensioned wire fixation. *Journal of orthopaedic trauma* 2000;14(6):405-413.
178. Noer H, Christensen N. [Distal femoral fractures treated by external fixation with Orthofix]. *Ugeskrift for laeger* 1993;155(35):2699-2702.

179. Ali F, Saleh M. Treatment of isolated complex distal femoral fractures by external fixation. *Injury* 2000;31(3):139-146.
180. Bonneville P, Mansat P, Cariven P, Bonneville N, Ayel J, Mansat M. La fixation externe monoplan dans les fractures récentes du fémur: Etude critique d'une série de 53 cas. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 2005;91(5):446-456.
181. Marsh JL, Jansen H, Yoong HK, Found EMJ. Supracondylar Fractures of the Femur Treated by External Fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma* 1997;11(6):405-410.
182. Appleton P, Moran M, Houshian S, Robinson CM. Distal femoral fractures treated by hinged total knee replacement in elderly patients. *Bone & Joint Journal* 2006;88:1065-1070.
183. Freedman EL, Hak DJ, Johnson EE, Eckardt JJ. Total knee replacement including a modular distal femoral component in elderly patients with acute fracture or nonunion. *Journal of orthopaedic trauma* 1995;9(3):231-237.
184. Bell KM, Johnstone AJ, Hughes SP. Primary knee arthroplasty for distal femoral fractures in elderly patients. *Bone & Joint Journal* 1992;74:400-402.
185. Vaishya R, Singh AP, Hasija R, Singh AP. Treatment of resistant nonunion of supracondylar fractures femur by megaprosthesis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2011;19(7):1137-1140.
186. Haidukewych GJ, Springer BD, Jacofsky DJ, Berry DJ. Total knee arthroplasty for salvage of failed internal fixation or nonunion of the distal femur. *The Journal of arthroplasty* 2005;20(3):344-349.
187. Moore TJ, Watson T, Green SA, Garland DE, Chandler RW. Complications of surgically treated supracondylar fractures of the femur. *The Journal of trauma* 1987;27(4):402-406.
188. Cass J, Sems SA. Operative versus nonoperative management of distal femur fracture in myelopathic, nonambulatory patients. *Orthopedics* 2008;31.
189. Zlowodzki M, Williamson S, Cole P, Zardiackas L, Kregor P. Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system, angled blade plate, and retrograde intramedullary nail for the internal fixation of distal femur fractures. *Unfallchirurg* 2004;107:1107-1108.
190. Wähnert D, Hoffmeier KL, von Oldenburg G, Fröber R, Hofmann GO, Mückley T. Internal fixation of type-C distal femoral fractures in osteoporotic bone. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2010;92:1442-1452.
191. Marti A, Fankhauser C, Frenk A, Cordey J, Gasser B. Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system for the internal fixation of distal femur fractures. *Journal of orthopaedic trauma* 2001;15:482-487.
192. Assari S, Kaufmann A, Darvish K, Park J, Haw J, Safadi F, Rehman S. Biomechanical comparison of locked plating and spiral blade retrograde nailing of supracondylar femur fractures. *Injury* 2013;44:1340-1345.
193. Harder Y, Martinet O, Barraud GE, Cordey J, Regazzoni E. The mechanics of internal fixation of fractures of the distal femur: a comparison of the condylar screw (DCS) with the condylar plate (CP). *Injury* 1999;30:SA31-SA39.
194. Higgins TF, Pittman G, Hines J, Bachus KN. Biomechanical Analysis of Distal Femur Fracture Fixation: Fixed-Angle Screw-Plate Construct Versus Condylar Blade Plate. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2007;21:43-46.
195. Jaakkola JI, Lundy DW, Moore T, Jones B, Ganey TM, Hutton WC. Supracondylar femur fracture fixation: Mechanical comparison of the 95 condylar side plate and screw versus 95 angled blade plate. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 2002;73:72-76.
196. Ito K, Grass R, Zwipp H. Internal fixation of supracondylar femoral fractures: comparative biomechanical performance of the 95-degree blade plate and two retrograde nails. *Journal of orthopaedic trauma* 1998;12(4):259-266.
197. Seinsheimer F, 3rd. Fractures of the distal femur. *Clin Orthop Relat Res* 1980:169-79.
198. Butt MS, Krikler SJ, Ali MS. Displaced fractures of the distal femur in elderly patients. Operative versus non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(1):110-4.
199. Halpenny J, Rorabeck CH. Supracondylar fractures of the femur: results of treatment of 61 patients. *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie* 1984;27:606-609.
200. Shahcheraghi GH, Doroodchi HR. SUPRACONDYLAR FRACTURE OF THE FEMUR: CLOSED OR OPEN REDUCTION? *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1993;34:499-502.
201. Healy WL, Brooker Jr AF. Distal Femoral Fractures Comparison of Open and Closed Methods of Treatment. *Clinical orthopaedics and related research* 1983;174:166-171.

202. Hartin NL, Harris I, Hazratwala K. RETROGRADE NAILING VERSUS FIXED-ANGLE BLADE PLATING FOR SUPRACONDYLAR FEMORAL FRACTURES: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. *ANZ journal of surgery* 2006;76:290-294.
203. Christodoulou A, Terzidis I, Ploumis A, Metsovitis S, Koukoulidis A, Toptsis C. Supracondylar femoral fractures in elderly patients treated with the dynamic condylar screw and the retrograde intramedullary nail: a comparative study of the two methods. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2005;125:73-79.
204. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:453-458.
205. Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury* 2003;34:63-76.
206. Strauss EJ, Schwarzkopf R, Kummer F, Egol KA. The current status of locked plating: the good, the bad, and the ugly. *J Orthop Trauma* 2008;22:479-86.
207. Smith TO, Hedges C, MacNair R, Schankat K, Wimhurst JA. The clinical and radiological outcomes of the LISS plate for distal femoral fractures: a systematic review. *Injury* 2009;40:1049-1063.
208. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopaedics and related research* 1985(198):43-49.
209. Graftiaux AG, Kehr P, Y. Zhang: Clinical epidemiology of orthopaedic trauma. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* 2017;27(6):869-869.
210. McQueen MM. Global forum: fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 2016;98:e36.
211. Schuetz M, Müller M, Krettek C, Höntzsch D, Regazzoni P, Ganz R, Haas N. Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: A prospective multicenter study results of a clinical study with special emphasis on difficult cases. *Injury* 2001;32:48-54.
212. Kayali C, Agus H, Turgut A. Successful results of minimally invasive surgery for comminuted supracondylar femoral fractures with LISS: comparative study of multiply injured and isolated femoral fractures. *Journal of Orthopaedic Science* 2007;12(5):458-465.
213. Consortium SF. LCP versus LISS in the treatment of open and closed distal femur fractures: does it make a difference? *Journal of orthopaedic trauma* 2016;30(6):e212-e216.
214. Oh J-K, Hwang J-H, Sahu D, Jun S-H. Complication rate and pitfalls of temporary bridging external fixator in periarticular comminuted fractures. *Clinics in orthopedic surgery* 2011;3(1):62-68.
215. Parekh AA, Smith WR, Silva S, Agudelo JF, Williams AE, Hak D, Morgan SJ. Treatment of distal femur and proximal tibia fractures with external fixation followed by planned conversion to internal fixation. *J Trauma* 2008;64:736-9.
216. Raja Bk AKCDJ. Classification of distal femur fractures and their clinical relevance. *Trauma International* 2016;Jan-Apr 2016;2(1):3-6.:3-6.
217. Calmet J, Mellado J, Forcada IG, Giné J. Open bicondylar Hoffa fracture associated with extensor mechanism injury. *Journal of orthopaedic trauma* 2004;18(5):323-325.
218. Gwathmey FW, Jr., Jones-Quaidoo SM, Kahler D, Hurwitz S, Cui Q. Distal femoral fractures: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 2010;18(10):597-607.
219. Rizzo E, Ghisellini F, Cordey J, Wahl D, Perren S, Cannas M. Biomechanical behaviour at the distal third of the femur: possible use of a medial metaphyseal plate. *Injury* 1998;29(6):451-6.
220. Бойчева оперативна ортопедия.
221. OLERUD S. Operative treatment of supracondylar-condylar fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54(5):1015-1032.
222. Donald SM, Bateman ER. Patella Osteotomy: A New Approach for Complex Trauma Around the Knee. *Journal of orthopaedic trauma* 2013;27:e161-e165.
223. Krettek C, Schandelmaier P, Tscherne H. Transartikuläre Rekonstruktion, perkutane Plattenosteosynthese und retrograde Iklagelung. *Unfallchirurg* 1996;99:2-10.
224. Collinge CA, Sanders RW. Percutaneous plating in the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 2000;8:211-6.
225. Olerud S. Operative treatment of supracondylar-condylar fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54:1015-1032.
226. Beltran MJ, Blair JA, Huh J, Kirby JM, Hsu JR, Consortium STR. Articular exposure with the swashbuckler versus a "Mini-swashbuckler" approach. *Injury* 2013;44:189-193.
227. Starr AJ, Jones AL, Reinert CM. The "swashbuckler": a modified anterior approach for fractures of the distal femur. *Journal of orthopaedic trauma* 1999;13(2):138-140.

228. Egund N, Kolmert L. Deformities, Gonarthrosis and Function After Distal Femoral Fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1982;53(6):963-974.
229. Althausen PL, Lee MA, Finkemeier CG, Meehan JP, Rodrigo JJ. Operative stabilization of supracondylar femur fractures above total knee arthroplasty: a comparison of four treatment methods. *The Journal of arthroplasty* 2003;18(7):834-839.
230. Apostolou C, Papavasiliou A, Aslam N, Handley R, Willett K. Preliminary results and technical aspects following stabilisation of fractures around the knee with liss. *Injury Extra* 2005;36(12):529-536.
231. Kanabar P, Kumar V, Owen P, Rushton N. Less invasive stabilisation system plating for distal femoral fractures. *Journal of orthopaedic surgery* 2007;15(3):299-302.
232. Kregor P, Hughes J, Cole P. Fixation of distal femoral fractures above total knee arthroplasty utilizing the Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury* 2001;32:64-75.
233. Hoffmann MF, Jones CB, Sietsema DL, Tornetta P, Koenig SJ. Clinical outcomes of locked plating of distal femoral fractures in a retrospective cohort. *Journal of orthopaedic surgery and research* 2013;8:1.
234. Brekke I, Østvoll I. High energy fractures of the distal femur 2010.
235. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982;10:150-4.
236. Schmidt-Rohlfing B, Pfeifer R, Kaneshige J, Hofman M, Knobe M, Sellei R, Pape H-C. Scoring systems for outcome after knee injuries. *Injury* 2011;42(3):271-275.
237. Vallier HA, Hennessey TA, Sontich JK, Patterson BM. Failure of LCP condylar plate fixation in the distal part of the femur. *JBJS Case Connector* 2006:846-853.
238. Gaines R, Sanders R, Sagi H, Haidukewych G. Titanium versus stainless steel locked plates for distal femur fractures: is there any difference. In *OTA 2008*.
239. Phipatanakul W, Mayo K, Mast J, Bolhofner B. Reconstruction of the distal femur with use of new device: the Locking Condylar Plate. Poster presented at: *OTA 2001:18-20*.
240. Calori G, Albisetti W, Agus A, Iori S, Tagliabue L. Risk factors contributing to fracture non-unions. *Injury* 2007;38:S11-S18.
241. Gaston M, Simpson A. Inhibition of fracture healing. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2007;89(12):1553-1560.
242. Tank JC, Schneider PS, Davis E, Galpin M, Prasarn ML, Choo AM, Munz JW, Achor TS, Kellam JF, Gary JL. Early mechanical failures of the synthes variable angle locking distal femur plate. *Journal of orthopaedic trauma* 2016;30:e7-e11.
243. Button G, Wolinsky P, Hak D. Failure of less invasive stabilization system plates in the distal femur: a report of four cases. *J Orthop Trauma* 2004;18:565-70.
244. Henderson CE, Lujan TJ, Kuhl LL, Bottlang M, Fitzpatrick DC, Marsh JL. 2010 mid-America Orthopaedic Association Physician in Training Award: healing complications are common after locked plating for distal femur fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2011;469:1757-1765.
245. Ricci WM, Streubel PN, Morshed S, Collinge CA, Nork SE, Gardner MJ. Risk factors for failure of locked plate fixation of distal femur fractures: an analysis of 335 cases. *Journal of orthopaedic trauma* 2014;28(2):83-89.
246. Chan DB, Jeffcoat DM, Lorch DG, Helfet DL. Nonunions around the knee joint. *International orthopaedics* 2010;34(2):271-281.
247. Ricci WM, Loftus T, Cox C, Borrelli J. Locked plates combined with minimally invasive insertion technique for the treatment of periprosthetic supracondylar femur fractures above a total knee arthroplasty. *Journal of orthopaedic trauma* 2006;20(3):190-196.
248. Smith T, Hedges C, MacNair R, Schankat K. Early rehabilitation following less invasive surgical stabilisation plate fixation for distal femoral fractures. *Physiotherapy* 2009;95(2):61-75.
249. Windolf M, Ernst M, Schwyn R, Perren S, Mathis H, Wilke M, Richards R. A Biofeedback System for Continuous Monitoring of Bone Healing. 2014. p 243-248.
250. Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, Kummer FJ, Koval KJ. Biomechanics of locked plates and screws. *Journal of orthopaedic trauma* 2004;18:488-493.
251. Gardner MJ, Helfet DL, Lorch G. Has locked plating completely replaced conventional plating? *AMERICAN JOURNAL OF ORTHOPEDICS-BELLE MEAD*- 2004;33:440-446.
252. Wähnert D, Hoffmeier K, Fröber R, Hofmann GO, Mückley T. Distal femur fractures of the elderly—different treatment options in a biomechanical comparison. *Injury* 2011;42:655-659.

253. Chen S-H, Chiang M-C, Hung C-H, Lin S-C, Chang H-W. Finite element comparison of retrograde intramedullary nailing and locking plate fixation with/without an intramedullary allograft for distal femur fracture following total knee arthroplasty. *The Knee* 2014;21:224-231.
254. Smith JRA, Halliday R, Aquilina AL, Morrison RJM, Yip GCK, McArthur J, Hull P, Gray A, Kelly MB, Ots C-OTS. Distal femoral fractures: the need to review the standard of care. *Injury* 2015;46:1084-1088.
255. Dunlop DG, Brenkel IJ. The supracondylar intramedullary nail in elderly patients with distal femoral fractures. *Injury* 2000;30:475-84.
256. Parker MJ, Palmer CR. A new mobility score for predicting mortality after hip fracture. *Bone & Joint Journal* 1993;75(5):797-798.
257. Mehling I, Hoehle P, Sternstein W, Blum J, Rommens PM. Nailing versus plating for comminuted fractures of the distal femur: a comparative biomechanical in vitro study of three implants. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2013;39:139-146.
258. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:454-464.
259. Jiang Y, Guo Y-F, Meng Y-K, Zhu L, Chen A-M. A report of a novel technique: The comprehensive fibular autograft with double metal locking plate fixation (cFALP) for refractory post-operative diaphyseal femur fracture non-union treatment. *Injury* 2016;47:2307-2311.
260. Claes LE, Heigele CA, Neidlinger-Wilke C, Kaspar D, Seidl W, Margevicius KJ, Augat P. Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clinical orthopaedics and related research* 1998;355:S132-S147.
261. Linn MS, McAndrew CM, Prusaczyk B, Brimmo O, Ricci WM, Gardner MJ. Dynamic locked plating of distal femur fractures. *Journal of orthopaedic trauma* 2015;29:447-450.
262. Fernández A, Regazzoni P, Perren S. Biomechanical and biological aspects of defect treatment in fractures using helical plates. 2016.
263. Augat P, Burger J, Schorlemmer S, Henke T, Peraus M, Claes L. Shear movement at the fracture site delays healing in a diaphyseal fracture model. *Journal of orthopaedic research* 2003;21:1011-1017.
264. Bishop N, Van Rhijn M, Tami I, Corveleijn R, Schneider E, Ito K. Shear does not necessarily inhibit bone healing. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)* 2006;443:307-314.
265. Märdian S, Schaser K-D, Duda GN, Heyland M. Working length of locking plates determines interfragmentary movement in distal femur fractures under physiological loading. *Clinical Biomechanics* 2015;30:391-396.
266. Wright TW, Miller GJ, Vander Griend RA, Wheeler D, Dell PC. Reconstruction of the humerus with an intramedullary fibular graft. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:804-7.
267. Maimaitiyiming A, Amat A, Rehei A, Tusongjiang M, Li C. Treatment of the femoral shaft nonunion with double plate fixation and bone grafting: A case series of 14 patients. *Injury* 2015;46:1102-1107.
268. Peng Y, Ji X, Zhang L, Tang P. Double locking plate fixation for femoral shaft nonunion. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* 2016;26:501-507.
269. Chapman JR, Henley MB. Double Plating of Distal Femur Fractures: Indications and Technique. *Techniques in Orthopaedics* 1994;9:210-216.
270. Jazrawi LM, Kummer FJ, Simon JA, Bai B, Hunt SA, Egol KA, Koval KJ. New technique for treatment of unstable distal femur fractures by locked double-plating: case report and biomechanical evaluation. *J Trauma* 2000;48:87-92.
271. Jiamton C, Apivatthakakul T. The safety and feasibility of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) on the medial side of the femur: A cadaveric injection study. *Injury* 2015;46:2170-6.
272. Kim JJ, Oh HK, Bae JY, Kim JW. Radiological assessment of the safe zone for medial minimally invasive plate osteosynthesis in the distal femur with computed tomography angiography. *Injury* 2014;45:1964-9.