

УНИВЕРСИТЕТСКА МНОГОПРОФИЛНА БОЛНИЦА ЗА АКТИВНО  
ЛЕЧЕНИЕ И СПЕШНА МЕДИЦИНА „Н. И. ПИРОГОВ“

---

ПЪРВИЧНО ЗВЕНО ПО ОРТОПЕДИЯ И ТРАВМАТОЛОГИЯ

**Д-р Любомир Симеонов Русимов**

**АУГМЕНТАЦИЯ С ИНТРАМЕДУЛАРЕН АЛОГРАФТ ПРИ  
НЕСТАБИЛНИ ФРАКТУРИ НА ПРОКСИМАЛЕН ХУМЕРУС,  
ФИКСИРАНИ СЪС ЗАКЛЮЧВАЩА ПЛАКА**

**Дисертационен труд**

**за присъждане на образователна и научна степен**

**„Доктор“**

**Научна специалност „Ортопедия и травматология“**

**Научен ръководител:**

**Доц. д-р Михаил Ивов Рашков, дм**

София  
2022

-I-

УНИВЕРСИТЕТСКА МНОГОПРОФИЛНА БОЛНИЦА ЗА АКТИВНО  
ЛЕЧЕНИЕ И СПЕШНА МЕДИЦИНА „Н. И. ПИРОГОВ“

---

ПЪРВИЧНО ЗВЕНО ПО ОРТОПЕДИЯ И ТРАВМАТОЛОГИЯ

**Д-р Любомир Симеонов Русимов**

**АУГМЕНТАЦИЯ С ИНТРАМЕДУЛАРЕН АЛОГРАФТ ПРИ  
НЕСТАБИЛНИ ФРАКТУРИ НА ПРОКСИМАЛЕН ХУМЕРУС,  
ФИКСИРАНИ СЪС ЗАКЛЮЧВАЩА ПЛАКА**

**Дисертационен труд**

**за присъждане на образователна и научна степен**

**„Доктор“**

**Научна специалност „Ортопедия и травматология“**

**Научен ръководител:**

**Доц. д-р Михаил Ивов Рашков, дм**

София  
2022

**Научен ръководител:**

Доц. д-р Михаил Ивов Рашков, дм

**Официални рецензенти:**

Проф. д-р Неделчо Неделчов Цачев, дм

Проф. д-р Диян Енчев Малушев, дм

**Научно жури в състав:**

Проф. д-р Неделчо Неделчов Цачев, дм

Проф. д-р Христо Димитров Георгиев, дмн

Проф. д-р Бойко Георгов Георгиев, дмн

Проф. д-р Асен Георгиев Балтов, дм

Проф. д-р Диян Енчев Малушев, дм

**Резервни членове:**

Проф. д-р Андрей Маринович Йотов, дмн

Доц. д-р Валентин Петров Иванов, дм

## ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

<b>АВН</b> – аваскуларна некроза	<b>МИПО</b> – миниинвазивна плакова остеосинтеза
<b>АКС</b> – акромио-клавикларна става	<b>МКЕ</b> – метод на крайните елементи
<b>ВХГ</b> – височина на хумералната глава	<b>МТ</b> – малък туберкулум
<b>ГТ</b> – голям туберкулум	<b>ОРВФ</b> – открита репозиция с вътрешна фиксация
<b>ГХС</b> – глено-хумерална става	<b>ПВ</b> – прорязване на винтове
<b>ДЗФ</b> – дълбоко замразена фибула	<b>ПЛА</b> – полилактиден алогографт
<b>ЗП</b> – заключваща плака	<b>ПЛД</b> – предно-латерален достъп
<b>ЗРВФ</b> – закрыта репозиция с вътрешна фиксация	<b>ПМЕ</b> – постеро-медиална екстензия
<b>ЗРПФ</b> – закрыта репозиция и перкутанна фиксация	<b>ПММА</b> – полиметилметакрилат
<b>ЗФАГ</b> – замразен фибуларен алогографт	<b>ПСР</b> – падане от собствен ръст
<b>ИМГ</b> – интрамедуларен графт	<b>РКП</b> – рандомизирано контролирано проучване
<b>ИМАГ</b> – интрамедуларен алогографт	<b>РМ</b> – ротаторен маншон
<b>ИМО</b> – интрамедуларна остеосинтеза	<b>РО</b> – разпад на остеосинтезата
<b>ИТС</b> – интертуберкуларен сулкус	<b>САИ</b> – субакромиален импинджмънт
<b>КВ</b> – калкарни винтове	<b>СДГБ</b> – сухожилие на дългата глава на бицепса
<b>КСЦ</b> – калциево-сулфатен цимент	<b>СКС</b> – стерно-клавикларна става
<b>КФЦ</b> – калциево-фосфатен цимент	<b>СТС</b> – скапуло-торакална става
<b>ЛТАГ</b> – лиофилизиран тибиален алогографт	<b>ФА</b> – фибуларен алогографт
<b>ЛТД</b> – латерален трансделтоиден достъп	<b>ФПХ</b> – фрактури на проксимален хумерус
<b>ЛФТ</b> – лиофилизирана тибия	<b>ШДЪ</b> – шийно-диафизарен ъгъл



## РЕЗЮМЕ

**Цел:** Да се апробира конструкцията от интрамедуларен графт и заключваща плака при лечението на заплашени от исхемия нестабилни фрактури на проксималния хумерус.

**Дизайн:** Биомеханичен експеримент. Ретроспективно проследяваща серия.

### Биомеханичен експеримент

**Материали:** Тестовите са проведени в отдел „Биомеханика“ в изследователския институт АО, Швейцария (АО Research Institute Davos). При 30 мулажа, разпределени в 3 групи по 10 спесимена, бяха симулирани четирифрагментни фрактури на проксималния хумерус, както следва: група 1 – с раздробяване на медиалния кортекс, група 2 – с тежка увреда на спонгиозната кост, група 3 – с комбинация от дефектите в групи 1 и 2.

**Методи:** След фиксация със заключваща плака всеки спесимен бе подложен на квазистатичен безразрушителен биомеханичен тест с аксиално натоварване между 150 и 400 N, увеличаващо се в стъпки от 50 N, придружени от фасова рентгенография. Впоследствие при всеки спесимен бе добавен 3D принтиран интрамедуларен графт и тестовите се повториха.

**Резултати:** Добавянето на интрамедуларен графт към фиксацията със заключваща плака повиши значително ригидността на конструкцията в групи 1 и 3, но не и в група 2. Освен това след добавянето на графт бе намалена значително варусната деформация във всяка от групите. Спесимените без графт в група 2 демонстрираха значително по-висока ригидност и по-малка варусна деформация в сравнение със спесимените в групи 1 и 3. Тези разлики между групите бяха неутрализирани след добавянето на графт.

### Клинично проучване

**Пациенти:** На лечебен алгоритъм с използване на ИМАГ и ЗП са подложени 114 последователни и нестабилни ФПХ. 111 пациенти отговарят на критериите за подбор, като са проследени 47. От тях 37 са жени и 10 са мъже. Средната възраст е 63,2 години (33 – 84). Средният срок на проследяване е 28 месеца (12 – 79).

**Метод:** Изследването е проведено в УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“. По специфичен алгоритъм са лекувани и проследени унилатерални, непатологични, разместени и нестабилни фрактури; фрактури с допълнителни белези на нестабилност и комплексност, както и типове фрактури, склонни към исхемия на хумералната глава, отговарящи на един или повече от критериите на Hertel. При 25 от пациентите е използван ДПД достъп и при 22 – миниинвазивен достъп (ДТД или ПЛД). Като средство за фиксация при всички пациенти е използвана ЗП, като при 31 за аугментация е използван ЗФГ и при 16 е използван ЛТГ. Функционалното проследяване е направено на базата на Constant-Murley Score и DASH. Рентгенологично е направена оценка за наличието на специфични усложнения и са сравнени параметрите за оценка на постигнатата и задържана репозиция, измерени постоперативно и при финалното проследяване.

**Резултати:** Усреднената стойност на CSabs беше 54,97 т. – задоволителен резултат. CSrel беше 73,38 т. – добър резултат. CSindiv беше 67,00 т. – добър резултат. Средната стойност на DASH беше 16,65. Средният интраоперативен ШДЪ беше 131,91°. Средният ШДЪ при финалното проследяване беше 123,93°. Усредненият спад на ШДЪ беше 7,98°. Средната интраоперативна стойност за ВХГ беше 14,11 мм, а при финалното проследяване – 13,15 мм. Усредненият спад във ВХГ беше 0,96 мм. При 17 (36,2%) от нашите пациенти се установи спад в ШДЪ > 10°. При 9 (19,1%) от нашите пациенти постоперативният ШДЪ беше приемлив – в границите 110 – 120°, а при 6 (12,8%) от пациентите беше под 110°. Първично прорязване на винтове се установи при 6 (12,8%) пациенти. Вторично прорязване в резултат на АВН се установи при 9 (19,1%) пациенти. АВН се установи при 13 (27,7%) пациенти. САИ се установи при 5 (10,4%) пациенти. АВН на големия туберкулум се установи при 8 (17%) пациенти. 12 (26%) са повторно извършените хирургични интервенции.

**Изводи:** Аугментацията на заключващата плака с интрамедуларен алографт увеличава стабилността на фиксацията на ФПХ, като едновременно с това създава еластична конструкция. Тя позволява възстановяването на медиалната кортикална опора и ефективно противодейства на силите, предизвикващи вторично разместване. Постигането на анатомична репозиция е друг фактор от първи ред, както за надеждността на фиксацията, така и за редуцирането на АВН на хумералната глава

**Заклучение:** Техниката на аугментация с интрамедуларен графт на фиксацията със ЗП при ФПХ е възпроизводима в клинични условия, като позволява органосъхраняваща хирургия с предсказуеми резултати.

## ПУБЛИКАЦИИ

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

1. **Русимов, Л.** Нестабилни фрактури на проксимален хумерус. Добавяне на интрамедуларен алографт към синтезата със заключваща плака. Необходимо ли е? XXV конференция „Дни на българската ортопедия и травматология“, Боровец, България, 1 – 2 октомври 2021.
2. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, J. Barcik, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, G. Richards, B. Gueorguiev, D. Enchev, A. Baltov.** Unstable fractures of the proximal humerus – benefits of using intramedullary graft in locked plate fixation. Нестабилни фрактури на проксималния хумерус – полза от прилагане на интрамедуларен графт при фиксация със заключваща плака. 14<sup>th</sup> national congress of the Bulgarian Orthopedic and Traumatology Association (BOTA), Varna, Bulgaria, 3 – 6 October 2019.
3. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, J. Barcik, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, A. Baltov, B. Gueorguiev.** Does supplemental intramedullary grafting increase stability of plated proximal humerus fractures? 2<sup>nd</sup> International Combined Meeting of Orthopaedic Research Societies (ICORS), Montreal, Canada, 19 – 22 June 2019.
4. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, J. P. Barcik, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, G. Richards, B. Gueorguiev, A. Baltov.** Does Supplemental Intramedullary Grafting Increase Stability of Plated Proximal Humerus Fractures? – In: *Journal of orthopaedic trauma*, 33(4), 2019, pp. 196 – 202, <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001376>.
5. **Gueorguiev, B., L. Rusimov, I. Zderic, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, A. Baltov.** Does intramedullary grafting increase stability of plated proximal humerus fractures? DKOU, Berlin, Germany, 23 – 26 October 2018.
6. **Gueorguiev, B., L. Rusimov, I. Zderic, D. Ciric, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, A. Baltov.** Supplemental intramedullary grafting increases stability of plated proximal humerus fractures. 39<sup>th</sup> SICOT Orthopaedic World Congress, Montreal, Canada, 10 – 13 October 2018.
7. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, G. Richards, B. Gueorguiev, A. Baltov.** Does intramedullary grafting increase stability of plated proximal humerus fractures? EORS, Galway, Ireland, 25 – 28 September 2018.

8. **Rusimov, L., D. Ciric, I. Zderic, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, B. Gueorguiev, A. Baltov.** Does supplemental intramedullary grafting increase stability of plated proximal humerus fractures? Conference Graubünden forscht – Young Scientists in Contest, Davos, Switzerland, 19 – 20 September 2018.
9. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, B. Gueorguiev, A. Baltov.** Biomechanical evaluation of conventional versus augmented PHILOS plating using intramedullary grafting. 8<sup>th</sup> World Congress of Biomechanics (WCB), Dublin, Ireland, 8 – 12 July 2018.
10. **Rusimov, L., I. Zderic, D. Ciric, D. Enchev, M. Rashkov, M. Hadzhinikolova, R. G. Richards, B. Gueorguiev, A. Baltov.** Does supplemental intramedullary grafting increase stability of plated proximal humerus fractures? 19<sup>th</sup> EFORT Congress, Barcelona, Spain, 30 May – 1 June 2018.

## СЪДЪРЖАНИЕ

Използвани съкращения.....	III
Резюме.....	IV
Публикации, свързани с темата.....	VII
Увод.....	1
Цел и задачи.....	3
Раздел I. Литературен обзор.....	4
Раздел II. Материали, пациенти и методи.....	65
Раздел III. Резултати и усложнения.....	88
Раздел IV. Обсъждане.....	114
Заключение.....	149
Изводи.....	151
Приноси.....	152
Библиография.....	153

## Увод

Пренебрегвани в миналото като още едно от счупванията на горния крайник, което не заслужава сериозно внимание, през последните десетилетия *фрактурите на проксималния хумерус* са неизменно актуална тема както за националната, така и за международната академична общност.

Опасният чар на раменната става като че ли се крие в почти перфектния баланс между стабилност и мобилност. Този баланс лесно се смущава дори от банални счупвания. Разместените, нестабилни фрактури, при които съществува риск за храненето на хумералната глава, позволяват на ортопеда да наблюдава всички възможни усложнения на костното срастване – консолидация в порочно положение или несрастване на всеки от основните фрагменти, често съпроводени с като че ли непоправимата аваскуларна некроза. Всичко това създава неблагоприятни условия за оздравяване на меките тъкани и неизбежно влияе негативно върху стабилността и мобилността. В крайна сметка и най-консервативният непукист трудно може да пренебрегне хроничната болка и ограничените движения, които са чест спътник в живота на пациенти с проблемни фрактури от всички възрастови групи.

Именно поради това върху фрактурите на проксималния хумерус са приложени с някакъв успех всички познати методи на оперативна стабилизация, известни на нашата специалност. Плаки с различен дизайн, интрамедуларни пирони от няколко генерации и вече позабравените външни фиксиращи устройства са изправени пред сериозна конкуренция в лицето на все по-сложните и механично обосновани тотални раменни стави – анатомични и „reverse“.

От друга страна обаче, и за неизкушения в раменната патология е ясно – наличието на толкова методи неизменно предполага, че резултатите при нестабилните и рискови за исхемия фрактури са далеч от оптималното. Нещо повече, големият процент усложнения, свързани с лечението, понякога не позволява изобщо да наклоним везната в полза на фрактурната фиксация. Създава се впечатлението, че в работата на редица автори, вместо да се търси най-добрият метод за фиксация на тези счупвания, акцентът се измества в търсене на по-безвредната лечебна стратегия.

Вероятно поради това в литературата се увеличава броят на първокласните източници, доказващи предимството на неоперативното лечение, дори при нестабилните фрактури.

Този опит за завръщане към „старото ново“ изглежда логичен, особено при възрастните пациенти или тези с по-ниски функционални изисквания.

При по-младите, а също така при по-възрастните пациенти с повишени очаквания спрямо функцията е ясно, че както протезирането, така и консервативното лечение не са в състояние да решат проблема, не на последно място, поради липсата на предсказуемост по отношение на отдалечените резултати.

На фона на всичко това изглежда, че най-доброто, с което разполагат привържениците на *органосъхраняващата хирургия, е заключващата плака с анатомична форма*. Нейното приложение е обект на множество студии, като в крайна сметка сравненията с другите импланти по-скоро натежават в полза на масовото ѝ приложение.

Голяма част от авторите поставят ударението върху вида имплант, а качеството на репозицията и биологията на костта остават на заден план. Трите фактора са взаимосвързани и нито един от тях не бива да бъде подценяван. Един имплант функционира оптимално само при добра репозиция, която от своя страна подпомага процесите на реваскуларизация и костно срастване. При фрактурите на проксималния хумерус изглежда, че по-трудната задача от постигането на репозицията е нейното задържане до момента на костното срастване.

През последните години няколко биомеханични и клинични проучвания демонстрираха отлични резултати, комбинирайки предимствата на заключващата плака и свойствата на интрамедуларния алогографт.

В представения материал потърсихме отговор на въпроса: възможно ли е, като постигнем оптимална биомеханична стабилност, да подобрим шансовете за консолидация в правилно положение и да намалим вероятността от развитие на АВН при ФПХ, изложени на риск от исхемия?

Ние вярваме, че оптимална (максимална) стабилност може да се създаде само чрез прецизна репозиция, интрамедуларен присадък и правилно пласирана ъгловостабилна плака.

В крайна сметка това проучване е само една стъпка в търсене на правилния баланс между механиката и биологията при лечението на едни фрактури с изначално неблагоприятна прогноза.



## Цел

Целта на това проучване е да апробира конструкцията от интрамедуларен графт и заключваща плака при лечението на заплашени от исхемия нестабилни фрактури на проксималния хумерус.

## Задачи

- Да се проучат *резултатите от литературата*.
- Да се тестват експериментално достатъчно на брой спесимени с конструкцията от ИМАГ и ЗП, образуващи база данни за собствени *биомеханични резултати*.
- Да се лекуват достатъчно на брой пациенти с конструкцията от ИМАГ и ЗП, образуващи база данни за собствени *клинични и рентгенологични резултати*.
- Да се *потърси връзка* между получените биомеханични и клинични резултати.
- Да се отговори на въпроса: *сигурен и ефективен* ли е методът при лечение на нестабилни фрактури на проксималния хумерус?
- Да се отговори на въпроса: може ли методът да бъде *органосъхраняваща алтернатива* при високорисковите към исхемия фрактури?

## РАЗДЕЛ I. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

### 1.1. АНАТОМИЯ И БИОМЕХАНИКА НА РАМОТО

Раменната (глено-хумерална) става е най-подвижната става в човешкото тяло и осъществява свързването на свободния горен крайник с раменния пояс.<sup>386</sup> Последният се изгражда от ключицата и лопатката с техните свързвания. По тази причина раменната става не е синоним на термина „рамо“ и е по-правилно последният да се интерпретира като съвкупност от раменната става и раменния пояс. Големият обем движения, които притежава рамото, се разпределят между три диартродиални стави: глено-хумералната става (ГХС), акромιο-клавикуларната става (АКС) и стерно-клавикуларната (СКС) става. Последните две, в комбинация с фасциалните пространства и мускулите между скапулата и гръдния кош, участват в образуването на скапуло-гوراкалната става (СТС).<sup>157</sup> Към този комплекс от четири стави Каранджи<sup>170</sup> добавя още една – субделтоидната става. ГХС, АКС и СКС притежават ставни повърхности, покрити с хиалинен хрущял, които артикулират помежду си. По тази причина авторът ги определя като *анатомични* стави. При субделтоидната става и СТС се осъществява триене между две повърхности без наличие на хрущял. Тези стави Каранджи<sup>170</sup> определя като *физиологични*.

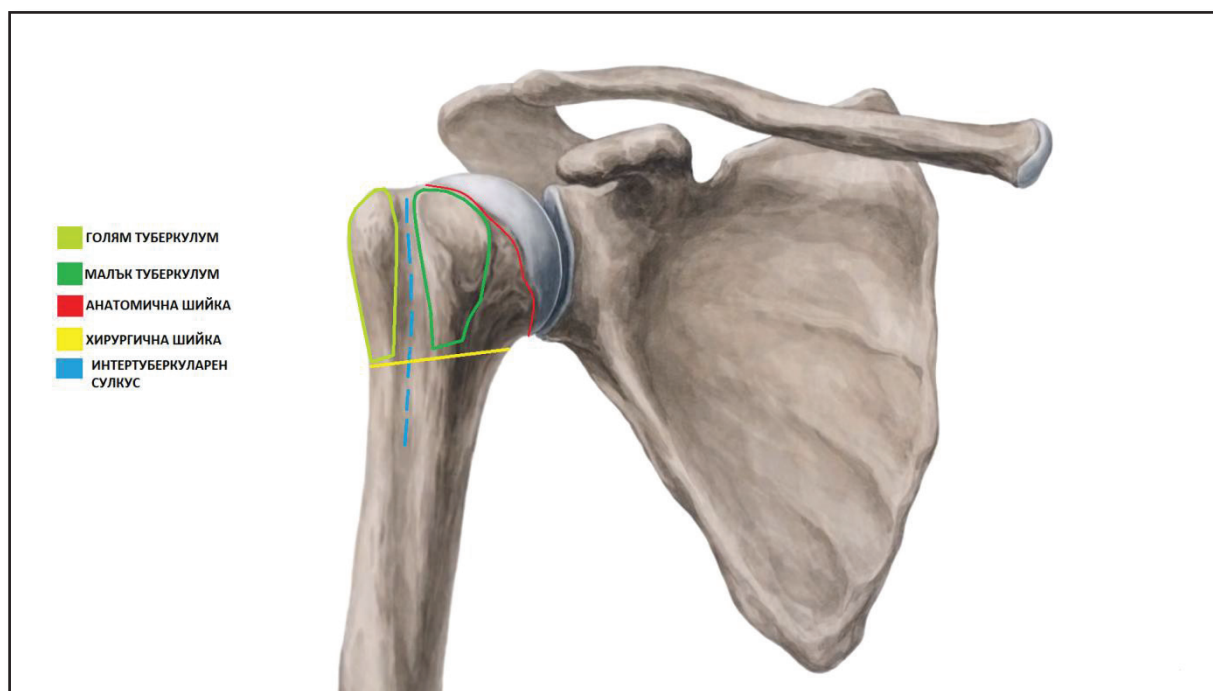
#### 1.1.1. Анатомия на глено-хумералната става

Глено-хумералната става се изгражда от ставните повърхности на главата на раменната кост (*caput humeri*) и ставната ямка на лопатката (*fossa glenoidalis*).

##### 1.1.1.1. Костна анатомия

Проксималният хумерус притежава ставна повърхност, представляваща една трета от сфера. Вертикалният размер на артикуларната част на хумералната глава е средно 48 мм, с радиус на кривината около 25 мм, докато хоризонталният размер е средно около 45 мм, с радиус на кривината около 22 мм.<sup>156</sup> Въпреки вариациите в размерите на хумералната глава, площта на дъгата, покритата с хиалинен хрущял, е около 160 градуса.<sup>269</sup> Границата между ставния хрущял и костта се нарича *анатомична шийка*. Последната е ориентирана косо, като във фронталната равнина сключва с диафизата

ъгъл средно  $41^\circ$  ( $30 - 50^\circ$ ).<sup>269</sup> Дистално от нея са разположени костни структури, служещи за залавни места на сухожилията на мускулите и лигаментите на ставата (фиг. 1). Това са големият туберкул (ГТ), малкият туберкул (МТ), интертуберкуларният сулкус (ИТС) със своите медиална и латерална устна. Под нивото на туберкулите хумерусът се стеснява, като тази зона носи името *хирургична шийка*.<sup>293</sup>



**Фиг. 1.** Костна анатомия на проксимален хумерус.

Когато горният крайник е в анатомично положение (епикондилите на хумеруса са във фронталната равнина), главата на хумеруса е в положение на ретроверзия спрямо трансепикондилната ос. Ретроверзията се увеличава от раждането до около 16-годишна възраст<sup>159</sup>, като притежава голяма вариабилност – от  $6 - 7^\circ$  антеверзия до  $47,5^\circ$  ретроверзия<sup>37</sup>. По този начин в аксиалната равнина оста на хумералната глава пресича ГТ приблизително на 9 мм зад ИТС.<sup>351</sup> Във фронталната равнина геометричният център на главата е разположен на 4 до 14 мм медиално от оста на диафизата, а в сагиталната равнина центърът на главата е разположен от 4 мм напред до 14 мм назад спрямо оста на диафизата.<sup>269</sup> Във фронталната равнина главата на хумеруса сключва с диафизата ъгъл средно около  $135^\circ$  ( $130 - 150^\circ$ ), като този ъгъл е по-голям за по-големите по размер глави и обратно.<sup>156</sup>

ГТ е разположен латерално на проксималния хумерус и на разстояние от 6 до 10 мм дистално от най-високата точка на хумералната глава. Горната му повърхност е

заоблена и притежава три плоски фасетки, разделени от два тънки гребена. Фасетките служат за залавни места на сухожилията на мускулите от ротаторния маншон (*m. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. teres minor*).<sup>293</sup> Външната повърхност на ГТ е конвексна и грубовата, като дисталната ѝ част се слива с диафизата на костта.<sup>125, 293</sup> МТ е разположен отпред на главата на хумеруса и е с по-малки размери, но проминава повече от ГТ. Насочен е напред и навътре. Върхът му представлява заострена фасетка, която служи за залавно място на *m. subscapularis*.<sup>125, 293</sup> ГТ и МТ съставят границите на ИТС, през който преминава сухожилието на дългата глава на *m. biceps brachii* (СДГБ). ИТС има спираловиден ход от проксимално и латерално към дистално и медиално.<sup>125, 293</sup> Разположен е приблизително на 1 см латерално от срединната ос на хумеруса, а проксималният му край се намира на около 7 мм<sup>82</sup> пред интрамедуларната ос на хумеруса. Последният може да служи като референтна точка при определяне на ретроверзията на хумералната глава.<sup>5</sup> Продължавайки дистално, ИТС става все по-плитък и по-широк, като завършва на границата между горната и средната трета на костта.<sup>125</sup> Границите му се означават като устни на ИТС и служат за залавни места на мускули. Горният край на ИТС е важно от хирургична гледна точка място, тъй като през него навлиза *ramus ascendens* на *a. circumflexa humeri anterior* – важен клон, кръвоснабдяващ главата на хумеруса.<sup>125</sup>

Гленоидът (*fossa glenoidalis*) се намира в предния ъгъл на лопатката – мястото с най-плътна костна структура. Притежава плитка, покрита с хиалинен хрущял ставна повърхност, като в центъра на гленоида този хрущял изтънява – т.нар. оголена зона.<sup>125, 61, 298</sup> Ставната повърхност се разширява в долната си част, наподобявайки формата на круша или обърната запетая, като дисталната част е разположена по-напред в сравнение с проксималната.<sup>87, 298</sup> Средната височина на гленоида е от 32,6 до 39 мм, като височината е по-малка при жените в сравнение с мъжете. Средната ширина на гленоида е 23,6 мм у жените и 28,3 мм у мъжете. Инклинацията на гленоида (наклонът на ставната повърхност спрямо горно-долната ос на гленоида) е около 4° у мъжете и 4,5° у жените. Верзията на гленоида се дефинира като ъгловата ориентация на ставната повърхност на гленоида спрямо напречната ос на скапулата. Стойностите на верзията варират от 2° антеверзия до 9° ретроверзия.<sup>337</sup> При мъжете има склонност за по-изразена ретроверзия в сравнение с жените. В горния и долния полюс на гленоида са разположени две костни проминенции – *tuberculum glenoidale superior* и *tuberculum*

*glenoidale inferior*, от които започват съответно дългата глава на *m. biceps brachii* и дългата глава на *m. triceps brachii*.<sup>125, 293</sup>

### 1.1.1.2. Мекотъканна анатомия

#### 1.1.1.2.1. Лабрум и ставна капсула

*Labrum glenoidale* представлява фибро-хрущялна структура, която увеличава с около 50% дълбочината на плитката *fossa glenoidalis*. В централните си части лабрумът се захваща за подлежащата ставна повърхност, а в периферията, където преобладава фиброзната му структура, е прикрепен към костта, като на места достига до костните трабекули. Целият лабрум е васкуларизиран (особено предно-горната му част) и е снабден със сетивни нервни влакна.<sup>16, 4</sup>

Във физиологични условия ставната капсула съдържа около 10 – 15 мл синовиална течност, а повърхността ѝ надвишава два пъти тази на главата на раменната кост. Отвътре е покрита със синовия, а отвън е протектирана от мускулите на РМ. Ставната капсула започва от ръба на лабрума, като сраства с външната му повърхност и се закрепва за шийката на гленоида, разпростирайки се проксимално до *proc. coracoideus* на лопатката и дистално по протежението на сухожилието на *m. biceps brachii* до ИТС. Залавя се на нивото на анатомичната шийка, в непосредствена близост до ставния хрущял.<sup>125, 16, 4</sup>

Ставната капсула образува три издувания: *recessus axillaris*, представляващо гънка на капсулата в предно-долната ѝ част; *recessus subscapularis*, което продължава в *bursa subtendinea* на *m. subscapularis*; *recessus intertubercularis*, представено от синовиалното влагалище на СДГБ. При патологично натрупване на течност в ставната кухина (кръв, синовия, гной) ставната капсула се разкъсва в областта на тези издувания и течността попада в околните пространства, съответно: в подмишничната яма, подлопатковото леговище, предното леговище на мишницата.<sup>387</sup>

Хистологично капсулата притежава три слоя: вътрешен и външен слой, чиито влакна са ориентирани във фронталната равнина, вървящи от гленоида към хумеруса, и среден слой с влакна, ориентирани в сагиталната равнина.<sup>130</sup>

### 1.1.1.2.2. Лигаментарен апарат

Лигаментите на капсулата представляват частични задебелявания от организирани колагенови влакна на вътрешния ѝ слой. Те обхващат циркулярно ставата, като в горната си част се захващат за циркумференцията на гленоида, а в долната си част – за анатомичната шийка, близо до ставния хрущял (фиг. 2).<sup>130, 125</sup>

*Ligamentum glenohumerale superior (LGHS)* води началото си от предно-горната част на гленоида и по протежението си обхваща предната част на хумералната глава, залавяйки се за горния ръб на МТ.<sup>125, 61</sup>

*Ligamentum glenohumerale mediale (LGHM)* – началното му място може да бъде вариабилно: от *tuberculum supraglenoidale*, от предно-горната част на *labrum glenoidale*, от шийката на скапулата. Залавното му място също може да бъде вариабилно, като най-често е върху предната част на хумералната глава, медиално и дистално от МТ. При 1/3 от рамената този лигамент може да липсва или да е значително отслабен, допринасяйки за евентуална предна нестабилност на ставата.<sup>101</sup>

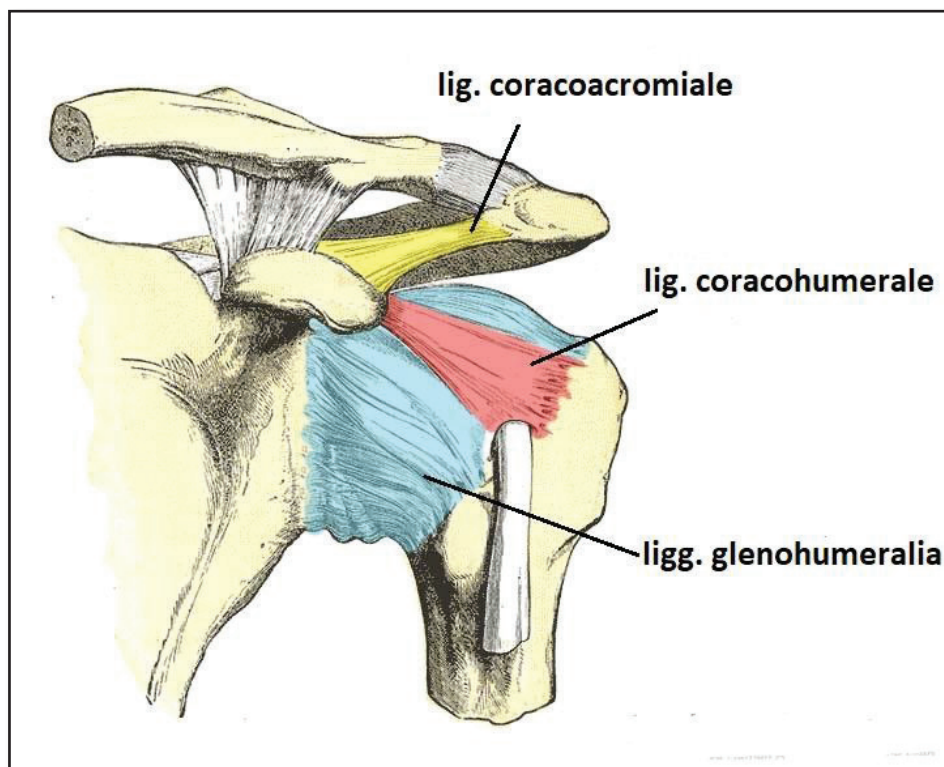
*Ligamentum glenohumerale inferior (LGHI)* по-скоро представлява комплекс, който включва три компонента: преден сноп, заден сноп и аксиларна торбичка (*axillar pouch*), като най-плътен е предният сноп. Лигаментите започват от предно-долната и задно-долната част на *labrum glenoidale*, залавяйки се за долната част на МТ и анатомичната шийка на хумеруса.<sup>251</sup>

Описаните три лигамента образуват отпред на капсулата буквата „Z“. Между отделните лигаменти се оформят пространства, които представляват слабите места на капсулата. Между *LGHS* и *LGHM* се намира пространството на *Weitbrecht*, а между *LGHM* и *LGHI* се намира пространството на *Rouviere*.<sup>388</sup>

*Ligamentum coracohumerale (LCH)* води началото си извън ставата, като започва от основата на *proc. coracoideus*, преминава между предния ръб на *m. supraspinatus* и горния ръб на *m. subscapularis*, среща със ставната капсула и се захваща с два снопа за МТ и ГТ, наподобявайки V-образна форма.<sup>101</sup> Заедно с *lig. glenohumerale superior* той изгражда покрива на ротаторния интервал.<sup>61</sup> Последният се дефинира като триъгълно пространство от предната капсула с връх, сочещ медиално към *proc. coracoideus*, заградено отдолу от горния ръб на *m. subscapularis*, отгоре – от предния ръб на *m. supraspinatus*, и латерално – от ИТС.<sup>248</sup> При ФПХ разкъсванията на РМ често водят началото си от ротаторния интервал.<sup>61</sup>

*Lig. coracoacromiale (LCA)* започва от върха на коракоида и се залавя за акромиона от горната и долната му страна, като заедно с двата костни израстъка изграждат акромио-клавикуларната арка.<sup>125, 61</sup>

*Ligamentum transversale humeri* представлява широка връзка от фиброзна тъкан, която започва от МТ и се захваща за ГТ. Заедно с ИТС оформят костно-апоневрозен канал, през който преминава СДГБ, като лигаментът подпомага съдържанието на последния в сулкуса.<sup>125</sup>



**Фиг. 2.** Лигаменти на ГХС.

### 1.1.1.2.3. Мускули на рамото

Мускулите на раменната става може условно да се разделят на три групи: 1. Мускули, строго свързани с функцията на ГХС; 2. Многоставни мускули – действат върху повече от една става (в случая – освен ГХС); 3. Скапуло-торакална мускулатура – включва мускулите, които контролират движенията на скапулата.<sup>293</sup>



### 1.1.1.2.3.1. Мускули на глено-хумералната става

Към мускулите на ГХС се причисляват: *m. deltoideus*, мускулите на РМ, *m. teres major* и *m. coracobrachialis*.

*M. deltoideus* има три части. Предната част води началото си от латералната трета на ключицата. Средната част започва от акромиона, а задната част – от *spina scapulae*. Мускулът притежава дълга и широка инсерция върху *tuberositas deltoidea* на хумеруса.<sup>2</sup> *M. deltoideus* е активен във всяка фаза на елевация на горния крайник.

Мускулът е обвит от едноименната фасция (*fascia deltoidea*), която изпраща вертикални пластинки, проникващи между мускулните снопчета.<sup>386</sup>

Във фронталната равнина средната и задната част на мускула извършват абдукция. Флексия в сагиталната равнина се осъществява от предната и средната част на мускула, с известно участие на клавикуларната част на *m. pectoralis major* и *m. biceps brachii*.<sup>386, 125</sup>

**Мускули на ротаторния манишон.** Независимо че РМ е изграден от четири отделни мускула, той функционира като единна структура (фиг. 3). Повърхностно мускулите са ограничени един от друг, но в дълбочина те са свързани помежду си с капсулата под тях и със СДГБ.<sup>69</sup> Най-сложни са тези взаимоотношения около ИТС. Фасцикули от сухожилието на *m. supraspinatus* се насочват към инсерцията на *m. subscapularis* и пресичайки ИТС, образуват „покрив“ на сулкуса. Обратно, фасцикули от *m. subscapularis* се насочват към *m. supraspinatus*, образувайки „под“ на сулкуса.<sup>69</sup>

*M. supraspinatus* запълва едноименната фоса на лопатката, като започва от вътрешните ѝ 2/3 и от фасцията, покриваща повърхността ѝ. Залавя се за най-проксималната от трите фасетки на ГТ.<sup>125</sup> Предният ръб на сухожилието е покрит от *lig. coracohumerale*, като заедно с него изпраща влакна към ИТС и МТ.

Функцията на мускула е изключително важна, тъй като той е активен при всяка форма на елевация на крайника.<sup>152</sup> Сухожилието е ограничено отгоре от субакромиалната бурса и акромиона, което създава условия за възникване на компресия и триене.<sup>293</sup>

*M. infraspinatus* заема по-голямата част от едноименната фоса на лопатката, като започва с мускулно начало от вътрешните ѝ 2/3 и по-богато на колаген начало от ръбовете на фосата и *spina scapulae*; също така има начало и от фасцията, която го покрива отвън и го разделя от *m. teres minor*. Влакната му конвергират в сухожилие, което се залавя за средната фасетка на ГТ. Сухожилието обикновено е отделено от



*spina scapulae* чрез синовиална бурса, която комуникира със синовиалната кухина на ГХС.<sup>125</sup> *M. infraspinatus* е един от двата основни външни ротатора на ГХС, като отговаря за около 60% от външната ротация в ставата.<sup>72</sup>

*M. teres minor* е тънък, издължен мускул, който започва от дорзалната повърхност на горните 2/3 на латералния ръб на скапулата и от две апоневротични ламини – една разделяща го от *m. infraspinatus*, и една, разделяща го от *m. teres major*. Влакната на мускула се насочват косо и проксимално, завършвайки в сухожилие, което се залавя за най-дисталната фасетка на ГТ. По своя ход сухожилието е непосредствено прилепено към подлежащата ставна капсула.<sup>125</sup> *M. teres minor* е вторият по важност външен ротатор, отговаряйки за около 45% от външната ротация в ГХС.<sup>72</sup>

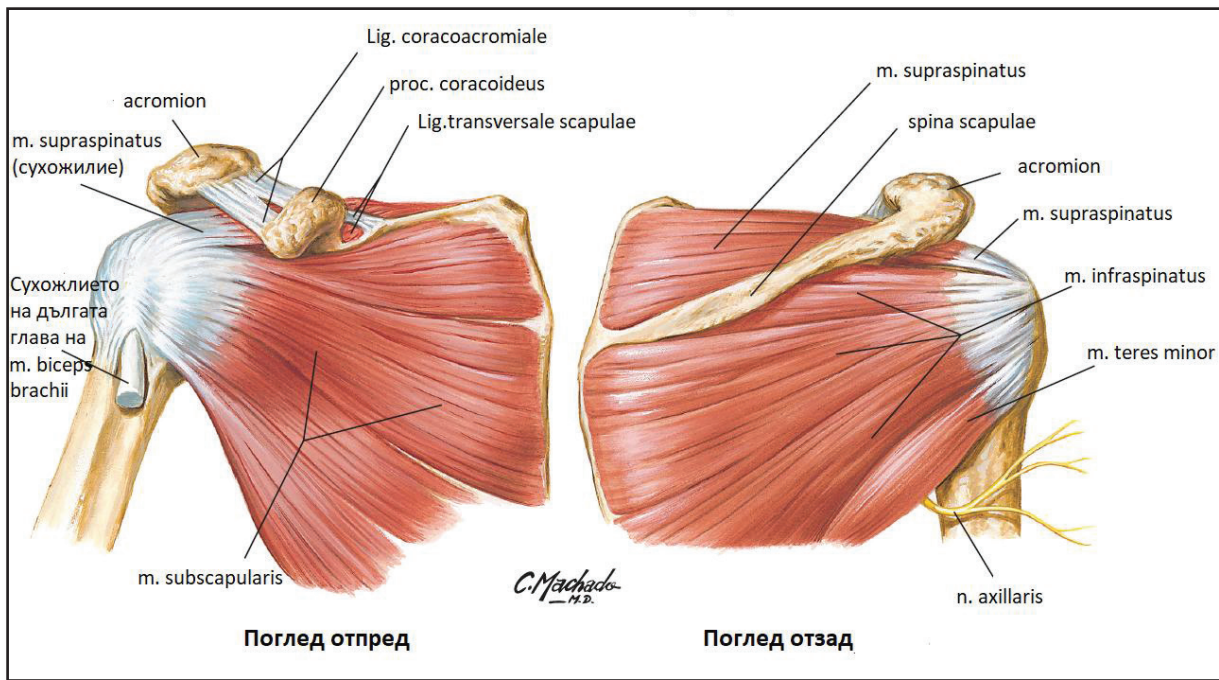
*M. subscapularis* представлява предната част на РМ. Той започва от едноименната фоса, която представлява по-голямата част от предната повърхност на скапулата. Притежава множество разпръснати сухожилни влакна, които в горните 2/3 на мускула латерално се сливат в едно плоско сухожилие, залавящо се за МТ, докато долната 1/3 представлява мускулна инсерция върху долния край на МТ и горния край на хумералната метафиза.<sup>240</sup> Отпред мускулът е покрит от *bursa coracobrachialis*.

Функцията на *m. subscapularis* е на вътрешен ротатор и аддуктор на раменната глава.

Освен описаните функции, *всички мускули на РМ действат и като динамични стабилизатори* на ГХС.

*M. teres major* е плътен и плосковиден мускул. Започва от овална повърхност по дорзалната част на долния ъгъл на скапулата и от фиброзни септи, разделящи го от *m. infraspinatus* и *m. teres minor*. Влакната му се насочват проксимално и навън и завършват в плоско сухожилие, дълго около 4 – 5 см, което се захваща за медиалната устна на ИТС. Инсерцията му лежи зад инсерцията на *m. latissimus dorsi*, от който е разделен чрез синовиална бурса.<sup>125</sup> Извършва вътрешна ротация, аддукция и екстензия на крайника в ГХС, като мускулът е активен при тези движения само срещу съпротивление.<sup>293</sup>

*M. coracobrachialis* е разположен в проксималната и вътрешната част на мишницата. Започва от върха на *proc. coracoideus* заедно с късата глава на двуглавия мишничен мускул. Влакната му се насочват дистално, назад и леко навън и във вид на плоско сухожилие се залавят за малка вдлъбнатина по средата на вътрешната повърхност на диафизата на хумеруса. Осъществява флексия и аддукция в ГХС.<sup>125, 293</sup>



Фиг. 3. Мускули и сухожилия на РМ. Автор *Carlos A. G. Machado*.

#### 1.1.1.2.3.2. Многоставни мускули

Тези мускули участват в движенията в ГХС и на друга съседна става – най често скапуло-гوراкалната.

*M. biceps brachii*. Въпреки че мускулът действа главно в лакътната става, той често е обект на съпътстваща патология в ГХС и замества или подпомага движения на мускули от РМ, когато те са увредени. Мускулът притежава две начални места. Дългата глава започва от *tuberculum supraglenoidale* на горния ръб на гленоида и лабрума, а късата глава – от *proc. coracoideus* на скапулата, латерално на и заедно с *m. coracobrachialis*. Сухожилието на дългата глава на мускула преминава през ставната кухина, където е обвито от *vagina synovialis intertubercularis*. Последната представлява образуване на синовиалната мембрана на ставната капсула и е разположена в ИТС, достигайки до нивото на хирургичната шийка.<sup>125</sup> Дистално сухожилието продължава между ГТ и МТ и в ИТС, обградено от апоневротичен канал с основа *lig. glenohumerale superficiale* и покрив *lig. coracohumerale*, като влакна изпрацат и *m. supraspinatus* и *m. subscapularis*.<sup>69</sup> По този начин се образува юзда на сухожилието и то не се движи в ИТС, а по-скоро хумерусът извършва движения спрямо него в проксимална и дистална посока по време на аддукция и абдукция в ГХС. Частта на сухожилието в ИТС най-често е обект на

патологични изменения.<sup>243</sup> Дистално *m. biceps brachii* има две сухожилни инсерции – латералната инсерция е за задната част на *tuberositas radii*, а медиалната представлява широка апоневроза (*fascia semilunaris; laceratus fibrosus*), вървяща медиално и преминаваща в дълбоката фасция на предмишницата.

В нормални условия бицепсът действа като супинатор на предмишницата и флексор в лакътната става. В някои случаи на парализа или руптура на *m. supraspinatus* дългата глава на бицепса хипертрофира поради използването на мускула като депресор на раменната глава при външна ротация в ГХС.<sup>125, 293</sup> Lucas<sup>223</sup> съобщава, че при руптура на СДГБ силата при елевация на горния крайник в положение на външна ротация в ГХС спада с около 20%.

*M. pectoralis major* се състои от три части. Горната част започва от медиалните 2/3 на ключицата и се залавя за латералната устна на ИТС. Средната част започва от *manubrium sterni*, горните 2/3 на тялото на гръдната кост, както и от второ до четвърто ребро. Залавя се директно зад залавното място на клавикуларната (горната) част на мускула. Долната част на мускула започва от долната 1/3 на стернума, четвърто до шесто ребро и фасцията на *m. obliquus externus*. Залавното място е латералната устна на ИТС. Клавикуларната част на *m. pectoralis major* извършва: флексия в рамото, заедно с предната част на *m. deltoideus*; вътрешна ротация срещу съпротивление; екстензия на рамото от положение на флексия до достигане на неутрално положение. Мускулът е аддуктор в ГХС и индиректно действа като депресор на латералния ъгъл на скапулата.<sup>125, 293</sup>

*M. latissimus dorsi* започва с широка апоневроза от *procc. spinosi* на Th7 до L5, сакрума и външния ръб на крилото на илиачната кост. Влакната в горната част се насочват хоризонтално, в средната част – косо, и в долната част – вертикално, като се съединяват в един плътен и дебел сноп, преминаващ през долния ъгъл на скапулата. На това място обикновено получава допълнителни влакна и завива под долния ръб на *m. teres major*, като с широка сухожилна инсерция се залавя за медиалната устна на дъното на ИТС пред инсерцията на *m. teres major* и проксимално от инсерцията на *m. pectoralis major*. Долният ръб на сухожилието на *m. latissimus dorsi* е свързан с това на *m. teres major*, като те са разделени помежду си от бурса. Мускулът действа като аддуктор и депресор на хумеруса, отвежда го назад (екстензия), действа като вътрешен ротатор. При фиксиран крайник мускулът действа заедно с абдоминалната и пекторалната мускулатура, участвайки във висенето или издърпването на цялото тяло при катерене или набиране. Участва в ретракцията на скапулата.<sup>125, 293</sup>

*M. triceps brachii* не е пряко свързан с функцията на рамото, но може да бъде част от раменната патология, като конкретно това се отнася за неговата дълга глава. Тя започва от *tub. infraglenoidale* на лопатката, като за разлика от дългата глава на бицепса, тя не е вътреставно разположена, но е в много тясна връзка с лабрума. Влакна от сухожилието, близки до ставната капсула, ирадиират към долната част на капсулата и я подсилват. Главната функция на трицепса е екстензията в лакътната става, като се смята, че срещу съпротивление дългата глава действа и като аддуктор в рамото, уравновесявайки режещите сили, причинени от главните аддуктори.<sup>293</sup>

### 1.1.1.3. Невро-съдова анатомия

#### 1.1.1.3.1. Нерви

Въпреки непосредствената близост на *plexus brachialis* до проксималния хумерус, ще бъдат разгледани само някои терминални разклонения, които са от значение за патологията или дисекциите при хирургичните достъпи до него.

*N. axillaris* (C5, C6) е най-често травмираният нерв в резултат от разместени фрактури или фрактури – луксации на проксималния хумерус.<sup>356</sup> Представлява последният клон от задния сноп на мишничното сплетение в раменния пояс. В подмишничната ямка се разполага зад *a. axillaris*, след което преминава в пространството между *m. subscapularis* и *m. teres major*, придружаван от *a. circumflexa humeri posterior*. След това нервът продължава хода си латерално, по долно-латералния ръб на *m. subscapularis*, извивайки се на 3 до 5 мм медиално от мускулно-сухожилната връзка на мускула. След това нервът и артерията преминават през *квадрилатералното пространство*.<sup>125, 293</sup>

Преминавайки през него, нервът се разклонява, давайки две мускулни клончета: задно клонче за *m. teres minor* и задната трета на *m. deltoideus* и предно клонче за предните две трети на *m. deltoideus*.<sup>18</sup> *N. cutaneus brachii lateralis* е единственият кожен клон на нерва, отговорен за сетивността в делтовидната област и горната половина от задно-латералната повърхност на мишницата. Този нерв е разклонение на задното мускулно клонче.<sup>18</sup> *N. axillaris* осъществява сензорната инервация на долната част на ГХС чрез две артикуларни клончета, като предното се отделя, преди нервът да навлезе в квадрилатералното пространство, а задното се отделя в самото пространство.<sup>109</sup>

*N. axillaris* може да бъде травмиран при предно-латерален или директен латерален достъп през *m. deltoideus*.

*Nn. subscapulares* (C5, C6). Горните (C5) са най-късите нерви от задния сноп на мишничното сплетение. Навлизат в едноименния мускул сравнително високо. Те снабдяват 2/3 до 4/5 от горната част на *m. subscapularis*. Долните (C5, C6) имат дълъг ход и навлизат в долната част на мускула. Освен долната част на *m. subscapularis*, те инервират и *m. teres major*. В около 21% от случаите долните *nn. subscapulares* могат да бъдат директно разклонение от проксималния сегмент на *n. axillaris*.<sup>354</sup>

*N. suprascapularis* започва от горно-латералната част на горния ствол на мишничното сплетение. Притежава дълъг и кос ход, паралелно на *m. omohyoideus*, докато достигне до *incisura suprascapularis*, където е в сравнително фиксирано положение. Нервът преминава под *lig. transversale scapulae* и навлиза в *m. supraspinatus*, като инервира мускула чрез две клончета. Нервът е придружен от едноименната артерия, която преминава над *lig. transversale scapulae*. Дистално нервът има ход по основата на *spina scapulae*, където чрез други две клончета инервира *m. infraspinatus*.<sup>70</sup> *N. suprascapularis* отделя клонче към горната част на ГХС и АКС и едно клонче за горно-задната част на ГХС.<sup>109</sup>

*N. musculocutaneus* (C5, C7) се отделя от латералния сноп на мишничното сплетение и се насочва дистално, пробивайки *m. coracobrachialis* – зона със съществено за клиниката значение поради редица интервенции, при които нервът може да бъде подложен на тракционни сили.<sup>125</sup> Нервът дава моторни клончета за предната група мускули на мишницата. По данни на Flatlow<sup>104</sup> в около 70% от случаите нервът пробива мускула в интервал между 5 и 8 см дистално от *proc. coracoideus*. При останалите 30% нервът пробива мускула между 3,1 и 8 см, като някои разклонения на нерва могат да достигнат 1,7 см под *proc. coracoideus*.

#### 1.1.1.3.2. Кръвоносни съдове

Кръвоснабдяването на горния крайник започва от *a. subclavia*. Първите разклонения на *a. subclavia*, свързани с рамото, идват от *truncus thyrocervicalis* – *a. transversa cervicalis*, кръвоснабдяваща *mm. rhomboidei* и *a. suprascapularis*, която кръвоснабдява *m. supraspinatus*.<sup>386, 125</sup>



*A. axillaris* е пряко продължение на *a. subclavia*, като започва от латералния ръб на първо ребро и продължава до долния ръб на *m. latissimus dorsi*, откъдето продължава като *a. brachialis*. Разделя се на три части.<sup>386, 387, 125</sup> Първата част се намира над нивото на латералния ръб на *m. pectoralis minor*. От тази част се отделя *a. thoracica superior*, която кръвоснабдява първите три междуребрени пространства. Втората част е на нивото на мускула и има два клона – *a. thoracoacromialis* и *a. thoracica lateralis*. *A. thoracoacromialis* пробива клави-пекторалната фасция и дава четири клончета: *a. pectoralis*, кръвоснабдяваща стерно-косталната част на *m. pectoralis major*; *a. deltoidea*, кръвоснабдяваща стерналната част на *m. pectoralis major* и клавикуларната част на *m. deltoideus*, както и кожната зона над делтоидо-пекторалния сулкус; *a. acromialis*, кръвоснабдяваща АКС; *a. clavicularis*, кръвоснабдяваща ключицата и СКС.<sup>343</sup>

*A. thoracica lateralis* кръвоснабдява *m. pectoralis minor*, *m. serratus anterior* и трето до пето междуребрие.

Третата част на *a. axillaris* започва под нивото на *m. pectoralis major*. Най-големият ѝ клон е *a. subscapularis*. Последната има ход каудално към едноименния мускул и го кръвоснабдява. Клонът ѝ – *a. circumflexa scapulae*, кръвоснабдява задната част на рамото, като осъществява важна анастомоза с *a. suprascapularis* и по този начин се осъществява връзка между *a. subclavia* и *a. axillaris*. Тя преминава под и зад долния ръб на *m. subscapularis* и после върви медиално към дългата глава на трицепса, като преминава през *триангуларното пространство* и кръвоснабдява долния ъгъл на скапулата и *fossa infraspinata*.<sup>230</sup> *A. subscapularis* продължава в *a. thoracodorsalis*, като последната върви с едноименния нерв и кръвоснабдява *m. latissimus dorsi* и *m. teres major*.<sup>125</sup>

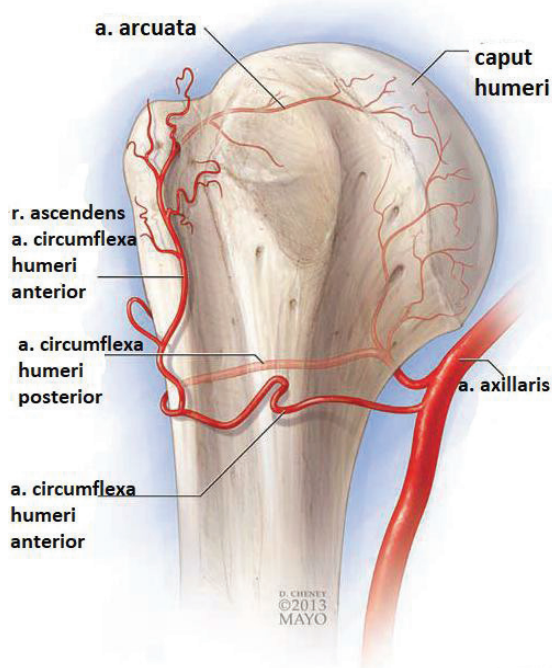
*A. circumflexa humeri posterior* се отделя от задната страна на третата част на *a. axillaris*. Преминава през *квадрилатералното пространство* заедно с *n. axillaris* и след като премине под *m. teres minor*, се разклонява подобно на нерва, като предният ѝ клон върви заедно с предната част на нерва и кръвоснабдява предните 2/3 на делтовидния мускул, а задният клон на артерията върви със задната част на нерва, като кръвоснабдява задната трета на мускула. Артерията дава клончета към ГХС, като участва в кръвоснабдяването на главата на хумеруса.<sup>116</sup>

*A. circumflexa humeri anterior* преминава през долната граница на сухожилието на *m. subscapularis*, като дава клончета към мускула. В дълбочина под *m. deltoideus* артерията анастомозира с *a. circumflexa humeri posterior*. *A. circumflexa humeri anterior* отделя клон, който се насочва проксимално и има паралелен ход със СДГБ, като върви от

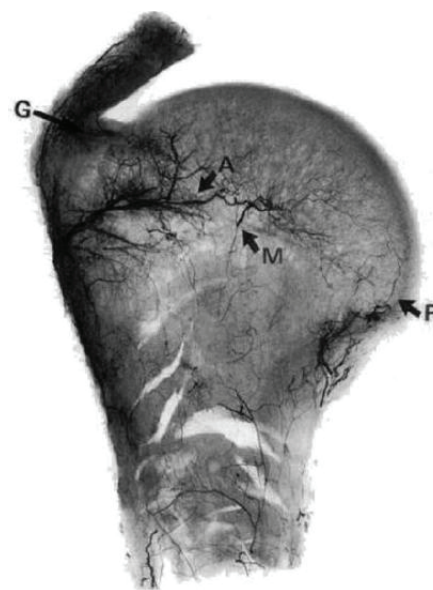
латералната му страна – *ramus anterolateralis ascendens*. Артерията навлиза в главата на хумеруса на мястото, където ИТС се среща с ГТ. Нейният терминален клон – *a. arcuata*, дълго време е смятан за главния артериален съд, изхранващ главата на хумеруса.<sup>202, 116</sup> Сега е известно, че *a. arcuata* притежава **изразени вътрекостни анастомози** със задно-медиални клончета на *a. circumflexa humeri posterior*, както и със съдове от метафизата и със съдове от МТ и ГТ (фиг. 4 и фиг. 5).<sup>41</sup> Поради незначителната вариабилност в локализацията на *ramus anterolateralis ascendens*, за да се избегне увредата на съда, се препоръчва проксималните 12,3 мм от ИТС да не бъдат обект на хирургична дисекция.<sup>315</sup>

Според последните литературни данни *a. circumflexa humeri anterior* отговаря за около **36%** от кръвоснабдяването на хумералната глава, докато *a. circumflexa humeri posterior* е отговорна за **64%** от кръвния ток към хумералната глава, снабдявайки три от четири квадранта на главата.<sup>146</sup>

Докато съществуват спорове за процентното съотношение, в което двете артерии участват в кръвоснабдяването, авторите са на едно мнение: че *a. circumflexa humeri anterior* е в доста по-близък контакт с костта и е прираснала с нея, за разлика от *a. circumflexa humeri posterior*. Поради тази причина при голяма част от ФПХ *a. circumflexa humeri anterior* се уврежда, без това обаче задължително да води до аваскуларна некроза (АВН).<sup>51</sup>



**Фиг. 4.** Кръвоснабдяване на проксимален хумерус (илустрация). Автор *D. Cheney*.<sup>61</sup>



**Фиг. 5.** Кръвоснабдяване на проксимален хумерус. Перфузионна ангиограма: *a. arcuata* (A); анастомоза с метафизарни клончета (M) от *a. circumflexa humeri posterior*.<sup>41</sup>

Основният венозен ток в областта на рамото се осъществява от *v. axillaris* и *v. cephalica*. *V. cephalica* представлява повърхностна вена на горния крайник. Достига делтоидо-пекторалния сулкус, където се разполага в дълбочина под фасцията. След като пробие клави-пекторалната фасция, вената се дренира във *v. axillaris*. *V. cephalica* не получава клончета от *m. pectoralis major* и по този начин дренира единствено *m. deltoideus*.<sup>282</sup> Тя е важен анатомичен ориентир при дисекцията до проксималния хумерус чрез делтоидо-пекторален достъп. *V. axillaris* е продължение на *v. basilica*, като на нивото на латералния ръб на първо ребро преминава във *v. subclavia*. По-голямата част от венозния ток на горния крайник преминава през нея, с изключение на клончета, придружаващи *a. thoracoacromialis*, като над половината от тях се вливат във *v. cephalica*.<sup>282</sup>

## 1.1.2. Биомеханика на рамото

### 1.1.2.1. Стабилност

Най-важна за движенията в рамото е ГХС. Геометричните взаимоотношения между нейните ставни повърхности позволяват забележителен обем на движения в нея. Осъществяването на тези движения е за сметка на обусловена загуба на биомеханична стабилност в ставата. Saha<sup>305</sup> определя пространствените взаимоотношения между хумералната глава и гленоида като глено-хумерално съотношение, като във фронталната равнина то е 0.8, а в хоризонталната равнина – около 0.6. Тези изчисления съвпадат с наблюденията на други автори, които съобщават, че само 1/3 от хумералната глава е в контакт с гленоида, независимо от фазата на движение на рамото.<sup>334</sup> Това съотнасяне често е оприличавано на топка за голф и подлежащата ѝ площадка.<sup>293</sup> Стабилността на ставата се осъществява едновременно от статични и динамични стабилизатори. Статичните стабилизатори включват специфичната костна анатомия на ставата, лабрума на гленоида, негативното вътреставно налягане, процесите на адхезия – кохезия, капсуло-лигаментарните структури и ефекта на тенодеза от сухожилията и мускулите на РМ. Динамичните стабилизатори са мускулите на РМ, *m. deltoideus*, дългата глава на бицепса, движенията на скапулата и проприорецепцията.<sup>61</sup>



### 1.1.2.1.1. Статични стабилизатори

*Костната стабилност* се обуславя предимно от анатомията на гленоида – от неговия конкавитет<sup>366</sup> и инклинация<sup>337</sup>. Лабрумът заедно с гленоидалния хрущял увеличават дълбочината на гленоида с около 80%, което не позволява на главата на хумеруса да се „прекатури“ върху ръба на гленоида.<sup>207</sup>

*Осмотичното действие* на синовията подпомага стабилността, като създава негативно вътреставно налягане.<sup>214</sup>

*Процеса на адхезия-кохезия* в ГХС има минимален стабилизиращ механизъм и се осъществява чрез синовиалната течност, която позволява плъзгането на ставните хрущяли един спрямо друг и едновременно действа като статичен ограничител срещу раздалечаването им.<sup>158</sup>

*Капсуло-лигаментарният апарат* е главният статичен стабилизатор на ГХС. Капсулата и лигаментите на ГХС са отпуснати и осигуряват стабилност само в крайните фази на движение, поставени под напрежение.<sup>260, 135</sup>

*LGHS* ограничава трансляцията на хумералната глава в дистална посока и нейната външна ротация, когато горният крайник е в положение на аддукция в рамото.<sup>23</sup>

*LGHM* е максимално обтегнат при външна ротация и 45° абдукция в рамото и тогава действа като главен стабилизатор срещу предна трансляция на хумералната глава.<sup>353</sup>

Предната част на *LGHI* е под по-голям опън при външна ротация и абдукция над 45° и в това положение действа като главен стабилизатор срещу трансляция на хумералната глава в предна и дистална посока.<sup>252</sup> При абдукция 90° и вътрешна ротация задната част на *LGHI* заедно с капсулата действат като главен стабилизатор срещу задна трансляция.<sup>251</sup>

*LCH* осъществява същата стабилизираща функция като *LGHS*, като лимитира външната ротация и трансляцията на главата в дистална посока, когато горният крайник е в аддукция.<sup>135</sup>

*Lig. Coracoacromiale* има най-голяма роля за ограничаване на проксималната трансляция на хумералната глава.<sup>131</sup>

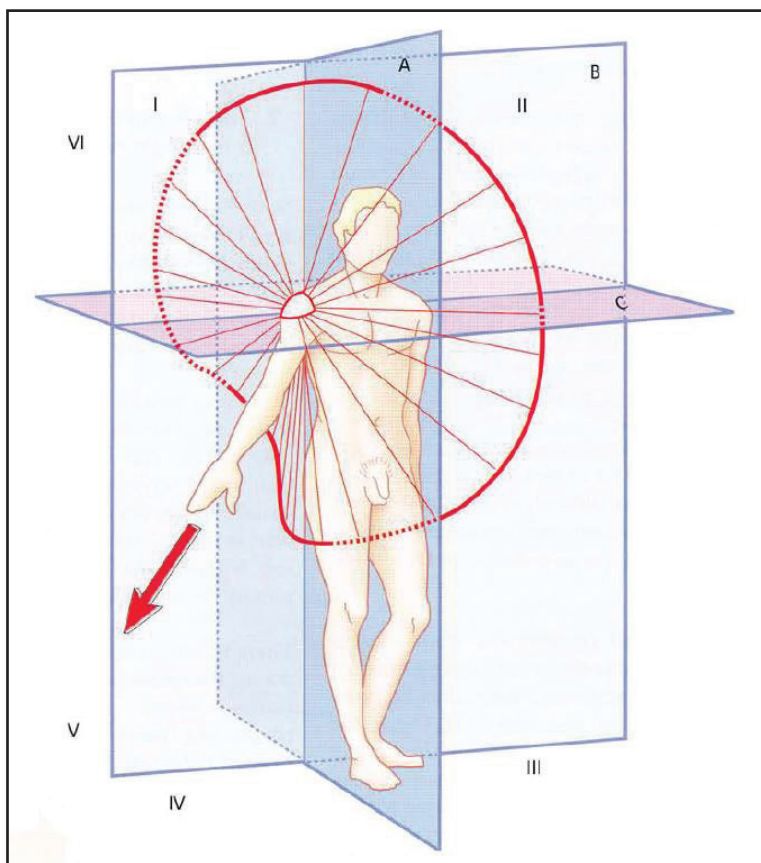
### 1.1.2.1.2. Динамични стабилизатори

От изброените динамични стабилизатори основна роля имат мускулите на РМ. Всеки от тях се съкращава индивидуално, като по този начин те урівновесяват силите помежду си, както и тези, предизвикани от останалите мускули на раменния пояс. *M. subscapularis* и *m. infraspinatus* се съкращават едновременно и балансирайки се един с друг, оказват компресия и центрират главата на раменната кост в гленоида.<sup>305, 153</sup> На този принцип мускулите на РМ стабилизират ГХС.<sup>201</sup> От друга страна, това води до по-голямо покритие на главата от страна на лабрума.<sup>367, 210</sup> Също така, повдигайки и ротирайки хумеруса, мускулите на РМ динамично опъват капсулата и лигаментите, допринасяйки за стабилизиращата им функция.<sup>368</sup>

### 1.1.2.2. Движения в рамото

Пълният обем движения в рамото се осъществява благодарение на съгласуваните движения между пет стави. Каранджі<sup>170</sup> разделя тези пет стави на две групи. Първата група включва ГХС, която е „истинска“ анатомична става, и субделтоидната става, която е физиологична („лъжлива“) става. Субделтоидната става е механично свързана с ГХС, тъй като всяко движение в ГХС води до движения в субделтоидната. Втората група стави се състои от СТС (физиологична), която не може да функционира без АКС и СКС (анатомични), които са механично свързани с нея. Едновременно с това двете групи също работят съгласувано помежду си, като се подпомагат в различна степен в зависимост от вида движение, което се извършва в тях.<sup>170</sup>

Движенията в ГХС се извършват в три равнини в пространството и около три оси. Във фронталната равнина лежи напречната ос, около която се извършват флексия и екстензия в сагиталната равнина. В сагиталната равнина лежи предно-задната ос, около която се извършват абдукция и аддукция във фронталната равнина. В пресечната точка между сагиталната и фронталната равнина лежи вертикалната ос, около която се извършват флексия и екстензия в трансверзалната равнина при отведен в 90° крайник.<sup>386, 170</sup> Чрез комбинацията между описаните елементарни движения в максималния им обем в трите основни равнини се осъществява двигателен процес, известен като **циркумдукция** (фиг. 6).<sup>170</sup>



**Фиг. 6. Циркумдукция.** Горният крайник описва в пространството *конус на циркумдукцията* с връх, лежащ в центъра на рамото, и страни, равни на дължината на крайника. Основата на конуса е далеч от правилен кръг поради деформацията от трупа. Конусът описва в пространството сферичен *сектор на достъпността*, в рамките на който ръката може да хване обект и да го поднесе до устата без движения в трупа.<sup>170</sup>

За изходна позиция при движенията в рамото се приема тази, при която горният крайник виси свободно до тялото, така че дългата ос на хумеруса съвпада с дългата ос на горния крайник, дланта е обърната към тялото, а палецът сочи напред.<sup>386, 170</sup>

В зависимост от ставите и мускулите, които участват в осъществяването на *абдукцията*, последната условно може да се раздели на *три фази*: 1. Абдукция от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , осъществявана само от ГХС; 2. Абдукция от  $90^\circ$  до  $150^\circ$ , където движенията се подпомагат и от СТС; 3. Абдукция от  $150^\circ$  до  $180^\circ$  градуса, където, освен двете стави, е нужна и флексия на торса към срещуположната част на тялото.<sup>170</sup>

*Първата фаза на абдукцията* ( $0 - 90^\circ$ ) се осъществява изцяло в ГХС, като мускулите, инициатори на абдукцията, са *m. deltoideus* и *m. supraspinatus*. Тези мускули действат като синергисти, като и двата мускула са активни от самото начало на абдукцията, а тяхната специфична роля все още е въпрос на дискусия.<sup>293</sup> Според Duchene<sup>89</sup> всеки от

двата мускула е активен по време на абдукция и самостоятелно може да възпроизведе пълния обем на движението. Дълго време *m. supraspinatus* е смятан за самостоятелен инициатор на абдукцията. Van Linge и Mulder<sup>49</sup> доказват, че при изкуствено провокирана парализа на мускула последният не е есенциален за абдукцията дори в началото на движението. От друга страна, експеримент на Thompson<sup>349</sup> и колеги показва, че при парализа на *m. supraspinatus*, *m. deltoideus* трябва да увеличи силата си с малко над 100% в началото на абдукцията и само с 12% за завършването ѝ, което потвърждава ролята на *m. supraspinatus* като есенциален инициатор на абдукцията и елевацията.

По време на абдукция силата, с която действа *m. deltoideus* върху хумералната глава, може да се раздели на два вида – една, притискаща хумералната глава към гленоида, и друга, по-голяма, която има тенденция да дислоцира главата в проксимално и латерално направление. В този момент мускули от РМ (*mm. infraspinatus, subscapularis, teres minor*) се съкращават, като сборният вектор на тяхната сила е срещуположен на вектора на дислоциращата сила на *m. deltoideus*. Силата на действие на трите мускула от маншона е максимална при 60° абдукция.<sup>170, 61, 293</sup>

*M. supraspinatus* от своя страна притиска хумералната глава към гленоида, като значително се противопоставя на дислоциращата сила на *m. deltoideus*, главно в началото на абдукцията.

*Първата фаза на абдукцията* спира при 90°, когато хумералната глава се „заключва“ в резултат на опирането на ГТ в горния ръб на гленоида. Последваща абдукция може да се осъществи единствено с участието на СТС, като скапулата се ротира около предно-задната си ос, така че гленоидът да „гледа“ нагоре. Обемът на ротация е около 60°. Гледано отзад, посоката на ротацията е обратна на часовниковата стрелка (за дясна скапула). Заедно с ротацията на скапулата е налице и 30° ротация около надлъжната ос на ключицата в АКС и СКС става.<sup>170</sup>

Функционалната двойка мускули на нивото на СТС, участващи в тази фаза на абдукцията, са *m. trapezius* и *m. serratus anterior*.<sup>170</sup>

*Втората фаза на абдукцията* завършва при 150° поради съпротивлението, което оказват разтегнатите аддуктори – *m. latissimus dorsi* и *m. pectoralis major*. За да може горният крайник да достигне 180° вертикална позиция, е необходимо латерално

изместване на гръбначния стълб под действието на контралатералната спинална мускулатура.

*Разделянето на така описания скапуло-торакален ритъм по време на абдукцията на три фази е изкуствено. На практика описаните движения преливат едно в друго.*<sup>170</sup>

Различните автори съобщават различни данни за съотношението между действието на ГХС и СТС в *скапуло-торакалния ритъм* по време на абдукция на крайника.<sup>71, 305, 275, 157</sup> Bergman<sup>30</sup> обобщава резултатите от различни проучвания, като заключава, че съотношението е 2:1 в полза на ГХС по време на целия цикъл на абдукция, като в първите 30° значително повече движението е в ГХС, докато в последните 60° участието на ГХС и СТС е сравнително еднакво.

**Флексията** в рамото достига 180°. Условно може да се раздели на три фази: от 0° до 50 – 60° градуса, с участието на предната част на *m. deltoideus*, *m. coracobrachialis*, *pars clavicularis* на *m. pectoralis major*; от 60° до 120°, свързано с 60° ротация на скапулата, така че гленоидът да „гледа“ напред и нагоре, с участието на *m. trapezius* и *m. serratus anterior*; третата фаза, от 120° до 180°, е съпроводена с движение на гръбначната колона. Ако се флектира само единият крайник, последната фаза на движението се осъществява чрез преминаване от пълна абдукция към флексия и накланяне на гръбнака към срещуположната страна. Ако се флектират двата крайника, е необходимо да се засили лумбалната лордоза.<sup>386, 170</sup>

**Екстензията** в раменната става има ограничен обем от 45 – 50°. За екстензията в ГХС е необходимо да се съкратят влакната на *m. teres major*, *m. teres minor*, задната част на *m. deltoideus*, *m. latissimus dorsi*. Екстензията в СТС се осъществява с помощта на *mm. rhomboidei*, *m. trapezius*, *m. latissimus dorsi*.<sup>386, 170</sup>

**Аддукцията** във фронталната равнина от изходна позиция е механично възпрепятствана поради наличието на торса. От изходна позиция аддукцията може да се осъществи само в комбинация с флексия или екстензия. В комбинация с екстензия аддукцията е минимална по обем. При комбинация с флексия аддукцията достига 30 – 45°. От всяко положение на абдукция аддукцията във фронталната равнина винаги е възможна до изходна позиция, като в този случай аддукцията се нарича *релативна*.

Мускулите, участващи в аддукцията, са *m. teres major*, *m. latissimus dorsi*, *m. pectoralis major*, *mm. rhomboidei*.<sup>386, 170</sup>

Волевата *външна* и *вътрешна ротация* се осъществява около надлъжната ос на горния крайник. Като изходна позиция за измерване на ротацията се приема тази, при която горният крайник е в 90° флексия в лакътната става и предмишницата е ориентирана в сагиталната равнина. В противен случай ротационните движения са съпроводени с движения на проно-супинация в предмишницата. **Външната ротация** достига 80 – 90°. Главни външни ротатори са *m. infraspinatus* и *m. teres minor*. **Вътрешната ротация** достига 100 – 110°. За пълното ѝ изпълнение е необходимо крайникът да премине зад тялото. Вътрешни ротатори са *m. subscapularis*, *m. latissimus dorsi*, *m. teres major*, *m. supraspinatus*, *m. pectoralis major*. И двата вида ротация са съпроводени от 40 – 45° ротация на скапулата.<sup>386, 170</sup>

**Флексията в трансверзална равнина** достига 140°, екстензията достига 30 – 40°, като за изходна позиция се приема 90° абдукция във фронтална равнина.<sup>386, 170</sup>

## 1.2. Честота, възрастово разпределение и механизъм на получаване на ФПХ

### 1.2.1. Честота и възрастово разпределение

ФПХ представляват около 4 – 5% от общия брой на фрактурите в човешкия скелет<sup>219, 22, 76, 27, 267</sup>, като този процент се удвоява при пациентите след 65-годишна възраст, достигайки 10%.<sup>21, 67</sup> Честотата на ФПХ постоянно се увеличава поради застаряването на населението, като някои автори изчисляват, че броят им може да нарасне от два до три пъти в следващите 30 години.<sup>265, 186, 11, 147</sup> При пациентите над 65-годишна възраст ФПХ се нареждат на трето място по честота след фрактурите на проксималната бедрена кост и фрактурите на дисталния радиус и съответно са втората по честота фрактура на горния крайник.<sup>21, 265, 203</sup> От общия брой фрактури на раменната кост най-голям брой се падат на ФПХ (47 – 50%), следвани от фрактурите на дисталния хумерус и хумералната диафиза.<sup>295, 186</sup> От травматичните увреди на раменния пояс 53% се заемат от ФПХ.<sup>249</sup>

Значително по-голяма част от ФПХ засягат женския пол, като повечето автори съобщават съотношение 1:3 в полза на жените.<sup>295, 151, 219, 249, 22, 21, 76, 67, 265, 186, 171</sup> В своето

проучване Bell<sup>27</sup> съобщава, че при пациентите над 65-годишна възраст 85% от броя на ФПХ се срещат у женския пол.

Разпределението на ФПХ в двата пола и честотата им са различни в различните възрастови групи. В своето проучване Rose<sup>295</sup> съобщава за пик на ФПХ във възрастта 10 – 19 години, последван от спад на инцидентите с ФПХ във възрастовата група 20 – 29 години, последван от ново зачестяване на тези фрактури във възрастта 29 – 50 години. Съотношението мъже:жени и в трите споменати възрастови групи е приблизително 1:1. След 50-годишна възраст инцидентите с ФПХ значително зачестяват, като достигат пик и за двата пола във възрастта над 80 години, като съотношението между половете значително се променя (мъже:жени = 1:4).

Сходни са и данните на Lind и сътр.<sup>219</sup>, според които разпределението на ФПХ в двата пола във възрастовия диапазон 1 – 50 години е еднакво, с изключение на леко повишаване на инцидентите у мъжкия пол във възрастта 31 – 40 години. След 50-годишна възраст се наблюдава експоненциално нарастване на ФПХ у женския пол, като 75% от хоспитализираните пациенти с ФПХ са на възраст над 60 години, а от тях 75% са жени.

Court-Brown и сътр.<sup>76</sup> потвърждават горепосочените данни, докладвайки приблизително еднакво съотношение на броя на ФПХ във възрастовите групи 10 – 19 години, 20 – 29 години и 40 – 49 години. Отново изключение е групата на 30 – 39-годишните пациенти, където вземат превес инцидентите у мъжкия пол. Според авторите по-малко от 1/5 от общия брой фрактури са възникнали във възрастта под 50 години. След 50-годишна възраст ФПХ експоненциално зачестяват у женския пол, достигайки приблизително съотношение мъже:жени = 1:4 във възрастта 70 – 79 години.

Подобни са и заключенията на Kim<sup>186</sup>, Bahrs<sup>11</sup> и Launonen<sup>203</sup>, като в своето проучване от 2014 г. Bahrs<sup>11</sup> съобщава, че от 815 пациенти 66,5% са жени. От всички пациенти: 51,7% са жени на възраст над 60 години; 14,8% са жени под 60 години; 13,6% са мъже над 60 години; 19,9% са мъже под 60 години.

По-големият процент ФПХ се дължи на нискоенергийна (НЕ) травма. С напредване на възрастта този процент се увеличава за сметка на процента на ФПХ, възникнали в резултат на високоенергийна (ВЕ) травма. Според литературните данни НЕ травми са причина за 75 – 92% от ФПХ.<sup>295, 219, 249, 22, 264, 76, 67, 265, 186, 11, 203</sup> Court-Brown и сътр.<sup>76</sup>



съобщават, че от 1027 пациенти с ФПХ 87% се дължат на падане от собствен ръст (ПСР), като средната възраст на пациентите от тази група е 69 години; на падане по стълби се дължат 4% и средната възраст е 54 години; на директен сблъсък или удар се дължат 4% и средната възраст е 44 години; на пътнотранспортни произшествия (ПТП) се дължи 1% и средната възраст е 46 години; на спортни инциденти се дължат 4% и средната възраст е 33 години.

Сходни са и данните, изложени от Launonen<sup>203</sup>, с леко преразпределение в процентите, като авторите съобщават за 1% в резултат от физическо насилие и 1% в резултат на алкохолен или епилептичен припадък като причини за травматичния инцидент. В същото проучване, от общия брой инциденти 44 са в резултат на ВЕ травма при по-млади пациенти и 619 са в резултат на НЕ травма при по-възрастните.

Palvanen<sup>265</sup> съобщава, че 80% от ФПХ след 18-годишна възраст са в резултат на ПСР, като 75% от тях са при жени над 65-годишна възраст.

Horak<sup>151</sup> и Court-Brown<sup>76</sup> стигат до заключението, че с напредване на възрастта инцидентите стават по-тежки и ФПХ стават по-комплексни. Bahrs<sup>11</sup> съобщава, че при младите пациенти в резултат на ВЕ фрактурите също имат комплексен характер, но само 20% от общия брой фрактури попадат в тази група, докато повече от половината от комплексните фрактури при възрастни пациенти са в резултат на НЕ инцидент. Авторите посочват пет пъти повече комплексни фрактури при жени над 60 години в сравнение с мъжете в същата възрастова група.

Повечето автори са съгласни, че главен фактор, отговорен за неоспоримо по-високия брой ФПХ у женския пол, е значително по-изразената остеопороза при жените, особено при тези над 60-годишна възраст.<sup>295, 249, 21, 265, 186, 11</sup>

Ниската костна плътност и ПСР са основните причини за получаването на по-големия процент ФПХ при пациенти над 65 години. Съществуват и допълнителни рискови фактори, допринасящи за по-голямата вероятност от падане. Такива са: анамнеза за фрактура на бедрената кост, падане поне един път през последните 6 месеца, инсулинозависим диабет, нарушен слух и равновесие, нарушено зрение, нервно-мускулна слабост, епилепсия, депресия, болка в долните крайници, както и ниска степен на физическа активност.<sup>211, 67, 177</sup>



Интересни са данните на Court-Brown<sup>77</sup> от 2018 г., които установяват повишаване на броя на ФПХ с 9,3% в мъжката популация над 65-годишна възраст за периода от 2000 до 2010 г. Според авторите причина за това е превенцията на остеопоротичните фрактури, концентрирана главно върху възрастните жени. От друга страна, с увеличаването на ФПХ у мъжете в тази възрастова група се е увеличил и процентът на ВЕ инциденти, главно в резултат от ПТП.

При ФПХ има изразена сезонност с повишена честота на инцидентите през зимните месеци.<sup>219, 76, 203, 267</sup> По данни на Kannus и съавт.<sup>169</sup> 54% от пациентите с ФПХ падат навън, като около 90% от инцидентите са на равен терен и 72% са в резултат на спъване или подхлъзване.

Смъртността при пациентите с ФПХ е значително по-висока спрямо останалата популация, като рискът от настъпване на смърт е пет пъти по-висок през първите тридесет дни след инцидента, спадайки до два пъти по-висок в рамките на една година след инцидента. Това е доказателство, че тези пациенти представляват една крехка група, при която правилният подход и навременното лечение са задължителни.<sup>28</sup>

### 1.2.2. Механизъм на получаване

Два са главните механизми на възникване на травмата на проксималния хумерус – директен и индиректен. Най-чест е механизмът, при който пациентите падат напред с ротация на тялото, директно върху рамото (43%), следван от директно падане на страни (29%), а само 7% успяват да изпънат горния си крайник и да предотвратят директния удар върху рамото.<sup>264, 265</sup>

Edelson<sup>90</sup> изследва патомеханизма на ФПХ на базата на 3D реконструирани образи от проксимален хумерус на музейни експонати и клинични случаи. Описаните резултати са сходни с тези на Majed<sup>224</sup>, който провежда единственото до момента биомеханично изследване с кадаври за възпроизвеждане на механизма на ФПХ. При индиректния механизъм на падане горният крайник е в положение на флексия, абдукция и вътрешна ротация в ГХС. Това е позицията, която крайникът заема, когато човек има време да го разгъне и да поеме падането с ръка – т.нар. *парашутен рефлекс*. Ако при такова падане е налице неразместена фрактура на проксималния хумерус, нейните фрактурни линии следват триъгълните очертания на гленоида. Фрактурите възникват и при директен

удар със земята или с твърд предмет, като крайникът най-често е в аддукция и различна степен на ротация. Независимо от механизма на травмата, при всички случаи гленоидът действа като „наковалня“, в която хумералната глава се удря, като по този начин се получават както по-простите двуфрагментни, така и по-сложните три- и четирифрагментни ФПХ. Вътрешната ротация на хумералната глава и анатомичната ретроверзия на гленоида водят до форсираното ѝ избутване в задно направление от гленоида по време на удара. Така се получава двуфрагментна фрактура през хирургичната шийка. Наклонът на главата назад и надолу спрямо shaft е причина за валгусната деформация, наблюдавана на фасови рентгенографии. При продължаващо избутване на главата назад и надолу се получава и фрактура през ГТ. При продължаващо действие на силата се получават по-комплексни фрактури, които авторите наричат „*shield*“ (от англ. *щит*) фрактури, тъй като при тях главата е обградена като от щит от фрагментите на ГТ и МТ, свързани с ИТС помежду им. Разцепените (сплит) фрактури също се получават по механизма на „*shield*“ фрактурите, като при тях част от хрущяла на главата остава свързана с „*shield*“ фрагмента.<sup>90, 224</sup>

### 1.3. Класификация

Идеалната фрактурна класификация трябва да е практична, надеждна, възпроизводима, логична и не на последно място, изчерпателна, за да бъде в помощ на изследващия да характеризира фрактурата, да изчисли прогнозата, да направи оптимален терапевтичен план и да опише резултатите от лечението.<sup>320, 300</sup>

За първи път през 1934 г. Codman<sup>71</sup> прави важното заключение, че фрактурните линии при ФПХ възникват между четири главни фрагмента – хумералната глава, ГТ, МТ и shaft на хумеруса проксимално от инсерцията на *m. pectoralis major*, като различните типове фрактури са общо 12. Макар и твърде опростена, базирана само на наличието на фрактурни линии, концепцията на Codman<sup>71</sup> е оказала безспорно влияние, като е послужила за основа на много други класификации в клиничната практика.<sup>205</sup>

През 1970 г. Charles Neer<sup>244</sup> модифицира концепцията на Codman и създава нова система за класификация на ФПХ, фокусирана не върху наличието на фрактурни линии, а върху патоанатомията на фрактурата и наличието или липсата на разместване на фрагменти. Предложената от Neer патоанатомична система класифицира едновременно фрактурите и фрактурите – луксации, вземайки предвид деформиращата

сила на мускулите, залавящи се за свободните фрагменти, кръвоснабдяването на хумералната глава и състоянието на ставната повърхност (фиг. 7).<sup>244, 245</sup>

За разместен се приема всеки фрагмент, при който разместването е над 1 см и ангулацията е над 45°. По този начин в *първа група* по Neer попадат всички фрактури, независимо от локализацията и броя на фрактурните линии, при които няма фрагмент, разместен над 1 см и ангулиран над 45°. Тези фрактури се наричат **еднофрагментни** или **неразместени**.<sup>244, 245</sup>

**Двухфрагментните** фрактури се назовават според размествания фрагмент: двухфрагментна фрактура през ГТ, който е разместен назад и медиално от силата на *m. supraspinatus* и *m. infraspinatus*; двухфрагментна фрактура през МТ, разместен напред и медиално от силата на *m. subscapularis*; двухфрагментна фрактура през хирургичната шийка, при която диафизата на хумеруса е разместена напред и медиално от действието на *m. pectoralis major*; двухфрагментна фрактура през анатомичната шийка, която е изключително рядка, без да е налице разместване и през туберкулите.<sup>244, 245</sup>

При **трифрагментните** фрактури един от туберкулите остава свързан с главата, което води до ротирането ѝ и до запазването на част от нейното кръвоснабдяване. Условие, за да има ротация на главата, е последната да не бъде импактирана в диафизата на мястото на фрактурата през хирургичната шийка.<sup>244, 245</sup>

При **четирифрагментните** фрактури има разместване на четирите фрагмента, като кръвоснабдяването на хумералната глава е сериозно нарушено. При ретрахирането на двата туберкула хумералната глава се размества в латерална посока. По-късно Neer отделя т.нар. четирифрагментна фрактура през хирургичната шийка с валгус импактирана хумерална глава като гранична увреда. При нея няма латерално разместване на главата, а медиалната панта остава здрава, което може да съхрани кръвоснабдяването на главата.<sup>244, 245</sup>








В групата на **фрактурите – луксации** влизат всички дву-, три- и четирифрагментни фрактури, придружени с предна или задна луксация на главата. В тази група попадат и фрактурите, получени в резултат на **импакция** на главата в гленоида, най-често поради луксации на ГХС, и **разцепените** (сплит) фрактури, получени в резултат от централна импакция на главата в гленоида.

Общият брой на видовете фрактури в класификацията Neer достига **18**.<sup>244, 245</sup>

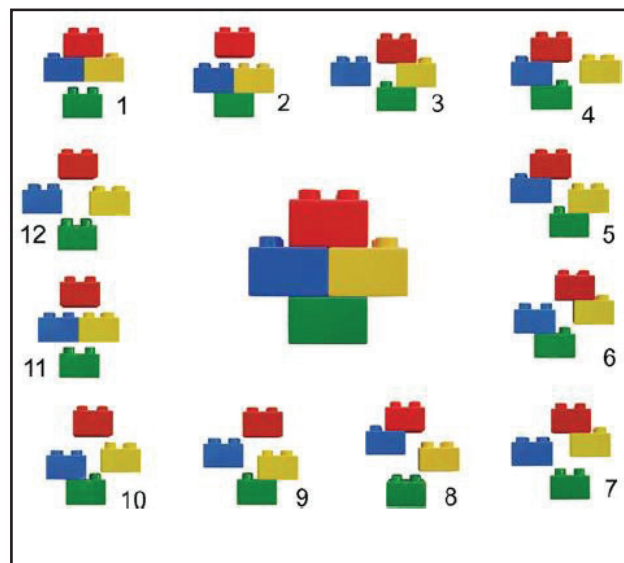
Jacob и Ganz от групата на **АО** (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese Fragen) предлагат система за класификация на ФПХ, състояща се от 27 подгрупи и базирана на критерии

като: степента на засягане на артикуларната компонента, локализацията на фрактурата, ангулацията, степента на раздробяване и дислокация, кръвоснабдяването на главата. Проксималният хумерус е номериран като **сегмент 11**, като фрактурите са разпределени в три типа – А, В, С. Всеки тип е разпределен в група, а всяка група – в подгрупа, която може допълнително да се раздели в зависимост от описаните по-горе критерии. Общият брой на видовете фрактури по АО класификацията достига **52**.<sup>163, 293</sup>

**Hertel**<sup>142</sup> модифицира системата за класификация на Codman<sup>71</sup>, вземайки предвид пет основни фрактурни плана, а не фрагментите. Плановете може да се идентифицират на базата на пет въпроса: 1. Има ли фрактура между ГТ и хумералната глава?; 2. Има ли фрактура между ГТ и диафизата?; 3. Има ли фрактура между МТ и хумералната глава?; 4. Има ли фрактура между МТ и диафизата?; 5. Има ли фрактура между ГТ и МТ? Резултатите могат да доведат до **12 основни типа** фрактури. Схематично това се представя под формата на елементи от конструктор LEGO, като по-късно класификацията е наименувана **HGLS** система (абривиатура от: head, greater tuberosity, lesser tuberosity, shaft) (фиг. 8).<sup>142, 143</sup>

Класификация на Neer за фрактури на проксимален хумерус		
2 - фрагментна	3 - фрагментна	4 - фрагментна
<p>Анатомична шийка</p> 		
<p>Хирургична шийка</p> 		
<p>Голям туберкулум</p> 	<p>Голям туберкулум</p> 	<p>Голям туберкулум и малък туберкулум</p> 
<p>Малък туберкулум</p> 	<p>Малък туберкулум</p> 	

Фиг. 7. Класификация на Neer.<sup>245</sup>



Фиг. 8. Класификация на Hertel (LEGO).<sup>142</sup>

Успоредно с HGSL класификацията Hertel взема под внимание и някои допълнителни фактори, които са от съществено значение за предричането на исхемия на хумералната глава. Това са: дължината на задно-медиалното (или дистално) метафизарно продължение на главата; целостта на медиалната панта; типът на фрактурата: степента на разместване на туберкулите, степента на ъглова деформация на главата, наличието на луксация, импресионна фрактура или сплит фрактура на главата.<sup>142, 143</sup>

На тази база **като главни предвестници на исхемия Hertel**<sup>142</sup> и сътр. установяват: **1.** Дължината на задно-медиалното продължение на главата (калкар, закачен към главата), в случаите, когато е под 8 мм; **2.** Разрушаването на медиалната панта на нивото на калкара (разместване на диафизата спрямо хумералната глава с повече от 2 мм); **3.** Типа на фрактурата, като с най-голяма вероятност за развитие на исхемия са фрактурите през анатомичната шийка.

Според авторите *запазването на дорзо-медиалната метафиза „закачена“ за хумералната глава и целостта на периосталната медиална панта осигуряват известен кръвоток на главата от a. circumflexa humeri posterior.*<sup>142</sup>

Поради значимостта на медиалния калкар при ФПХ, в своята класификация Russo го нарича „липсващия пети фрагмент“, разделяйки фрактурите в тази зона на шест типа в зависимост от направлението на фрактурните линии.<sup>301</sup>

Тук е мястото да отбележим, че често терминът „**нестабилни**“ се използва вместо „разместени“ и обратното. Макар и без строга дефиниция в литературата, като „**комплексни**“ фрактури повечето автори описват тези, при които е налице медиално раздробяване и/или остеопороза на костта.

## **1.4. Физикална и образна диагностика при фрактури на проксималния хумерус**

### **1.4.1. Физикална диагностика**

Пациентите с ФПХ обикновено се оплакват от болка в областта на рамото и ограничени и болезнени движения в засегнатия крайник, като голяма част от тях неволно държат увредения крайник в отбременяващо положение на вътрешна ротация с предмишница върху корема или подпряна от срещуположния здрав горен крайник. От огледа често

може да се установи оток в раменната област, но поради обемистата структура на делтоида или при по-обезни пациенти този белег невинаги е налице. При задна фрактура – луксация може да има изтъняване или хлътване на предната раменна област, а при предна фрактура – луксация да има изпъкване. Често при огледа може да са налице кръвонасядания в раменната област, особено при по-възрастни пациенти. Чрез палпация в зоната на проксималния хумерус може да се установят крепитации. Пасивните и активните движения водят до силна болезненост.<sup>388, 61, 293</sup>

Важно е да се изследва сетивността на *n. axillaris*, тъй като той е най-често уврежданият нерв при тези травми. Изследването на моторната функция на нерва в повечето случаи е невъзможно поради силната болезненост при движения в рамото. Задължително е изследването на пулсациите на *a. radialis* и капилярното напълване на пръстите на ръката. Откритите фрактури в областта са редки, а ако има такива, те най-често са от медиалната страна в близост до аксилата, където *m. pectoralis major* тегли диафизата напред и медиално. Не на последно място, пациентът трябва да се изследва за придружаващи травматични увреди.<sup>388, 61, 293</sup>

## 1.4.2. Образна диагностика

### 1.4.2.1. Рентгенова диагностика

Стандартните рентгенографии, използвани за диагностика на травматичните увреди на ГХС, в частност – на проксималния хумерус, са обединени в т.нар. *травма серия*. Травма серията включва три проекции: предно-задна (фасова) проекция; латерална аксиларна (профилна) проекция; скапуло-латерална, или Y-профилна, проекция.

При комбиниране помежду им се получават три образа, като всеки от тях е разположен на 90° спрямо останалите. Това осигурява триизмерна пространствена представа, давайки максимална информация, необходима за диагнозата на увредата.<sup>42, 61</sup>

Важно е да се отбележи, че скапулата не лежи строго във фронталната равнина. Погледната отгоре (в трансверзален срез), скапулата има кос ход, от медиално към латерално и отзад напред, формирайки с фронталната равнина ъгъл 30°, отворен напред и латерално.<sup>223, 170</sup> Това е от съществено значение за извършването на точни рентгенови проекции и особено за фасовата проекция, при която рентгеновият лъч трябва да пада под 30 – 45° кос ъгъл, насочен от медиално към латерално спрямо сагиталната равнина.

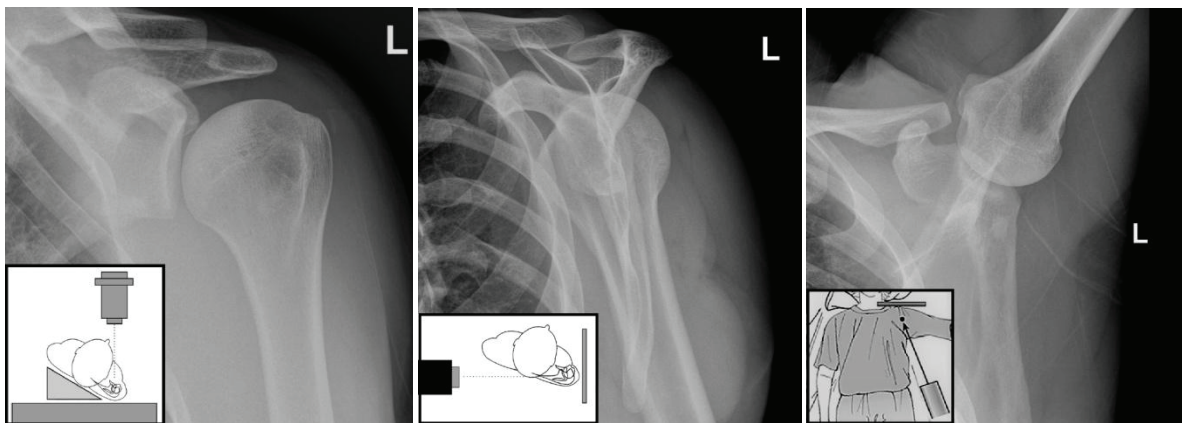
Това прави възможно графията да се извърши в скапуларната равнина, а не в равнината на гръдния кош – често повтаряна и затвърдена грешка в практиката.<sup>42, 61, 293</sup>

**Фасовата графия (Grashey)** може да се извърши както при лежащ, така и при изправен пациент, като увреденият крайник виси свободно до тялото или е в митела. Алтернативен способ за осъществяване на фасова проекция е този, при който самият пациент се завърта, така че скапулата да застане успоредно на касетата, а рентгеновият лъч се насочва перпендикулярно на скапулата (фиг. 9).<sup>293</sup> Предимството на истинската фасова проекция в равнината на скапулата в сравнение с фасовата проекция в равнината на торакса е, че по този начин гленоидът се проектира в профил, а не косо. Така ясно се разграничават, без да се припокриват, силуетите на хумералната глава и гленоида. При така извършената проекция наличието на припокриване на хумералната глава и гленоида е белег на предна или задна луксация или фрактура – луксация. Допълнителни рентгенографии във външна и вътрешна ротация на хумеруса могат да бъдат ориентир за степента и вида на разместването на фрактурите на ГТ и МТ.<sup>42, 61, 293</sup>

**Аксиларната профилна проекция** е описана от Lawrance.<sup>206</sup> Може да се осъществи в изправено или легнало положение на пациента. Идеалната позиция е при горен крайник в 70 – 90° абдукция. Рентгеновият лъч е насочен от долу нагоре към аксилата, а рентгеновата касета се поставя върху рамото на пациента (фиг. 9).

Чрез аксиларната проекция се постига идеален образ на гленоида и хумералната глава и ясно се очертават пространствените взаимоотношения между тях. Отчетливо се разграничават луксации на ставата, импактирани фрактури на главата на хумеруса, разместване на ГТ, както и фрактури на предния и задния ръб на гленоида. Сплит фрактури на главата оптимално се визуализират чрез тази проекция. Задни фрактури – луксации и фрактури на ГТ често са обект на диагностичен пропуск, като обикновено причината е неизвършена аксиларна проекция при първичния преглед.<sup>42</sup>





Фиг. 9. Травма серия. От ляво надясно: фас, Y-профилна, аксиларна профилна проекция.

Поради болката и мускулния спазъм, в повечето случаи пациентът не е в състояние да осъществи абдукция в рамото. В тези случаи може да се използва модификацията на аксиларната проекция – т.нар. *Velpeau аксиларна проекция*<sup>36</sup>, а наименованието ѝ идва от факта, че се извършва, когато пациентът е с рамо, превързано с превръзка „Velpeau“. При извършването на рентгенографията пациентът е изправен или седи на ръба на рентгеновата маса, наклоняйки се около 30° назад над масата. Касетата се поставя на масата, директно под рамото, а рентгеновият лъч е насочен вертикално, от горе надолу през рамото към касетата. Въпреки че при тази проекция диафизата на хумеруса изглежда смалена, а ГХС – уголемена, отношенията между главата на хумеруса и скапулата се визуализират отлично.<sup>36</sup>

Друга модификация на аксиларната профилна проекция е *Trauma аксиларната профилна проекция*. Предимството при тази проекция спрямо *Velpeau* проекцията е, че може да бъде заснета при лежащ пациент с превързано рамо, особено в случаите на политравма. При нея пациентът лежи по гръб, докато увреденият крайник е повдигнат в 20° флексия чрез поставен под лакътя радионегативен предмет. Рентгеновият лъч преминава през аксилата върху касета, поставена от горната страна на рамото.<sup>293</sup>

*Скапуло-латерална (транскапуларна; Y-профилна) проекция* – рентгеновият лъч се насочва успоредно на линията на *spina scapulae*, срещу касетата, която е поставена перпендикулярно на предно-страничната част на увреденото рамо. Здравото рамо на пациента е ротирано 40° напред. Така рентгеновият лъч преминава тангенциално на задно-латералната част на гръдния кош и успоредно на и през *spina scapulae* върху касетата (фиг. 9).<sup>293</sup> Латералната проекция на скапулата оформя образ с формата на

буквата Y. Предното рамо на Y се образува от *proc. coracoideus*, а задното рамо – от *spina scapulae*. Вертикалното рамо представлява тялото на скапулата. В пресечната точка на трите рамена е разположен гленоидът. При нормална анатомия хумералната глава трябва да го припокрива.<sup>36</sup>

Y-проекцията е изключително надеждна за определяне на предна или задна трансация на хумералната глава, като при предна луксация хумералната глава е пред гленоида, а при задна луксация хумералната глава е зад него. Чрез проекцията нагледно се преценява разместването на ГТ, МТ и shaft при фрактури на проксималния хумерус. Авулзионните фрактури на ГТ, при които на фасова графия фрагментът често се припокрива с хумералната глава, тук се изобразяват зад главата на хумеруса. Предна ангулация на главата при проекцията често се наблюдава при фрактури на хирургичната шийка.<sup>42</sup>

Според Neer<sup>244, 245</sup>, за диагностиката на ФПХ две рентгенографии на ГХС (фас в равнината на скапулата и аксиларна или Y-профилна проекция), направени под ъгъл 90° една спрямо друга, са достатъчни за класифицирането съгласно класификацията на автора. В проучване на Sidor<sup>319</sup> екзaminаторите достигат 99% точност във възпроизвеждането на класификацията, базирайки се на рентгенографии, направени във фасова и аксиларна проекция, и 79% точност, базирайки се на фасова проекция и Y-профилна проекция.

#### 1.4.2.2. Компютър-аксиална томография (КАТ)

Най-често компютър-аксиалната томография (КАТ) влиза в приложение при предоперативното планиране и избора на оперативния метод на лечение, спомагайки за по-прецизното разбиране на конфигурацията на фрактурата.<sup>61, 293</sup> Сравнено със стандартните рентгенографии, това изследване дава по-ясна представа за локализацията на фрактурните линии, за разместването на фрагментите спрямо анатомичната им позиция и за ротацията на ставната повърхност.<sup>42</sup> При КАТ се избягва припокриването на костните структури, получаващо се при рентгенографиите, като това е особено полезно при фрактурите през главата (сплит).<sup>12</sup> С помощта на КАТ по-детайлно може да се визуализира степента на раздробяване, на остеопения и на импакция на костта. Чрез КАТ реконструкция в трансверзалната равнина може по-ясно да се прецени и степента на разместването на туберкулите.<sup>142, 43, 281, 254</sup> Срезове във фронталната равнина дават детайлна картина на ангулацията на главата спрямо

диафизата на хумеруса. Отделно, чрез тях може да се оценят степента на раздробяване на нивото на калкара на хумеруса и целостта на дорзо-медиалната панта, както и степента на метафизарното раздробяване, чиято диагностика в някои случаи е инсуфициентна въз основа само на рентгенографии.<sup>142, 51</sup> На сагиталните срезове може да се прецени наличието на флексионна или екстензионна деформация на главата спрямо диафизата на хумеруса.<sup>43, 281, 285, 254</sup>

Възможността за триизмерна реконструкция (3D) на образа подобрява пространствената представа за фрактурата. Възможността да се премахне образът на скапулата, позволява хумерусът да се наблюдава свободно от всеки ъгъл. 3D реконструкцията изобразява повърхностния план на фрактурата и по него не може да се съди за наличието на костни дефекти или импакция. По данни на Berkes<sup>31</sup> 3D реконструкцията не подобрява преценката при класифицирането и лечението на ФПХ, особено сред травматолозите с по-дълъг клиничен опит.

*КАТ ангиографията* е бърз и неинвазивен метод и може да послужи за диагностика и оценка на съдовите увреди при травмите на рамото и горния крайник, едновременно визуализирайки костните и мекотъканните увреди.<sup>270, 234</sup>

#### **1.4.2.3. Магнитно-резонансна томография (МРТ)**

МРТ рядко се използва при ФПХ. По-скоро намира приложение за оценка на съпътстващи лезии след луксации или фрактури – луксации на проксималния хумерус, като: руптури на РМ, разкъсвания на лабрума и/или хондрални дефекти.<sup>306</sup> В някои случаи МРТ може да установи неразмествени фрактури на ГТ, когато се използва за диагностика на остри увреди на РМ, или в случаите, когато диагнозата между двете е затруднена.<sup>283, 226, 128</sup>

МРТ може да се използва за оценка на интегритета на периосталната медиална панта при раздробени фрактури, давайки нагледна представа за кръвоснабдяването на хумералната глава.<sup>357</sup>

#### **1.4.2.4. Ултрасонография**

Ултрасонографията има висока чувствителност при диагностицирането на първичните или ятрогенните увреди на РМ след вътрешна фиксация на ФПХ и изключително рядко

се използва за диагностика на ФПХ.<sup>123</sup> В някои случаи може да се диагностицират неразместени фрактури на ГТ.<sup>303</sup>

## 1.5. Методи на лечение

*„Със смирение трябва да признаем, че до този момент няма доказателства кой е най-подходящият метод за лечение на фрактурите на проксималния хумерус.“*

*Ralph Hertel, 2005*

### 1.5.1. Неоперативни методи

Неоперативното лечение трябва да осигури механична поддръжка, докато пациентът се почувства достатъчно комфортно да използва рамото си и фрактурата е консолидирала до степен, непозволяваща вторично разместване.

От страна на фрактурата показани за неоперативно лечение са всички стабилни и неразместени или минимално разместени фрактури.<sup>193, 179, 345</sup> По данни на Neer<sup>244</sup> 80 – 85% от ФПХ попадат в тази категория.

Освен при неразместените и стабилни фрактури, добри резултати от консервативно лечение са доказани и при някои разместени фрактури, като двуфрагментните фрактури през хирургичната шийка и валгус импактираните дву-, три- и четирифрагментни фрактури.<sup>76, 75</sup>

Показани за неоперативно лечение са всички пациенти, които крият висок анестезиологичен риск, пациенти с ниски функционални изисквания и пациенти, които не са способни да съдействат активно в последващата рехабилитация.<sup>13</sup>

#### 1.5.1.1. Иммобилизация и наблюдение

Иммобилизацията най-често се състои в поставяне на превръзка или ортеза тип „Дезо“ и в повечето случаи продължава около пет-шест седмици. Рентгенологично пациентът се

проследява ежеседмично през този период до момента на образуван начален калус, след което може да се започне раздвижване с асистирани пасивни и активни движения.<sup>388</sup>

## Резултати

В своя систематичен обзор, включващ 12 проучвания с 650 пациенти с ФПХ, Lyengar и сътр.<sup>160</sup> съобщават следните резултати: рентгенологично костно срастване се наблюдава при 100% от всички едно- и двуфрагментни фрактури и при 98% при три- и четирифрагментните. Проучванията, използващи Constant Score (CS) за оценка на резултатите (общо шест проучвания с 272 пациенти), показват среден резултат 74 точки – задоволителен. От проучванията, докладващи обема на движенията, средната стойност на флексията в раменната става е 134°, като има разлика между еднофрагментните и дву-, три- и четирифрагментните фрактури (151° срещу 127°). От усложненията авторите докладват най-често варусната деформация, която се среща в 13% от случаите. АВН се наблюдава само при 2% от всички пациенти. Артроза на ГХС – в 1% от случаите, а в 11 случая е установен субакромиален импинджмънт (САИ). Три- и четирифрагментните фрактури са асоциирани с най-голям общ процент на усложненията – 48%, като зарастването във варусна деформация е 23%, а АВН е 14%. Средният Constant Score е 67.<sup>160</sup>

Резултати от достъпните в литературата проучвания са представени в **таблица 1**.

Автор, година	Брой пациенти	Средна възраст	Тип фрактури (Neer/АО)	Constant Score	ASES	Neer score	DASH	Несрастване	АВН	Артроза
<i>Zyto</i> <sup>385</sup> 1998	58	70	45 (3-фр.) 13 (4-фр.)	59 47				0	2 бр.	4 бр.
<i>Court-Brown</i> <sup>76</sup> 2001	126	72	126 (2-фр.)			78,9		4 бр.		
<i>Court-Brown</i> <sup>75</sup> 2002	125	71	Валгус импактиран и: 57 (1-фр.) 37 (2-фр.) 31 (3-фр.)	71,8		87,1		0	0	0
<i>Keser</i> <sup>179</sup> 2004	27	51	27 (1-фр.)	81				0	0	0

<i>Lefevre-Colau</i> <sup>212</sup> 2007	64	63	Валгус импактиран и: 34 (1-фр.) 15 (2-фр.) 24 (3-фр.)	78,5				0	0	0
<i>Tejwan</i> <sup>345</sup> 2008	54	65	67 (2- и 3-фр.)		93,7			0	0	0
<i>Bahrs</i> <sup>13</sup> 2009	66	59	31 (A) 22 (B) 11 (C)	85,2				0	6	8
<i>Hanson</i> <sup>133</sup> 2009	124	63	75 (1-фр.) 60 (2-фр.) 23 (3-фр.)	74,3				0	0	0
<i>Bouchet</i> <sup>38</sup> 2016	58	64	58 (4-фр.)	66,5			20,5 (quick DASH)		12 бр.	
<i>Kruit-hof</i> <sup>199</sup> 2017	410	62	136 (2-фр.) 158 (3-фр.) 97 (4-фр.)				6,67			

Таблица 1. Резултати от неоперативното лечение на ФПХ.

### 1.5.2. Оперативно лечение

Абсолютните индикации за оперативно лечение на ФПХ са редки. В тях попадат три- и четирифрагментните фрактури – луксации, сплит фрактурите на главата на хумеруса, патологичните фрактури, откритите фрактури, фрактури с придружаващи тежки ипсилатерални увреди на раменния пояс и съпътстващи съдови и/или неврологични увреди. Спрямо критериите на Neer (разместване над 1 см и ангулация над 45°) показани за оперативно лечение са разместените ФПХ, които възлизат на около 15 – 20% от общия брой ФПХ.<sup>244, 245</sup> Въпреки това голяма част от авторите са на мнение, че при разместването над 5 мм между фрагментите репозицията с вътрешна фиксация е препоръчителна.<sup>205</sup>

### 1.5.2.1. Хирургични достъпи при ФПХ

**Делтоидо-пекторален достъп (ДПД).** Делтоидо-пекторалният достъп е „работният кон“ при откритата репозиция и вътрешна фиксация (ОРВФ) на ФПХ и при реконструктивната раменна хирургия. Освен за ОРВФ при дву-, три- и четирифрагментни фрактури и фрактури – луксации, достъпът се използва и при еднополюсното и тоталното раменно протезиране, както и при ревизионната хирургия.<sup>155, 61, 293, 150</sup>

Достъпът използва интерневрален план между *n. axillaris (m. deltoideus)* и *nn. pectorales med. et lat. (m. pectoralis major)*.

Предимството на достъпа е запазването на целостта на *m. deltoideus*, както и минималният риск от неврологични и съдови увреди. Недостатък на достъпа е необходимостта от значителна мекотъканна дисекция и тракция до достигането на проксималния хумерус, което потенциално компрометира кръвоснабдяването на фрагментите на хумералната глава.<sup>155, 150</sup>

**Предно-латерален достъп (ПЛД).** Използва се при интрамедуларната остеосинтеза, както и при миниинвазивната плакова остеосинтеза (МИПО) при дву-, три- и в редки случаи при четирифрагментни фрактури. Чрез този достъп технически трудно може да се осъществи репозиция на фрактури – луксации, както и конверсия от вътрешна фиксация към ендопротезиране. Предимство на достъпа е, че използва аваскуларен план и не компрометира допълнително кръвоснабдяването на костните фрагменти. Главният му недостатък е намалената видимост, рискът от потенциална ятрогенна увреда на предния клон на *n. axillaris*.<sup>155, 246</sup> За достъпа са необходими два прозореца – един над и един под зоната на преминаване на *n. axillaris*.<sup>45, 115, 150</sup>

**Латерален трансделтоиден достъп (ЛТД).** Използва се за МИПО. Разликата с предно-латералния е, че вместо предно-латералния ръб на акромиона, костен ориентир е неговият латерален ръб, а в дълбочина дисекцията се състои в разслояване на влакната на средната (акромиална) част на *m. deltoideus*.<sup>45</sup>



### 1.5.2.2. Закрита репозиция и перкутанна фиксация (ЗРПФ)

От биомеханична гледна точка ЗРПФ осигурява относителна стабилност на фиксацията. Теоретично, предимствата на метода са свързани с минималната мекотъканна травма, осигуряваща по-бързо срастване на фрактурата и намален риск от АВН, а недостатъците му са свързани с риск от ятрогенна увреда на *v. cephalica*, *n. axillaris*, СДГБ и хрущяла на хумералната глава.<sup>297</sup>

Показани за перкутанна фиксация са дву-, три- и валгус импактираните четирифрагментни ФПХ. За постигане на адекватна фиксация и предотвратяване на миграцията на иглите, доброто качество на костта е от изключително важно значение. Раздробяването, особено в областта на калкара, наличието на тежка остеопороза, фрактури през анатомичната шийка и сплит фрактури са относителна контраиндикация за ЗРПФ.<sup>190</sup>

Стандартната конструкция на фиксацията включва две паралелни игли, прекарани от дистално към проксимално през латералната част на диафизата в главата на хумеруса; две паралелни игли, прекарани от проксимално към дистално през ГТ, ангажирайки медиалния кортекс на нивото на хирургичната шийка; една игла, прекарана от дистално към проксимално през средата на предната повърхност на диафизата и насочена към задната част на главата на хумеруса.<sup>161, 297</sup>

### Резултати и усложнения

Резултатите и усложненията от достъпните в литературата проучвания са представени в **таблица 2.**

Автор, година	Брой пациенти	Средна възраст	Тип фрактури (Neer/AO)	Constant Score	Neer Score	AS ES	АВН	Несрастване	Миграция на игли	Реперации
<i>Kocialkowski</i> <sup>190</sup> 1990	22	61	12 (2-фр.) 1 (3-фр.) 2 (4-фр.)		отл. (7) задов.(1) незад.(2) лош (11)		2	1	9	2
<i>Resch</i> <sup>287</sup> 1997	27	54	9 (3-фр.) 18 (4-фр.) – главно валгус импактирани	85,4 82,5			2		2	2

<i>Resch</i> <sup>286</sup> <i>2001</i>	88		37 (B) 41 (C)	91 87			0% 11%		Да (?)	4
<i>Keener</i> <sup>176</sup> <i>2007</i>	27	61	7 (2-фр.) 8 (3-фр.) 12 (4-фр.)	83,4			1		2	0
<i>Blonna</i> <sup>34</sup> <i>2010</i>	42	62,5	30 (2-фр.) 9 (3-фр.) 3 (4-фр.)	77			1	1	8	8
<i>Carbone</i> <sup>54</sup> <i>2012</i>	27	78	15 (3-фр.) 12 (4-фр.)	75 70			2		7	
<i>Harrison</i> <sup>134</sup> <i>2012</i>	27	59	5 (2-фр.) 12 (3-фр.) 10 (4-фр.) – валгус импактирани			82	7			2

**Таблица 2.** Резултати и усложнения от ЗРПФ при лечението на ФПХ.

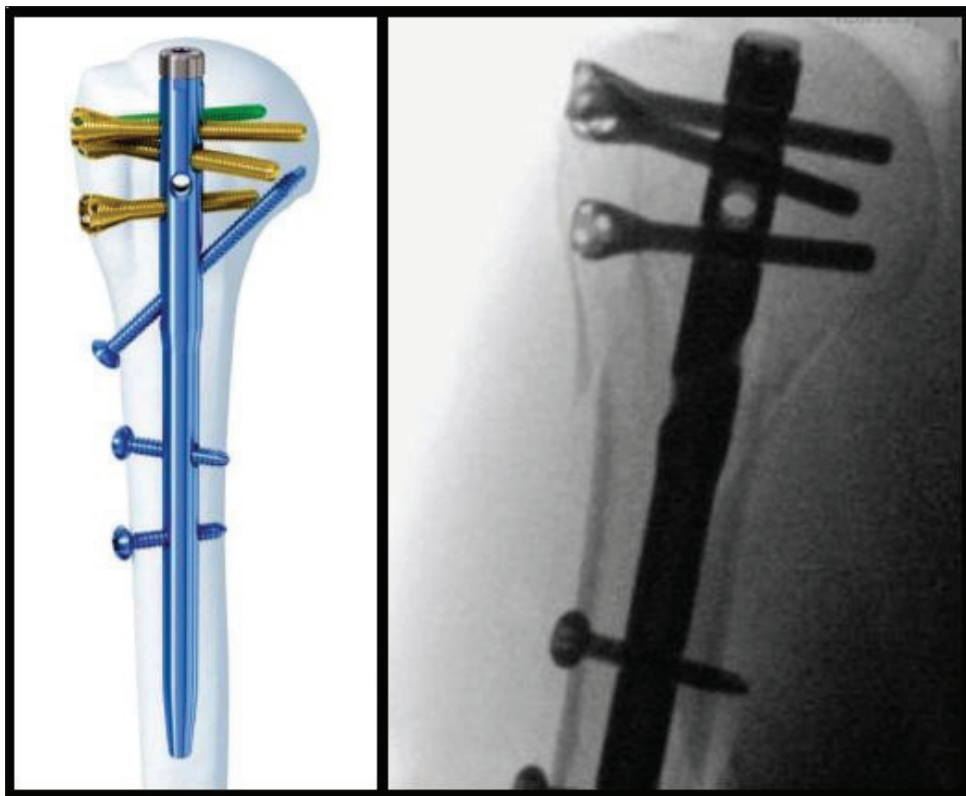
### 1.5.2.3. Външен фиксатор

Използването на външен фиксатор (ВФ) при лечението на ФПХ не е особено популярен метод. В практиката на травматолога ВФ най-често се използва при лечението на откритите фрактури, които са изключително редки при ФПХ. Литературните данни по темата са оскъдни, а в систематичните обзори и специализираната литература техниката дори не се споменава като опция за лечение, което прави приложението ѝ да изглежда екзотично.<sup>316, 83, 205, 235, 35, 225, 380</sup>

### 1.5.2.4. Фиксация с антеграден интрамедуларен пирон

Ранните опити за лечение на ФПХ с интрамедуларна остеосинтеза (ИМО) са свързани с голям брой усложнения<sup>124</sup>, главно заради недостатъците в дизайна на първото и второто поколение пирони.<sup>88</sup> В случаите на фрактури в проксималната част на костта фиксацията разчита повече на заключващите винтове, преминаващи през пирона, и по-малко – на принципите на триене. Третото поколение антеградни хумерални пирони осигуряват по-надеждна фиксация благодарение на ъглово-стабилната конструкция на

проксималните заключващи винтове. Последните се насочват към задно-медиалния регион, който е с най-голяма костна плътност, което хипотетично предотвратява варусната деформация. Проксималният винт в горно-долно направление, фиксиран в зоната на калкара, осигурява допълнителна медиална опора. Някои пирони от трето поколение притежават стратегическа посока на винтовете за фиксация на ГТ, МТ и фрагмента на главата, а главите на винтовете имат отвори за пришиване на сухожилията от РМ или на ГТ и МТ (фиг. 10).<sup>145, 88</sup>



**Фиг. 10.** Multiloc Proximal Humeral Nail (DePuy Synthes, USA).

### Показания

Дълго време главна индикация за фиксация с интрамедуларен пирон са били предимно двуфрагментните фрактури през хирургичната шийка, особено тези с раздробяване и пропация на фрактурата към метафизата и/или диафизата.<sup>1, 280</sup> Дизайнът на съвременните пирони води до възобновяване на интереса към използването им при фиксацията на три- и дори четирифрагментни ФПХ.<sup>321</sup>

## Резултати

Резултати от лечението на ФПХ с антеграден хумерален пирон от *трето поколение* са дадени в **таблица 3**.

Автор, година	Брой и тип фрактури (Neer/АО)	Constant Score	Флексия	Абдукция	Екстензия	Външна ротация	Усреднен ШДЪ
<b>Popescu</b> <sup>274</sup> <b>2008</b>	21 15 (2-фр.) 5 (3-фр.) 1 (4-фр)	65,3					120°
<b>Zhu</b> <sup>382</sup> <b>2010</b>	22 (2-фр.)	85,4	147,3°			44,1°	
<b>Hatzidakis</b> <sup>136</sup> <b>2011</b>	38 (3-фр.)	71	132°				131°
<b>Hessman</b> <sup>145</sup> <b>2012</b>	17 1 (A) 10 (B) 6 (C)	66,1	134°	125°			
<b>Kloub</b> <sup>188</sup> <b>2014</b>	90 (3-фр.) 47 (4-фр.)  15 са + луксации	CSindiv 81					
<b>Cuny</b> <sup>81</sup> <b>2015</b>	67 (2-, 3-, 4- фр.)	64					
<b>Kloub</b> <sup>187</sup> <b>2019</b>	20 (4-фр.)	57,7					
<b>Deng</b> <sup>86</sup> <b>2020</b>	20 (първичен варус) 8 (2-фр.) 12 (3-фр.)	83,1	138,7°	105,7°	30,6°	39,3°	133,7°
<b>Greenberg</b> <sup>126</sup> <b>2020</b>	60 37 (3-фр.) 23 (4-фр.)		128,2 ° 118,7°	126,2° 125,6°			
<b>Lopez</b> <sup>222</sup> <b>2020</b>	32 26 (2-фр.) 6 (3-фр.)	50,5	115°	100°		20°	132°

**Таблица 3.** Функционални резултати от фиксацията на ФПХ с ИМО.

## Усложнения

Wong и съавт.<sup>372</sup> съобщават за общо 41,5% усложнения: 10% вторично разместване в хода на проследяването; 9% миграция на винтовете извън пирона или в ГХС; 9% забавено срастване на фрактурата; 4% АВН и 4% САИ. Случаите, налагащи реоперация, са 13,6% за двуфрагментните фрактури, 17,4% за трифрагментните фрактури и 63,3% за четирифрагментните фрактури.

Значително по-големият брой реоперации е характерен за четирифрагментните фрактури. Поради тази причина категоричното препоръчване на интрамедуларния пирон като средство за фиксация при този тип фрактури остава под въпрос.<sup>274, 382, 188, 81, 88, 187, 222, 273</sup>

Усложненията конкретно за хумерални пирони от трето поколение са дадени в **таблица 4.**

Автор, година	Брой и тип фрактури (Neer/AO)	АВН	Забавено срастване	САИ/Увреди на РМ	Миграция на винтове	Загуба на репозиция	Ятрогенни увреди	Реоперации
<i>Popescu</i> <sup>274</sup> 2008	21 15 (2-фр.) 5 (3-фр.) 1 (4-фр.)	1	4	1	1	4 (варус)	5 фрактури на ГТ	5
<i>Zhu</i> <sup>382</sup> 2010	22 (2-фр.)	0	0	5	0	0	Намалена сила на <i>m. supra-spinatus</i>	0
<i>Hatzidakis</i> <sup>136</sup> 2011	38 (3-фр.)	0	0	8	0	1 (варус)	0	8
<i>Klob</i> <sup>188</sup> 201	90 (3-фр.) 47 (4-фр.)  15 са + луксации	17	12		16	2 (варус) 2 (разместване туберкули)		26
<i>Suny</i> <sup>81</sup> 2015	67 (2-, 3-, 4-фр.)	7	1		4	4		7
<i>Klob</i> <sup>187</sup> 2019	20 (4-фр.)	6				4		12

<b>Greenberg<sup>126</sup> 2020</b>	60 37 (3-фр.) 23 (4-фр.)	3				2 (варус) 1 (раз- мества- не ГТ)		3
<b>Lopez<sup>222</sup> 2020</b>	32 81% (2-фр.) 19% (3-фр.)			4		1 (варус)		6

Таблица 4. Усложнения от фиксацията на ФПХ с ИМО.

### 1.2.5.5. Фиксация с конвенционални плаки

Конвенционалните плаки за фиксация на ФПХ включват семитубуларните плаки, Т-образната плака и детелинообразната плака. От механична гледна точка тези плаки изпълняват подпорна функция, превръщайки режещите деформиращи сили и силите на огъване в сили на компресия.<sup>241</sup> По своята същност конвенционалните плаки служат като носещ натоварването имплант (*load-bearing implant*). За пренасяне на натоварването конвенционалните плаки разчитат на триенето между костта и импланта, създадено от компресията му към костта чрез компресивен винт. По този начин натоварването се пренася от костта към плаката, през фрактурата и обратно към костта. Ако приложеното натоварване надвиши силите на триене, конструкцията става нестабилна, най-вече поради разхлабване на винт в резултат на режещи сили.<sup>299</sup>

Възникващата костна резорбция под плаката заедно с недоброто закрепване на винтовете в спонгиозната остеопоротична кост на хумералната глава увеличават склонността на конструкцията към разпад.

Неспособността на конвенционалните плаки и винтове да противодействат на варус деформиращите сили, в съчетание с остеопоротична кост и/или наличие на метафизарен дефект, водят до голяма честота на вторично разместване, варусен колапс и остеонекроза на хумералната глава. Тези усложнения са значително по-многобройни при три- и четирифрагментните фрактури, като процентът им в някои серии достига 55%.<sup>137, 198, 144, 149</sup> Цитираните в литературата добри резултати при три- и четирифрагментните фрактури и фрактурите – луксации са предимно при по-млади пациенти<sup>137, 314, 307, 238, 98</sup> или при валгус импактираните типове фрактури.<sup>284, 292, 143</sup>

## Резултати и усложнения

Резултатите и усложненията от наличните в литературата проучвания са представени в таблица 5.

Автор, година	Вид плака	Средна възраст	Тип фрактури (AO/Neer)	Функционален резултат (NEER, ASES, UCLA, Constant Score)	Усложнения бр./%	Реооперации бр./%
<i>Paavolainen</i> <sup>262</sup> 1983	Т-образна	53	31 (2-, 3-, 4-фр.)	23 (отличен/задоволителен) 8 (незадоволителен/лош) <i>NEER</i>	39%	
<i>Kristiansen</i> <sup>198</sup> 1986	Т-образна		32 силно разместени/луксиран и	9 (отличен/задоволителен) 11 (незадоволителен/лош) <i>NEER</i>	47%	23%
<i>Savoie</i> <sup>307</sup> 1989	Т-образна		12 (3-фр.)	9 (задоволителен) <i>NEER</i>		
<i>Moda</i> <sup>238</sup> 1990	Т-образна (n=15) Семи-тубуларна (n=10)		25 силно разместени/луксиран и	21 (отличен/задоволителен) 4 (незадоволителен/лош) <i>NEER</i>		
<i>Szyszkowitz</i> <sup>340</sup> 1993	Т-образна Детелинообразна Малка кондиларна		97 44 (A) 32 (B) 21 (C)	52% (отличен/добър) 15% (задоволителен) 33% (лош) <i>NEER</i>		
<i>Esser</i> <sup>98</sup> 1994	Детелинообразна	55	26 16 (3-фр.) 10 (4-фр.)	22 (отличен) 2 (добър) 2 (задоволителен) <i>ASES</i>	0,8%	



<i>Speck</i> <sup>327</sup> <b>1996</b>	Т-образна		72 (3-, и 4- фр.)	74% (незадоволителен/лош) <i>NEER</i>		
<i>Hessmann</i> <sup>144</sup> <b>1999</b>			98	76% (отличен/добър) <i>UCLA</i> 69% (отличен/добър) <i>Constant Score</i> 59% (отличен/добър) <i>NEER</i>	4% (АВН) 1 бр. (несрастване) 12% (варусна деформация) 8% (ретроверзия)	
<i>Wijman</i> <sup>370</sup> <b>2002</b>	Т-образна + серкляж		60 (3-, и 4- фр.)	52 (отличен/задоволителен) 8 (лош) <i>Constant Score</i>	37% (АВН)	

Таблица 5. Резултати и усложнения от ОРВФ с конвенционални плаки при ФПХ.

#### 1.2.5.6. Фиксация със заключваща плака

Откритата репозиция с вътрешна фиксация е най-често използваният метод за лечението на ФПХ и честотата на неговото използване непрекъснато се увеличава.<sup>27</sup> Появата на заключващата плака (ЗП) цели да преодолее някои от недостатъците на конвенционалните плаки, като ранните биомеханични изследвания доказват предимството ѝ спрямо нейните конвенционални предшественици и антеградния хумерален пирон.<sup>68, 91, 360</sup> Добрите резултати от биомеханичните експерименти очертават един по-надежден метод за фиксация на ФПХ, насочен към намаляване на усложненията, възникващи в резултат от остеопоротично променената кост и наличието на метафизарен дефект.<sup>129</sup>

### 1.2.5.6.1. Биомеханика на заключващата плака

Главната разлика между конвенционалната и заключващата плака е преносът на натоварването между фрактурните фрагменти. Стабилността на заключващата плака се дължи на взаимоотношенията между винтовете и плаката под фиксиран ъгъл. Резбованата глава на винта позволява заключването ѝ в кореспондиращата резбована дупка на плаката. Поради наличието на фиксиран ъгъл между плаката и винтовете, те действат като единна структурна единица, при която стабилността на фиксацията не разчита на взаимодействието на отделните винтове с плаката и костта, а на сумарното взаимодействие на всички винтове с плаката.<sup>92</sup> При ЗП имплантът не се компресира към костта и трансферът на натоварването от костта към плаката винаги се осъществява през главата на винта. Натоварването от костта към винта се преразпределя по неговата дължина, независимо дали той е в контакт с костта. За разлика от конвенционалните плаки, ЗП функционират като преразпределящи натоварването импланти (*load-sharing implant*).<sup>299</sup>

Ъгловата стабилност и единната конструкция правят заключващите плаки по-устойчиви спрямо сили на огъване и усукване.<sup>129</sup> Винтовете имат конвергираща или дивергираща посока, което допълнително заздравява тяхната фиксация в костта.<sup>192</sup> ЗП действат като „вътрешен външен фиксатор“, тъй като не разчитат на триенето между плаката и костта за осъществяването на стабилност. По този начин те не нарушават локалното кръвоснабдяване на костта. Съхраняването на периосталното кръвоснабдяване теоретично позволява по-бързото развитие на костно срастване и намалява риска от възникване на инфекции, забавено костно срастване, вторично разместване на фрактурата и последваща АВН.

Ориентацията на винтовете в главата на хумеруса зависи главно от разположението на дупките на плаката, като при повечето модели плаки тя е сходна и е проектирана по начин, осигуряващ позиционирането на винтовете и разпределението на натоварването в най-здравите места на костта.<sup>232</sup> Всички ЗП за проксимален хумерус следват модел на разпределение на винтовете в главата, наподобяващ формата на конус, осигурявайки по-голямо субхондрално скеле, поддържащо ставната повърхност на костта. Дивергентното разпределение на винтовете увеличава обема на завзетата от винтовете периферна част на главата, което е най-значимият фактор за биомеханичната здравина на фиксацията.<sup>232</sup> От друга страна, коничното разпределение на винтовете води до

увеличаване на разстоянието между техните върхове, като по този начин биомеханичните сили се разпределят върху по-голяма площ.<sup>232</sup>

По-голямата част от ЗП за проксимален хумерус от първо и второ поколение представляват **моноаксиална** конструкция. Някои модели на ЗП притежават **полиаксиална** конструкция (*Non-contact Bridging-Proximal Humerus [NCB-PH] Zimmer GmbH, Winterthur, Switzerland*), което позволява винтовете да бъдат заключени под ъгъл в диапазон между 0° и 15° спрямо техния център. Биомеханични и клинични изследвания доказват, че използването на полиаксиални винтове няма предимство пред моноаксиалните конструкции, що се отнася до процент усложнения и функционални резултати.<sup>253, 359, 97</sup>

Макар и промяната в ориентацията на ъгъла на заключване да е биомеханично неоправдана, позиционирането на винтовете в определени региони на главата на хумеруса е от съществено значение. В хисто-морфометричен анализ Нерр<sup>141</sup> доказва, че най-висока плътност и брой на трабекулите са съсредоточени в краниалната част на хумералната глава. Най-високи стойности на трабекуларен обем, дебелина и брой са концентрирани в медиалната и задната част на главата на хумеруса.<sup>141</sup> Поради тази причина винтовете трябва да са разположени изключително в тези зони.<sup>141, 40</sup>

Освен позиционирането на винтовете в конкретните зони, от значение за стабилността на фиксацията е и тяхната дължина. Предложеното като техника от някои автори<sup>43</sup> поставяне на по-къси винтове в спонгиозната кост с цел предотвратяване на перфорацията им през хумералната глава не е биомеханично потвърдено. Във времето редица автори са доказали, че поставянето на винтовете в субхондралната кост значително увеличава здравината на фиксацията и намалява процента на усложненията.<sup>216, 105, 48</sup>

Биомеханичните проучвания относно точния брой на винтовете, които трябва да бъдат поставени в главата на хумеруса, са с противоречиви резултати.<sup>96, 106, 184</sup> По въпроса все още няма консенсус и опирайки се на заключенията от биомеханичните изследвания, трябва да се придържаме към старата максима, че истината е някъде по средата. Затова поставянето на **минимум 5 винта** и максимум 7 в хумералната глава е оптимално.

## Резултати и специфични усложнения

С появата на ЗП започва нова ера във фрактурната хирургия на рамото. Надеждата, че проблемите, наблюдавани при конвенционалните импланти, ще бъдат решени, води до масовото ѝ използване. Въпреки биомеханичните предимства на заключващата плака клиничните резултати не са чак дотам обнадеждаващи. Преобладаващите добри и задоволителни функционални резултати в литературата при пациентите с три- и четирифрагментни фрактури са съпътствани от непренебрежимо висок процент на усложненията.

В систематичния обзор на Thanasas и съавт.<sup>347</sup> средният Constant Score е задоволителен – 74,3. За сметка на това процентът на прорязали винтове в ГХС е 11,6%; на АВН – 7,9%; извършените реоперации са 13,7%.

Още по-лоши са резултатите от систематичния обзор на Sproul и съавт.<sup>332</sup>, където докладваните Constant Score и DASH са съответно 74 и 27, а общият брой усложнения достига 49%. Най-често срещаното усложнение е вторичната варусна деформация (16,3%), следвано от АВН (10,8%). Перфорация на винтовете в ГХС се среща при 7,5%; САИ – при 4,8%; инфекция – при 3,5%.

В **таблица 6** са представени функционалните резултати, а в **таблица 7** – усложненията от наличните в литературата клинични проучвания.

Автор, година	Брой пациенти	Средна възраст	Средно проследяване	Тип фрактури (Neer/АО)	Constant Score	DASH Score	Neer Score	AS ES
<i>Fankhauser</i> <sup>99</sup> 2005	28	66,5	1 г. II	29 5 (A) 15 (B) 9 (C)	74,6 82,6 (A) 78,3 (B) 64,6 (C)			
<i>Moonot</i> <sup>239</sup> 2007	32	60	11 м. P	20 (3-фр.) 12 (4-фр.)	66,5			
<i>Owsley</i> <sup>261</sup> 2008	53	52	45 м. II	53 23 (2-фр.) 28 (3-фр.) 2 (4-фр.)		15 Quick DASH		
<i>Brunner</i> <sup>43</sup> 2009	157	65	1 г. P	158 25% (A) 39% (B)	72	16	76	

				37% (C)				
<i>Sudkamp</i> <sup>338</sup> 2009	187	62,9	1 г. <sup>п</sup>	187 (B > C > A)	70,6	15,2		
<i>Riccheti</i> <sup>288</sup> 2010	52	65,5	13 м. <sup>п</sup>	54 30% (2-фр.) 56% (3-фр.) 14% (4-фр.)				70,8
<i>Ockert</i> <sup>180</sup> 2013	43	58	10 г. <sup>п</sup>	43 8 (2-фр.) 26 (3-фр.) 9 (4-фр.)	75,3			
<i>Erasmov</i> <sup>95</sup> 2014	81	56	32 м. <sup>п</sup>	82 7 (2-фр.) 40 (3-фр.) 35 (4-фр.)	75			
<i>Katthagen</i> <sup>175</sup> 2017	211	64,4	24,6 м. <sup>п</sup>	211 15 (2-фр.) 119 (3-фр.) 77 (4-фр.)	60,6 (n = 113)			
п* – проспективно; р* – ретроспективно								

Таблица 6. Функционални резултати от ОРВФ със ЗП при ФПХ.

Автор, година	Брой пациенти	Средна възраст	Средно проследяване	Тип фрактури (Neer/АО)	Варус деформация	ПВ*	РО*	А В Н	Забавено срастване/ несрастване	САИ	Реоперации
<i>Fankhauser</i> <sup>99</sup> 2005	28	66,5	1 г. <sup>п</sup>	29 5 (A) 15 (B) 9 (C)	3	12	8	2		3	2
<i>Agudelo</i> <sup>3</sup> 2007	153	62,3	19,1 с. <sup>п</sup>	30 (A) 75 (B) 48 (C)	14		13,7%	7	2/1	3	15
<i>Charalambous</i> <sup>60</sup> 2007	23	63	6 м. <sup>п</sup>	25 8 (2-фр.) 13 (3-фр.) 4 (4-фр.)		8	7	1	3/3		5

<b>Egol</b> <sup>93</sup> <b>2008</b>	51	61	16 м. <sup>Р</sup>	51 12 (2-фр.) 33 (3-фр.) 6 (4-фр.)		8	2	2	0/4		8
<b>Owsley</b> <sup>261</sup> <b>2008</b>	53	52	45 м. <sup>И</sup>	53 23 (2-фр.) 28 (3-фр.) 2 (4-фр.)	13	12		2	1/0		7
<b>Brunner</b> <sup>43</sup> <b>2009</b>	157	65	1 г. <sup>И</sup>	158 25% (А) 39% (В) 37% (С)		14	2	6		4	
<b>Sudkamp</b> <sup>338</sup> <b>2009</b>	187	62,9	1 г. <sup>И</sup>	187 (В>С>А)		21	7	6	0/4	4	29
<b>Ricchetti</b> <sup>288</sup> <b>2010</b>	52	65,5	13 м. <sup>И</sup>	54 30% (2-фр.) 56% (3-фр.) 14% (4-фр.)	5		2	1	0/5	2	
<b>Ockert</b> <sup>180</sup> <b>2013</b>	43	58	10 г. <sup>И</sup>	43 8 (2-фр.) 26 (3-фр.) 9 (4-фр.)			9	2			23
<b>Erasmio</b> <sup>95</sup> <b>2014</b>	81	56	32 м. <sup>Р</sup>	82 7 (2-фр.) 40 (3-фр.) 35 (4-фр.)	4	3		10	2	3	12
<b>Kathagen</b> <sup>175</sup> <b>2017</b>	211	64,4	24,6 м. <sup>Р</sup>	211 15 (2-фр.) 119 (3-фр.) 77 (4-фр.)	8			1			15
<b>Barlow</b> <sup>20</sup> <b>2020</b>	131	73	6,1 г. <sup>Р</sup>	131 61 (2-фр.) 59 (3-фр.) 11 (4-фр.)		6	6	23	0/2		14
<b>РО*</b> – разпад на остеоинтеза; <b>ПВ*</b> – прорязване на винтове											

**Таблица 7.** Усложнения от ОРВФ със ЗП при ФПХ.

Резултатите на по-голямата част от авторите следват логичен ход, като по-добрите резултати преобладават в по-младата възраст и при двуфрагментните фрактури.<sup>3, 99, 93, 261, 43, 338, 288, 95</sup>

Прорязването на винтове в ГХС е усложнението, което най-често налага реоперация.<sup>324, 338</sup> Последното може да възникне интраоперативно и да остане незабелязано или да възникне вторично, в резултат на развитие на АВН на хумералната глава и/или варусен колапс.<sup>347, 332</sup> Owsley<sup>261</sup> съобщава, че прорязването на винтовете се среща при повече от половината му пациенти над 60 години. Според автора причината е нарушеното качество на остеопоротично променената кост. Agudelo и съавт.<sup>3</sup> съобщават, че при наличие на варусна деформация процентът на разпад на остеосинтезата е значително по-голям в сравнение с пациентите с нормален шийно-диафизарен ъгъл (ШДЪ): 34% спрямо 11%. Като критерий за варусна деформация авторът приема шийно-диафизарен ъгъл под 120°. Sproul<sup>332</sup> подчертава, че зад най-често срещаното усложнение в неговия систематичен обзор – варусната деформация, стои липсата на медиална кортикална опора.

След анализ на усложненията при своите пациенти Krappinger<sup>196</sup> прави опит да дефинира **рисковите фактори**, водещи до тях. Според автора анатомичната репозиция и възстановяването на медиалната кортикална опора, а не толкова недостатъците на импланта са критични за намаляването на механичния стрес между него и костта. Докато при млади пациенти с добро качество на костта фиксирането на ЗП може да е достатъчно здраво и при липса на анатомична репозиция на медиалния кортекс, при възрастни пациенти с лошо качество на костта подобна ситуация обрича остеосинтезата на провал.

***Обобщено, най-честите усложнения от фиксацията на ФПХ със ЗП се свеждат до един порочен кръг – остеопоротична кост, липса на медиална опора и липса на репозиция.***



## 1.2.5.7. Методи на аугментацията на остеосинтезата със заключваща плака

### 1.2.5.7.1. Фиксация със заключваща плака и костен присадък

Използването на костен присадък е незаменим способ в спешната и реконструктивната ортопедия и е втората по честота трансплантирана тъкан след кръвта.<sup>17</sup> Основната функция на костните присадъци е да подпомогнат възстановяването на костни дефекти чрез формиране на нова кост и осигуряване на структурна опора.<sup>25</sup>

Биологичните свойства на костните присадъци се определят от възможността им да подпомагат процеса на костно срастване чрез три основни физиологични процеса – остеогенеза, остеоиндукция и остеокондукция. Под *остеогенност* се разбира наличието в присадъка на остеогенни клетки (остеобластни прекурсори), способни да образуват кост *de novo* при подходящи условия. *Остеоиндукцията* е възможността на присадъка да стимулира и подпомага диференциацията на мезенхимните стволови клетки в остеобласти и хондробласти. *Остеокондукцията* е способността на присадъка да осигури микроскопично структурно скеле за прорастване на нова кост и кръвоносни съдове.<sup>181</sup> Тези три биологични свойства, обединени в т.нар. *триъгълна концепция*, дълго време са смятани за основно изискване, което трябва да притежава даден костен присадък, за да потенцира оздравителните процеси на костта. **Giannoudis**<sup>117</sup> отбелязва, че освен тези свойства, механичната стабилност играе критична роля в процесите на зарастване на костта и образуването на калус. Добавянето на механичната стабилност като четвърти незаменим елемент, необходим за оздравителните процеси на костта, води до възникването на **диамантената концепция** за костното срастване (фиг. 11).



Фиг. 11. Диамантена концепция, Giannoudis.<sup>117</sup>

*Автогенният костен присадък* представлява *златният стандарт*, по който се сравняват всички останали костни присадъци и субстрати.<sup>46</sup> Автографтът притежава силни остеокондуктивни, остеоиндуктивни и остеогенни свойства, като едновременно с това не крие риск от имунологични реакции от страна на донора. Тези качества правят автогенния костен присадък ценно допълнение към лечението на някои типове фрактури и състоянията на забавено или липсващо костно срастване.<sup>242</sup> Независимо от това използването на автографт налага вземането му от една анатомична област на пациента и трансплантирането му в друга, което от своя страна крие определени рискове. **Усложненията**, свързани с инфекция, образуването на големи хематоми, постоперативната болка, неврологична или артериална увреда, удълженото оперативно време и случаите, налагащи повторни оперативни интервенции, достигат **от 8,6% до 20,6%**.<sup>323</sup>

Готовата форма за употреба и липсата на усложнения, свързани с необходимостта от допълнителна оперативна интервенция, правят *алогенния костен присадък* желана

алтернатива на автогенния, както за пациента, така и за оператора. Необходимостта от стерилизиране, замразяване и изсушаване на алографта цели удължаване на срока на съхранение, намаляване на експресията на антигените от комплекса на тъканна съвместимост и намаляване на възможността за бактериална и вирусна трансмисия. Тези процеси обаче унищожават остеоиндуктивните и остеогенните функции на присадъка, като в известна степен нарушават и механичните му свойства.<sup>181, 17</sup>

Във фрактурната хирургия, където се цели възстановяване на липсващ дефект и/или допълнителна механична опора, най-често се използват **кортикалните костни присадъци**. Тяхната роля е свързана главно с попълването на четвъртото звено от диамантената концепция на Giannoudis<sup>117</sup> – осигуряването на механична стабилност.

**Кортикалният автографт** притежава остеоиндуктивен и остеоиндуктивен потенциал. Осигурява отлична механична опора и може да бъде трансплантиран със или без принадлежащите му кръвоносни съдове. Най-честото място за вземане на кортикален костен присадък е *crista iliaca*.<sup>103, 17</sup>

За сметка на плътната и добре организирана структура кортикалните присадъци притежават ограничено количество остеоласти, остеоцити и други прогениторни клетки, в резултат на което остеогенните и остеоиндуктивните им свойства са ограничени в сравнение със **спонгиозните присадъци**. Плътната структура на кортикалния присадък затруднява дифузията на нутриенти и неговата реваскуларизация, поради което инкорпорирането му протича по-бавно в сравнение със спонгиозните присадъци.<sup>291</sup>

**Васкуларизираните кортикални автоприсадъци** претърпяват процес на първично или вторично костно срастване, тъй като при тях процесите на резорбция и ремоделиране наподобяват тези на нормалната кост.

Инкорпорирането на **неваскуларизираните кортикални автоприсадъци** е медирано предимно от действието на остеокласти, а не на остеоласти. От втората седмица от имплантирането им до шестия месец кортикалните автоприсадъци претърпяват процеси на интензивна локална некроза и резорбция със съпътстваща реваскуларизация. От шестия до дванадесетия месец процесът на костна резорбция постепенно намалява и достига нормални нива. Успоредно с тези процеси апозиционен костен растеж започва още през третата седмица от трансплантирането на присадъка. Крайният резултат е бавна и постепенна резорбция на графта и заместването му с нова кост – процес,

известен като *пълзящо заместване*. Първоначално процесът е най-активен на границите, свързващи графта и костта на реципиента. След това заместването с нова кост прогресира напречно и паралелно на дългата ос на графта.<sup>336, 335, 181</sup> Като резултат, първоначалното срастване е най-осезаемо на границите между графта и костта реципиент, а след това напредва към по-междинните точки на взаимодействие между тях. Описаните промени стават *рентгенологично видими* в периода *между шестия и дванадесетия месец* и се характеризират с увеличено рентгеново просветляване с неравни периферни костни граници. С напредване на остеогенезата рентгеновата плътност се увеличава на границата между графта и реципиентната кост, а след това продължава към по-междинните и вътрешни региони на графта.<sup>181</sup>

Процесите на резорбция, реваскуларизация и ремоделиране през първите шест месеца водят до *значително намаляване на механичната здравина* на неваскуларизирания автографт, за разлика от тези на васкуларизирания автографт, при който тези процеси отсъстват и инкорпорирането и ремоделирането на графта наподобява това на нормалната кост. Въпреки това между шестия и дванадесетия месец съществува малка разлика в механичната здравина между васкуларизирания и неваскуларизирания костен присадък.<sup>103, 181, 291</sup>

Неваскуларизираният кортикален автографт е идеален за запълване на костни дефекти с големина над 6 см, докато за дефекти над 12 см за предпочитане е използването на васкуларизиран кортикален автографт.<sup>17</sup>

**Кортикалният алогографт** притежава остеокондуктивни свойства и изпълнява *главно структурна функция*, запълвайки костни дефекти или замествайки липсващ кортикалис след травма.<sup>103, 17</sup>

Процесът на интеграция на алогенния костен присадък е подобен на този на неваскуларизирания автогенен присадък. Инкорпорирането му се осъществява по механизма на *пълзящо заместване*, чрез процес на *интрамембранозно* формиране на кост в зоните на кортикалиса. Краищата на алогографта, при които медуларният канал е отворен, се инкорпорират чрез *енхондрална осификация*.<sup>220</sup> Донорската и реципиентната кост се свързват помежду си по начин, наподобяващ „спояване“. Истинско срастване между двете кости се наблюдава само на мястото на тяхното свързване една с друга, като в най-вътрешната част на графта остава главно нежизнена трабекуларна кост за период от няколко години.<sup>103</sup>

Инкорпорирането на кортикалния алоприсадък в костта гостоприемник става по-бавно, а честотата на костно срастване е по-ниска в сравнение с тази на кортикалния автоприсадък.<sup>103, 17</sup> Една от причините за това е *липсата на остеогенни и минималните остеоиндуктивни свойства* на графта в резултат на стерилизацията и съхранението му. Тези процеси намаляват и остеокондуктивните свойства на присадъка.<sup>323</sup> Докато дълбоко замразените графтове запазват своите механични качества, процесите на изсушаване значително нарушават тяхната здравина и ги правят по-чувствителни на силите на огъване и усукване.<sup>181, 17</sup> Друга причина е възникващата в процеса на интеграция локална имунологична реакция спрямо присадъка.<sup>291, 323</sup> Тази реакция води до оклузия на съдовете на костта гостоприемник от инфилтрация на специфични лимфоцити, което от своя страна води до *некроза на алографта* и образуване на *фиброзна тъкан*. Последната затруднява отлагането на нова кост, като не само забавя процеса на инкорпориране на графта с месеци и години, но и предотвратява пълната му инкорпорация.<sup>291</sup> Това води до значително по-малка здравина на алогенния костен присадък в сравнение с тази на автогенния костен присадък – до първата, а понякога и след първата година от оперативната интервенция.<sup>181</sup>

Размерът на алогенния присадък оказва влияние върху времето, необходимо за инкорпорирането му в костта гостоприемник. При големите алогенни кортикални присадъци слабата васкуларизация се дължи както на имунологичната реакция, така и на дебелия кортикалис, липсата на стабилност и по-слабата васкуларизация на донорското място, характерна за по-големите дефекти и конструкции. Поради тези причини *по-малки сегменти от алогенни кортикални графтове, като фибуларния алографт (ФБ), се инкорпорират по-лесно в костта поради потенциално по-лесната васкуларизация*.<sup>181</sup> Това е и причината в клиничната практика алографтовете да се използват най-често при лечението на парциални, а не на сегментни костни дефекти.<sup>323</sup>

Важно е да се отбележи, че за добрата инкорпорация на присадъците е от значение както наличието на плътен контакт между него и костта гостоприемник, така и *осигуряването на механична стабилност* на създадената конструкция.<sup>335</sup>

**Рентгеновата характеристика** на авто- и алографта е сходна и наподобява тази на костен фрагмент. На компютърна томография структурата им е сходна с тази на съседната кортикална кост. Разлика в изобразяването се наблюдава на ЯМР в резултат от наличието на жизнен костен мозък при автоприсадъците и липсата му при

алоприсадъците. Поради тази характеристика на T1 секвенциите автоприсадъкът се изобразява от нормо- до хиперинтензен, а на T2 секвенциите – хипоинтензен. Алографтът се изобразява хипоинтензен както на T1, така и на T2 секвенциите. Заместването на мастната с хемопоеична тъкан в процеса на инкорпориране на алографта произвежда сигнал като този на червен костен мозък, а персистирането на по-нисък от този сигнал на T1 и T2 секвенциите е признак за наличието на фиброзна тъкан и непълна инкорпорация на графта.<sup>25</sup>

#### 1.2.5.7.1.1. Използване на фибуларен алографт при фиксацията със заключваща плака

За постигане на медиална опора и по-здрава фиксация Gardner<sup>114</sup> използва алографт от фибула, поставен в медуларния канал на хумеруса към фиксацията със ЗП при пресни ФПХ с метафизарно раздробяване и/или остеопоротично променена кост. Зад тази идея стои възможността на алографта да пресъздаде липсващия или увреден медиален кортекс и да запълни наличния дефект в остеопоротичната хумерална глава, като по този начин се противопостави на варус деформиращите сили на РМ. Същността на техниката с използване на ендостален имплант не е иновативна и се базира на популяризираното от Mast и съавт.<sup>227</sup> лечение на АВН на феморалната глава.<sup>111</sup> Резултатите от пилотното проучване на Gardner са обещаващи, като седем от общо седемте фрактури срастват, а усложненията са 0%.<sup>114</sup>

Отличните резултати на Gardner водят до нарастване на ентузиазма за изследване на техниката, първоначално в експериментални условия.

В **таблица 8** са представени резултатите от наличните в литературата биомеханични изследвания за фиксацията на ФПХ със ЗП и ИМГ. В **таблица 9** са представени резултатите от клиничните проучвания в литературата със същата фиксация.

Автор, година	Имплант/ аугментация	Брой и групи спесимени	Фрактурен модел	Вид натоварване	Резултати и изводи
<i>Mathison</i> <sup>229</sup> <b>2010</b>	PHILOS (Synthes)  Фибуларен графт (кадавър)	6 чифта кадаври 2 групи: с графт (n = 6); без графт (n = 6)	Двухфрагментен	Аксиално	Ригидността на конструкцията от ЗП и ИМГ се повишава 3,84 пъти, а натоварването до разпад – 1,7 пъти.  <i>ИМГ значително намалява движението на</i>

					<i>мястото на фрактурата.</i>
<b>Osterhoff<sup>255</sup> 2011</b>	PHILOS (Synthes)  Фибуларен графт (Synbone)	20 хумеруса мулаж (Synbone)  2 групи:  с графт (n = 10);  без графт (n = 10)	Двухфрагментен	Абдукция  (циклично)	Натоварването между циклите е 5 пъти по-голямо без ИМГ. Миграцията на фрагментите е 2 пъти по- голяма без ИМГ.  <b>Медиалната опора с фибуларен ИМГ увеличава ригидността на конструкцията и намалява миграцията на фрагмента на главата.</b>
<b>Bae<sup>10</sup> 2011</b>	PHILOS (Synthes)  Фибуларен графт (кадавър)	7 чифта кадаври  2 групи:  с графт (n = 7); без графт (n = 7)	Трифрагментен	Аксиално  (циклично)	Разместването между фрагментите е 4 пъти по- малко, ригидността на конструкцията е 2,4 пъти по-висока, а натоварването до разпад на конструкцията е 1,5 пъти по-високо при наличие на ИМГ.  <b>Аугментацията с ИМГ значително увеличава максималното натоварване до разпад и ригидността на конструкцията.</b>
<b>Chow<sup>66</sup> 2012</b>	PHILOS (Synthes)  Фибуларен графт (кадавър)	8 чифта Кадаври  2 групи: с графт (n = 8); без графт (n = 8)	Двухфрагментен	Варус сили  (циклично)	Варус колапс: 0 – с ИМГ; 6 – без ИМГ; 25 000 цикъла до варус колапс с ИМГ с/у 6604 средно цикъла до варус колапс без ИМГ.  <b>Аугментацията с графт увеличава способността за противопоставяне на повтарящо се варусно натоварване и би могла да помогне при лечението на остеопоротични фрактури с медиално раздробяване.</b>
<b>Hsiao<sup>154</sup> 2017</b>	UNIFY (United Orthopedic Corporation)  Кортикален графт от диафиза на хумерус	10 хумеруса кадаври  2 групи: с графт (n = 8); без графт (n = 8)	Двухфрагментен	Аксиално  (циклично)	Интрафрагментарното движение намалява 1,7 пъти, а натоварването до разпад на конструкцията се увеличава 2,2 пъти при наличие на ИМГ.  <b>Механичната здравина на конструкцията е удвоена, когато ИМГ е прибавен към ЗП.</b>

**Таблица 8.** Резултати от биомеханични изследвания със ЗП и ИМГ при ФПХ.

Автор, година	Брой случаи	Средна възраст	Брой и типове фрактури	Средно проследяване	CMS	DASH	ASES/UCLA	ШДЪ Спад	ВХГ спад	Усложнения	Реперации
<i>Gardner</i> <sup>114</sup> 2008	7	62	1 (2-фр.) 3 (3-фр.) 3 (4-фр.)	3 – 6 м <sup>п</sup>						0%	0%
<i>Neviaser</i> <sup>247</sup> 2011	38	65,5	7 (2-фр.) 19 (3-фр.) 12 (4-фр.)	11 м <sup>п</sup>	87	15				ABH (2,6%)	0%
<i>Matassi</i> <sup>228</sup> 2012	17	62	11 (3-фр.) 6 (4-фр.)	28 м <sup>п</sup>	79 83.7 (indiv)	33			0,3 мм	0%	0%
<i>Tan</i> <sup>342</sup> 2014	9	75,4		3 м <sup>п</sup>				2,6°		0%	0%
<i>Chen</i> <sup>64</sup> 2015	22	67,2	22 (4-фр.)	33,4 м <sup>п</sup>	78,2 (indiv)	8,1				ABH (4,54%)	0%
<i>Hinds</i> <sup>148</sup> 2015	71	63	20 (2-фр.) 34 (3-фр.) 17 (4-фр.)	34 м <sup>п</sup>	84,5	15,8	29.4 (UCLA)		1,65 мм	ABH (2,9%)  ПВ (2,9%)	0%
<i>Panchal</i> <sup>266</sup> 2015	36	68	13 (2-фр.) 16 (3-фр.) 7 (4-фр.)	24 м <sup>п</sup>			77 (ASES) 28 (UCLA)		1,6 мм	ABH (5,6%)	11,4 %
<i>Cha</i> <sup>56</sup> 2016	20	71,3	3 (2-фр.) 15 (3-фр.) 2 (4-фр.)	15 м <sup>п</sup>				3°	1 мм	0%	0%
<i>Chen</i> <sup>63</sup> 2018	47	68,6	12 (3-фр.) 35 (4-фр.)	35,2 м <sup>п</sup>	74,4	36,17				ABH (10,6%) ПВ (2,13%)	



<i>Cui</i> <sup>80</sup> 2019	25	73,2	17 (3-фр.) 8 (4-фр.)	32 м <sup>p</sup>	78,9		78,6 (ASES)	3,12°	1,18м м	АВН (8%) ПВ (4%)	
<i>Zhao</i> <sup>363</sup> 2019	21	68,8	14 (3-фр.) 7 (4-фр.)	12 м <sup>p</sup>	86	17,95	87,8 (ASES)	3,24°	2,14 мм	АВН (4,7%)	
<i>Lee</i> <sup>209</sup> 2019	45	75,6	21 (2-фр.) 20 (3-фр.) 4 (4-фр.)	13,6 м <sup>p</sup>	87,8		83,1 (ASES)	3,2°	1,8 мм	АВН (2,2%)	
<i>Dauids</i> <sup>85</sup> 2020	27	59,9	13 (2-фр.) 14 (3-фр.)	17,6 м <sup>p</sup>		16,1					
АВН* – аваскуларна некроза; ПВ – прорязване на винтове; п* – проспективно; р* – ретроспективно											

Таблица 9. Резултати от клинични проучвания при фиксацията на ФПХ с ИМАГ и ЗП.

#### 1.2.5.7.1.2. Използване на автографт от crista iliaca при фиксация със заключваща плака

Данните в литературата относно метода са оскъдни и до момента се базират на две клинични изследвания.

Kim<sup>185</sup> цитира отлични резултати при 21 пациенти с четирифрагментни фрактури със среден Neer Score 92, постоперативен ШДЪ средно 129° и 0 случая на АВН и усложнения от страна на импланта. Авторите отдават резултатите на механичните и биологичните качества на автографта, дължащи се на остеокондуктивните и остеоиндуктивните му свойства, лесната му ревакуларизация и бързата му инкорпорация. Авторите не цитират данни относно усложнения, свързани с интервенцията при вземане на присадъка.

Zhu<sup>381</sup> цитира значително по-добри функционални резултати и по-малък процент усложнения при пациенти с нестабилни ФПХ, лекувани със ЗП и автографт, в сравнение с контролната група, лекувани само с плака.

### 1.2.5.7.1.3. Аугментация с костен цимент

В ортопедичната практика най-често се използват костен цимент на базата на калциев фосфат, калциев сулфат и костен цимент на базата на полиметилметакрилат (ПММА).

Циментът на базата на калциев фосфат (КФЦ) притежава химичен състав, сходен с този на костта. Това го прави биосъвместим и биоразградим, като притежава и остеокондуктивни свойства. Едновременно с това има микропореста структура, позволяваща транспорт на нутриенти и отпадни продукти на обмяната. С времето циментът се резорбира, като на негово място се образува нова кост по метода на пълзящото заместване.<sup>94, 178</sup> Друго предимство е, че циментът не отделя топлина и се моделира сравнително лесно. Устойчивостта на компресивни сили е сравнима с тази на спонгиозната кост. Недостатъците му са свързани с ниската му механична устойчивост спрямо режещи сили и сили на огъване, високата му чупливост и ниската му степен на кохезия във водна среда.

Циментът на базата на калциев сулфат (КСЦ) притежава сходни свойства с тези на калциевия фосфат, но се резорбира по-бързо, тъй като структурата му не е толкова кристална, което води до по-краткотрайна устойчивост на компресия.<sup>326, 375</sup>

ПММА циментът не е биоактивен, не притежава остеокондуктивни свойства, не се резорбира и не се ремоделира в тялото. Процесът на полимеризацията му е съпроводен с екзотермична реакция и отделяне на висока температура, което от своя страна може да наруши процесите на костно срастване. Циментът притежава висок модул на еластичност, което в някои случаи може да доведе до компрометиране на остеосинтезата. Описаните усложнения, като изтичане на цимент, възникване на емболии и сърдечносъдови инциденти, не са за подценяване.

Главното предимство на ПММА цимента е **изключителната му здравина спрямо сили на компресия**. Това е и главната причина за широкото му използване в ортопедията.<sup>375</sup>

## РАЗДЕЛ II. МАТЕРИАЛИ, ПАЦИЕНТИ И МЕТОДИ

### 2.1. БИОМЕХАНИЧЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

#### 2.1.1. Цел на експеримента

Целта на нашия експеримент е да изследваме биомеханичното поведение на фиксацията със ЗП и аугментация с ИМГ и да я сравним с конвенционалната фиксация със ЗП.

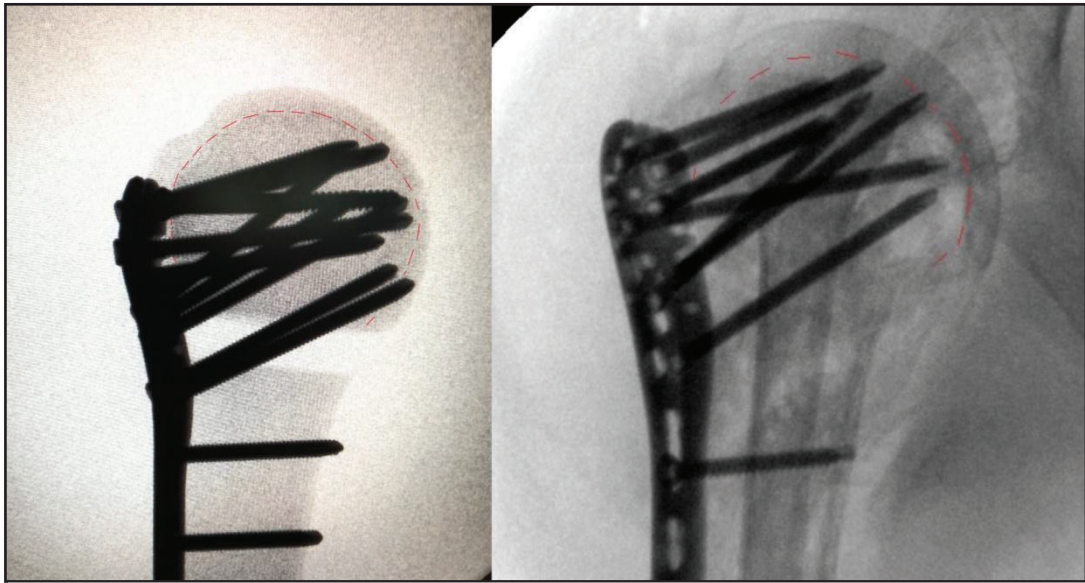
#### 2.1.2. Материали и методи

##### 2.1.2.1. Спесимени и инструментация

Използвахме 30 полиуретанови синтетични хумеруса (#LD5300, Synbone AG, Zizers, Switzerland) с ниска костна плътност (0,48 g/cm<sup>3</sup>). Диафизата на всеки от спесимените се отрязва на разстояние 180 мм от върха на хумералната глава. След това чрез три остеотомии (първата – през линията на хирургичната шийка, втората – през линията на анатомичната шийка, и третата – през средата на ИТС, разделяща ГТ от МТ) се пресъздаде четирифрагментна фрактура при всеки от хумерусите на базата на класификацията на Neer<sup>244</sup> (АО/ОТА11-С3.1). Спесимените се разпределиха в три експериментални групи с по десет хумеруса във всяка група. Резултатите от предварителен анализ на статистическата мощност (*power analysis*) показаха необходимост от минимум десет спесимена в група за постигане на статистическа мощност на стойност 0.8 при ниво на статистическа значимост 0.05, при предпоставка, че стандартното отклонение във всяка от групите не е по-голямо от 75% от минималната разлика между средните стойности в групите.

В **група 1** се създаде 10 мм празнина чрез остеотомия дистално от нивото на хирургичната шийка, като създаденият дефект симулира **раздробяване на медиалния кортекс**. В **група 2** се симулира **остеопоротична кост с масивен дефект на спонгиозната кост**, като за целта се издълба вътрешният матрикс и се създаде кухина в хумералната глава с размери 20 мм x 35 мм x 25 мм, водеща до изтъняване на кортекса. Зад стратегията за създаване на дефект, симулиращ остеопороза с масивна увреда на спонгиозната кост, стоят наблюденията от нашия клиничен опит, както и от предишни

изследвания, описващи клинично наблюдавания дефект в остеопоротичната хумерална глава, оприличаван на празна черупка с минимално количество кост в центъра на главата и значително редуцирана плътност на спонгиозната кост около него и особено в субкапиталните региони (фиг. 12).<sup>143, 290, 328</sup> В група 3 фрактурният модел включва комбинация от дефектите в група 1 и група 2.



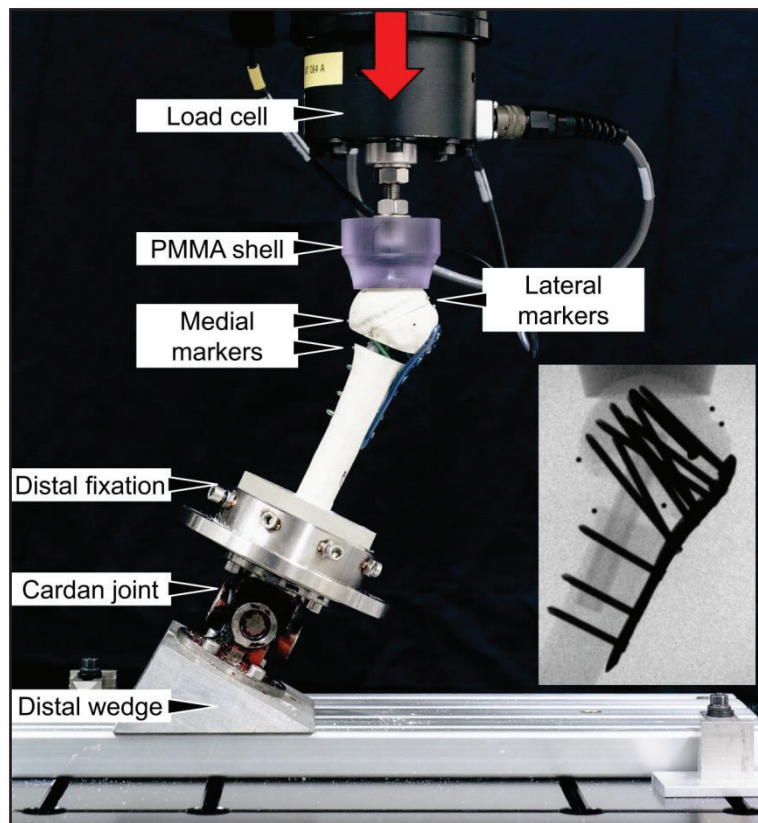
**Фиг. 12.** Вляво: рентгенография на спесимен от група 3. С червен пунктир е очертан дефектът, симулиращ остеопороза. Вдясно: интраоперативна рентгенография на пациент след фиксация със ЗП и ИМАГ. С червен пунктир е очертан остеопоротичният дефект на празната хумерална глава.

След анатомична репозиция на създадената фрактура всеки от спесимените се фиксира с титаниева 12-дупкова плака PHILOS (*DePuy Synthes, Zuchwil, Switzerland*) според указанията в упътването на производителя. Заклучващи винтове бяха поставени във всички дупки в плаката (девет проксимални винта в главата с конвергираща и дивергираща посока и три дистални паралелни винта в диафизата) и се затегнаха на 1,5 Nm с помощта на динамометрична отвертка. Конфигурацията на плаката и ориентацията на проксималните главични и дисталните диафизарни заклучващи винтове са дадени на **фиг. 13**. Допълнително фрагментът на МТ се фиксира с 3,5 мм компресивен винт в предно-задна посока.<sup>45</sup>



Фиг. 13. Конфигурация на PHILOS плаката и ориентация на заключващите винтове.

Топчета – маркери от неръждаема стомана с диаметър 1 мм се залепиха върху хумералната глава и диафиза на всеки от спесимените за рентгенографска оценка с помощта на рентгенографии с С-рамо, извършвани по време на механичното тестване. (фиг. 14). Дисталният край на диафизата на всеки от спесимените се фиксира в основа от полиметилметакрилат (PMMA, SCS Beracryl D28, Swiss Composite, Jegenstorf, Switzerland).



Фиг. 14. Постановка на експеримента (set-up).



### 2.1.2.2. Механично тестване

Механичният тест се извърши на серво-хидравлична машина за тестване на материали (*Acumen III, MTS Systems Corp., Eden Prairie, MN, USA*), снабдена с 3 kN тензодатчик за натоварване, в постановка, при която хумерусът се монтира под 25° латерален наклон (**фиг. 14**). Приложи се недеструктивна квазистатична компресия между 10 N и 150 N аксиално преднатоварване по посока на актуатора на машината, последвано от увеличаване на натоварването в стъпки от 50 N до максимум 400 N за постигане на нива на натоварване 200, 250, 300, 350 и 400 N. Последната стойност отговаря на максималната компресивна сила, преминаваща през рамото при 90° елевация.<sup>276</sup> Натоварването при всяко ниво се съпътстваше от фасова рентгенография с помощта на С-рамо. Впоследствие цилиндричен, кух полилактиден интрамедуларен алографт с дължина 70 мм, 10 мм външен и 5 мм вътрешен диаметър, произведен чрез технологията на триизмерното принтиране (*Ultimaker B. V., Geldermalsen, Netherlands*), се прибави в медуларния канал на всеки от спесиментите и всички механични тестове се повториха (**фиг. 15**). Преди поставянето на графта, с помощта на ръчни римери с последователно увеличаващ се диаметър се пресъздаде медуларен канал с диаметър 10 мм близо до медиалния кортекс в диафизата на всеки от хумерусите. Допълнително главите на хумерусите от група 1, в които липсва кухинен дефект, се римерираха със същите римери в дълбочина 25 мм.



**Фиг. 15.** Спесимени с добавен ИМГ. Вляво – група 1 (с метафизарен дефект); в средата – група 2 (с остеопоротичен дефект); вдясно – група 3 (с комбинация от дефектите в първите две групи).

Дизайнът с тръбеста геометрия на триизмерно принтирания графт има за цел да имитира фибуларен кортикален графт, който се използва в клиничната практика за подпомагане на остеосинтезата.<sup>341, 103, 165, 352</sup> Полилактидният алографт (ПЛА) представлява биоразградим биоматериал с модул на еластичност на опън 2852 МПа, граница на провлачване на опън (*yield tensile strength*) 38 МПа и якост на опън (*ultimate tensile strength*) 50 МПа.<sup>389, 352</sup> Въпреки че по съвкупност от свойства отстъпва на тези на човешката кортикална кост<sup>236</sup>, ПЛА е подходящ сурогатен модел с оглед на своите механични характеристики.

При поставянето на графта в канала 25 мм от дължината му прилегнаха в хумералната глава, а останалите 45 мм – в медуларния канал на хумералната диафиза. Двата проксимални заключващи винта за диафизата заедно с най-централния винт от главата послужиха за фиксация на графта, преминавайки през него. Инструментацията на всички спесимени се извърши от един ортопед-травматолог (J.P.).

### 2.1.2.3. Събиране и обработване на данни (Data acquisition)

Събирането на данните от контролерите на машината за тестване (*machine data*) по отношение на силата на натоварването и преместването по посока на оста на машинния актуатор (*axial load and displacement*) се извърши с честота 128 Hz.

На базата на събраните данни се изчисли ригидността при аксиално натоварване (*axial stiffness*) от асцендиращия линеарен наклон на кривата на натоварване-преместване между 40 N и 120 N компресия.

Рентгенографиите, направени при всяко ниво на натоварване, се използваха за оценка на варусната деформация, която се дефинира като промяна в ъгъла между хумералната глава и диафиза във фронталната равнина спрямо същия ъгъл в състояние на преднатоварване 10 N. Центърът на всяко топче – маркер се определи автоматично въз основа на сивата скала за сегментация на съответния рентгенографски образ. Изчисленията се осъществиха с помощта на софтуерен пакет Matlab software (v. R2012b, The Mathworks Inc., Natick, MA, USA).

Статистическият анализ на ригидността при аксиално натоварване (*axial stiffness*) и варусната деформация се извърши с помощта на софтуерен пакет SPSS (v. 23, IBM

SPSS, Armonk, NY, USA). Нормалното разпределение на тези два параметъра, представляващи интерес, се провери и потвърди с Shapiro-Wilk test. Сравнението между експерименталните групи, както и изследването на ефектите от добавянето на графт и от стъпаловидното покачване на натоварването се оцениха чрез използване на *General Linear Model Repeated Measures* с *Bonferroni Post Hoc* тестове за многочислени сравнения. Последващ (*post hoc*) анализ на статистическата мощност на изследването се извърши за изчисляване на нейната действителна стойност. Нивото на значимост се зададе на 0.05 за всички статистически тестове.

## **2.2. КЛИНИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ**

### **2.2.1. Пациенти и методи**

#### **2.2.1.1. Пациенти**

##### **2.2.1.1.1. Селекция на пациентите**

*Критерии за подбор от страна на фрактурата* в това проучване са: унилатерални, непатологични, разместени и нестабилни фрактури; фрактури с допълнителни белези на нестабилност и комплексност, както и типове фрактури, склонни към исхемия на хумералната глава, отговарящи на един или повече от критериите на Hertel.<sup>142</sup> При тези фрактури не е настъпило костно срастване и те не са били обект на предшестваща оперативна интервенция. Счупванията са фиксирани само със ЗП и прибавен ИМАГ към фиксацията.

*Критерии за подбор на пациентите:* пациенти над 18-годишна възраст, които нямат скорошна или са напълно възстановени от предшестваща травма на контралатералното рамо, което се използва за сравнение в една от функционалните скали за оценка (индивидуален Constant Score). Изключващ критерий са пациентите, при които, независимо от причината, функцията на рамото е била нарушена преди травматичния инцидент.



За период от **5 години и 10 месеца** (01.2015 – 11.2020 г.) в УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“ са подложени на лечебен алгоритъм с използване на **ИМАГ и ЗП 114** последователни и нестабилни ФПХ, отговарящи на критериите за подбор.

В хода на проследяването са екзитирали 16 пациенти от несвързани заболявания. От останалите 98 пациенти от проследяване отпаднаха 3 пациенти, които не отговаряха на критериите за подбор. От останалите 95 пациенти имахме контакт за обратна връзка и успяхме да се свържем със 76 от тях. От тях по данни на близките 5 бяха с тежки хронични заболявания и автоматично отпаднаха от проследяване. 24 пациенти отказаха да се явят за финално проследяване. Окончателният **брой проследени пациенти е 47**.

Пациентите са проследени **средно за срок 28 месеца** (12 – 79).

#### **2.2.1.1.2. Проследяване и оценка на пациентите**

Постоперативно оперираното рамо е имобилизирано в ортеза тип „Дезо“ или в някои случаи – с митела, за период от три до четири седмици в зависимост от тежестта на фрактурата, преценката на оператора и болката на пациента. Движенията в пръстите и китката се насърчават още в първия постоперативен ден, а тези в лакътната става – няколко дни след това, когато болката и дискомфортът намалеят по интензитет. След периода на обездвижване пациентите се насочват към специализирана рехабилитация, като нямаме стандартизиран протокол за провеждането ѝ, а подходът е индивидуален спрямо конкретния случай. При последния преглед пациентите са оценени от автора по отношение на: обем движения, болка, сила на рамото, промени в ежедневната дейност и професията, както и промени в социалните взаимодействия.

Ретроспективният характер на проучването дава възможност да се определят и специфичните усложнения след фиксация със ЗП и ИМАГ. Това са:

- вторично разместване;
- варус колапс на хумералната глава;
- прорязване на заключващите винтове през главата на хумеруса в ГХС;
- аваскуларна некроза на хумералната глава;

- дебриколаж или разпад на остеосинтезата с връщане на винтовете назад (*pull out*);
- субакромиален импинджмънт от върха на плаката или от ГТ;
- несрастване.

## 2.2.1.2. Метод

### 2.2.1.2.1. Образна диагностика

Оценката на критериите за разместване, допълнителните белези за нестабилност и критериите – предвестници на исхемия, се прави на базата на предоперативните рентгенографии в две проекции – фасова графия по Greshy и профилна Y-проекция. При невъзможност за качествена оценка, най-често поради пропуски от техническа гледна точка при извършването на необходимите проекции, се използват данните от КАТ в случаите, при които има извършен такъв.

### Предоперативна Rö-диагностика

Чрез нея се прави преценка на:

#### **1. Белезите на нестабилност (разместване) според критериите на Neer:<sup>244</sup>**

- фрактури, при които е налице над 1 см разместване и/или ангулация над 45° между фрагментите.

#### **2. Допълнителните белези на нестабилност и комплексност:**

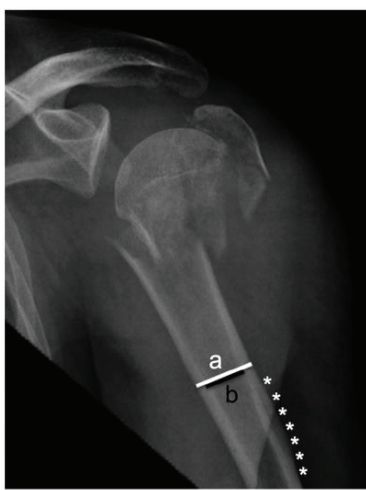
- *медиално раздробяване*, което се дефинира като наличие на поне един свободен фрагмент под нивото на анатомичната шийка;<sup>257</sup>
- първично разместване на фрактурата във *варус*;<sup>324, 325, 347, 52, 59</sup>
- рентгенологични данни за *остеопороза* в областта на проксималния хумерус – забележимо изтъняване на кортикалната кост с разширяване на медуларния канал, комбинирано с промени в структурата на спонгиозната кост. При последната, в

зависимост от степента на процеса, първоначално трабекулите се открояват по-лесно, докато в по-късните фази избледняват и стават едва видими.<sup>143</sup>

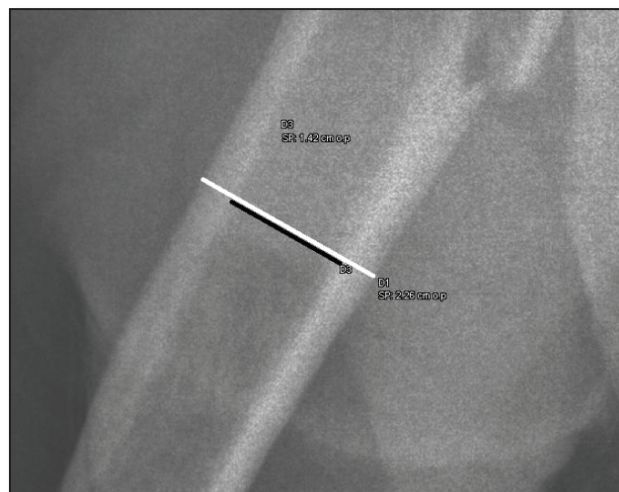
Като инструмент за преценка на локалната остеопороза е използван индексът на *tuberositas deltoidea* (DTI – Deltoid Tuberosity Index). За момента това е единственият валидиран показател за локалното качество на костта в областта на проксималния хумерус, който има значителна корелация с локалната минерална костна плътност.<sup>231</sup> Измерването се извършва, като на фасова рентгенография непосредствено над проксималния край на делтоидната грапавина (*tuberositas deltoidea*) се измери ширината на външния кортикален диаметър и на вътрешния ендостален диаметър (фиг. 16). Съотношението между външния и вътрешния диаметър е DTI. Стойности на съотношението  $\leq 1,4$  мм отговарят на намалена костна плътност и локална остеопороза.<sup>329, 331, 231, 107, 182</sup>

### 3. Критерии на Hertel<sup>142</sup> с най-голяма тежест за предричане на исхемия на хумералната глава:

- дължината на задно-медиалното продължение на хумералната глава (калкар, закачен към главата) < 8 мм;
- нарушаване на целостта на медиалната панта (разместване на диафизата спрямо хумералната глава в латерална или медиална посока) > 2 мм;
- фрактура през анатомичната шийка.



Фиг. 16 А. Измерване на DTI. Spross и съавт.<sup>331</sup>



Фиг. 16 Б. Измерване на DTI на пациент от серията.

## Интраоперативна Rö-диагностика:

Чрез нея се правят:

### 1. Верифициране на репозицията:

За доказване на наместването на фрактурата се използват фасова и профилна проекция, като за преценка на качеството на репозицията използваме **критериите на Schnetzke**<sup>312</sup>, според които разделяме фрактурите на: анатомично наместени, приемливо наместени и ненаместени (малредукция). Вж. **таблица 10**.

<b>КАЧЕСТВО НА РЕПОЗИЦИЯТА</b>			
<b>Параметри</b>	<b>Анатомична</b>	<b>Приемлива</b>	<b>Липса на репозиция (малредукция)</b>
<i>Разместване между главата и диафизата</i>	Анатомична (0 мм)	≤ 5 мм	> 5 мм
<i>Алиниране между главата и диафизата (ШДЪ)</i>	Нормално 120 – 150°	Лек варус < 120° до 110°	Валгус > 150° или тежък варус < 110°
<i>Проксимализация на ГТ</i>	Анатомична (0 мм)	≤ 5 мм	> 5 мм

**Таблица 10.** Критерии на Schnetzke<sup>312</sup> за качество на репозицията.

*Разместването между главата и диафизата* се измерва между медиалния ръб на хумералната глава и медиалния ръб на хумералната диафиза.

*Алинирането между главата и диафизата* се представя чрез измерване на **шийно-диафизарния ъгъл (ШДЪ)**. Последният се измерва на фасова рентгенография, като се прекарва права АВ, свързваща горния и долния край на ставната повърхност на хумералната глава. Ъгълът между правата CD, която преминава през центъра на хумералната глава и е перпендикулярна на правата АВ и правата EF, разполовяваща хумералната диафиза, представлява ШДЪ (**фиг. 17 А**).<sup>3</sup>

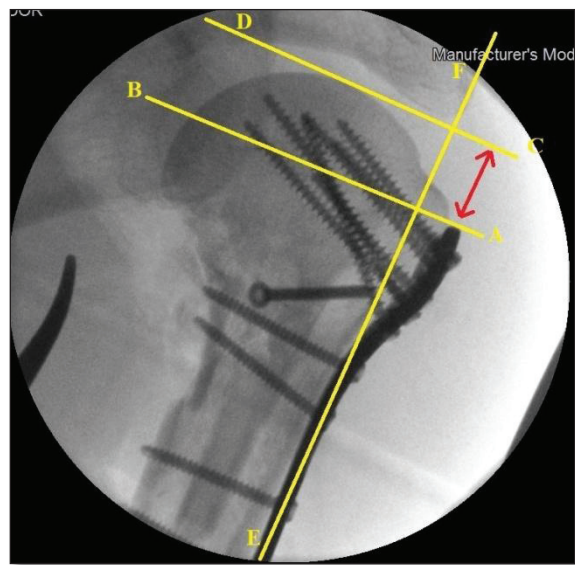
*Проксимализацията на ГТ* отразява разстоянието между ГТ и хрущялната повърхност на върха на хумералната глава.

Освен посочените три критерия, допълнително се измерва и **височината на хумералната глава (ВХГ)**. Последната се измерва на фасова проекция, като през върха на плаката се спусне една права (АВ), която е перпендикулярна на правата EF, минаваща през тялото на плаката. Втора перпендикулярна права (CD) на правата EF се спуска през върха на хумералната глава. Разстоянието между правите АВ и CD отразява ВХГ (фиг. 17 Б).<sup>110</sup>

На *профилната проекция* следим за алинирането на хумералната глава спрямо shaft и разместването ѝ в ante- или retroверзия, както и за позицията на плаката спрямо костта – главно на дългото рамо на плаката спрямо диафизата на хумеруса.



Фиг. 17 А. Измерване на ШДЪ.



Фиг. 17 Б. Измерване на ВХГ.

## 2. Предотвратяване на вътрешна пенетрация на винтове

За предотвратяване на тази техническа грешка, освен фасова проекция в 0°, се използват и фасови проекции в 30° вътрешна ротация и 30° външна ротация. Освен стандартните профилни Y и аксиларна проекция, последната при 30° абдукция е доказано най-чувствителна за засичане на това интраоперативно усложнение.<sup>330</sup>

## 3. Предотвратяване на САИ от плаката или ГТ

Рентгенографски това се оценява на фасова проекция, като плаката трябва да се постави на 5 – 8 мм дистално от върха на ГТ, а не на нивото на върха на ГТ или над него. След репозиция ГТ не трябва да е разположен по-високо от върха на хумералната

глава. Проксимализирането му, освен предпоставка за САИ, често е белег за наместване на фрактурата във варус.

### **Постоперативен Rb-контрол и проследяване**

Постоперативният рентгенов контрол до настъпване на костно срастване се извършва на 1-вия, 3-тия, 6-ия и 12-ия месец. Окончателният рентгенов контрол включва фасова проекция по Greshy и профилна Y-проекция, като задължително се измерват ШДЪ и ВХГ. Целенасочено се търсят усложнения като: варусна деформация, прорязване на винтове и аваскуларна некроза. Последната се градира по класификацията на Cruess.<sup>79</sup> Графиите от финалното проследяване се сравняват с интраоперативните и със стойностите, измерени на тях.

Спад във ВХГ над 5 мм и на ШДЪ над 10° се смятат за загуба на репозиция.<sup>110, 114, 261, 208,</sup>  
14

### **2.2.1.3. Оперативна техника**

#### **Положение и анестезия**

Всички пациенти са оперирани в положение по гръб на операционната маса, в позиция „плажен стол“ (*beach-chair*). Оперираният крайник се поставя свободно до тялото, като е покрит стерилно до ниво над лакътната става, позволяващо свободно манипулиране на крайника по време на операцията. Всички пациенти са въведени под интубационна анестезия ± интерскаленарен блок с цел облекчаване на постоперативната болка.

#### **Хирургичен достъп**

При 25 от нашите пациенти е използван ДПД достъп и при 22 – миниинвазивен достъп (преднолатерален или латерален трансделтоиден).

#### **Делтоидо-пекторален достъп**

Основен костен ориентир е *proc. coracoideus*, който се палпира лесно и при наличие на оток или при по-обезни пациенти. Вторият костен ориентир е хумералната диафиза на нивото на аксилата. В зависимост от предпочитанията на хирурга кожният разрез може

да бъде прав или леко извит, като свързва двете ориентирни точки и е с дължина от 10 до 15 см. Ние често се придържаме към препоръката на Rockwood и съавт.<sup>61</sup>, които съветват, че инцизията, започваща на 1 – 2 см латерално от коракоида, насочена към средата на мишницата до ниво 2 см под долния ръб на аксилата, осигурява по-добра видимост.

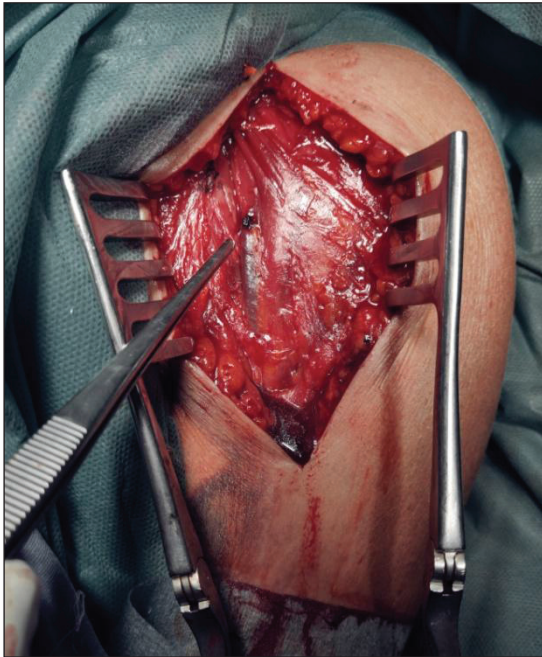
Дисекцията продължава с намирането на делтоидо-пекторалния сулкус, като главният ориентир тук е *v. cephalica* (фиг. 18). Често вената е обвита от мастна тъкан, имаща формата на триъгълник с основа към клавикулата. Като допълнителен ориентир за намирането на сулкуса служи и различният ход на мускулните влакна на двата мускула.<sup>45, 61, 150</sup> Дисекцията продължава медиално от *v. cephalica*. След намиране на делтоидо-пекторалния интервал, последният се разделя по тъп начин до достигане на клави-пекторалната фасция. Главен ориентир тук е СДГБ (фиг. 19). В случаите, когато СДГБ е между фрактурните линии на ГТ и МТ, изглежда възпалено и оточно или затруднява репозицията, се извършва тенодеза, като сухожилието се прерязва във вътреставната си част. Клави-пекторалната фасция се прерязва латерално от сухожилието и под нивото на корако-акромиалния лигамент. Последният в голям процент от случаите също се прерязва с цел освобождаване на субакромиалното пространство и подпомагане на последващото раздвижване. Вътреставната дисекция, в зависимост от типа на фрактурата, най-често се извършва през ротаторния интервал или през интервала между фрактурните линии. В редки случаи се налага вътреставната дисекция да се извърши чрез тенотомия на *m. subscapularis*.

**Избягване на усложнения:** *N. musculocutaneus* навлиза в *m. coracobrachialis* средно между 2,5 и 8 см от медиалната страна на мускула. За да се избегнат ятрогенни увреждания на нерва, дисекцията се придържа от латералната страна на мускула и трябва да се стреми към избягване на тегленето и екартирането му в дистална посока. *N. axillaris* преминава отзад напред в дълбочина под *m. deltoideus* и поставянето на екартьори от латералната страна на хумеруса се извършва внимателно, за да се предотврати увреда на нерва. Нервът е в опасност и в случаите, при които се налага дисекция на *m. subscapularis*, тъй като преминава дистално от долния ръб на мускула. След отдиференцирането на *v. cephalica* най-често я екартираме латерално заедно с *m. deltoideus*, тъй като вената е по-прирастнала към мускула и така се запазва венозният му дренаж. От друга страна, латералното екартиране води до по-малко кръвене поради по-големия брой латерални клончета на вената.<sup>58</sup> Латералното екартиране предпазва и

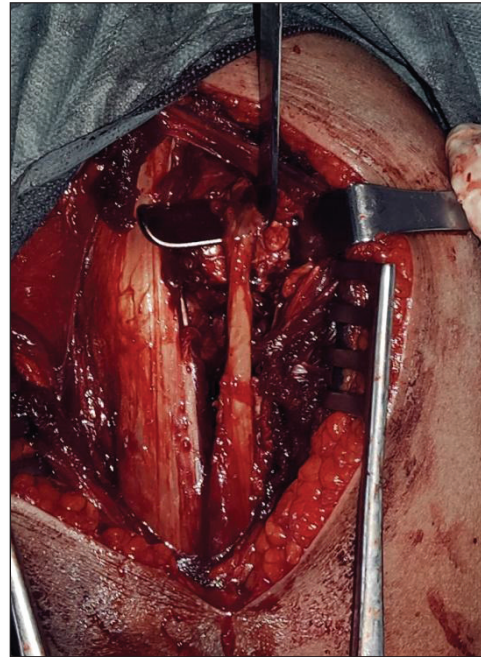


*ramus deltoideus* на *a. thoracoacromialis*, който кръвоснабдява *m. deltoideus* и лежи паралелно и латерално на *v. cephalica*. Винаги се опитваме да съхраним *v. cephalica*, което е жизненоважно за предотвратяване на постоперативен оток.

Поради непосредствената близост на *r. ascendens* на *a. circumflexa humeri lateralis* до СДГБ стремежът е дисекцията около последното да бъде минимална, а проксималните 12 – 13 мм от ИТС да не бъдат обект на хирургична дисекция.<sup>45, 61, 150, 315</sup>



Фиг. 18. ДПД. Посочена е *v. cephalica*.



Фиг. 19. ДПД. СДГБ.

### Достъпи за МИПО (предно-латерален и латерален трансделтоиден)

И за двата варианта на достъпа са необходими два прозореца – един над и един под зоната на преминаване на *n. axillaris*.<sup>45, 112, 150</sup>

**Предно-латерален достъп.** Костни ориентери са предно-латералният ръб на акромиона и латералната страна на хумералната диафиза. Достъпът започва с кожен разрез от предно-латералния ръб на акромиона и продължава до 5 см в дистална посока, паралелно на хумералната диафиза. В дълбочина дисекцията е по хода на аваскуларната връзка между акромиалната и клавикуларната част на *m. deltoideus*. Субделтоидната бурса се премахва, за да се осигури достъп до главата на хумеруса. В дълбочина, дистално от инцизията, може с пръст да се палпират *n. axillaris* и неговият



ход. Под нерва се прави супрапериостален ход за приплъзване на плаката. Допълнително маркиране на 2 см под предходните 5 см индикират прозореца, в който нервът е в опасност. Под това ниво (7 см от акромиона) може да се извърши допълнителна инцизия за позициониране на дисталната част на плака и/или за поставяне на винтове.

**Латерален трансделтоиден достъп.** Разликата с предно-латералния достъп е, че вместо предно-латералния ръб на акромиона, костен ориентир е неговият латерален ръб, а в дълбочина дисекцията се състои в прерязване на влакната на средната (акромиална) част на *m. deltoideus*.

И при трите описани достъпа, след края на операцията тъканите се зашиват послойно, след провеждане на щателна хемостаза. При всички случаи се извежда аспирационен дренаж. В случаите, при които се извършва тенотомия на СДГБ, ако е възможно, последното се пришива близо до залавното място на *m. pectoralis major*. В повечето случаи това не се отдава и сухожилието се пришива за някоя от дупките на плаката.

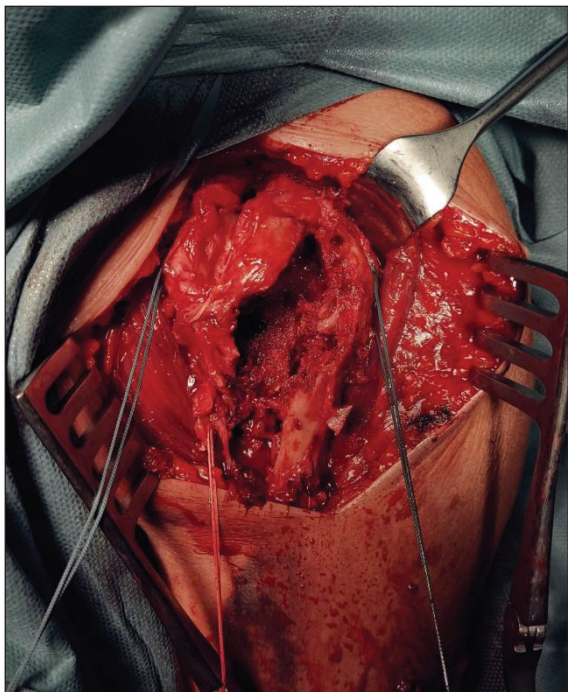
### Методи на репозиция

При хирургичната техника на ОРВФ чрез ДПД, преди репозицията на фрактурата се обшиват сухожилията на *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus* и *m. subscapularis*. За тази цел използваме модифициран сухожилен шев по Tsuge (**фиг. 20**) с нерезорбируем конец две нули (*Ethibond®*, *Ethicon*, *USA*). Това позволява последваща тракция и контрол на туберкулите. Ако медиалната колона не може прецизно да се възстанови или има наличие на раздробяване, преминаваме към **поставяне на интрамедуларен алографт (фиг. 21)**. Това става през мястото на латералната фрактурна линия, като графтът се поставя под фрагмента на главата в медуларния канал. В голям процент от случаите дължината на графта варира от 6 до 8 см, като точната дължина се моделира на операционната маса с помощта на осцилиращ остеотом. Въпреки че диаметърът на повечето фибули е напълно съвместим с медуларния канал на реципиента, в някои случаи се налага диаметърът на графта да се намали, като се прерязва по дължина (**фиг. 22**). Често това се налага при използването на лиофилизиран тибиален графт. След поставянето на алографта верифицираме дължината му рентгенографски, като целта е около 2 – 3 см от дължината му да са над нивото на хирургичната шийка, а останалите

– под това ниво. Типът фрактура диктува позицията на графта. При нестабилни фрактури, **първично разместени във варус**, с нарушена цялост на медиалния кортекс, алогографтът се поставя интрамедуларно и дистално от нивото на хумералната глава. След това графтът максимално се медиализира към региона на калкара и се повдига краниално, така че да опре в субхондралната кост на хумералната глава. Това спомага главата да се повдигне от варусна позиция и долната ѝ част да се алинира спрямо проксималната медиална част на диафизата. По-често, при наличие на голям метафизарен дефект и пълна сепарация на хумералната глава от диафизата, след поставянето на алогографта на необходимата височина, намества се хумералната глава директно върху него с лека импакция (**фиг. 23 и 24**). Ако фрактурата не позволява манипулиране на графта с „*free-hand*“ техника, това може да се осъществи чрез К-игла или чрез кортикален винт, който да избута графта, без да го пробива (*push screw*). След алинирането на главата спрямо диафизата, алогографтът най-често заема *вертикална позиция* в медуларния канал и осигурява медиалната кортикална опора. При случаите на **нестабилни валгус импактирани фрактури** първоначално графтът се поставя в медуларния канал до ниво, при което проксималната му част достига субхондралната латерална част на хумералната глава. След това графтът се избутва медиално, като в този случай, освен като медиална опора, служи и като инструмент за наместване на фрактурата. В тази ситуация алогографтът най-често заема *коса позиция* (**фиг. 26**). След поставянето на графта и алинирането на главата спрямо диафизата, преминаваме към временна фиксация. За целта най-често използваме две-три К-игли, прекарани от диафизата към хумералната глава, като поне една от тях служи за фиксиране на алогографта и преминава през него (**фиг. 24**). Верифицираме репозицията рентгенографски и ако ни удовлетворява, преминаваме към поставяне на плаката и окончателна фиксация (**фиг. 25**). Преди да фиксираме плаката към костта, предварително прекарваме краищата на конците, с които сме обшили сухожилията на РМ. След окончателната фиксация на плаката със заключващи винтове, завързваме конците на сухожилията на РМ към плаката, както и тези на сухожилието на *m. infraspinatus* към тези на сухожилието на *m. subscapularis*.

При използване на МИПО техниката манипулацията на фрагментите е по-трудна, най-вече поради големината на достъпа. Концепцията на МИПО залага на лигаментотаксиса при наместването на фрактурата, като при нестабилните фрактури с нарушена цялост на медиалната панта тази стратегия е трудно осъществима. Често за

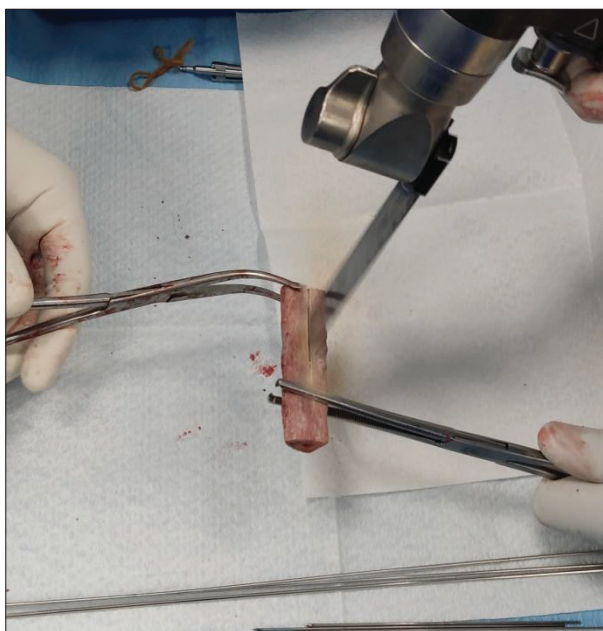
манипулиране на фрагмента на главата се използва дебела К-игла или такава на Steinmann, която служи като джойстик. Стъпките на репозиция и поставяне на алографт повтарят описаните по-горе, като при МИПО техниката обшиването на сухожилията на РМ невинаги е възможно.



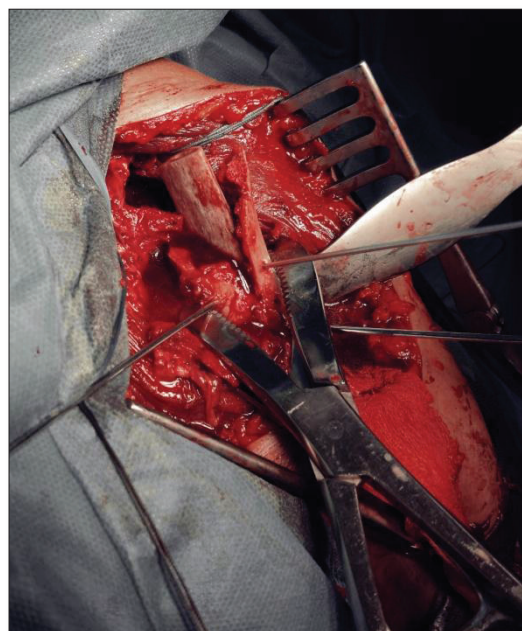
**Фиг. 20.** Обшиване на сухожилията на РМ с модифициран шев по Tsuge.



**Фиг. 21.** Алографт от дълбоко замразена фибула. Поглед отпред и отгоре.

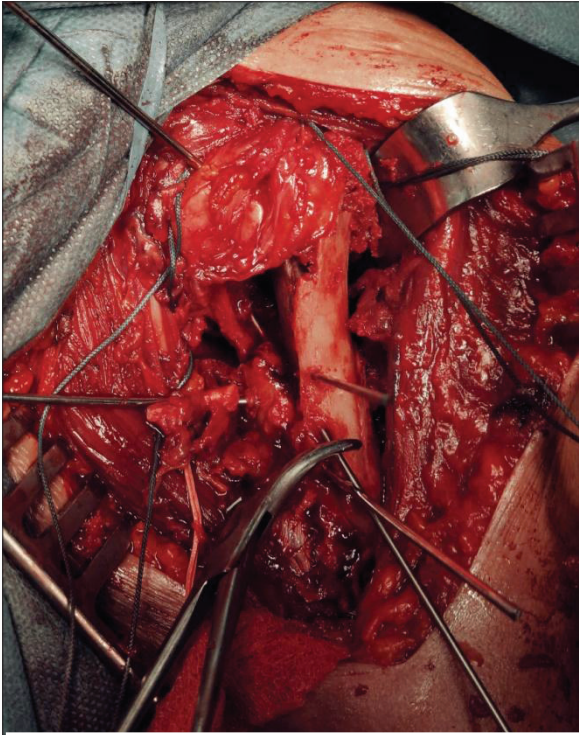


**Фиг. 22.** Моделиране на диаметъра на алографта с помощта на осцилиращ остеотом.

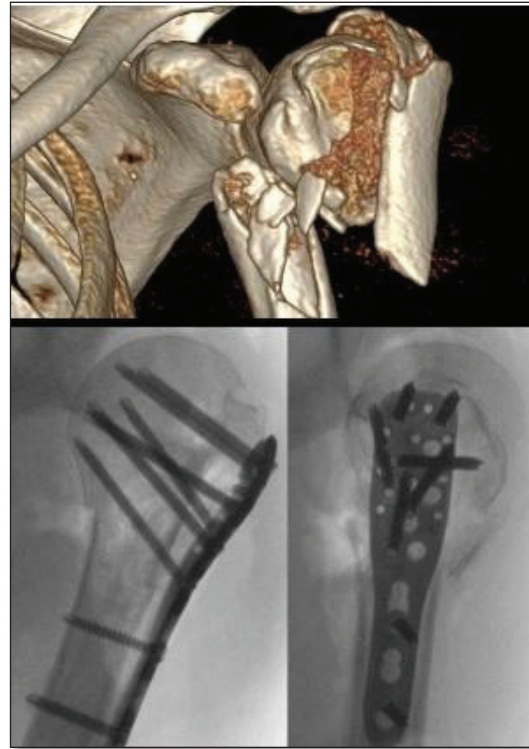


**Фиг. 23.** ФПХ с голям метафизарен дефект. Оформеният алографт е поставен интрамедуларно във вертикално положение.

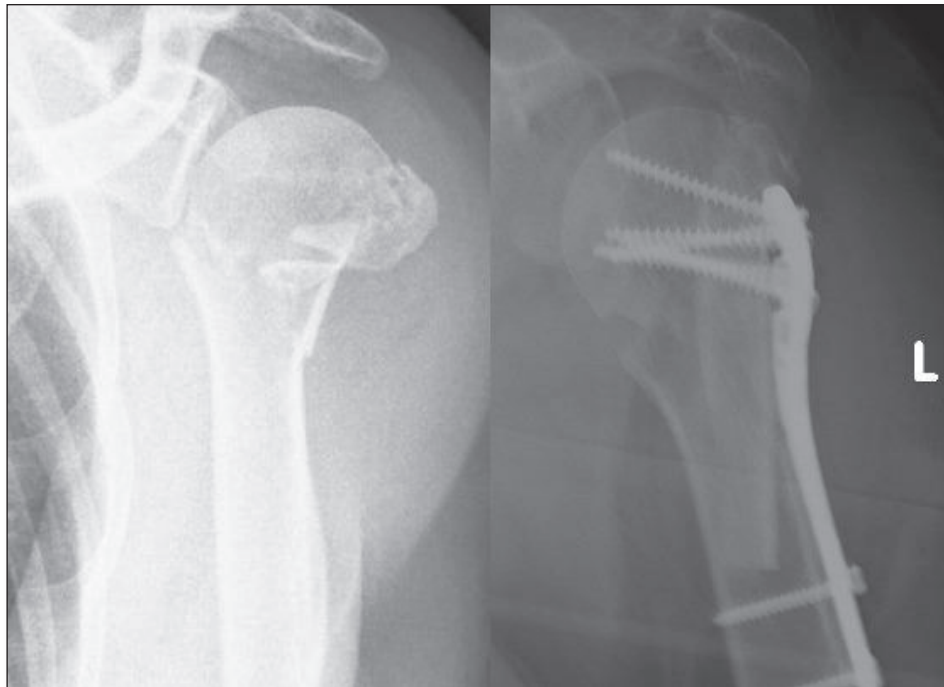




**Фиг. 24.** Репозиция на хумералната глава върху ИМАГ. Временна фиксация с К-игли.



**Фиг. 25.** Предоперативен 3D КАТ и постоперативни Рѝ-графии на пациента от предходните фигури.



**Фиг. 26.** Пациентка с валгус импактиран тип фрактура. След репозицията алографтът запълва дефекта на главата, като в този случай заема коса позиция.

## Средства за фиксация (видове ЗП, разположение, техника)

### Видове използвани плаки

**Първо поколение** ЗП за проксимален хумерус. LPHP (*Locking Proximal Humerus Plate; Mathys Medical, Ltd, Switzerland; since 2004 Synthes, Inc.*) притежават 2,2 мм профил, пет отвора за винтове в главата и осем малки отвора за пришиване на туберкулите към тях.

**Второ поколение** ЗП за проксимален хумерус. PHILOS (*Proximal Humerus Internal Locking System; DePuy Synthes, Zuchwil, Switzerland*) притежава девет отвора за фиксация на главата на хумеруса и десет малки отвора за пришиване на туберкулите. Съществен елемент на импланта е възможността за поставяне на два долно-медиални (калкарни) винта.

В нашето проучване девет пациенти са лекувани със ЗП от първо поколение и 38 – със ЗП от второ поколение.

### Разположение на импланта

**Две основни правила** се вземат предвид при поставянето на ЗП за проксимален хумерус. Проксималният ръб на плаката трябва да е на 5 – 8 мм дистално от върха на ГТ. В противен случай рискуваме възникване на ятрогенно създаден САИ. Другото правило е плаката да е разположена на 2 – 4 мм латерално от ИТС с цел да се предотвратят импинджмънт и притискане на СДГБ.

### Техника

При фиксирането на плаката със заключващи винтове стремежът е в хумералната глава да се използват **минимум пет заключващи винта**, поставени **субхондрално**. За да се избегне пенетрация през хумералната глава, при борирането се използва техниката на „кълвача“, при която се пробива с постепенно напредване на бургията и връщането ѝ назад преди последващото ѝ напредване до усет на съпротивление от субхондралната кост. Другата техника, по-лесно приложима при остеопоротични фрактури, е да се пробие само близкият кортекс, а след това с помощта на мерача за дължината на

винтовете да се достигне до субхондралната кост. Обикновено се спазва правилото да се поставя с 2 мм по-къс винт от предварително измерения.

Съществен момент от фиксацията е **поне един винт от плаката да премине и през алографта**. Най-често това е най-проксималният от диафизарните винтове.

## **Видове алографт**

### **Дълбоко замразена фибула**

Всички използвани алографтове са доставени от тъканната банка на УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“.

При 31 от нашите пациенти сме използвали дълбоко замразена фибула (ДЗФ), а при 16 – лиофилизирана тибия (ЛФТ).

#### **Предварителна обработка на ДЗФ алографт**

След отрицателни за наличие на бактерии и вируси кръвни проби от донора трансплантантът се освобождава и се обработва до чиста кост (без наличие на меки тъкани). Следва стерилизация чрез накисване на алографта в спиртен разтвор на Хибитан за минимум 12 ч, след което се извършва бактериален контрол. Ако последният е отрицателен, алографтът се поставя в стерилизирани с гама-лъчение пликове и се замразява в камера на  $-80^{\circ}$  по Целзий.

### **Льофилизирана тибия**

В случаите, в които не е наличен ДЗФ алографт, използваме лиофилизирана тибия. Най-често това става, когато решението за използването на алографт не е предварително планирано и се взема интраоперативно, или в случаите, когато няма налична замразена фибула.

## Предварителна обработка на ЛФТ алографт

След отрицателни за наличие на бактерии и вируси кръвни проби от донора трансплантантът се освобождава и се обработва до чиста кост (без наличие на меки тъкани). След това графтът се дезинфекцира с разтвор на хлороформ, измива се с вода и за неутрализация се използват разтвори на лимонена киселина и сода бикарбонат. Взема се нова проба за бактериален контрол и графтът се замразява на  $-80^{\circ}$  по Целзий. Ако пробата е отрицателна, графтът се поставя в лиофилизатор (замразяване – изсушаване). Следва стерилизация с гама-йонизиращо облъчване и алографтът се опакова в стерилен плик, като се съхранява на стайна температура.

### 2.2.1.4. Системи за оценка на резултатите

Комплексна оценка на функционалните резултати е извършена на базата на обективни и субективни (от страна на пациента) критерии, като използваме две функционални скали:

1. Изследване на **DASH Score** (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand), адаптиран на български език.<sup>162</sup>
2. **Constant-Murley Score**<sup>74</sup> (CS) с трите разновидности на скалата: абсолютен (**CSabs**); релативен (**CSrel**); индивидуален (**CSindiv**).

За измерване на силата в скалата на Constant Score се използва портативна електронна везна/теглилка (*Blingjie, YJ-601, F2-138780, Portable electronic scale, China*), фиксирана към китката (нивото на радио-карпалната става) на изследвания крайник с пронирана предмишница и длан, сочеща към пода. Силата се изследва при  $90^{\circ}$  абдукция в рамото в равнината на скапулата. Правят се три последователни измервания през 1 мин, като всяко е с продължителност минимум 5 сек. Като краен резултат се взема средноаритметичната стойност от измерванията. В случай че пациентът не може да осъществи  $90^{\circ}$  абдукция, силата не се измерва. Измерването се прекратява и при наличие на болка по време изследването.<sup>19, 73</sup>

### 2.2.1.5. Проследяване и документация (регистър)

За минимален срок на проследяване е приет **12** месеца. Максималният срок в нашето проучване е 79 месеца.

На окончателния преглед се извършват:

- рентгенографии във фасова и профилна Y-проекция по Greshey;
- сравнителни клинични снимки на раменната става, демонстриращи обема на абдукция, флексия, външна и вътрешна ротация на двете раменни стави;
- сравнително измерване на силата с електронна везна по описания метод в скалата на CS;
- измерване и попълване на резултатите за скалите на CS и DASH.

Оперативният *регистър* е представен под формата на Excel Workbook, включващ 47 пациенти, обследвани по 37 показателя. Те може условно да се разделят на следните групи: демография, характеристика на фрактурата, използван костен присадък и хирургичен достъп, клинични функционални и рентгенологични резултати, усложнения.

### 2.2.1.6. Статистически методи

За статистически анализ на данните е използван специализиран за статистически анализи пакет STATISTICA 13.0. За ниво на значимост бе избрано  $p=0.05$ . Това е вероятността за допускане на грешка от първи род, а именно да бъде отхвърлена нулевата хипотеза, когато тя е вярна.

За целите на настоящото проучване са приложени следните статистически методи:

1. Дескриптивен статистически анализ – в табличен вид са представени честотното разпределение на разглежданите признаци, разбити по групи на изследване, средните стойности и стандартните отклонения, 95% доверителни интервали на изменение на средните стойности. За нагледно представяне на резултатите са построени хистограми и Box & Whisker Plots.



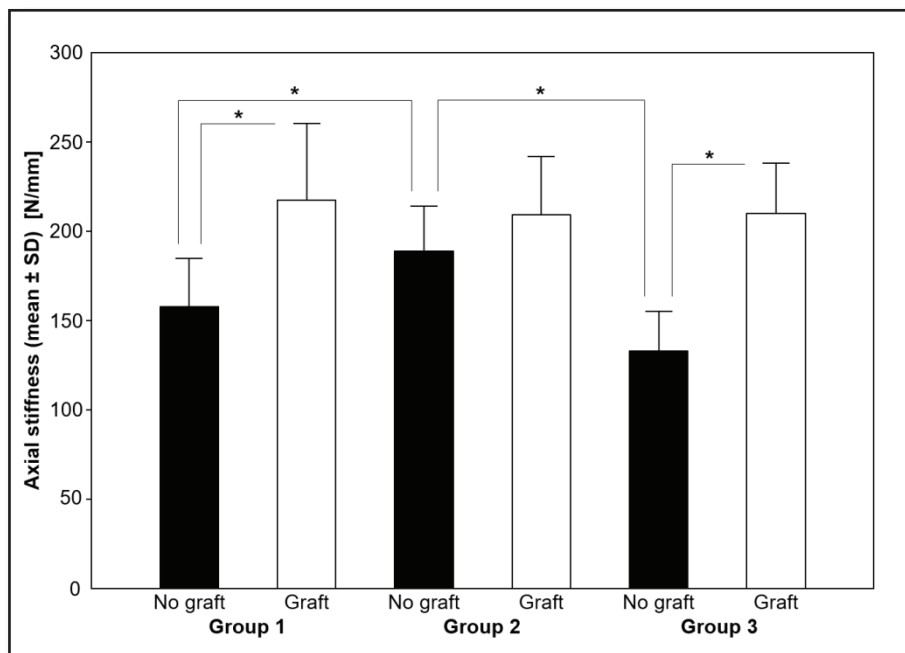
2. Тест на Student (t-критерий) за две независими извадки – за откриване на статистически значима разлика в средните стойности на даден фактор, например ШДЪ, ВХГ, CS, DASH, при пациенти под и над 65 години.
3. Тест на Student (t-критерий) за две сдвоени извадки – за откриване на статистически значима разлика в средните стойности на даден фактор преди и след лечението.
4. Дисперсионен анализ (ANOVA) – с цел да се установи наличие/отсъствие на влияние на два и повече фактора върху средните стойности на изследвани признаци, без да се измерва теснотата или силата на зависимостта, както и нейната посока. Изводите от ANOVA са допълнително потвърждавани с непараметричен тест на Kruscal-Wallis.
5. Логистична регресия – за откриване на статистически значимите фактори (репозиция, критерии на Hertel), които са прогностични за появата или не на дадено усложнение (например АВН). Тъй като стойностите на зависимата променлива (наличие или отсъствие на усложнението) са качества (кодирани категории), а не количества с мерни единици, не може да бъде прилагана линейна или нелинейна регресия, в която за значимостта на получената зависимост се съди по корелационния коефициент. Логистичният модел, освен че определя значимите фактори, **дава и възможност да се пресметне прогнозната вероятност, с която при дадена стойност на фактора се очаква да настъпи усложнението.** Именно поради възможността за прогнозиране на вероятността за възникване на усложнение логистичният модел е избран при настоящото изследване.

## РАЗДЕЛ III. РЕЗУЛТАТИ И УСЛОЖНЕНИЯ

### 3.1. Резултати от биомеханичния експеримент

Ригидността при аксиално натоварване (*axial stiffness*) без ИМГ беше  $157,7 \pm 27,0$  N/mm (средна стойност  $\pm$  стандартно отклонение) в група 1,  $188,8 \pm 25,0$  N/mm в група 2 и  $132,7 \pm 22,5$  N/mm в група 3 (фиг. 27). Спесимените без ИМГ в група 2 показаха статистически значимо по-висока ригидност в сравнение с тези от група 1 и група 3 ( $p < 0,01$ ), като в същото време не се регистрира статистически значима разлика между група 1 и група 3 ( $p = 0,21$ ).

В сравнение с постановката без добавен ИМГ, резултатът от добавянето на такъв доведе до статистически значимо по-висока ригидност на конструкцията при аксиално натоварване (*axial stiffness*) в група 1 ( $217,5 \pm 42,6$  N/mm) и в група 3 ( $209,8 \pm 28,2$  N/mm),  $p < 0,01$ , но не и в група 2 ( $209,1 \pm 32,7$  N/mm),  $p = 0,12$ . Не се установиха статистически значими разлики между трите групи след добавянето на ИМГ ( $p > 0,99$ ).



**Фиг. 27.** Ригидност на конструкцията при аксиално натоварване за трите групи в състояние без добавен графт и в състояние с добавен графт. Добавянето на графт води до значително по-висока ригидност в групи 1 и 3, но не и в група 2. В състояние без графт група 2 демонстрира значително по-висока ригидност от група 1 и група 3. Статистически значимите разлики ( $p < 0,05$ ) са означени с (\*).

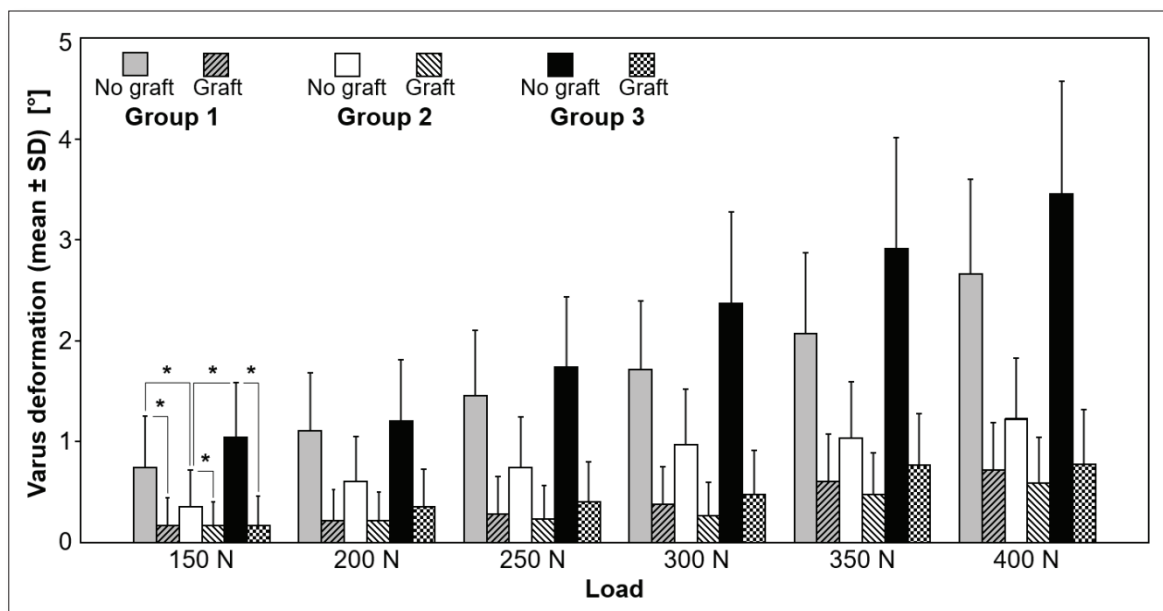
Резултатите за варусната деформация преди и след добавянето на ИМГ са представени в таблица 11.

Load Level (N)	Group 1			Group 2			Group 3		
	No Graft	Graft	<i>P</i>	No Graft	Graft	<i>P</i>	No Graft	Graft	<i>P</i>
150 N	0.76 (0.52)	0.17 (0.28)	<0.01	0.35 (0.37)	0.16 (0.26)	0.04	1.04 (0.57)	0.18 (0.29)	<0.01
200 N	1.11 (0.59)	0.23 (0.33)	<0.01	0.61 (0.47)	0.21 (0.30)	0.03	1.21 (0.61)	0.36 (0.38)	<0.01
250 N	1.45 (0.67)	0.29 (0.36)	<0.01	0.75 (0.51)	0.25 (0.34)	0.02	1.74 (0.72)	0.42 (0.40)	<0.01
300 N	1.72 (0.70)	0.38 (0.39)	<0.01	0.97 (0.57)	0.27 (0.35)	0.02	2.37 (0.92)	0.48 (0.44)	<0.01
350 N	2.07 (0.83)	0.61 (0.48)	<0.01	1.04 (0.58)	0.48 (0.43)	0.02	2.92 (1.11)	0.77 (0.53)	<0.01
400 N	2.66 (0.97)	0.72 (0.49)	<0.01	1.23 (0.63)	0.60 (0.46)	0.01	3.45 (1.15)	0.79 (0.54)	<0.01

Таблица 11. Варусна деформация за трите групи в състояние с графт и без графт. Показани са средните стойности и стандартното отклонение, заедно с нивото на значимост *P*, от статистическото сравняване между състояние с графт и без графт във всяка група и всяко ниво на натоварване.

За всяко ниво на натоварване (200, 250, 300, 350 и 400 N) спесиментите без графт в група 2 показаха статистически значима по-ниска степен на варус деформация спрямо тези в групи 1 и 3 ( $p \leq 0,04$ ), като в същото време не се установи значителна разлика между група 1 и група 3 преди добавянето на ИМГ ( $p \geq 0,16$ ) (фиг. 28). След добавянето на графт варусната деформация се намали статистически значимо за всяка отделна група и за всяко ниво на натоварване ( $p \leq 0,04$ ). Не се установиха значителни разлики между трите групи в състояние на добавен ИМГ ( $p \geq 0,65$ ).

Увеличаването на варусната деформация между отделните нива на натоварване беше статистически значимо при всяка от групите преди добавянето на ИМГ ( $p \leq 0,04$ ), но не и след добавянето му.



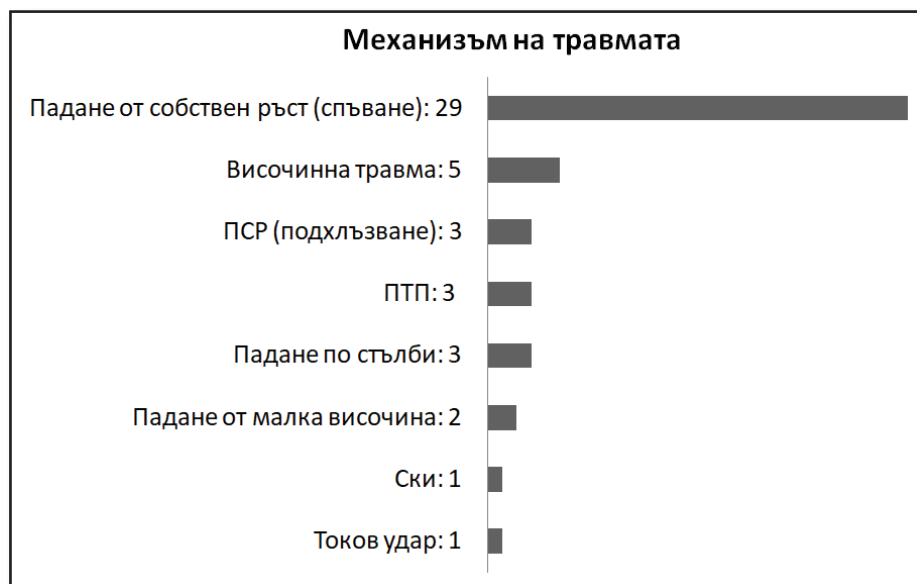
Фиг. 28. Варусна деформация за трите групи в състояние с графт и без графт за 6 нива на натоварване. Добавянето на графт води до значително по-ниска степен на варусна деформация за всяка от групите. В състояние без графт група 2 демонстрира значително по-ниска степен на варусна деформация в сравнение с групи 1 и 3. Статистически значимите разлики ( $p < 0,05$ ) са означени с (\*) за ниво на натоварване 150 N, като образец, който се наблюдава и при другите нива на натоварване.

Проучването показва **статистическа мощност, по-висока от 0.84**, вземайки предвид и двата параметъра, представляващи интерес – ригидността спрямо аксиално натоварване (*axial stiffness*) и варусната деформация.

### 3.2. Резултати. Клинично проучване

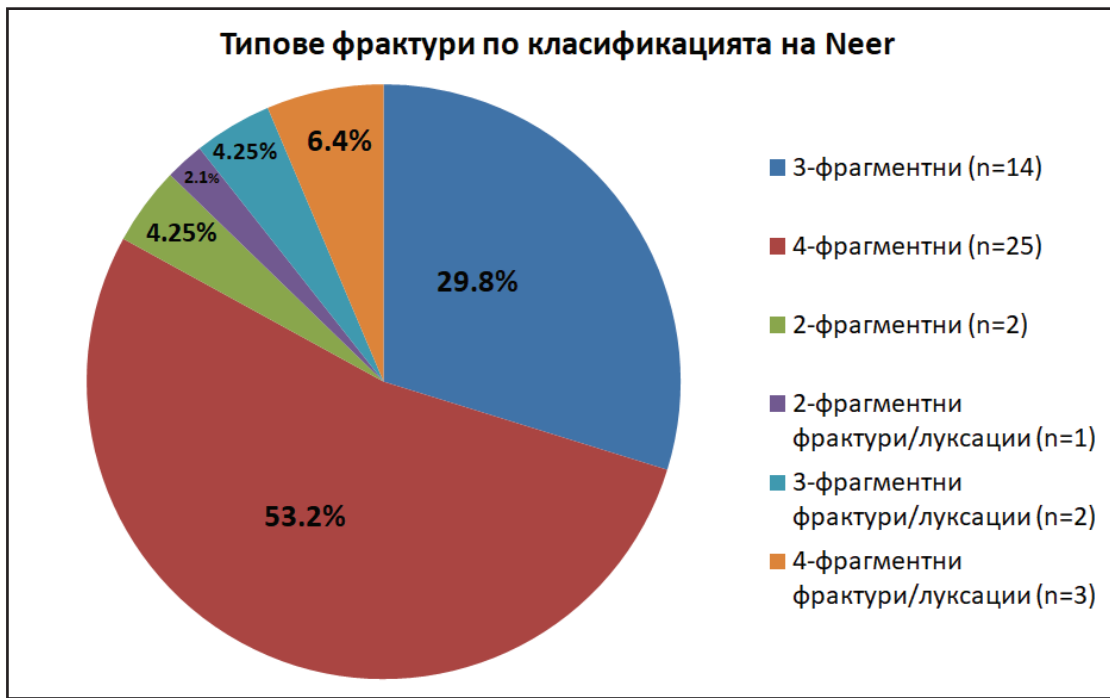
При **47** проследени пациенти, отговарящи на приетите критерии, е използван ИМАГ със ЗП. От тях **37** са жени и **10** са мъже. Средната възраст е **63,2** (33 – 84) години. Средният срок на проследяване е **28 месеца** (12 – 79).

Разпределението според механизма на травмата е представено на **фиг. 29**.



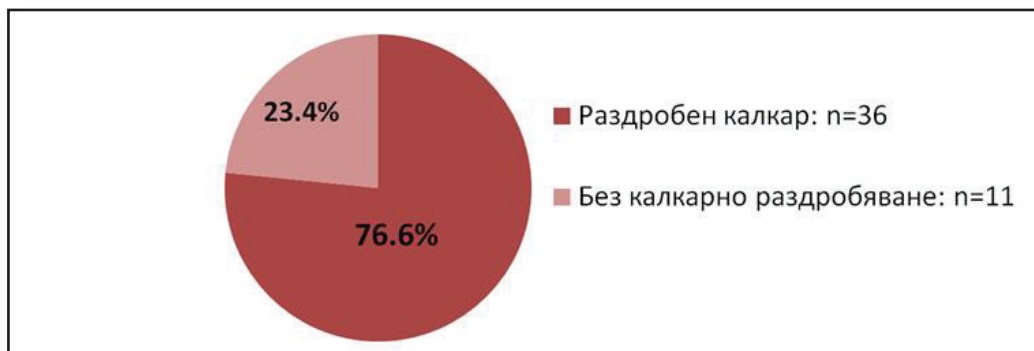
**Фиг. 29.** Разпределение на фрактурите според механизма на получаване.

Разпределението на фрактурите според класификацията на Neer<sup>244</sup> е дадено на **фиг. 30**.

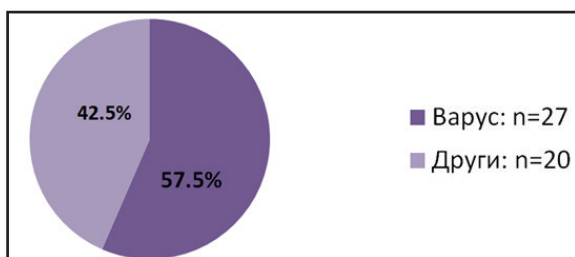


**Фиг. 30.** Типове фрактури според класификацията на Neer.

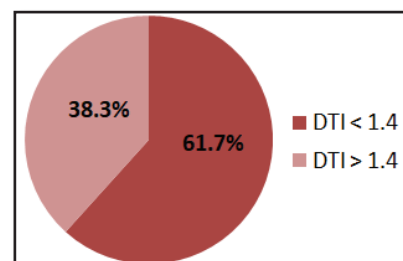
Като допълнителни критерии за нестабилност взехме наличието на медиално раздробяване, първичното разместване на фрактурата във варус и локалното качество на костта (фиг. 31 и фиг. 32).<sup>324, 347</sup>



**Фиг. 31.** Медиално раздробяване.

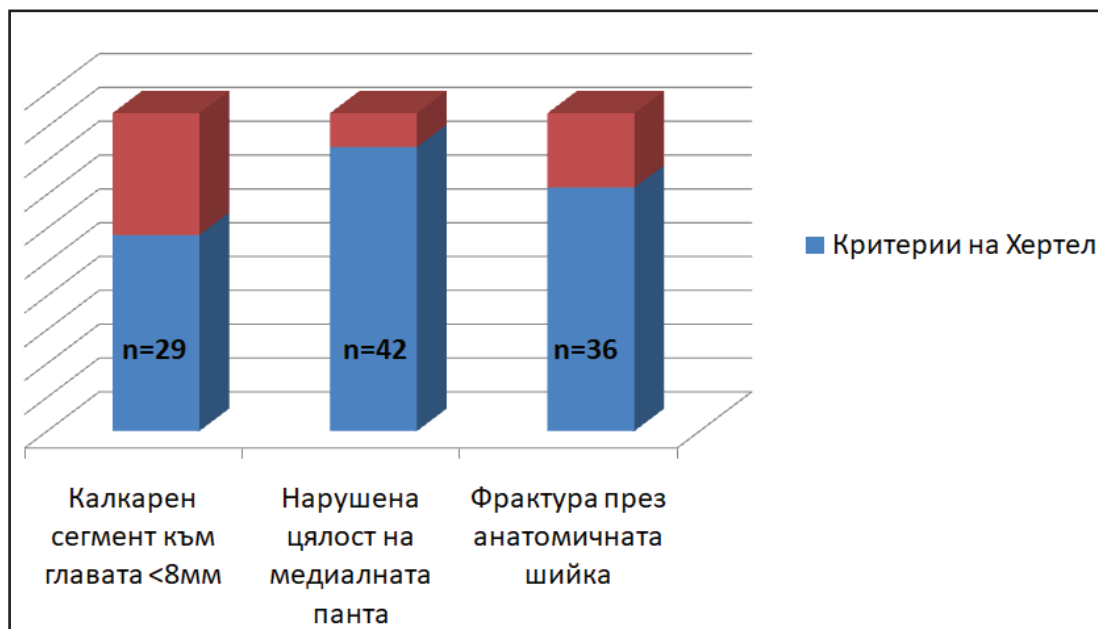


**Фиг. 32 А.** Първично разместване на фрактурата във варус.



**Фиг. 32 Б.** Локално качество на костта според DTI.

Под внимание взехме и *критериите на Hertel*<sup>142</sup>, които са с най-висока прогностична стойност за предвестници на исхемия на хумералната глава. Разпределението им е показано на **фиг. 33**.



**Фиг. 33.** Предвестници на исхемия. Наличието на трите критерия едновременно води до 97% риск от развитие на АВН.

В **таблица 12** са дадени придружаващите увреди. Такива се установиха при 7 от проследените пациенти.

Придружаваща увреда	Брой
Fractura vertebrae cervicalis	1
Fractura vetebrae lumbalis	1
Fractura acetabuli	1
Fractura colli femoris	1
Fractura patellae	2
Fractura proc. olecrani	1
Fractura radii in partis distalis	1
Comotio celebri	1

**Таблица 12.** Придружаващи увреди.

**Хирургическо лечение.** Усредненият срок от момента на травмата до оперативната интервенция е **3,5 дни** (1 – 14). Основна причина за забавяне е необходимостта от диагностично уточняване чрез КАТ. Такова е извършено при **24** от пациентите.

Броят на операторите е **осем**. Разпределението на хирургичната активност за всеки от тях е дадено в **таблица 13**. При 25 пациенти е извършена ОРВФ с делтоидо-пекторален достъп и при 22 пациенти е извършена МИПО техника с миниинвазивен латерален трансделтоиден или предно-латерален достъп. Като средство за фиксация при всички пациенти са използвани ЗП. При 9 случая са използвани ЗП от първо поколение и при 38 – ЗП от второ поколение. Като костен присадък при **31** пациенти е използван **ДЗФ алографт** и при **16** пациенти е използван **ЛФТ алографт**. Като допълнително средство за фиксация извън ЗП са използвани: при 3 случая – винт за допълнителна фиксация и задържане на позицията на алографта; при 7 случая – винт в предно-задно направление за фиксация на фрагмента на МТ; при 2 случая – подпорна миниреконструктивна плака за допълнителна фиксация на МТ; при 1 случай – серкляж за фиксация на метадиафизарен фрагмент; при 1 случай – анкър за фиксация на предно-долния ръб на гленоида.

Пациентите са проследени за среден срок **28 месеца** (12 – 79). Средната продължителност на оперативното време е **127 мин** (30 – 330).

Оператор	Брой случаи
A	19
B	15
C	6
D	2
E	2
F	1
G	1
H	1

**Таблица 13.** Хирургична активност на операторите за серията.

### 3.2.1. Рентгенологични резултати

Изследваните рентгенологични параметри са: интраоперативен шийно-диафизарен ъгъл (ШДЪ1), интраоперативна височина на хумералната глава (ВХГ1), шийно-диафизарен ъгъл при окончателното проследяване (ШДЪ2) и височина на хумералната глава при окончателното проследяване (ВХГ2). Методът за измерване на ШДЪ е предложен от Agudelo и съавт.<sup>3</sup>, а методът за измерване на ВХГ – от Gardner и съавт.<sup>113</sup>

Целта на тези измервания е да отговорят на въпроса: надеждна ли е фиксацията с конструкцията ЗП и ИМАГ по отношение на задържане на репозицията?

Средният интраоперативен ШДЪ е **131,91°** (68,5 – 155,5°). Средният ШДЪ при финалното проследяване е **123,93°** (68,5 – 150,7°) **Разликата** между двете усреднени стойности е **7,98°**. В **таблица 14** са дадени измерванията за ШДЪ от статистическия анализ.

T-test for Dependent Samples (RUSIMOV.sta)								
Marked differences are significant at p < ,05000								
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. - Diff.	t	df	p
<b>ШДЪ1°</b>	<b>131,9191</b>	<b>15,27028</b>						
<b>ШДЪ2°</b>	<b>123,9319</b>	<b>17,40591</b>	<b>47</b>	<b>7,987234</b>	<b>12,58908</b>	<b>4,349619</b>	<b>46</b>	<b>0,000075</b>

**Таблица 14.** Т-тест за различимост на средните стойности на две сдвоени извадки (ШДЪ1 и ШДЪ2).

Разликата е статистически значима ( $p < 0,05$ ), но **резултатът ни удовлетворява**, тъй като е под критичните  $10^\circ$ .<sup>347, 14</sup>

Средната интраоперативна стойност за ВХГ е **14,11 мм** (7,1 – 20 мм), а при финалното проследяване е **13,15 мм**. Разликата между двете стойности е **0,96 мм**. Статистическите данни за ВХГ са представени в **таблица 15**.

T-test for Dependent Samples (RUSIMOV.sta)								
Marked differences are significant at p < ,05000								
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. - Diff.	t	df	p
<b>ВХГ1(мм)</b>	<b>14,11702</b>	<b>4,209426</b>						
<b>ВХГ2(мм)</b>	<b>13,15957</b>	<b>4,968932</b>	<b>47</b>	<b>0,957447</b>	<b>3,172898</b>	<b>2,068748</b>	<b>46</b>	<b>0,044217</b>

**Таблица 15.** Т-тест различимост на средните стойности на две сдвоени извадки (ВХГ1 и ВХГ2).



Между двете стойности на ВХГ се установява статистическа разлика ( $p < 0,05$ ). Независимо от това **резултатът е удовлетворяващ**, тъй като стойността е значително под зададените критични 5 мм.<sup>113</sup>

### 3.2.2. Функционални резултати

За комплексна оценка на функцията на оперирания крайник използвахме Constant – Murley Score (CS) с трите разновидности на скалата: абсолютен (CSabs); релативен (CSrel); индивидуален (CSindiv). CS скалата включва: 1. Субективна оценка на болката, възстановяване на дейностите в ежедневието, както и нарушаване на съня в резултат от увредата; 2. Обективна оценка на движенията в рамото: абдукция, флексия, външна и вътрешна ротация; 3. Измерване на силата.

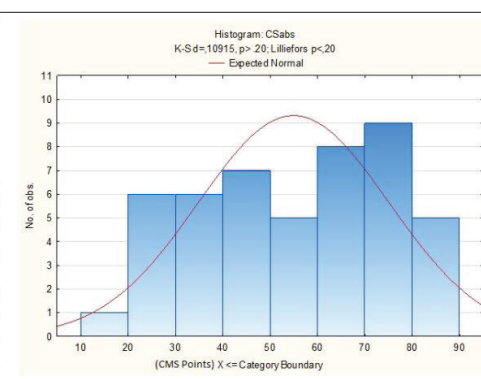
Усреднената стойност на изчисления CSabs е **54,97 точки**. Този резултат попада в графата **задоволителен** (51 – 64 точки) определена от Constant и съвт.<sup>74</sup> Подробни статистически данни са представени в **таблица 16 (А и Б)** и **фиг. 34**.

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)					
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
CSabs	47	54,97872	17,00000	86,00000	20,12622

Таблица 16 А. Среден CSabs от дескриптивен статистически анализ.

Frequency table: CSabs (RUSIMOV.sta)					
K-S d=,10915, p> .20; Lilliefors p<,20					
	Count	Cumulative - Count	Percent - of Valid	Cumul % - of Valid	% of all - Cases
10,00000<x<=20,00000	1	1	2,12766	2,1277	2,12766
20,00000<x<=30,00000	6	7	12,76596	14,8936	12,76596
30,00000<x<=40,00000	6	13	12,76596	27,6596	12,76596
40,00000<x<=50,00000	7	20	14,89362	42,5532	14,89362
50,00000<x<=60,00000	5	25	10,63830	53,1915	10,63830
60,00000<x<=70,00000	8	33	17,02128	70,2128	17,02128
70,00000<x<=80,00000	9	42	19,14894	89,3617	19,14894
80,00000<x<=90,00000	5	47	10,63830	100,0000	10,63830

Таблица 16 Б. Честотно разпределение на CSabs.



Фиг. 34. Хистограма на честното разпределение на CSabs.

CSrel отразява процентното съотношение на изчисления CSabs на пациента от нормалните средни стойности на CSabs за здравата популация според възраст, пол и

крайник (ляв или десен). Нормалните стойности взехме от оригиналната таблица на Constant-Murley.

Усреднената стойност на **CSrel** в нашето проучване е **73,38 точки**, което попада в графата **добри резултати** (65 – 79 точки). Подробни статистически данни са дадени в таблица 17 (А и Б) и фиг. 35.

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)					
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
CSrel	47	73,38298	24,00000	100,0000	23,54418

Таблица 17 А. Среден CSrel от дескриптивен статистически анализ.

Frequency table: CSrel (RUSIMOV.sta) K-S d=,15818, p<,01					
	Count	Cumulative - Count	Percent - of Valid	Cumul % - of Valid	% of all - Cases
10,00000<x<=20,00000	0	0	0,00000	0,0000	0,00000
20,00000<x<=30,00000	2	2	4,25532	4,2553	4,25532
30,00000<x<=40,00000	4	6	8,51064	12,7660	8,51064
40,00000<x<=50,00000	5	11	10,63830	23,4043	10,63830
50,00000<x<=60,00000	3	14	6,38298	29,7872	6,38298
60,00000<x<=70,00000	6	20	12,76596	42,5532	12,76596
70,00000<x<=80,00000	5	25	10,63830	53,1915	10,63830
80,00000<x<=90,00000	6	31	12,76596	65,9574	12,76596
90,00000<x<=100,0000	16	47	34,04255	100,0000	34,04255

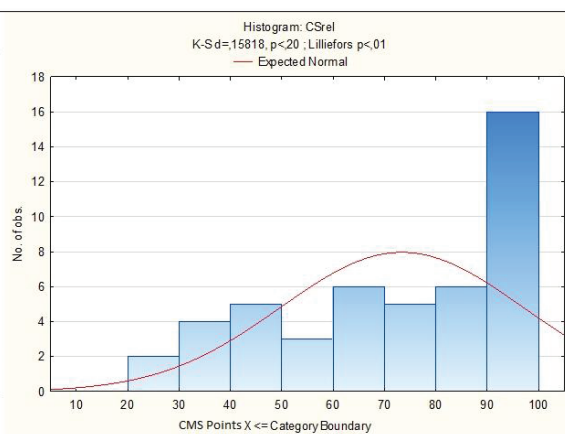


Таблица 17 Б. Честотно разпределение на CSrel.

Фиг. 35. Хистограма на честотното разпределение на CSrel.

Средният **CSindiv**, който представлява процентното съотношение на измерения CSabs от измерения такъв на контралатералното рамо, е **67,00 точки**. Резултатът попада в графата **добри резултати** (65 – 79 точки). Подробни статистически данни са дадени в таблица 18 (А и Б) и фиг. 36.

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)					
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
CSindiv	47	67,00000	22,00000	100,0000	23,70379

Таблица 18 А. Среден CSindiv от дескриптивен статистически анализ.

Frequency table: CSindiv (RUSIMOV.sta)					
K-S d=,13193, p> .20; Lilliefors p<,05					
	Count	Cumulative - Count	Percent - of Valid	Cumul % - of Valid	% of all - Cases
10,00000<x<=20,00000	0	0	0,00000	0,0000	0,00000
20,00000<x<=30,00000	3	3	6,38298	6,3830	6,38298
30,00000<x<=40,00000	6	9	12,76596	19,1489	12,76596
40,00000<x<=50,00000	4	13	8,51064	27,6596	8,51064
50,00000<x<=60,00000	6	19	12,76596	40,4255	12,76596
60,00000<x<=70,00000	4	23	8,51064	48,9362	8,51064
70,00000<x<=80,00000	7	30	14,89362	63,8298	14,89362
80,00000<x<=90,00000	6	36	12,76596	76,5957	12,76596
90,00000<x<=100,00000	11	47	23,40426	100,0000	23,40426

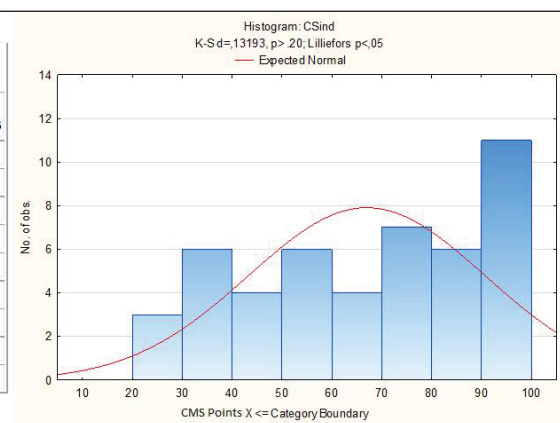


Таблица 18 Б. Честотно разпределение на CSindiv.

Фиг. 36. Хистограма на честотното разпределение на CSindiv.

За субективна оценка на нивото на възстановяване при пациентите използвахме адаптираната на български език версия на DASH въпросника.<sup>162</sup> Средната стойност на DASH за нашата серия е **16,65** (0 – 45). Субективната ни оценка за резултата според DASH въпросника е **добра**. Обективната оценка може да се направи на базата на максималния брой от 100 точки (възможно най-лош резултат) и минималния брой от 0 точки (възможно най-добър резултат.) В таблица 19 (А и Б) и фиг. 37 са дадени по-подробно данните от статистическия анализ.

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)					
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
DASH	47	16,65532	0,00	45,00000	13,51094

Таблица 19 А. Среден DASH от дескриптивен статистически анализ.

Frequency table: DASH (RUSIMOV.sta)					
K-S d=,10884, p> .20; Lilliefors p<,20					
	Count	Cumulative - Count	Percent - of Valid	Cumul % - of Valid	% of all - Cases
-10,0000<x<=0,00000	3	3	6,38298	6,3830	6,38298
0,000000<x<=10,00000	15	18	31,91489	38,2979	31,91489
10,00000<x<=20,00000	13	31	27,65957	65,9574	27,65957
20,00000<x<=30,00000	6	37	12,76596	78,7234	12,76596
30,00000<x<=40,00000	6	43	12,76596	91,4894	12,76596
40,00000<x<=50,00000	4	47	8,51064	100,0000	8,51064

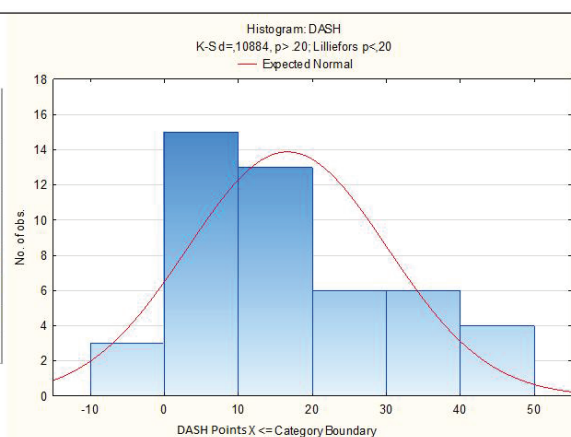


Таблица 19 Б. Честотно разпределение на DASH.

Фиг. 37. Хистограма на честотното разпределение на DASH.

### 3.3. Усложнения

#### Вторично варусно разместване

При **9 (19,1%)** от нашите пациенти ШДЪ2 е приемлив – в границите **110 – 120°**. При 4 от тях фрактурата е фиксирана в ъгъл **110 – 120°** интраоперативно. Усредненият **CSabs** за тази група пациенти е **58,66 (задоволителен)**.

При **6 (12,8%)** от пациентите ни **ШДЪ е под 110°**. При 2 от пациентите фрактурата е фиксирана в ъгъл под **110°**. Усредненият **CSabs** за тази група пациенти е **45,16 (лош)**.

При **17 (36,2%)** от нашите пациенти се установи спад в **ШДЪ > 10°**. Усредненият **CSabs** за тях е **50,64 (задоволителен)**. Девет от пациентите по този показател за вторична варусна деформация се припокриват с горните два показателя (ШДЪ **110 – 120°** и ШДЪ под **110°**).

#### Пенетрация на винтове през хумералната глава

Интраоперативно пенетрация поради поставяне на по-дълги винтове не се установи при нашите пациенти.

Пенетрацията на винтове разделихме на първична, която е самостоятелно проявено усложнение, и вторична – в резултат на АВН и колапс на хумералната глава.

**Първично прорязване на винтове** се установи при **6 (12,8%)** от нашите пациенти.

**Вторично прорязване** в резултат на АВН се установи при **9 (19,1%)** от нашите пациенти.

#### Аваскуларна некроза

АВН е най-многобройното усложнение в нашата серия, като се установи при **13 (27,7%)** от нашите пациенти. Разпределението според класификацията на Cruess<sup>79</sup> е представено в **таблица 20**.

Степен на АВН по класификацията на Cruess	Брой пациенти
I	0
II	1
III	3
IV	7
V	2

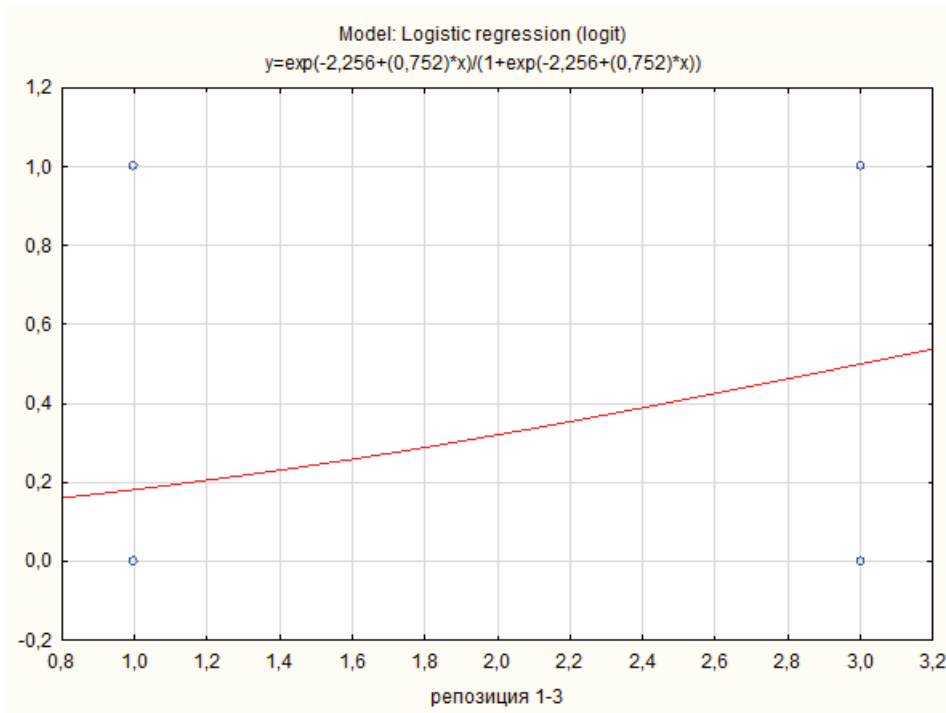
**Таблица 20.** Разпределение на пациентите с АВН според класификацията на Cruess.

На фиг. 36 беше посочен броят на пациентите, отговарящи на най-значимите критериите на Hertel.<sup>142</sup>

**22 (47%)** от фрактурите в нашето проучване имат **трите критерия едновременно**, предричащи **97%** риск за развитие на АВН. **7 (32%)** от тези пациенти са развили АВН.

Използвахме метода на логистична регресия, за да установим причината за развитието на АВН в нашата серия. Анализът не установи зависимост между критериите на Hertel и развитието на АВН в нашата серия. Това е логично, тъй като и Hertel доказва, че добрата репозиция и надеждната фиксация могат да доведат до реваскуларизация на хумералната глава. В противен случай вместо 32% (от 22 пациенти) броят на пациентите с АВН би трябвало да е 97%. Поради тези причини си поставихме задачата: **да се установи зависимостта на развитието на АВН от качеството на репозицията.**

Логистичен регресионен анализ показва **статистически значима зависимост между репозицията и развитието на АВН**, като репозицията се оказва значим фактор за появата на АВН. От **фиг. 38** се вижда, че вероятността за аваскуларна некроза расте, ако е налична липса на репозиция. При код 1 за репозиция, т.е. анатомична и приемлива, вероятността за аваскуларна некроза е 0,18, т.е. 18%, и нараства до 0,56, т.е. до 56%, ако репозицията е с код 3, т.е. е налице липса на репозиция.



**Фиг. 38.** Графика на изменението на вероятността за поява на усложнението АВН в зависимост от репозиция с код 1 (анатомична и приемлива) и код 3 (малредукция).

### Субакромиален импинджмънт

САИ се установи при **5 (10,4%)** от нашите пациенти, като при 4 от тях усложнението е в резултат на разместване и проксимализация на ГТ, и при 1 е в резултат на вторична варусна деформация. Не установихме САИ, причинен от ЗП.

### Артроза на глено-хумералната става

Рентгенологични данни за развитие на артрозни изменения се установиха при 4 (8,5%) от нашите пациенти. И при четиримата, артрозата беше в резултат от настъпила АВН с последваща пенетрация на винтове в глено-хумералната става.

## **Аваскуларна некроза на големия туберкулум**

Усложнението се среща при **8 (17%)** от нашите пациенти. По-подробно е описано в раздела „Обсъждане“.

### **Други усложнения**

Други усложнения, фигуриращи в литературата за фиксацията със ЗП, са: несрастване, дебриколаж и повърхностна или дълбока инфекция. Нито едно от тях не се установи при нашите пациенти.

### **3.4. Реоперации**

**12 (26%)** са повторно извършените хирургични интервенции. 10 от тях са екстракции на ЗП с винтовете. 5 от екстракциите са безсимптомни и са по настояване на пациента. 3 екстракции са извършени поради наличие на АВН с последващ колапс на хумералната глава с пенетрация на винтове в ГХС. 1 екстракция е извършена поради прорязване на един от винтовете на първата година от проследяването. 1 екстракция е извършена превантивно поради рентгенологични данни за настъпваща АВН. При 1 пациентка винтовете са прорязали на петия постоперативен месец и са сменени с покъси. При 1 пациент е извършено еднополусно ендопротезиране след установена АВН с пенетрация на винтовете при финалното проследяване.

### **3.5. Резултати според възрастта**

#### **3.5.1. Рентгенологични резултати**

Поставихме си задача да установим дали възрастта оказва влияние на крайните резултати при фиксацията със ЗП и ИМАГ. За целта разделихме пациентите в две групи: млади (< 65 години) и възрастни (> 65 години). В групата на младите пациенти попаднаха 23, а в тази на възрастните – 24.



Средният спад на ШДЪ за младите пациенти е **8,5°** (ШДЪ1 = 130,7°; ШДЪ2 = 122,2°), а средният спад на ШДЪ за възрастните пациенти е **7,5°** (ШДЪ = 133,1°; ШДЪ = 125,6°). Между двете стойности не се установи статистически значима разлика ( $p > 0,05$ ).

Такава не се установи и в спада на ВХГ ( $p > 0,05$ ). За младите пациенти той беше **0,6 мм** (ВХГ1 = 13 мм; ВХГ2 = 12,4 мм), а за възрастните пациенти – **1,25 мм** (ВХГ1 = 15.15мм; ВХГ2 = 13,9 мм).

### 3.5.2. Функционални резултати

Според функционалните резултати се установи **статистически значима разлика** спрямо CSabs (таблица 21), като резултатът е по-висок при младите пациенти и попада в графата **добър**, докато този на възрастните попада в графата **задоволителен**.

T-test for Independent Samples (Rusimov-pod-nad 65.sta) Note: Variables were treated as independent samples									
	Mean - Group 1	Mean - Group 2	t-value	df	p	Valid N - Group 1	Valid N - Group 2	Std.Dev. - Group 1	Std.Dev. - Group 2
CSabs<65 vs. CSabs>65	61,26087	48,95833	2,178472	45	0,034649	23	24	18,89256	19,78467

Таблица 21. Тест на Student (t-критерий) за две независими извадки. Значимост на разликата между средните стойности на CSabs за пациенти под и над 65 години.

**Статистически значима разлика** се установи и според DASH въпросника, като възрастните пациенти имат почти два пъти по-голям брой точки в сравнение с младите. (таблица 22).

T-test for Independent Samples (Rusimov-pod-nad 65.sta) Note: Variables were treated as independent samples									
	Mean - Group 1	Mean - Group 2	t-value	df	p	Valid N - Group 1	Valid N - Group 2	Std.Dev. - Group 1	Std.Dev. - Group 2
DASH<65 vs. DASH>65	11,22609	21,85833	-2,90710	45	0,005644	23	24	10,17583	14,43332

Таблица 22. Тест на Student (t-критерий) за две независими извадки. Значимост на разликата между средните стойности на DASH за пациенти под и над 65 години.

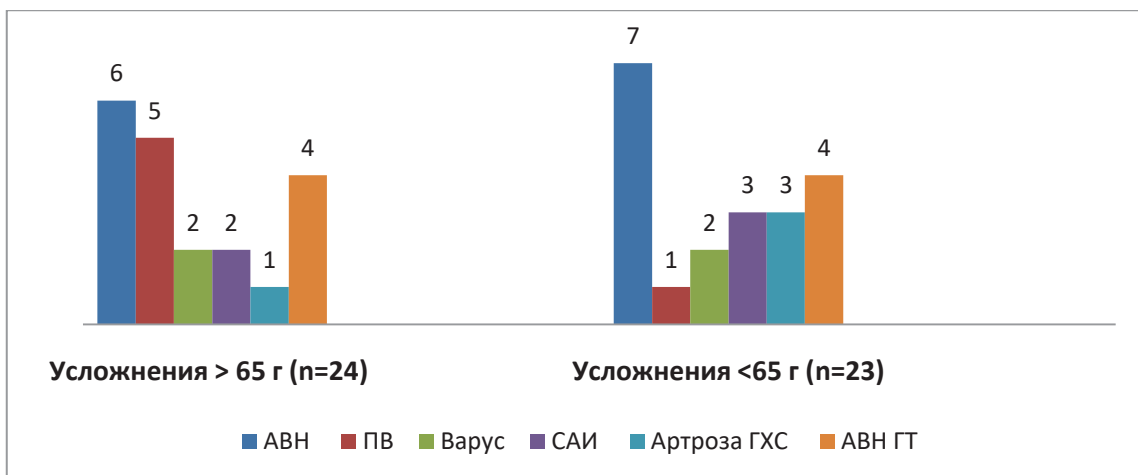
Макар и статистически незначими, разлики се установиха и според CSrel (76,78 за младите и 70,12 за възрастните). Според CSindiv резултатите също попадат в

горепосочените различни графи: 72,30 (добър) за младите и 61,91 (задоволителен) за възрастните.

### 3.5.3. Усложнения

**20 усложнения** се установиха при 13 от 24 **възрастни пациенти**. Процентното им разпределение е: АВН (25%); ПВ (20,8%); варус деформация под 110° (8,3%); САИ (8,3%); артроза на ГХС (4,2%); АВН на ГТ (16,6%). Според броя са представени на **фиг. 39**.

**20 усложнения** се установиха при 10 от 23 **млади пациенти**. Процентното им разпределение е: АВН (30,4%); ПВ (4,3%); варус деформация под 110° (8,7%); САИ (13,04%); артроза (13,04%); АВН на ГТ (17,4%). Според броя са представени на **фиг. 39**.



**Фиг. 39.** Разпределение на усложненията по брой при пациентите над и под 65 години.

## 3.6. Резултати според хирургичния достъп

### 3.6.1. Рентгенологични резултати

Средната **разлика** между интраоперативния **ШДЪ** и постоперативния за **ДПД** и **ОРВФ** беше **7,8°** (ШДЪ1 = 136,4°; ШДЪ2 = 128,6°). За **МИПО** техниката с ЛТД и ПЛД беше

**8,2°** (ШДЪ1 = 126,7°; ШДЪ2 = 118,5°). Между двете стойности не се установи статистически значима разлика. Това, което прави впечатление, са стойностите на ШДЪ1 и ШДЪ2 при групата с МИПО достъп. И двете са по-ниски, като средната стойност на ШДЪ2 попада в графата **приемлив варус** (110 – 120°). Въпреки това резултатът не повлиява функцията.

Средният спад на ВХГ за групата с ДПД достъп беше 0,6 мм (ВХГ1 = 13,5 мм; ВХГ2 = 12,9). Средният спад за МИПО групата беше 1,4 мм (ВХГ1 = 14,7 мм; ВХГ2 = 13,3). Разликата се оказва статистически ( $p > 0,05$ ) и клинично незначима.

### 3.6.2. Функционални резултати

Според нашите резултати, между двата достъпа не се установи статистически значима разлика във функционалните скали за оценка (**таблица 23**).

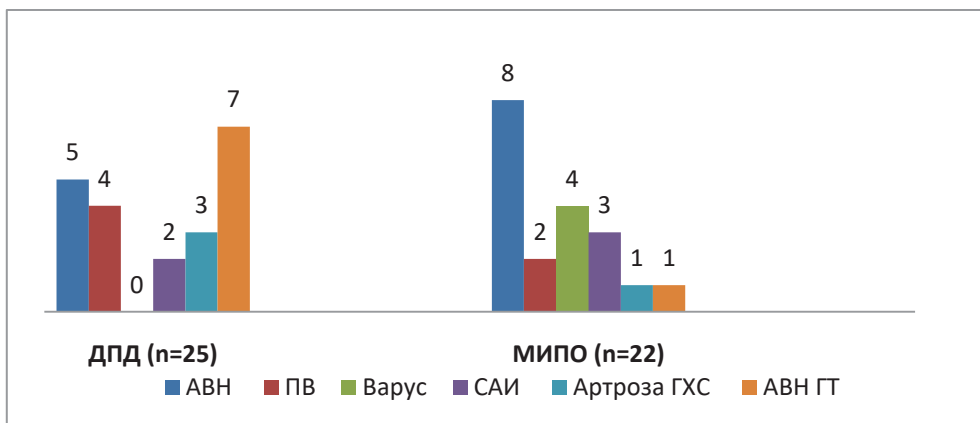
	ДПД	МИПО
<b>CSabs</b>	57,28	52,36
<b>CSrel</b>	72,96	73,86
<b>CSindiv</b>	69,60	64,04
<b>DASH</b>	14,81	18,75

**Таблица 23.** Функционални скали за двете групи според хирургичния достъп.

### 3.6.3. Усложнения

**21 усложнения** се установиха при 15 от 25 пациенти, при които е използван ДПД. Процентното им отражение е: АВН (20%); ПВ (16%); варус деформация под 110° (4,0%); САИ (8,0%); артроза на ГХС (12%); АВН на ГТ (28%).

**19 усложнения** се установиха при 12 от 22 пациенти, при които е използван МИПО достъп. Процентното им отражение е: АВН (31,8%); ПВ (9%); варус деформация под 110° (18,2%); САИ (3,3%); артроза ГХС (4,5%); АВН на ГТ (18,2%).



Фиг. 40. Разпределение на усложненията по брой при пациентите в групата с ДПД и с МИПО достъп.

Най-голяма от статистическа и от клинична гледна точка разлика между двете техники е тази в **средното оперативно време**. При **МИПО** техниката то е съкратено почти **наполовина (таблица 24)**.

Univariate Tests of Significance, Effect Sizes, and Powers for <b>оперативно време</b> (RUSIMOV.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	P
<b>Intercept</b>	734737,9	1	734737,9	188,9241	0,000000
<b>достъп</b>	76829,4	1	76829,4	19,7552	0,000057
<b>Error</b>	175007,9	45	3889,1		

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)							
	Level of - Factor	N	оперативно време - Mean	оперативно време - Std.Dev.	Оперативно Време - Std.Err	оперативно време - -95,00%	Оперативно време - +95,00%
<b>Total</b>		47	127,8723	73,99137	10,79275	106,1477	149,5970
<b>достъп</b>	ДПД	25	165,8000	77,60316	15,52063	133,7670	197,8330
<b>достъп</b>	МИПО	22	84,7727	38,09378	8,12162	67,8829	101,6626

Таблица 24. Резултати от дисперсионен анализ ANOVA за значимостта на средното оперативно време от достъпа.

### 3.7. Резултати според използвания графт

#### 3.7.1. Рентгенологични резултати

Средният спад в ШДЪ при използването на замразен фибуларен алографт (ЗФАГ) е **8,8°** (ШДЪ1 = 130,9°; ШДЪ2 = 122,1°).

Тази стойност за групата с лиофилизиран тибиаден алографт (ЛТАГ) е **6,3°** (ШДЪ1 = 133,7°; ШДЪ2 = 127,4°).

Между двете стойности не се установи статистически значима разлика ( $p > 0,05$ ).

Средният спад във ВХГ за групата със ЗФАГ е **1,1 мм** (ВХГ1 = 14,9 мм; ВХГ2 = 13,8 мм).

Средният спад във ВХГ за ЛТАГ е **0,6 мм** (ВХГ1 = 12,4 мм; ВХГ2 = 11,8 мм).

И за този показател статистическата стойност е незначима ( $p > 0,05$ ).

#### 3.7.2. Функционални резултати

Между функционалните резултати не се установиха статистически значими разлики или такива, водещи до попадането на някоя от групите в различни графи според видовете CS. Функционалните резултати според скалите за оценка са представени в **таблица 25**.

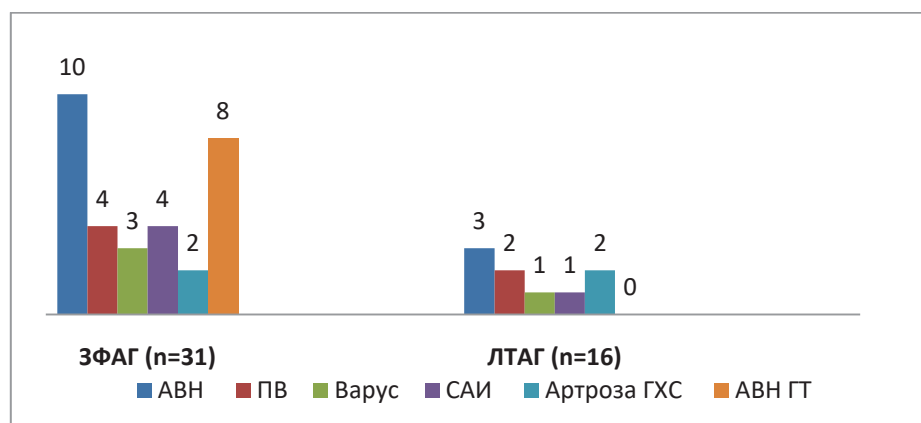
	ЗФАГ	ЛТАГ
CSabs	54,90	55,12
CSrel	72,06	75,93
CSindiv	66,70	67,56
DASH	17,36	15,28

Таблица 25. Функционални скали за групите според използвания алографт.

### 3.7.3. Усложнения

**31 усложнения** се установиха при 20 от **31 пациенти със ЗФАГ**: АВН (32,25%); ПВ (12,9%); варус деформация под 110° (9,7%); САИ (12,9%); артроза на ГХС (6,5%); АВН на ГТ (25,8%).

**9 усложнения** се установиха при 7 от **16 пациенти с ЛТАГ**. Процентното им съдържание е: АВН (18,8%); ПВ (12,5%); САИ (6,25%); артроза на ГХС (12,5%); варус деформация под 110° (6,25%); АВН на ГТ (0%).



Фиг. 41. Разпределение на усложненията по брой в групите според вида алографт.

## 3.8. Резултати според локалното качество на костта

### 3.8.1. Рентгенологични резултати

Средният спад на **ШДЪ** при групата с **DTI < 1,4** е **10,1°** (ШДЪ1 = 134,2°; ШДЪ2 = 124,1°).

Средният спад в **ШДЪ** за групата с **DTI > 1,4** е **4,5°** (ШДЪ1 = 128,2°; ШДЪ2 = 123,7°).

Разликата от **5,6°** се оказва без статистическо значение ( $p > 0,05$ ). От клинична гледна точка обаче стойността на спада в ШДЪ за групата с **DTI < 1,4** е малко над критичните 10°.

Средният спад на **ВХГ** за групата с **DTI < 1,4** е **0,8 мм** (ВХГ1 = 14,8 мм; ВХГ2 = 14,0 мм).

Средният спад за **ВХГ** в групата с **DTI > 1,4** е **1,2 мм** (ВХГ1 = 12,9 мм; ВХГ2 = 11,7 мм).

Между двете стойности не се установи статистически значима разлика ( $p > 0,05$ ).

### 3.8.2. Функционални резултати

Според функционалните резултати не се установиха статистически значими разлики между двете групи. Стойностите на скалите са представени в **таблица 26**.

	<b>DTI &lt; 1,4</b>	<b>DTI &gt; 1,4</b>
<b>CSabs</b>	53,44	57,44
<b>CSrel</b>	74,00	72,38
<b>CSindiv</b>	65,55	69,33
<b>DASH</b>	18,57	13,56

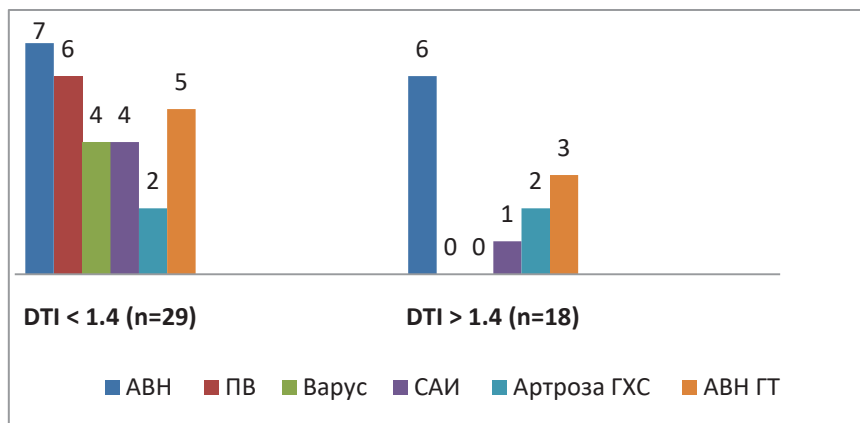
**Таблица 26.** Функционални скали за групите според локалното качество на костта

### 3.8.3. Усложнения

Установиха се **28 усложнения** при 17 от 29 пациенти с **DTI < 1,4**. Като процент според броя пациенти: АВН (24%); ПВ (21%); варус (13,8%); САИ (13,8%); артроза ГХС (6,9%); АВН на ГТ (17,2%).

Установиха се **12 усложнения** при 11 от 18 пациенти с **DTI > 1,4**. Като процент според броя пациенти: АВН (33%); ПВ (0%); варус (0%); САИ (5,5%); артроза ГХС (11%); АВН на ГТ (16,7%).





**Фиг. 42.** Разпределение на усложненията по брой при пациентите в групите според локалното качество на костта

### 3.9. Резултати според репозицията

Според критериите на Schnetzke<sup>312</sup> за качеството на репозицията (таблица 10) пациентите бяха разпределени в три групи: с анатомична репозиция; с приемлива репозиция; с малредукция.

#### 3.9.1. Рентгенологични резултати

Средният спад в ШДЪ за пациентите с анатомична репозиция е **9,1°** (ШДЪ1 = 140,3°; ШДЪ2 = 131,2°).

Средният спад в ШДЪ за пациентите с приемлива репозиция е **8,3°** (ШДЪ1 = 130,3°; ШДЪ2 = 122°).

Средният спад в ШДЪ за пациентите с малредукция е **6,2°** (ШДЪ1 = 124,8°; ШДЪ2 = 118,6°).

Статистическа разлика между тези стойности не се установи ( $p > 0,05$ ).

Средният спад във ВХГ за пациентите с анатомична репозиция е **1 мм** (ВХГ1 = 15,3 мм; ВХГ2 = 14,3 мм).

Средният спад във ВХГ за пациентите с приемлива репозиция е **1,2 мм** (ВХГ1 = 13,7 мм; ВХГ2 = 12,5 мм).

Средният спад във ВХГ за пациентите с малредукция е **0,6 мм** (ВХГ1 = 13,3 мм; ВХГ2 = 12,7 мм).

Статистическа разлика не се установи между посочените стойности ( $p > 0,05$ ).

### 3.9.2. Функционални резултати

Въпреки незначителните разлики в рентгенологичните показатели, според функционалните скали се установиха такива. За CSabs групата пациентите с анатомична и приемлива репозиция показаха значително по-добър резултат. Статистически значима беше разликата между групата с анатомична репозиция и тази с малредукция, както и между групата с приемлива репозиция и тази с малредукция. (таблица 27).

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)							
	Level of - Factor	N	CSabs - Mean	Csabs - Std.Dev.	Csabs - Std.Err	CSabs - -95,00%	CSabs - +95,00%
<b>Total</b>		47	<b>54,97872</b>	20,12622	2,935711	49,06944	60,88800
репозиция	анатомична	15	<b>58,13333</b>	16,23430	4,191677	49,14308	67,12359
репозиция	приемлива	18	<b>66,11111</b>	16,98057	4,002360	57,66687	74,55535
репозиция	малредукция	14	<b>37,28571</b>	15,88143	4,244490	28,11605	46,45538

Multiple Comparisons p values (2-tailed); CSabs (RUSIMOV.sta)			
Independent (grouping) variable: репозиция Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 47) =15,57149 p =,0004			
	1 - R:25,867	2 - R:31,444	3 - R:12,429
1		0,733747	<b>0,025066</b>
2	0,733747		<b>0,000298</b>
3	<b>0,025066</b>	<b>0,000298</b>	

Таблица 27. Резултати от дисперсионен анализ ANOVA, допълнително потвърждавани с непараметричен тест на Kruskal-Wallis. Показва се статистически значима разлика между групи 1 и 3 с  $p = 0,025066 (< 0,05)$  и между групи 2 и 3 с  $p = 0,000298 (< 0,05)$ .

И според CSrel пациентите с анатомична и приемлива репозиция имаха по-добър функционален резултат, като тези с приемлива репозиция показаха значително по-добър резултат не само спрямо групата с малредукция, но и спрямо тази с анатомична репозиция. Статистически значимата разлика е тази между групата с приемлива репозиция и тази с малредукция (таблица 28).

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)							
	Level of - Factor	N	CSrel - Mean	CSrel - Std.Dev.	CSrel - Std.Err	CSrel - -95,00%	CSrel - +95,00%
Total		47	73,38298	23,54418	3,434272	66,47015	80,29581
репозиция	анатомична	15	75,46667	18,66956	4,820459	65,12781	85,80552
репозиция	приемлива	18	87,50000	19,07030	4,494914	78,01656	96,98344
репозиция	малредукция	14	53,00000	19,54876	5,224625	41,71288	64,28712

Multiple Comparisons p values (2-tailed); CSrel (RUSIMOV.sta)			
Independent (grouping) variable: репозиция Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 47) =17,64449 p =,0001			
	1 - R:24,033	2 - R:32,917	3 - R:12,500
1		0,191562	0,070809
2	0,191562		0,000088
3	0,070809	0,000088	

Таблица 28. Резултати от дисперсионен анализ ANOVA, допълнително потвърждавани с непараметричен тест на Kruskal-Wallis. Показва се статистически значима разлика между групи 2 и 3 с  $p = 0,000088 (< 0,05)$ .

Според CSindiv статистически значима разлика се установи между групата с анатомична репозиция и групата с малредукция, както и между групата с приемлива репозиция и тази с малредукция. (таблица 29).

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)							
	Level of - Factor	N	CSindiv - Mean	CSindiv - Std.Dev.	CSindiv - Std.Err	CSindiv - -95,00%	CSindiv - +95,00%
Total		47	67,00000	23,70379	3,457553	60,04031	73,95969
репозиция	1	15	71,40000	18,89747	4,879305	60,93493	81,86507
репозиция	2	18	79,94444	20,68382	4,875222	69,65862	90,23026
репозиция	3	14	45,64286	17,27874	4,617938	35,66641	55,61931

Multiple Comparisons p values (2-tailed); CSindiv (RUSIMOV.sta)			
Independent (grouping) variable: репозиция Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 47) =16,65371 p =,0002			
	1 - R:26,033	2 - R:31,639	3 - R:12,000
1		0,726722	0,017652
2	0,726722		0,000175
3	0,017652	0,000175	

Таблица 29. Дисперсионен анализ ANOVA, допълнително потвърждаван с непараметричен тест на Kruskal-Wallis. Показва се статистически значима разлика между групи 1 и 3 с  $p = 0,017652 (< 0,05)$  и групи 2 и 3 с  $p = 0,000175 (< 0,05)$ .

Според DASH въпросника разликата между приемливата и анатомичната репозиция беше минимална, а групата с малредукция имаше двоен брой точки (таблица 30).

Descriptive Statistics (RUSIMOV.sta)							
	Level of - Factor	N	DASH - Mean	DASH - Std.Dev.	DASH - Std.Err	DASH - -95,00%	DASH - +95,00%
Total		47	16,65532	13,51094	1,970774	12,68836	20,62228
репозиция	анатомична	15	13,16000	8,32868	2,150455	8,54773	17,77227
репозиция	приемлива	18	12,05000	13,75420	3,241895	5,21020	18,88980
репозиция	малредукция	14	26,32143	13,40736	3,583267	18,58025	34,06261

Multiple Comparisons p values (2-tailed); DASH (RUSIMOV.sta)			
Independent (grouping) variable: репозиция Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 47) =10,07927 p =,0065			
	1 - R:21,667	2 - R:18,528	3 - R:33,536
1		1,000000	0,059511
2	1,000000		0,006387
3	0,059511	0,006387	

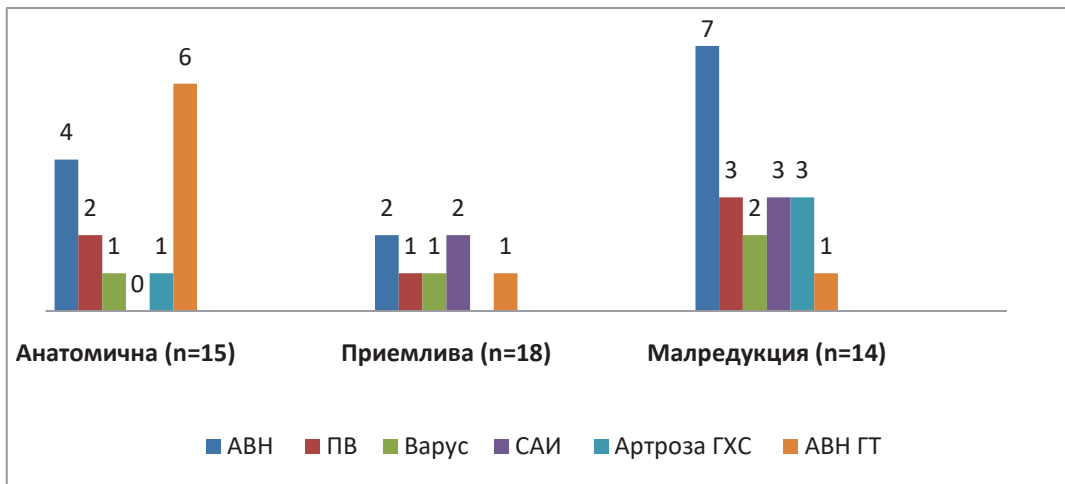
Таблица 30. Резултати от дисперсионен анализ ANOVA, допълнително потвърждавани с непараметричен тест на Kruskal-Wallis. Показва статистически значима разлика между групи 2 и 3 с  $p = 0,006387 (< 0,05)$ .

### 3.9.3. Усложнения

**14 усложнения** се установиха при 11 от 15 пациенти в групата, при която е постигната **анатомична репозиция**. Процентното им отношение спрямо броя пациенти в групата е: АВН (26,7%); ПВ (13,3%); варус (6,7%); САИ (0%); артроза на ГХС (6,7%); АВН на ГТ (40%).

**7 усложнения** се установиха при 5 от 18 пациенти в групата с **приемлива репозиция** на фрактурата. Процентното им отношение спрямо броя пациенти в групата е: АВН (11%); ПВ (5,5%); варус (5,5%); САИ (11%); артроза на ГХС (0%); АВН на ГТ (5,5%).

**19 усложнения** се установиха при 11 от 14 пациенти, при които фрактурата е фиксирана в **малредукция**. Процентното им отношение спрямо броя пациенти в групата е: АВН (50%); ПВ (21%); варус (14,3%); САИ (21%); артроза на ГХС (21%); АВН на ГТ (7,2%).



**Фиг. 43.** Разпределение на усложненията по брой при пациентите в групите спрямо качеството на постигнатата репозиция.

## РАЗДЕЛ IV. ОБСЪЖДАНЕ

### 4.1. Ролята на медиалната калкарна опора при ФПХ

Медиалната калкарна опора включва два основни компонента: дължината на задно-медиалната метафиза, прикачена към хумералната глава, и медиалната панта с прилежащия периост и кръвоносни съдове.<sup>218</sup> Комбинирани помежду си, те осигуряват стабилността и кръвоснабдяването на хумералната глава при ФПХ.<sup>116, 142, 194, 213, 272, 218</sup>

Поставянето на заключваща плака върху латералния кортекс на проксималния хумерус изгражда механична конструкция, действаща на принципа на напрегнатата остеосинтеза. Съкращавайки се, РМ упражнява варус деформиращи сили върху хумералната глава. Тези сили се преобразуват в сили на компресия от медиалната страна на костта, като по този начин част от натоварването на импланта се пренася и преразпределя между него и костта (*load-sharing*). За да се осъществи този механизъм и да се осигури механичната стабилност на конструкцията, е необходимо наличието на интактен медиален кортекс, способен да пренася натоварване.<sup>111</sup> От друга страна, варусните сили, създадени от съкращаването на РМ, водят до възникването на висок стрес на върха на заключващите винтове. Ако в този момент липсва кортикален контакт от медиално, тези сили не могат да бъдат преразпределени и да намалят стреса, създаден между върха на винтовете и костта.<sup>111</sup> С тези механизми се обяснява най-често срещаното усложнение на варусна деформация и прорязване на винтове в ГХС.

Освен **структурна функция**, медиалната панта играе и важна роля в **биологията** на костта, като **осигурява перфузия на хумералната глава чрез съдовете на задно-медиалния периост**.<sup>142, 194</sup> В раздел 1.3 бяха отбелязани критериите на Hertel<sup>142</sup> и значението на медиалната панта като предвестник за исхемия на хумералната глава. Solberg<sup>324</sup> съобщава за 100% развитие на АВН при неговите пациенти, лекувани със ЗП, в случаите, в които остатъчната метафиза, прикрепена към главата, е под 2 мм.

В експериментални условия при кадаври медиалното раздробяване намалява натоварването, водещо до разпад на остеосинтезата, с 48%.<sup>272</sup> Osterhoff<sup>257</sup> сравнява функционалните резултати между пациенти с ФПХ без и с наличие на метафизарно раздробяване, лекувани със ЗП. Пациентите с раздробяване на медиалния кортекс показват по-малък CSabs (< 65) за разлика от средния за двете групи (72,4).

Целостта на медиалната панта оказва влияние и върху интраоперативната техника, като дава възможност за **индиректна репозиция на фрактурата на принципа на лигаментотаксис**.<sup>194</sup> В противен случай съдовата анатомия около медиалната част на хирургичната шийка не позволява директно манипулиране на фрактурата.<sup>111</sup>

Gardner<sup>113</sup> предлага две опции за предотвратяване на усложненията от липсата на медиална опора. По-семплият начин за постигане на медиална опора е чрез медиализирането на диафизата и латерална импакция на главата или просто фиксирането ѝ във варус. Макар и биомеханично оправдани, тези техники теоретично могат да доведат до усложнения, болка и нарушена функция на рамото.<sup>272</sup> От една страна, плаката не може да пасне на анатомичния контур и проминара, а разстоянието между хумералната глава и акромиона се скъсява – промени, създаващи условия за възникване на САИ. От друга страна, скъсяването на костта и варусната ангулация водят до медиализиране на инсерционното място на *m. supraspinatus* и ефективността му значително намалява, което от своя страна води до компенсаторно повишаване на силите, необходими на *m. deltoideus* за елевация на крайника.<sup>358</sup> Удължаването на работното рамо на мускулите на РМ води и до увеличаване на варусните сили, действащи върху конструкцията.<sup>196</sup> Ако се избегне варусната деформация и само се импактира главата в диафизата, често скъсяването е около 2 см. В този случай анатомичната инсерция и напрежението на РМ маншон почти не се променят, но се нарушава функцията на *m. deltoideus*. Последното усложнение се толерира сравнително добре от възрастните пациенти.<sup>233</sup>

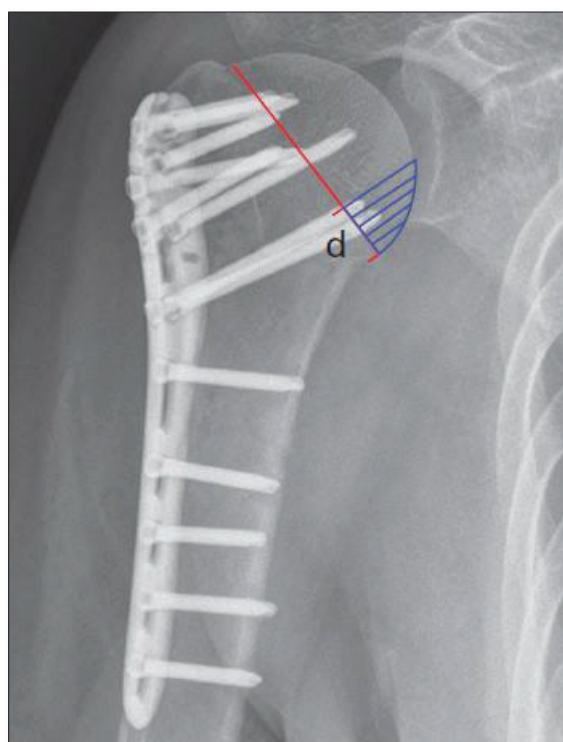
Ако все пак се вземе решение да се използва този метод, трябва да се има предвид, че постигането на кортикална опора при наличието на медиално раздробяване е трудно, особено при остеопоротичните пациенти, при които раздробяването е значително по-тежко.<sup>110</sup>

Другият предложен метод е свързан с поставянето на заключващи винтове в долно-медиалния квадрант (калкарни винтове) на хумералната глава. Gardner<sup>110</sup> съобщава, че калкарните винтове водят до по-добри клинични резултати, като намаляват риска от загуба на репозиция и последващо прорязване на винтове в ГХС.

Поставянето на калкарни винтове следва логиката от изследването на Нерп<sup>141</sup> върху микроструктурната архитектура на хумералната глава и това на Liew<sup>216</sup> върху здравината на фиксацията при кадаври. Според Liew<sup>216</sup> най-силно закрепване имат винтовете, поставени субхондрално в медиалните и долните региони на хумералната



глава. Според Нерр<sup>141</sup> най-голяма здравина на костта е концентрирана в медиалните и дорзалните зони на хумералната глава. Оттук следва и едно важно техническо съображение за правилното позициониране на КВ, което се пропуска в практиката. Това не означава просто поставяне на кос задно-медиален винт в съответната дупка на ЗП. Едно от условията КВ да се позиционира правилно, е анатомичното възстановяване на ШДЪ в оптималните 130 – 150°. <sup>364</sup> Ако това все пак е невъзможно или ШДЪ не може да се прецени интраоперативно, се използва правилото на Padegimas<sup>263</sup>, според което КВ трябва да е позициониран на по-малко от 12 мм от върха на калкарната дъга или в долните 25% на хумералната глава (фиг. 44).



**Фиг. 44.** Правилно позициониране на калкарните винтове. С d са означени долните 25% от границата на ставната повърхност, а линиите в синьо показват долните 25% на хумералната глава. <sup>364</sup>

Клиничните и биомеханичните проучвания в литературата потвърждават ролята на калкарните винтове като надеждно средство за повишаване на стабилността на фиксацията със ЗП и намаляване на потенциалните усложнения при фрактури с метафизарен дефект. Авторите препоръчват използването им независимо от качеството на постигнатата репозиция на медиалния кортекс. <sup>258, 377, 96, 272, 15, 378, 218, 376, 106, 166</sup>

Автор, година	Спесимен/ конструкция	Натоварване	Заклучение
<i>Ponce</i> <sup>272</sup> 2013	Кадаври (3-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия с варус	КВ значително повишават стабилността на фиксацията, независимо от постигнатата репозиция.
<i>Bai</i> <sup>15</sup> 2014	Кадаври (2-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия с варус + Режещи сили + Торзионни сили	КВ повишават стабилността на фиксацията при наместени фрактури, но не и при наличие на остатъчна варусна деформация.
<i>Burke</i> <sup>47</sup> 2014	Синтетични (3-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия с варус	КВ осигурява опора на медиалната колона за зарастване на фрактурата, като това може да намали интерфрагментарните движения и варусната деформация.
<i>Zhang</i> <sup>378</sup> 2014	Синтетични (2-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия с варус + Режещи сили + Торзионни сили	При наличие на медиално раздробяване с костен дефект КВ трябва да се поставят, за да възстановят медиалната кортикална опора и да предотвратят усложнения от страна на импланта.
<i>Yang</i> <sup>374</sup> 2015	МКЕ (3-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	90° абдукция	Поставянето на КВ намалява със 17% режещите сили върху винтовете и с 11% тези върху плаката.
<i>Zhang</i> <sup>383</sup> 2019	Синтетични (2-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия с варус +  Режещи сили +  Торзионни сили	Наличието на кортикален контакт и КВ притежава по-добри биомеханични качества в сравнение с КВ и медиален дефект или наличие на кортикална опора без КВ.
<i>Kim</i> <sup>384</sup> 2020	МКЕ (3-фр. + медиално раздробяване)+ Остеопороза + Заклучваща плака	Варусна сила при 30° абдукция	КВ помагат за това разпределянето на стреса върху остеопоротичната кост да наподобява това при нормална костна структура.
<i>Jin</i> <sup>166</sup> 2020	Синтетични (3-фр. + медиално раздробяване)  Заклучваща плака	Аксиална компресия	Поставянето на КВ прави фиксацията по-ригидна и по-резистентна на циклично натоварване.

Таблица 31. Биомеханични изследвания върху използването на КВ при ФПХ

Автор, година	Брой пациенти	Средна възраст	Тип фрактура	Функционални резултати	Усложнения и реоперации
<i>Osterhoff</i> <sup>258</sup> 2011	39	60	2-фр. (7) 3-фр. (14) 4-фр. (18)		АВН – 14,3% ПВ – 7,7% Забавено срастване – 2,6% Реоперации – 15,4%
<i>Zhang</i> <sup>377</sup> 2011	29	63	2-фр. (6) 3-фр. (14) 4-фр. (9)	Constant Score 16 – отличен 10 – добър 5 – задоволителен 1 – лош	Общо – 3,4%
<i>Osterhoff</i> <sup>257</sup> 2012	74	60	2-фр. (26) 3-фр. (31) 4-фр. (17)	CSabs – 72,4 CSrel – 85,2 DASH – 15,7	АВН – 12,2% ПВ – 5,4% Несрастване – 1,3% Реоперации – 18,9%
<i>Padegimas</i> <sup>263</sup> 2017	168	63	2-фр. (73) 3-фр. (39) 4-фр. (49)		Общо – 15,5%
<i>Zeng</i> <sup>376</sup> 2018	55	58	2-фр. (21) 3-фр. (24) 4-фр. (10)	Constant Score 75,6	АВН – 3,6% ПВ – 5,5% Несрастване – 1,8% Общо – 16,3%

Таблица 32. Клинични изследвания върху използването на КВ при ФПХ.

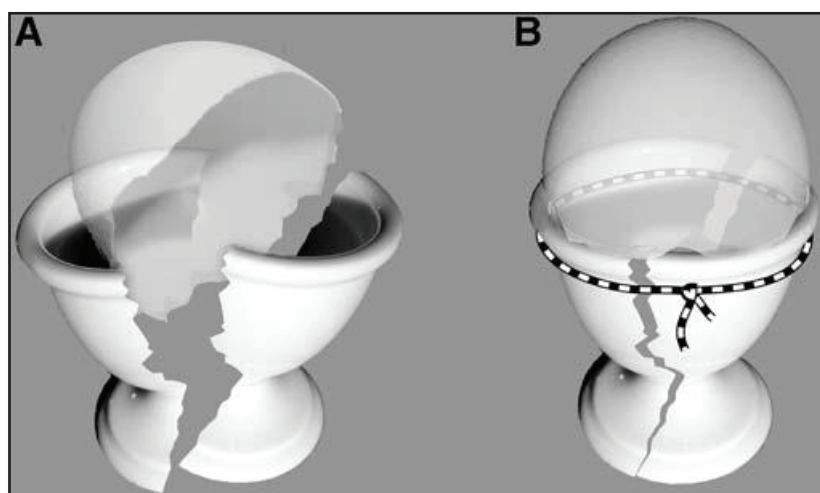
Резултатите от нашето клинично проучване не показаха статистически значими разлики в рентгенологичните и функционалните резултати между пациентите, при които са използвани калкарни винтове ( $n = 18$ ) и тези, при които не са ( $n = 29$ ). Това е логично и е в подкрепа на биомеханичния ни експеримент, където в състояние без графт всички спесимени имаха КВ и се наблюдаваха статистически значими разлики в ригидността и варусната деформация на конструкцията между отделните групи, докато в състояние с графт не се установиха такива между групите.

В подкрепа на тези изводи е и едно клинично проучване на Kim и съавт.<sup>183</sup>, сравняващо КВ и ФА като средство за допълнителна стабилност при фиксация на комплексни ФПХ. По-добрите клинични и рентгенологични резултати са при пациентите с ФА.

## 4.2. Ролята на остеопорозата при ФПХ

За по-нагледна представа Hertel<sup>143</sup> оприличава остеопоротичната глава на хумеруса на яйце, поставено в чашка (фиг. 45). Ако счупим яйцето на две части и изпразним неговото съдържимо, а след това счупим и чашката, единственият сигурен начин да задържим черупката (главата) в желана позиция (репозиция) и да постигнем достатъчна стабилност, е да извършим репозиция на двете части на чашката (туберкулите). На „хирургичен език“ това означава, че репозицията и стабилизацията на туберкулите един срещу друг би било достатъчно за постигане на стабилна позиция на главата.

От друга страна, според модела на Hertel<sup>143</sup> става ясно, че никакво средство за фиксация не може да разчита на закрепване във вътрешността на хумералната глава. При остеопоротичната кост механичните качества на трабекуларната кост във вътрешността на главата клонят към 0.<sup>143, 290</sup>



Фиг. 45. Модел на Hertel. А. 4-фрагментна ФПХ. В. Фрактурата след репозиция на туберкулите.<sup>143</sup>

Според Lill<sup>217</sup> един имплант трябва да бъде достатъчно еластичен, за да отбремента високите сили на стрес, възникващи между него и костта, и достатъчно ригиден, за да минимизира движенията във фрактурата и да осигури стабилност. Ригидността на импланта трябва да бъде съобразена с механичните качества на костта. **Високата ригидност** на заключващите плаки е сочена за главен техен недостатък при използването им за фиксация на остеопоротични фрактури.<sup>347</sup> Главата на хумеруса трябва да се приема като куха яйчена черупка, изпълнена с материя без механични качества. Поставянето на ригиден имплант в този случай води до здравето му закрепване в диафизата и липсата на такова в главичния фрагмент. Това е причината за

възникването на т.нар „ефект на миксера“, при който движенията на импланта в областта на хумералната глава водят до постепенно „издълбаване“ и последващо пробиване на импланта през главата на хумеруса. Липсата на медиална опора допълнително потенцира този ефект. Макар концепцията за ъгловата стабилност да увеличава здравината на опън на импланта (*pull-out strength*), липсата на добро фиксиране в главата донякъде я обезсмисля.<sup>143</sup>

Поради тези причини производителите се стремят към създаване на ЗП с модул на еластичност, сходен с този на човешката кост, без това да е за сметка на здравината на импланта. Експерименталните биомеханични резултати с използването на ЗП от полиетеретеркетон (РЕЕК), подсилен с карбонови нишки, са обещаващи, но клиничните данни, макар и добри, са твърде недостатъчни.<sup>100, 308, 309</sup>

Описаният модел дава добра нагледна представа и на практика хвърля светлина върху една от главните причини за големия процент усложнения при използването на ЗП при ФПХ. Дали този модел обаче е приложим при голямата част от пациентите и фрактурите, сочени като остеопоротични? Солидните биомеханични данни подкрепят хипотезата, че стабилното закрепване е проблемно при остеопоротичната кост, но голяма част от клиничните проучвания са в разрез с тях.<sup>120</sup> Данните конкретно за проксималния хумерус и фиксацията със ЗП не са по-различни. Krialinger<sup>195</sup> не открива разлики в локалното качество на костта между пациентите с усложнения от страна на импланта и тези без. Резултатите от проучване на Mazzucchelli<sup>231</sup> показват, че освен за стабилността на фиксацията, остеопорозата не показва голяма корелация и според тежестта на ФПХ по класификацията на Neer. Kim<sup>182</sup> и съавт. намират, че високата възраст и женският пол, метафизарното раздробяване и дължината на медиалния калкар са независими фактори за тежестта на ФПХ, но не и локалната костна плътност.

Това разминаване в литературата може би се дължи на различните методи за изследване на остеопорозата в повечето проучвания.<sup>120</sup> Измерването на качеството на костта с метода на двуенергийната рентгенова абсорбциометрия (DEXA) предполага наличието на остеопороза на целия скелет, но се оказва, че това не е съвсем вярно. Остеопорозата не засяга всички региони на скелета еднакво.<sup>371, 328, 197, 256</sup> Още повече че самият проксимален хумерус показва вариабилност в костната плътност в различни зони, както при здрава, така и при остеопоротична кост. При здравата кост костната плътност намалява в центъра на главата и областта на анатомичната шийка, като това

явление е значително по-застъпено при остеопоротичната кост, където процесът се разпростира и в субкапиталните региони. Тези хистоморфометрични измервания на Sprecher<sup>328</sup> са в подкрепа на описания модел на Hertel.<sup>143</sup> Най-съществената разлика от резултатите на Sprecher<sup>328</sup> засяга медиалния метафизарен регион на костта, където се наблюдава значителна загуба на костна плътност при остеопоротичната кост в сравнение със здравата. Това не е учудващо, тъй като клинично медиалното раздробяване се среща по-често и в по-тежка степен при остеопоротичната кост.<sup>110, 53</sup>

Разбира се, доброто качество на костта при млади хора не предотвратява наличието на медиално раздробяване в резултат на високоенергийна травма.<sup>53, 346</sup>

Една зона на проксималния хумерус обаче, изглежда, запазва своя интегритет и здравина, независимо от възрастта или наличието на остеопороза и това е субхондралната кост.<sup>328, 333, 191</sup> Именно поради тази причина винтовете трябва да бъдат фиксирани в нея, независимо от „страха“ от последващо прорязване през главата на хумеруса.<sup>191</sup>

В подкрепа на горните разсъждения са и резултатите от **нашия биомеханичен експеримент и от рентгенологичното изследване на DTI**. Спесиментите в група 2 (остеопороза без медиално раздробяване) без добавен ИМГ показаха най-голяма ригидност спрямо аксиално натоварване и най-малко разместване във варус, т.е. имаха най-стабилно поведение. Между пациентите с DTI < 1,4 и тези с DTI > 1,4 не се установиха статистически значими рентгенологични разлики, но спадът на ШДЪ за групата с намалено качество на костта беше малко над критичните 10° (10,1°). Липсата на статистически значима разлика между двете групи води до извода, че **локалната остеопороза не оказва значително влияние върху надеждността и здравината на фиксацията, както и върху функционалните резултати. По-скоро възрастта оказва влияние върху функцията и нивото на възстановяване с установените статистически значими разлики в CSabs и DASH между младите (< 65 години) и възрастните (> 65 години) пациенти.** На базата на биомеханичните и клиничните ни резултати можем да заключим, че **остеопорозата не е от първично значение за крайния резултат при лечението на ФПХ.** По-скоро по-голямата възраст и придружаващите я характеристики заедно с остеопорозата оказват съвкупно влияние.<sup>299, 259</sup>

### 4.3. Ролята на напрегнатия сухожилен шев при фрактури на проксималния хумерус

От описания модел на Hertel<sup>143</sup> става ясна значимостта на репозицията на туберкулите при остеопоротичните фрактури. Това не трябва да оставя впечатлението, че тази значимост не засяга и останалите фрактури.

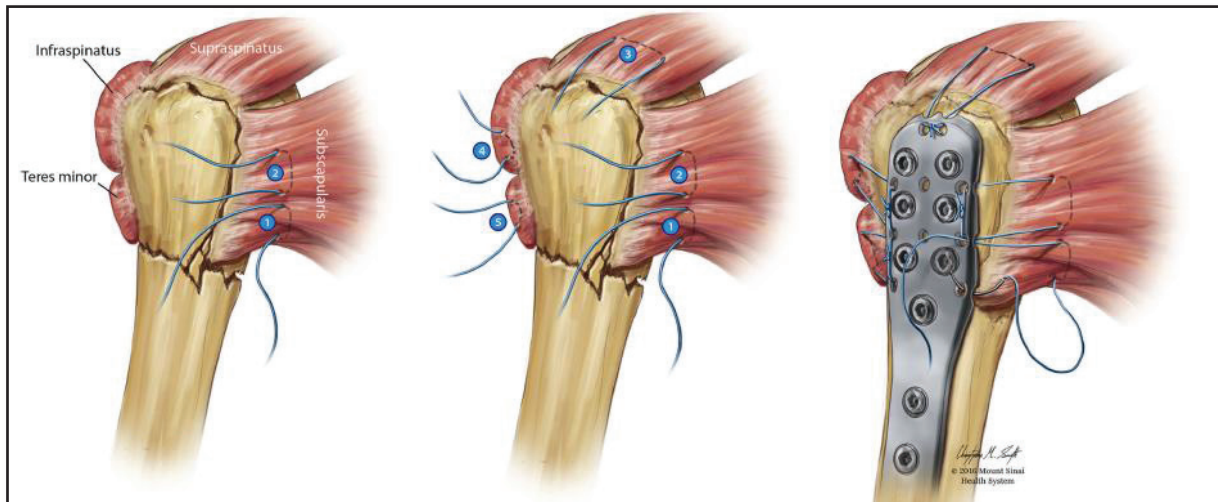
Обшиването на туберкулите и по-скоро на сухожилията на мускулите на РМ с нерезорбируеми конци и пришиването им към плаката целят да контрабалансира силите на съответните мускули и по този начин да намалят възможността за разместване на фрагментите. Конците дивергират проксимално от плаката към ГТ и МТ, формирайки структура, наподобяваща *отворен параишут* (фиг. 46). Анатомичната репозиция на туберкулите позволява релативно на тях да се възстанови височината на хумералната глава, осигуряваща ефективен механичен лост за РМ.<sup>111</sup> Също така конците могат да служат като „юзда“ за манипулиране на фрагментите и осъществяване на репозиция.<sup>9</sup>

При фиксация на ФПХ със ЗП необходимостта от прошиване на сухожилието на *m. subscapularis* за фрагмента на МТ е най-голяма, тъй като повечето конструкции не позволяват фиксацията му с винт от плаката.<sup>8</sup> При остеопоротичните фрактури често сухожилната инсерция е по-здрава от самата кост и шевът, прекаран през нея, държи по-здравот от прокаран винт.<sup>290</sup>

Зад идеята с обшиването на сухожилията на РМ стои хипотезата, че необходимите сили за разкъсване на един възел на дебел нерезорбируем конец (например *Ethibond*) са над 100 N, като използването на няколко би могло да контрабалансира силите на РМ, които нормално са над 340 N.<sup>9</sup>

По данни на Shukla<sup>318</sup> допълнителното обшиване на туберкулите към плаката води до по-добри клинични резултати и намалява процента усложнения при ФПХ с първоначална варусна деформация и раздробяване на медиалния кортекс.





**Фиг. 46.** Схема на парашутната техника за обшиване на сухожилията на РМ и фиксация на туберкулите към ЗП.<sup>318</sup>

**В нашето проучване техниката е приложена при 53% от нашите пациенти.** Не установихме рентгенологични и функционални разлики между пациентите, при които е използвана парашутната техника ( $n = 24$ ), и тези, при които не е ( $n = 23$ ). Изводите за ползата ѝ обаче може да се направят на базата на постигнатата репозиция, като при **фрактурите с анатомична репозиция техниката е използвана в 87% от случаите, а при тези с малредукция – в 36% от случаите.**

#### **4.4. Ролята на репозицията при нестабилните фрактури на проксималния хумерус**

Schnetzke<sup>312</sup> проследява 98 пациенти с С-тип фрактури по АО класификацията. Целта на проучването е да докаже как качеството на репозицията влияе на крайния клиничен резултат. Пациентите, при които е постигната анатомична или приемлива репозиция, показват значително по-нисък процент усложнения и по-добър функционален резултат. Изводите от нашето проучване са в съгласие с тези на Schnetzke.<sup>312</sup>

Трите най-важни аспекта в репозицията на ФПХ са:

1. Осигуряване на опора на медиалната колона, която правилно да разпределя натоварването между главата и диафизата.<sup>233</sup>
2. Възстановяване на нормалния ШДЪ, без наличие на варусна ангулация, която би довела до прогресиращ варус и разпад на остеосинтезата.<sup>3, 324, 325</sup>
3. Правилно наместване на туберкулите, осигуряващи стабилна платформа за хумералната глава и кортикална кост между плаката и спонгиозната кост на главата.<sup>143</sup>

Освен за нормалната функция на рамото, анатомичната репозиция е необходима, за да даде шанс за ревакуларизация на първоначално исхемичните глави. Процесът на пълзящо заместване, чрез който зарастват аваскуларните фрагменти, изисква липса на патологична подвижност. Анатомичната репозиция и стабилната фиксация са на практика задължителни условия за това.

Най-критично и най-предизвикателно за постигане и задържане на репозицията е постигането на медиална опора, особено при наличие на метафизарно раздробяване.<sup>168</sup>  
<sup>51</sup> Първичното варусно разместване на фрактурата също е потенциален фактор за последващо вторично разместване.<sup>347</sup> Наличието на остеопоротична кост, като неблагоприятен терен за фиксация на импланта, допълнително затруднява задържането на постигнатата репозиция.<sup>143</sup> Именно при наличието на един или повече от тези фактори в употреба влиза аугментацията на фиксацията с интрамедуларен алогографт.

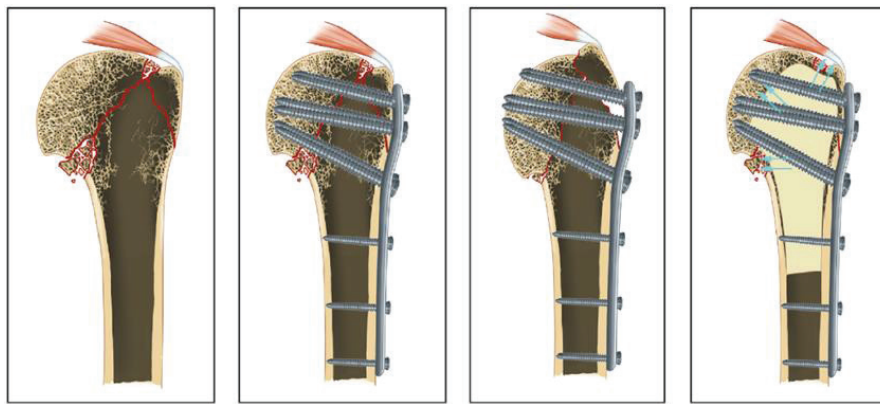
#### **4.5. Използване на интрамедуларен алогографт при комплексни фрактури на проксималния хумерус**

Независимо от използването на калкарни винтове, позиционирани в долно-медиалния кортекс, честотата на усложненията, свързани с вторичното разместване на фрактурата и прорязването на винтовете, продължава да е съществен проблем, ако целостта на медиалния кортекс не е възстановена. Gardner<sup>110</sup> съобщава за 29% честота на усложненията, въпреки използването на долно-медиални винтове. Това намира обяснение в няколко биомеханични изследвания. Zhang и съавт.<sup>378</sup> и Bai и съавт.<sup>15</sup> отбелязват, че анатомичната репозиция и наличието на медиална кортикална опора гарантират по-висока стабилност на фиксацията в сравнение с поставянето на калкарни винтове при невъзстановен медиален кортекс, докато **наличието на възстановена кортикална опора и поставянето на КВ гарантира най-висока стабилност на конструкцията**. При наличието на раздробяване и голям метафизарен дефект, което често се среща при остеопоротичните фрактури, възстановяването на анатомичните взаимоотношения между хумералната глава и диафиза е почти невъзможно, освен с описаните вече методи на медиализиране на диафизата или фиксиране на фрактурата във варус с цената на последващите от това усложнения. Още повече, Bai<sup>15</sup> доказва, че макар да допринасят за постигането на стабилност при наличието на медиално

раздробяване, калкарните винтове не притежават биомеханично предимство при наличието на варусна деформация.

В клиничната серия на Osterhoff<sup>258</sup> загуба на репозиция се наблюдава при всички фрактури с наличие на медиално раздробяване, независимо от системното използване на КВ, а увеличаваща се варусна деформация се среща значително по-често при първоначално фиксиране на фрактурите с остатъчен варус.

Именно **поради описаните причини** някои автори съветват при наличието на инсуфициентен медиален кортекс и тежка варусна деформация да се прибегне към по-агресивни методи на лечение, като **използването на ИМАГ (фиг. 47)**.<sup>229</sup>



**Фиг. 47.** Схематично представяне на свойствата на ИМАГ. Поставен интрамедуларно, алографтът пресъздава липсващата медиална кортикална опора и запълва дефекта в хумералната глава, като по този начин се противопоставя на варус деформиращите сили на РМ и предотвратява прорязването на винтове в ГХС.<sup>63</sup>

За първи път Gardner<sup>114</sup> използва алографт от фибула, поставен в медуларния канал на хумеруса към фиксацията със ЗП, при лечението на пресни ФПХ с метафизарно раздробяване и/или остеопоротично променена кост. Резултатите са обещаващи, като седем от общо седемте фрактури срастват без наличие на вторично разместване или компрометиране на остеосинтезата.

Фибуларният алографт има няколко **предимства**. Диаметърът на повечето фибули е идеален за инкорпориране в хумеруса. Фибулата е достатъчно голяма, за да запълни проксималната метафиза, и едновременно с това е достатъчно здрава, за да осигури устойчивост спрямо компресия на мястото на раздробената медиална колона. От друга страна, е достатъчно малка, което я прави мобилна и може да се използва като средство

за индиректна репозиция на главичния фрагмент, така че при позиционирането си медиално да подпре варусно разместената глава в долно-медиалната ѝ част.<sup>114</sup>

Gardner<sup>114</sup> подчертава, че ключов момент в конструкцията е прекарването на винт през плаката и през графта. Освен позиционирането на графта, това теоретично подобрява и механичната стабилност на конструкцията, тъй като винтът се закрепва в още един здрав кортекс. Едновременно с това разстоянието между главата на винта и насрещния кортикалис е значително по-малко, което води до по-късо рамо на лоста, действащ върху винта.<sup>114, 64</sup> Резултатите от биомеханичните и клиничните проучвания са дадени в раздел 1, таблица 8 и таблица 9.

#### 4.6. Други методи на аугментация при липса на медиална кортикална опора

##### 4.6.1. Запълване на метафизарен дефект с калциево-фосфатен и калциево-сулфатен цимент при ФПХ

Положителният ефект от употребата на КФЦ върху стабилността на фиксацията и намаления риск от усложнения при ФПХ с наличие на дефект в главата или метафизата на хумеруса е доказан биомеханично, както при конвенционалните, така и при заключващите плаки.<sup>200, 178</sup> Запълването на дефектите в проксималния хумерус с КФЦ и КСЦ става най-често чрез употребата им в инжекционна форма.

Задоволителните функционални резултати и ниският процент усложнения до този момент са на базата на оскъдно количество литературни данни и малък брой пациенти.

Автор, година	Имплант	Цимент	Брой и тип фрактури	Средна възраст	Функционален резултат	Усложнения	Реоперации
<i>Robbin-son</i> <sup>292</sup> <b>2003</b>	Винтове (n = 14)  Подпорна плака (n = 11)	КФЦ Запълване на метафизарен дефект	25 5 (3-фр.) 20 (4-фр.) Валгус импактирани	67,2	Constant Score = 80  DASH = 22	САИ – 3  Сковано рамо – 1	0
<i>Lee</i> <sup>208</sup> <b>2009</b>	Заключваща плака	КСЦ Запълване на метафизарен дефект	14 (2-, 3-, 4-фр.)	64,4	UCLA = 30,2	Загуба на репозиция – 1	

<i>Egol</i> <sup>324</sup> 2012	Заклучваща плака	КФЦ Запълване на метафизарен дефект	27 6 (А) 9 (В) 12 (С)	61		0%-АВН 0% – несрастване 0% – ПВ 0% – РО	
<i>Somasundaram</i> <sup>326</sup> 2013	Заклучваща плака	КСЦ Запълване на метафизарен дефект	22 5 (2-фр.) 6 (3-фр.) 5 (4-фр.) 6 (+луксация)	64,6	Constant Score = 60,6 DASH = 22		

Таблица 33. Резултати от аугментация на остеосинтезата с КФЦ и КСЦ.

#### 4.6.2. Фиксация с две плаки

Биомеханичните и клиничните данни в литературата по този въпрос до момента са оскъдни, а техниките и имплантите – нестандартизирани.

Wanner<sup>365</sup> първи предлага използването на допълнителна семитубуларна плака, разположена вентрално под ъгъл 90° спрямо латерално разположена семитубуларна плака, като целта е повишаване на стабилността на фиксацията и задържане на репозицията. Авторът съобщава за добри функционални резултати и приемлив процент усложнения. В подобрени случаи, при по-млади пациенти и добро качество на костта, може като допълнителна плака да се използва LC-DCP плака. Потенциален недостатък на метода е възможността за компрометиране на *r. ascendens* на *a. circumflexa humeri anterior* от вентралната плака.

Cassidy<sup>55</sup> предлага използването на допълнителна 1/3 семитубуларна плака към фиксацията с PHILOS плака при четирифрагментна ФПХ с раздробяване на медиалния кортекс при 1 пациент. За същата цел Choi<sup>65</sup> използва допълнителна заключваща воларна плака за дистален радиус, поставена върху задната повърхност на хумеруса. Wang<sup>361</sup> използва двуколонна фиксация чрез латерална ЗП по МИПО техника и анатомично контурирана ЗП, поставена от медиално при 8 клинични случая. Всички случаи са със задоволителен функционален резултат, без вторично разместване на фрактурата, прорязване на винтове и учудващо – без нарушаване на кръвоснабдяването на хумералната глава. Warnhoff<sup>369</sup> използва ЗП за проксимален хумерус в комбинация

със семитубуларна плака, поставена отпред, върху МТ. Серията от 31 пациенти показва добри функционални резултати, въпреки по-големия процент АВН.

#### 4.7. Други методи на аугментация при наличие на остеопороза

##### 4.7.1. Аугментация на винтовете за заключващата плака с ПММА цимент

Добавянето на полиметилметакрилат (ПММА) на върха на винтовете цели да увеличи здравината на закрепването на винтовете, като намали степента на режещите сили, възникващи между тях и остеопоротичната кост. Технически, добавянето на цимента може да се извърши след разпробиването на костта, непосредствено преди поставянето на винта или след това, ако винтът е канюлиран.<sup>310</sup> Биомеханичните експерименти показват значително повишаване на стабилността на фиксацията със заключваща плака спрямо варусна деформация при нестабилни ФПХ. Добавянето на цимент към проксималната част на винта увеличава поемащата натоварване (*load-bearing*) повърхност и намалява силите на стрес върху трабекуларната кост, без едновременно с това да се увеличава ригидността на конструкцията.<sup>355, 172, 294, , 310, 311</sup>

Първоначалните притеснения, свързани с възникването на термална некроза на костта в резултат от екзотермичната реакция на ПММА цимента и последващо асептично разхлабване на фиксацията, са неоправдани, тъй като *in vitro* измерените стойности на температурата са под критичните.<sup>33</sup> Оптимистични са и експерименталните резултати на Goetzen,<sup>119</sup> който доказва, че в случай на необходимост от ревизия и екстракция на заключващите винтове с добавен ПММА, не се налага използването на специални инструменти или допълнителни усилия за развиването им, а зоната на взаимодействие между винта и костта остава без допълнителни увреди.

Все пак процедурата крие сериозен риск в случай на изтичане на цимента във вътреставното пространство. В тази ситуация първично хрущялът се подлага на свръхфизиологично температурно действие и на цитотоксичното действие на цимента, водещи до хондролита. Вторично, наличието на цимент в междуставното пространство води до директна механична увреда на хрущяла. За да се предотврати това усложнение, операторът трябва да е сигурен, че не е налице перфориране на субхондралната кост. Knierzinger<sup>189</sup> не препоръчва техниката при сплит фрактури, тъй като вероятността за изтичане на цимента е значително по-голяма.

Въпреки солидните биомеханични данни в литературата, използването на ПММА към фиксацията със ЗП при ФПХ се нуждае от повече клинични доказателства преди рутинното използване на метода в *in vivo* условия. До момента клиничните резултати са спорни. Kathagen<sup>174</sup> в проучване с контролирани случаи (*case control study*) съобщава за по-нисък процент на ранните усложнения от фиксация със ЗП и допълнително ПММА в сравнение с конвенционалната фиксация със ЗП. Изводите от ретроспективно проучване на Knierzinger<sup>189</sup> са, че техниката значително предотвратява вторичното разместване на ФПХ. Hengg<sup>140</sup> не доказва полза от аугментацията на винтовете с ПММА в рандомизирано, мултицентрово проспективно проучване (проучването е недовършено и обхваща 65 пациенти). Данните от ретроспективно проучване на Siebenburger<sup>138</sup> също не показват предимства на техниката. Въпреки добрите клинични резултати, авторът отбелязва, че при някои три- и четирифрагментни фрактури репозицията е осъществена чрез минимален делтоидо-пекторален достъп (68 от 188 пациенти).

## **4.8. Резултати и усложнения**

### **4.8.1. Резултати**

#### **4.8.1.1. Биомеханичен експеримент**

Независимо от малкия брой пациенти, пилотното проучване на Michael Gardner<sup>114</sup> дава старт за провеждането на биомеханични изследвания върху въпроса. Биомеханичните изследвания върху фиксацията на ФПХ с ИМГ и ЗП са представени в раздел I, таблица 8.

Заключението на Mathison<sup>229</sup> е, че прибавянето на графт към фиксацията със ЗП увеличава стабилността на фиксацията и прага, необходим за разпад на остеосинтезата, като провежда компресивните сили между диафизата и главата на хумеруса на мястото на метафизарния дефект. По този начин графтът предотвратява възникването на големи движения между диафизата и главата на хумеруса, което е критично за запазване на



репозицията. Едновременно с това графтът позволява възникването на микродвижения, което във физиологични условия стимулира костното срастване.

Сходни са резултатите на Вае<sup>10</sup>, като в неговия експеримент всички спесимени със ЗП без графт се деформират във варус, докато при нито един от спесимените с добавен графт това усложнение не се наблюдава.

Shaw<sup>66</sup> допълва, че конструкцията между ЗП и ИМГ отговаря на критериите на Lill<sup>217</sup> за идеален имплант, според които той трябва да бъде достатъчно еластичен, за да отбременява високите сили на стрес, възникващи между него и костта, и достатъчно ригиден, за да минимизира движенията във фрактурата и да осигури стабилност.

Резултатите от нашия биомеханичен експеримент са в пълно съгласие с горепосочените. Добавянето на алографт към фиксацията със ЗП значително намалява варусната деформация на хумералната глава и увеличава ригидността на конструкцията кост – имплант, особено при наличието на симулирано медиално раздробяване. Спесимените със симулирана тежка увреда на спонгиозната кост без раздробяване на медиалния кортекс (група 2) бяха най-стабилни в състояние без прибавен графт.

От тези резултати можем да направим извод, че при фрактурите, фиксирани със ЗП, **възстановяването на медиалната кортикална опора е по-важният фактор за тяхната стабилност, докато остеопорозата по-скоро можем да определим като вторичен фактор.**

Чрез създадения от нас дефект на празна хумерална глава целяхме да пресъздадем ситуация, при която след анатомична репозиция и възстановяване на ШДЪ се формира кухня в трабекуларната кост на главата поради импакцията ѝ в диафизата по време на инцидента. Картина, която често се среща, особено при валгус импактираните фрактури.<sup>290, 231, 302</sup> В тези случаи алографтът може да действа и като обем заместващо средство, увеличаващо съпротивлението на хумералната глава срещу компресивните сили на гленоида, и по този начин да предотврати пенетрацията на винтове през нея.

Увеличената стабилност на фиксацията след добавянето на алографт се дължи не само на осигурената медиална опора, но и на фиксацията на винтове от ъглово-стабилната конструкция в допълнителен кортикалис чрез преминаване на някои от тях през интрамедуларния графт.<sup>114, 66, 64</sup> В нашата конструкция три от винтовете на ЗП преминават през алогرافта.

Ако се върнем към резултатите от работата на Mathison и сътр.<sup>229</sup>, виждаме, че добавянето на алогографт към фиксацията със ЗП увеличава ригидността на конструкцията спрямо аксиално натоварване, намалява макродвиженията между фрагментите, но едновременно с това осигурява една **еластична фиксация**, позволяваща интерфрагментарни микродвижения в интервала от 0,2 до 1,0 мм, които от клинична перспектива са ползотворни за костното срастване и образуването на калус. Резултатите от нашето проучване абсолютно подкрепят тези на Mathison.<sup>229</sup> Вземайки предвид характеристиките на нашия модел, изчислихме, че 170 N/mm са приемливата долна граница на ригидността спрямо аксиално натоварване, която ще доведе до 10% деформация на мястото на фрактурата при натоварване от 400 N. Последната се смята за максималната деформация, която все още може да стимулира костно срастване с образуване на калус.<sup>271</sup> Съответно при натоварване над 400 N не се очаква възникване на вторично костно срастване след фиксация със ЗП без прибавен графт с ригидност, по-ниска от граничната. От друга страна, потенциално успешно костно срастване и образуване на калус се очакват при всички конструкции на ЗП с добавен алогографт, тъй като деформацията в мястото на фрактурната междина е под 8,0% за всички стъпки на натоварването и над 2,0% за повечето от стъпките на натоварване. Последното характеризира по-скоро една **еластична конструкция** със съответстващи **интерфрагментарни движения между 0,2 и 0,8 мм**.

Добре известно е, че шансовете за възникване на АВН и колапс на хумералната глава са по-ниски, ако костното срастване е по-бързо.<sup>64</sup>

В изследванията на Mathison<sup>229</sup> върху кадаври и на Osterhoff<sup>255</sup> върху синтетични кости е използван модел на двуфрагментна фрактура, като и двамата автори съобщават за увеличена ригидност на конструкцията, увеличаване на нивото на натоварване, водещо до разпад на конструкцията и намаляване на степента на разместване на главичния фрагмент след добавяне на ИМГ. Сходни са резултатите на Baе<sup>10</sup> и Chow<sup>66</sup> при кадаври с остеопоротична кост и симулиран трифрагментен фрактурен модел с медиално раздробяване. Данните на Hsiao и съавт.<sup>154</sup> върху двуфрагментен модел с дефект на медиалния кортекс у кадаври сочат двойно повишаване на механичната стабилност на фиксацията със ЗП след прибавянето на алогографт. Според автора стабилността и здравината на конструкцията биха позволили извършването на абдукция без тежест в увредения крайник при дейности, свързани с ежедневието.

Резултатите от горепосочените проучвания са в абсолютно съзвучие с нашите. Това, с което главно се отличава **нашият експеримент**, е, че за първи път се изследва конструкцията от **ЗП и ИМГ при четирифрагментен фрактурирен модел**. Друга отличителна черта е създаденият от нас дефект на хумералната глава, симулиращ тежко засегната от остеопороза кост.

Както всички, така и нашият експеримент притежава **някои несъвършенства**. На първо място, използвахме синтетични спесимени, които не симулират физиологичните свойства на костите от кадавър. От друга страна, синтетичните кости имат еднаква геометрия и качества на материала и по този начин елиминират различията, които се наблюдават при кадаврите в резултат от възраст, пол, анатомия, демография, качество на костта и др.<sup>255</sup> Също така с настоящия експеримент не бяхме в състояние да изследваме действието на силите на РМ. Използвахме квазистатично натоварване, за да изчислим първичната стабилност на конструкцията, вместо циклично натоварване, което дава по-голяма яснота за дълготрайното поведение на спесимените. Формата на създадения от нас кухинен дефект на хумералната глава невинаги съвпада с клиничната картина. На последно място, в нашия експеримент използвахме недеструктивно натоварване, което дава по-малка яснота относно механичните свойства на конструкцията за по-дълъг период от време, в сравнение с деструктивното натоварване до разпад на конструкцията.

#### 4.8.1.2. Клинично проучване

Пилотното проучване на Gardner<sup>114</sup>, макар и само върху 7 клинични случая, поставя висок залог с наличието на 0% усложнения. Neviasek и сътр.<sup>247</sup> съобщават за отлични функционални резултати от прилагането на ИМАГ от фибула към ЗП при 38 пациенти с ФПХ и наличие на медиално раздробяване. Усредненият CS е 87 точки, а DASH е 15. Същата конструкция е използвана и в материала на Matassi<sup>228</sup> върху три- и четирифрагментни ФПХ с медиално раздробяване, като функционалните резултати са отлични на базата на CSindiv от 83,7 и не толкова добри на базата на DASH от 33 точки. Спадът във ВХГ е само 0,3 мм. Недостиг на изследването е малкият брой пациенти – 17. Серията на Hinds и сътр.<sup>148</sup> е най-многобройна. Авторът използва замразен фибуларен алографт към фиксацията със ЗП при 71 пациенти, като сравнява резултатите между млади (под 65 години) и възрастни (над 65 години) пациенти. CS,

DASH и спад във ВХГ за младите пациенти са съответно: 86,3; 15,2; 1,6 мм и 82,7; 16,4; 1,7 мм за възрастните пациенти. Заключение е, че клиничните резултати на двете възрастови групи са сходни в присъствието на ИМАГ към фиксацията. Изводите от нашето проучване не са в съгласие с това заключение. Сравнявайки възрастните (> 65 години) и младите (< 65 години), открихме статистически значими разлики във функционалните резултати на базата на CSabs и DASH. Една от причините за разминаването може да търсим в това, че авторът открива **хронични руптури на РМ** при 32,4% от възрастните и при 8,1% от младите пациенти и възстановява увредите, без да посочва съответната методика. Тази патология не е във фокуса на нашето проучване, но данните на Hinds<sup>148</sup> за съпътстващите дегенеративни увреди хипотетично донякъде могат да обяснят разликата във функционалните резултати при нашите пациенти.

Във всички, с изключение на две от достъпните в литературата проучвания, авторите използват фибуларен алографт към синтезата със ЗП. Серията на Chen<sup>64</sup> се състои от 22 пациенти с четирифрагментни ФПХ, като резултатът от CSindiv е добър, а DASH е 8,1. Авторът не посочва рентгенови критерии. При 15 от пациентите използва диафиза от фибула за графт, а при останалите 7 използва „анатомичен“ алографт, без да пояснява коя е донорната кост. Най-вероятно става въпрос за фибуларен алографт, включващ и фибуларната глава. Моделът на следващото проучване на същия автор е идентичен, но с 47 пациенти и функционални резултати с CS 74,4 и DASH 34,17.<sup>63</sup> Cha<sup>56</sup> използва ИМАГ към ЗП при 20 пациенти, като за алографтове служат дълбоко замразени: 3 фибули, 6 улни и 11 радиуса. Резултатите в спада на ШДЪ и ВХГ са добри, без да са посочени функционални резултати.

В нашата серия използвахме 16 ЛТАГ и 31 ЗФАГ. Желанието ни да сравним резултатите на двата алографта не е свързано дотолкова с вида кост, колкото с процеса на обработка. Докато дълбоко замразените графтове запазват своите механични качества, процесът на лиофилизиране води до микрофрактури по хода на колагеновите влакна на матрикса и нарушава здравината на графта, правейки го по-неустойчив на огъване и усукване.<sup>181, 323</sup> Независимо от това, сравнявайки резултатите, ние не установихме статистически значими разлики във функционалните и рентгенологичните резултати между двете групи според използвания графт. Също така и за двата вида не сме наблюдавали фрактура на алографт при нашите пациенти.

Авторите в литературния обзор по темата единодушно използват ОРВФ, като двама от тях използват ПЛД. Останалите залагат на „работния кон“ – ДПД. При 22 (46,8%) от нашите пациенти използвахме МИПО техника за наместване и фиксиране на фрактурите чрез ДТД или ПЛД миниинвазивни достъпи. Спадът в ШДЪ и ВХГ между двете групи беше статистически незначим. Тук трябва да отбележим, че средният постоперативен ШДЪ при пациентите с ОРВФ е 136,4°, а за тези със ЗРВФ – 126,7°, като и двата ъгъла са в допустимата граница. При проследяването обаче усредненият ШДЪ за групата със МИПО е 118,6°, което е малко под долната граница на нормата от 120° и попада в категорията „приемлив варус“ на Schnetzke и съавт.<sup>312</sup> Независимо от това, не се установи статистически значима по отношение на функционалните резултати. **Такава обаче се установи в продължителността на оперативното време, като при МИПО техниката то е съкратено наполовина (80 минути).**

Резултатите и основните усложнения (АВН и ПВ) от достъпните в литературата проучвания са представени в раздел 1, таблица 9.

От общо 13 автори 8 използват Constant Score за оценка на функцията, като съобщават за добри и отлични резултати (от 77,4 до 87,8). По-субективната скала за оценка DASH е използвана при 7 от авторите и показва по-вариабилни стойности (от 8,1 до 36,17).

**В нашето проучване средната стойност на CSabs е 55 точки, а тази на DASH е 16,7.**

Систематичен обзор на Richard и съавт.<sup>289</sup> върху 655 проучвания показва, че CS е най-често използваната скала за оценка на раменната функция след ФПХ, следвана от DASH. Въпреки честата си употреба, CS търпи някои критики. Изолираният фокус върху раменната функция и измерванията с резултати, направени от екзаминатор, водят до ниска субективна оценка на общата трудоспособност, която е показател за физическото и психическото възстановяване при пациентите с ФПХ.<sup>250</sup> Основната критика към скалата е по линия на раздела за отчитане на силата на рамото, като тази част е главен източник на грешки в измерванията.<sup>102, 173, 73</sup> Изследването на силата дава 35% от общия резултат. До момента не е валидиран един-единствен стандартизиран метод за измерването ѝ. За целта някои автори използват динамометри, като *Isobex isometric dynamometer (Cursor, Bern, Switzerland)*. Макар и прецизни, те представляват скъпоструващи устройства и повечето клиници не са снабдени с такава специфична апаратура. Bankes<sup>19</sup> премахва посочената бариера, като валидира бърз и лесен метод за

измерване на силата с помощта на обикновена теглилка. Този метод е използван и в нашето проучване.

Тъй като силата варира между половете и големината ѝ намалява с годините, Constant<sup>74</sup> въвежда т.нар. нормални стойности на CS, отговарящи на средните стойности за здрава популация според възраст, пол и крайник (ляв или десен). Затова и често в практиката се използва CSrel, който отразява процентното съотношение на CSabs от стойностите за здравата популация. Fialka<sup>102</sup> въвежда CSindiv, който представлява процентното съотношение на измерения CSabs от измерения такъв на контралатерално рамо. Целта на предложения вариант е да се вземат под внимание индивидуалните характеристики на отделния индивид, като: сила, индивидуална физическа натренираност и много други, които не са включени в CSrel.

В нашето проучване използвахме CSabs и двете му производни, като се придържаме към мнението на Fialka<sup>102</sup>, че CSindiv най-точно отразява функцията и възстановяването на рамото.

С изключение на две от проучванията в литературния обзор, останалите автори, използващи ИМАГ при фиксацията със ЗП, не съобщават кой вариант на CS са използвали. Така например в изследването си Hinds<sup>148</sup> разделя пациентите в две групи: млади и стари, със съответна средна възраст за всяка от групите 53 години и 74 години и CS 86,3 за младите и 82,7 за старите. Тъй като рентгенологичните резултати и процентът усложнения са статистически незначими между двете групи, логичният извод е, че еднаквите функционални резултати не са на базата на CSabs, тъй като следва силата между млади и възрастни да е еднаква. Резултатите не са и на базата на CSrel, тъй като средната стойност на скалата за здравата популация е по-ниска и за двата пола във възраст 74 години. Следвайки тази логика, от **таблица 9** се вижда, че проучванията, отчитащи CSindiv, имат сходни функционални резултати и процент усложнения с останалите проучвания, които не съобщават използвания вариант на CS. От една страна, с тази липса на уточняване се обяснява значителната разлика между CSabs в нашето проучване и посочения CS на останалите автори. От друга страна, по CSrel и CSindiv резултатите ни се доближават, но все пак CSindiv попада в графата „добър“, а не „много добър“ резултат – очаквано на фона на по-големия процент усложнения, отчетен при нашите пациенти.

Макар че не е специфично насочена към функцията на рамото, DASH скалата показва по-добра валидност и достоверност от CS. Още повече че скалата притежава набор от психометрични показатели и е напълно субективна скала за самооценка на функцията, което допълва CS при използването им заедно.<sup>289</sup>

В литературния обзор за фиксацията на ФПХ със ЗП и ИМАГ седем от авторите са използвали DASH въпросника, като цитираните резултати са от 8,1 до 36,17. Усредненият DASH за нашето проучване е 16,66 точки. По-добрите резултати в DASH скалата, сравнено с CS, при нашите пациенти можем да отдадем на факта, че голяма част от тях са възрастни и функционалните изисквания в ежедневието са занижени, което води до по-добра субективна самооценка.

Оценката за промяна в постигнатата репозиция направихме на базата на измерване в спада на ШДЪ, предложен от Agudelo и сътр.<sup>3</sup>, и спада във ВХГ, предложен от Gardner.<sup>110</sup> За критичен спад в ШДЪ взехме прага  $10^{\circ 208, 14}$ , а за спада на ВХГ – праг 5 мм.<sup>110, 14</sup>

Само пет от проучванията по темата в литературата използват измерване в спада на ШДЪ, като цитираните стойности са от  $2,6^{\circ}$  до  $3,24^{\circ}$ . Макар и под критичните  $10^{\circ}$ , спадът на ШДЪ, усреднен за всички пациенти в нашето проучване, е  **$7,98^{\circ}$** .

Измерването на спада във ВХГ е използвано при седем от проучванията, като усреднените стойности варират от 0,3 мм до 2,14 мм. Усредненият спад във ВХГ за нашите пациенти е **0,96 мм**.

Въпреки честата употреба на критерия за спад на ВХГ, ние се придържаме към становището на Osterhoff<sup>255</sup>, че правилното му измерване зависи от еднаква ротация на рамото при графите, което е задача, зависеща от редица фактори, и това може да е източник на неточности в измерванията. От своя страна ШДЪ не се влияе до такава степен от ротацията на хумеруса, но измерването му е по-комплексно и според някои автори е желателно да се извършва от повече от един екзаминатор, за да се избегнат грешки и стойностите да бъдат стандартизирани.



## 4.8.2. Усложнения

Усложненията, съпътстващи оперативното лечение на ФПХ, са многобройни, а цитираните в литературата проценти са стряскащо високи. Числата не стават благоприятни и след въвеждането на ЗП, която не успява да оправдае първоначално възложените на нея надежди. Данните от систематичния обзор на Sproul<sup>332</sup> показват 49% усложнения при използването на ЗП за фиксация на ФПХ. В друг систематичен обзор броят на реоперациите е 25%.<sup>205</sup> Въпреки разнообразието, можем да определим вторичната варусна деформация като **специфично за ФПХ усложнение**. Често от него като вторични последствия са САИ, последваща пенетрация на винтове и/или АВН. По-подробно усложненията от фиксацията със ЗП са дадени в раздел I, таблица 7.

Резултатите от литературата за използването на ИМГ към фиксацията със ЗП посочват нисък процент усложнения. В различните студии процентите усложнения варират от 0% до 20%.<sup>114, 247, 228, 64, 148, 266, 63, 80, 183</sup>

### 4.8.2.1. Вторична варусна деформация

Усложнението варира в различните серии: от 0% в серията на Gardner<sup>114</sup>, 2,6% в тази на Neviaser<sup>247</sup> до 8,3% в тази на Lee<sup>209</sup>. Не се наемаме да сравняваме нашите резултати с тези от литературата, тъй като критериите за варусна деформация варират между различните серии и не са стандартизирани. Измерването на ШДЪ е използвано само при петима от 13 автори, като за критичен спад границите варират от 5° до 10°. Усредненият спад на ШДЪ за всички пациенти в нашето проучване е **7,98°**. Въпреки че промяната в ШДЪ отразява загубата в репозицията и е показател за надеждността на фиксацията, ние не сме убедени, че това е най-достоверният показател за вторичното варусно разместване, тъй като някои пациенти търпят промяна малко над 10°, но ШДЪ е в рамките на нормалното (130 – 150°).

Така от нашите резултати, както и от тези в литературата не се установяват преки зависимости между спада на ШДЪ и функционалните резултати, стига тъгълът да е над критичните 110° и да не са налице други съпътстващи усложнения. Именно заради това за по-надеждни смятаме критериите на Agudelo и съавт.<sup>3</sup> и Schnetzke и съавт.<sup>312</sup>, според които стойности на ШДЪ между 130° и 150° са физиологични; стойности между 120° и 130° се смятат за приемлив варус; стойности под 110° се смятат за тежка варусна деформация.

Schnetzke<sup>312</sup> докладва, че при неговите пациенти с фиксирани фрактури в ъгъл между 110° и 120°, при които са използвани КВ, не се наблюдава по-висок процент усложнения или по-лош функционален резултат. В нашето проучване КВ са използвани при 18 пациенти, но при всички е използван ИМГ. Резултатите на пациентите с фрактури, фиксирани в този ъглов диапазон, не се различават от тези на цялата кохорта. Поради тези причини като реална **варусна деформация ние взехме наличието на ШДЪ под 110°**.<sup>3, 312</sup> **6 (12,8%)** от нашите пациенти имат такива стойности. При 2 от тях фрактурата е фиксирана под 110° интраоперативно. Двама от пациентите са развили последваща АВН и пенетрация на винтове през хумералната глава.

#### 4.8.2.2. Пенетрация на винтове през хумералната глава

В сериите на авторите, използващи ИМАГ при фиксацията със ЗП, процентът на това усложнение е от 0% до 4%. Ние разгледахме пенетрацията на винтовете като първична, която се проявява като самостоятелно усложнение, и вторична, в резултат на АВН и колапс на хумералната глава. **Първично прорязване** наблюдавахме при **6 (12,8%)** от нашите пациенти. При 1 от пациентите усложнението се прояви само рентгенологично при проследяването и беше напълно безсимптомно, с отличен функционален резултат на базата на CSabs, CSindiv, CSrel и DASH (83, 100, 100, 0). Една от пациентките разви последваща АВН и артроза на ГХС. При 1 от пациентките усложнението се появи преди консолидацията на фрактурата и се извърши подмяна на пенетриралите винтове с по-къси. При 1 от пациентките остеосинтезният материал беше отстранен след настъпило костно срастване. При финалното проследяване движенията бяха ограничени поради развил се САИ от ГТ. Рентгеновата находка показва наличие на безсимптомна АВН със запазена сферичност на главата (2-ра степен по Cruess<sup>79</sup>). **Вторична пенетрация** на винтове в резултат на АВН наблюдавахме при **9 пациенти**. В нашата серия не установихме интраоперативно прорязване на винтове през хумералната глава, макар усложнението да варира от 5,9% до 12% в литературата върху фиксацията със ЗП.<sup>167, 348</sup> С опити върху кадаври Spross<sup>330</sup> установява 100% сигурност в избягване на усложнението, ако се извърши серия от четири рентгенографии: 1. Фасова проекция в неутрална позиция на ГХС; 2. Фасова проекция в 30° вътрешна ротация на ГХС; 3. Фасова проекция в 30° външна ротация на ГХС; 4. Аксиална проекция в 30° абдукция. Макар да не изпълняваме строго този протокол, рутинната ни

интраоперативна рентгенова диагностика наподобява метода и по този начин може да се обясни липсата на първична пенетрация на винтове в нашата серия.

#### 4.8.2.3. Аvascularна некроза

Независимо от метода на лечение, проксималният хумерус е на второ място по честота на остеонекротата след бедрената глава, като посттравматичната АВН се среща от 4% до 68%.<sup>93, 43, 338, 9, 167, 168</sup>

Факторите, оказващи влияние върху развитието на АВН, можем да разделим в няколко направления:

1. *От страна на фрактурата.* В доклад на Leyshon<sup>278</sup> от 1984 г. е установено, че броят на фрагментите според класификацията на Neer има пряко отношение към възникването на АВН при консервативно лекувани пациенти, като процентът на усложнението е значително по-висок при четирифрагментните спрямо трифрагментните ФПХ.<sup>278, 7</sup>

В нашето проучване процентът на двуфрагментните фрактури е 4,25%. В сериите, в които са включени двуфрагментни фрактури, процентът им е: Neviasser<sup>247</sup> (18,4%); Hinds<sup>148</sup> (28,2%); Panchal<sup>266</sup> (36%); Lee<sup>209</sup> (46,7%).

В емблематичното си проучване Hertel и колеги<sup>142</sup> потвърждават зависимостта на АВН от типа фрактура, но по-значими са определените от автора критерии, предвестници на исхемия на хумералната глава. С най-голяма корелативна сила са: ПМЕ на хумералната глава < 8 мм; нарушаване на целостта на медиалната панта; фрактура през анатомичната шийка. **При наличие едновременно на трите критерия рискът от развитие на АВН е 97%.**

2. *Потенциални рискове от страна на пациента.* Това са по-напреднала възраст и наличие на хронични заболявания, особено захарен диабет.<sup>78, 218</sup>

3. *Потенциални рискове от страна на хирурга.* Това са оперативният достъп и времето от периода на травмата до момента на операцията. По-голямата по обем мекотъканна дисекция при ДПД се смята за една от причините за възникване на АВН. При кадаври използването на ПЛД, при който надлъжно се разделят предната и средната глава на *m. deltoideus*, води по-рядко до нарушаване на целостта на *a. circumflexa humeri anterior* и

*a. circumflexa humeri posterior*. Сравнявайки използваните хирургични достъпи, ние не открихме такава зависимост при нашите пациенти, развили АВН на хумералната глава. Според проучване на Archer и сътр.<sup>7</sup> ранната оперативна намеса (< 72 ч), считано от момента на възникване на ФПХ, не води до по-малък процент развитие на АВН. Противоположни са изводите на Schnetzke,<sup>313</sup> но за фрактурите, придружени с луксации, където ранната оперативна намеса (< 48 ч) значително снижава риска от развитие на АВН. Друг фактор, който зависи от хирурга, е постигането на **добра репозиция на фрактурата и стабилната ѝ фиксация**. Според редица автори тези два фактора са от първостепенно значение, създавайки условия за възникване на реваскуларизация или за възстановяване чрез пълзящо заместване в случай на преходна остеонекроза.<sup>142, 24, 127, 312, 26, 313, 50</sup> В серията на Hertel<sup>142</sup> от 10 първоначално исхемични хумерални глави 8 не развиват АВН в резултат на настъпила реваскуларизация след постигната анатомична репозиция и стабилна фиксация.<sup>24</sup> В серията на Shnetzke<sup>313</sup> наличието на малредукция е свързано с 4,5 пъти по-голям риск от развитие на АВН. Нашите изводи са в съгласие с тези на Hertel<sup>142, 24</sup> и Schnetzke.<sup>313</sup> От 22 пациенти, отговарящи и на **трите критерия на Hertel, 7 (32%)** от пациентите са развили АВН. При 7 (58%) от пациентите фрактурата е в малредукция. Сходни са изводите на Samprochiago<sup>51</sup>, в чиято серия от пациенти с АВН 50% са фиксирани в малредукция. Подробно за нашето проучване тези статистически зависимости са представени в главата „Резултати“.

В **таблица 34** са обобщени изброените фактори за всеки от пациентите в нашата серия, развил АВН на хумералната глава.

	Възраст, пол	Тип ф-ра Neer	Достъп	ПМЕ	Цялостпан-та	Ф-ра през анатомичната шийка	Репозиция	Придружаващи заболявания	Време до операцията (дни)	Проследяване	АВН по Cruess
1.	57, ж	4-фр.	МИПО	2	Не	Да	Приемлива	Не	1	4 г. и 9 м.	IV
2.	74, ж	4-фр./л-ция	ОРВФ	3,9	Не	Не	Липсва	МСБ; ИБС	1	5 г. и 4 м.	V
3.	34, м	4-фр.	МИПО	0	Не	Да	Липсва	Не	2 (< 48 ч)	1 г.	IV
4.	44, ж	4-фр.	ОРВФ	0	Да	Да	Анатомична	Не	2 (< 48 ч)	3 г. и 8 м.	III
5.	77, ж	3-фр.	МИПО	10	Не	Да	Липсва	НИЗЗД	2 (< 48 ч)	1 г. и 7 м.	III

6.	63, м	4-фр.	ОРВФ	0	Не	Да + сплит	Анатомична	НИЗЗД; Charcot	2 (< 48 ч)	1 г. и 8 м.	V
7.	76, ж	4-фр.	МИПО	9,5	Не	Не + сплит	Липсва	Артериална хипертония	4	1 г. и 1 м.	IV
8.	59, ж	3-фр.	ОРВФ	0	Да	Да	Липсва	Не	4	2 г.	IV
9.	62, ж	3-фр.	МИПО	0	Не	Да	Анатомична	ИБС; хистеректомия	4	1 г. и 3 м.	IV
10.	66, ж	4-фр.	МИПО	5	Не	Да	Приемлива	НИИЗД	1	1 г. и 3 м.	IV
11.	53, м	3-фр./л-ция	МИПО	13	Не	Да	Липсва	Артериална хипертония	1	1 г. и 1 м.	IV
12.	73, ж	3-фр.	МИПО	5	Не	Да	Липсва	ХОББ	3	4 г. и 5 м.	II
13.	67, ж	4-фр./л-ция	ОРВФ	1,6	Не	Да	Анатомична	Артериална хипертония	7	2 г. и 1 м.	III

**Таблица 34.** Характеристики на пациентите от проучването, развили АВН на хумералната глава.

Честотата на АВН в проучванията върху фиксацията с ИМАГ и ЗП при ФПХ варира от 0% до 10,6%. В нашата серия АВН са развили близо 28% от нашите пациенти. Ние се придържаме към тезата, че оценката на **перфузията на хумералната глава е най-важното съображение, определящо метода на лечение.**<sup>51</sup> Това, което отличава голяма част от останалите проучвания от нашето, е, че само двама от 13 автори съобщават за оценка на фрактурите според критериите на Hertel<sup>142</sup>. Две проучвания вземат под внимание някой от тези критерии. В проучването на Matassi<sup>228</sup> авторът съобщава, че при всички 17 пациенти е нарушена целостта на медиалната панта. В материала на Chen<sup>64</sup> при всички 22 пациенти медиалната панта е нарушена, а дължината на ПМЕ е под 8 мм при 11 от тях. **В нашето проучване при 29 (62%) пациенти дължината на ПМЕ беше под 8 мм. Медиалната панта беше нарушена при 42 (89%) от пациентите. Фрактура през анатомичната шийка се установи при 36 (77%) от пациентите. 22 (47%) от пациентите имаха и трите критерия едновременно, като 7 (32%) от тях са развили АВН.**

Ние сме съгласни с твърдението, че истинският процент на АВН не е известен и за тази цел е необходим по-дълъг период на проследяване.<sup>127, 51, 268</sup> Нашият среден период на проследяване е 28 месеца и е напълно съпоставим с този на останалите автори, използващи ИМАГ и ЗП при ФПХ (6 – 35 месеца).

Твърдението, че рентгенологичната находка на АВН невинаги съвпада с клиничната картина, не е в сила за нашите пациенти. Усреднените стойности на функционалните скали за пациентите от **таблица 34** са значително по-ниски от тези за цялата кохорта, съответно: CSabs от 34,33 т; CSrel от 47,16 т; CSindiv от 41,91 т. и DASH от 23,85 т.

Трябва да отбележим, че симптомите могат до голяма степен да се дължат на вторичното прорязване на винтове в ГХС. При 5 от пациентите е извършена екстракция на остеосинтезния материал и съобщават за леко подобрене във функцията и нивото на болка. При 1 пациентка АВН беше втора степен по класификацията на Cruess<sup>79</sup> и се установи като случайна рентгенологична находка, без клинични оплаквания.

**Като заключение можем да кажем, че АВН зависи както от биологични, така и от механични фактори.** Не всеки пациент, имащ критерии за исхемия на хумералната глава, развива такива, докато в някои случаи АВН може да настъпи без налични критерии за това.

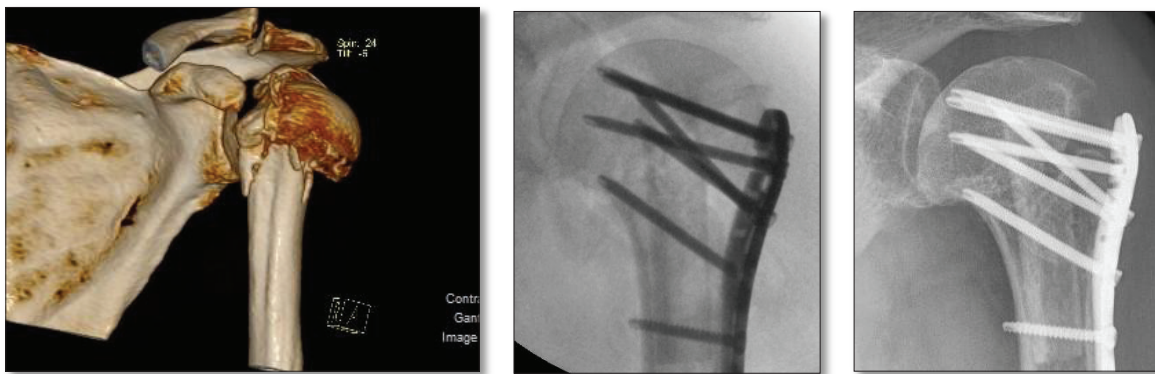
#### **4.8.2.4. Аваскуларна некроза на големия туберкулум**

Докато в нито една от сериите в литературния обзор АВН на ГТ не е описана като усложнение, то в нашата серия се наблюдава **при 8 (17%) от пациентите**. Само при 1 от пациентите е използвана МИПО техника, като фрактурата е фиксирана в малредукция и туберкулите не са обшити и фиксирани към плаката. При останалите 7 пациенти е използван ДПД с парашутна техника за туберкулите, като при 6 от тях е постигната анатомична репозиция, а приемлива – при 1. Общото за всичките 8 пациенти е, че е използвана дълбоко замразена фибула като ИМАГ. Също така и 8-те пациенти са с четирифрагментни фрактури, като при 1 има и луксация. Добрата новина е, че наличието на рентгенологична находка на АВН на ГТ, изглежда, **не се отразява на функцията**. Това може да се дължи на факта, че при всички пациенти, с изключение на 1, е използвана парашутна техника и сухожилията на РМ са пришити към ЗП (**фиг. 48 и фиг. 49**). Усреднените CSabs, CSrel, CSindiv и DASH са близки до тези за цялата група на проучването, съответно: 56,6 т; 71,12 т; 67,12; 16,1 т.

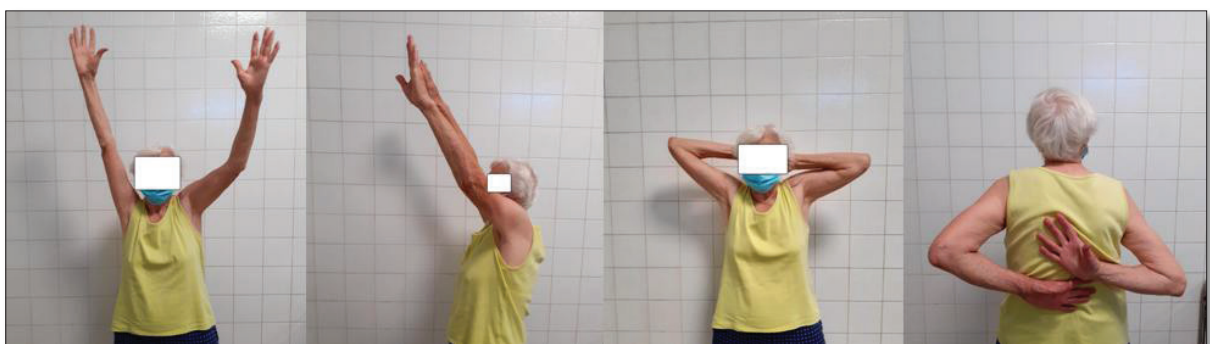
Едно наскорошно проучване на Miyamura и сътр.<sup>237</sup> хвърли малко светлина върху проблема. Авторът разглежда 136 пациенти с три- и четирифрагментни ФПХ, като 30 от тях развиват АВН на ГТ. Като най-значими фактори за усложнението се явяват

липсата на постигната репозиция на туберкула, наличието на медиално раздробяване, по-малкият размер на фрагмента на ГТ или раздробяването му, както и ниската костна плътност. Усложнението се среща значително по-често при пациенти, при които е използван **ИМАГ от фибула**. Според автора процесът на пълзящо заместване, чрез който се инкорпорира алографтът, нарушава ревакуларизацията на ГТ. Също така при поставянето му в метафизата графтът нарушава част от ендосталното кръвообращение на костта.

Относно пациентите в нашата серия с това усложнение, ние не сме в състояние да установим дали тази резорбция търпи обратно развитие, тъй като усредненият срок на проследяване за тях е 17 месеца (12 – 23 месеца).



**Фиг. 48.** ФПХ при жена на 79 години. От ляво надясно: предоперативен КАТ; интраоперативна Rö-графия; постоперативна Rö-графия на 1 година от проследяването, където се вижда резорбцията на ГТ.



**Фиг. 49.** Функционален резултат при пациентката от фиг. 48.



#### 4.8.2.5. Субакромиален импинджмънт

При 5 (10,6%) от нашите пациенти се установи наличие на САИ. При 4 от тях усложнението е в резултат на разместване и проксимализация на ГТ, а при 1 – в резултат на вторична варусна деформация. В литературния обзор по темата авторите не съобщават за възникване на това усложнение и единствено съобщават за липса на импинджмънт от ЗП.

#### 4.8.2.6. Усложнения от страна на костния присадък

Потенциално усложнение от страна на алографта е трансмисията на вирусни и бактериални **инфекции**. Благодарение на стриктните скринингови програми и задължителното тестване на кръвни проби от донора този риск е минимизиран, но не е невъзможен. След откриването на ХИВ вируса са установени само 2 случая от 3 млн. трансплантирани алографтове, като и при двата случая графтът не е обработен преди дълбокото замразяване. Това прави възможността за заразяване с ХИВ вирус 1:1,6 млн. Процесите на стерилизация не могат напълно да елиминират вируса на HBV, HCV, както и някои бактерии, като *Clostridium difficile*. Вирусните агенти се елиминират напълно чрез процесите на дълбоко замразяване и лиофилизиране. В литературата са описани 13 случая на инфекция с *Clostridium species* в резултат на контаминиране на графта с чревна флора. Тези случаи се дължат на бактериостаза, тъй като бактериалните култури преди и след обработката на графта с антибиотични разтвори са били негативни. Поради тази причина с днешна дата стерилизацията трябва да включва спороцидни методи (гама-стерилизация). Тъканите, които не са подложени на гама-стерилизация, трябва да се считат за нестерилни.<sup>103, 181, 323</sup>

#### 4.9. Сравняване между отделните методи на лечение

Лечението на ФПХ продължава да бъде обект на дискусия в ортопедичната общност. Конкретни и признати алгоритми не съществуват, а фактът, че всяка четвърта хирургична интервенция при ФПХ е реоперация, силно индикира нуждата от промяна на досегашните концепции.<sup>29</sup> Данните от литературата са противоречиви, като все още

няма консенсус относно най-правилния метод на лечение на разместените фрактури, особено при възрастните пациенти.

#### 4.9.1. Оперативно или неоперативно лечение

През 2015 г. Goodchild и съавт.<sup>121</sup> провеждат РКП върху 250 пациенти с двуфрагментни ФПХ през хирургичната шийка, сравнявайки резултатите от неоперативното и оперативното лечение с плака или еднополусна протеза – *Proximal Fracture of the Humerus Evaluation by Randomization (PROFHER)*. Заключение е, че нарастващата честота на оперативните интервенции за лечение на тези увреди е неоправдана, тъй като авторите не намират статистически значима разлика в клиничните резултати между двете групи – първоначално на втората, а след това и на петата година от проследяването.<sup>121, 132</sup> Проучването получава критики по няколко линии: 1. Средната възраст на пациентите от 66 години, като се поставя въпросът дали резултатите са приложими и за младите пациенти; 2. Включването само на 20% от пациентите в първоначалната кохорта; 3. Липсата на конкретна система за класификация.<sup>6</sup> Въпреки известната резервираност към проучването PROFHER, резултатите от него водят до промяна в подхода на лечение на част от травматолозите.<sup>164</sup>

В метаанализ на Хіе и съавт.<sup>373</sup> от 2015 г. върху рандомизирани контролирани проучвания авторите заключават, че оперативното лечение не подобрява крайния функционален резултат и качеството на живот в сравнение с неоперативното лечение, като допълнително води до по-голям процент усложнения. Метаанализ на Rabi<sup>279</sup> от 2015 г. върху РКП потвърждава тези резултати, като авторите подчертават, че са необходими РКП с по-висока достоверност, за да бъдат категорични в заключението си. През 2016 г. Sabharwal и сътр.<sup>304</sup> извършват метаанализ на всички налични РКП върху методите на лечение на ФПХ. Заключение на авторите е, че резултатите от анализи на отделните типове фрактури и на отделните методи на оперативно лечение се различават от резултатите, получени от анализи, които групират всички типове фрактури и хирургични методи заедно. По тази причина, макар консервативното лечение да е подходящо за повечето ФПХ, някои специфични групи пациенти биха имали по-голяма полза от оперативното лечение. Това измества въпроса, поставен в PROFHER: „Да оперираш или да не оперираш?“, към въпроса: „Кого да оперираш?“.

Метаанализ на Мао от 2015 г.<sup>344</sup> върху РКП не показва разлика във функционалните резултати между неоперативно и оперативно лекуваните пациенти, но качеството на живот е по-високо при пациентите, лекувани оперативно.

Мултицентрово РКП на Launonen от 2019 г.<sup>204</sup> върху 88 пациенти над 60-годишна възраст с двуфрагментни ФПХ не открива разлика във функционалните резултати спрямо DASH и CS на втората година от проследяването между пациентите, лекувани консервативно, и тези с ОРВФ със ЗП. В проспективно РКП на Lopez<sup>221</sup> от 2019 г. са сравнени резултатите между неоперативно лекувани и оперирани с Reverse ендопротезиране 60 пациенти с три и четирифрагментни фрактури. Всички пациенти са на възраст над 80 години. Функционалните резултати са сходни, като единственото предимство при пациентите с Reverse протеза е по-ниската болезненост в увреденото рамо.

#### **4.9.2. Сравняване между различни оперативни методи**

##### **4.9.2.1. Открита репозиция и вътрешна фиксация с плака или минимално инвазивна остеосинтеза с плака**

Заключението от систематичен обзор и метаанализ на Zhao<sup>379</sup> от 2017 г. показва, че МИПО техниката е с по-добри клинични резултати – по-малък обем кръвозагуба, съкратено оперативно време, намалена постоперативна болка и по-кратко време за срastване с по-добро възстановяване на мускулната сила. Разликата в усложненията между двата метода е незначителна. Авторите препоръчват МИПО техниката като метод на лечение при по-възрастни пациенти.

РКП на Sohn<sup>322</sup> от 2017 г. посочва, че клиничните и рентгенологичните резултати от двата метода са сходни, като МИПО техниката е свързана със значително по-кратко оперативно време. Ретроспективно проучване на Buchman<sup>44</sup> посочва 4,5 пъти по-голям шанс за развитие на несрастване при ОРВФ и по-често постигане на флексия над 90° в рамото при МИПО групата.

#### 4.9.2.1.1. Делтоидо-пекторален или трансделтоиден достъп

Проспективно РКП на Rouleau<sup>296</sup> от 2020 г. срявнява двата достъпа при пациенти с дву- и трифрагментни фрактури. Авторите отхвърлят първоначалната си хипотеза, че ЛТД достъп притежава превъзходство пред ДПД. ДПД обуславя по-добри функционални резултати при пациентите и е свързан с по-малко усложнения.

Проспективно РКП на Bhayana<sup>32</sup> от 2021 г. сравнява двата достъпа при пациенти с три и четирифрагментни фрактури. С изключение на по-лесното наместване на ГТ и съкратеното оперативно време при ЛТД, функционалните резултати не показват разлика. Заключение на авторите е, че двата достъпа са еднакво ефективни и могат да се използват в зависимост от опита и комфорта на оператора.

#### 4.9.2.2. Плака или пирон

Метаанализ на Wang<sup>362</sup> от 2015 г. и систематичен обзор и метаанализ на Sun<sup>339</sup> от 2017 г. не са в състояние да препоръчат един от двата метода като по-добър, поради сходните функционални резултати и брой усложнения. Систематичен обзор на Gracitelli<sup>122</sup> от 2017 г. показва, че биомеханичните изследвания са доста противоречиви. Клиничните резултати и процентът усложнения за двата метода са сходни, но резултатите от фиксацията със ЗП са по-добри при четирифрагментните фрактури. Метаанализи на Li и сътр.<sup>215</sup> от 2018 г. и на Shi и сътр.<sup>317</sup> от 2019 г. посочват, че няма статистическа разлика между двата метода, що се отнася до функционален резултат и усложнения. Все пак пиронът е свързан с по-малка инцизия, кървене и оперативно време и по-бързо срастване на фрактурата, което го прави по-предпочитан от двата метода. Проспективно РКП на Helfen<sup>139</sup> от 2020 г. при пациенти над 60 години с разместени двуфрагментни фрактури сравнява двата метода, като в групата със ЗП върховете на винтовете са с РММА аугментация. В проспективно РКП на Boyer<sup>39</sup> от 2021 г. се сравняват интрамедуларният пирон и ЗП при пациенти на средна възраст 73,7 години с три- и четирифрагментни фрактури и средна продължителност на проследяване 66 месеца. Изводите и на двете РКП се припокриват с тези на посочените метаанализи.

#### 4.9.2.3. Плака или еднополюсна протеза

Solberg<sup>324</sup> проследява ретроспективно 122 пациенти, като съобщава за по-добри функционални резултати в групата, лекувана със ЗП. Ретроспективно проучване на Thorsness<sup>350</sup> от 2014 г. върху 413 пациенти сочи, че сравнено с ОРИФ, хемиалопластиката е свързана с по-продължително оперативно време и по-висок риск от кървене. Метаанализ на Dai<sup>84</sup> от 2013 г. препоръчва ЗП пред еднополюсната протеза, като метод, водещ до по-добри функционални резултати. В проспективно проучване с втора степен на достоверност Chen<sup>62</sup> проследява 60 пациенти с четирифрагментни остеопоротични ФПХ, лекувани със ЗП и фибуларен алографт, и пациенти, лекувани с еднополюсно ендопротезиране. Групата със ЗП и графт показва по-добри функционални резултати.

#### 4.9.2.4. Плака или Reverse протеза

Данните с по-висока степен на достоверност по дискусиата все още са оскъдни. В проучване с трета степен на достоверност от 2014 г. Chalmers<sup>57</sup> сравнява три- и четирифрагментни ФПХ, като 9 са лекувани с Reverse, 9 – с еднополюсна протеза, и 9 – със ЗП. Групата с Reverse показва по-добър обем движения в по-ранен постоперативен период. В ретроспективно проучване от 2018 г. Giardella<sup>118</sup> проследява пациенти над 65 години с три- и четирифрагментни ФПХ. Reverse групата показва по-добри функционални резултати и по-добро качество на живот. Procaccini<sup>277</sup> сравнява двата метода при 84 пациенти на средна възраст 74 години с три- и четирифрагментни ФПХ. Заключението е в полза на Reverse протезирането – с по-малко ревизии и по-добро качество на живот, дори в случаите с ограничена вътрешна и външна ротация. В мултицентрово РКП от 2020 г. на Fraser<sup>108</sup>, между 124 пациенти над 65 години по-добрите функционални резултати са при пациентите в групата с Reverse ендопротеза. В проучването обаче усложненията не са взети под внимание.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нашето клинично проучване обследва една строго селектирана категория фрактури на проксималния хумерус. Това са счупвания, при които има недвусмислени рентгенови данни за исхемия на хумералната глава (в определени случаи – до 97%, според Hertel<sup>142</sup>). Тези увреди, при които проблемни са преживяването и срастването на главичния фрагмент, продължават да носят лоша прогноза въпреки категоричния напредък на фрактурната хирургия на рамото.

В началото на нашата студия ние формулирахме две работни хипотези:

Първо, че органосъхраняваща хирургия е възможна и оправдана при тези фрактури.

Второ, че създаването на максимално благоприятни механични условия ще позволи както реваскуляризацията на фрагментите с гранично кръвоснабдяване, така и пълзящото заместване на аваскуларната хумерална глава.

Ние използвахме интрамедуларен алографт като аугментация на латералната заключваща плака в условията на лабораторен експеримент и установихме, че присадъкът осигурява надеждно възстановяване на медиалната опора при кост с различна плътност. Нещо повече, **създадената еластична конструкция** позволява интерфрагментарни движения между 0,2 и 0,8 мм, които са в границите на толеранса на новообразувания калус и поради това стимулират развитието му.

Обнадеждаващите данни от биомеханичния експеримент ни позволиха да приложим техниката в клиничната практика.

**Една оптимална хирургична техника според нас би трябвало да включва:**

- парашутна техника за туберкулите;
- инсериране на присадъка;
- репониране на хумералната глава анатомично (по отношение на височината и медиалния кортекс);
- репониране на туберкулите;
- фиксация с латерална заключваща плака и фиксация на туберкулите през плаката.

Ние сме убедени, че тези елементи на техниката са част от една логична последователност и по този начин всеки следващ елемент е стъпка към подобряване на биомеханиката на конструкцията.

Обработката на резултатите ни даде възможност да установим следното.

**Апробираната техника в някаква степен елиминира предизвикателството**

**остеопоротична кост. Парашутният шев значително улеснява репозицията.** Неслучайно при фрактурите с анатомична репозиция той е използван в 87% от случаите, а при тези с малредукция – в 36% от случаите. **Честотата на АВН пряко зависи от наместването на фрактурата.** В нашето проучване хипотетичният риск от **97% за възникване на исхемия на хумералната глава е сведен до 32%.**

Не на последно място, тази студия още веднъж подчертава, **че усложненията при лечението на тези фрактури имат предимно исхемична генеза.**

След завършването на нашето проучване за нас е ясно, че аугментацията чрез интрамедуларен алографт на фиксацията със ЗП на ФПХ, заплашени от исхемия, почива на солидни биомеханични основи. От клинична гледна точка тя е предсказуема, сигурна и ефективна.

**В заключение сме убедени, че органосъхраняващата хирургия има своето място при тези изначално неблагоприятни фрактури.**



## ИЗВОДИ

1. Конструкцията от заключваща плака и интрамедуларен алографт увеличава стабилността на фиксацията на ФПХ и ефективно противодейства на силите, предизвикващи вторично разместване.
2. Интрамедуларният присадък надеждно позволява възстановяването на медиалната кортикална опора, която представлява фактор от първостепенна важност за стабилността след синтеза със ЗП.
3. Постигането на анатомична репозиция е друг фактор от първи ред, както за надеждността на фиксацията, така и за редуцирането на АВН на хумералната глава.
4. Функционалните резултати пряко зависят от качеството на репозицията и от развитието на АВН и в по-малка степен – от възрастта на пациента и от наличието на остеопороза.
5. Техниката на аугментация с интрамедуларен алографт на фиксацията със ЗП при ФПХ е възпроизводима в клинични условия, като позволява органосъхраняваща хирургия с предсказуеми резултати.

## ПРИНОСИ

1. Механичните свойства на конструкцията със заключваща плака и интрамедуларен графт са тествани в референтна лаборатория върху достатъчно на брой спесимени и конструкцията е приложена при лечението на достатъчно голям брой пациенти за създаване на собствена база данни.
2. Проведен е задълбочен и подробен статистически анализ върху зависимостта на крайните резултати и усложнения при прилагането на метода от различни фактори: възраст на пациентите; хирургична техника; качество на постигнатата репозиция; вид алографт; локално качество на костта.
3. Въз основа на анализа на резултатите и усложненията е апробирана оптимална хирургична техника с алгоритъм за постигане на анатомична репозиция при нестабилните и заплашени от исхемия фрактури на проксималния хумерус.
4. За първи път е извършен ретроспективен анализ върху зависимостите от прилагането на метода като органосъхраняващ при заплашени от исхемия фрактури на проксималния хумерус, като са взети под внимание критериите на Hertel, които са с най-голяма прогностична стойност за възникването на това усложнение.
5. За първи път в експериментални условия механичните свойства на конструкцията от заключваща плака и интрамедуларен графт са тествани при четирифрагментен фрактурен модел.
6. За първи път в експериментални условия механичните свойства на конструкцията от заключваща плака и интрамедуларен графт са тествани върху фрактурен модел, пресъздаващ остеопоротична фрактура с масивен дефект на спонгиозната кост.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. **Adedapo, A. O., J. O. Ikpeme.** The results of internal fixation of three- and four-part proximal humeral fractures with the Polarus nail. – In: *Injury* 32, 2001, pp. 115 – 121.
2. **Agudelo, J., S. Morgan. K. Furry, A. Parekh, W. Smith.** The deltoid muscle: an anatomic description of the deltoid insertion to the proximal humerus. – In: *Journal of orthopaedic trauma* 20, 2006, pp. 19– 21.
3. **Agudelo, J. et al.** Analysis of Efficacy and Failure in Proximal Humerus Fractures Treated With Locking Plates. – In: *J. Orthop. Trauma* 21, 2007, pp. 676 – 681.
4. **Alashkham, A., A. Alraddadi, P. Felts, R. Soames.** Histology, vascularity and innervation of the glenoid labrum. – In: *J. Orthop. Surg.* 26, 2018, pp. 1 – 8.
5. **Angibaud, L., J. D. Zuckerman, P. H. Flurin, C. Roche, T. Wright.** Reconstructing proximal humeral fractures using the bicipital groove as a landmark. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2007, pp. 168 – 174.
6. **Antti, L. P., V. M. Mattila.** No differences between operative and non-operative treatments of proximal humerus fractures. – In: *Evid Based Med.* 21, 2016, p. 23.
7. **Archer, L. A., A. Furey.** Rate of avascular necrosis and time to surgery in proximal humerus fractures. – In: *Musculoskelet. Surg.* 100, 2016, pp. 213 – 216.
8. **Arvesen, J. E. et al.** Biomechanical Contribution of Tension-Reducing Rotator Cuff Sutures in 3-Part Proximal Humerus Fractures. – In: *J. Orthop. Trauma.* 30, 2016, pp. 10 – 11.
9. **Badman, B. et al.** Results of proximal humeral locked plating with supplemental suture fixation of rotator cuff. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 20, 2011, pp. 616 – 624.
10. **Bae, J.-H. et al.** The biomechanical performance of locking plate fixation with intramedullary fibular strut graft augmentation in the treatment of unstable fractures of the proximal humerus. – In: *Bone Joint J.* 93-B, 2011, pp. 937 – 941.
11. **Bahrs, C. et al.** Trends in epidemiology and patho-anatomical pattern of proximal humeral fractures. – In: *Int. Orthop.* 38, 2014, pp. 1697 – 1704.
12. **Bahrs, C. et al.** Indications for computed tomography (CT-) diagnostics in proximal humeral fractures: A comparative study of plain radiography and computed tomography. – In: *BMC Musculoskelet. Disord.* 10, 2009, pp. 1 – 7.
13. **Bahrs, C., B. Rolauffs, K. Dietz, C. Eingartner, K. Weise.** Clinical and radiological evaluation of minimally displaced proximal humeral fractures. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 130, 2010, pp. 673 – 679.
14. **Bai, L. et al.** Radiological evaluation of reduction loss in unstable proximal humeral fractures treated with locking plates. – In: *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 100, 2014, pp. 271 – 274.
15. **Bai, L. et al.** The Effect of Calcar Screw Use in Surgical Neck Fractures of the Proximal Humerus with Unstable Medial Support: A Biomechanical Study. – In: *J. Orthop. Trauma* 28, 2014, pp. 452 – 457.
16. **Bain, G. I., I. J. Galley, C. Singh, C. Carter, K. Eng.** Anatomic study of the superior glenoid labrum. – In: *Clin. Anat.* 26, 2013, pp. 367 – 376.
17. **Baldwin, P. et al.** Autograft, Allograft, and Bone Graft Substitutes: Clinical Evidence and Indications for Use in the Setting of Orthopaedic Trauma Surgery. – In: *J. Orthop. Trauma* 33, 2019, pp. 203 – 213.
18. **Ball, C. M., T. Steger, L. M. Galatz, K. Yamaguchi.** The posterior branch of the axillary nerve: An anatomic study. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 85, 2003, pp. 1497 – 1501.

19. **Bankes, M. J. K., J. E. Crossman, R. J. H. Emery.** A standard method of shoulder strength measurement for the Constant score with a spring balance. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 7, 1998, pp. 116 – 121.
20. **Barlow, J. D. et al.** Locking plate fixation of proximal humerus fractures in patients older than 60 years continues to be associated with a high complication rate. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 29, 2020, pp. 1689 – 1694.
21. **Baron, J. A. et al.** Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among americans over 65 years of age. – In: *Epidemiology* 7, 1996, pp. 612 – 618.
22. **Baron, J. A., J. A. Barrett, M. R. Karagas.** The epidemiology of peripheral fractures. – In: *Bone* 18, 1996, pp. 209S – 213S.
23. **Basmajan, J. V., F. J. Bazant.** Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint. An electromyographic and morphological study. – In: *J. Bone Joint Surg. Am.* 41-A, 1959, pp. 1182 – 1186.
24. **Bastian, J. D., R. Hertel.** Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 17, 2008, pp. 2 – 8.
25. **Beaman, F. D. et al.** Imaging Characteristics of Bone Graft Materials. – In: *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 26, 2006, pp. 373 – 388.
26. **Belayneh, R. et al.** Osteonecrosis after Surgically Repaired Proximal Humerus Fractures Is a Predictor of Poor Outcomes. – In: *J. Orthop. Trauma* 32, 2018, pp. e387 – e393.
27. **Bell, J. E. et al.** Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 93, 2011, pp. 121 – 131.
28. **Bergdahl, C., D. Wennergren, M. Möller, J. Ekelund.** Mortality after a proximal humeral fracture. – In: *Bone Jt. J.* 102-B, 2020, pp. 1484 – 1490.
29. **Bergdahl, C., D. Wennergren, E. Swensson-Backelin, J. Ekelund, M. Möller.** No change in reoperation rates despite shifting treatment trends: a population-based study of 4,070 proximal humeral fractures. – In: *Acta Orthop.* 92, 2021, pp. 1 – 7.
30. **Bergmann, G.** Biomechanics and Pathomechanics of the Shoulder Joint with Reference to Prosthetic Joint Replacement. Shoulder replacement. Springer, Berlin, Heidelberg, 1987, pp. 33 – 43.
31. **Berkes, M. B. et al.** The impact of three-dimensional CT imaging on intraobserver and interobserver reliability of proximal humeral fracture classifications and treatment recommendations. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Am. Vol.* 96, 2014, pp. 1281 – 1286.
32. **Bhayana, H., D. Kumar, C. Sameer, A. Mahesh, P. Sandeep.** Outcomes of plate osteosynthesis for displaced 3-part and 4 -part proximal humerus fractures with deltopectoral vs. deltoid split approach. – In: *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.*, 2021 Jul, pp. 1-9.
33. **Blazejak, M., L. Hofmann-Fliri, L. Büchler, B. Gueorguiev, M. Windolf.** In vitro temperature evaluation during cement augmentation of proximal humerus plate screw tips. – In: *Injury* 44, 2013, pp. 1321 – 1326.
34. **Blonna, D. et al.** The hybrid technique: Potential reduction in complications related to pins mobilization in the treatment of proximal humeral fractures. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 19, 2010, pp. 1218 – 1229.
35. **Blonna, D. et al.** Outcomes of 188 Proximal Humeral Fractures Treated with a Dedicated External Fixator with Follow-up Ranging from 2 to 12 Years. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Am. Vol.* 101, 2019, pp. 1654 – 1661.
36. **Bloom, M. H., W. G. Obata.** Diagnosis of posterior dislocation of the shoulder with use of Velpeau axillary and angle-up roentgenographic views. – In: *JBJS* 49, 1967, pp.

- 943 – 949.
37. **Boileau, P., G. Walch.** The three-dimensional geometry of the proximal humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 79, 1997, pp. 857 – 865.
  38. **Bouchet, R. et al.** Non-operative treatment of four-part fractures of the proximal end of the humerus : results of a prospective and retrospective multicentric study. – In: *Int Orthop.* 40, 2016, pp. 1669 – 1674.
  39. **Boyer, P. et al.** Displaced three and four part proximal humeral fractures: prospective controlled randomized open-label two-arm study comparing intramedullary nailing and locking plate. – In: *Int. Orthop.* 45, 2021, pp. 2917 – 2926.
  40. **Brianza, S., M. Plecko, B. Gueorguiev, M. Windolf, K. Schwieger.** Biomechanical evaluation of a new fixation technique for internal fixation of three-part proximal humerus fractures in a novel cadaveric model. – In: *Clin. Biomech.* 25, 2010, pp. 886 – 892.
  41. **Brooks, C. H., W. J. Revell, F. W. Heatley.** Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. – In: *J. Bone Joint Surg. Br.* 75, 1993, pp. 132 – 136.
  42. **Browner, B. D., J. Jupiter, C. Krettek, P. A. Anderson.** Skeletal trauma. 5th edition. Elsevier Heal. Sci., 2014, pp. 1407 – 1453.
  43. **Brunner, F. et al.** Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humerus Fractures Using a Proximal Humeral Locked Plate: A Prospective Multicenter Analysis. – In: *J. Orthop. Trauma* 23, 2009, pp. 163 – 172.
  44. **Buchmann, L. et al.** Proximal humerus fractures (PHFs): comparison of functional outcome 1 year after minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) versus open reduction internal fixation (ORIF). – In: *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.*, 2021 Jul 3, pp. 1-6.
  45. **Buckley, R. E., C. G. Moran, T. Apivatthakakul.** AO principles of fracture management: Vol. 1: principles. Thieme, pp. 594 – 596.
  46. **Burchardt, H.** The biology of bone graft repair. – In: *Clin Orthop Relat Res* 174, 1983, pp. 28 – 42.
  47. **Burke, N. G., J. Kennedy, G. Cousins, D. Fitzpatrick, H. Mullett.** Locking plate fixation with and without inferomedial screws for proximal humeral fractures: a biomechanical study. – In: *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)* 22, 2014, pp. 190 – 194.
  48. **Burkhard, B. et al.** Overdrilling increases the risk of screw perforation in locked plating of complex proximal humeral fractures – A biomechanical cadaveric study. – In: *J. Biomech.* 117, 2021, p. 110268.
  49. **B. Linge, B. van, J. D. Mulder.** Function of the supraspinatus muscle and its relation to the supraspinatus syndrome. – In: *J. Bone Jt. Surg.* 45, 1963, pp. 750 – 754.
  50. **C. Lee, CK., H. R. Hansen.** Post-traumatic avascular necrosis of the humeral head in displaced proximal humeral fractures. – In: *J. Trauma* 21, 1981, pp. 788 – 791.
  51. **Campochiaro, G., M. Rebutti, P. Baudi, F. Catani.** Complex proximal humerus fractures: Hertel's criteria reliability to predict head necrosis. – In: *Musculoskelet. Surg.*, 99, 2015, pp. 9 – 15.
  52. **Capriccioso, C. E., J. D. Zuckerman, K. A. Egol.** Initial varus displacement of proximal humerus fractures results in similar function but higher complication rates. – In: *Injury* 47, 2016, pp. 909 – 913.
  53. **Carbone, S. et al.** Radiographic patterns of osteoporotic proximal humerus fractures. – In: *Eur. J. Radiol.* 100, 2018, pp. 43 – 48.
  54. **Carbone, S., M. Tangari, S. Gumina.** Percutaneous pinning of three- or four-part fractures of the proximal humerus in elderly patients in poor general condition: MIROS® versus traditional pinning. - In: *International orthopaedics* 36, 2012, pp. 1267 –

- 1273.
55. **Cassidy, J. T., E. Coveney, D. Molony.** ‘90/90’ Plating of proximal humerus fracture – A technical note. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 14, 2019, pp. 1 – 6.
  56. **Cha, H., K. B. Park, S. Oh, J. Jeong.** Treatment of comminuted proximal humeral fractures using locking plate with strut allograft. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 26, 2017, pp. 781 – 785.
  57. **Chalmers, P. N. et al.** Reverse total shoulder arthroplasty for acute proximal humeral fracture: Comparison to open reduction-internal fixation and hemiarthroplasty. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 23, 2014, pp. 197 – 204.
  58. **Chalmers, P. N., G. S. van Thiel, S. W. Trenhaile.** Surgical Exposures of the Shoulder. – In: *J Am Acad Orthop Surg* 24, 2016, pp. 250 – 258.
  59. **Chandrappa, M. H., S. Hajibandeh, S. Hajibandeh.** Postoperative outcomes of initial varus versus initial valgus proximal humerus fracture: A systematic review and meta-analysis. – In: *J. Clin. Orthop. Trauma* 8, 2017, pp. 14 – 20.
  60. **Charalambous, C. P. et al.** Proximal humeral internal locking system (PHILOS) for the treatment of proximal humeral fractures. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 127, 2007, pp. 205 – 210.
  61. **Court-Brown, C. M., J. D. Heckman, M. M. McQueen, W. M. Ricci, P. Tornetta.** Rockwood and Green’s Fractures in adults. 8th edition. Wolters Kluwer Health, 2015, pp. 1341 – 1417.
  62. **Chen, H. et al.** Comparison of intramedullary fibular allograft with locking compression plate versus shoulder hemi-arthroplasty for repair of osteoporotic four-part proximal humerus fracture: Consecutive, prospective, controlled, and comparative study. – In: *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 102, 2016, pp. 6 – 11.
  63. **Chen, H. et al.** The Augment of the Stability in Locking Compression Plate with Intramedullary Fibular Allograft for Proximal Humerus Fractures in Elderly People. – In: *BioMed research international*, 2018, 3130625.
  64. **Chen, H., X. Ji, Q. Zhang, X. Liang, P. Tang.** Clinical outcomes of allograft with locking compression plates for elderly four-part proximal humerus fractures. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 10, 2015, p. 114.
  65. **Choi, S., H. Kang, H. Bang.** Technical tips: Dualplate fixation technique for comminuted proximal humerus fractures. – In: *Injury* 45, 2014, pp. 1280 – 1282.
  66. **Chow, R. M. et al.** Proximal humeral fracture fixation: Locking plate construct ± intramedullary fibular allograft. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 21, 2012, pp. 894 – 901.
  67. **Chu, S. P. et al.** Risk factors for proximal humerus fracture. – In: *Am. J. Epidemiol.* 160, 2004, pp. 360 – 367.
  68. **Chudik, S. C., P. Weinhold, L. E. Dahnert.** Fixed-angle plate fixation in simulated fractures of the proximal humerus: A biomechanical study of a new device. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 12, 2003, pp. 578 – 588.
  69. **Clark, J. M., D. T. Harryman.** Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 74, 1992, pp. 713 – 725.
  70. **Clein, L. J.** Suprascapular entrapment neuropathy. – In: *J. Neurosurg.* 43, 1975, pp. 337 – 342.
  71. **Codman, E. A.** The Shoulder: Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other Lesions In or About the Subacromial Bursa. – In: *The Shoulder, Boston, MA Thomas Todd Co*, 1934.
  72. **Colachis, S. C. Jr, B. R. Strohm, V. L. Brechner.** Effects of axillary nerve block on muscle force in the upper extremity. – In: *Arch Phys Med Rehabil*, 1969, pp. 647 – 654.
  73. **Constant, C. R. et al.** A review of the Constant score: Modifications and guidelines for



- its use. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 17, 2008, pp. 355 – 361.
74. **Constant, C. R., A. H. Murley.** A clinical method of functional assessment of the shoulder. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* No. 214, 1987, pp. 160 – 164.
  75. **Court-Brown, C. M., H. Cattermole, M. M. McQueen.** Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus. – In: *J Bone Jt. Surg* 84-B, 2002, pp. 504 – 508.
  76. **Court-Brown, C. M., A. Garg, M. M. McQueen.** The epidemiology of proximal humeral fractures. – In: *Acta Orthop. Scand.* 72, 2001, pp. 365 – 371.
  77. **Court-Brown, C. M., A. D. Duckworth, N. D. Clement, M. M. McQueen.** Fractures in older adults. A view of the future? – In: *Injury* 49, 2018, pp. 2161 – 2166.
  78. **Crosby, L. A., R. P. Finnan, C. G. Anderson, J. Gozdanovic, M. W. Miller.** Tetracycline labeling as a measure of humeral head viability after 3- or 4-part proximal humerus fracture. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 18, 2009, pp. 851 – 858.
  79. **Cruess, R. L.** Steroid induced avascular necrosis of the head of the humerus. Natural history and management. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 58, 1976, pp. 313 – 317.
  80. **Cui, X., H. Chen, B. Ma, W. Fan, H. Li.** Fibular strut allograft influences reduction and outcomes after locking plate fixation of comminuted proximal humeral fractures in elderly patients: a retrospective study. – In: *BMC Musculoskeletal Disorders* 20, 2019, pp. 1 – 8.
  81. **Cuny, C. et al.** Antegrade nailing evolution for proximal humeral fractures, the Telegraph IV®: a study of 67 patients. – In: *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 25, 2015, pp. 287 – 295.
  82. **Cyprien, J. M. et al.** Humeral retrotorsion and glenohumeral relationship in the normal shoulder and in recurrent anterior dislocation (scapulometry). – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* No. 175, 1983, pp. 8 – 17.
  83. **D'Ambrosi, R., F. Palumbo, A. Barbato, R. M. Facchini.** A prospective study for the treatment of proximal humeral fractures with the Galaxy Fixation System. – In: *Musculoskelet. Surg.* 101, 2017, pp. 11 – 17.
  84. **Dai, J., Y. Chai, C. Wang.** Meta-analysis comparing locking plate fixation with hemiarthroplasty for complex proximal humeral fractures. – In: *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 24, 2014, pp. 305 – 313.
  85. **Dauids, S., D. Allen, M. Desarno, N. K. Endres, C. Bartlett, A. Shafritz.** Comparison of Locked Plating of Varus Displaced Proximal Humeral Fractures With and Without Fibula Allograft Augmentation. – In: *J. Orthop. Trauma* 34, 2020, pp. 10 – 11.
  86. **Deng, X. Y. et al.** Use of a locking intramedullary nail for the treatment of initial varus proximal humeral fracture: a prospective pilot study. – In: *J. Int. Med. Res.* 48, 2020, p.0300060520935286.
  87. **Deutsch, A. L., D. Resnick, J. H. Mink.** Computed tomography of the glenohumeral and sternoclavicular joints. – In: *Orthop. Clin. North Am.* 16, 1985, pp. 497 – 511.
  88. **Diliso, M. F., R. J. Nowinski, A. M. Hatzidakis, E. V. Fehring.** Intramedullary nailing of the proximal humerus: Evolution, technique, and results. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 25, 2016, pp. e130 – e138.
  89. **Duchenne, G.-B., E. B. Kaplan.** Physiology of motion: demonstrated by means of electrical stimulation and clinical observation and applied to the study of paralysis and deformities. Philadelphia W. B. Saunders. 1959.
  90. **Edelson, G., I. Kelly, F. Vigder, N. D. Reis.** A three-dimensional classification for fractures of the proximal humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 86, 2004, pp. 413 – 425.
  91. **Edwards, S. L., N. A. Wilson, L. Zhang, S. Flores, B. R. Merk.** Two-Part Surgical Neck Fractures of the Proximal Part of the Humerus. A Biomechanical Evaluation of



- Two Fixation Techniques. – In: *J. Bone Jt. Surg.* 88-A, 2006, pp. 2258 – 2264.
92. **Egol, K. A., E. N. Kubiak, E. Fulkerson, F. J. Kummer, K. J. Koval.** Biomechanics of locked plates and screws. – In: *J. Orthop. Trauma* 18, 2004, pp. 488 – 493.
  93. **Egol, K. A. et al.** Early Complications in Proximal Humerus Fractures (OTA Types 11) Treated With Locked Plates. – In: *J. Orthop. Trauma* 22, 2008, pp. 159 – 164.
  94. **Egol, K. A. et al.** Fracture site augmentation with calcium phosphate cement reduces screw penetration after open reduction e internal fixation of proximal humeral fractures. – In: *Journal of shoulder and elbow surgery* 21, 2012, pp. 741 – 748.
  95. **Erasmio, R., G. Guerra, L. Guerra.** Fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus: A retrospective analysis of 82 cases treated with the Philos 1 locking plate. – In: *Injury* 45, 2014, pp. S43 – S48.
  96. **Erhardt, J. B. et al.** The Position and Number of Screws Influence Screw Perforation of the Humeral Head in Modern Locking Plates. – In: *J. Orthop. Trauma* 26, 2012, pp. e188 – e192.
  97. **Erhardt, J. B., G. Roderer, K. Grob, T. N. Fostter, K. Stoffel.** Early results in the treatment of proximal humeral fractures with a polyaxial locking plate. – In: *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 129, 2009, pp. 1367–1374.
  98. **Esser, R. D.** Treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus with a modified cloverleaf plate. – In: *J. Orthop. Trauma* 8, 1994, pp. 15 – 22.
  99. **Fankhauser, F., C. Boldin, G. Schippinger, C. Haunschmid, R. Szyszkowitz.** A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 430, 2005, pp. 176 – 181.
  100. **Feerick, E. M., J. Kennedy, H. Mullett, D. FitzPatrick, P. McGarry.** Investigation of metallic and carbon fibre PEEK fracture fixation devices for three-part proximal humeral fractures. – In: *Med. Eng. Phys.* 35, 2013, pp. 712 – 722.
  101. **Ferrari, D. A.** Capsular ligaments of the shoulder: Anatomical and functional study of the anterior superior capsule. – In: *Am. J. Sports Med.* 18, 1990, pp. 20 – 24.
  102. **Fialka, C. et al.** Modification of the Constant-Murley shoulder score – Introduction of the individual relative Constant score: Individual shoulder assessment. – In: *Injury* 36, 2005, pp. 1159 – 1165.
  103. **Finkemeier, Christopher G.** Bone-grafting and bone-graft substitutes. – In: *J. Bone Jt. Surg. Am.* 84, 2002, pp. 454 – 464.
  104. **Flatow, E. L., L. U. Bigliani.** Locating and protecting the axillary nerve in shoulder surgery: The tug test. – In: *Orthop. Rev.* 21, 1992, pp. 503 – 505.
  105. **Fletcher, J. W. A. et al.** The influence of screw length on predicted cut-out failures for proximal humeral fracture fixations predicted by finite element simulations. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 139, 2019, pp. 1069 – 1074.
  106. **Fletcher, J. W. A., M. Windolf, R. G. Richards, B. Gueorguiev, P. Varga.** Screw configuration in proximal humerus plating has a significant impact on fixation failure risk predicted by finite element models. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 28, 2019, pp. 1816 – 1823.
  107. **Frank, F. A., R. Niehaus, P. Borbas, K. Eid.** Risk factors for secondary displacement in conservatively treated proximal humeral fractures: Introducing two new radiological predictors. – In: *Bone Jt. J.* 102, 2020, pp. 881 – 889.
  108. **Fraser, A. N. et al.** Reverse Shoulder Arthroplasty Is Superior to Plate Fixation at 2 Years for Displaced Proximal Humeral Fractures in the Elderly: A Multicenter Randomized Controlled Trial. – In: *J. Bone Jt. Surg. Am.* 102, 2020, pp. 477 – 485.
  109. **Gardner, E.** The innervation of the shoulder joint. – In: *Anat. Rec.* 102, 1948, pp. 1 – 18.
  110. **Gardner, M. J. et al.** The importance of medial support in locked plating of proximal

- humerus fractures. – In: *J. Orthop. Trauma* 21, 2007, pp. 185 – 191.
111. **Gardner, M. J., D. G. Lorich, C. M. L. Werner, D. L. Helfet.** Second-generation concepts for locked plating of proximal humerus fractures. – In: *Am. J. Orthop. (Belle Mead. NJ)* 36, 2007, pp. 460 – 465.
  112. **Gardner, M. J.** Proximal Humerus Fracture Plating Through the Extended Anterolateral Approach. – In: *J. Orthop. Trauma* 30, 2016, pp. 11 – 12.
  113. **Gardner, M. J. et al.** The Importance of Medial Support in Locked Plating of Proximal Humerus Fractures. – In: *J. Orthop. Trauma* 21, 2007, pp. 185 – 191.
  114. **Gardner, M. J., S. Boraiah, D. L. Helfet, D. G. Lorich.** Indirect medial reduction and strut support of proximal humerus fractures using an endosteal implant. – In: *J. Orthop. Trauma* 22, 2008, pp. 195 – 200.
  115. **Gardner, M. J., J. E. Voos, T. Wanich, D. L. Helfet, D. G. Lorich.** Vascular Implications of Minimally Invasive Plating of Proximal Humerus Fractures. – In: *J. Orthop. Trauma* 20, 2006, pp. 602 – 607.
  116. **Gerber, C., A. G. Schneeberger, T. S. Vinh.** The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 72 A, 1990, pp. 1486 – 1494.
  117. **Giannoudis, P. V., T. A. Einhorn, D. Marsh.** Fracture healing: the diamond concept. – In: *Injury* 38, 2007, s3 – s4.
  118. **Giardella, A. et al.** Reverse total shoulder versus angular stable plate treatment for proximal humeral fractures in over 65 years old patients. – In: *Muscles Ligaments Tendons J.* 7, 2017, pp. 271 – 278.
  119. **Goetzen, M., M. Windolf, W. Schmoelz.** Augmented screws in angular stable plating of the proximal humerus: What to do when revision is needed? – In: *Clin. Biomech.* 29, 2014, pp. 1023 – 1026.
  120. **Goldhahn, J., N. Suhm, S. Goldhahn, M. Blauth, B. Hanson.** Influence of osteoporosis on fracture fixation – A systematic literature review. – In: *Osteoporos. Int.* 19, 2008, pp. 761 – 772.
  121. **Goodchild, L., L. Chuang, C. Hewitt, D. Torgerson, P. Trial.** Surgical vs Nonsurgical Treatment of Adults With Displaced Fractures of the Proximal Humerus The PROFHER Randomized Clinical Trial. – In: *JAMA*, 2015, pp. 1037 – 1047.
  122. **Gracitelli, M. et al.** Locking intramedullary nails versus locking plates for the treatment of proximal humerus fractures. – In: *Expert review of medical devices* 14, 2017, pp. 733 – 739.
  123. **Gracitelli, M. E. C. et al.** Ultrasound evaluation of the rotator cuff after osteosynthesis of proximal humeral fractures with locking intramedullary nail. – In: *Rev. Bras. Ortop. English Ed.* 52, 2017, pp. 601 – 607.
  124. **Gratl, G., A. Dietze, M. Kääh, W. Hopfenmüller, T. Mittlmeier.** Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 467, 2009, pp. 2986 – 2993.
  125. **Gray, H.** Gray's Anatomy (The Masterclass Edition). – In: *Bounty Books*, 115, 2012, pp. 223 – 225, 356 – 363.
  126. **Greenberg, A., P. J. Rosinsky, N. Gafni, Y. Kosashvili, A. Kaban.** Proximal humeral nail for treatment of 3- and 4-part proximal humerus fractures in the elderly population: effective and safe in experienced hands. – In: *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 31, 2021, pp. 769 – 777.
  127. **Greiner, S., M. J. Kääh, N. P. Haas, H. J. Bail.** Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. – In: *Injury* 40, 2009, pp. 186 – 191.
  128. **Gumina, S., S. Carbone, F. Postacchini.** Occult fractures of the greater tuberosity of

- the humerus. – In: *Int. Orthop.* 33, 2009, pp. 171 – 174.
129. **Haidukewych, G. J.** Innovations in locking plate technology. – In: *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 12, 2004, pp. 205 – 212.
  130. **Halder, A. M., E. Itoi, K. N. An.** Anatomy and biomechanics of the shoulder. – In: *Orthop. Clin. North Am.* 31, 2000, pp. 159 – 176.
  131. **Hamada, K., H. Fukuda, M. Mikasa, Y. Kobayashi.** Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 254, 1990, pp. 92 – 96.
  132. **Handoll, H. H., B. Corbacho, S. D. Brealey, C. Hewitt, A. Rangan.** Five-year follow-up results of the PROFHER trial comparing operative and non-operative treatment of adults with a displaced fracture of the proximal humerus. – In: *Bone Jt. J.* 99, 2017, pp. 383 – 392.
  133. **Hanson, B., P. Neidenbach, P. de Boer, D. Stengel.** Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 18, 2009, pp. 612 – 621.
  134. **Harrison, A. K., K. I. Gruson, B. Zmistowski, J. Keener, L. Galatz.** Intermediate outcomes following percutaneous fixation of proximal humeral fractures. – In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 94, 2012, pp. 1223 – 1228.
  135. **Harryman, D. T., J. A. Sidles, S. L. Harris, F. A. Matsen.** The role of the rotator interval capsule in passive motion and stability of the shoulder. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 74, 1992, pp. 53 – 66.
  136. **Hatzidakis, A. M. et al.** Angular-stable locked intramedullary nailing of two-part surgical neck fractures of the proximal part of the humerus: A multicenter retrospective observational study. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 93, 2011, pp. 2172 – 2179.
  137. **Hawkins, R. J., R. H. Bell, K. Gurr.** The three-part fracture of the proximal part of the humerus. Operative treatment. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 68, 1986, pp. 1410 – 1414.
  138. **Helfen, T. et al.** Screw-tip augmentation versus standard locked plating of displaced proximal humeral fractures: a retrospective comparative cohort study. – In: *J. Shoulder Elbow Surg.* 28, 2019, pp. 1326 – 1333.
  139. **Helfen, T., G. Siebenbürger.** Operative treatment of 2-part surgical neck type fractures of the proximal humerus in the elderly: Cement augmented locking plate PHILOS TM vs. proximal humerus nail multiloc®. – In: *Injury* 51, 2020, pp. 2245 – 2252.
  140. **Hengg, C. et al.** Cement augmentation of the proximal humerus internal locking system in elderly patients: a multicenter randomized controlled trial. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 139, 2019, pp. 927 – 942.
  141. **Hepp, P. et al.** Where Should Implants Be Anchored in the Humeral Head? – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 415, 2003, pp. 139 – 147.
  142. **Hertel, R., A. Hempfing, M. Stiehler, M. Leunig.** Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 13, 2004, pp. 427 – 433.
  143. **Hertel, R.** Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. – In: *Osteoporos. Int.* 16, 2005, pp. 65 – 72.
  144. **Hessmann, M., F. Baumgaertel, H. Gehling, I. Klingelhoefter, L. Gotzen.** Plate fixation of proximal humeral fractures with indirect reduction: Surgical technique and results utilizing three shoulder scores. – In: *Injury* 30, 1999, pp. 453 – 462.
  145. **Hessmann, M. H. et al.** Internal fixation of fractures of the proximal humerus with the MultiLoc nail. – In: *Oper. Orthop. Traumatol.* 24, 2012, pp. 418 – 431.
  146. **Hettrich, C. M. et al.** Quantitative assessment of the vascularity of the proximal part of

- the humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 92, 2010, pp. 943 – 948.
147. **Hinds, R. M., M. B. Gottschalk, K. A. Egol, J. T. Capo.** Trends in Upper Extremity Fracture Caseload Reporting During Orthopaedic Residency. – In: *Bulletin of the Hospital for Joint Disease*. 74, 2016, pp. 193 – 196.
  148. **Hinds, R. M. et al.** Geriatric proximal humeral fracture patients show similar clinical outcomes to non-geriatric patients after osteosynthesis with endosteal fibular strut allograft augmentation. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 24, 2015, pp. 889 – 896.
  149. **Hintermann, B., H. H. Trouillier, D. Schafer.** Rigid internal fixation of fractures of the proximal humerus in older patients. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 82, 2000, pp. 1107 – 1112.
  150. **Hoppenfeld, S., P. DeBoer, R. Buckley.** Surgical exposures in orthopaedics: the anatomic approach. 5th edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2017, pp. 42 – 64, 87 – 107.
  151. **Horak, J., B. E. Nilsson.** Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 112, 1975, pp. 250 – 253.
  152. **Howell, S. M., A. M. Imobersteg, D. H. Seger, P. J. Marone.** Clarification of the role of the supraspinatus muscle in shoulder function. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 68, 1986, pp. 398 – 404.
  153. **Howell, S. M., T. A. Kraft.** The role of the supraspinatus and infraspinatus muscles in glenohumeral kinematics of anterior shoulder instability. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1991, pp. 128 – 134.
  154. **Hsiao, C. K. et al.** Intramedullary cortical bone strut improves the cyclic stability of osteoporotic proximal humeral fractures. – In: *BMC Musculoskelet. Disord.* 18, 2017, pp. 1 – 7.
  155. **Iannotti, J. P., G. R. Williams, A. Miniaci, J. Zuckerman.** Disorders of the Shoulder: Diagnosis and Management: Shoulder Trauma. 3rd edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2014, p. 27.
  156. **Iannotti, J. P., J. P. Gabriel, S. L. Schneck, B. G. Evans, S. Misra.** The normal glenohumeral relationships. An anatomical study of one hundred and forty shoulders. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 74, 1992, pp. 491 – 500.
  157. **Inman, V. T., J. B. Saunders, L. C. Abbott.** Observations of the function of the shoulder joint. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 330, 1996, pp. 3 – 12.
  158. **Inokuchi, W., B. S. Olsen, J. O. Søjbjerg, O. Sneppen.** The relation between the position of the glenohumeral joint and the intraarticular pressure: An experimental study. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 6, 1997, pp. 144 – 149.
  159. **Ito, N., M. Eto, K. Maeda, M. E. Rabbi, K. Iwasaki.** Ultrasonographic measurement of humeral torsion. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 4, 1995, pp. 157 – 161.
  160. **Iyengar, J. J., Z. Devcic, R. C. Sproul, B. T. Feeley.** Nonoperative Treatment of Proximal Humerus Fractures: A Systematic Review. – In: *J. Orthop. Trauma* 25, 2011, pp. 612 – 617.
  161. **Jaberg, H., J. J. P. Warner, R. P. Jakob.** Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 74, 1992, pp. 508 – 515.
  162. **Jacobson-Petrov, J., L. Simeonov.** The Cross-cultural Adaptation of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH). Patient-Reported Outcome Measure Into Bulgarian. – In: *HAND* 11, 2016, pp. 146S- 146S.
  163. **Jakob, R. P. et al.** Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 73, 1991, pp. 295 – 298.
  164. **Jefferson, L. et al.** Impact of the PROFHER trial findings on surgeons' clinical practice. – In: *Bone Joint Res.* 6, 2017, pp. 590 – 599.
  165. **Jiang, Y., Y. Guo, Y. Meng, L. Zhu, A. Chen.** 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. – In: *Injury* 47, 2016, pp. 10 – 11.
166. **Jin, M.** et al. Role of inferomedial supporting screws for secondary varus deformity in non-osteoporotic proximal humerus fracture: A biomechanical study. – In: *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 141, 2020, pp. 1517–1523.
  167. **Jost, B., C. Spross, H. Grehn, C. Gerber, F. Hon.** Locking plate fixation of fractures of the proximal humerus: analysis of complications, revision strategies and outcome. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 22, 2013, pp. 542 – 549.
  168. **Jung, W.-B., E.-S. Moon, S.-K. Kim, D. Kovacevic, M.-S. Kim.** Does medial support decrease major complications of unstable proximal humerus fractures treated with locking plate? – In: *BMC Musculoskelet. Disord.* 14, 2013, pp. 1 – 11.
  169. **Kannus, P., M. Palvanen, S. Niemi, H. Sievänen, J. Parkkari.** Rate of proximal humeral fractures in older Finnish women between 1970 and 2007. – In: *Bone* 44, 2009, pp. 656 – 659.
  170. **Kapandji, I. A.** The physiology of the joints. Volume 1, Upper Limb. Second edition. Edinburgh E. S. Livingstone Ltd. 50s, 2005, pp. 2 – 72.
  171. **Karl, J. W., P. R. Olson, M. P. Rosenwasser.** The Epidemiology of Upper Extremity Fractures in the. – In: *J. Orthop. Trauma* 29, 2015, pp. 2009 – 2011.
  172. **Kathrein, S., F. Kralinger, M. Blauth, W. Schmoelz.** Biomechanical comparison of an angular stable plate with augmented and non-augmented screws in a newly developed shoulder test bench. – In: *Clin. Biomech.* 28, 2013, pp. 273 – 277.
  173. **Katolik, L. I.** et al. Normalization of the Constant score. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 14, 2005, pp. 279 – 285.
  174. **Katthagen, J. C., O. Lutz, C. Voigt, H. Lill, A. Ellwein.** Cement augmentation of humeral head screws reduces early implant-related complications after locked plating of proximal humeral fractures. – In: *Obere Extrem.* 13, 2018, pp. 123 – 129.
  175. **Katthagen, J. C., M. Huber, S. Grabowski, A. Ellwein.** Failure and revision rates of proximal humeral fracture treatment with the use of a standardized treatment algorithm at a level-1 trauma center. – In: *J. Orthop. Traumatol.* 18, 2017, pp. 265 – 274.
  176. **Keener, J. D.** et al. Outcomes after percutaneous reduction and fixation of proximal humeral fractures. – In: *Journal of shoulder and elbow surgery* 16, 2007, pp. 330 – 338.
  177. **Kelsey, J. L., E. J. Samelson.** Variation in Risk Factors for Fractures at Different Sites Back to Top Back to Top. – In: *Curr. Osteoporos Rep.* 7, 2013, pp. 127 – 133.
  178. **Kennedy, J., D. Molony, N. G. Burke, D. Fitzpatrick, H. Mullett.** Effect of calcium triphosphate cement on proximal humeral fracture osteosynthesis: a cadaveric biomechanical study. – In: *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)* 21, 2013, pp. 173 – 177.
  179. **Keser, S.** et al. Proximal humeral fractures with minimal displacement treated conservatively. – In: *Int. Orthop.* 28(4), 2004, pp. 231 – 234.
  180. **Kettler, M., B. Ockert.** Long-term functional outcomes (median 10 years) after locked plating for displaced fractures of the proximal humerus. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 23, 2013, pp. 1 – 9.
  181. **Khan, S. N.** et al. The biology of bone grafting. – In: *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 13, 2005, pp. 77 – 86.
  182. **Kim, D. M.** et al. Risk Factors for Severe Proximal Humerus Fracture and Correlation Between Deltoid Tuberosity Index and Bone Mineral Density. – In: *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* 11, 2020, pp. 1 – 8.
  183. **Kim, D., D. Lee, Y. Chun.** Which additional augmented fixation procedure decreases surgical failure after proximal humeral fracture with medial comminution: fibular allograft or inferomedial screws? – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 27, 2018, pp. 1852 –

- 1858.
184. **Kim, H.** et al. How Many Proximal Screws Are Needed for a Stable Proximal Humerus Fracture Fixation? – In: *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* 12, 2021, pp. 1 – 8.
  185. **Kim, S. H.** et al. Outcomes for four-part proximal humerus fractures treated with a locking compression plate and an autologous iliac bone impaction graft. – In: *Injury* 43, 2012, pp. 1724 – 1731.
  186. **Kim, S. H., R. M. Szabo, R. A. Marder.** Epidemiology of humerus fractures in the United States: Nationwide emergency department sample, 2008. – In: *Arthritis Care Res.* 64, 2012, pp. 407 – 414.
  187. **Kloub, M.** et al. Intramedullary nailing of displaced four-part fractures of the proximal humerus. – In: *Injury* 50, 2019, pp. 1978 – 1985.
  188. **Kloub, M., K. Holub, S. Polakova.** Nailing of three- and four-part fractures of the humeral head – Long-term results. – In: *Injury* 45, 2014, pp. S29 – S37.
  189. **Knierzinger, D., U. Crepaz, E. Clemens, H. Franz.** Does cement augmentation of the screws in angular stable plating for proximal humerus fractures influence the radiological outcome: a retrospective assessment. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 140, 2020, pp. 1413 – 1421.
  190. **Kocialkowski, A., W. A. Wallace.** Closed percutaneous K-wire stabilization for displaced fractures of the surgical neck of the humerus. – In: *Injury* 21, 1990, pp. 209 – 212.
  191. **Konstantinidis, L.** et al. When is the stability of a fracture fixation limited by osteoporotic bone? – In: *Injury* 47, 2016, pp. S27 – S32.
  192. **Koukakis, A., C. D. Apostolou, T. Taneja, D. S. Korres, A. Amini.** Fixation of proximal humerus fractures using the PHILOS plate: Early experience. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 442, 2006, pp. 115 – 120.
  193. **Koval, K. J.** et al. Functional Outcome after Minimally Displaced Fractures of the Proximal Part of the Humerus. – In: *J. Bone Joint Surg.* 79, 1997, pp. 203 – 207.
  194. **Kralinger, F., S. Unger, M. Wambacher, V. Smekal, W. Schmoelz.** The medial periosteal hinge, a key structure in fractures of the proximal humerus: A biomechanical cadaver study of its mechanical properties. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 91, 2009, pp. 973 – 976.
  195. **Kralinger, F.** et al. The Influence of Local Bone Density on the Outcome of One Hundred and Fifty Proximal Humeral Fractures Treated with a Locking Plate. – In: *J. Bone Jt. Surgery-American Vol.* 96, 2014, pp. 1026 – 1032.
  196. **Krappinger, D., N. Bizzotto, S. Riedman, C. Kammerlander, C. Hengg.** Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. – In: *Injury* 42, 2011, pp. 1283 – 1288.
  197. **Krappinger, D., T. Roth, M. Gschwentner, A. Suckert, M. Blauth.** Preoperative assessment of the cancellous bone mineral density of the proximal humerus using CT data. – In: *Skeletal radiology.* 41, 2012, pp. 299 – 304.
  198. **Kristiansen, B., S. W. Christensen.** Plate fixation of proximal humeral fractures. – In: *Acta Orthop.* 57, 1986, pp. 320 – 323.
  199. **Kruithof, R. N., H. A. Formijne, J. Denise.** Functional and quality of life outcome after non-operatively managed proximal humeral fractures. – In: *J. Orthop. Traumatol.* 18, 2017, pp. 423 – 430.
  200. **Kwon, B. K., D. J. Goertzen, P. J. O. Brien, H. M. Broekhuysse, T. R. Oxland.** Biomechanical evaluation of proximal humeral fracture fixation supplemented with calcium phosphate cement. – In: *J. Bone Jt. Surg. Am.* 84, 2002, pp. 951 – 961.
  201. **Labriola, J. E., T. Q. Lee, R. E. Debski, P. J. McMahon.** Stability and instability of the glenohumeral joint: The role of shoulder muscles. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 14,

- 2005, pp. 32S – 38S.
202. **Laing**, P. G. The arterial supply of the adult humerus. – In: *J. Bone Joint Surg. Am.* 38-A, 1956, pp. 1105 – 1116.
  203. **Launonen**, A. P. et al. Epidemiology of proximal humerus fractures. – In: *Arch. Osteoporos.* 10, 2015, pp. 1 – 5.
  204. **Launonen**, A. P. et al. Operative versus non-operative treatment for 2-part proximal humerus fracture: A multicenter randomized controlled trial. – In: *PLoS Med.* 16, 2019, pp. 1 – 14.
  205. **Laux**, C. J., **F. Grubhofer**, C. M. L. **Werner**, H.-P. **Simmen**, G. **Osterhoff**. Current concepts in locking plate fixation of proximal humerus fractures. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 12, 2017, pp. 1– 9.
  206. **Lawrence**, W. S. New position in radiographing the shoulder joint. – In: *Am. J. Roentgenol.* 2, 2015, pp. 728 – 730.
  207. **Lazarus**, M. D., **J. A. Sidles**, D. T. **Harryman**, F. A. **Matsen**. Effect of a chondral-labral defect on glenoid concavity and glenohumeral stability: A cadaveric model. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 78, 1996, pp. 94 – 102.
  208. **Lee**, C. W., **S. J. Shin**. Prognostic factors for unstable proximal humeral fractures treated with locking-plate fixation. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 18, 2009, pp. 83 – 88.
  209. **Lee**, S. H., **S. S. Han**, **B. M. Yoo**, **J. W. Kim**. Outcomes of locking plate fixation with fibular allograft augmentation for proximal humeral fractures in osteoporotic patients. Comparison with locking plate fixation alone. – In: *Bone Jt. J.* 101, 2019, pp. 260 – 265.
  210. **Lee**, S. B., **K. J. Kim**, **S. W. O’Driscoll**, **B. F. Morrey**, **K. N. An**. Dynamic glenohumeral stability provided by the rotator cuff muscles in the mid-range and end-range of motion: A study in cadavera. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 82, 2000, pp. 849 – 857.
  211. **Lee**, S. H., **P. Dargent-Molina**, **G. Bréart**. Risk factors for fractures of the proximal humerus: Results from the EPIDOS prospective study. – In: *J. Bone Miner. Res.* 17, 2002, pp. 817 – 825.
  212. **Lefevre-Colau**, M. M., **A. Babinet** et al. Immediate mobilization compared with conventional immobilization for the impacted nonoperatively treated proximal humeral fracture. A randomized controlled trial. – In: *J. Bone Jt. Surg. Am.* 89, 2007, pp. 2582 – 2590.
  213. **Lescheid**, J. et al. The Biomechanics of Locked Plating for Repairing Proximal. – In: *J. Trauma* 69, 2010, pp. 1235 – 1242.
  214. **Levick**, J. R. Joint pressure-volume studies: their importance, design and interpretation. – In: *J. Rheumatol.* 10, 1883, pp. 353 – 357.
  215. **Li**, M. et al. Intramedullary nail versus locking plate for treatment of proximal humeral fractures: A meta-analysis based on 1384 individuals. – In: *J. Int. Med. Res.* 46, 2018, pp. 4363 – 4376.
  216. **Liew**, A. S. L., **J. A. Johnson**, **S. D. Patterson**, **G. J. W. King**, **D. G. Chess**. Effect of screw placement on fixation in the humeral head. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 9, 2000, pp. 423 – 426.
  217. **Lill**, H. et al. Proximal humeral fractures: How stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 123, 2003, pp. 74 – 81.
  218. **Lin**, S. et al. Medial Calcar Support and Radiographic Outcomes of Plate Fixation for Proximal Humeral Fractures. – In: *BioMed research international*, 2015, 170283.
  219. **Lind**, T., **K. Krøner**, **J. Jensen**. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 108, 1989, pp. 285 – 287.



220. **Long De, W. G.** et al. Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery: A critical analysis. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 89, 2007, pp. 649 – 658.
221. **Lopiz, Y., B. Alcobía-Díaz, M. Galán-Olleros, C. García-Fernández.** Reverse shoulder arthroplasty versus nonoperative treatment for 3- or 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: a prospective randomized controlled trial. – In: *J. Shoulder Elbow Surg.* 28, 2019, pp. 2259 – 2271.
222. **Lopiz, Y., D. Garríguez-Pérez, M. Martínez-Illán, C. García-Fernández, F. Marco.** Third-generation intramedullary nailing for displaced proximal humeral fractures in the elderly: quality of life, clinical results, and complications. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 2020, pp. 1 – 12.
223. **Lucas, D. B.** Biomechanics of the shoulder joint. – In: *Arch Surg.* 107, 1973, pp. 425 – 432.
224. **Majed, A.** et al. The biomechanics of proximal humeral fractures: Injury mechanism and cortical morphology. – In: *Shoulder & Elbow* 11, 2019, pp. 247 – 255.
225. **Maluta, T.** et al. External fixation for proximal humerus fractures neer type 3 and 4: Results of 17 cases. – In: *Acta Biomed.* 91, 2020, pp. 1 – 8.
226. **Mason, B. J., R. Kier, D. F. Bindleglass.** Occult fractures of the greater tuberosity of the humerus: Radiographic and MR imaging findings. – In: *Am. J. Roentgenol.* 172, 1999, pp. 469 – 473.
227. **Mast, J., R. Jakob, R. Ganz.** Planning and reduction technique in fracture surgery. Springer Sci. Bus. Media, 1988.
228. **Matassi, F.** et al. Locking plate and fibular allograft augmentation in unstable fractures of proximal humerus. – In: *Injury* 43, 2012, pp. 1939 – 1942.
229. **Mathison, C.** et al. Biomechanical analysis of proximal humeral fixation using locking plate fixation with an intramedullary fibular allograft. – In: *Clin. Biomech.* 25, 2010, pp. 642 – 646.
230. **Mayou, B. J., D. Whitby, B. M. Jones.** The scapular flap-an anatomical and clinical study. – In: *Br. J. Plast. Surg.* 35, 1982, pp. 8 – 13.
231. **Mazzucchelli, R. A.** et al. The influence of local bone quality on fracture pattern in proximal humerus fractures. – In: *Injury* 49, 2018, pp. 359 – 363.
232. **McDonald, E., D. Kwiat, U. Kandemir.** Geometry of Proximal Humerus Locking Plates. – In: *J. Orthop. Trauma* 29, 2015, pp. e425 – e430.
233. **McMillan, T. E., A. J. Johnstone.** Primary screw perforation or subsequent screw cut-out following proximal humerus fracture fixation using locking plates: a review of causative factors and proposed solutions. – In: *Int. Orthop.* 42, 2018, pp. 1935 – 1942.
234. **Merchant, N., T. Scalea, D. Stein.** Can CT angiography replace conventional bi-planar angiography in the management of severe scapulothoracic dissociation injuries? – In: *Am. Surg.* 78, 2012, pp. 875 – 882.
235. **Meselhy, M. A., M. S. Singer.** Management of proximal humeral fractures by the Ilizarov external fixator. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 137, 2017, pp. 1279 – 1284.
236. **Mirzaali, M. J., J. J. Schwiedrzik, S. Thaiwichai, J. P. Best.** Mechanical properties of cortical bone and their relationships with age, gender, composition and microindentation properties in the elderly. – In: *Bone* 93, 2016, pp. 2015 – 2016.
237. **Miyamura, S., J. Lans, K. S. Min, G. R. Waryasz, T. Murase.** Bone resorption of the greater tuberosity after open reduction and internal fixation of complex proximal humeral fractures: fragment characteristics and intraoperative risk factors. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 30, 2021, pp. 1626 – 1635.
238. **Moda, S. K.** et al. Open reduction and fixation of proximal humeral fractures and fracture-dislocations. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 72, 1990, pp. 1050 – 1052.
239. **Moonot, P., N. Ashwood, M. Hamlet.** Early results for treatment of three- and four-

- part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Br. Vol.* 89-B, 2007, pp. 1206 – 1209.
240. **Morag, Y., D. A. Jamadar, B. Miller, Q. Dong, J. A. Jacobson.** The subscapularis: Anatomy, injury, and imaging. – In: *Skeletal Radiol.* 40, 2011, pp. 255 – 269.
241. **Müller, M. E., S. M. Perren, M. Allgöwer, R. Schneider, H. Willenegger.** Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF group. Springer Sci. Bus. Media, 1991.
242. **Nandi, S. K. et al.** Orthopaedic applications of bone graft & graft substitutes: A review. – In: *Indian J. Med. Res.* 132, 2010, pp. 15 – 30.
243. **Neer, C. S.** Impingement Lesions. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 173, 1983, pp. 70 – 77.
244. **Neer, C. S.** Displaced Proximal Humeral Fractures. – In: *J. Bone Jt. Surg.* 52, 1970, pp. 1090 – 1103.
245. **Neer, C. S.** Four-segment classification of proximal humeral fractures: Purpose and reliable use. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 11, 2002, pp. 389 – 400.
246. **Neviasser, A. S., C. M. Hettrich, O. Paul, E. A. Borsting, D. G. Lorich.** The anterolateral approach to the proximal humerus for nonunions and delayed unions. – In: *International journal of shoulder surgery* 5, 2011, pp. 21-25.
247. **Neviasser, A. S., C. M. Hettrich, B. S. Beamer, J. S. Dines, D. G. Lorich.** Endosteal Strut Augment Reduces Complications Associated With Proximal Humeral Locking Plates. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 469, 2011, pp. 3300 – 3306.
248. **Nobuhara, K., H. Ikeda.** Rotator interval lesion. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 223, 1987, pp. 44 – 50.
249. **Nordqvist, A., C. J. Petersson.** Incidence and causes of shoulder girdle injuries in an urban population. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 4, 1995, pp. 107 – 112.
250. **Nowak, L. L. et al.** A concept analysis and overview of outcome measures used for evaluating patients with proximal humerus fractures. – In: *Disabil. Rehabil.* 43, 2021, pp. 1450 – 1462.
251. **O'Brien, S. J. et al.** The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. – In: *Am. J. Sports Med.* 18, 1990, pp. 449 – 456.
252. **O'Brien, S. J., R. S. Schwartz, R. F. Warren, P. A. Torzilli.** Capsular restraints to anterior-posterior motion of the abducted shoulder: A biomechanical study. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 4, 1995, pp. 298 – 308.
253. **Ockert, B. et al.** Monoaxial versus polyaxial screw insertion in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures: Radiographic analysis of a prospective randomized study. – In: *J. Trauma – Inj. Infect. Crit. Care* 69, 2010, pp. 1545 – 1551.
254. **Ohl, X.** Analysis of four-fragment fractures of the proximal humerus: the interest of 2D and 3D imagery and inter- and intra-observer reproducibility. – In: *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 27, 2017, pp. 295 – 299.
255. **Osterhoff, G. et al.** Medial support by fibula bone graft in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures: An in vitro study with synthetic bone. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 20, 2011, pp. 740 – 746.
256. **Osterhoff, G., E. F. Morgan, S. J. Shefelbine, L. Karim, L. M. McNamara.** Bone mechanical properties and changes with osteoporosis. – In: *Injury* 47, 2016, pp. s11 – s20.
257. **Osterhoff, G., A. Hoch, G. A. Wanner, H.-P. Simmen, C. M. L. Werner.** Calcar comminution as prognostic factor of clinical outcome after locking plate fixation of proximal humeral fractures. – In: *Injury* 43, 2012, pp. 1651 – 1656.
258. **Osterhoff, G., C. Ossendorf, G. A. Wanner, H.-P. Simmen, C. M. Werner.** The calcar screw in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures – a case

- study. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 6, 2011, pp. 1 – 6.
259. **Osterhoff, G., G. Diederichs, A. Tami, J. Theopold, C. Josten.** Influence of trabecular microstructure and cortical index on the complexity of proximal humeral fractures. – In: *Archives of orthopaedic and trauma surgery.* 132, 2012, p. 509 – 515.
  260. **Ovesen, J., S. Nielsen.** Anterior and posterior shoulder instability: A cadaver study. – In: *Acta Orthop.* 57, 1986, pp. 324 – 327.
  261. **Owsley, K. C., J. T. Gorczyca.** Displacement/Screw Cutout After Open Reduction and Locked Plate Fixation of Humeral Fractures. – In: *J. Bone Jt. Surgery-American Vol.* 90, 2008, pp. 233 – 240.
  262. **Paavolainen, P., J. M. Björkenheim, P. Slätis, P. Paukku.** Operative treatment of severe proximal humeral fractures. – In: *Acta Orthop.* 54, 1983, pp. 374 – 379.
  263. **Padegimas, E. M. et al.** Defining optimal calcar screw positioning in proximal humerus fracture fixation. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 26, 2017, pp. 1931 – 1937.
  264. **Palvanen, M. et al.** The injury mechanisms of osteoporotic upper extremity fractures among older adults: A controlled study of 287 consecutive patients and their 108 controls. – In: *Osteoporos. Int.* 11, 2000, pp. 822 – 831.
  265. **Palvanen, M., P. Kannus, S. Niemi, J. Parkkari.** Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 442, 2006, pp. 87 – 92.
  266. **Panchal, K. et al.** Clinical and radiological outcomes of unstable proximal humeral fractures treated with a locking plate and fibular strut allograft. – In: *International orthopaedics* 40, 2015, pp. 569 – 577.
  267. **Passaretti, D., V. Candela, P. Sessa, S. Gumina.** Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 26, 2017, pp. 2117 – 2124.
  268. **Patel, S., H. B. Colaco, M. E. Elvey, M. H. Lee.** Post-traumatic osteonecrosis of the proximal humerus. – In: *Injury* 46, 2015, pp. 1878 – 1884.
  269. **Pearl, M. L., A. G. Volk.** Coronal plane geometry of the proximal humerus relevant to prosthetic arthroplasty. – In: *J. Shoulder Elbow Surg.* 5, 1996, pp. 320 – 326.
  270. **Peng, P. D. et al.** CT angiography effectively evaluates extremity vascular trauma. – In: *Am. Surg.* 74, 2008, pp. 103 – 107.
  271. **Perren, S. M.** Evolution of the internal fixation of long bone fractures. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. B* 84, 2002, pp. 1093 – 1110.
  272. **Ponce, B. A. et al.** The Role of Medial Comminution and Calcar Fractures Treated with Locking Plates. – In: *J. Bone Jt. Surg.* 113, 2013, pp. 1 – 7.
  273. **Ponce, B. A., J. F. Williams, S. A. Watson.** Adoption of Intramedullary Nail Fixation for Proximal Humerus Fractures: Assessment of Surgical Efficiency and Complications. – In: *Journal of surgical orthopaedic advances.* 28, 2019, pp. 121 – 126.
  274. **Popescu, D. et al.** Internal fixation of proximal humerus fractures using the T2-proximal humeral nail. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 129, 2009, pp. 1239 – 1244.
  275. **Poppen, N. K., P. S. Walker.** Normal and abnormal motion of the shoulder. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 58, 1976, pp. 195 – 201.
  276. **Praagman, M., M. Stokdijk, H. E. J. Veeger, B. Visser.** Predicting mechanical load of the glenohumeral joint, using net joint moments. – In: *Clin. Biomech.* 15, 2000, pp. 315 – 321.
  277. **Procaccini, R., P. Luciani, F. Pettinari.** Angular stable plate versus reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures in elderly patient. – In: *Musculoskeletal surgery,* 2020, pp. 1 – 6.
  278. **R.Leyshon, L.** Closed treatment of fractures of the proximal humerus. – In: *Acta Orthop. Scand.* 55, 1984, pp. 48 – 51.

279. **Rabi, S.** et al. Operative vs non-operative management of displaced proximal humeral fractures in the elderly: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. – In: *World journal of orthopedics* 6, 2015, pp. 838 – 846.
280. **Rajasekhar, C., P. S. Ray, M. S. Bhamra.** Fixation of proximal humeral fractures with the Polarus nail. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 10, 2001, pp. 7 – 10.
281. **Ramappa, A. J.** et al. Using computed tomography to assess proximal humerus fractures. – In: *Am. J. Orthop. (Belle Mead. NJ)* 43, 2014, pp. 43 – 47.
282. **Reid, C. D., G. I. Taylor.** The vascular territory of the acromiothoracic axis. – In: *Br. J. Plast. Surg.* 37, 1984, pp. 194 – 212.
283. **Reinus, W. R., S. F. Hatem.** Fractures of the greater tuberosity presenting as rotator cuff abnormality: Magnetic resonance demonstration. – In: *J. Trauma – Inj. Infect. Crit. Care* 44, 1998, pp. 670 – 675.
284. **Resch, H., E. Beck, I. Bayley.** Reconstruction of the valgus-impacted humeral head fracture. – In: *J. Shoulder Elbow Surg.* 4, 1995, pp. 73 – 80.
285. **Resch, H.** et al. Classification of proximal humeral fractures based on a pathomorphologic analysis. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 25, 2016, pp. 455 – 462.
286. **Resch, H., C. Hübner, R. Schwaiger.** Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. – In: *Injury* 32, 2001, pp. 25 – 32.
287. **Resch, H., P. Povacz.** Percutaneous Fixation Of Three- and Four-Part Fractures of The Proximal Humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. Br.* 79, 1997, pp. 295 – 300.
288. **Ricchetti, E. T., W. J. Warrender, J. A. Abboud.** Use of locking plates in the treatment of proximal humerus fractures. – In: *YMSE* 19, 2010, pp. 66 – 75.
289. **Richard, G. J.** et al. Outcome measures reported for the management of proximal humeral fractures: a systematic review. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 29, 2020, pp. 2175 – 2184.
290. **Ring, D.** Current concepts in plate and screw fixation of osteoporotic proximal humerus fractures. – In: *Injury* 38, 2007, pp. 59 – 68.
291. **Roberts, T. T., A. J. Rosenbaum.** Bone grafts, bone substitutes and orthobiologics the bridge between basic science and clinical advancements in fracture healing. – In: *Organogenesis* 8, 2012, pp. 114 – 124.
292. **Robinson, C. M., R. S. Page.** Severely impacted valgus proximal humeral fractures results of operative treatment. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 85, 2003, pp. 1647 – 1655.
293. **Rockwood, C. A., M. A. Wirth, E. V. Fehring.** Rockwood and Matsen's. The Shoulder. Elsevier Heal. Sci., 2016, pp. 35 – 75.
294. **Röderer, G.** et al. Biomechanical in vitro assessment of screw augmentation in locked plating of proximal humerus fractures. – In: *Injury* 44, 2013, pp. 1327 – 1332.
295. **Rose, S. H., L. J. Melton, B. F. Morrey, D. M. Ilstrup, B. L. Riggs.** Epidemiologic features of humeral fractures. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* No. 168, 1982, pp. 24 – 30.
296. **Rouleau, D. M.** et al. Delto-Pectoral vs Deltoid split approach for proximal Humerus fracture fixation with locking plate. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 29, 2020, pp. 2190 – 2199
297. **Rowles, D. J., J. E. McGrory.** Percutaneous pinning of the proximal part of the humerus: An anatomic study. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 83, 2001, pp. 1695-1699.
298. **Rowles, D. J., A. M. Barcia. C. R. Bottoni.** Glenoid bare area: arthroscopic characterization and its implications on measurement of bone loss. – In: *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery* 29, 2013, pp. 1671-1675.
299. **Rüden, C. von, P. Augat.** Failure of fracture fixation in osteoporotic bone. – In: *Injury*



- 47, 2016, pp. S3 – S10.
300. **Russo, R.** et al. A new classification of impacted proximal humerus fractures based on the morpho-volumetric evaluation of humeral head bone loss with a 3D model. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 29, 2020, pp. e374 – e385.
  301. **Russo, R., F. Cautiero, G. Della Rotonda.** The classification of complex 4-part humeral fractures revisited: The missing fifth fragment and indications for surgery. – In: *Musculoskelet. Surg.* 96, 2012, pp. 2 – 8.
  302. **Russo, R., A. Guastafierro, L. R. Pietroluongo.** A morphovolumetric study of head malposition in proximal humeral fractures based on 3-dimensional computed tomography scans: the control volume theory. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 27, 2018, pp. 940 – 949.
  303. **Rutten, M. J. C. M., G. J. Jager, M. C. de Waal Malefijt, J. G. Blickman.** Double line sign: A helpful sonographic sign to detect occult fractures of the proximal humerus. – In: *Eur. Radiol.* 17, 2007, pp. 762 – 767.
  304. **Sabharwal, S. N. K. Patel, T. Athanasiou, P. Reilly.** Trials based on specific fracture configuration and surgical procedures likely to be more relevant for decision making in the management of fractures of the proximal humerus. – In: *Bone Jt. Res.* 5, 2016, pp. 470 – 480.
  305. **Saha, A. K.** Dynamic stability of the glenohumeral joint. – In: *Acta Orthop.* 42, 1971, pp. 491 – 505.
  306. **Saupe, N.** et al. Acute traumatic posterior shoulder dislocation: MR findings. – In: *Radiology* 248, 2008, pp. 185 – 193.
  307. **Savoie, F. H., W. B. Geissler, R. A. V. Griend.** Open reduction and internal fixation of three-part fractures of the proximal humerus. – In: *Orthopedics* 12, 1989, pp. 65 – 70.
  308. **Schliemann, B.** et al. Treatment of proximal humerus fractures with a CFR-PEEK plate: 2-year results of a prospective study and comparison to fixation with a conventional locking plate. – In: *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 24, 2015, pp. 1282 – 1288.
  309. **Schliemann, B.** et al. PEEK versus titanium locking plates for proximal humerus fracture fixation: a comparative biomechanical study in two- and three-part fractures. – In: *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 137, 2016, pp. 63 – 71.
  310. **Schliemann, B.** et al. Screw augmentation reduces motion at the bone-implant interface: A biomechanical study of locking plate fixation of proximal humeral fractures. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 24, 2015, pp. 1968 – 1973.
  311. **Schliemann, B.** et al. How to enhance the stability of locking plate fixation of proximal humerus fractures? An overview of current biomechanical and clinical data. – In: *Injury* 46, 2015, pp. 1207 – 1214.
  312. **Schnetzke, M.** et al. Quality of reduction influences outcome after locked-plate fixation of proximal humeral type-C fractures. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Am. Vol.* 98, 2016, pp. 1777 – 1785.
  313. **Schnetzke, M.** et al. Rate of avascular necrosis after fracture dislocations of the proximal humerus: Timing of surgery. – In: *Obere Extrem.* 13, 2018, pp. 273 – 278.
  314. **Sehr, J. R., R. M. Szabo.** Semitubular blade plate for fixation in the proximal humerus. – In: *J. Orthop. Trauma* 2, 1988, pp. 327 – 332.
  315. **Sergent, A.** et al. Quantitative localization of the entry point of the lateral ascending branch of the anterior circumflex humeral artery: a high definition CT-scan radiological study. – In: *Surg. Radiol. Anat.* 42, 2020, pp. 233 – 237.
  316. **Shabtai, L.** et al. Incidence and Severity of Infections After Closed Reduction and External Fixation of Proximal Humeral Fractures. – In: *J. Orthop. Trauma* 27, 2013,

- pp. e81 – e86.
317. **Shi, X.** et al. Effect of intramedullary nail and locking plate in the treatment of proximal humerus fracture: an update systematic review and meta-analysis. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 30, 2019, p. 285.
  318. **Shukla, D. R.** et al. The results of tension band rotator cuff suture fixation of locked plating of displaced proximal humerus fractures. – In: *Injury* 48, 2017, pp. 474 – 480.
  319. **Sidor, M. L., J. D. Zuckerman, T. Lyon, K. Koval, N. Schoenberg.** Classification of proximal humerus fractures: The contribution of the scapular lateral and axillary radiographs. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 3, 1994, pp. 24 – 27.
  320. **Sidor, M. L.** et al. The Neer Classification System for Proximal Humeral Fractures. – In: *J. Bone Jt. Surg.* 75, 1993, pp. 1745 – 1750.
  321. **Sobel, A. D., K. N. Shah, E. S. Paxton.** Fixation of a Proximal Humerus Fracture With an Intramedullary Nail. – In: *J. Orthop. Trauma* 31, 2017, pp. S47 – S49.
  322. **Sohn, H., Y. Sang, J. Lee, S. Shin.** Clinical comparison between open plating and minimally invasive plate osteosynthesis for displaced proximal humeral fractures: A prospective randomized controlled trial. – In: *Injury* 48, 2017, pp. 1175 – 1182.
  323. **Sohn, H. S., J. K. Oh.** Review of bone graft and bone substitutes with an emphasis on fracture surgeries. – In: *Biomater. Res.* 23, 2019, pp. 4 – 10.
  324. **Solberg, B. D., C. N. Moon, D. P. Franco, G. D. Paiement.** Surgical treatment of Three and Four-Part Proximal Humeral Fractures. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 91, 2009, pp. 1689 – 1697.
  325. **Solberg, B. D., C. N. Moon, D. P. Franco, G. D. Paiement.** Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: the effect of initial fracture pattern on outcome. – In: *Journal of orthopaedic trauma* 23, 2009, pp. 113 – 119.
  326. **Somasundaram, K., C. P. Huber, V. Babu, H. Zadeh.** Proximal humeral fractures : The role of calcium sulphate augmentation and extended deltoid splitting approach in internal fixation using locking plates. – In: *Injury* 44, 2013, pp. 481 – 487.
  327. **Speck, M., F. J. Lang, P. Regazzoni.** Proximal humeral multiple fragment fractures – failures after T-plate osteosynthesis. – In: *Swiss Surg.* 2, 1996, pp. 51 – 56.
  328. **Sprecher, C. M.** et al. Histomorphometric assessment of cancellous and cortical bone material distribution in the proximal humerus of normal and osteoporotic individuals: Significantly reduced bone stock in the metaphyseal and subcapital regions of osteoporotic individuals. – In: *Med. (United States)* 94, 2015, pp. 1 – 7.
  329. **Spross, C.** et al. Deltoid Tuberosity Index: A Simple Radiographic Tool to Assess Local Bone Quality in Proximal Humerus Fractures. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 473, 2015, pp. 3038 – 3045.
  330. **Spross, C.** et al. How many radiographs are needed to detect angular stable head screw cut outs of the proximal humerus – A cadaver study. – In: *Injury* 45, 2014, pp. 1557 – 1563.
  331. **Spross, C., R. Zeledon, V. Zdravkovic, B. Jost.** How bone quality may influence intraoperative and early postoperative problems after angular stable open reduction–internal fixation of proximal humeral fractures. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 26, 2017, pp. 1566 – 1572.
  332. **Sproul, R. C., J. I. Iyengar, Z. Devcic, B. T. Feeley.** A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. – In: *Injury* 42, 2011, pp. 408 – 413.
  333. **Stern, L., M. T. Gorczyca, J. T. Gorczyca.** Preoperative measurement of the thickness of the center of the humeral head predicts screw cutout after locked plating of proximal humeral fractures. – In: *Journal of shoulder and elbow surgery* 30, 2021, pp. 80 – 88.
  334. **Steindler, A.** Kinesiology of the Human Body under Normal and Pathological Conditions. – In: *JBSJ* 37(6), 1955, p. 1325.

335. **Stevenson, S.** Enhancement of fracture healing with autogenous and allogeneic bone grafts. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 355, 1998, pp. S239 – S246.
336. **Stevenson, S., S. E. Emery, V. M. Goldberg.** Factors affecting bone graft incorporation. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 324, 1996, pp. 66 – 74.
337. **Strauss, E. J., C. Roche, P. H. Flurin, T. Wright, J. D. Zuckerman.** The glenoid in shoulder arthroplasty. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 18, 2009, pp. 819 – 833.
338. **Südkamp, N.** et al. Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humeral Fractures with Use of the Locking Proximal Humerus Plate. – In: *J. Bone Jt. Surgery – American Vol.* 91, 2009, pp. 1320 – 1328.
339. **Sun, Q.** et al. Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. – In: *International Orthopaedics* 42, 2017, pp. 641 – 650.
340. **Szyszkowitz, R., W. Seggl, P. Schleifer, P. J. Cundy.** Proximal humeral fractures: Management techniques and expected results. – In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* 292, 1993, pp. 13 – 25.
341. **Wright, T. W., G. J. Miller, R. A. Vander Griend, D. Wheeler, P. C. Dell.** Reconstruction of the humerus with an intramedullary fibular graft. A clinical and biomechanical study. – In: *J Bone Jt. Surg Br.* 75, 1993, pp. 804 – 807.
342. **Tan, E., D. Lie, M. K. Wong.** Early Outcomes of Proximal Humerus Fracture Fixation With Locking Plate and Intramedullary Fibular Strut Graft. – In: *Orthopedics* 37, 2014, pp. e822 – e827.
343. **Taylor, G. I., J. H. Palmer.** The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. – In: *Br. J. Plast. Surg.* 40, 1987, pp. 113 – 141.
344. **Taylor, P., F. Mao, D. Zhang, X. Peng, Y. Liao.** Comparison of Surgical versus Non-Surgical Treatment of Displaced 3- and 4-Part Fractures of the Proximal Humerus: A Meta-Analysis. – In: *J. Investig. Surg.* 28, 2015, pp. 215 – 224.
345. **Tejwani, N. C.** et al. Functional outcome following one-part proximal humeral fractures: A prospective study. – In: *Journal of shoulder and elbow surgery*, 2008, pp. 216 – 219.
346. **Thaker, J., A. Mariadoss, K. Krishnanunni.** The outcome of proximal humeral locking plates in the management of three and four part proximal humeral fractures in special cohort of young patients in high velocity trauma. – In: *The archives of bone and joint surgery* 7, 2019, pp. 38 – 45.
347. **Thanasas, C., G. Kontakis, A. Angoules, D. Limb, P. Giannoudis.** Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: A systematic review. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 18, 2009, pp. 837 – 844.
348. **Theopold, J., K. Weihs, B. Marquaß, C. Josten, P. Hepp.** Detection of primary screw perforation in locking plate osteosynthesis of proximal humerus fracture by intra-operative 3D fluoroscopy. – In: *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 137, 2017, pp. 1491 – 1498.
349. **Thompson, W. O.** et al. A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. – In: *Am. J. Sports Med.* 24, 1996, pp. 286 – 292.
350. **Thorsness, R., J. Iannuzzi, K. Noyes, S. Kates, I. Voloshin.** Open reduction and internal fixation versus hemiarthroplasty in the management of proximal humerus fractures. – In: *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* 5, 2014, pp. 2 – 3.
351. **Tillett, E., M. Smith, M. Fulcher, J. Shanklin.** Anatomic determination of humeral head retroversion: The relationship of the central axis of the humeral head to the bicipital groove. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 2, 1993, pp. 255 – 256.
352. **Todorov, D., I. Zderic, R. G. Richards, M. Lenz, M. Knoke.** Is augmented LISS



- plating biomechanically advantageous over conventional LISS plating in unstable osteoporotic distal femoral fractures? – In: *J. Orthop. Res.*, 2018, pp. 1 – 2.
353. **Treacy, S. H., F. H. Savoie, L. D. Field.** Arthroscopic treatment of multidirectional instability. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 8, 1999, pp. 345 – 350.
354. **Tubbs, R. S.** et al. Anatomy and quantitation of the subscapular nerves. – In: *Clin. Anat.* 20, 2007, pp. 656 – 659.
355. **Unger, S., S. Erhart, F. Kralinger, M. Blauth, W. Schmoelz.** The effect of in situ augmentation on implant anchorage in proximal humeral head fractures. – In: *Injury* 43, 2012, pp. 1759 – 1763.
356. **Visser, C. P., L. N. Coene, R. Brand, D. L. Tavy.** Nerve lesions in proximal humeral fractures. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 10, 2001, pp. 421 – 427.
357. **Voigt, C., M. Ewig, R. Vossenhricht, H. Lill.** Value of MRI in preoperative diagnostics of proximal humeral fractures compared to CT and conventional radiography. – In: *Unfallchirurg* 113, 2010, pp. 378 – 385.
358. **Voigt, C.** et al. How does a varus deformity of the humeral head affect elevation forces and shoulder function? A biomechanical study with human shoulder specimens. – In: *J. Orthop. Trauma* 25, 2011, pp. 399 – 405.
359. **Voigt, C., A. Geisler, P. Hepp, A. P. Schulz, H. Lill.** Are Polyaxially Locked Screws Advantageous in the Plate Osteosynthesis of Proximal Humeral Fractures in the Elderly? A Prospective Randomized Clinical Observational Study. – In: *J. Orthop. Trauma* 25, pp. 596 – 602.
360. **Walsh, S.** et al. Biomechanical comparison of a unique locking plate versus a standard plate for internal fixation of proximal humerus fractures in a cadaveric model. – In: *Clin. Biomech.* 21, 2006, pp. 1027 – 1031.
361. **Wang, F.** et al. A novel surgical approach and technique and short-term clinical efficacy for the treatment of proximal humerus fractures with the combined use of medial anatomical locking plate fixation and minimally invasive lateral locking plate fixation. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 16, 2021, pp. 1 – 10.
362. **Wang, G.** et al. Meta-analysis of locking plate versus intramedullary nail for treatment of proximal humeral fractures. – In: *J. Orthop. Surg. Res.* 10, 2015, p. 122.
363. **Wang, G.R., L. Zhao, Y. M. Qi, L. Yang, G. R. Zheng.** Comparison of the Effects of Proximal Humeral Internal Locking System (PHILOS) Alone and PHILOS Combined with Fibular Allograft in the Treatment of Neer Three- or Four-part Proximal Humerus Fractures in the Elderly. – In: *Orthopaedic surgery* 11, 2019, pp. 1003 – 1012.
364. **Wang, Q., N. Sheng, B. Rui, Y. Chen.** The neck–shaft angle is the key factor for the positioning of calcar screw when treating proximal humeral fractures with a locking plate. – In: *Bone Joint J.* 102, 2020, pp. 1629 – 1635.
365. **Wanner, G. A.** et al. Internal fixation of displaced proximal humeral fractures with two one-third tubular plates. – In: *J. Trauma* 54, 2003, pp. 536 – 544.
366. **Warner, J. J. P.** et al. Articular contact patterns of the normal glenohumeral joint. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 7, 1998, pp. 381 – 388.
367. **Warner, J. J. P., M. K. Bowen, X. Deng, P. A. Torzilli, R. F. Warren.** Effect of joint compression on inferior stability of the glenohumeral joint. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 8, 1999, pp. 31 – 36.
368. **Warner, J. J. P., X. H. Deng, R. F. Warren, P. A. Torzilli.** Static capsuloligamentous restraints to superior-inferior translation of the glenohumeral joint. – In: *Am. J. Sports Med.* 20, 1992, pp. 675 – 685.
369. **Warnhoff, M.** et al. Double plating – surgical technique and good clinical results in complex and highly unstable proximal humeral fractures. – In: *Injury* 52, 2021, pp. 2285 – 2291.

370. **Wijgman, A. J., W. Roolker, T. W. Patt, E. L. F. B. Raaymakers, R. K. Marti.** Open reduction and internal fixation of three and four-part fractures of the proximal part of the humerus. – In: *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A* 84, 2002, pp. 1919 – 1925.
371. **Wirth, A. J. et al.** Implant stability is affected by local bone microstructural quality. – In: *Bone* 49, 2011, pp. 473 – 478.
372. **Wong, J., J. M. Newman, K. I. Gruson.** Outcomes of intramedullary nailing for acute proximal humerus fractures: a systematic review. – In: *J. Orthop. Traumatol.* 17, 2016, pp. 113 – 122.
373. **Xie, L., F. Ding, Z. Zhao, Y. Chen, D. Xing.** Operative versus non-operative treatment in complex proximal humeral fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. – In: *Springerplus* 4, 2015, p. 728.
374. **Yang, P. et al.** Biomechanical effect of medial cortical support and medial screw support on locking plate fixation in proximal humeral fractures with a medial gap: a finite element analysis. – In: *Acta Orthop. Traumatol. Turc* 49, 2015, pp. 203 – 209.
375. **Yousefi, A. M.** A review of calcium phosphate cements and acrylic bone cements as injectable materials for bone repair and implant fixation. – In: *J. Appl. Biomater. Funct. Mater.* 17, 2019, p. 2280800019872594.
376. **Zeng, L. Q. et al.** Influence of Medial Support Screws on the Maintenance of Fracture Reduction after Locked Plating of Proximal Humerus Fractures. – In: *Chin. Med. J.* 131, 2018, pp. 1827 – 1834.
377. **Zhang, L. et al.** The clinical benefit of medial support screws in locking plating of proximal humerus fractures: A prospective randomized study. – In: *Int. Orthop.* 35, 2011, pp. 1655 – 1661.
378. **Zhang, W. et al.** The mechanical benefit of medial support screws in locking plating of proximal humerus fractures. – In: *PLoS One* 9, 2014, pp. 3 – 10.
379. **Zhao, W. et al.** Comparison of Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis and Open Reduction Internal Fixation on Proximal Humeral Fracture in Elder Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. – In: *BioMed Research International*, 2017, p. 3431609.
380. **Zhao, Y. et al.** “Suspension bridge” external fixation technique for the treatment of proximal humeral fractures. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 29, 2020, pp. 2326 – 2331.
381. **Zhu, L. et al.** Locking plate fixation combined with iliac crest bone autologous graft for proximal humerus comminuted fracture. – In: *Chin. Med. J.* 127, 2014, pp. 1 – 2.
382. **Zhu, Y., Y. Lu, M. Wang, C. Jiang.** Treatment of proximal humeral fracture with a proximal humeral nail. – In: *J. Shoulder Elb. Surg.* 19, 2010, pp. 297 – 302.
383. **Zxang, X., J. Huang, L. Zhao.** Inferomedial cortical bone contact and fixation with calcar screws on the dynamic and static mechanical stability of proximal humerus fractures. – In: *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 14, 2019, pp. 1 – 8.
384. **Zxang, X., H. Kim, W. Lee, S. Choi, E. Kholinne.** Role of additional inferomedial supporting screws in osteoporotic 3-Part proximal humerus fracture: finite element analysis. – In: *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation* 11, 2020, p. 2151459320956958.
385. **Zyto, K.** Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. – In: *Injury* 29, 1998, pp. 349 – 352.
386. **Ванков, В., В. Овчаров.** Анатомия на човека. Медицинско издателство ‘Арсо’, 2008, с. 75.
387. **Ванков, В., К. Ичев.** Топографска анатомия. Медицинско издателство ‘Арсо’, 2018, с. 12 – 14.
388. **Таков, Е., П. Тивчев.** Фрактурите. София: Венел ООД, 1996, с. 188 – 189.
389. **Technical Data Sheet – Ultimaker PLA.** Available at: <https://s3-eu-west->

1. [amazonaws.com/prod.ultimaker.com/download/materials/Ultimaker- PLA-\(TDS\).pdf](https://www.amazonaws.com/prod.ultimaker.com/download/materials/Ultimaker-PLA-(TDS).pdf). Accessed November 24, 2016.