

МНОГОПРОФИЛНА БОЛНИЦА ЗА АКТИВНО ЛЕЧЕНИЕ – РУСЕ

ОТДЕЛЕНИЕ ПО ОРТОПЕДИЯ И ТРАВМАТОЛОГИЯ

**Д-р Боян Валентинов Христов**

**ЕЛАСТИЧНА ИНТРАМЕДУЛАРНА ОСТЕОСИНТЕЗА  
ПРИ ДИАФИЗАРНИ ФРАКТУРИ НА ПРЕДМИШНИЦАТА  
В ДЕТСКАТА ВЪЗРАСТ**

**ДИСЕРТАЦИЯ**

**за**

**придобиване на образователна и научна степен**

**«ДОКТОР»**

Научен ръководител:

Доц. Д-р Пенчо Косев, д.м.

РУСЕ 2012

# **СЪДЪРЖАНИЕ**

## **I. ВЪВЕДЕНИЕ**

## **II. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР**

1. Хирургична и приложна анатомия.
2. Биомеханика и патоанатомия
3. Епидемиология и механизъм на увредата
4. Клинична и образна диагностика
5. Класификации
6. Основни принципи и проблеми на лечението
7. Лечебни методи.
  - 7.1. Неоперативно лечение
    - 7.1.1. Пластична деформация
    - 7.1.2. Фрактури тип „зелена пръчка”
    - 7.1.3. Пълни фрактури
  - 7.2. Оперативно лечение
    - 7.2.1. Трансфиксационен гипс
    - 7.2.2. Външен фиксатор
    - 7.2.3. Открита репозиция и фиксация с плаки
    - 7.2.4. Еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС)
8. Обобщение на обзора и нерешени проблеми

## **III. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ**

## **IV. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ**

1. Клиничен материал
2. Методи
  - 2.1. Индикации
  - 2.2. Подготовка на пациента, анестезия и позициониране
  - 2.3. Избор и подготовка на имплантите
  - 2.4. Използвани оперативни техники
    - 2.4.1. Ретроградна фиксация на радиуса

- 2.4.1.1. Латерален достъп
- 2.4.1.2. Дорзален достъп
- 2.4.1.3. Репозиция и фиксация
- 2.4.2. Интрамедуларна фиксация на улната
  - 2.4.2.1. Антеградна инсерция
    - 2.4.2.1.1. През апофизата на олекранона
    - 2.4.2.1.2. Задно-латерален метафизарен достъп („анконеус-портал”)
  - 2.4.2.2. Ретроградна инсерция
  - 2.4.2.3. Репозиция и фиксация
- 2.4.3. Финална позиция и затваряне на раните
- 2.4.4. Модификация на стандартната техника при фрактури в дисталната трета на предмишницата
- 2.5. Следоперативен режим и проследяване
- 2.6. Критерии и параметри на проучването
- 2.7. Статистически методи за анализ

## **V. РЕЗУЛТАТИ И УСЛОЖНЕНИЯ**

### **1. Резултати.**

- 1.1. Оперативен регистър
- 1.2. Анатомични и рентгенологични резултати
- 1.3. Функционални резултати
- 1.4. Клинични случаи

### **2. Усложнения.**

### **3. Допълнителни проучвания, свързани с резултатите.**

- 3.1. Сравнителен анализ на резултатите, постигнати при фиксация на едната кост, спрямо тези, при които са фиксирани двете кости на предмишницата.
- 3.2. Сравнение на резултатите при ЕИМОС с открита и затворена репозиция.
- 3.3. Зависимост на резултатите и усложненията от възрастта.
- 3.4. Влияние на учебната крива върху резултатите от ЕИМОС.

### 3.5. Рефрактури на предмишницата – сравнение на три лечебни метода.

## **VI. ОБСЪЖДАНЕ**

1. Съвременни принципи и нови тенденции в лечението на диафизарните фрактури на предмишницата
2. Плаки или интрамедуларна остеосинтеза.
3. Закрита или открита репозиция
4. Фиксация на едната или двете кости
5. Избор на импланти, техники на фиксация и следоперативен режим
6. Рефрактури и ЕИМОС
7. Усложнения и постоперативни проблеми
8. Функционални резултати
9. Терапевтичен алгоритъм за лечение на диафизарни фрактури на предмишницата в детска възраст

## **VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## **VIII. ИЗВОДИ**

## **IX. КНИГОПИС**

## I. ВЪВЕДЕНИЕ

Счупванията на костите на предмишницата са сред най-честите травматични увреди в детската възраст. Поради множеството различия в лечението и прогнозата си, диафизарните фрактури на радиуса и улната са клинично отделна група от фрактурите в дисталния им край.

Основната цел на лечението им е срастване без изразена козметична деформация и напълно възстановена проно-супинация на предмишницата. За разлика от подобните увреди при възрастни, при по-голямата част от децата компетентното и правилно проведено неоперативно лечение обикновено води до добри резултати и си остава „златен стандарт“. Въпреки това, внимателният прочит на съвременната литература показва, че в определени ситуации придържането към консервативната догма „на всяка цена“ нерядко води до незадоволителна функция.

Ограничените възможности за ремоделаж на остатъчните деформации, рискът от траен функционален дефицит, повишените изисквания за икономически ефективно лечение, и родителският натиск за перфектен и бърз резултат са фактори, които все по-често повлияват избора на лечение. В последните години промените в терапевтичната философия отразяват стремежа към първично и дефинитивно лечение на детските фрактури при максимално избягване на повторни манипулации и анестезии. Препоръките на съвременните европейски автори са всички нестабилни или потенциално нестабилни фрактури на предмишницата да бъдат лекувани оперативно, независимо от възрастта на пациента.

Тенденцията към разширяване на съвременните хирургични индикации е свързана до голяма степен с популяризирането и утвърждаването на еластичната интрамедуларна остеосинтеза като техника, изцяло съобразена с биологичните особености на децата и позволяваща минимално инвазивна стабилизация на трудните за консервативно лечение диафизарни фрактури. Многобройните публикувани съобщения се отличават с висок процент отлични резултати и сравнително ниска честота на усложнения. В повечето водещи центрове в Европа тя се е наложила като новия стандарт в лечението на нестабилните диафизарни фрактури на предмишницата.

Наред с това, немалка част от въпросите, свързани с приложението ѝ, остават нерешени и сравнително далеч от стандарта. В съвременната литература липсва достатъчно яснота и конкретност по отношение оптималните индикации за оперативно лечение.

Прилаганите оперативни техники, използваните импланти и следоперативното поведение варират широко между отделните автори. Недостатъчно са изяснени някои спорни моменти, като ефективността и сигурността при стабилизация на едната от двете счупени кости, значението на откритата репозиция и влиянието на възрастта на пациента върху резултатите. Оскъдна е и информацията, свързана с превенцията и лечението на рефрактурите. Липсват ясни препоръки за поведение при гранични индикации или комбинирани увреди. В родната литература отсъстват публикации, отразяващи съвременните тенденции в лечението на нестабилните диафизарни фрактури на предмишницата при децата. Основните биомеханични принципи на еластичната интрамедуларна фиксация, детайлите в оперативната техника и възможните грешки и усложнения са недостатъчно познати у нас. С настоящият труд си поставихме за цел да запълним тази празнина и въз основа на натрупания от нас опит, да осветлим някои от малко проучените и все още спорни моменти в техниката.

## II. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

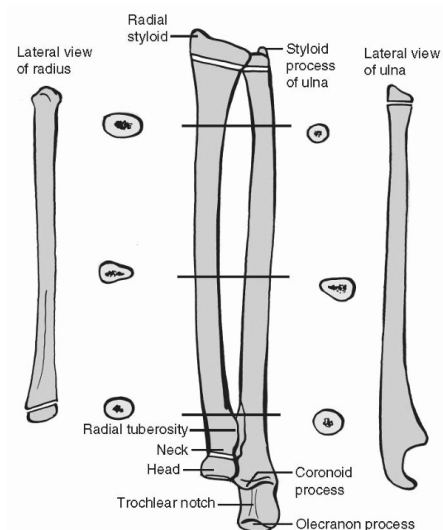
### 1. ХИРУРГИЧНА И ПРИЛОЖНА АНАТОМИЯ

Предмишницата има сложна анатомична структура, състояща се от кости, стави и лигаментарен апарат, мускули, сухожилия и нерви. Координираната функция на всички тези компоненти е отговорна за движенията и позиционирането на ръката в пространството и осигурява уникалната подвижност на горния крайник.

Радиусът и улната се формират от първични осификационни центрове, които се появяват в осмата гестационна седмица. След раждането първа осифицира дисталната епифиза на радиуса – в края на първата година при момчетата и малко по-късно – при момчетата. Епифизите на проксималния радиус и дисталната улна се появяват между 4 и 6-7 годишна възраст. Проксималният осификационен център на улната се визуализира последен, около 9-10 година. Затварянето на физите се извършва на два стадия, като проксималният радиус и улна се затварят на около 15-16 години, а дисталните физи на около 18 годишна възраст. Трябва да се има предвид, че растежните зони при момчетата се затварят с 1 до 2 години по-рано от тези, на момчетата. (148,165,220,221)

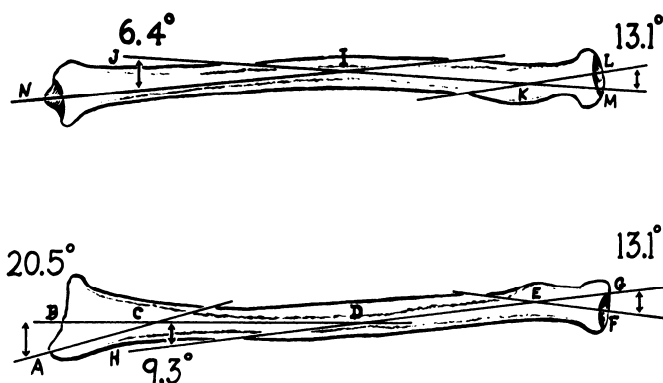
В областта на предмишницата дисталните физи на радиуса и улната са много по-активни от проксималните и допринасят респективно за 75%-80% и 80%-85% от надлъжния растеж на костта и около 40% от общата дължина на горния крайник.

В проксималната си част диафизата на радиуса има цилиндрична форма, която на прехода между проксимална и средна трета се променя в триъгълна. В дисталния преход между диафизарна и мефизарна кост той става по-широк и елипсовидно приплеснат воларно и дорзално. Тази геометрична промяна е свързана с известна структурна слабост на радиуса, която според някои е причина той да се счупва първи при фрактури на двете кости. (245) Освен това мускулната обвивка в проксималната част на предмишницата осигурява по-голяма протекция на подлежащата кост в сравнение с дистално.



**Фиг.1.** Анатомия на радиуса и улната и медуларния им канал.

За да могат ротационните движения на радиуса около улната да се извършват гладко, той притежава две изразени кривини. *Sage (1959)* при изследвания върху кадаври е установил, че проксималната извивка е средно  $13.1^\circ$  с връх медиално и воларно.(205) Дистално от нея, в средната част на радиалната диафиза, е разположена една голяма и плавна кривина с латерален и дорзален конвекситет и ъгъл от  $9.3^\circ$  във фронталната и  $6.4^\circ$  в сагиталната равнина. Поддържането на нормалния контур на тази радиална дъга е една от основните цели на лечението при диафизарни фрактури на предмишницата и е пряко свързана със степента на функционално възстановяване след оперативно и неоперативно лечение.(61,185,208,209)



**Фиг.2.** Схематично представяне на ъглите на проксималната и дисталната кривини на диафизата на радиуса. (*Sage FP. J Bone Joint Surg Am 1959;41-A:1489-1516*)

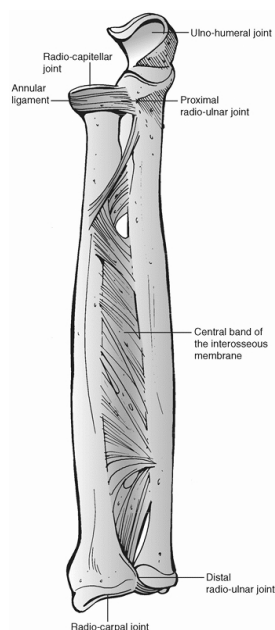
Важни костни ориентир на радиуса са латерално изпъкналия радиален стилоид и предно-медиално разположения туберозитас биципитис, които са ориентирани на малко под 180° един спрямо друг. Поддържането на тези ротационни взаимоотношения е друг основен принцип при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата. Туберкулът на Lister е костна дорзална изпъкналост проксимално от дисталната фiza, която също може да служи като полезен анатомичен и клиничен ориентир. Сухожилието на м.екстензор полицис лонгус преминава непосредствено около него и може да бъде увредено от фрактурни фрагменти или при някои техники на фиксация. Нутрициалната артерия на радиуса навлиза в костта в нейната проксимална половина с ход от предно към улнарно(75) Тя се вижда обикновено само на една от рентгеновите проекции и не трябва да бъде бъркана с фрактурна линия.

В по-голямата си част диафизата на улната също е с триъгълно напречно сечение като в проксималната и дисталната трета формата и преминава в цилиндрично окръглена. Тя има леко изразени кривини в проксималната (радиално и дорзално) и дисталната си (медиално) част, но по принцип е сравнително права в по-голямата част от дължината си. Важни костни ориентир са стилоидния процесус дистално и короноидния израстък проксимално.

Те също са ориентирани почти на 180° един спрямо друг, като стилоидът е разположен дорзално, а короноидът е насочен напред. Проследяването на ротационното алиниране между тях е друга неизменна част от фрактурното лечение, въпреки че те може да са по-трудно забележими при по-малки деца. (148) Задният ръб на улната е подкожно разположен и лесно се палпира по цялата си дължина. Хранещата артерия навлиза в костта в проксималната и половина и е с ход от воларно към предно-радиално. (75)

Радиусът и улната са свързани помежду си чрез три основни пасивно стабилизиращи структури – проксималната радио-улнарна става (ПРУС), дисталната радио-улнарна става (ДРУС) и интересалния мембранозен комплекс.(Фиг.3.) Те изпълняват важни функции по отношение стабилността и преразпределението силите на натоварване. Те позволяват ротация на радиуса диагонално около улната като точката на прекръстосване между двете кости се намира в проксималната част на предмишницата. ПРУС се състои от радиалната глава, която артикулира със съответната ставна фасетка на улната и се стабилизира от циркумферентно разположения ануларен лигамент, ставната капсула на лакътната става, латералния колатерален лигамент, квадратния лигамент и проксималните влакна на интересалната мембрана. Последните две са

максимално опънати при супинация, при което най-широката част на радиалната глава влиза в плътен контакт с инцизурата на улната. Поради това ПРУС е най-стабилна при супинация на предмишницата. Увреда на тези структури може да се наблюдава най-често при Monteggia фрактурите и лакътните луксации. (ST-4)



**Фиг.3.** Пасивни стабилизатори на предмишницата.

В ДРУС главата на улната артикулира с инцизурата на радиуса и се стабилизира основно от триангуларния фиброхрущялен комплекс (TFCC), дорзалния и воларен радио-улнарни лигаменти, капсулата на гривнената става и част от карпалните лигаменти. Увредите на ДРУС могат да са изолирани или да са част от Galeazzi или Galeazzi-еквивалент увреди.

Интеросалната мембрана (ИОМ) обхваща пространството между радио-улнарните стави, свързвайки радиуса и улната.

Нейните влакна се разполагат косо под ъгъл около  $60^\circ$  в посока от проксималния радиус към дисталната улна. Тя се състои от тънка мембранозна част и една значително по-удебелена централна лента (интеросален лигамент), която при скелетно зрелите е с ширина около 3.5 cm. Експерименталните проучвания на Hotchkiss (93) показват, че интеросалния лигамент е важен надлъжен стабилизатор на предмишницата, който осигурява 71% от нейната устойчивост. Биомеханични проучвания показват наличието на трансверзални силови вектори, които отразяват ролята му като напречен стабилизатор при пронация и супинация. (175). Издържливостта му на опън е голяма и сравнима с тази на пателарното сухожилие и предната кръстосана връзка. (176)

Множество експериментални проучвания са установили, че централната лигаментарна част на мембраната е максимално опъната и интересалното пространство е най-широко, когато позицията на предмишницата е от неутрална до 30° супинация и се релаксира при пронация и крайна супинация. (42,68,143,144,160,224) Интересалната мембрана служи и като важна начална точка за някои от мускулите на предмишницата.

Функционалните и целенасочени движения на костно-лигаментарната рамка на предмишницата се осъществяват от три основни мускулни групи (предна, латерална и задна), разположени в две мускулно-фасциални пространства (воларно и дорзално). Те упражняват своето действие върху различни участъци от двете кости и ръката и техните сили предизвикват съответно разместване в случай на фрактура. Основните супинатори на предмишницата (м.бицепс брахии и м.супинатор) се залавят за проксималната част на радиуса. Пронаторите, от своя страна, се залавят за средната (м.пронатор терес) и дисталната част (м.пронатор квадратус). Сложната природа на движенията на горния крайник се илюстрира от факта, че другите мускули също участват в една или друга степен в определени движения като пронацията се подпомага от м.флексор карпи радиалис, супинацията от екстензорите и абдуктора на палеца, а м.брахиорадиалис може да бъде пронатор или супинатор, в зависимост от позицията на предмишницата.

Инervationта на предмишницата се осигурява от н.радиалис, н.улнарис, н.медианус, н.мускулокутанеус и н.кутанеус антебр.медиалис. Техният анатомичен ход и локализацията на разклоненията им трябва да се познават, защото е възможно да бъдат увредени, както от фрактурата, така и от приложеното неоперативно или хирургично лечение.

Оперативните достъпи, които се използват при открита репозиция и фиксация с плаки са класическите достъпи, използвани и при възрастните.

При предния разширен достъп, описан от Непгу, до диафизата на радиуса се достига през интерневралния интервал между м.брахиорадиалис (н.радиалис) и м.пронатор терес (н.медианус) проксимално и м.флексор карпи радиалис (н.медианус) дистално. Заstraшени структури, изискващи протекция, са задният интересален нерв, повърхностният радиален нерв и а.радиалис. Най-често преден достъп се използва при фрактури в средната и дистална трета на радиуса.

Задният достъп на Thompson достига до дорзалната повърхност на радиалната диафиза като използва интервала между м.екст. карпи радиалис бревис и м.екст.дигиторум комунис., инервирани съответно от радиалния нерв и н.интеросеус пост. Основната

структура, налагаща идентификация и протекция е н.интеросеус пост. при излизането му между влакната на м.супинатор. Достъпът се прилага при счупвания в проксималната и средна част на лъчевата кост.

Тъй като улната е разположена подкожно по цялата си дължина, достъпът до нея е сравнително лесен. Той използва интервала между м.флексор карпи улнарис (н.улнарис) и м.екстензор карпи улнарис (н.интеросеус пост.). Структурите които трябва да се протектират са а. и н.улнарис воларно, както и повърхностния дорзален клон на улнарния нерв, който преминава дорзално от м.флексор карпи улнарис на 5 до 7 cm от улнарния стилоид. (43,53,92,147,148)

Когато се налага открита репозиция в комбинация с еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС) тези достъпи са с много по-малък размер (3 до 5 cm) и обикновено са достатъчни за премахване на мекотъканния интерпозиум и наместване на фрактурата при минимално увреждане на периоста.

Прилагането на интрамедуларна фиксация изисква познаване на различни по-малко или повече щадящи физата достъпи в областта на проксималната и дисталната предмишница.

До радиуса се достига с 1.5-2.0cm достъпи в дисталната част на метафизата, разположени латерално или дорзално.

При латералния достъп входната точка може да е между първия и втория костно-сухожилен канал. Необходима е внимателна протекция на повърхностния радиален нерв, който става подкожен на ок. 8-9 cm от радиалния стилоид, на 5 cm от него се разклонява на 3 или 4 клончета, които преминават в непосредствена близост както до първия (0.4 cm), така и до третия (1.6 cm) екстензорен компартмънт. (3,198)

За да избегне ятрогенната му увреда *Lascombes* (124) препоръчва входна точка между сухожилието на м.брахиорадиалис и воларната повърхност на радиуса с повишено внимание за а.радиалис.

Дорзалният достъп използва входна точка в областта на tub. *Listeri*, латерално или медиално от дългия екстензор на палеца, който е структура, подложена на риск от ранна или късна увреда. (51,128,213)

В някои ситуации е възможна и дорзо-улнарна инсерция между четвъртия и петия екстензорен канал.(12,103).

Някои автори използват директен перкутанен трансфизеален достъп до дисталния радиус без да отчитат трайни увреждания в растежа на радиалната физа. (219,277,278)

До медуларния канал на улната са описани, както проксимални, така и дистални достъпи.

Най-лесен и използван от редица автори е перкутанният достъп през апофизата на олекранона, въпреки че той сравнително често води до дискомфорт и ранни усложнения.(10,63,65,125,137,185,187,219)

По-предпочитан и най-често прилаган е задно-латералният метафизарен достъп, при който се преминава през влакната на м.анконеус. (31,51,123,124,128,133,213)

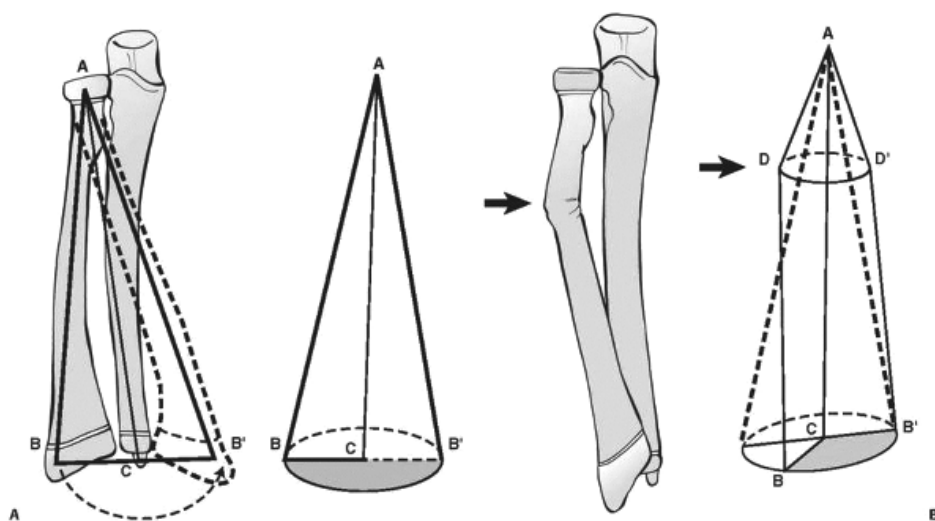
В дисталната част на улната входната точка е проксимално от физата и между сухожилията на улнарния флексор и екстензор на китката с повишено внимание и протекция на сензорния клон на улнарния нерв. (51,182,250)

## **2. БИОМЕХАНИКА, ПАТОМЕХАНИКА И ПАТОАНАТОМИЯ**

Човешката предмишница е адаптирана в по-голяма степен за подвижност, отколкото за стабилност. В хода на еволюцията, появата на бипедализма е освободила горния крайник от опорни функции, което е създало условия за увеличаване на подвижността за сметка на стабилността. (5)

Основният биомеханичен акт на предмишницата е ротацията (проно-супинацията). Затова тя може да бъде разглеждана като една голяма несиновиална става с обем движения от 150° до почти 180°.(25,108,148,193) Тези движения зависят от координираното действие на проксималната и дистална радио-улнарни стави, интактната интеросална мембрана и специфичната геометрия на радиуса с неговата физиологична дъга.

Ротацията на предмишницата се извършва около една механична ос, която свързва центъра на радиалната глава с центъра на дисталната улна.(91,148,165,172) Въпреки, че тя е сравнително постоянна, по-нови тримерензонални кинематични проучвания показват, че оста се измества леко улнарно и воларно по време на супинация и радиално и дорзално, при пронация. (155) Тази линия се явява катетът на правоъгълен триъгълник, при който хипотенузата е надлъжната ос на радиуса, а ротиращото се рамо е напречната ос на дисталния радиус и триангуларния лигамент. По този начин, при нормалната си ротация радиуса описва около улната един полу-конус.(Фиг.4) При ангулация на радиуса и/или на улната този ротационен конус се нарушава и площта на основата му съответно се намалява.(165). Ефектът върху ротацията е по-изразен при деформация на лъчевата кост.

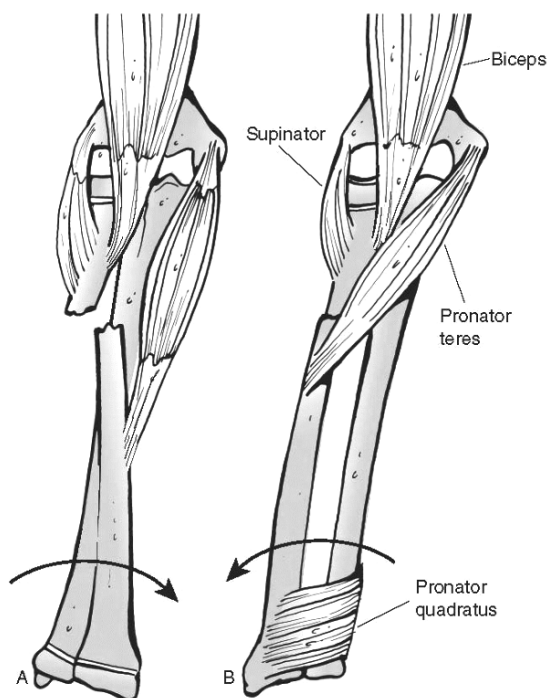


**Фиг.4.** Нормална (А) и намалена дъга на ротация при ангулация на радиуса (В). (Ogden JA 1982)

Клиничният опит и множеството проучвания са показали, че деформацията на улната е по-забележима клинично, поради сравнително подкожното си разположение. От своя страна ъглова или ротаторна деформация на радиуса засяга по тежко функцията, в смисъл на ограничена ротация. Нормалните стойности на пронацията и супинацията са донякъде спорни в литературата поради различия в методите на измерване и влиянието на възраст, пол, раса, мекотъканен лакситет и хабитус. AAOS определя като нормални пронация от  $71^\circ$  и супинация от  $84^\circ$  (156), докато *Boone u Azen* (25) при пациенти под 19 год. определят  $77^\circ$  пронация от и  $83^\circ$  супинация. Движенията в лакътната става са от  $0^\circ$  до  $146^\circ$  флексия. В литературата често се цитира класическото проучване на *Morrey* (156), според което за нормалните ежедневни нужди са необходими не повече от  $50^\circ$  пронация и  $50^\circ$  супинация и от  $30^\circ$  до  $130^\circ$  флексия-екстензия. По-съвременни изследвания с 3-D анализ на движенията показват, че тези стойности са по-високи, както и че максимална пронация е необходима при изливане на течност от кана, а крайната супинация е нужна при дейности, свързани с личната хигиена. (188) Поради това *Mehلمان u Wall* (148) считат, че функционалните стойности на *Morrey* не са оптимални, а по-скоро трябва да се смятат за минималните граници на функцията на предмишницата. С други думи, загубата на  $20^\circ$ - $30^\circ$  пронация или супинация може да влоши значително функцията на крайника при извършване на важни за ежедневието дейности. Загубата на пронация може да се компенсира отчасти от абдукцията в

рамото, докато дефицитът в супинацията е окончателен и за него няма подобен компенсаторен механизъм.

Когато има фрактура на едната или двете кости на предмишницата, посоката и степента на разместване зависят от първоначалната деформираща сила, нивото на фрактурата и действието на мускулите. При фрактури в горната трета на предмишницата, над инсерцията на м.пронатор терес, проксималният фрагмент на радиуса е супиниран и флектиран под действието на м.бицепс брахии и м.супинатор. Дисталният фрагмент е прониран под влиянието на мускулите пронатор терес и пронатор квадратус. При фрактури в средната трета проксималният фрагмент на радиуса е балансиран в неутрална ротация поради едновременното и противоположно действие на супинатора и пронатор терес, а е флектиран от м.бицепс.



**Фиг.5.** Мускулни сили, действащи в проксималната, средната и дистална трета.

Дисталният фрагмент е в пронация и разместен улнарно под влияние на м.пронатор квадратус. Флексорните мускули като по-мощни от екстензорите обикновено издърпват дисталните фрагменти напред и предизвикват дорзална ангулация.(165)

Анатомичните и биомеханични особености на незрялата растяща диафизарна кост имат важно значение за патомеханиката на фрактурите на предмишницата в детската възраст. Освен наличието на растежни зони, детските кости, за разлика на тези от

възрастните, притежават много по-дебел и здрав периост. Той е сравнително хлабаво прикрепен и лесно отделящ се по протежение на диафизата, и здраво и плътно фиксиран в периферията на физата (зоната на Ranvier). Поради богатата си васкуларизация и изобилието от недиференцирани плурипотентни мезенхимни клетки във вътрешния камбиален слой, периостът има огромен остеогенен потенциал. По-дебелият, по-здравият и биологично активен периост има важно значение за фрактурното разместване, репозицията и скоростта на субпериостално калусообразуване в детската възраст. Поради непосредствения си контакт с подлежащата кост, периостът обикновено е увреден в някаква степен при всички детски фрактури. Но заради това, че той се отделя лесно от диафизата, вероятността от пълна циркуферентна руптура е много по-малка. Въпреки че той е разкъсан от тензионната страна на фрактурата, една значителна част от периоста откъм конкавната повърхност остава интактна. Тази здрава периостална „панта“ може да намали степента на разместване на фрактурните фрагменти и да бъде използвана успешно като стабилизатор при репозицията. В някои случаи (особено при байонетна апозиция), здравият периост може да се интерпонира между фрагментите и да се превърне в пречка при опита за закрыта репозиция чрез надлъжна тракция. Интактният периост в областта на фрактурата позволява субпериостално калусообразуване, което бързо примостява фрактурната цепка и осигурява ранна и дълготрайна стабилност. От друга страна, обширното периостално разкъсване при една открита фрактура или агресивно оперативно лечение може да забави или наруши фрактурното срастване. (272)

Биомеханичните възможности на костите при децата са различни от тези на възрастните.

Детската кост се отличава с по-малка плътност, по-пореста структура и по-богато кръвоснабдяване от тази на възрастните. (131.165) Тя има по-нисък модул на еластичност (т.е. е по-еластична), по-малка здравина на огъване и по-ниско минерално съдържимо. (46) Тези фактори предотвратяват пропагацията на фрактурните линии, поради което раздробените фрактури при децата са редки. Порестата структура, анизотропните и виско-еластичните свойства на незрялата кост са причина тя да абсорбира значително повече енергия преди да се счупи. В зависимост от скоростта и енергията на деформиращите сили, могат да се получат различни типове фрактури, уникални и присъщи единствено за детските кости.

При сравнително бавно приложена деформираща сила, костта се огъва над границата си на еластичност (т.е. възможността да възвърне първоначалната си форма) и навлиза в

пластичната зона без да достига до фрактурния лимит, което води до травматично огъване или т.нар. пластична деформация. Бавно приложената и ниско енергийна огъваща сила предизвиква множество микрофрактури от тензионната и конкавната страна на костта и води до макроскопска деформация без рентгенологично видима фрактура.

Непълните фрактури тип „зелена пръчка” се получават когато огъващата сила предизвика прекъсване на кортекса от тензионната страна. Фрактурната линия не пропагира изцяло през костта, като срещуположния интактен кортекс се ангулира и ротира чрез пластична деформация. Клиничната и рентгенологична ангулация се дължи основно на ротаторна деформация. Holdsworth (90) описва механизма на получаване като сполучливо прави аналогия с огъването, което се получава при усукване на картонена тръба. Фрактурите „зелена пръчка” с воларно насочен връх са супинационни увреди и изискват пронация за наместването им. Обратно, по-редките с дорзален връх фрактури се получават при хипер-пронация и при тях е нужна репозиция и имобилизация при супинация.

Деформиращите сили с по-голяма енергия предизвикват пълно прекъсване на двата кортекса на костта с последващи ангулация, ротация и скъсяване. Пълните фрактури най-често засягат и двете кости на предмишницата, но са възможни и комбинации от пълна фрактура на едната и тип „зелена пръчка” или пластична деформация на другата кост. Изолирани пълни фрактури на едната от двете кости са възможни при директен механизъм, а наличието на аксиален механизъм налага задължително изключване на асоциирана проксимална или дистална увреда на радио-улнарните стави. Фрактурите с пълно разместване са обичайни за по-големите деца и по принцип са много по-нестабилни след репозиция.

### **3. ЕПИДЕМИОЛОГИЯ И МЕХАНИЗЪМ НА УВРЕДАТА**

Счупванията на предмишницата са сред най-честите увреди в детството – 45% - 55% от всички фрактури и 20-33% до 62% от фрактурите на горния крайник. (39,110,118,137,142,199) Радиусът, като цяло, е най-често чупещата се дълга тръбеста кост.

Сравнително малко са големите епидемиологични проучвания, които разграничават счупванията на дисталния радиус от диафизарните фрактури на предмишницата.

Данните от тях варират и са в зависимост от географски, регионални, социални и икономически фактори, свързани с изследваните популации.

Според *Mann* (142) диафизарните фрактури на предмишницата са между 6% и 10% от всички детски счупвания.

В серии на други автори честотата е между 3.4% и 6% (64,118,124,252,269)

В проучването на *Cheng и съавт.*(35) те са на трето място по честота (14.9%) след счупванията на дисталния радиус и супракондилните фрактури на хумеруса.

Въпреки глобалната тенденция за намаляване честотата на травматичните увреди в детската възраст, някои проучвания в последните години демонстрират увеличаване на относителния дял на фрактурите на предмишницата. (102,113,204)

Откритите фрактури при децата най-често засягат диафизата на предмишницата или подбедрицата. (35)

Предмишницата е и най-честата локализация за рефрактури в детската възраст. (118)

Мъжкият пол е засегнат по-често от женския в съотношение 2.5:1. (124,252) По-често е и засягането на левия горен крайник. Всички епидемиологични проучвания отчитат най-голяма честота на фрактурите в началото и края на летния сезон, което свързано с по-интензивната физическа и спортна активност в тази част от годината.

Средната възраст на получаване е 8.5 год.( 9 год. за момчетата и 7.5 год. – за момичетата). (124). При момчетата има бимодално възрастово разпределение с два пика – около 9 и 13-14 години. При момичетата има един пик – около 5-6 год.възраст.(118)

Децата под 5 год. получават по-рядко диафизарни счупвания на предмишницата, в сравнение с тези, които са в училищна възраст. В серията на *Cheng* 39% от фрактурите са при деца на възраст между 12 и 16 год. (35)

По отношение на анатомичната локализация, повечето класически ръководства цитират *Blount*, според който 75% от счупванията на предмишницата се получават в дисталната трета, 15% до 18% - в средната трета, и 1% до 7% - в проксималната част.(21) Трябва да се има предвид, обаче, че в това разпределение са включени и много по-честите дистални метафизарни и епифизарни фрактури на радиуса, които са тотално различни по отношение лечението и прогнозата.

*Lascombes* (124), обобщавайки резултатите от голямо мултицентрично проучване на Френското общество по ортопедия и травматология (SOFCOT) от 2004, получава следното разпределение в локализацията на чисто диафизарните фрактури при деца и адолесцентни:

- средна трета на предмишницата – 65% за радиус и 70% за улната;

- дистална трета – 20%;
- проксимална трета – 13% за радиус и 9% за улната.

Според същото изследване, в голямото болшинство от случаите (85.7%) са засегнати двете кости на предмишницата. Изолираните фрактури на радиуса са били 6.5%, а на улната – 2.5%. Честотата на Monteggia увредите е била 4.7%, а на Galeazzi фрактурите – 0.6%.(105)

Поради това, че кортикалната кост е по-здрава, обикновено е необходима по-значима травма, за да се предизвика фрактура на диафизата, в сравнение с метафизата. Както е характерно за повечето фрактури на горния крайник, най-честият механизъм при счупване на диафизата на радиуса и улната е падане върху отведена ръка с провеждане на индиректна сила спрямо костите на предмишницата. Биомеханичните проучвания на *Hsu и съавт.* (95) демонстрират, че преходът между средната и дистална трета на радиуса, както и по-голямата част от улнарната диафиза, са с повишена уязвимост към счупване. При падането основната деформираща сила се провежда към радиуса и обикновено той се счупва първи, последван от улната. (245) В момента на приземяването често има ротационен момент, който води до счупване на двете кости на различни нива.

Когато травмата, предизвикваща непълна фрактура тип „зелена пръчка“, е съпроводена със супинация на предмишницата се получава воларно ангулирана фрактура, а при пронация фрактурата се ангулира дорзално. Ако деформиращата сила е достатъчна, за да предизвика пълна фрактура на двете кости, дисталният фрагмент може да заеме всякаква позиция, но позицията на проксималния фрагмент зависи от нивото на фрактурата, мускулното теглене и посоката на фрактурната сила.(2) При хиперпронационни увреди могат да се получат комбинирани фрактури-луксации(Galeazzi или Monteggia). При чисто огъвачен механизъм без торзионен момент фрактурите обикновено са на едно ниво. Наличието на раздробяване, което е рядко при децата, е белег за високо енергийна травма. Друг възможен механизъм е директната травма, при която са възможни изолирани счупвания на една от двете кости, Monteggia увреди или високо-енергийни открити фрактури със значителна мекотъканна увреда.

#### 4. КЛИНИЧНА И ОБРАЗНА ДИАГНОСТИКА

Клиничната диагноза на диафизарните счупвания на предмишницата обикновено е явна и често се поставя още от вратата. Класическите белези са болка, оток, деформация, получени след травма. Болката при децата е съпроводена със силно безпокойство, страх и мускулен спазъм, което прави търсенето на патологична подвижност и крепитации ненужно и опасно. Минимално разместените фрактури „зелена пръчка” и пластичните деформации могат да имат по-дискретна клиника, особено при по-малките деца.

Най-често диафизарните счупвания на радиуса и улната са изолирани увреди. В не малко случаи, обаче, са възможни асоциирани увреди на лакътя и китката и затова те трябва рутинно да са включени в стандартните рентгенографии на предмишницата. При необходимост са нужни и отделни проекции за тях.

Възможна комбинирана увреда е т.нар. “плаващ лакът”. Ипсилатерална фрактура на предмишницата се среща при 3% до 13% от супракондилните фрактури на хумеруса (233,267) и повечето съвременни автори препоръчват хирургична стабилизация на двете увреди, за да се избегне риска от компартмънт синдром.(18,20,81,195,200,237,239) Това рядко, но потенциално опустошаващо усложнение може да се получи и при всяка една изолирана диафизарна фрактура на предмишницата, като честотата му е не по-малка от тази при супракондилните фрактури.(157) Наличието на охлузвания по кожата, малки лацерации или пунктиформени рани не бива да се подценява и те трябва внимателно да се инспектират, тъй като могат да са белег на открита фрактура. Дори и първа степен откритите фрактури на предмишницата могат да доведат до сериозни усложнения, като например газ-гангрена. (57) Изследването и документирането на моторната и сензорна функция на крайника е необходимо, за да се отдиференцират неврологичните увреди, свързани с травмата, от ятрогенно възникналите в хода на лечението. Честотата на асоциираните нервни увреди е 1% до 3,4% (49,124), но при откритите фрактури може да достигне до 10%. (77,80,138) Най-често увреденият нерв е н.медианус, следван от улнарния и радиален нерв. Повечето от тях са преходни невропраксии, които отшумяват в рамките на няколко седмици. (44) Неврологичното изследване на малките деца обикновено не е лесно и затова Davidson (48) остроумно предлага използването на играта „камък-ножици-хартия” за тестването съответно на н.медианус (свит юмрук), н.радиалис (изпънати длан и пръсти) и н.улнарис (разперени II и III пръст). Функцията на предния интеросален нерв се проверява чрез знака за „ОК” (кръгче с палеца и показалеца).

Образната диагностика на диафизарните фрактури на предмишницата изисква стандартни рентгенографии в две проекции, включващи задължително съседните стави. Честа грешка на рентгеновите лаборанти е при децата да използват по-малки рентгенови плаки. По този повод *Hughston* заявява, че „малки рентгенови филми за малки хора с големи фрактури често създават големи проблеми”.(97)

Добре направените рентгенографии обикновено са достатъчни за определяне нивото и типа на фрактурата (пълна или непълна), посоката и степента на ангулация, малротация, скъсяване или трансляция, както и наличието на асоциирани увреди на лакътната и гривнената стави. При съмнения и несигурност (напр. при пластични деформации) са необходими сравнителни рентгенографии на здравия крайник.

Ангулацията е важна при определяне, както на лечението, така и на резултатите от него. Въпреки, че е лесна за определяне, трябва да се има предвид, че измерените на рентгенографията ъгли са само проекционни сенки, които са повлияни и от ротацията.(62) Това в най-голяма степен важи за фрактурите „зелена пръчка”, при които предната или задната ангулация почти винаги са съпроводени от ротаторна деформация. Ако ангулацията е налице на фасовата и профилната проекции, истинската деформация е извън равнината на рентгенографиите и стойността и е по-голяма от измерената на отделните проекции.(14,148)

За разлика от ангулацията, ротационната деформация преди и след репозиция е по-трудна за определяне клинично и рентгенологично. Радиусът е дъговидно извита кост и малротацията му може да се разпознае чрез нарушаване контура на гладката му кривина и рязката промяна в ширината на кортекса. При пълните фрактури дисталният фрагмент може да бъде във всяка една позиция, докато тази на проксималния се определя от мускулното теглене. (182) Затова тя трябва да бъде определена рентгенологично, за да може контролируемия дистален фрагмент да се алинира и ротира спрямо проксималния. Това е възможно чрез класическия метод, описан от *Evans (1951)*, при който се определя позицията на туберозитас биципитис в различни положения от супинация (медиално) през неутрална позиция (отзад) до пронация (латерално).(56) Трябва да се отбележи, че при по-малките деца това най-често е трудно постижимо, поради недобрата визуализация на туб.биципитис. *Milch (153)* и *Creasman (42)* предлагат рентгенологично-анатомични критерии за определяне ротаторното алиниране на костите на предмишницата, независимо от степента на пронация и супинация. Според *Milch* в профилна проекция се визуализират коронаoidния израстък на улната (насочен напред) и улнарния стилоид (насочен назад), но не и радиалния

стилоид. Обратно, на предно-задна проекция при супинирана здрава предмишница короноидът и улнарният стилоид са скрити, а се виждат радиалният стилоид и туберозитас биципитис.(153) Затова ако, например, улнарният стилоид се вижда на фас и липсва на профил, е налице торзионна деформация на улната. Ако пък туб.биципитис се разполага медиално на фасовата снимка, а радиалният стилоид не се вижда, е налице ротаторна деформация на лъчевата кост.

За оценка качеството на репозицията и връзката и с функционалния резултат *Schemitsch u Richards* (1992) въвеждат метод за рентгенологично определяне локализацията и стойността на радиалната дъга след оперативно лечение при възрастни.(209)

*Firl u Wunsch* (61) през 2004 модифицират и прилагат този метод при деца с цел улесняване на диагнозата при дискретни пластични деформации и за оценка на пост-травматичните деформации. Те установяват, че нормалната максимална извивка е локализирана на 60.39% спрямо дължината на радиуса, а стойността и е не повече от 10% спрямо общата дължина. Тъй като са използвани процентни взаимоотношения, стойностите остават постоянни, независимо от възрастта и размера на детето.

## 5. КЛАСИФИКАЦИИ

Диагностичните рентгенографии са в основата на повечето съществуващи класификации на диафизарните фрактури на предмишницата.

В обширната класификация на АО/ОТА те са обозначени с цифровия код „22”. Към него е добавено буквено обозначение свързано с морфологията на фрактурата. Обикновените напречни и коси фрактури са обозначени с „А”, тези с клиновиден фрагмент – с „В”, и комплексно раздробените – с „С”. Клиновидно и комплексно раздробените са редки при децата и затова повечето диафизарни фрактури са в категорията 22-А. Изолирана фрактура на улната се обозначава допълнително като 22-А1, а на радиуса с 22-А2. Най-често срещана е обикновената фрактура на двете кости, която се идентифицира с кода 22-А3. Допълнително са създадени субгрупи, които се обозначават с десетична точка и допълнителна буква. Например, Monteggia фрактура-луксация със сепло или клиновидно счупване на улната се обозначава съответно с 22-А1.3 и 22-В1.3. По-комплексните фрактурни типове имат допълнителни буквено-цифрени кодове, създадени с цел стандартизация на изследователските проучвания и комуникация. Със своите 36 субтипа, тази класификация е по-скоро непрактична и малко полезна за ежедневна клинична употреба и поради това се използва сравнително рядко. Приложена към фрактурите при децата и подрастващите, тя има някои

съществени недостатъци. В нея не са включени счупванията „зелена пръчка” и пластичните деформации. Раздробяването е рядко при децата и с по-малко клинично значение. Въпреки сложността си, АО/ОТА класификацията не отчита един от най-важните прогностични фактори при детските фрактури на предмишницата, а именно локализацията в дисталната, средната или проксималната част на диафизата и засягането или не на метафизите и растежните зони.

В опит да преодолее тези проблеми, Педиатричната експертна група за класификации към АО, след дълъг процес на проучване и валидизация, през 2007 представи новосъздадената **„АО Педиатрична Подробна Класификация на Фрактурите на дългите тръбести кости” (АО PCCF)** (225,226,227,228,229). Тази класификация е базирана на познатата АО – класификация на Müller за възрастни, но отчита специфичните за децата фрактурни особености.

Кодовете за тежест А-В-С тук са заместени от допълнителен код за локализация - D-M-E (диафиза, метафиза, епифиза). По този начин диафизарните фрактури на предмишницата се идентифицират общо като „22-D”.

Морфологията се определя с допълнителен „детски специфичен код”. Така фрактурите се подразделят на пластични деформации (22-D/1), „зелена пръчка” (22-D/2), пълна трансверзална фрактура (22-D/4), пълна коса или спирална фрактура  $>30^\circ$  (22-D/5), Monteggia-увреда (22-D/6) и Galeazzi-увреда (22-D/7).

Допълнителен код за тежест разграничава семплите (.1) от клиновидно и комплексно раздробените (.2).

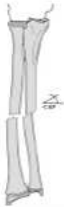
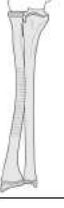
При изолирана фрактура на радиуса или улната към основния код за локализация се добавя съответно “r” или “u” (22r-D или 22u-D). Когато фрактурите на двете кости са от различен тип, те се кодират отделно. В случай на комбинация от обикновена коса или спирална фрактура на радиуса и пластична деформация на улната, увредата трябва да се кодира като “22r-D/5.1 , 22u-D/1.1”

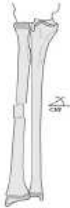
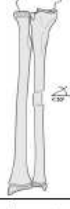
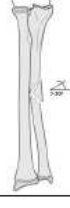


**Фиг.6.** 22r-D/5.1 22u-D/1.1 – комбинация от коса фрактура на радиуса и пластична деформация на улната.

**Фиг.7.** Класификация на диафизарните фрактури на предмишницата според АО Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF) от 2007.(\*)

Diaphyseal fractures radius/ulna (22-D)

| Simple fractures |                                                                                     |                                           | Wedge/multifragmentary fractures |                                                                                       |                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Code             | Figure                                                                              | Description                               | Code                             | Figure                                                                                | Description                                         |
| 22 – D/1.1       |    | Bowing diaphyseal                         |                                  |                                                                                       |                                                     |
| 22 – D/2.1       |    | Greenstick diaphyseal                     |                                  |                                                                                       |                                                     |
| 22 – D/4.1       |   | Complete simple forearm transverse        | 22 – D/4.2                       |   | Complete multifragmentary forearm transverse        |
| 22 – D/5.1       |  | Complete simple forearm oblique or spiral | 22 – D/5.2                       |  | Complete multifragmentary forearm oblique or spiral |
| 22 – D/6.1       |  | Monteggia lesion, ulna simple             | 22 – D/6.2                       |  | Monteggia lesion, ulna multifragmentary             |
| 22 – D/7.1       |  | Galeazzi lesion, radius simple            | 22 – D/7.2                       |  | Galeazzi lesion, radius multifragmentary            |
| 22r – D/1.1      |  | Bowing radius                             |                                  |                                                                                       |                                                     |

| Simple fractures |                                                                                     |                                           | Wedge/multifragmentary fractures |                                                                                       |                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Code             | Figure                                                                              | Description                               | Code                             | Figure                                                                                | Description                                         |
| 22r – D/2.1      |    | Greenstick radius                         |                                  |                                                                                       |                                                     |
| 22r – D/4.1      |    | Radius complete, single transverse        | 22r – D/4.2                      |    | Radius complete, multifragmentary, transverse       |
| 22r – D/5.1      |    | Radius complete, single oblique or spiral | 22r – D/5.2                      |    | Radius complete, multifragmentary oblique or spiral |
| 22u – D/1.1      |   | Bowing ulna                               |                                  |                                                                                       |                                                     |
| 22u – D/2.1      |  | Greenstick ulna                           |                                  |                                                                                       |                                                     |
| 22u – D/4.1      |  | Ulna complete, single transverse          | 22u – D/4.2                      |  | Ulna complete, multifragmentary transverse          |
| 22u – D/5.1      |  | Ulna complete, single oblique or spiral   | 22u – D/5.2                      |  | Ulna complete, multifragmentary oblique or spiral   |

Дали тази, не по-малко сложна и подробна класификация, ще се окаже практична и полезна при избора на лечение и прогнозата, предстои да бъде установено в бъдеще, тъй като в настоящия момент все още липсват достатъчно серии и публикации, в които тя да е използвана. (240)

Традиционно в ежедневната клиничната практика се използва опростената дескриптивна класификация, в която диафизарните фрактури се категоризират първо, според наличието или не на интактни радио-улнарни стави и след това, според степента на увредата, посоката на деформацията и нивото на фрактурата.

Степента на завършеност на фрактурата се определя като пластична деформация, „зелена клонка” или пълна фрактура. Това разграничение е важно, тъй като всяка от тях се лекува по различен начин.

Посоката на деформацията се идентифицира като такава, с воларен връх (супинационна увреда) и с дорзален връх (пронационна увреда). Това е от особено значение при лечението на фрактурите „зелена пръчка”.

Според нивото си фрактурите са разположени в проксималната, средната и дисталната трета. (182)

*Mehlman u Wall (2006)* предлагат още по стегнат и практичен подход за класификация на диафизарните фрактури на предмишницата.(147) Според тях, тя трябва да включва информация за:

- засегнатата кост (едната или двете)
- нивото (дистална, средна или проксимална трета)
- типа на фрактурата (пластична деформация, „зелена клонка”, пълна, раздробена).

По този начин фрактурата може да бъде описана като съчетание от две кости, три нива и четири фрактурни типа. (147 )

За увредите на Monteggia са предлагани различни класификационни схеми, но оригиналната класификация на *Bado (1967)* е устояла теста на времето, превърнала се е в златен стандарт и е най-често използвана в литературата.(13) Тя разделя увредите на четири типа според посоката на разместване на радиалната глава – с предна луксация (тип I), със задна (тип II), с латерална или предно-латерална (тип III) и с предна луксация, съчетана с диафизарна фрактура на радиуса (тип IV). Най-често срещаните в детската възраст са увредите от тип I ( ок.70%) и тип III (23%).

Към тези четири основни типа, *Bado* и редица други автори са добавили т.нар. еквивалентни увреди. Най-голям е техният брой за лезиите от тип I. (11,13,76,167,177,196,203,241)

*Letts (1985)* класифицира детските фрактури-луксации *Monteggia* според посоката на луксация на радиалната глава и според типа на улнарната фрактура.(127) Той подразделя *Bado* тип I на три групи - A (пластична деформация на улната), B („зелена пръчка“) и C(пълна фрактура). Типовете D и E отговарят съответно на *Bado* II и III.

За разлика от класическото описание, *Ring, Jupiter u Waters* дефинират *Monteggia*-увредата като луксация на проксималната радио-улнарна става, съчетана с фрактура на предмишницата. Според тях, най-полезно за определяне оптималното лечение е типът на улнарната фрактура, а не посоката на луксация на радиалната глава. Те също разделят счупванията на пластични деформации, „зелена пръчка и пълни фрактури, но последните допълнително описват като трансверзални, късо коси, дълго коси и раздробени.(194,196)

Фрактурите-луксации на *Galeazzi* най-често се описват според посоката на разместване или на улнарната луксация, или на фрактурата на радиуса. *Letts u Rowhani N (126)* предпочитат да определят посоката на улната – дорзално или воларно. *Walsh u McLaren (257)* класифицират детските *Galeazzi*-увреди според посоката на разместване на дисталната радиална фрактура – дорзални (с воларен връх) и воларни.

*Wilkins u O'Brien (264)* модифицират техния метод като разделят радиалните фрактури на пълни и непълни („зелена пръчка“) и улнарните увреди на истински луксации и лезии на дисталната улнарна физа (*Galeazzi*-еквивалент увреди).

## **6. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ И ПРОБЛЕМИ НА ЛЕЧЕНИЕТО**

Основна цел при лечението на диафизарните фрактури на радиуса и улната е пълното възстановяване на ротацията на предмишницата без наличие на козметична деформация.

За разлика от фрактурите при възрастните, при децата тази цел може да бъде постигната чрез различна лечебна философия, отразяваща специфичните особености на незрелия детски скелет.

Срастването на костта при децата е много по-бързо, поради обилно кръвоснабдения и силно остеогенен периост. Запазената цялост на дебелия периост и биомеханичните

качества на растящата кост са причина в повечето случаи фрактурите да са стабилни след репозиция. Костта притежава потенциал за спонтанен ремоделаж чрез асиметричен растеж на физата и интрамембранозна костна апозиция от конкавната и съответна резорбция от конвексната страна. (46,99) Този потенциал е свързан с възрастта, нивото на фрактурата, посоката и степента на ангулацията. Забавеното срастване и несрастването са редки в детската възраст. Иммобилизацията рядко води до тежки контрактури.

Поради тези причини голямото болшинство от диафизарните фрактури при децата могат и трябва да се лекуват неоперативно със закрыта репозиция и гипсова имобилизация. Това важи в най-голяма степен за пластичните деформации, непълните фрактури тип “зелена пръчка” и слабо разместените и стабилни пълни фрактури на едната или двете кости.

Традиционно е схващането, че перфектната анатомична репозиция не винаги е необходима за постигането на добър функционален резултат. Това е вярно, но по отношение на дисталните фрактури и диафизарните счупвания при малки деца (66,165,189) *Rang* отбелязва, че неправилното диафизарно срастване “не прощава” и “перфектна функция може да бъде обещана само ако фрактурата остане перфектно алинирана”. Последствията от срастналите с ангулация и малротация кости на предмишницата могат да бъдат както козметични, така и функционални. (19,90,145) Клиничният опит показва, че поради сравнително подкожното разположение на улната, нейната деформация е по-неблагоприятна от козметична гледна точка.

Неправилното срастване и мекотъканната фиброза са двете основни причини, които водят до ограничени движения след фрактури на предмишницата. Дефицитът в проно-супинацията може да има значителен негативен ефект върху функцията на горния крайник и поради това е един от основните проблеми при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст. Умерено ограничената пронация може отчасти да се компенсира от абдукцията в рамото, но за супинацията подобен компенсаторен механизъм липсва.

*Daruwalla* (47) установява, че повече от половината (52.8%) от неговата серия с 53 пациента с фрактури на предмишницата имат ограничен обем движения, като при 13% тази загуба е над 40°. Като причина той изтъква остатъчни ъгли и ротаторни деформации на радиуса, улната или на двете кости.

*Price* установява загуба в проно-супинацията при 9 от 39 деца, като при пет от тях дефицитът е над 30°. (183)

*Carey и съавт.* (32) съобщават, че 60% от техните пациенти между 11и 15 год.имат остатъчна загуба на движения до 30°. *Ogden* (165) установява ротационни деформации от 20° до 60° също при 60% от пациентите.

*Trousdale и Linscheid* (246) съобщават за 27 пациенти (повечето от които деца) с неправилно срастване и достатъчно тежък функционален дефицит, за да изискват коригиращи остеотомии. *Meier и съавт.*(150) също намират основания за оперативна корекция чрез остеотомия на лошо срастнали диафизарни детски фрактури. *Price* докладва окуражаващи резултати от коригиращи остеотомии при деца на средна възраст 7 години с козметичен и функционален дефицит след неуспешно неоперативно лечение и средна ангулация от 31°.(181)

Редица автори проучват загубата на движения при диафизарни счупвания на предмишницата чрез експериментални изследвания върху кадаври.

*Matthews и съавт.*(145) установяват, че ангулация до 10° на една от двете кости не води до сигнификантна загуба на движения, но при деформации от 20° и повече загубата на ротации достига до 30% или 60°.

*Tarr и съавт.*(238) при подобен експеримент демонстрират, че ангулации от 15° причиняват над 27% загуба в движенията, особено в средната трета на предмишницата и в по-голяма степен е засегната супинацията. Тези резултати показват, че сравнително малки ъглови деформации е възможно да бъдат клинично значими.

*Sarmiento и съавт.*(207) сравняват експерименталните данни от проучвания върху кадаври с клиничните и рентгенологични резултати при 105 пациента с остатъчни деформитети. Техните резултати дават допълнителна информация за влиянието на нивото на фрактурата и остатъчната ангулация върху движенията на предмишницата. Те установяват, че фрактурна ангулация между 15° и 30° води до по-голяма загуба на супинация (40° до 90°), когато деформацията е в средната трета. При деформации в дисталната част по-голяма е била загубата на пронация (30° до 80°). Друг важен резултат е, че при остатъчни ангулации до 10° в проксимална и средна трета ротационната загуба е била в приемливи клинични граници (до 15°). Същата деформация в дисталната трета при изолирани фрактури на радиуса в някои случаи е била свързана с пронационен дефицит от 20°. Тези резултати поставят под известно съмнение общоприетото схващане, че дисталните диафизарни фрактури най-често са без трайни последствия за функцията.

*Tarr* и *Sarmiento* стигат до важния извод, че ротационната деформация и последващата загуба на движения са в съотношение 1:1. Това означава, че срастване с определна

малротация води най-често до еднаква по степен, но обратна по посока загуба на проно-супинация. Например, 20° пронационна деформация води до 20° загуба в супинацията. Клинично това се потвърждава и от проучванията на *Fuller и McCullough*(67).

*Dumont* (54), *Kasten* (111) и *Tynan* (247) проучват в по-големи детайли влиянието на ротационните деформации. При изолирани диафизарни фрактури на радиуса повече от 30° малротация е причина за сигнификантна загуба в движенията. Изолираните ъглови и ротационни деформации на улната водят до сравнително по-малък дефицит. Комбинираните деформации на двете кости са свързани с най-голяма загуба на движения. Допустимите според *Price* (183) стойности на малротация (до 45°) са свързани със сравнително по-малки, но реално съществуващи ограничения в движенията.

От тези проучвания и от клиничния опит става ясно, че радиусът е по-чувствителен към проблемите, свързани с ротацията и по-малко засегнат от козметична гледна точка. При улната тази зависимост е обратна. (148)

Целта на лечението е срастването на фрактурата да бъде постигнато в утвърдените допустими анатомични и функционални граници, имайки предвид степента на ремоделиране, която може да се очаква при растящите деца. В повечето случаи тази цел може да бъде постигната чрез неоперативно лечение и с малко или без забележими рентгенови или клинични отклонения след срастването. Определянето на приемливите граници на ангулация след репозиция при диафизарни счупвания на предмишницата се усложнява допълнително от факта, че анатомичното рентгенологично алиниране не винаги е свързано с нормална функция. От друга страна, пълен обем на движения често се наблюдава и при срастване в неанатомична рентгенова позиция.

Според *Daruwalla* (47), ограниченията в движенията трудно могат да се предвидят в зависимост от различните степени на ангулация. *Hogstrom и съвм.*(89) отбелязват, че корелацията между финалната ангулация и обема на пронация и супинация е слаба. Същото потвърждават и *Holdsworth* (90), *Price* (183), *Younger* (274).

С това е свързан и един от спорните моменти в избора между оперативното и неоперативното лечение. При пациентите с анатомична рентгенова репозиция проблемите в движенията обикновено се свързват с фиброзирането на интеросалната мембрана.(112,162,183) При липса на анатомична репозиция или непълно ремоделиране дефицитът във функцията се обяснява с наличните ъглови и ротационни

деформации. Затова при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата трябва да се балансира разумно между риска от ограничени движения в резултат на неправилно срастване и опасността от контрактури след оперативно лечение.(148)

При децата, за разлика от възрастните, може да се очаква спонтанна корекция на остатъчната ангулация. Но до каква степен и при кои деца?

Размерът на спонтанния ремоделаж зависи от възрастта на детето, разстоянието на фрактурата от дисталната физа, степента на деформацията и посоката на ангулацията. Освен това, капацитетът за ремоделаж при всяко дете е строго индивидуален и точните му стойности са трудно предсказуеми. По принцип, по-голяма степен на корекция може да се очаква при малки деца с по-дистални фрактури.(22,71,100,251,274) При деца, по-големи от 8-10 години възможностите за спонтанна корекция са силно намалени и според много автори, ангулации над  $10^\circ$  е малко вероятно да ремоделират. (67,89,100,183,251) От друга страна, някои по-млади пациенти имат дефицит в ротацията независимо от ремоделажа. *Younger и съавт.*(274) отбелязват, че средната възраст на пациентите с ограничени движения в тяхната серия е била 7.2 години.

Ротационните деформации, освен че са трудни за определяне, според повечето автори са дефинитивни и не подлежат на ремоделаж. (184)

Посоката на ангулация също е от значение, като особено неблагоприятни са деформациите, водещи до стесняване интересалното пространство. (47,197)

Локализацията на фрактурата е друг фактор, влияещ на крайния резултат.Повечето автори са единодушни, че проксималните диафизарни фрактури имат по-лоша прогноза. (21,42,47,71,183,242,248,274)

В последните години наличието на истински процес на ремоделиране при диафизарни счупвания на предмишницата и неговия потенциален ефект са подложени на съмнение от много автори.

*Younger и съавт.*(274) установяват, че ремоделирането при фрактури в средата на диафизата е само  $4.4^\circ$ .

*Rang(1983)* и *Ogden(1990)* препоръчват промените в костта след срастване да се наричат “заобляне”, а не – ремоделаж.(165,189)

*Lascombes* (121,123) и школата от Nancy също не приемат теориите за ремоделаж при лошо сраснали диафизарни фрактури и смятат, че спонтанната корекция е не повече от  $1^\circ - 1.5^\circ$  на година. Следователно разчитането на това, че ремоделиращия процес ще коригира лошото срастване може да доведе до значителна загуба на проно-супинация, независимо от възрастта на детето.(137)

Препоръките за приемлива репозиция варират между отделните автори.

*Fuller* (67), *Carey* (32) и *Johari* (100) смятат, че децата под 9 год. възраст с ангулации до 20° ще постигнат пълен обем движения и до 90% ремоделаж. Още в 1967 *Blount* предупреждава, че „при фрактурите в средната трета на предмишницата не трябва да бъде допускана никаква значима ангулация, освен при много малките деца”.(21) *Daruwalla* (47) е на мнение, че след 6 год. възраст ремоделирането е малко вероятно да коригира деформация над 10° и смята, че ангулация от 15° е приемлива при деца, по-малки от 5 год.

*Hogstrom* (89) отбелязва, че малките деца имат по-голям шанс за корекция на ъгловите деформации, но заключава, че всички деформации над 10° трябва да бъдат коригирани, поради невъзможността да се предвиди степента на ремоделаж. Максималният праг от 10° е и ангулацията, която допускат повечето други автори. (89,112,145,274)

И накрая, *Price* (184) допуска до 15° в средна и дистална трета на предмишницата при деца под 8 год. Препоръчваната от него максимална ангулация при деца над 8 год.

и при всички проксимални фрактури, независимо от възрастта, е 10°. Допустимата малротация е не повече от 30°. Пълното разместване с байонетна апозиция е приемливо само при напълно елиминирани ъглови и ротационни отклонения и запазено интересално пространство при деца до 8-10 год.

## **7. ЛЕЧЕБНИ МЕТОДИ**

### **7.1. НЕОПЕРАТИВНО ЛЕЧЕНИЕ**

В повечето случаи диафизарните счупвания на радиуса и улната в детската възраст могат да бъдат лекувани с неоперативни методи. Ниско-енергийните, неразместени или минимално разместени фрактури обикновено се имобилизират първично в подходящо моделиран циркулярно поставен гипс над лакътя. При по-изразен посттравматичен оток гипсът трябва да е първично разцепен едностранно или двустранно, а при по-стабилни фрактури имобилизацията може временно да бъде с гипсова шина.

При фрактури в дисталната трета поддържането на адекватно алиниране може да се постигне и със старателно поставен къс подлакътен гипс. Опитът на *Chess* (36) и рандомизираните проучвания на *Webb* (260), *Bohm* (23) и *Paneru* (170) показват, че

гипсът под лакътя може да бъде еднакво ефективен и по-комфортен от високия гипсов ръкав, при положение, че е елипсовидно оформен и триточково моделиран според класическите принципи, въведени от Charnley.

Проследяването с контролни рентгенографии между 7-14 ден е важно, тъй като дори и при неразместените счупвания е възможна вторична дислокация. Според Schranz (215) и Younger (275) по-голям риск за това има при нова травма на крайника, момчета със засягане на дясната предмишница и лоша гипсова техника.

Добрата гипсова техника нерядко се дискутира в съвременните ръководства и според Wilkins (265,266) е все по-често подценявана в обучението на съвременното поколение травматолози. Основните принципи на добре поставения гипс при фрактура на предмишницата включват старателно интересално и супракондилно моделиране, минимално подплатяване и равномерно разпределяне на гипса, прав улнарен ръб и триточково моделиране. С цел, обективна оценка на качеството на гипсовата имобилизация и ролята и за стабилността на репозицията, Chess (36) въвежда т.нар. «гипсов индекс». Той се изчислява като съотношение между диаметъра на гипса в латерална проекция спрямо диаметъра му във фас, като за нормална стойност се приема 0.7 – 0.8. Въпреки, че е въведен за дисталните фрактури на радиуса, логично изглежда и използването му диафизарните фрактури. Това кара редица автори да предложат други индекси, всеки от които с различна прогностична стойност по отношение риска от вторично разместване. Bhatia и Housden (17) предлагат т.нар. „padding index” (индекс на подплатата) и Canturbery-index (сбора от „cast index” и “padding index”) и смятат, че те са подходящи и за диафизарните фрактури. Malviya и съавт.(141) са на мнение, че въведения от тях „gap index” е по сензитивен от досегашните. Alemdaroglu (4) въвежда друг «три-точков индекс», който според Pretell Mazzini(178) е най-надежден при дисталните счупвания и валидизирането му за диафизарни фрактури е въпрос само на време.

Разместените фрактури обикновено изискват репозиция след подходяща аналгезия, като някои предлагат интрахематомен блок, регионална интравенозна анестезия, но много по-често – инхалационна или кратка интравенозна анестезия.

### 7.1.1. Пластична деформация

Въпреки, че е позната на ортопедите отдавна, пластичната деформация е подробно описана и разграничена като отделна клинична единица едва след класическите

публикации на *Borden* (26,27). Тази увреда се получава най-често именно при костите на предмишницата в детска възраст. При нея липсва макроскопски забележима фрактурна линия или прекъсване на кортикалиса, но са налице множество микрофрактури по протежение на травматичното огъване. Пластичната деформация може да засегне радиуса, улната или двете кости. Сравнително често се среща комбинацията от пластично деформирана улна и непълна фрактура на радиуса. Според *Demos*(50) в 35% е засегната улната, в 20% - радиуса и в 11% - двете кости. *Mabrey и Fitch* (139) установяват травматично огъната улна в 83% от пациентите и пластично деформиран радиус – в 50%.

Клиниката в някои случаи може да е бедна и за това при съмнения е необходима сравнителна рентгенография на другия крайник. Задължително е включването на съседните стави, за да се изключи евентуална сублуксация или луксация на радиалната глава.

Ключовият момент в лечението на пластичната деформация е ранното ѝ разпознаване. *Borden* и последващите го автори не изключват значението на ремоделиращия потенциал при тези увреди, но изказват съмнения по отношение неговите възможности при по-големи деца. (139,163, 206). При пластичната деформация няма истинска фрактура с фрактурен хематом, липсва периостална реакция с ново костообразуване и ремоделажът е по-малък от очаквания. *Vorlat и DeBoeck* (253) установяват непълно ремоделиране при някои от децата и препоръчват по-агресивен опит за репозиция при всички пациенти с деформация над 10° и възраст над 6 години. Некоригираната деформация при тях може да доведе до трайно ограничение в проно-супинацията поради стесняване на интересалното пространство. Според *Lopez* (136), при децата под 5-6 год. с деформация до 15°-20° може да се разчита на ремоделаж при положение, че няма ограничение в ротациите.

Травматичното изкривяване, което причинява козметично или функционално неприемлива ъглова деформация с ограничена проно-супинация, се препоръчва да бъде коригирано рано и задължително под обща анестезия. Корекцията не е лесна и изисква продължително прилагане на значителна сила чрез поставяне върха на деформацията върху фулкрум и перпендикулярен натиск проксимално и дистално от нея. Чрез този метод *Sanders и Heckman* (206) успяват ефективно да коригират до 85% от ангулацията при 9 от 14 случая, използвайки като фулкрум, увит в кърпа, дървен цилиндър. Те предупреждават, че е необходим значителен натиск в продължение на няколко минути, за да се изправи кривината, и че този натиск не трябва да се прилага директно върху

физите, за да се избегне тяхната увреда. При засягане на двете кости първо се коригира по-деформираната. Ако едната кост е деформирана, а другата счупена, се препоръчва пластично деформираната да се коригира преди наместването на фрактурата. Препоръчаната от авторите имобилизация е във висок гипсов ръкав с 90° флексия и пълна супинация за срок от 6 до 8 седмици, в зависимост от възрастта. (182)

### 7.1.2. Фрактури тип „зелена пръчка”

Непълните фрактури „зелена пръчка” са уникални за детската възраст и са свързани със специфични за тях диагностични и лечебни особености. Те се характеризират с пълна фрактура на единия и пластична деформация на срещуположния кортикалис. Наличието на здрав, но огънат кортикалис и запазен периост от конкавната страна са причина тези фрактури да съчетават в себе си едновременно стабилност и склонност към вторично разместване. (252) Поради характерната си морфология и патомеханика тези фрактури са различни от пълните фрактури и пластичните деформации и затова се наместват и лекуват по различен от тях начин. Въпреки че рентгенографски изглеждат предимно ангулирани, те почти винаги имат ротационно разместване, особено, когато са на различно ниво. *Holdsworth и съавт.* сравняват механизма им с огъването, което се получава при усукване на картонена тръба. За да бъде изправена тръбата е необходимо първо да се коригира усукването. (90) Ангулацията с връх, насочен воларно обикновено е резултат на супинационна увреда, докато фрактурите с дорзален връх се получават при пронация. Най-често клинично изразената ангулация може да бъде коригирана единствено чрез обръщане посоката на ротация. Това означава, че по-честите супинационни увреди (с воларен връх) трябва да се наместват чрез пронация, последвана от триточково моделиране на ангулацията. Воларно огънатите (с дорзален връх) изискват наместване и имобилизация в супинация. *Noonan и Price* (164) предлагат за по-лесна ориентация при репозицията дланта да се ротира в посока на деформацията. При фрактури на двете кости на едно ниво ротационният компонент е минимален и корекцията се извършва чрез манипулативна репозиция и старателно триточково манипулиране. Именно фрактурите „зелена пръчка” илюстрират най-добре известната сентенция на Charnley, че „за да се получи прав крайник е необходим крив гипс”. Той също подчертава склонността на тези фрактури да възвръщат първоначалната си деформация поради „пружиниращото действие” на интактния

кортикалис и периост.(148) Въпреки това, повечето автори са категорични, че тези фрактури могат почти винаги успешно да се лекуват чрез неоперативни методи.

Един от нерешените спорове в литературата и днес е дали непълните фрактури „зелена пръчка” трябва да бъдат умишлено завършвани, т.е. да бъдат превърнати в пълни. Авторите, които препоръчват счупване на здравия кортикалис считат, че ако това не се направи, съществува вероятност от загуба на репозицията и връщане на деформацията.(22,63,97,165,189,199)

Другите предпочитат да запазят и използват присъщата за тези фрактури стабилност, осигурена от интактния кортекс. Те наблягат на важността на ротационната корекция съответно при супинационните и пронационните увреди.(2,8,36,49,56,86,242)

*Davis и Green* (49) препоръчват деротационния подход и установяват 10% честота на вторична реангулация в тяхната серия от фрактури „зелена пръчка”. Сравнявайки това с 25% вторично разместени пълни фрактури, те смятат за неразумно рутинното превръщане на непълните фрактури в пълни и потенциално нестабилни увреди.

*Price* също смята, че умишленото счупване на здравия кортекс е ненужно, но установява, че то често се получава при завършване на репозицията. (180,182)

Допълнителен аргумент в полза на пречупването на здравия кортекс е фактът, че фрактурите „зелена пръчка” са с най-висок риск от рефрактури от всички детски счупвания. Според *Gruber* (79) и *Schwarz* (216) интактният кортекс зараства първично и с малко калус. Неговата релативна стабилност възпрепятства микродвиженията, необходими за периосталното костообразуване и липсата на компресия влошава срастването и разширява фрактурната цепка на срещуположния фрактуриран кортекс. Това води до забавената му консолидация и персистираща механична слабост, което не се наблюдава при пълните фрактури. За да се намали риска от рефрактури, те препоръчват завършване на фрактурата на интактния кортекс по време на репозицията. Другата опция е да се удължи срока на имобилизация в гипс или сменяема шина до пълно ремоделиране на кортекса. Подобна теза поддържат и *Lascombes* (122), *von Laer* (252), *Schmittenebecher* (213) и *Hefti* (82).

В голямо проспективно мултицентрично проучване *Scmuck и съавт.*(214) установяват, че завършването на фрактурите „зелена пръчка” не винаги предотвратява рефрактурите. Въпреки това, то намалява честотата и степента на вторичните размествания при случаи с по-голяма първична ангулация. Според тях, превенцията на рефрактурите трябва да включва рутинно рентгенологично проследяване на 4 – 6 седмица след травмата и продължаване на имобилизацията при данни за частична

консолидация. Според повечето съвременни автори имобилизацията при фрактурите „зелена пръчка” трябва да бъде не по-кратка от 6 – 8 седмици. (265)

### 7.1.3. Пълни фрактури

При пълните фрактури на костите на предмишницата клиничната ситуация е коренно различна от тази при фрактурите „зелена пръчка”. В резултат на по-високо енергийната травма са счупени и двата кортикалиса, периостът е почти циркуферентно скъсан, а понякога има и разкъсвания на интеросалната мембрана. Деформацията се изразява в ангулация, ротация и скъсяване, което определя по-голямата част от тях като нестабилни. Фрагментите са подложени на действието на мускулните сили, които предизвикват различни по степен и посока деформации в зависимост от локализацията на фрактурата. Дисталният фрагмент може да е във всяка една позиция, но тази на проксималния зависи от мускулното теглене. Затова при наместването е необходимо първо да се определи позицията на проксималния фрагмент така, че дисталният да бъде алиниран спрямо него. Изолираните пълни фрактури на едната кост са редки, най-често се причиняват от директна травма и не винаги са лесни за наместване. *Blount* предлага техника, при която здравата кост се използва като лост, за да се възстанови дължината на фрактурираната и след това чрез трансверзален натиск се постига алиниране на костните фрагменти.(22) Пълните счупвания на двете кости са много по-чести и нерядко са с байонетно възсядане на фрагментите. Тяхното наместване изисква продължителна хоризонтална или вертикална тракция с осигурена контратракция. Тракцията има за цел да разтегне меките тъкани, да опъне евентуално интактния периост и да позволи апозиция на костните фрагменти. Според *Davis и Green* продължителната 5-10 минути вертикална тракция чрез „китайски пръсти” и контратежест от 5-6 kg позволява на фрактурата „сама да намери своето собствено ниво на ротация”.(49) В някои случаи се налага деформацията допълнително да се увеличи, за да се преодолее периосталния блокаж и да се „отключат” фрактурните фрагменти, подобно на дисталните фрактури.

Позицията, в която трябва да се имобилизират пълните фрактури на предмишницата е една от най-често дискутираните теми в литературата. На теория, ротационната позиция на предмишницата в гипса засяга ротационното алиниране при пълните фрактури на всички нива. Още *Evans (1951)* оспорва класическите концепции за имобилизация и препоръчва дисталния фрагмент да бъде ротиран в зависимост от

позицията на биципиталния туберозитас на проксималния фрагмент.(56) Той установява, че повечето такива фрактури трябва да бъдат имобилизирани в някаква степен на супинация. *Carey* (32) препоръчва имобилизация на всички фрактури в неутрална позиция без екстремна пронация или супинация. *Boyer* (30) установява, че ротацията на предмишницата в гипса няма сигнификантен ефект върху крайното алиниране при фрактури в дисталната трета. Поради супиниращия ефект на бицепса и м.супинатор, пълните фрактури в проксималната част на радиуса обикновено се имобилизират в супинация, за да може ротацията на дисталния фрагмент да съвпадне с тази на проксималната предмишница. Позицията на имобилизация при счупванията в средната трета често се диктува от това, дали фрактурата на радиуса е дистално или проксимално от инсерцията на м.пронатор терес. Фрактурите проксимално от инсерцията се лекуват най-добре чрез почти пълна супинация на дисталния фрагмент, докато тези, дистално от нея – най-често в неутрална позиция. При по-дисталните фрактури *Herman u Marshall* (86) препоръчват да се избягва пронация повече от 30°-40°, за да се намали риска от загуба на ротация поради контрактура на интересалната мембрана. *Noonan u Price* (164) също поддържат мнението, че пълните фрактури рядко изискват имобилизация в пронация.

След успешна репозиция повечето автори имобилизират крайника в разцепен гипсов ръкав с 90° флексия в лакътната става и с минимално подплатяване. Всички подчертават значението на три-точковото моделиране и старателното оформяне на елипсовидно овален гипс, за да се поддържа ширината на интересалното пространство. Дисталното „подхлъзване” на гипса може да се предотврати чрез оформяне на прав улнарен ръб и супракондилно моделиране. За да противодейства на миграцията, *Rang* препоръчва проксимално окачване на гипса.(189)

Някои автори препоръчват имобилизация с лакът в екстензия при нестабилни пълни фрактури в средната и проксимална трета. Първоначално това е било предложено от *Thorndike u Dimmler* (244), а по-късно и от *Watson-Jones* (259).

*Gainor u Hardy* (70) са сметнали за необходимо да лекуват с лакът в екстензия 8 от техните 130 пациента, тъй като репозицията е била нестабилна във флексия. Според биомеханични проучвания, супинационният момент, упражняван от бицепса е намален когато лакътя е в екстензия. *Walker u Rang* прилагат успешно този метод при 14 деца, 6 от които преди това са били неуспешно лекувани с флектиран лакът. Те смятат, че „късите и пухкави предмишници” при някои малки деца затрудняват ефективното моделиране на гипса във флексия.(256) *Shaer u съавт.*(217) подчертават значението на

супинацията при имобилизация в екстензия и съобщават за отлични резултати при 19 от 20, лекувани по този начин, деца. *Walker u Rang* препоръчват прилагане на бензоин върху кожата, адекватно супракондилно моделиране и гипсиране на палеца в абдукция, за да се предотврати дистална миграция на гипса. На фона на публикуваните клинични резултати, съобщаваните от някои проблеми, свързани с изхлузването на гипса и контрактурите в лакътя, изглеждат преувеличени. Основен проблем на тази техника си остава неудобството и трудното самообслужване при лакът имобилизиран в екстензия. Успешно наместените фрактури се проследяват ежеседмично в първите 2-3 седмици, тъй като загубата на репозиция и евентуалната и корекция са най-вероятни именно тогава. Неприемливи размествания изискват гипсотомия или смяна на гипса с евентуална реманипулация на фрактурата.

*Voto u съавт.*(254) установяват, че 7% от закрито лекуваните от тях фрактури са били с вторично разместване, налагащо реманипулация.

*Davis u Green* (49) съобщават за 25% реангулация при пълните фрактури.

*Kau u съавт.*(112) установяват, че при 64% от пациентите им над 10 год. закритото лечение е било неуспешно, използвайки ангулационния критерий от 10°.

*Thomas u съавт.*(242) отбелязват, че 39% от пациентите им с диафизарни фрактури са имали незадоволителни резултати, дължащи се на ангулация над 10°, загуба на движения или козметична деформация.

*Bowman u съавт.*(2011) в една от най-съвременните серии от консервативно лекувани пълни диафизарни фрактури на предмишницата установяват, че загуба на репозицията са имали 51% от техните 282 пациента. 55% от тях са се разместили до края първата седмица и 95% - до третата седмица. Резултатите от мултивариативния им анализ показват, че с най-висок риск за неуспех от консервативното лечение са били пациентите над 10 год. възраст, тези с проксимални фрактури на радиуса и тези, с първоначална ангулация на улната < 15°.(29)

## 7.2. ОПЕРАТИВНО ЛЕЧЕНИЕ

Поради бързото срастване, възможността за ремоделаж и относителния толеранс към имобилизацията, перфектно извършената закрыта репозиция и гипсова имобилизация си остават „златния стандарт” в лечението на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст. Според повечето автори това лечение е успешно в 80%-85% от случаите.

От литературата, публикувана в последните две десетилетия, става ясно, че нестабилните фрактури с пълно разместване на едната или двете кости не са толкова безпроблемни, дори и когато са лекувани от най-опитните.

Въпреки многото спорове, максимално приемливата остатъчна деформация при неоперативно лечение вероятно е по-малка, отколкото традиционно се счита. Това се отнася в най-голяма степен за децата над 8-10 год. с пълни фрактури в средната и проксимална трета на предмишницата. Повечето съвременни автори са на мнение, че ангулации над 10°, стесняване на интересалното пространство, невъзстановена радиална дъга и некоригирана ротация водят често до незадоволителни функционални резултати с трайно ограничение на проно-супинацията.

Загубата на първоначалната репозиция при добре наместена и алинирана фрактура е проблем, който се среща при 7% до 64% от случаите. (17,29,33,36,49,101,112,161,219,250,254)

Според Voto (254) повторната репозиция може да бъде успешна до 24 дни след счупването. Реманипулацията без някаква форма на допълнителна вътрешна или външна фиксация може да реалинира фрактурата, но не и да ликвидира причините за нестабилността, които са предизвикали загубата на първоначалната фрактурна позиция. Относително високият риск от не перфектен резултат, необходимостта от неколkokратни репозиции и чести рентгенови контроли, продължителната имобилизация при подрастващите и откъсването от учебно-образователния процес са обстоятелства, които карат все повече съвременни автори да възприемат един по-диференциран и донякъде по-агресивен подход. (51,98,124, 213,231)

Без съмнение, при откритите фрактури, изискващи хирургичен дебридман, вътрешната фиксация улеснява лечението на мекотъканния компонент от увредата. (80,164,271)

По подобни причини компартмънт синдромът, множествената травма или мекотъканният интерпозиум могат да бъдат първична индикация за оперативно лечение. (69,73,74,85,115,202,268)

Често срещаните рефрактури на предмишницата, въпреки че могат да бъдат лекувани неоперативно, налагат повторна продължителна имобилизация, която може да бъде избегната ако се приложи вътрешна фиксация. (28,121,122,123,146,213,216,261)

Счупванията на предмишницата при подрастващи след 14 год. също най-често изискват оперативно лечение за постигането на приемливи резултати.

Усъвършенстването на известните и въвеждането на нови мини-инвазивни хирургични техники, наличието на по-малки и флексибилни импланти, развитието на модерната

анестезия и интраоперативния рентгеноскопичен контрол, повишените изисквания на родителите за бърз и перфектен резултат са фактори, които доведоха до промяна в лечебната философия и въвеждането на нови стандарти.

През последните години в световната детска травматологична практика се очертава една явна и стабилна тенденция към разширяване на индикациите за оперативно лечение при диафизарните фрактури на предмишницата, особено тези с пълно разместване на двете кости в средната и проксимална трета.

Показанията най-често включват:

- открити фрактури
- ненаместими фрактури поради мекотъканен интерпозиум
- първично нестабилни фрактури с невъзможност за постигане и задържане на адекватна репозиция
- вторична дислокация след консервативно лечение и ангулация  $>10^\circ$  при деца над 8-10 год.
- множествени ипсилатерални увреди – “плаващ лакът”
- фрактури със съдово-нервни увреди и/или компартмънт синдром
- рефрактури и патологични фрактури

### 7.2.1. Трансфиксационен гипс

*Voto и съавт.* (255) предлагат използването на тази техника (“pins and plaster”) при 20 фрактури на предмишницата след неуспех в постигането на задоволителна репозиция. Една Щайнманова или Киршнерова игла е била поставяна в шийката на I или II метакарпална кост, а другата – трансверзално в проксималната улна. След постигане на репозиция чрез тракция иглите са били инкорпорирани в гипса. Всички пациенти са постигнали задоволителни резултати и без усложнения. Впоследствие *Jones и Weiner*(101) потвърждават полезността на техниката при други 12 случая. Въпреки наличието на две повърхностни инфекции и два случая с ограничени движения, авторите оценяват метода като добра алтернатива при нестабилни фрактури и призовават за максимален консерватизъм при лечението им. През 2004 *Duncan и Weiner* обобщават ретроспективно данните от предишните две серии като според тях са постигнати отлични клинични и рентгенологични резултати.(55) Трябва да се отбележи, че трите публикации са от един и същ център и в литературата липсват

резултати от други подобни серии. В наши дни методът се споменава като „исторически” и като пример за „консервативно оперативно” лечение.

### 7.2.2. Външен фиксатор

Индикациите за приложение на външна фиксация са малко и са подобни на тези, при възрастните. Тя се използва само при тежки открити увреди, свързани с тежка контаминация, мекотъканна загуба, силно раздробени фрактури или сегментен костен дефект, които изключват употребата на други импланти. Външният фиксатор най-често се използва за временна стабилизация, докато състоянието на меките тъкани позволи конверсия към други импланти и много рядко - като самостоятелен дефинитивен метод за лечение при детските счупвания на предмишницата. (83,86)

В последните пет години *Schmittenebeher* (213), *Lieber и съавт.*(128,129,130) и други членове на АО-групата от Европа предлагат използването на малък едностранен външен фиксатор като алтернатива на интрамедуларната остеосинтеза и фиксацията с плака при нестабилни фрактури в дисталния мета-диафизарен преход на радиуса.

### 7.2.3. Открита репозиция и фиксация с плаки

Фиксацията с плаки при нестабилни фрактури на предмишницата при по-големи деца е съобщавана от не малко автори с различен успех.(8,112,161,168,243,248,271)

*Nielsen и Simonsen*(1984) в една от ранните серии съобщават резултатите от вътрешната фиксация при 29 деца след неуспешно неоперативно лечение.(161) Авторите са използвали динамични компресионни и 1/3 тубуларни плаки, прилагайки стандартната АО-техника с фиксация на шест кортекса над и под фрактурата. Всички фрактури са достигнали срастване и никой от пациентите не е имал ограничение в движенията повече от 20°. Като усложнения са отчетени една дълбока инфекция, една рефрактура след отстраняване на плаката, две сензорни невропатии и 8 келоидни цикатрикса. Авторите отчитат среден свръхрастеж от 2.4 mm при фиксираните кости, в резултат на който 56% от пациентите са имали разлика в линейния растеж между радиуса и улната на засегнатата предмишница, въпреки, че това не е повлияло на функционалния резултат. В заключение, те считат, че вътрешната фиксация с АО плаки е за предпочитане след неуспешна открита репозиция или когато вторичното разместване не може да бъде коригирано с нежна реманипулация.(161)

*Vainionpää и съавт. (1987)* прилагат остеосинтеза с плаки при 10 от 14 пациента на възраст между 7 и 14 год.(248)Отчитайки тежестта на фрактурите, те определят резултатите си като добри и задоволителни въпреки, че 8 от пациентите са имали ограничния в проно-супинацията между 10° и 50°.Като усложнения са споменати една рефрактура и два случая с лош козметичен резултат.

*Wyrsh и съавт.(1996)* използват 3.5 mm и 2.7 mm-динамично-компресионни и 1/3-тубуларни плаки при 23 пациента, 10 от които са били с открити фрактури.(271)Те установяват, че при децата фиксацията с по два винта от двете страни на фрактурата най-често е достатъчно ефективна. Повечето от пациентите са имали напълно възстановен обем движения и среден срок на срастване от 3.5 мес. Отчетени са две сериозни усложнения – едно несрастване и една радио-улнарна синостоза.

*Ortega и съавт.(1996)* прилагат малки компресивни АО-плаки при 8 от 17 фрактури на деца под 13 год. възраст, при които се е наложила вътрешна фиксация. Авторите подчертават, че страхът от „лоши резултати не трябва да е извинение за неизвършване на откритата репозиция и вътрешна фиксация, когато има показания за това”. Освен това, ранната интервенция при лошо наместени фрактури, според тях, би могла да предотврати необходимостта от по-късни коригиращи остеотомии, които са свързани с висока честота на усложнения.(168)

Фиксацията с плаки и винтове може да е по-подходяща при диафизарни фрактури с давност или късна ангулация, когато фрактурният калус прави закритото наместване или интрамедуларната фиксация трудни или невъзможни. По същите причини *Price* (183) и *Creasman* (42) препоръчват използването на компресивни плаки при диафизарни рефрактури предишницата, при които медуларният канал често е непроходим.

Други възможни индикации са фрактури с тежко раздробяване, забавено срастване или несрастване, както и неправилно срастване с необходимост от остеотомия.

Принципите, оперативните достъпи и техниките на вътрешната фиксация с плаки са същите като при възрастните, с тази разлика, че обикновено се използват по-малки по размер импланти (2.7 mm компресионни или 1/3 тубуларни плаки) и по-малко на брой винтове.

Основните предимства на тази техника са възможността за по-анатомична и стабилна корекция на ъгловите и ротаторни деформации и механична стабилност, позволяваща сравнително ранно раздвижване. Добре поставената плака дава възможност за

максимално възстановяване на радиалната дъга за разлика от неконтурираните интрамедуларни импланти.

Наред с това откритата репозиция и фиксацията с плака е съпроводена с относително висок риск от усложнения - от 10% до 40%. (16,88,119,120,235)

Необходимостта от големи инцизии и екстензивна мекотъканна дисекция повишава риска от инфекция, забавено срастване, мекотъканни фибрози, радио-улнарна синостоза и ограничени движения. В последните години все по-голямо внимание се отделя и на не винаги козметично приемливите цикатрикси.(58)

В резултат на това, някои автори дори препоръчват фиксиране само на едната кост ако другата остава стабилна след закрыта репозиция.

*Bhaskar u Roberts (2001)* сравняват 20 деца с фиксация на двете кости и 12 с фиксация само на улната и закрыта манипулация на радиуса, когато това е възможно.(16)

Въпреки, че двете групи са постигнали еднакво добри функционални резултати, в случаите с фиксация на двете кости са отбелязани сигнификантно (40% срещу 0%) повече усложнения (повърхностна и дълбока инфекция, мускулни, сензорни и моторни нервни увреди). Допълнително предимство според авторите е и съкратеното оперативно време при фиксация само на едната кост.

*Flynn u Waters (1996)* предпочитат поставяне на плака на радиуса когато закрытата репозиция се окаже невъзможна.(65)

Отстраняването на плаките изисква втора голяма интервенция, което не винаги е безобидна процедура. Често съобщавани усложнения са рефрактурите и ятрогенната увреда на нерви. (161,248)

Поради това, все повече са авторите, които не препоръчват рутинното отстраняване на плаките, освен ако не причиняват дискомфорт. (15,106,152,174,201,210)

#### **7.2.4. Еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС)**

В последните години като основен оперативен метод за стабилизация на нестабилните диафизарни фрактури на предмишницата се налага интрамедуларната остеосинтеза с флексибилни титанови или преконтурирани стоманени игли.

Основните принципи и детайлите в оперативната техника са разработени от школата в Nancy в началото на 80-те години под ръководството на J.P.Metaizeau, J.Prevot, J.N.

Ligier и P.Lascombes, които я наричат **Embrochage Centromedullaire Elastique Stable (ECMES)**. (123,132,133,134,151)

По-късно, благодарение на *Parsch* (171), става ясно, че подобна техника преди тях е описана през 1977 от екип в Севиля, Испания, воден от Morote Jurado и Pérez Sicilia и приложена при 100 фрактури на предмишницата.(173)

Тук, за разлика от другите локализации, при които се прилага ЕИМОС, се поставя по един имплант във всяка кост. Диаметърът му е между 40% до 2/3 от диаметъра на медуларния канал. Инсерцията в улната може да бъде от проксимално или дистално, докато при радиуса винаги се използва ретроградна техника.

Възможни са три инсерционни точки в областта на дисталния радиус. Най-често използваният и предпочитан от авторите на оригиналната техника, е латералният достъп, 10-20mm проксимално от физата. (123,124,151) При него е необходимо повишено внимание и протекция на сензорните клончета на радиалния нерв. За да избегнат риска от увредата му, някои автори предпочитат дорзалния достъп в областта на tuberculum Listeri (51,128,213). Той, от своя страна, е свързан с опасност от късна руптура на екстензорни сухожилия. В някои специални ситуации, особено при подистално разположени фрактури, е възможна и дорзо-улнарна инсерция между четвъртия и петия екстензорен компартмент.(12)

Антеградната фиксация на улната може да бъде транскутанна – през апофизата на олекранона. Въпреки, че е технически по-лесна, тя е свързана с повече мекотъканни проблеми, затруднява ранното раздвижване и често налага преждевременното отстраняване на иглата. Затова повечето съвременни автори предпочитат инсерцията в задно-латералната част на олекранона, дистално от апофизата и между влакната на м.анконеус.*Verstreken* (1988) предлага ретроградно въвеждане през дисталната метафиза на улната, което е по-удобно за оператора и според автора позволява почти незабавно следоперативно раздвижване.(250)

Предварително огънатите игли се въвеждат интрамедуларно под рентгенов контрол и след закрыта репозиция, подпомогната допълнително от закривения им връх се придвижват и забиват в спонгиозата на отдалечената метафиза. Изключително важна е ротацията и финалната ориентация на имплантите, така че кривините им да бъдат една срещу друга. Доброто преконтуриране и ориентиране на пилона е основна предпоставка за възстановяване на радиалната дъга и увеличаване на стабилността на конструкцията. Принципът на еластичната фиксация се осъществява от предварително огънатият пирон или игла, които действат като вътрешна шина и са в контакт с медуларния канал в три

точки ( в двата им края и на върха на конвекситета им). Създадената по този начин “три-точкова пресионна система”(123), дистрахира радиуса от улната, изпъва интересалната мембрана и увеличава значително стабилността. Репозицията “край с край” и дебелият периост спомагат допълнително за ротационната стабилност.

Флексибилността на имплантите позволява минимални движения във фрактурното място, превръщайки срязващите сили в тракционно-компресионни и осигурява оптимално развитие на солиден външен калус (60). Ранната мобилизация предотвратява фиброзирането на меките тъкани и поддържа нормална васкуларизация на мускулите и адекватна оксигенация, което допълнително ускорява консолидацията. Сравнена с откритата репозиция и фиксацията с плаки, предимствата на ЕИМОС са в бързото и стабилно костно срастване, дори и при откритите фрактури, без синостози, несрастване, инфекции и по-ниска честота на рефрактури. Ограниченията в проно-супинацията обикновено са минимални и напълно сравними с тези, описани при консервативното лечение. Процедурата е минимално инвазивна, с малки инцизии и отлична козметика, с краткотрайна продължителност и лесно отстраняване на имплантите. В случаите на ненаместими фрактури поради мекотъканен интерпозиум може да се прибегне до открит репозиция през малък щадящ кожен разрез. Това се налага в различен процент от случаите ( от 6% до 76%) и често е за предпочитане пред многократните опити за закрыта репозиция, носещи риск от мекотъканни увреди и компартмент синдром.

Редица автори оставят имплантите да проминират над кожата с цел, по-лесното им отстраняване. (9,44,63,117,125,185,258,277,278) Това обаче налага прилагането на пост-оперативна имобилизация за 6-8 седмици с последваща ранна екстракция. Някои дори препоръчват допълнителна имобилизация след това, за да се намали риска от рефрактури. Това до известна степен компрометира функционалните предимства на ЕСИМО и затова повечето съвременни автори, предимно от Европа, се придържат по-стриктно към детайлите в оригиналната техника. (51,109,123,124,128,151,171,192,213,219,231) Скъсяването и погребването на имплантите под кожата намалява риска от инфекция и позволява ранна мобилизация и по-бързо функционално възстановяване. Срокът на постоперативната имобилизация варира при различните автори – от липсата на такава и незабавно раздвижване до 6-8 седмици, както при консервативното лечение. При импланти, оставени подкожно, отстраняването им може да бъде извършено обикновено след третия месец, при наличието на солиден периостален калус и пълна облитерация на фрактурните линии.

Според *Lascombes* това трябва да се извърши не по-рано от 6-ия месец, за да се намали вероятността от получаване на рефрактури.(123,124)

В последните две десетилетия редица автори са публикували резултатите от приложението на интрамедуларна остеосинтеза при фрактури на предмишницата.

*Amit (1985)* описва опита си от лечението на 20 нестабилни диафизарни фрактури на предмишницата при адолесцентни пациенти, лекувани със закрыта интрамедуларна фиксация.(10) Всички фрактури са постигнали срастване за 6 седмици. Усложнения от типа на синостози, несрастване, инфекция, рефрактура или сигнификантен дефицит в обема на движенията не са наблюдавани. Авторът препоръчва тази техника вместо фиксацията с плаки поради акуратността на репозицията, намалената честота на усложнения, добрия козметичен резултат и безпроблемното отстраняване на имплантите.

*Verstreken (1988)* прилага интрамедуларна фиксация с ретроградна инсерция през дистален достъп за двете кости на предмишницата при 6 деца след неуспешно консервативно лечение. Тази модификация на техниката, според автора, е по-удобна за оператора и по-комфортна за пациента, поради липсата на дразнене в областта на лакътя. Освен това позволява незабавна мобилизация на крайника. Костно срастване е постигнато бързо и пациентите са се върнали към спортни занимания 2 месеца след травмата, с пълен обем движения и без отчетени усложнения.(250)

През 1990 *Lascombes* публикува първата голяма серия от пациенти, лекувани с класическата техника на ЕИМОС от екипа в Nancy между 1980 и 1987 год.(123) Представени са резултатите от 85 фрактури при пациенти на възраст между 4 и 16 години. При по-голямата част от тях е позволявана ранна мобилизация след 2-3 седмици. При средно проследяване от 3 год. и 6 мес.(9 мес. до 8 год.) са отчетени 92% отлични резултати с напълно възстановен обем движения, като само един пациент е имал  $>30^\circ$  загуба в ротациите. Не са наблюдавани инфекции, несраствания или синостози. Отбелязани са някои усложнения – сензорна невропатия на радиалния нерв, 9 случая на кожна иритация над края на пироните, 4 минимални вторични ангулации  $<10^\circ$  и три рефрактури след по-ранно отстраняване на пироните. Подробно са описани детайлите в техниката, необходимостта от преконтуриране и правилна ориентация на пироните и са изтъкнати предимствата на ЕИМОС в сравнение с откритата репозиция и фиксация с плаки. Поради това, че *Lascombes и съавт.* не приемат теориите за ремоделиране на неправилно срастналите диафизарни фрактури, те препоръчват

еластичната стабилна интрамедуларна остеосинтеза при всички деца на 10 год. с разместени диафизарни фрактури и при по-малки – след неуспешно консервативно лечение.(123)

Няколко години по-късно *Prevot и съавт.*(1995) докладват 125 фрактури при 122 деца, лекувани с ЕИМОС на предмишницата.(179) Хирургичните индикации са включвали нестабилни фрактури (26%), неуспешно консервативно лечение(18%), рефрактури(12%) и първично оперативно лечение при подрастващи(42%).Средната възраст е била 10 год.Използвани са преконтурирани стоманени игли с диаметър 1.5 – 3.0 mm. Открита репозиция с минимален достъп е била необходима при 10% от случаите. Следоперативно е била поставяна митела и е позволявано ранно раздвижване. След една година при 98% от пациентите разликата в обема движения е била не повече от 20°, в сравнение със здравата страна. Поради отличните резултати и ниската честота на усложнения авторите също препоръчват ЕИМОС при повечето деца над 10 год. и при по-малките, когато консервативното лечение е неуспешно.(179)

*Stanley и Wilkins* (1995) са едни от първите автори в САЩ, които представят серия от 50 пациента в детска възраст, лекувани чрез закрыта репозиция и перкутанна интрамедуларна фиксация чрез Киршнерови игли. (234) Всички фрактури са сраснали за около 8 седмици. Съобщените усложнения са една инфекция (овладяна след антибиотична терапия и изваждане на иглата) и една увреда на повърхностния клон на радиалния нерв. Не са наблюдавани вторични дислокации и дългосрочни ограничения в движенията на предмишницата. Въпреки, че не приема изцяло препоръките на френските автори, *Wilkins* смята, че интрамедуларната фиксация е необходима и полезна при лечението на открити фрактури, при закрыти счупвания на предмишницата, придружени от значителен оток и с опасност от компартмент синдром, при рефрактури и при пациенти с ипсилатерални супракондилни фрактури на хумеруса.(266)

*Gates и съавт.*(1995) докладват за 15 пациента с фрактури на предмишницата, на които е приложена интрамедуларна фиксация на едната или двете кости с игли на *Steinmann*.(72) Фрактурите са сраснали за 7 седм. и иглите са отстранени амбулаторно.Не са отчетени инфекции, ангулации, рефрактури или значим ротационен дефицит. Авторите стигат до заключението, че тази техника е безопасна, ефективна и предотвратява загубата на репозиция. Според тях, тя е показана основно при деца над 10 год. с нестабилни счупвания.

*Richter и съавт.(1998)* използват титанови еластични пирони за стабилизацията на 30 диафизарни фрактури при деца на възраст между 4 и 14 год.(192) При повече от половината оперативното лечение е приложено първично, поради явна нестабилност на фрактурата, със средно оперативно време от 33.5 min. При 5 от случаите се е наложила открита репозиция през минимален достъп. При 2/3 от пациентите е използвана постоперативна имобилизация за 2-3 седмици, а останалите 10 се лекувани функционално с ранно раздвижване. Шест месеца по-късно са отчетени 24 отлични и 5 добри резултата без ангулации  $>5^\circ$  и без сериозни усложнения, с изключение на едно забавено срастване, което не изисквало допълнителна интервенция. Въз основа на получените резултати, авторите препоръчват ЕИМОС при нестабилни счупвания в средната и проксимална част на диафизата, при рефрактури и при лечението на всички, вторично разместени след консервативно лечение, фрактури.

*Luhman и съавт.(1998)* също постигат отлични и добри резултати с интрамедуларна фиксация при всички 25 пациента в тяхната серия с нестабилни диафизарни фрактури, 10 от които са били открити от I и II степен по Gustilo. 2/3 от пациентите са възстановили напълно ротациите на предмишницата, останалите 8 са били с минимални ограничения в пронацията и супинацията. Въпреки няколко преходни усложнения и едно забавено срастване (след открита фрактура) авторите потвърждават безопасността и надеждността на техниката при наличие на фрактурна нестабилност.(137)

С цел, да намалят оперативната травма, хирургичното време и потенциалните рискове, *Flynn и Waters (1996)* предлагат фиксация само на едната кост (по-често-улната), ако другата фрактура е относително стабилна и позволява задържане с гипсова имобилизация. С тази модификация на техниката те постигат отлични резултати при 10 пациента с интрамедуларна фиксация и 7 - с плака само на едната кост.(65)

*Bhaskar и Roberts (2001)* не откриват разлика във функционалния резултат, обема движения и остатъчните ангулации при 20 деца с плаки на двете кости и 12 – с фиксация само на улната.(16) Те стигат до извода, че ако репозицията и фиксацията на улнарната фрактура възстанови приемливото алиниране на радиуса, неговото фиксиране би могло да се избегне. *Kirkos и съавт.(2000)* съобщават за отлични резултати при 50 пациента на средна възраст 11 год. с нестабилни диафизарни фрактури на двете кости, които са били лекувани с поставяне на плака само на радиуса, тъй като той е по-важната във функционално отношение кост.(114)

*Myers и съавт.*(2004) прилагат интрамедуларна еластична фиксация на радиуса или на улната при 25, и на двете кости при други 25 пациента с фрактури на предмишницата.(159) Те предлагат собствен алгоритъм, според който първо фиксират костта с по-голямо първоначално разместване. След това тестват клинично и под рентген стабилността. Ако двете кости останат добре алинирани и стабилни е прилагана гипсова имобилизация без фиксация на другата кост. В противен случай, тя също е била стабилизирана интрамедуларно. Постигнатите от тях функционални резултати и в двете групи са били идентични. Подобна тактика с добри резултати прилагат и *Yung* (277) и *Houshian* (94). *Alnaib* (2011) в серията си от 29 пациента също потвърждава, че фиксирането само на радиуса може да е достатъчно ефективно в много от случаите със счупвания на двете кости.(6)

Други автори, обаче, оспорват предимствата и сигурността на единичната фиксация при фрактури на двете кости. *Cullen* съобщава за реангулации, налагащи реоперация при двама от 10 пациента с фиксация на едната кост.(44) Подобно на него, *Shoemaker* докладва за три от 11 случая с късна загуба на репозиция. (219) В серията на *Yung* 5 от фрактурите са зараснали с ангулация от 10° до 15°. (278) *Kapoor* също съобщава за 3 пациента с реангулация, единият от които е лекуван допълнително с коригираща остеотомия.(109)

*Lee и съавт.* (2002) сравняват резултатите при 24 пациента с фиксация на двете кости, 3 – с фиксация само на радиуса и 22 - с фиксация на улната. Всички фрактури от първите две групи (двете кости или само радиуса) са сраснали с по-малко от 5° ангулация. Прогресивна реангулация на нефиксираната радиална фрактура е наблюдавана при 7 от 22 случая с изолирана фиксация на улната. При 4 от тях се е наложила реманипулация и смяна на гипса и при двама се е стигнало до реоперация и допълнително стабилизиране на радиуса. В един от случаите е отчетена 25° ангулация.(125)

*Dietz и съавт.* (2010), анализирайки резултатите при 38 пациента с изолирана интрамедуларна фиксация на улната, откриват при 11(29%) от тях ангулации между 10° и 20° и двама с деформация над 20°, което е наложило допълнителна интервенция. Според тях, рискът от вторична загуба на репозиция е по-висок при откритите фрактури и при по-големите или адолесцентни пациенти.(52)

Въпреки различните мнения в литературата, днес повечето автори смятат, че при интрамедуларната фиксация на едната от костите, рискът от вторично разместване на другата е сравнително висок. Поради това, те поддържат становището за необходимост

от стабилизация на радиуса и улната, дори едната от фрактурите да е относително стабилна. (51,104,109,124,128)

Както беше споменато, болшинството от авторите използват метафизарна инсерция на имплантите, за да предпазят растежните зони от увреждане. Въпреки това, някои предлагат трансфизеална интрамедуларна фиксация с К-игли за радиуса (219,277,278) или улната. (10,63,65,125,137,185,187,219) Клиничните проучвания не показват наличие на трайни увреждания и нарушения в растежа, но подобна практика подлага на ненужен риск физите, още повече, че липсват никакви особени технически преимущества при трансфизеалната инсерция (особено на радиуса). (147)

Специфичният тип импланти, които се използват при ЕИМОС на предмишницата, изглежда е от по-малко значение за успеха на техниката при условие, че са спазени основните и принципи – фиксация на двете кости, предварително контурирани, с подходящ размер и правилно ориентирани импланти. Еднакво добри резултати са постигнати, както с титанови пирони (78,96,123,128,192,250), така и със стоманени игли (137,186,219,258,278).

*Calder* (2003) сравнява фиксацията с Киршнерови игли или титанови еластични пирони при пациенти с диафизарни фрактури на предмишницата.(31) И двете групи са постигнали отлични резултати с малко по-висок процент усложнения в първата. Въпреки някои теоретични предимства на титановите пирони, авторите не успяват да демонстрират сигнификантна разлика в резултатите. Подобно на тях, *Majed и съавт.* (2007), сравнявайки Nancу-пироните със стандартни К-игли, не откриват разлика в честотата на усложненията и процента отлични резултати.(140) Поради факта, че титановите импланти са многократно по-скъпи и не винаги достъпни във всяка клиника, при тяхната липса авторите препоръчват използването на К-игли за ефективно постигане на триточкова интрамедуларна фиксация. И накрая, самият *Lascombes* (2010) в последните години счита, че стоманените флексибилни пирони са по-подходящи от титановите при фрактури на предмишницата. Според него свръхеластичността на титановите импланти с по-малък диаметър може да затрудни инсерцията, особено при рефрактури, при които има стесняване или запушване на медуларния канал.(124)

В последните години редица автори сравняват резултатите, проблемите и усложненията при нестабилни диафизарни фрактури на предмишницата, лекувани с интрамедуларна остеосинтеза спрямо тези, при които е приложена открита репозиция и фиксация с компресивни плаки.

Пръв *Van der Reis и съавт.(1998)* сравняват ретроспективно 18 пациента с интрамедуларна флексибилна фиксация и 23 деца, стабилизирани чрез плаки. (249) Индикациите за оперативно лечение са били открити, ненаместими и/или нестабилни диафизарни фрактури при деца със средна възраст 10 год.(5-15). И в двете групи са постигнати 78% отлични резултати. Функционалният изход, честотата на срастване и процента усложнения са били статистически идентични. За разлика от остеосинтезата с плаки, интрамедуларната фиксация е била свързана с по-кратко оперативно време, минимална мекотъканна дисекция, по-лесно отстраняване на имплантите и по-ранно възстановяване на движенията след премахването им. Допълнително предимство е и отличният козметичен резултат.

*Cockshott(2004)* открива при пациентите с плаки по-голяма честота на рефрактури, неправилно срастване, хипертрофични цикатрикси, инфекции и съдово-нервни усложнения.(41)

*Smith и съавт.(2005)* сравняват трите основни лечебни метода при нестабилни диафизарни фрактури на предмишницата – закрыта репозиция и гипсова имобилизация, открита репозиция и остеосинтеза с плака и интрамедуларна фиксация.(232) Анализът на усложненията показва много по-ниска честота при консервативното (5%) в сравнение с оперативното лечение(39%). Интрамедуларната фиксация е била свързана с малко по-висок процент усложнения от синтезата с плаки, но повечето от тях са били малки и бързо преходни, свързани основно с мекотъканно дразнене от имплантите. От друга страна, пациентите с плаки са имали повече големи и трайни усложнения, често изискващи допълнителна интервенция.

*Fernandez и съавт.(2005)* също постигат сходни функционални резултати в тяхното сравнително проучване на 64 деца, лекувани по един от двата метода. (58) Остеосинтезата с плаки е била свързана с по-лоши резултати по отношение инвазивност, оперативно време, брой и времетраене на хоспитализациите и козметичен резултат. Според авторите ЕИМОС е по-безопасна, минимално инвазивна и съобразена с децата техника, която позволява ранна мобилизация и постига отличен функционален и козметичен резултат. До подобни заключения в техните серии, публикувани в последните години достигат и *Reinhardt (2008)*, *Kose (2008)*, *Ozkaya (2008)*, *Teoh (2009)* и *Shah (2010)*. (116,169,190,218,240)

Подобно на всяка друга оперативна техника, ЕИМОС при диафизарни фрактури на предмишницата също не е лишена от възможни по-леки или по-сериозни усложнения.

Още в първата голяма серия на *Lascombes* от 85 фрактури с 92% отлични резултати са отбелязани сензорна невропатия на радиалния нерв, 9 случая на кожна иритация, 4 минимални вторични ангулации  $<10^\circ$  и три рефрактури след по-ранно (преди 4-ия месец) отстраняване на пироните.(123)

*Cullen и съавт* (44) съобщават за 18 усложнения при 10 от общо 20 пациента, на които е приложена интрамедуларна фиксация на предмишнични фрактури. Описаните проблеми са били миграция на импланти, вторично разместване, повторна интервенция, нервна увреда, ограничени движения, синостоза, мускулен интерпозиум и забавено срастване. Въпреки сравнително големият им брой, който най-вероятно е свързан с първоначалното натрупване на опит, 95% от пациентите са били с отличен( $n=17$ ) и добър( $n=2$ ) краен резултат. Авторите подчертават необходимостта от фиксиране на двете кости на предмишницата, както препоръчва и *Lascombes* в оригиналната техника.

Подобно на тях, *Shoemaker и съавт.* отчитат 9 усложнения при 8 от общо 32 пациента. Въпреки тях, 31 пациента са имали отлични и един е бил с добър резултат. Двете инфекции в серията са се дължали на оставени над кожата К-игли. Всички случаи със загуба на репозиция са били при фиксация само на едната кост и по-ранно отстраняване на иглите. Подчертавайки важността на детайлите в техниката, авторите препоръчват погребване на иглите под кожата за най-малко 3 до 5 мес. и стабилизиране винаги на двете кости на предмишницата. (219)

*Jubel и съавт.* (2005) отчитат постоперативни проблеми и усложнения при 19.6% от 51 пациента в тяхната серия. Най-честият проблем е бил мекотъканната иритация около инсерционните места на пироните, наблюдаван при 8 пациента, при 3 от които се е наложило допълнително скъсяване на импланта. За да избегнат това, авторите препоръчват адекватна по размер инцизия (1-2 cm) и късо отрязване на пироните, така че да потънат в медуларния канал. В два от случаите е наблюдавана временна невропраксия на радиалния нерв след латерален достъп до дисталния радиус. При четири пациента е отчетен минимален ротационен дефицит от  $10^\circ$  до  $30^\circ$ . Въпреки няколко усложнения, авторите подчертават безопасността и ефективността на ЕИМОС, като отбелязват, че индикациите за приложението ѝ трябва да зависят от стабилността на фрактурата, а не от възрастта на пациента.(104)

За да анализират проблемите и усложненията, свързани с приложението на ЕИМОС при фрактури на предмишницата, *Lieber и съавт.* публикуват през 2005 резултатите от мултицентрично проучване, обхващащо 163 фрактури, лекувани в четири големи

референтни за АО клиники от Австрия, Германия и Швейцария. ( 128 ) Средната възраст на пациентите е била 9.5 год. 83.4% са били пълните диафизарни фрактури, а 9.8% са били с фрактури тип „зелена пръчка”. Най-чести са били напречните (73.6%) и косите (22.7%) фрактурни типове. 79% от пациентите са оперирани първично-дефинитивно и 18.5% - след неуспех на първоначалното консервативно лечение. Титанови еластични пирони са използвани при 59% от пациентите, а в останалите случаи имплантите са били стоманени. Най-често радиусът е бил стабилизиран през дорзален достъп, а улната – антеградно през задно-латерален метафизарен портал. При анализа на резултатите авторите разграничават „постоперативни проблеми” (ранева инфекция, мекотъканна иритация, кожна перфорация от края на пилона) от истинските „усложнения” (ятрогенни нервни и сухожилни лезии, вторични ангулации, рефрактури, забавено срастване или несрастване). Отчетени са 17 (10.4%) усложнения. Най-чести (6 на брой) са били вторичните сухожилни лезии на екстензорни сухожилия, свързани с използвания дорзален достъп. Четири от пациентите са получили рефрактури с импланти *in situ* и са били лекувани успешно със закрыта репозиция. Три (1.8%) са били с вторични ангулации над 10°, две от тях – с фрактури в диафизарно-метафизарния преход. Два са били случаите на забавено срастване. Като постоперативни проблеми (3.0%) са отчетени 3 мекотъканни иритации или кожни перфорации и две преходни раневи инфекции. За да се избегнат ятрогенните нервни и сухожилни увреди, авторите препоръчват малко по-дълъг разрез и визуализация на нерва при латералния достъп и отрязване на пилона извън сухожилния компартмънт със специален гладко срязващ инструмент, при дорзалната инсерция. Резултатите на това европейско мултицентрично проучване показват, че ЕИМОС е една често прилагана и утвърдена техника с ясни индикации и доказана ефективност. Тя е свързана с някои специфични проблеми и усложнения, повечето от които могат да бъдат избегнати с прецизирането на техниката и ползването на подходящ инструментариум. (128)

*Yuan и съавт. (2004)* обръщат внимание на факта, че в тяхната серия от 80 фрактури са регистрирани 6 (7.5%) случая на компартмънт синдром след интрамедуларна фиксация на предмишницата. (276) Те свързват това с многократните опити за преминаване на пироните през фрактурата и допълнителната мекотъканна травма в стремежа им за постигане на закрыта репозиция на всяка цена. Затова препоръчват по-ранно преминаване към открита репозиция при затруднения и риск от увеличено оперативно и рентгеново време.

*Fernandez и съавт.* през 2010 представят най-голямата публикувана досега ретроспективна серия от 553 деца, лекувани с ЕИМОС по повод фрактури на предмишницата за период от 17 години в Stuttgart, Германия.(59) Техният мащабен ретроспективен анализ е фокусиран специално върху проблемите и усложненията, свързани с прилагането на техниката. Отчетени са общо 81 усложнения, съставляващи 14.6% от случаите. Отбелязани са 5 (0.9%) повърхностни раневи инфекции, един случай (0.2%) на остеомиелит след открита фрактура, 7 (1.3%) деца с несрастване на улната, 14 (2.5%) деца със забавено срастване, 6 случая на загуба на репозицията, 15 (2.7%) деца с лезия на повърхностния радиален нерв, едно грешно параосално поставяне на иглата, 5 случая на кожна перфорация от импланта и 27 (4.9%) деца с рефрактури, 14 от които – с все още неотстранени импланти.

Авторите достигат до заключението, че повечето от усложненията са свързани с неправилно използване на метода и negliжиране на основните биомеханични принципи на техниката, за което е отговорен най-вече хирурга. Според тях, разширяването на индикациите към по-проблемни зони като дисталната диафиза на радиуса е вероятна причина за повече усложнения. От друга страна, някои от усложненията (напр. рефрактурите) са до голяма степен неизбежни. Въпреки някои малки рискове, те смятат, че ЕИМОС трябва да остане стандартно лечение за диафизарните фрактури на предмишницата, тъй като води до много добри резултати със сравнително ниска честота на усложнения. Поради това, авторите не виждат причина за промяна на досегашната си лечебна стратегия.(59)

## **8. ОБОБЩЕНИЕ НА ОБЗОРА И НЕРЕШЕНИ ПРОБЛЕМИ**

Биомеханично, предмишницата може да се разглежда като една голяма, съставена от две кости, несиновиална става с голям обем движения. Основната ѝ функция е прона-супинацията, която е възможна благодарение на ротацията на дъговидно извития радиус около фиксираната и почти права улна в синхрон с радио-улнарните стави и интеросалната мембрана.

Диафизарните фрактури на предмишницата са трети по честота в детската популация. Уникалните анатомични и биомеханични особености на незрялата кост при растящите деца, позволяват при тях да се наблюдават различни типове диафизарни увреди, които често могат да са в комбинация. Голямото болшинство от фрактурите са непълни или

неразмествени, въпреки, че по-често са достатъчно ангулирани, за да изискват активно лечение.

Успешното неоперативно лечение изисква съвкупност от анатомични познания и опит, компетентно използване на различните техники за репозиция, перфектна гипсова техника, познаване на ремоделиращия потенциал и редовно проследяване. При счупванията с пълно разместване консервативното лечение се сблъсква с много трудности, които стават все по-големи с увеличаване на възрастта, тежестта на разместване и нивото на фрактурата. Загубата на първоначалната позиция е твърде честа и достига 38% до 64%. Приемливите деформации продължават да са спорни, но вероятно са по-малки от колкото традиционно се счита. Повечето съвременни автори не допускат повече от 10° ангулация в средна и проксимална трета при деца над 8 год., над 30° малротация, пълна трансляция и некоригирана радиална дъга със стесняване на интересалното пространство. Ангулацията е основната причина за загуба на ротации на предмишницата и анализът на съвременната литература показва, че сравнително малки отклонения могат да са клинично значими и да водят до увредена функция. Липсата на надежден ремоделаж и сравнително високият риск от функционален дефицит водят до все по-чести индикации за вътрешна фиксация в случаите, когато консервативното лечение е непрактично или неуспешно. Освен нестабилните и ненаместимите фрактури, показани за оперативно лечение са и откритите счупвания, фрактурите съчетани с компартмънт синдром или ипсилатерална травма, както и рефрактурите.

Съвременните оперативни опции са фиксацията с плаки или ЕИМОС. Въпреки, че и двете техники постигат сходни резултати, предимствата на ЕИМОС са в нейната минимална инвазивност, по-бързото и стабилно костно срастване, по-лесното и безпроблемно отстраняване на имплантите и по-малкото клинично значими усложнения. Поради това, както и поради многобройните публикации, демонстриращи основно отлични и добри резултати, ЕИМОС се е наложила като основен оперативен метод при детските фрактури на предмишницата.

Въпреки нарастващата популярност на метода, някои проблеми, свързани с приложението му остават спорни и недостатъчно изяснени. Липсва единомислие по отношение абсолютните и релативни индикации за оперативно лечение. Различните автори прилагат различни и често модифицирани оперативни техники. Някои предпочитат титановите пирони, а други постигат сравними резултати с различни стоманени импланти. Липсва единно мнение и стандарт по отношение на необходимостта от и продължителността на следоперативната имобилизация.

Спорна в литературата е ефективността на тактиката за фиксиране само на едната кост, ако другата остане сравнително стабилна. Не е проучен добре въпроса, дали и как откритата репозиция може да повлияе на резултатите от техниката. Няма достатъчно информация за връзката между възрастта на пациента и постигнатите резултати и усложнения. Опциите за лечение на рефрактурите почти не се дискутират в публикуваната литература, а сравнение между тях въобще липсва. Възможностите за фиксация при счупвания в дисталната трета варират от липса на такава, трансепифизарна интрамедуларна фиксация, до външен фиксатор или плака.

При анализа на усложненията не е добре изяснена разликата между преходните постоперативни проблеми и реалните значими компликации. Повечето от публикуваните серии са сравнително малки по обем и с кратко проследяване.

Липсват проучвания с рандомизиран дизайн, сравняващи резултатите от лечението с ЕИМОС спрямо другите лечебни методи. И накрая, няма единна система за оценка на функционалните резултати, позволяваща обективно сравняване на отделните серии.

В родната литература е публикуван само един обстоен преглед на проблемите при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст.<sup>(2)</sup> Имайки предвид кога е писан, съвсем логично в него липсва обзор на огромното количество публикувана литература от последните десет години, отразяваща основно резултатите от приложението на ЕИМОС. У нас съобщенията, свързани с проблемите на детските фрактури са рядкост, а в практиката нерядко се наблюдава или краен консерватизъм, или залитане към свръх агресивно оперативно лечение с плаки. Липсва достатъчно добро разбиране на основните биомеханични принципи на еластичната интрамедуларна фиксация и доста продължават да я възприемат като едно „обикновено заигляне”. Детайлите в оперативната техника и възможностите за усложнения са сравнително слабо познати.

Всичко това, както и отсъствието досега на големи серии с продължително проследяване, ни накарва да се опитаме да запълним тази празнина, като анализираме резултатите, които сме постигнали прилагайки ЕИМОС при фрактури на предмишницата, за един достатъчно дълъг период от време.

### **III. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ**

**ЦЕЛ:** Да се проучат възможностите и ефективността на еластичната интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС) при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст.

За постигане на определената цел си поставихме следните

**ЗАДАЧИ:**

1. Да се анализират биологичните, биомеханични и клинични особености на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст и да се извърши критичен обзор на методите за лечение.
2. Да се приложат и усъвършенстват техниките на ЕИМОС при достатъчен брой от случаи.
3. Да се отчетат, систематизират и анализират анатомичните и функционални резултати, както и възможните усложнения.
4. Да се уточнят съвременните индикации за приложение на ЕИМОС и да се предложи обобщен терапевтичен алгоритъм при диафизарни счупвания на предмишницата в детската възраст.
5. Да се направи цялостна оценка на ефективността и терапевтичната стойност на ЕИМОС с оглед приложението ѝ в практиката.

## IV. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

### 1. Клиничен материал

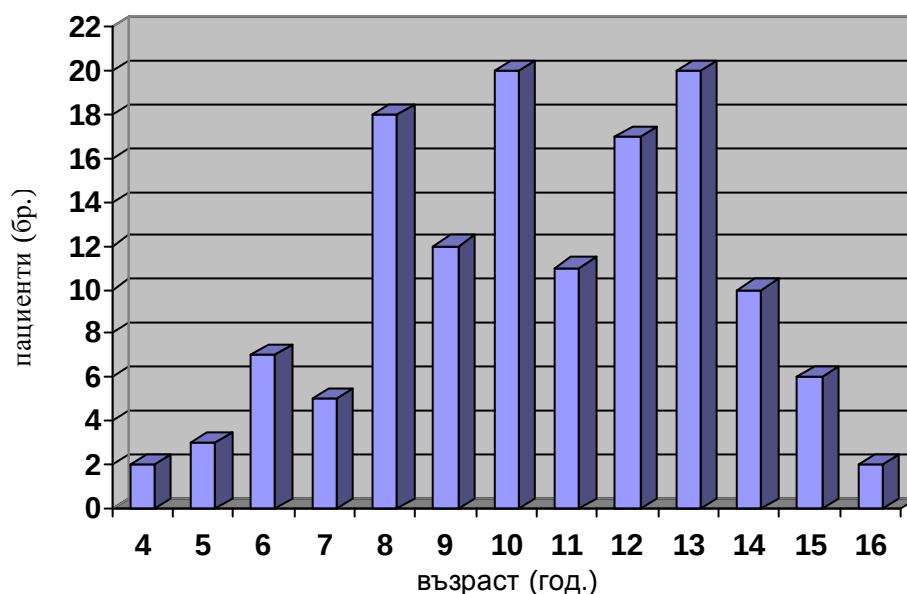
За период от **14 години (1997 - 2010)** в отделението по Ортопедия и Травматология на МБАЛ Русе са лекувани 887 деца с 894 диафизарни фрактури на едната или двете кости на предмишницата.

Оперативно лечение е приложено от автора и 8 специалисти ортопеди-травматолози при 141 фрактури, което съставлява 15.8% от общия им брой.

Обект на настоящото проучване са **133** проследени пациента, лекувани чрез еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС) по повод диафизарна фрактура на предмишницата.

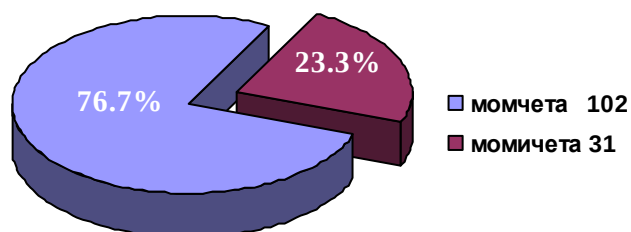
#### *Разпределение по възраст и пол.*

Средната възраст на проследените пациенти е **10.5 (4 -16)** години.



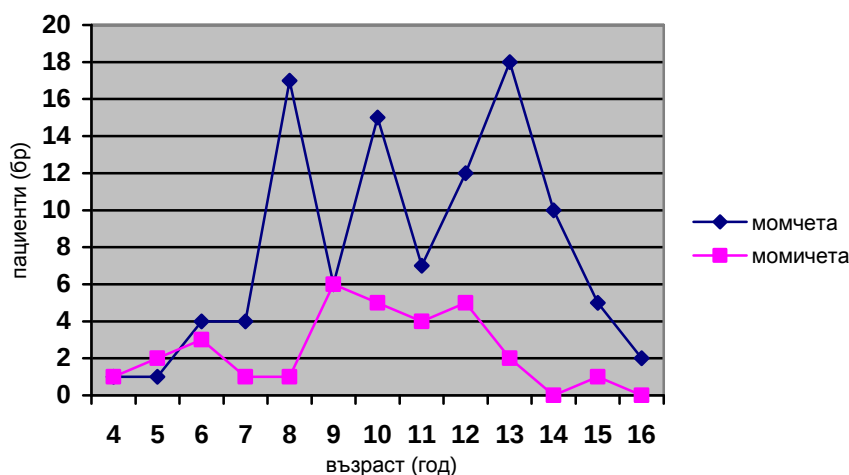
**Фиг.8.** Възрастово разпределение.

Мъжкият пол преобладава чувствително над женския, като момчетата са 102 (76.7%), а момичетата 31 (23.3%). Съотношението между тях е 3.3:1.



Фиг.9. Разпределение по пол

Средната възраст на момчетата ( $10.8 \pm 0.53$ ) е по-висока от тази, на момичетата ( $9.5 \pm 0.98$ ). Кривата на разпределението при пациентите от мъжки пол, оперирани чрез ЕИМОС, показва три изразени пика около 8, 10 и 13-14 годишна възраст. При момичетата се наблюдава сравнително равномерно повишение в честотата между 9 и 12 години.

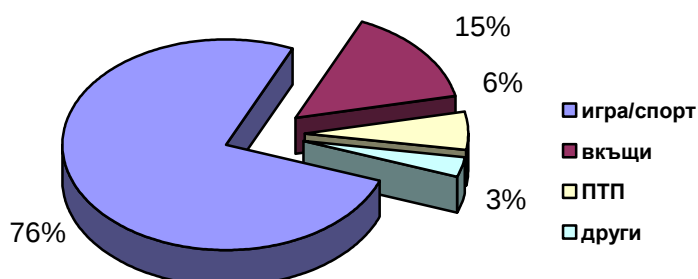


Фиг.10. Възрастово разпределение на момчетата и момичетата, лекувани чрез ЕИМОС.

**Латерализация.** Лявата предмишница е засегната при 86 (64.7%), а дясната - при 47 (35.3%) от пациентите.

**Механизъм на травмата.** Най-честият механизъм е падане върху отведена ръка и по-рядко - резултат на директна травма. 76% от счупванията ( $n=101$ ) са получени по време

на игра или спорт навън или в училище, 15% - при битови инциденти вкъщи , 6% - в резултат на транспортни злополуки, и 3%- при други неизяснени причини.



**Фиг.11.** Механизъм на увредата

**Асоциирани травми.** 13 (9.8%) от децата са с придружаващи травми. 10 (7.5%) от тях са с ипсилатерални увреди на горния крайник. Трима пациенти (2.3%) са с ипсилатерална супракондилна фрактура на хумеруса - «плаващ лакът».

| Асоциирани травми        | ипсилатерална | контралатерална | брой |
|--------------------------|---------------|-----------------|------|
| Черепно-мозъчна травма   | -             | -               | 2    |
| Гръдна травма            | -             | -               | 1    |
| Фр. на дист. хумерус     | 3             | -               | 3    |
| Фр. на улнарен епикондил | 1             | -               | 1    |
| Лакътна луксация         | -             | 1               | 1    |
| Фр. на радиална шийка    | 2             | -               | 2    |
| Фр. на дист. радиус      | 3             | 1               | 4    |
| Фр. на метакарпална кост | 1             | -               | 1    |

**Табл.1.** Разпределение на придружаващите травми.

**Открити фрактури.** С открити счупвания са **15 (11.3%)** от пациентите. Според класификацията на Gustilo, 11 са от I ст. и 4 – от II ст.

**Рефрактури.** При **11 (8.3%)** пациента ЕИМОС е приложена по повод рефрактура на едната или двете кости на предмишницата. 8 от тях първоначално са лекувани с

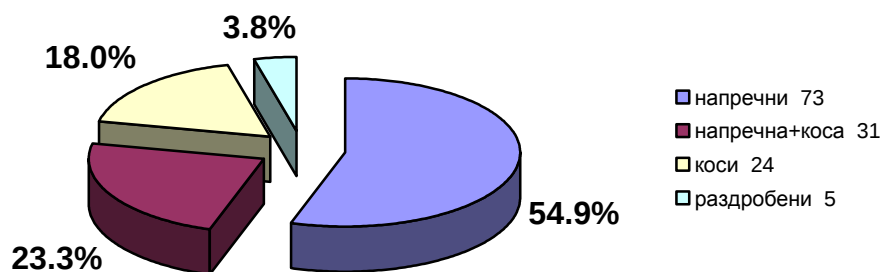
гипсова имобилизация след фрактура тип “зелена пръчка”. Други три деца са получили повторна фрактура след интрамедуларна стабилизация и с импланти “in situ” в резултат на нова, адекватна по сила, травма.

**Засягане.** С диафизарни фрактури на двете кости на предмишницата са **113 (85%)** от пациентите. **9 (6.7%)** от децата са с фрактури само на радиуса, като 3 от тях са с увреда на Galeazzi. С фрактура на улната са **11 (8.3%)** пациента, десет от които са с Monteggia-увреда. Според класификацията на Bado (1967), 6 от тях са от тип 1, по един са съответно тип 2 и тип 3, и две деца са с Monteggia-еквивалентни увреди (с фрактура на радиална шийка).

**Локализация.** **96 (72.2%)** от фрактурите са локализирани в средната трета на предмишницата. В **22 (16.5%)** от случаите, фрактурата на едната или двете кости е в дисталната трета или дисталния мета-диафизарен преход. **15 (11.3%)** от фрактурите са в проксималната част на предмишницата.

**Тип на фрактурата.** ЕИМОС е прилагана само при пълни разместени диафизарни фрактури на едната и/или двете кости на предмишницата. В 11 (8.3%) от случаите е имало комбинация от пълна фрактура и счупване тип „зелена пръчка”. В зависимост от морфологията, най-чести са напречните фрактури (**54.9%**), следвани от комбинация от напречна и коса фрактура (**23.3%**), коси фрактури (**18%**) и фрактури с трети фрагмент (**3.8%**).

**Фиг.12.** Разпределение според фрактурния тип



Разпределението според засягане, локализация и тип фрактура е обобщено на следната таблица:

|                               |                  |              |
|-------------------------------|------------------|--------------|
| <b><u>Засегната кост</u></b>  | <b>(n = 133)</b> |              |
| <b>Двете кости</b>            | <b>113</b>       | <b>85.0%</b> |
| <b>Радиус</b>                 | <b>9</b>         | <b>6.7%</b>  |
| - изолирани                   | 6                | 4.5%         |
| - Galeazzi                    | 3                | 2.2%         |
| <b>Улна</b>                   | <b>11</b>        | <b>8.3%</b>  |
| - изолирани                   | 1                | 0.8%         |
| - Monteggia                   | 10               | 7.5%         |
| <b><u>Локализация</u></b>     | <b>(n = 133)</b> |              |
| Проксимална 1/3               | 15               | 11.3%        |
| Средна 1/3                    | 96               | 72.2%        |
| Дистална 1/3                  | 22               | 16.5%        |
| <b><u>Тип фрактура</u></b>    | <b>(n = 133)</b> |              |
| Напречни                      | 73               | 54.9%        |
| Комбинирани (напречна + коса) | 31               | 23.3%        |
| Коси                          | 24               | 18.0%        |
| С трети фрагмент              | 5                | 3.8%         |
| Открити фрактури              | 15               | 11.3%        |
| “Плаващ лакът”                | 3                | 2.2%         |
| Рефрактури                    | 11               | 8.3%         |

**Табл.2.** Разпределение според засягане, локализация и тип фрактура.

**АО класификация.** Според нововъведената Педиатрична АО Класификация на фрактурите на дългите тръбести кости (2007) счупванията в настоящата серия имат следното разпределение:

| АО PCCF                  | Описание                                                                    | Брой | Дял   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 22-D/4.1                 | Двете кости – напречна                                                      | 53   | 39.8% |
| 22r-D/4.1, 22u-D5.1      | Радиус-напречна; улна-коса                                                  | 27   | 20.3% |
| 22-D/5.1                 | Двете кости – коса                                                          | 17   | 12.8% |
| 22-D/6.1                 | Monteggia                                                                   | 8    | 6.0%  |
| 22r-D/4.1, 22u-D/2.1     | Радиус-напречна; улна-„зелена пръчка”                                       | 8    | 6.0%  |
| 22r-D/4.1                | Радиус – напречна                                                           | 6    | 4.5%  |
| 22r-D/2.1, 22u-D/5.1     | Радиус – „зелена пръчка”; улна - коса                                       | 3    | 2.2%  |
| 22-D/7.1                 | Galeazzi                                                                    | 3    | 2.2%  |
| 22-D/5.2                 | Двете кости – коса, раздробена                                              | 2    | 1.5%  |
| 22r-D/5.2, 22u-D/5.1     | Радиус – коса и раздроб.; улна - коса                                       | 2    | 1.5%  |
| 22u-D/4.1, 21r-M/3.1 III | Улна – напречна; радиална шийка – разместена над 50% (Monteggia-equivalent) | 2    | 1.5%  |
| 22r-D/5.2, 22u-D/4.1     | Радиус – коса и раздроб.; улна - напречна                                   | 1    | 0.8%  |
| 22u-D/4.1                | Улна - напречна                                                             | 1    | 0.8%  |

**Табл.3.** Разпределение на фрактурите според AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF), 2007.

## 2. Методи

### 2.1. Индикации.

Нашите показания за приложение на еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС) при диафизарни фрактури на предмишницата са били следните:

- Първично нестабилни и/или ненаместими пълни фрактури на едната или двете кости на предмишницата;
- Ангулация над 10° след репозиция;
- Вторично разместени пълни фрактури след опит за консервативно лечение;
- Открити фрактури от I и II степен по Gustilo;
- Политравма, „плаващ лакът”, билатерални фрактури;
- Заплашващ, начеващ или разгърнат компартмънт синдром;
- Рефрактури след консервативно или предходно оперативно лечение.

### 2.2. Подготовка на пациента, анестезия и позициониране.

Решението за оперативно лечение е взето въз основа на приетите индикации, състоянието на пациента и след получаване на информирано съгласие от родителите.

В повечето случаи оперативната стабилизация е извършвана първично в рамките на същия ден или най-късно - на следващата сутрин. Откритите фрактури и тези, с „плаващ лакът” и заплашващ компартмънт синдром са оперирани по спешност до 6-ия час. Децата с вторично разместени фрактури след първоначално консервативно лечение са оперирани между 3-ия и 20-ия ден от травмата.

При всички деца интервенцията е извършвана под обща анестезия.

Пациентът е поставян на гръб, а крайникът – отведен на странична масичка.

Скопичния преобразувател е позициониран успоредно на операционната маса и перпендикулярно спрямо оста на предмишницата.

При първоначално взето решение за оперативно лечение, предварителни форсирани опити за закрыта репозиция не са прилагани, поради почти неизбежното разместване по време на почистването и покриването, както и поради опасността от увеличаване на мекотъканната травма. Във всички останали случаи, след няколко неуспешни опита в рамките на 10 мин. от началото на анестезията, е преминавано към интрамедуларна еластична фиксация.

В горната част на мишницата е поставян турникет, който е раздуван само в случай на необходимост от открита репозиция. Оперативното поле включва цялата предмишница заедно с ръката и зоната над лакътната става.

### 2.3. Избор и подготовка на имплантите.

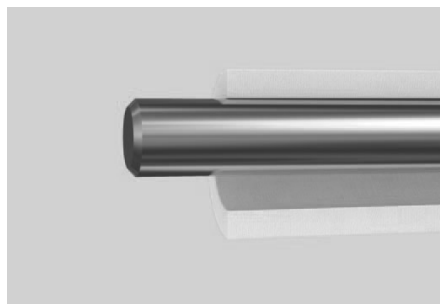
При стабилизацията на диафизарните фрактури на предмишницата са използвани стоманени Киршнерови игли или титанови еластични пирони.

Тук, за разлика от другите диафизарни локализации, при които се прилага ЕИМОС, се поставя по един имплант във всяка кост. Затова размерът им (D) трябва да бъде от 50% до 2/3 от диаметъра на медуларния канал (m) в най-тесната му част:

$$D = 0.5 \times m \text{ или } D = 2/3 \times m$$

Измерването на диаметъра на медуларния канал се извършва предоперативно на диагностичните предно-задни и профилни рентгенографии. При радиуса измерването е в средната част на диафизата, а при улната – в дисталната трета.

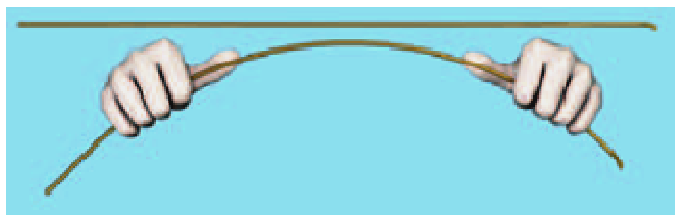
В зависимост от възрастта на пациентите и размера на костите, се използват К-игли с диаметър 1.6, 1.8, 2.0 и 2.5 mm или титанови еластични пирони – 2.0, 2.5 и 3.0 mm.



**Фиг.13.** Съотношение между диаметъра на импланта и размера на медуларния канал.

Изключително важен момент в техниката е предварителното контуриране на имплантите. Когато се използват К-игли, първоначално се премахва фабрично заострения им връх. След това се оформя извивка от ок. 30°- 40° в края на иглата. Това улеснява инсерцията в метафизата и предотвратява евентуалното „задиране” в срещуположния кортекс при преминаването на метафизно-диафизарния преход. В същото време, дължината на закривения връх трябва да е достатъчно малка (< 4 mm), за да позволи придвижване на иглата в медуларния канал. В някои случаи се налага леко скъсяване на фабрично извития връх на титановите пирони при наличие на много тесен медуларен канал (най-често – улната).

След това двете игли (пирони) се контурират по цялата си дължина, като се огъват до 40°- 50° в същата равнина като на извития връх. Целта е в края на процедурата върховете на кривините да са на нивото на фрактурата. Обикновено улнарната игла изисква по-малка извивка, тъй като каналът на улната е почти прав. В някои случаи (напр. при фрактури в дисталната трета на радиуса) е необходимо допълнително огъване на импланта по време на самата инсерция.



**Фиг.14.** Контуриране на импланта.

## **2.4. Използвани оперативни техники.**

Интрамедуларното заковаване на радиуса е извършвано винаги чрез ретроградна техника с латерален или дорзален достъп. Антеградната инсерция, въпреки че е теоретично възможна, е изключително рискова интервенция (опасност от увреда на дълбокия клон на н.радиалис) и, по принцип, е противопоказана.

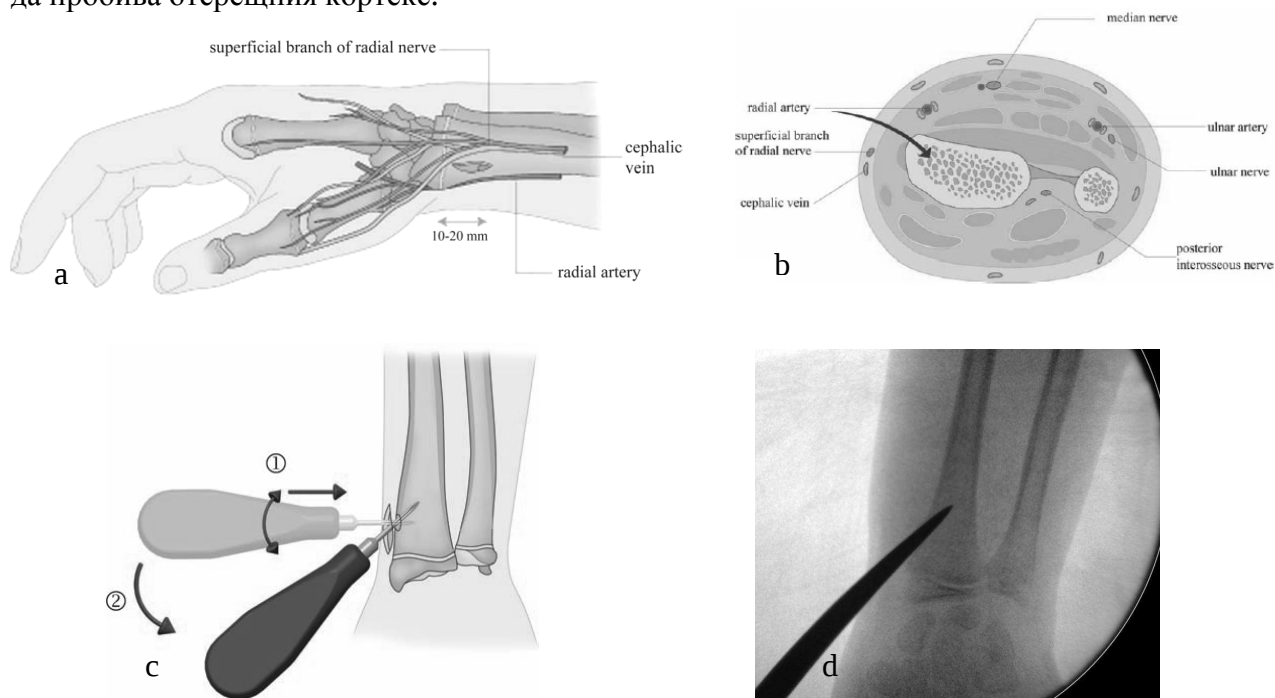
Улнарната фрактура е възможно да бъде стабилизирана както с антеградна, така и с ретроградна техника.

### **2.4.1. Ретроградна фиксация на радиуса**

#### **2.4.1.1. Латерален достъп.**

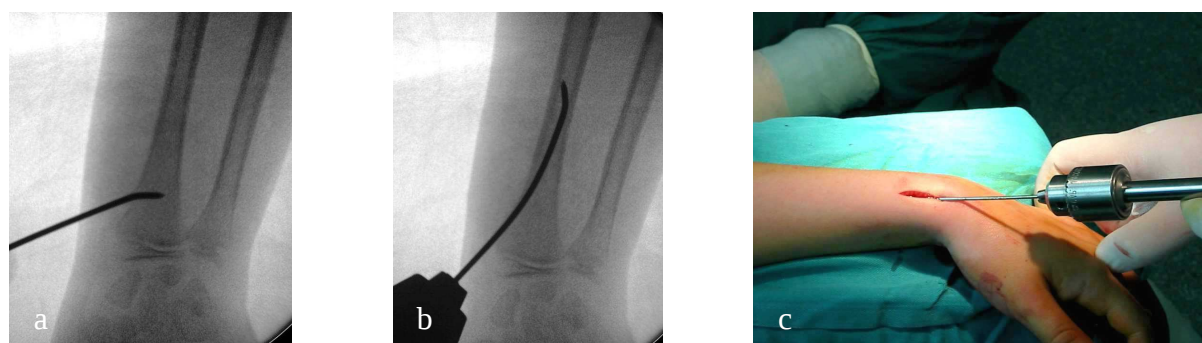
Той се осъществява чрез надлъжна инцизия с размер ок. 15-20 mm в латерален аспект на дисталния радиус, за предпочитане - воларно от вена цефалика и сензорния клон на радиалния нерв. Ако инцизията е поставена малко по-дорзално, е необходима директната им визуализация и внимателна протекция и ретракция, за да се избегне ятрогенна увреда. Кожният разрез започва и продължава дистално от планираното ниво на входната точка, за да се намали травмирането на меките тъкани при косата инсерция на импланта. Дисекцията продължава по същия начин воларно или дорзално спрямо сухожилието на м.брахиорадиалис. Входната точка се оформя с помощта на късо шило на 10-15 mm проксимално от дисталната физа. Първоначално, то се поставя перпендикулярно на костта и в предно-задна посока, за да се избегне „подхлъзване”,

след което с въртеливи движения се насочва проксимално, под ъгъл от около 45°, и без да пробива отсрещния кортекс.



**Фиг.15.** Латерален достъп до радиуса. (а) 15-20 mm инцизия воларно от в.цефалика и сензорния клон на н.радиалис. Входна точка – 10-15 mm проксимално от физата в леко предно-задна посока. (б) Анатомичен срез в дисталната 1/4 на радиуса – латерален достъп, воларно от екстензорните сухожилия на палеца. (с,д) Оформяне на входната точка с помощта на шило.

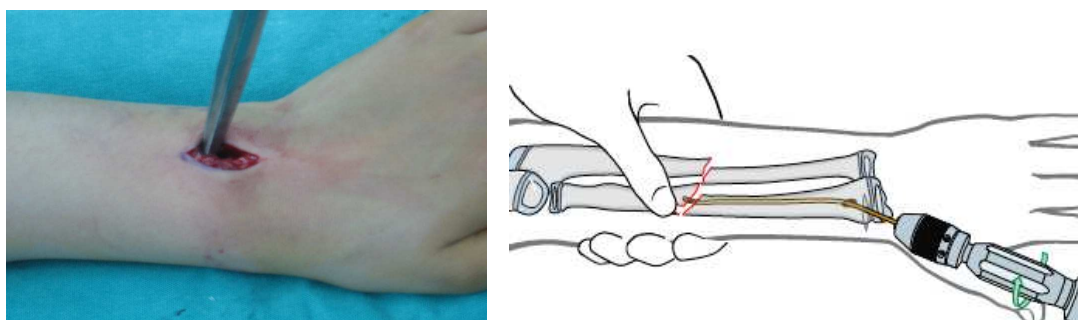
Предварително контурираната К-игла (или пирон) се монтира на Т-образен инсертер и се поставя в проксималния край на инцизията с връх, перпендикулярно на входното овърстие. Шилото се изтегля бавно от асистента, след което оператора въвежда импланта в отвора на костта. След контакта с противоположния кортекс пиронът се завърта така, че да се насочи проксимално към диафизата. С внимателни ротаторни осцилиращи движения той се придвижва в посока на фрактурата.



**Фиг.16.** (а) Инсерция на импланта перпендикулярно на отвора. (б) След контакт с противоположния кортекс – завъртане и проксимално придвижване на ръка с помощта на Т-образна дръжка (с).

#### 2.4.1.2. Дорзален достъп.

Алтернативно може да се използва дорзален достъп до дисталния радиус. Той се осъществява чрез надлъжна или напречна 20 mm кожна инцизия върху палпиращия се tub. Listeri . След ретракция, шилото се поставя върху или проксимално от туберкула, медиално или латерално от третия сухожилен компартмънт, съдържащ дългия екстензор на палеца. Внимавайки да не се наранят екстензорните сухожилия, се оформя входното отворствие с шило, поставено перпендикулярно на дорзалния кортекс. След това, то постепенно се насочва проксимално под ъгъл от 45° спрямо медуларния канал.



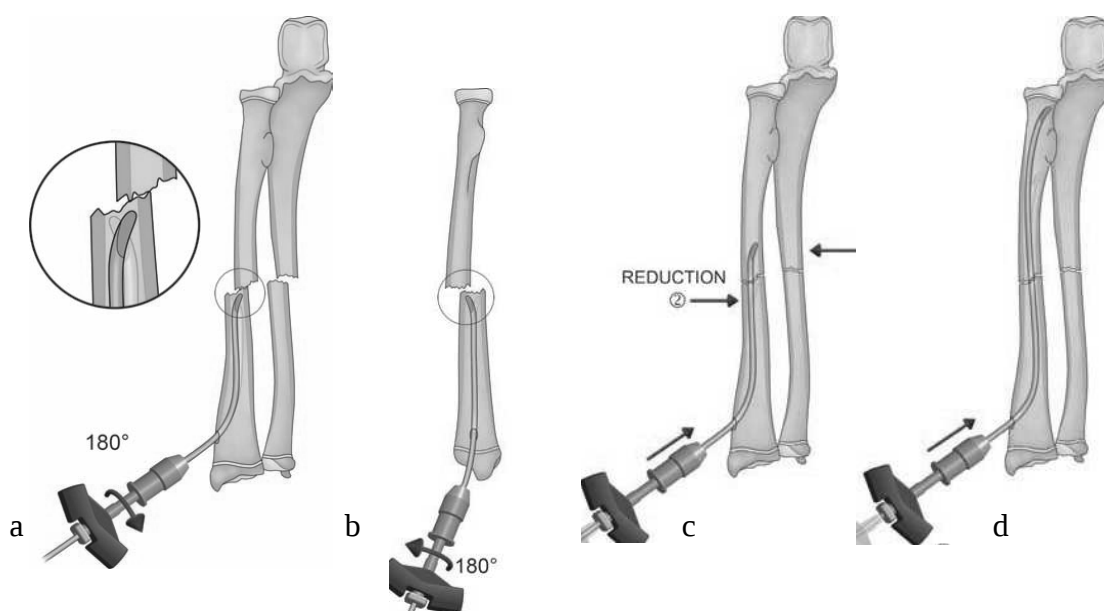
**Фиг.17.** Дорзален достъп до дисталната метафиза на радиуса с входна точка – медиално от дългия екстензор на палеца.

Отново е необходимо повишено внимание, за да не се перфорира срещулежащия воларен кортекс. С помощта на Т-ръкохватката пиронът се въвежда и насочва проксимално в медуларния канал. В някои случаи, при затруднено придвижване, е необходима по-голяма ротация, за да се освободи от евент. „заклещване” върха на импланта. Ако това, както и няколко леки удара с чук, не помогнат, е необходимо да се скъси извития връх на иглата (пирона) или да се премине към имплант с по-малък диаметър.

#### 2.4.1.3. Репозиция и фиксация.

Наместването на фрактурата се постига чрез външна манипулация и аксиална тракция. Репозицията се контролира рентгеноскопично в две равнини чрез ротация задължително на целия горен крайник. Необходимо е и в двете проекции върхът на пирона да е насочен точно срещу канала на проксималния фрагмент. За да се постигне това, Т-дръжката трябва да се ротира в едната или другата посока, но не повече от 180°. След постигане на необходимата ориентация, асистентът внимателно набива пирона

чрез леки удари с чука и фиксирана Т-ръкохватка, докато операторът поддържа репозицията. Ако ръкохватката се върти докато пионът се придвижва през фрактура, има опасност от погрешното му насочване в меките тъкани. Изключително важен в този момент е непосредственият рентгеноскопичен контрол в двете проекции. След преминаване на фрактурната зона, бързо може да се усети и стабилизацията на счупването. В много случаи извитият връх на импланта допълнително може да подпомогне постигането на репозицията чрез съответно завъртане в една или друга посока след преминаването му в проксималния фрагмент. След това той се донабива проксимално, с конкавната си страна и връх, насочени към улната (за да се възстанови радиалната дъга), докато достигне до радиалната шийка.



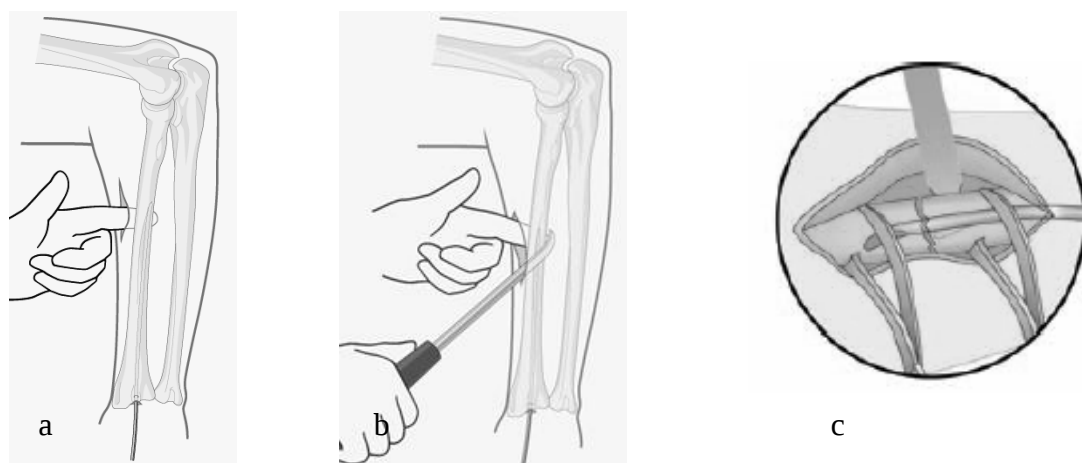
**Фиг.18.** Репозиция и фиксация на радиуса. Пионът се придвижва към фрактура с връх, насочен към проксималния фрагмент и в двете проекции (**a, b**). Репозиция и преминаване на фрактурната зона чрез удари с чука и без ротация (**c**). Върхът на пиона достига до радиалната шийка, след което се ротира на 180°, така че конкавната страна да е насочена към улната (**d**).

В случаите, когато след няколко неуспешни опита не е постигната закрыта репозиция, е прибегнато до открито наместване на фрактура през ограничен достъп. След раздуване на турникета е правена 2 до 5 cm инцизия, центрирана върху фрактурната зона. Премахването на мекотъканния интерпозиум е извършвано с внимателна ретракция и минимално увреждане на периоста. Репозицията е постигната мануално или с помощта на лостов маньовър с шило, по-дебела игла или периостален елеватор и в някои случаи, задържана временно с две малки клампи. След това пионът е

придвижван в проксималния фрагмент под директен мануален, визуален и/или рентгеноскопичен контрол.

Подобна техника е използвана и при наличие на отворена фрактура след задължителен дебридман и обилен лаваж на инцидентната рана.

Открита репозиция е използвана и при стабилизация на някои рефрактури, при които медуларния канал е бил непроходим. След реканализирането му с шило или свредло, репозицията и фиксацията са продължавани по описания вече начин.



**Фиг.19.** Открита репозиция при ЕИМОС, контролирана мануално (a), с помощта на периостален елеватор или друг подобен инструмент (b) или временно фиксиране с две малки клампи (c).

## 2.4.2. Интрамедуларна фиксация на улната.

### 2.4.2.1. Антеградна инсерция.

#### 2.4.2.1.1. През апофизата на олекранона.

След малък кожен разрез върху върха на олекранона и тъпа дисекция до апофизата, кортекса се пробива с остра игла на мотор или шило, след което импланта се въвежда на ръка в медуларния канал.

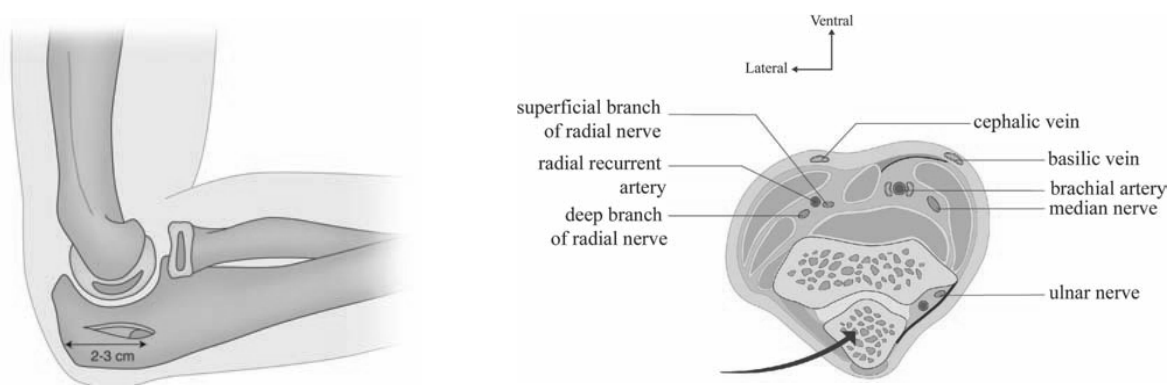


**Фиг.20.** Антеградна инсерция през апофизата на олекранона.

#### 2.4.2.1.2. Задно-латерален метафизарен достъп („анконеус-портал“).

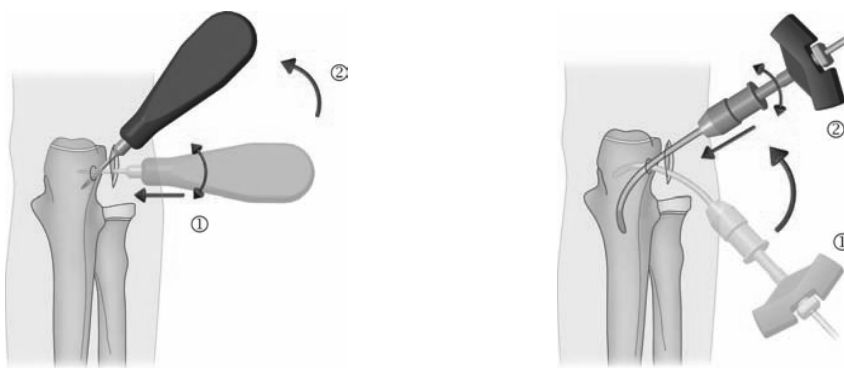
Това е предпочитаната и най-често използвана техника. Входната точка е локализирана в задно-латералната част на олекранона, като краят на пирона остава погребан между влакната на м.анконеус.

Лакътят е флектиран и крайникът вътрешно ротиран. На около 2-3 cm под върха на олекранона се прави 20 mm надлъжна инцизия в задно-латерален аспект така, че дисталният ѝ край да лежи върху планираната входна точка. След срязване на фасцията, с тъпа дисекция през влакната на м.анконеус, се достига костта.



**Фиг.21.** Достъп до проксималната метафиза на улната. Инсерционната точка е на 2-3 cm от върха на олекранона в задно-латералната му част.

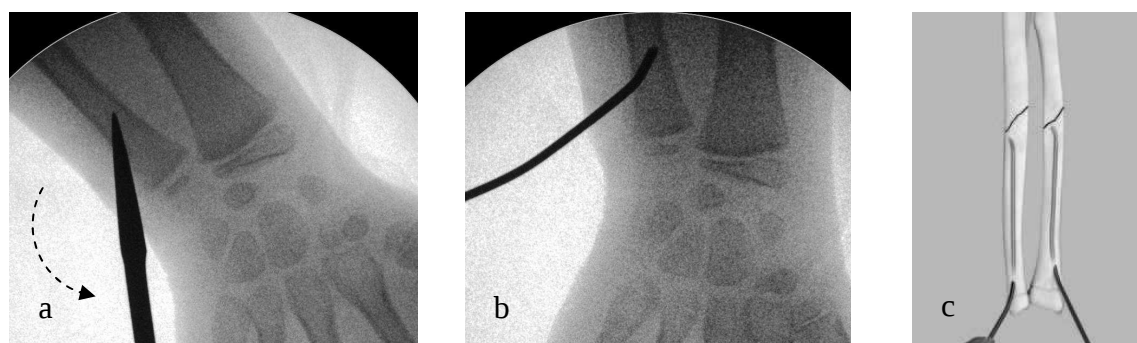
Входното отворстие се оформя по подобен на радиуса начин. Използва се късо шило, поставено перпендикулярно и постепенно насочващо се в коса посока. Нужно е внимание, за да не се пробие медиалния кортекс и да се създаде лъжлив ход за импланта. Инсерцията на пирона се извършва след бавно изваждане на шилото по принципа - „пирона замества шилото”. Следва придвижване дистално в канала с помощта на Т-дръжката, въртеливи движения и, при необходимост, леки удари с чук. Поради тесния канал на улната, дължината на извивката не трябва да надвишава 3 mm. В случай на „заклещване” може да е необходимо допълнително скъсяване на върха.



**Фиг.22.** Оформяне на входното отворстие с шило и инсерция на пилона.

#### 2.4.2.2. Ретроградна инсерция.

В някои случаи е прилагана ретроградна инсерция на улнарния пирон, особено при по-проксимално разположени фрактури. До дисталната метафиза се достига чрез 15-20 mm разрез проксимално от разстежната зона. Дисекцията продължава между сухожилията на улнарния флексор и екстензор на китката с повишено внимание и протекция на сензорния клон на улнарния нерв. Шилото се поставя на 90° спрямо костта и постепенно се наклонява косо и проксимално, оформяйки входното отворстие. Пробиването и последващата инсерция на импланта трябва да стават много внимателно, поради малкия диаметър на канала и опасността от перфорация на другия кортекс.

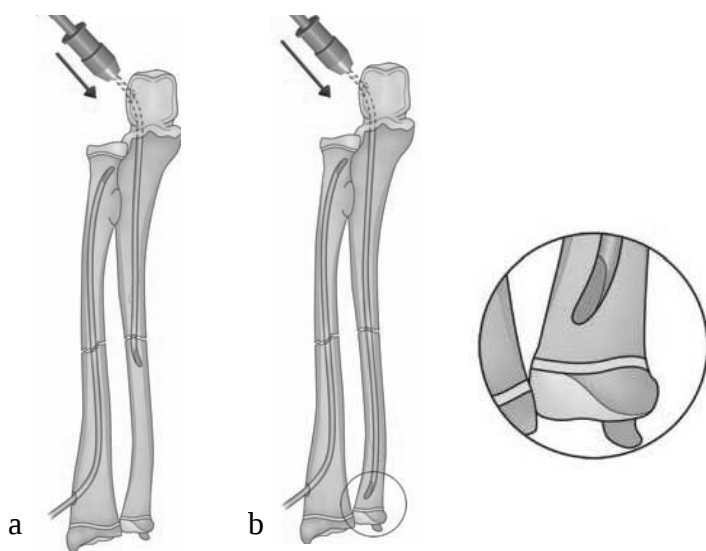


**Фиг.23.** Ретроградна интрамедуларна фиксация на улната. Оформяне с шило на входното отворстие, проксимално от растежната зона (a). Инсерция на импланта (b). Придвижване до фрактурата (c)

#### 2.4.2.3. Репозиция и фиксация.

Наместването се извършва, когато водещият край на импланта достигне фрактурната зона. Надежден ориентир е лесно палпиращият се задно-медиален ръб на улната. Обикновено тя се намества по-лесно от радиуса, поради което е за предпочитане той да бъде фиксиран преди това. В случай на затруднения, радиалният пирон може да бъде издърпан до около 10-20 mm проксимално от фрактурата. Тогава повишената подвижност на радиуса улеснява репозицията на улнарната фрактура. При неуспех е прилагана откритата репозиция с минимален достъп по описаната за радиуса техника.

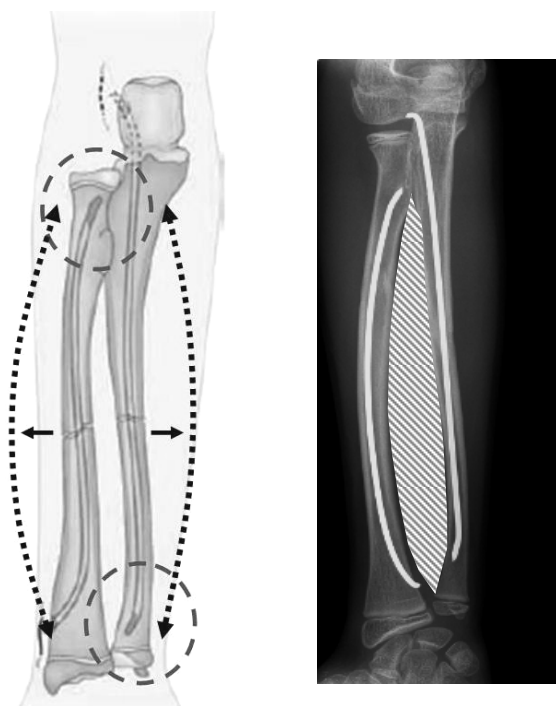
Върхът на импланта се насочва към дисталния (или проксималния при ретроградна техника) фрагмент под рентгеноскопичен контрол в двете равнини. Както при радиуса, след като е постигната подходяща ориентация, пиронът внимателно се придвижва през фрактурата чрез леки удари с чук. Операторът контролира репозицията, а асистентът поддържа стабилно Т-дръжката без да позволява завъртането и в този момент. След това пиронът се придвижва допълнително с леко почукване докато достигне дисталната (или проксималната ) метафиза. С насочване на извития връх латерално се постига ориентация на конкавитета в посока на радиуса.



**Фиг.24.** Интрамедуларна фиксация на улната. Пиронът преминава фрактурната зона чрез удари с чук и фиксирана Т-дръжка (a) и достига дисталната метафиза с конкавитет, насочен към радиуса (b).

### 2.4.3. Финална позиция и затваряне на раните.

Перфектна и стабилна конструкция се постига, когато закривеният връх на радиалния пирон е насочен медиално към улната, а този на улнарния – латерално към радиуса. По този начин двата пирона са с противоположно ориентирани конкавитети и еластичната им памет осигурява стабилизацията чрез опъване на интеросалната мембрана. След постигане на финалната позиция, с по един твърд удар с чука, всеки един от пиρονите се вбива окончателно в срещуположната метафиза без да се преминава през физата. Това осигурява еластична триточкова фиксация на фрактурата с достатъчна аксиална и ротационна стабилност.



**Фиг.25.** Финална позиция на пироните с противоположно ориентирани конкавитети и еластично опъване на интеросалната мембрана.

Накрая външната част на пироните се огъва леко спрямо костта и внимателно се прерязва с подходящ инструмент. Стърчащата им част трябва да е от 3 до 5 mm, за да се улесни последващото отстраняване и в същото време да не се дразнят меките тъкани. Ако е необходимо, допълнително може да се използва канюлиран импактор. Когато се използва дорзален достъп до радиуса, е важно край на пирона да е достатъчно извън

сухожилният канал, за да се предотврати постоянно дразнене и евентуална късна руптура на дългия екстензор на палеца. След лаваж, раните се затварят с единични сутури и без дренаж.

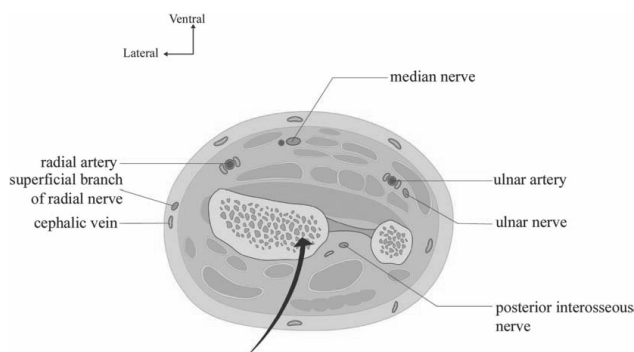
В част от по-ранните ни случаи, след извиване, иглите са оставяни над кожата с цел по-лесното им отстраняване. Най-често това е прилагано при използване на транс-апофизен достъп до улната.

Изключително важен и често забравян момент е финалното ротиране на предмишницата в пълна пронация и супинация, за да се потвърди адекватната репозиция и стабилност на фрактурата, което се извършва под скопичен контрол и накрая се документира с рентгенографии в предно-задна и латерална позиция.

#### **2.4.4. Модификация на стандартната техника при фрактури в дисталната трета на предмишницата.**

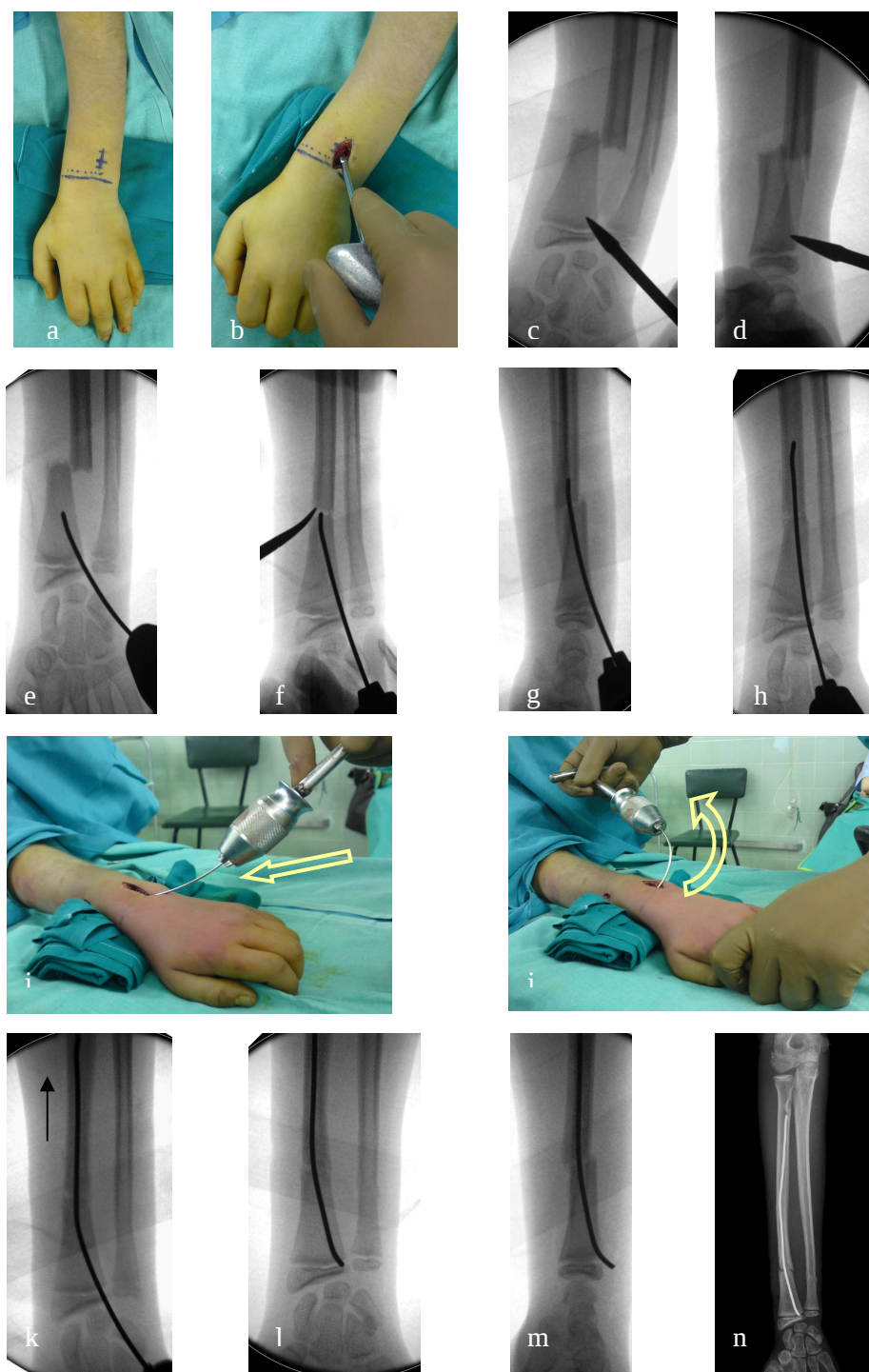
При счупвания в дисталната част на диафизата и диафизарно-метафизарния преход на лъчевата кост стандартната техника на ЕИМОС чрез латерална инсерция не винаги е достатъчно стабилна и често води до вторична ангулация поради липса на ефективен три-точков интрамедуларен контакт. Поради тези причини, въведохме *модификация на стандартната ретроградна техника*.

При нея входната точка за интрамедуларната инсерция е преместена дорзо-медиално. След малка кожна инцизия и внимателна ретракция на сухожилията, шилото се поставя върху дорзо-улнарната част на метафизата между четвъртия и петия сухожилен компартмънт. Входната точка е близо, но проксимално от растежната зона и се прави с почти перпендикулярен ход на шилото. Иглата е предварително контурирана така, че да е по-силно огъната в проксималния си участък. Тя се въвежда и насочва внимателно по такъв начин, че да достигне противоположния кортекс преди да достигне фрактурата.



**Фиг.26.** Анатомичен срез в дисталната четвърт на предмишницата: дорзално-медиален достъп.(Lascombes P,2010).

Това изисква по-голяма кривина и на водещия край. Поради това, придвижването и може да е по-трудно, и затова трябва да е бавно и внимателно. Силните удари с чук трябва да се избягват, поради опасността от избиване на трети фрагмент. Ако е необходима фиксация на улната, антеградно поставената в нея игла също се придвижва до фрактурата. По този начин двата импланта могат едновременно да се използват като лостове, за да се улесни манипулацията на фрагментите. Радиусът се намества индиректно чрез манипулация на проксималния фрагмент с ръка, а дисталният – с помощта на иглата. При необходимост се преминава към ограничена открита репозиция. Когато се постигне задоволителна апозиция на фрактурните повърхности, имплантът се придвижва в проксималния фрагмент. Следва предварително определяне на участъка от иглата, който ще лежи във фрактурната зона при финалната инсерция. Преди да достигне до крайната си позиция, останалата извън костта част от иглата се огъва силно (до и над 90°) в улнарна посока. Огъването се поддържа постоянно и при необходимост се увеличава допълнително след всеки следващ удар с чука по време на проксималното придвижване на иглата. Крайната цел е върхът на кривината да е разположен на нивото на фрактурата. След като е вкарана докрай, иглата се ротира до позиция, при която върхът на кривината да противодейства на евентуалното разместване. Накрая излишната част се отрязва, краят се оставя да лежи в подкожието, след което раната се затваря.



**Фиг.27.** Модификация на техниката на ЕИМОС при фрактури в дисталната 1/3 на радиуса. Дорзален достъп (а). Оформяне с шило на инсерционен отвор в улнарната част на метафизата между четвърти и пети сухожилен компартмънт (b,c,d). Инсерция на контурирана К-игла (e). Репозиция чрез манипулация с перкутанно въведен инструмент (f). Преминаване на иглата през фрактурата (g,h,i). Силно огъване на импланта в улнарна посока (j) с едновременно придвижване проксимално (k). Контрол в две проекции и финална позиция на импланта (l,m,n).

## **2.5. Следоперативен режим и проследяване.**

Видът и продължителността на следоперативната имобилизация е определяна от лекуващия лекар и е съобразявана с типа и локализацията на фрактурата, метода на фиксация, наличието на съпътстващи увреди, възрастта на детето, както и неговата и на родителите кооперативност. Сроктът на имобилизацията варира между 2 и 6 седмици, като в някои индивидуални случаи е използвана единствено няколкодневна протекция с митела.

В първия постоперативен ден крайникът е поддържан в елевация. Внимателно са мониторираны нивото на болката, както и наличието на белези за евентуален компартмънт синдром или нервна увреда. Назначавано е адекватно обезболяване с аналгетици и/или противовъзпалителни средства. Рутинно е прилагана периоперативна антибиотична профилактика, като при децата с открити фрактури или открит репозиция тя е продължавала до третия ден.

При липса на усложнения пациентите са изписвани между 2-ия и 5-ия следоперативен ден. Позволявано е ранно връщане на децата в училище без участие в контактни и силови спортове преди третия месец. Пациентите и родителите са предупреждавани, че са възможни леко проминиране или дискомфорт около имплантите, които са преходни и изчезват скоро след отстраняването им. Препоръчвано е след зарастване на раните, нежно ежедневно мобилизиране на кожата около тях, за да се предотвратят мекотъканни адхезии.

Критерий за отстраняване на имплантите е било наличието на стабилен калус и/или пълен кортикален ремоделаж.

Имплантите, оставени над кожата са отстранявани след сваляне на гипса ( 5 до 8 седм.). При всички останали, екстракцията е извършвана средно след 5-6 месеца от фрактурата.

Рутинно клинично и рентгеново проследяване е насрочвано на третата и шестата седмица, както и на 3-ия, 6-ия и 12-ия месец от счупването. При необходимост, контролни прегледи са провеждани ежегодно до третата година след интервенцията.

## 2.6. Критерии и параметри на проучването.

Данните от серията за периода 1997-2003 са събирани и анализирани ретроспективно, а от 2004 до 2010 - проспективно.

Критериите за включване са били:

- Пациенти на възраст до 16 години с незавършен костен растеж
- Пълна диафизарна фрактура на едната или двете кости на предмишницата
- Лекувани чрез еластична интрамедуларна остеосинтеза
- Срок на интервенцията – не по-късно от 3-та седмица
- Проследяване – не по-малко от 6 месеца

Критерии за изключване:

- Пациенти със затворени физи, достигнали костна зрялост
- Изолирани метафизарни и/или епифизарни увреди на предмишницата
- Стабилни диафизарни счупвания, лекувани изцяло неоперативно
- Фрактури с давност над 3 седмици, забавено срастване или несрастване
- Пациенти с непълна документация и проследяване.

След преглед на цялата налична болнична документация, рентгенографии и данни от контролните прегледи на пациентите, целенасочено е събирана информацията относно следните параметри:

- Във връзка с демографията и епидемиологията:
  - възраст и пол на пациента
  - страна на засягане
  - механизъм на травмата
  - асоциирани увреди
- Свързани с фрактурата:
  - засегнатата кост (едната кост, двете кости, фрактура-луксация)
  - локализация (проксимална, средна или дистална 1/3 на диафизата)
  - морфология (напречна, коса, комбинирана, с трети фрагмент)
  - фрактурен тип по АО PCCF (2007)
  - мекотъканен статус (закрита или отворена фрактура)
  - първична или рефрактура

- Свързани с интервенцията (ЕИМОС):
  - индикации ( ненаместимост, нестабилност, неприемливо алиниране, открито счупване, рефрактура, политравма)
  - времеви интервал от травмата (първично или след консервативно лечение)
  - размер и вид на импланта
  - оперативна техника (антеградна и/или ретроградна инсерция, използвани достъпи)
  - репозиция ( открита или закрыта)
  - фиксация на едната или двете кости на предмишницата
  - оперативно време и рентгенова експозиция
  
- Свързани с постоперативния период:
  - тип и времетраене на имобилизацията
  - срок на проследяване (клинично и рентгенологично)
  - срок на отстраняване на имплантите
  
- Свързани с резултатите:
  - срок и оценка на клинично и рентгенологично срастване
  - наличие на постфрактурни деформации – ангулации, скъсяване, трансляция
  - определяне на стойността и локализацията на радиалната дъга
  - следоперативни проблеми и усложнения
  - оценка на крайното функционалното възстановяване

Фрактурното срастване е дефинирано като наличие на три-кортикален примостяващ калус в двете проекции и липса на болка в зоната на фрактурата.

Като забавено срастване е приемана липсата на критериите за консолидация след 90-ия ден от интервенцията.

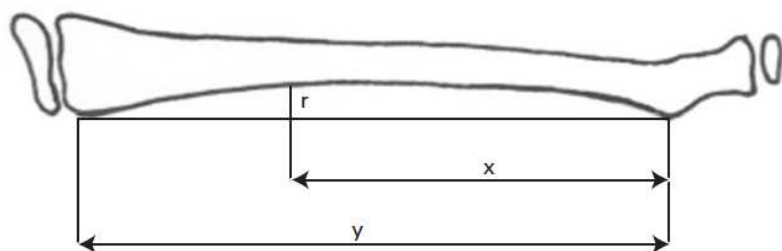
Рентгенологичната оценка на резултатите е извършвана при последната налична контролна рентгенография. Измерванията са правени със стандартен гониометър или чрез възможностите на PACS-технологията при дигиталните рентгенографии. Следоперативните ангулации са определяни като минимални (0° до 5°), допустими (5° до 10°) или неприемливи ако са над 10°.

Рентгенологичната оценка на максималната стойност на радиална дъга и нейната локализация е извършвана по метода на *Schemitsch u Richards (1992)*, модифициран от *Firl u Wunsch (2004)* за приложение при деца.(61,209) На стандартната фасова

рентгенография в неутрална ротация на предмишницата са измервани дължината на радиуса (y), локализацията на максималната радиална извивка (x) и максималното разстояние на радиуса (r) от тази точка. Дължината на радиуса (y) е измервана между туберозитас биципитис и дисталната радиална физа. От точката на максималното отстояние на радиуса е спускана перпендикулярна линия (r) спрямо (y). Разстоянията са измервани в милиметри.

Поради вариабилната костна дължина на пациентите в детска възраст, стойността на максималната радиална дъга (**MRB**) е определяна като процент от дължината на радиуса по формулата:  $(r/y) \times 100$ .

Локализацията на максималната радиална извивка (**LRB**) е определяна като съотношение между дистанцията (x) ( tub.bicipitis до точката на максимално отклонение) и дължината на цялата дъга (y), изразено в проценти по формулата:  $(x/y) \times 100$ .



$$\text{Magnitude of Radial Bow} = (r/y) \times 100$$

$$\text{Location of Radial Bow} = (x/y) \times 100$$

**Фиг.28.** Методът на Firl и Wunsch за измерване стойността и локализацията на максималната радиална дъга, изразени като проценти от радиалната дължина.(61)

Усложненията са определяни като «малки» (отшумяващи спонтанно или след минимална намеса) и «големи», когато са изисквали непредвидено връщане в операционната или са довели до сигнификантни късни последствия.

Оценяването на обема движения е извършвано чрез неутрално-нулевия метод в градуси, като са изследвани флексията и екстензията в лакътната става, пронацията и супинацията на предмишницата, както и палмарната и дорзална флексия на китката. Това е извършвано клинично и/или чрез гониометър като е правено сравнение с неувредения крайник

Оценката на крайните клинични и функционални резултати е извършвана при последния контролен преглед като са използвани критериите, утвърдени от *Price и съавт.* от 1990.(183)

Според тези критерии, като отличен резултат е определян този, при който липсват оплаквания при физически усилия и/или загуба на проно-супинация  $\leq 10^\circ$ .

Резултатът е бил добър ако има незначителни оплаквания при натоварване и дефицит в ротацията  $11^\circ$ - $30^\circ$ .

При задоволителните резултати има леки оплаквания при ежедневните дейности и/или загуба в ротациите от  $31^\circ$  до  $90^\circ$ .

Всички останали резултати са класифицирани като лоши.

| Резултати     | Симптоми                                                                    | Загуба на ротация в градуси |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Отличен       | Без болки или оплаквания при физически усилия и спорт                       | <10                         |
| Добър         | Леки оплаквания при физически усилия.<br>Без ограничения при спорт или игра | 11 - 30                     |
| Задоволителен | Леки оплаквания при ежедневните дейности                                    | 31 - 90                     |
| Лош           | Всички други резултати                                                      |                             |

**Табл.4.** Критерии за оценка на функционалните резултати по Price и съавт. (1990)

## 2.7. Статистически методи за анализ

Данните и резултатите на пациентите са събирани и нанасяни на специално съставени фишове, а впоследствие в таблици на Microsoft ® Office Excel 2003 SP3.

Статистическата обработка на данните е извършвана чрез прилагане на следните методи:

- Вариационен анализ
- Непараметричен анализ

- Корелационен анализ
- Регресионен анализ

Използвани са следните статистически показатели:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i ; \quad (\text{Average}) - \text{средна аритметична стойност}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2} ; \quad (\text{Standard Deviation}) - \text{средно квадратично отклонение}$$

$$\hat{V} = \frac{S}{\bar{Y}} \cdot 100\% ; \quad (\text{Coeff. of variation}) - \text{коэффициент на вариация}$$

$$m[\bar{Y}] = \frac{S}{\sqrt{n}} ; \quad (\text{Standard error}) - \text{грешка на средната аритметична стойност}$$

Статистическите хипотези са тествани чрез:

- Сравняване средните стойности на две извадки от две нормално разпределени генерални съвкупности - **Student's t-test**;
- Сравняване на относителни дялове от две независими извадки
- Проверка за корелираност на извадките
- Хи-квадрат тест на Пиърсън (**Pearson's Chi-squared test ( $\chi^2$ )**) за проверка на хипотезата, дали честотите при две и повече величини са в определена връзка.

Гаранционната вероятност за потвърждаване на статистическа значимост е 0.95.

Нулевата хипотеза ( $H_0$ ) е отхвърляна при  $t_p' \geq t_{\frac{\alpha}{2}; k}$  или ниво на значимост  $P(t_p, k) < \alpha$

( $P < 0.05$ ).

Изчисленията са извършени чрез софтуерния пакет **STATGRAPHICS® Centurion XV, StatPoint Inc.**

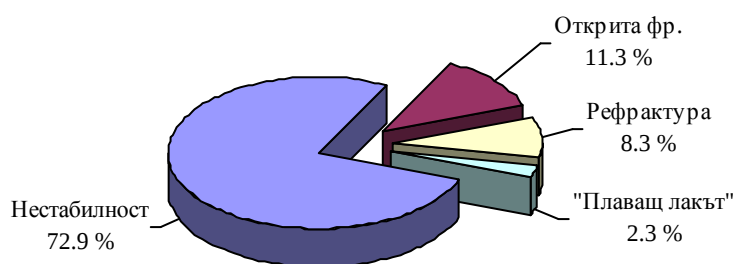
## V. РЕЗУЛТАТИ И УСЛОЖНЕНИЯ

Анализирани са резултатите и усложненията от приложението на еластична интрамедуларна остеосинтеза (ЕИМОС) при лечението на 133 деца с диафизарни счупвания на едната или двете кости на предмишницата.

### 1. РЕЗУЛТАТИ

#### 1.1. Оперативен регистър

**Индикации.** При 72.9% (n = 97) от случаите основната индикация за оперативно лечение е била ненаместимост или нестабилност на фрактурата с невъзможност за постигане и/или задържане на приемливо алиниране. В останалите случаи ЕИМОС е приложена по повод открито счупване (11.3%, n=15), рефрактура (8.3%, n=11) или „плаващ лакът” (2.3%, n=3).

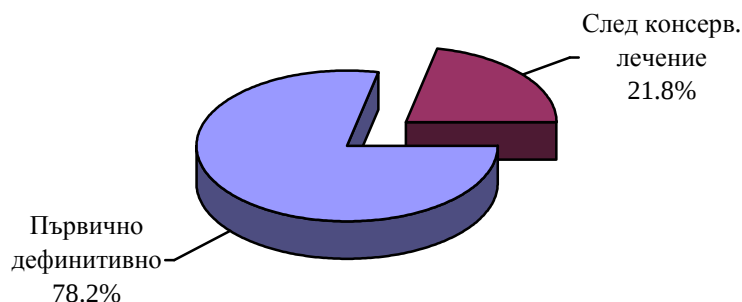


**Фиг.29.** Разпределение на случаите с ЕИМОС според индикациите.

**Срок на интервенцията.** При 104 пациента (78.2%) интрамедуларната стабилизация е прилагана дефинитивно в рамките на първата анестезия в деня на хоспитализацията или на следващата сутрин. Откритите фрактури и пациентите с „плаващ лакът” са оперирани по спешност до 6-ия час.

При 21.8% (n = 29) от пациентите ЕИМОС е извършвана между 3-ия и 20-ия ден от травмата, след неуспешен първоначален опит за неоперативно лечение. В това число се включват и пациенти, насочени към нас от други центрове в страната.

Критериите за неуспех са били вторична загуба на репозиция с ангулация над 10°, малротация над 30°-45°, пълна транслация и/или стесняване на интересалното пространство със загуба на радиалната дъга.



**Фиг.30.** Разпределение според срока на интервенцията.

**Импланти.** В 91% (n=121) от случаите са използвани индивидуално преконтурирани К-игли с размери 1.6, 1.8, 2.0 и 2.5 mm.

Титанови еластични пирони с диаметър 2.0, 2.5 и 3.0 mm са използвани при стабилизацията на 12 от фрактурите (9%).

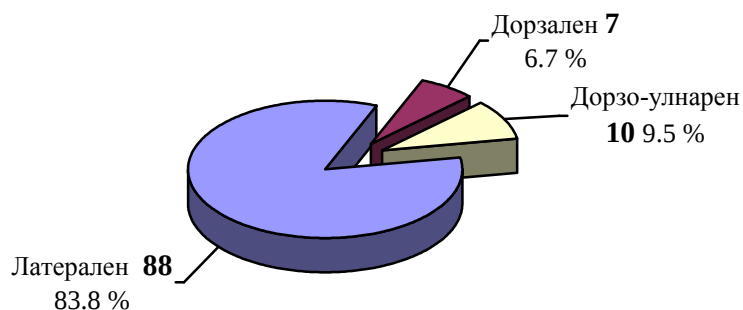
#### **Оперативна техника.**

**Радиус.** При фиксацията на лъчевата кост във всички случаи е прилагана ретроградна инсерция с входна точка - дисталната метафиза.

От 105 фиксирани радиуса в 88 (83.8%) от случаите е използван латерален достъп, а при останалите, имплантът е въвеждан дорзално.

Дорзален достъп през tub.Listeri е използван при 7 (6.7%) фрактури.

Дорзо-улнарен достъп при модифицираната техника с допълнително „in situ” огъване на иглата е използван при други 10 (9.5%) диафизарни фрактури на радиуса в дисталната му 1/3.



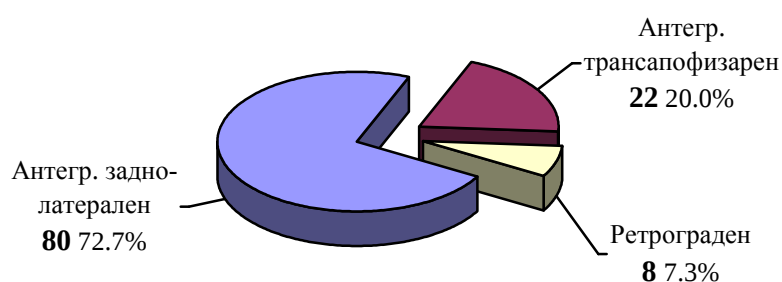
**Фиг.31.** Използвани оперативни достъпи при ЕИМОС на радиуса.

**Улна.** За стабилизация на общо 110 фрактури на улната е прилагана основно антеградна инсерция на имплантите.

Задно-латералният метафизарен достъп („анконеус-портал”) е предпочитаният от нас и е прилаган при 80 (73%) от фрактурите.

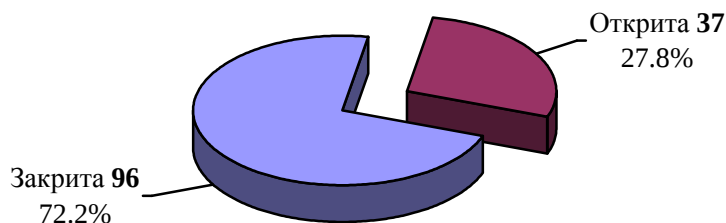
Транс-апофизарна инсерция през върха на олекранона е използвана при 20% (n = 22) от фиксираните интрамедуларно улнарни фрактури, като е прилагана предимно в началните години на серията.

При 8 (7.3%) от случаите е прилагана асцендентната ретроградна техника на Verstrecken с достъп в областта на дисталната метафиза.



**Фиг.32.** Използвани оперативни достъпи при интрамедуларна фиксация на улната.

**Репозиция.** Интрамедуларна фиксация след изцяло закрито наместване на фрактурата е постигната при 72.2% (n = 96) от пациентите. Ограничена открита репозиция на едната (радиус – 18, улна - 12) или двете (n =7) кости предмишницата се е наложила при 37 (27.8%) от случаите.

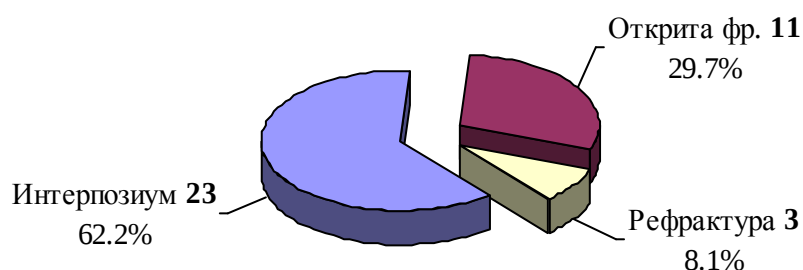


**Фиг.33.** Разпределение според типа репозиция при случаите с ЕИМОС.

Най-честата причина за допълнителна инцизия в областта на фрактурата е била ненаместимост поради наличие на мекотъканен интерпозитум ( $n = 23$ , 62.2%)

Експлорация и дебридман на първично отворена фрактура са причина за открито наместване при други 11 пациента (29.7%).

Открита репозиция се е наложила и при три от случаите с рефрактура (8.1%), поради напълно облитерирал медуларен канал и необходимостта от реканализирането му с помощта на шило или свредло.



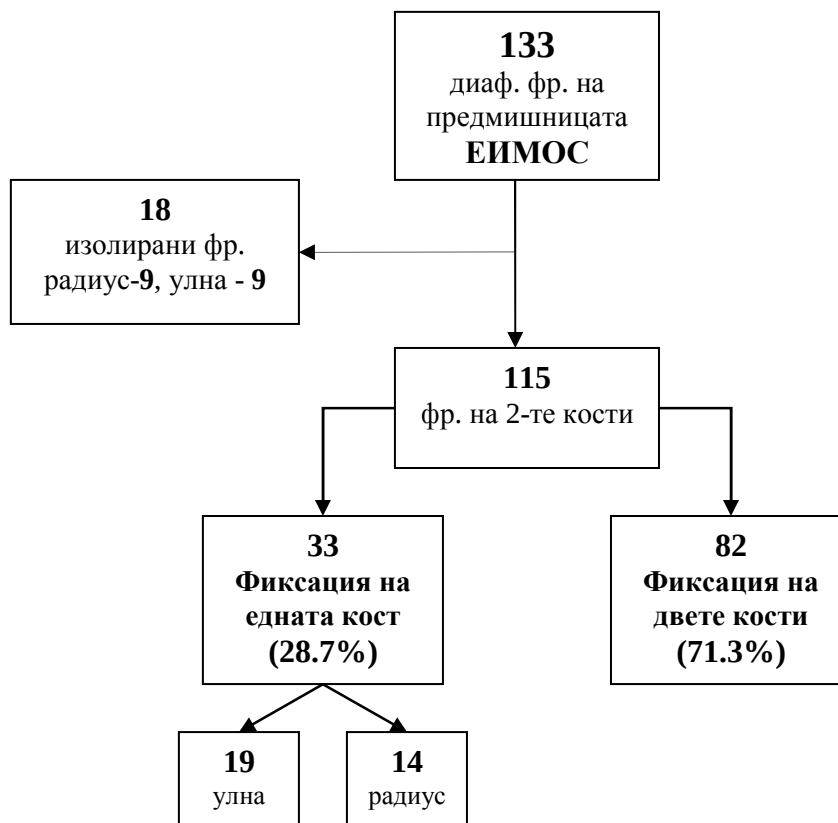
**Фиг.34.** Причини за открита репозиция при 37 (27.8%) от фрактурите.

**Тип на фиксацията.** 18 (13.5%) от 133 пациента са били със счупвания само на радиуса ( $n = 9$ ) или на улната ( $n = 9$ ). В това число се включват 3 Galeazzi и 8 Monteggia-увреди. При тях е използван по един интрамедуларен имплант за съответната фрактурирана кост.

При останалите 115 (86.5%) пациента с фрактури на двете кости на предмишницата решението за броя на имплантите е вземано интраоперативно от съответния хирург.

При 33 (28.7%) пациента, след стабилизация респективно на радиуса ( $n = 14$ ) или улната ( $n = 19$ ) е преценявано, че фрактурата на другата кост е достатъчно стабилна след репозицията, за да позволи по-нататъшното и лечение без допълнителна вътрешна фиксация с циркулярно поставен гипс.

В останалите 82 (71.3%) случая, интрамедуларна фиксация е прилагана и на двете кости на предмишницата. С изключение на един пациент, при който са използвани две интрамедуларни игли за радиуса, при всички други е поставян по един имплант във всяка кост.



**Фиг.35.** Разпределение на случаите според типа фиксация.

**Крайна позиция на имплантите.** В началните години от серията, при 21 (15.8%) от пациентите фиксиращите игли са отрязвани и огъвани над кожата с цел по-лесната им последваща екстракция. След 2003 тази практика е преустановена и при всички останали пациенти (84.2%) имплантите са скъсявани и оставяни подкожно.

**Времетраене на интервенцията.** Средното оперативно време е 56 min (22 – 114).

**Рентгенова експозиция.** В случаите, при които е регистрирано времето на експозиция, то е било средно 1.18 min ( 0.29 – 4.21).

**Следоперативна имобилизация.** Видът и времетраенето на имобилизацията са варирали, в зависимост от типа и локализацията на фрактурата, наличието на съпътстващи увреди, използваната оперативна техника, типа фиксация и постигнатата стабилност. Отчитани са и възрастта на детето, неговата и на родителите кооперативност, както и предпочитанията на лекуващия лекар.

При 48.9% (n = 65) от пациентите е прилагана гипсова имобилизация за срок от 6 седмици. Това включва основно случаите с фиксация само на едната кост, със

съпътстващи увреди или тези, при които краищата на иглите са били оставяни над кожата. При някои от тях (n = 15), в последните седмици гипсовият ръкав е сменян с къс гипс под лакътя по схемата „4+2” или „3+3”.

При 63 (47.4%) пациента следоперативното обездвижване е било със срок от 2 до 4 седмици.

При 3-ма от пациентите е позволена свободна от гипс незабавна мобилизация след неколкодневна протекция с митела.

Средният срок на следоперативна имобилизация за цялата серия от 133 пациенти е бил 4.4 седмици (0 – 6).

След 2004 (втората половина от серията) средната имобилизация е намалена до 3.6 седм.

| Срок на имобилизация (седм. – ср. 4.4) | Брой пациенти (n = 133) |
|----------------------------------------|-------------------------|
| 6                                      | 50                      |
| 4+2 , 3+3                              | 15                      |
| 5                                      | 2                       |
| 4                                      | 28                      |
| 3                                      | 22                      |
| 2                                      | 13                      |
| 0                                      | 3                       |

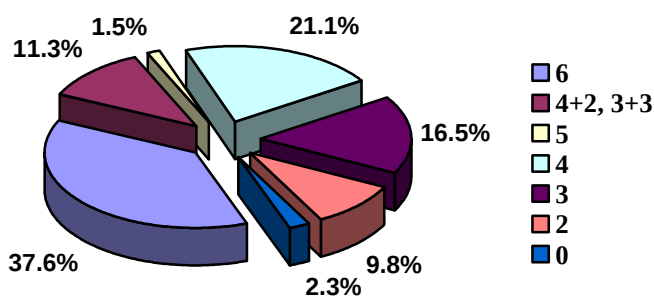


Табл.5. Разпределение по брой на пациентите с ЕИМОС според срока на имобилизация.

Фиг.36. Дялово разпределение според срока на имобилизация в седмици.

**Проследяване.** Пациентите са проследявани клинично и рентгенологично за срок от 6 мес. до 4 години (средно -18 мес.) след интервенцията.

**Отстраняване на имплантите.** В случаите (n=21), при които краят на имплантите е бил оставен над кожата, отстраняването им е извършвано между 5-та и 8-ма седмица. При всички останали това е ставало между 3-ия и 10-ия месец (средно – 6 мес.) от фрактурата. В два от случаите имплантите са оставени *in situ* след неуспешен опит за екстракцията им.

## 1.2. Анатомични и рентгенологични резултати

**Костно срастване.** Срастване на фрактури е установено при всички 133 проследени пациенти, лекувани чрез ЕИМОС.

Средният срок на консолидация за цялата серия е  $7.6 \pm 1.6$  (4 до 15) седмици. Отчетени са два случая със забавено срастване на открита улнарна фрактура, достигнали до консолидация съотв. на 14-а и 15-а седмица без необходимост от допълнителна интервенция.

При откритите фрактури, лекувани чрез еластична интрамедуларна фиксация ( $n = 15$ ) средният срок на срастване е бил  $9.3 \pm 2.3$  седм. (6 до 15).

При закритите счупвания срастване е постигнато за среден срок от  $7.4 \pm 1.3$  седм. (4 до 10). Разликата във времето за срастване между откритите и закритите фрактури, лекувани с ЕИМОС е статистически значима ( $P < 0.001$ ).

Закритите и първично отворените фрактури, при които се е наложила открита репозиция на едната или двете кости на предмишницата, са достигнали до костно срастване средно за  $8.9 \pm 1.7$  седм. (5 до 15).

От своя страна, счупванията, стабилизирани с изцяло закрыта техника са достигнали до консолидация по-рано – средно след  $7.1 \pm 1.2$  седм. (4 до 10).

От  $t = 6.62 > t_{0.05;131} = 2.00$  следва, че има основание да се отхвърли нулевата хипотеза в полза на алтернативната, т.е. че разликата между сроковете на срастване при закрыта и открита репозиция е статистически значима.

По-кратки срокове на консолидация са установени и при децата на възраст до 10 год. – средно  $6.8 \pm 1.2$  седм. (4 до 10), в сравнение с тези над 10 год. –  $8.5 \pm 1.5$  седм. (6 до 15) ( $P < 0.05$ ).

**Ангулации.** Срастване без деформация или с минимални отклонения ( $0^\circ$  до  $5^\circ$ ) е регистрирано при 104 (78.2%) фрактури. 26 (19.5%) счупвания са сраснали с клинично допустими ангулации (до  $10^\circ$ ). Ангулация над  $10^\circ$  е отчетена при 3 (2.3%) от фрактурите (съотв.  $13^\circ$ ,  $15^\circ$  и  $18^\circ$ ). При една от тях, нефиксираната радиална фрактура е сраснала с пълна дорзо-волярна трансляция.

Средната стойност на следоперативните ангулации за всички 133 фрактури е  $3.38^\circ \pm 3.11$  (от  $0^\circ$  до  $18^\circ$ ). Прави впечатление по-голямата средна стойност на следоперативните ангулации при случаите с интрамедуларна фиксация само на едната кост ( $7.52^\circ$ ), спрямо тези, при които са фиксирани двете кости на предмишницата

(1.72°). От  $t = 9.38 > t_{0.05;33} = 2.04$  следва, че разликата между двете групи е статистически значима при  $P < 0.05$ .

**Възстановяване на радиалната дъга.** Размерът и локализацията на радиалната дъга са измервани по метода на *Firl u Wunsch (2004)*.

Стойността на максималната радиална дъга, изразена в проценти от радиалната дължина, е средно  $6.40 \pm 0.86 \%$  (3.5 до 7.7%). Тази стойност е малко по-ниска от съобщените от *Firl u Wunsch* за норма  $7.21 \pm 1.03\%$ , но разликата между тях е статистически значима ( $P = 0.02$ ).

Локализацията на максималната радиална дъга е средно  $60.79 \pm 6.45\%$  (50.5 до 78.8%) спрямо радиалната дължина. Тази стойност е статистически идентична с нормалните според *Firl u Wunsch*  $60.39 \pm 3.74\%$ , въпреки по-голямото разсейване на стойностите в нашите резултати ( $P > 0.05$ ).

В 60.9% ( $n = 81$ ) от случаите отклонението от посочената за нормална средна стойност е не повече от 5% (т.е. стойности между 55% и 65%). При останалите, по-често е изместването на радиалната дъга в дистална посока ( $>65\%$ ) - 21.8% ( $n = 29$ ) спрямо тези, в които тя е изместена проксимално ( $<55\%$ ) - 17.3% ( $n = 23$ ).

Отчетен е един случай (момче на 14 год. с фрактура на двете кости) с пълна загуба на физиологичната радиална извивка и девиация на нефиксирания радиус към улната.

### 1.3. Функционални резултати

Функционалните резултати са отчетени според критериите на *Price (1990)*.

106 пациента (79.7%) при последния контролен преглед са демонстрирали пълно възстановяване на функцията, безпроблемно участие в игри и спорт и липса или минимално ограничение ( $<10^\circ$ ) в проно-супинацията. Техният функционален резултат е оценен като отличен.

При 24 (18%) от пациентите е отчетен добър функционален резултат с минимални оплаквания при физически натоварвания, без ограничения в игрите и загуба на ротация между  $11^\circ$  и  $30^\circ$ , в сравнение с неувредения крайник.

Три от случаите (2.3%) с дефицит над  $30^\circ$  в проно-супинацията са отчетени като завършили със задоволителен резултат.

Единият от тях е на 12 годишно момче с открита (G1) диафизарна фрактура на двете кости на предмишницата (22r-D/4.1, 22u-D5.1) и ипсилатерална супракондилна

фрактура на хумерус („плаващ лакът“) след падане от височина. Заедно с репозицията и перкутанната фиксация на лакътната фрактура е извършено открито наместване и интрамедуларна фиксация на двете диафизарни счупвания. Въпреки доброто алиниране и навременната консолидация на диафизарната увреда е установена ротаторна и остатъчна екстензионна деформация на дисталния хумерус. 18 мес. след травмата са персиситирали 15° екстензионен дефицит в лакътната става, 30° загуба на супинация и 15° - загуба на пронация.

Вторият задоволителен резултат е при момче на 13 год. с открита (G1) диафизарна коса фрактура на улната и напречно счупване на радиуса (22r-D/4.1, 22u-D5.1 по АО PCCF), при което интрамедуларно е била фиксирана само улната, а лъчевата кост е зараснала с 18° дорзална ангулация. 16 мес. след травмата са установени 25° загуба на пронация и 15° дефицит в супинацията.

Третият случай с непълно функционално възстановяване е на 13 год. момче с напречна фрактура на двете кости на предмишницата (22-D/4.1), при което също е извършена фиксация само на улнарната фрактура, а радиусът е зараснал със загуба на радиалната дъга и пълна дорзо-волярна транслация. Отчетена е дефинитивна загуба на 25° супинация и 20° пронация.

И тримата пациенти са удовлетворени от крайния резултат и допълнителна интервенция не се е наложила при нито един от тях.

Крайните функционални резултати са обобщени на следната таблица:

| Резултати     | Симптоми                                                                 | Загуба на ротация в градуси | n = 133 (100%)     |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Отличен       | Без болки или оплаквания при физически усилия и спорт                    | <10                         | <b>106 (79.7%)</b> |
| Добър         | Леки оплаквания при физически усилия. Без ограничения при спорт или игра | 11 - 30                     | <b>24 (18.0%)</b>  |
| Задоволителен | Леки оплаквания при ежедневните дейности                                 | 31 - 90                     | <b>3 (2.3%)</b>    |
| Лош           | Всички други резултати                                                   |                             | <b>0</b>           |

**Табл.6.** Разпределение на крайните функционални резултати според критериите на Price и съавт. (1990).

Разпределението на функционалните резултати спрямо фрактурната морфология е представено на следната таблица:

| Фрактурен тип | Отличен    | Добър      | Задоволителен | Общо       |
|---------------|------------|------------|---------------|------------|
| напречни      | 62 (84.9%) | 10 (13.7%) | 1 (1.4%)      | 73         |
| напречна+коса | 21 (67.7%) | 8 (25.8%)  | 2 (6.5%)      | 31         |
| коси          | 19 (79.2%) | 5 (20.8%)  | 0             | 24         |
| раздробени    | 4 (80.0%)  | 1 (20.0%)  | 0             | 5          |
| <b>Всички</b> | <b>106</b> | <b>24</b>  | <b>3</b>      | <b>133</b> |

**Табл.7.** Разпределение на крайните функционални резултати в зависимост от морфологичния тип фрактура.

Функционалните резултати от лечението с ЕИМОС са анализирани и в зависимост от фрактурния тип, определен по АО педиатричната класификация за диафизарните фрактури на предмишницата:

| АО PCCF                  | Отлични    | Добри     | Задовол. | Общо       |
|--------------------------|------------|-----------|----------|------------|
| 22-D/4.1                 | 45         | 7         | 1        | 53         |
| 22r-D/4.1, 22u-D/5.1     | 18         | 7         | 2        | 27         |
| 22-D/5.1                 | 14         | 3         |          | 17         |
| 22-D/6.1                 | 7          | 1         |          | 8          |
| 22r-D/4.1, 22u-D/2.1     | 6          | 2         |          | 8          |
| 22r-D/4.1                | 5          | 1         |          | 6          |
| 22r-D/2.1, 22u-D/5.1     | 3          |           |          | 3          |
| 22-D/7.1                 | 2          | 1         |          | 3          |
| 22-D/5.2                 |            | 2         |          | 2          |
| 22r-D/5.2, 22u-D/5.1     | 2          |           |          | 2          |
| 22u-D/4.1, 21r-M/3.1 III | 2          |           |          | 2          |
| 22r-D/5.2, 22u-D/4.1     | 1          |           |          | 1          |
| 22u-D/4.1                | 1          |           |          | 1          |
| <b>Общо</b>              | <b>106</b> | <b>24</b> | <b>3</b> | <b>133</b> |

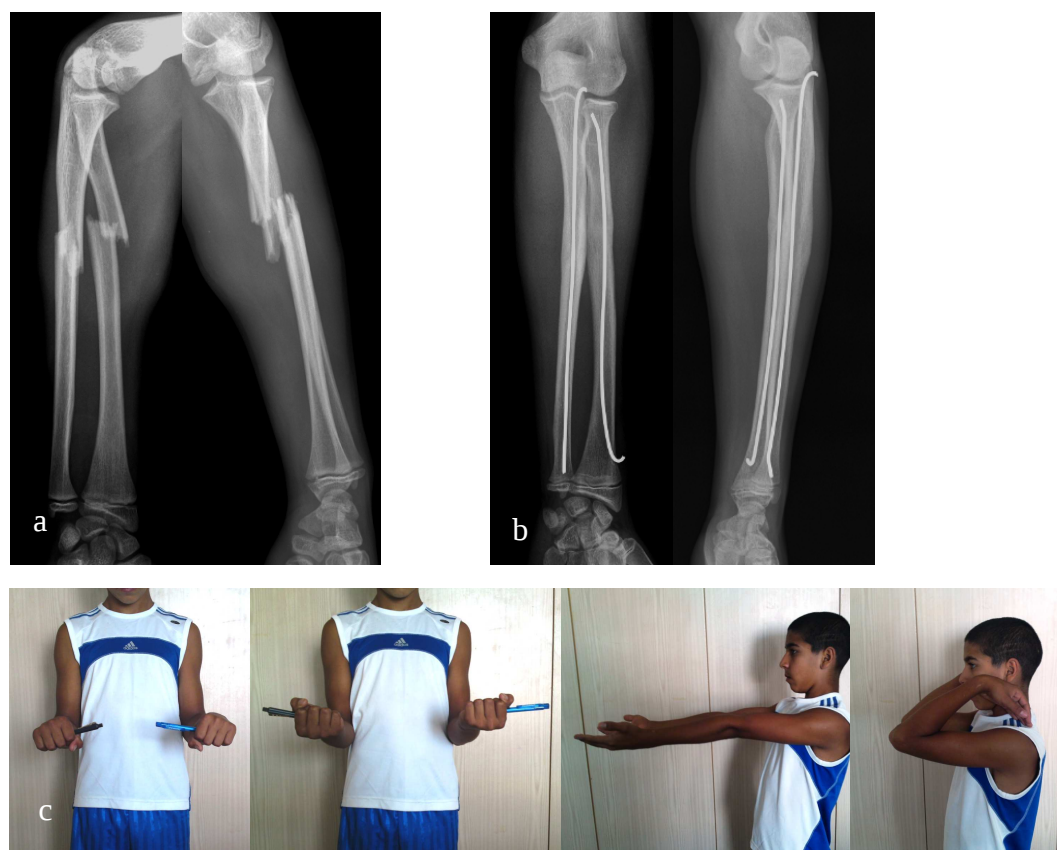
**Табл.8.** Разпределение по брой на функционалните резултати след ЕИМОС в зависимост от фрактурния тип, определен чрез АО Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF).

Дяловото разпределение на функционалните резултати е представено за фрактурите от 5-те най-чести типа, които съставляват 85% (n = 113) от общия брой на случаите.

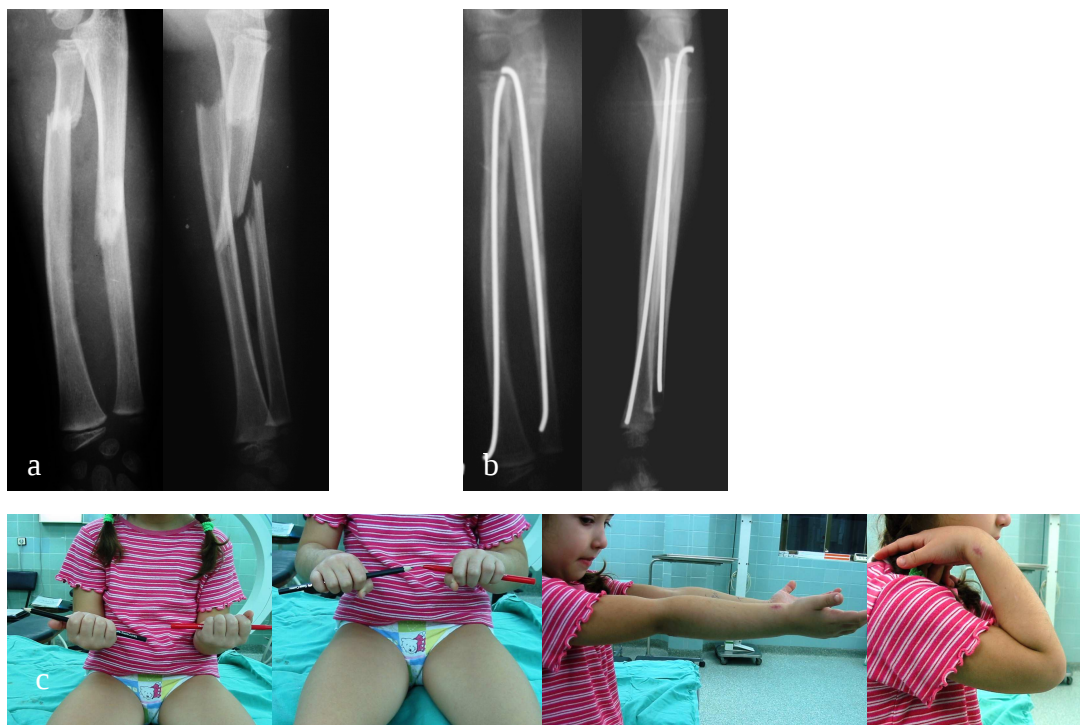
| АО PCCF              | Отлични | Добри | Задовол. |
|----------------------|---------|-------|----------|
| 22-D/4.1             | 84.9%   | 13.2% | 1.9%     |
| 22r-D/4.1, 22u-D5.1  | 66.7%   | 25.9% | 7.4%     |
| 22-D/5.1             | 82.4%   | 17.6% |          |
| 22-D/6.1             | 87.5%   | 12.5% |          |
| 22r-D/4.1, 22u-D/2.1 | 75.0%   | 25.0% |          |

**Табл.9.** Дялово разпределение на резултатите за 5-те най-чести фрактурни типа по АО PCCF.

#### 1.4. Клинични случаи.



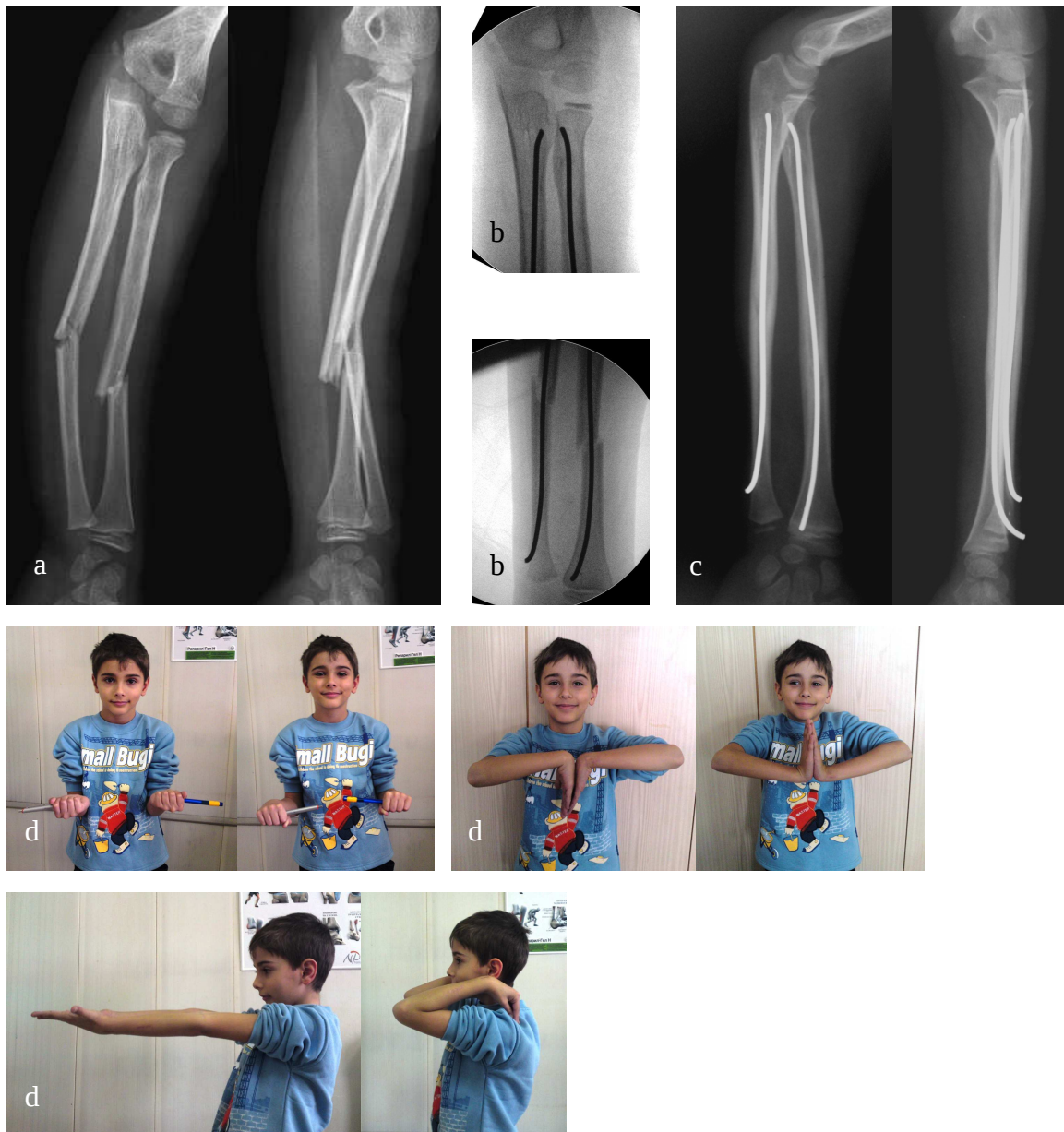
**Фиг.37.** 14 годишно момче с фрактура тип 22r-D/4.1, 22u-D5.1 по АО PCCF (a). Рентгенологичен резултат, 6 месеца след закрыта ЕИМОС (b). Напълно възстановена функция преди отстраняване на имплантите (c).



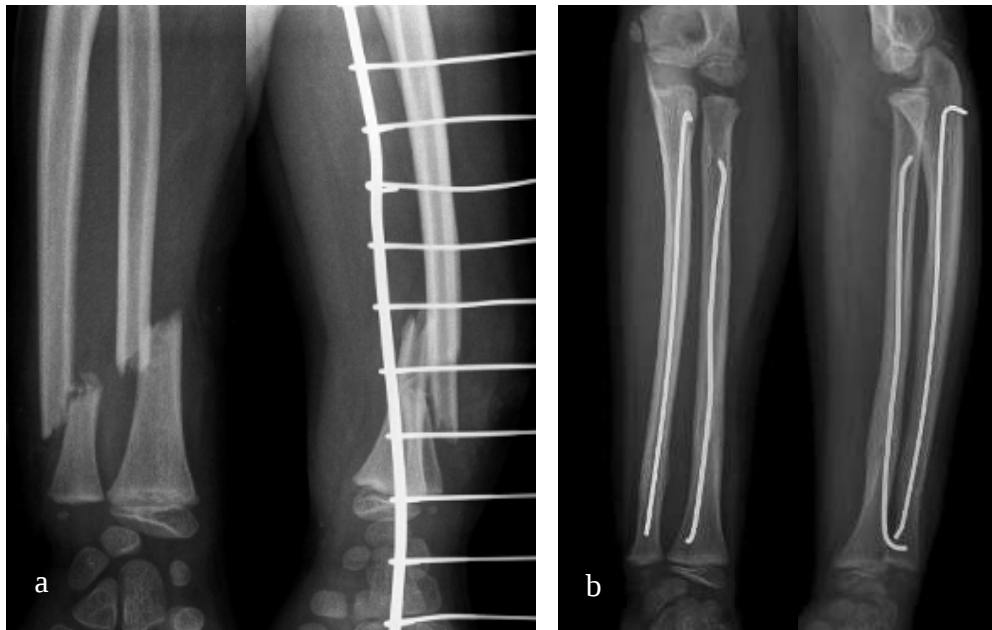
**Фиг.38.** Момиче на 5 год. с нестабилна фрактура тип 22r-D/4.1, 22u-D5.1 по АО PCCF (a). Рентгенологичен резултат, 4 месеца след закрыта ЕИМОС с контурирани К-игли (b). Отличен функционален резултат, непосредствено преди отстраняване на имплантите (c).



**Фиг.39.** 10 годишно момче с Monteggia – еквивалентна увреда, 22u-D/5.1, 21r-M/3.1 III по АО PCCF (a). Рентгенологичен резултат, 2 месеца след интрамедуларна стабилизация на улната и закрыта репозиция и фиксация на радиалната шийка по техниката на Metaizeau (b), и след отстраняване на имплантите (c).



**Фиг.40.** Фрактура тип 22r-D/4.1, 22u-D5.1 при 8 год. момче след падане с велосипед (a). ЕИМОС с модифицирана техника – ретроградна фиксация на улната и стабилизация на радиуса с дорзо-улнарен достъп и допълнително “in situ” огъване на иглата (b). Рентгенологичен резултат, 5 месеца по-късно (c). Отличен функционален резултат с пълен обем движения (d).



**Фиг.41.** Фрактура на двете кости на предмишницата в дистална трета – тип 22-D/5.1. Рентгенологичен резултат, 4 месеца след модифицирана ЕИМОС с дорзо-улнарна инсерция на радиалната игла.



**Фиг.42.** Открита диафизарна фрактура (G1) от тип 22-D/5.1 по АО RSCF при 14 годишно момче, лекувана неадекватно с гипсова имобилизация (a). Резултат, 6 месеца след ЕИМОС с титанови еластични пирони (b).

## 2. УСЛОЖНЕНИЯ

В хода на проследяването при 21 от пациентите са регистрирани 22 постоперативни проблеми и усложнения, като честотата им възлиза на 16.5%.

**Мекотъканна иритация** и/или дискомфорт около инсерционните места на имплантите са установени при **5 (3.8%)** от случаите. При 4 от тях, иглите са били огънати и отрязани над кожата. При двама от пациентите се е наложила преждевременна екстракция (5-та седмица) преди пълната консолидация на фрактурите.

В един случай проминараният край на транспофизарно поставена улнарна игла е предизвикал болезнена бурса с опасност от пробив на кожата, поради което имплантът е отстранен на третия следоперативен месец

Лекостепенните и безсимптомни бурсити в областта на инсерциите при част от децата не са отчитани като усложнения и при всички те са изчезнали скоро след отстраняване на имплантите.

**Повърхностна инфекция** е отчетена при двама пациенти **(1.5%)**. При единия от тях, тя е възникнала на третия следоперативен месец след улцерация и пробив на кожата от поставената в улната игла. Овладеяна е след ревизия и допълнително скъсяване на импланта под кожата.

При втория пациент е отчетена ранева инфекция в резултат на следоперативен хематом, няколко дни след екстракция имплантите. Възпалението е овладяно след неколкодневна антибиотична терапия.



**Фиг.43.** Улцерация и повърхностна инфламация около недостатъчно скъсена и силно огъната игла.

**Преходна хипестезия в зоната на повърхностния радиален нерв** е установена при **4 (3.0%)** от пациентите, при които е използван латерален достъп до дисталния радиус. При двама това е настъпило след първичната оперативна намеса, а при другите двама –

след отстраняване на имплантите. При всичките е настъпило спонтанно възстановяване в рамките на 2 до 3.5 мес, без да е била необходима допълнителна интервенция.

**Срастване с неприемлива деформация** е настъпило при **3 (2.3%)** пациенти.

И в трите случая се касае за фрактури на двете кости на предмишницата, при които е била стабилизирана само едната от тях.

В единият от тях (13 год. момче), нефиксираната фрактура на радиуса е сраснала с неприемливи ангулация, трансляция и стесняване на интересалното пространство поради невъзстановена радиална дъга.(Фиг. )

Липсата на интрамедуларна стабилизация на радиуса е била причина за срастване с 15° ангулация при друг (14 год. момче) от пациентите. (Фиг. ).

Остатъчна ангулация от 13° на улнарната фрактура е персистирала и при пациент на 9 год., при който интрамедуларно е бил фиксиран само радиуса.



**Фиг.44.** Срастване с неприемлива ангулация, трансляция и загуба на физиологичната кривина на нефиксирания радиус (а). Остатъчна ангулация от 15° при нефиксирана фрактура на радиуса (b).

**Рефрактури** след приложена ЕИМОС са регистрирани при **5 (3.8%)** от проследените случаи.

При два от тях (радиус-1, улна – 1), те са получени след отстраняване на имплантите, използвани за фиксация на първата фрактура. И при двамата пациенти (момиче-12 год., момче-9 год.) имплантите са били отстранени преди третия месец от предходното счупване. Рефрактурите при тях са били лекувани успешно с гипсова имобилизация.

В другите три случая рефрактурите са получени с неотстранени импланти *in situ*.

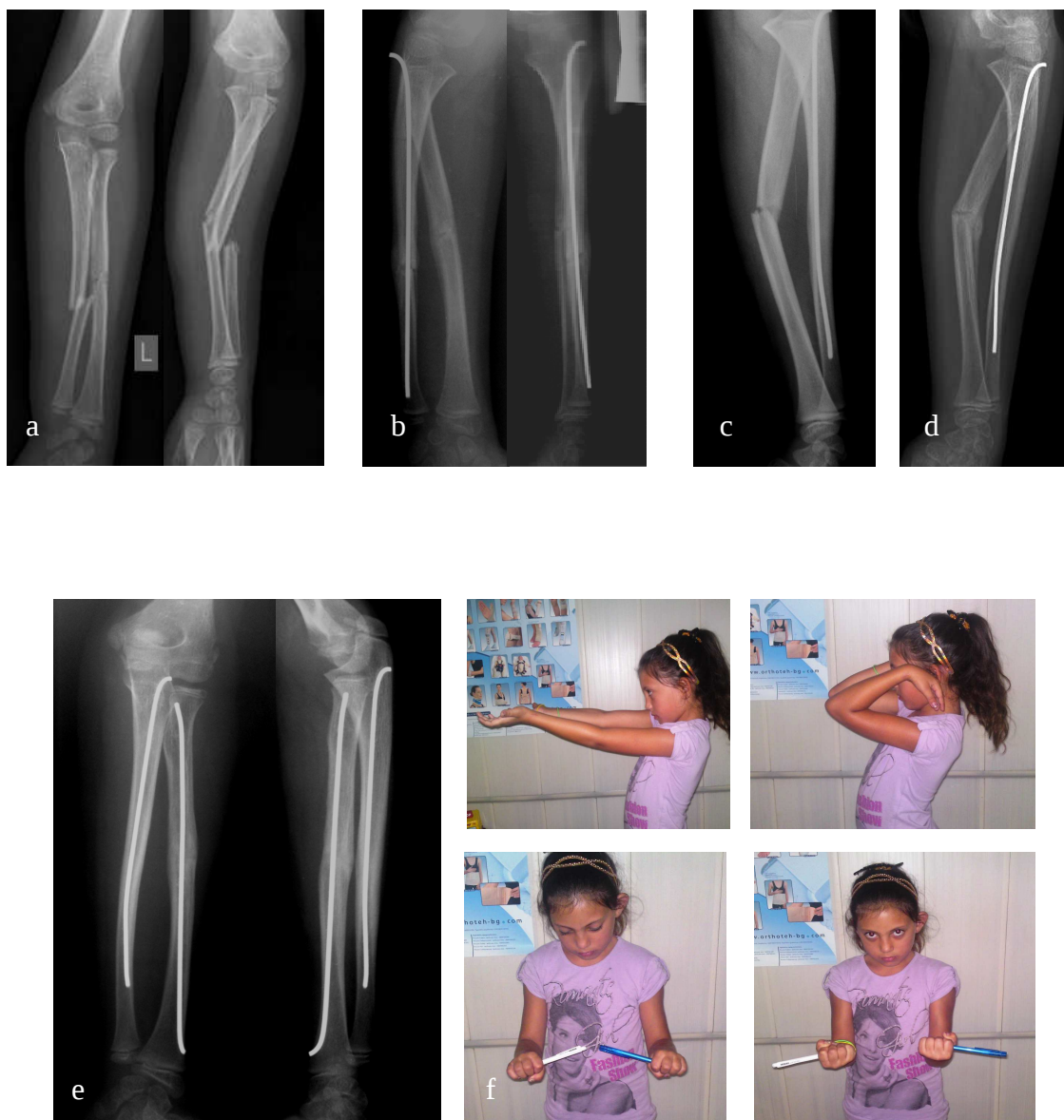
При единия от пациентите ( момче-8 год.) първичната фрактура на двете кости е била лекувана чрез интрамедуларна фиксация единствено на улната. Четири месеца по-късно, след нова адекватна по сила травма, той получава повторно счупване с изразена дислокация и деформация на поставения в улната имплант. След екстракция на улнарната игла е извършена повторна репозиция и интрамедуларна еластична остеосинтеза на двете кости. Поради облитерация на медуларния канал на радиуса, се е наложило открито му наместване и реканализация преди да бъде завършена фиксацията. (Фиг.45 )

Друг пациент, 8 месеца след оперативно лекувана фрактура с интрамедуларна остеосинтеза на улната, е получил повторно счупване на нефиксирания първично радиус след нова травма. След неуспешен опит за консервативно лечение и прогресираща деформация е извършена остеоклазия и еластична интрамедуларна фиксация. (Фиг.46 )

Третият пациент е получил повторно счупване 4.5 месеца след интрамедуларна стабилизация (радиус – открит, улна-закрит) на двете кости на предмишницата, съпроводено с тежка деформация и огъване на имплантите. След неуспешен опит за изправянето им под обща анестезия, се е преминало към тяхното отстраняване, последвано от закрита еластична интрамедуларна остеосинтеза с нови импланти. (Фиг.47 )



**Фиг.45.** 8 год. момче с нестабилна диафизарна фрактура тип 22r-D/4.1, 22u-D5.1 по АО (a). Репозиция и интрамедуларна фиксация на улната, последвана от гипсова имобилизация за 6 седм. (b). 4 месеца по-късно – нова фрактура с огънат имплант и облитерация на медуларния канал на радиуса (c).Открита репозиция с реканализация на радиуса и ЕИМОС с нови импланти (d). 8 мес. по-късно, след отстраняване на иглите и напълно възстановена функция (e).



**Фиг.46.** Фрактура тип 22-D/4.1 при 7 год. момиче (a). Резултат след интрамедуларна фиксация на улнарната фрактура и закрыта репозиция на радиуса (b). Рефрактура на радиуса, 8 мес. по-късно (c). Прогресираща деформация с калусообразуване, 4 седм. по-късно (d). Отличен анатомичен резултат (e) и напълно възстановена функция (f), 6 мес. след остеоклазия и ЕИМОС на радиуса.



**Фиг.47.** 8 годишно момче с диафизарна фрактура тип 22-D/4.1(**a**). 4.5 мес. след открита ЕИМОС – нова фрактура със силно деформирани импланти (**b**, **c**). Резултат, 6 мес. след ЕИМОС с нови импланти (**d**). Отличен функционален резултат (**e**).

**Дълбока инфекция** е регистрирана при един пациент (**0.8%**) с отворена (G2) диафизарна фрактура на предмишницата. На четвъртия следоперативен ден след извършената по спешност ЕИМОС е установена гнойна секреция от инцидентната рана в областта на улнарната фрактура. След 4 допълнителни ревизии и дебридман с насочено антибиотично лечение, инфекцията е била овладяна без да се прибегва до

ранно отстраняване на имплантите. Въпреки установената на втория месец костна секвестрация, впоследствие фрактурата е достигнала до пълна консолидация и ремоделаж с напълно възстановена функция.

**Забавено срастване** след 12-а седмица е отчетено при двама пациенти (1.5%) с открити фрактури (G2) на предмишницата. И в двата случая е била засегната улната. Фрактурите са достигнали до консолидация съотв. на 14-а и 15-а седмица без да е прилагана допълнителна интервенция.



**Фиг.48.** Открита (G2) фрактура от тип 22г-D/4.1, 22и-D5.1 при 12 год. момче (а). Дълбока инфекция с образуване на малък секвестър на улната – 2 мес. след травмата (б). Пълен ремоделаж и отличен резултат – 8 мес. след фрактурата (с).

Значими усложнения като компартмънт синдром, срастване с ангулация или малротация  $> 20^\circ$ , несрастване, епифизарна увреда, синостоза или хроничен остеомиелит не са регистрирани в проследената серия.

Разпределението и честотата на следоперативните проблеми и усложнения са обобщени на таблицата:

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Мекотъканна иритация/бурса            | 5 (3.8%)          |
| Повърхностна инфекция                 | 2 (1.5%)          |
| Невропаксия на повърхн. радиален нерв | 4 (3.0%)          |
| Ангулация > 10°                       | 3 (2.3%)          |
| Рефрактура                            | 5 (3.8%)          |
| Дълбока инфекция                      | 1 (0.8%)          |
| Забавено срастване                    | 2 (1.5%)          |
| <b>Общо</b>                           | <b>22 (16.5%)</b> |

**Табл.10.** Разпределение и честота на следоперативните проблеми и усложнения след ЕИМОС.

### 3. ДОПЪЛНИТЕЛНИ ПРОУЧВАНИЯ, СВЪРЗАНИ С РЕЗУЛТАТИТЕ

Въз основа на данните от клиничния материал и разпределението на получените резултати и усложнения, с помощта на методите за статистически анализ са потърсени отговорите на някои допълнителни въпроси, възникнали в хода на проучването.

#### 3.1. Сравнителен анализ на резултатите, постигнати при фиксация на едната кост, спрямо тези, при които са фиксирани двете кости на предмишницата.

Сравнени са рентгенологичните и функционални резултати след ЕИМОС при 33 пациента с фиксация на едната от двете фрактурирани кости на предмишницата (19-улна, 14-радиус), спрямо 82 случая, при които са били стабилизирани и двете фрактури. Допълнителни критерии за сравнение са били следоперативните ангулации, необходимостта от реманипулации и срокът на имобилизация.

Сравняването на относителните дялове за отлични, добри и задоволителни функционални резултати в двете групи не дава основание за отхвърляне на нулевата хипотеза. Анализът показва, че функционалните резултати при пациентите с фиксация на едната кост не се различават статистически от тези, при които са фиксирани двете кости на предмишницата ( $P > 0.05$ ).

| Резултати<br>(Price 1990) | Фиксация на<br>едната кост<br>(n=33) | Фиксация на<br>двете кости<br>(n=82) | Student's t-test                |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Отлични                   | 23 (69.7%)                           | 65 (79.3%)                           | $t=1.09 < t_{0,05; 115} = 1.98$ |
| Добри                     | 8 (24.2%)                            | 16 (19.5%)                           | $t=0.56 < t_{0,05; 115} = 1.98$ |
| Задоволителни             | 2 (6.1%)                             | 1 (1.2%)                             | $t=1.47 < t_{0,05; 115} = 1.98$ |

**Табл.11.** Сравнение на функционалните резултати при пациентите с фиксация на едната и двете кости на предмишницата. Резултатите в двете групи са статистически идентични ( $P > 0.05$ ).

Сравняването на рентгенологичните резултати показва, че средната стойност на следоперативните ангулации при случаите с интрамедуларна фиксация само на едната кост ( $7.52^\circ$ ) е по-голяма от тази, при която са били фиксирани двете кости ( $1.72^\circ$ ). В първата група са отчетени 8 ранни следоперативни ангулации  $> 10^\circ$ , като при пет от тях е приложена допълнителна реманипулация на фрактурата. Останалите 3 (9.1%) са сраснали с деформация над  $10^\circ$ . При фрактурите с фиксация на двете кости на предмишницата, ангулации над  $10^\circ$  не са наблюдавани и повторни репозиции не са извършвани. От  $t = 9.38 > t_{0,05; 115} = 1.98$  следва, че има основание за отхвърляне на нулевата хипотеза в полза на алтернативната, а именно, че разликата в рентгенологичните резултати между двете групи е статистически значима ( $P < 0.05$ ).

Средният срок на имобилизация за пациентите с ЕИМОС на двете кости е 3.8 седм., а при фиксация на едната кост - 5.5 седм.  $t = 4.78 > t_{0,05; 115} = 1.98$ ,  $P < 0.05$  отхвърля нулевата хипотеза и утвърждава алтернативната – имобилизацията след ЕИМОС на двете кости на предмишницата е по-кратка и разликата между двете групи е статистически значима.

|                                    | <b>ЕИМОС<br/>едната кост</b> | <b>ЕИМОС<br/>двете кости</b> | <b>Student's t-test</b>           |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Следопер. ангулация (гр.)          | 7.52                         | 1.72                         | $t = 9.38 > t_{0.05; 115} = 1.98$ |
| Ангулация $> 10^\circ$ (бр.)       | 8                            | 0                            |                                   |
| Реманипулация (бр.)                | 5                            | 0                            |                                   |
| Срастване с анг. $>10^\circ$ (бр.) | 3                            | 0                            |                                   |
| Имобилизация (седм)                | 5.5                          | 3.8                          | $t = 4.78 > t_{0.05; 115} = 1.98$ |

**Табл.12.** Сравнение на рентгенологичните резултати и срока на имобилизация при случаите с ЕИМОС на едната и двете кости на предмишницата. Разликата между двете групи е статистически значима ( $P < 0.05$ ).

В групата пациенти с фиксация на едната кост, допълнително са сравнени функционалните резултати на тези, при които е стабилизирал радиуса ( $n=14$ ) и случаите с фиксация на улната ( $n=19$ ). Прави впечатление, че в групата с фиксация на радиуса има тенденция към по-добри резултати, въпреки, че разликата в относителните дялове не достига статистическа значимост ( $P > 0.05$ ).

| <b>Резултати<br/>(Price 1990)</b> | <b>ЕИМОС<br/>Радиус<br/>(n=14)</b> | <b>ЕИМОС<br/>Улна<br/>(n=19)</b> | <b>Student's t-test</b>          |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Отлични                           | 12 (85.7%)                         | 11 (57.9%)                       | $t = 1.74 < t_{0.05; 33} = 2.04$ |
| Добри                             | 2 (14.3%)                          | 6 (31.6%)                        | $t = 1.13 < t_{0.05; 31} = 2.04$ |
| Задоволителни                     | 0                                  | 2 (10.5%)                        | $t = 1.24 < t_{0.05; 31} = 2.04$ |

**Табл.13.** Сравнение на функционалните резултати при пациентите с фиксация само на радиуса или фиксация само на улната.

### 3.2. Сравнение на резултатите при ЕИМОС с открита и закрыта репозиция.

За да установим, как откритата репозиция влияе на резултатите от ЕИМОС, сравнихме сроковете на срастване, честотата на усложненията и крайните функционални резултати при 37 (27.8%) пациента с открита репозиция на едната или двете кости на предмишницата и 96 (72.2%), фиксирани с изцяло закрыта техника.

Фрактурите, при които се е наложила открита репозиция, са достигнали до костно срастване с близо 2 седмици по-късно от тези, които са фиксирани закрыто, като разликата в средните стойности е статистически достоверна ( $P < 0.05$ ).

Сравняването на относителните дялове на усложненията води до  $t = 1,50 < t_{0,05; 133} = 2,00$ , което потвърждава нулевата хипотеза за липса на статистически значима разлика в усложненията между двете групи.

При пациентите, лекувани със закрыта репозиция и ЕИМОС, относителния дял на отличните резултати е по-висок и разликата между двете групи, макар и не голяма, е сигнификантна ( $t = 3,22 > t_{0,05; 133} = 2,00$ ). От друга страна, по отношение на задоволителните резултати, не се установява статистически значима разлика ( $t = 0,21 < t_{0,05; 133} = 2,00$ ,  $P > 0.05$ )

|                                    | <b>Закрита<br/>репозиция<br/>(n=96) (72.2%)</b> | <b>Открита<br/>репозиция<br/>(n=37) (27.8%)</b> | <b>Student's t-test</b>           |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Срастване<br/>(седм)</b>        | 7.1 ± 1.2                                       | 8.9 ± 1.7                                       | $t = 6.62 > t_{0,05; 133} = 2.00$ |
| <b>Усложнения<br/>n (%)</b>        | 13 (13.5%)                                      | 9 (24.3%)                                       | $t = 1.50 < t_{0,05; 133} = 2.00$ |
| <b>Функц.резултати<br/>(Price)</b> | Отл. 83 (86.4%)                                 | Отл. 23 (62.2%)                                 | $t = 3.22 > t_{0,05; 133} = 2.00$ |
|                                    | Добри 11 (11.5%)                                | Добри 13 (35.1%)                                | $t = 3.28 > t_{0,05; 133} = 2.00$ |
|                                    | Задов. 2 (2.1%)                                 | Задов. 1 (2.7%)                                 | $t = 0.21 < t_{0,05; 133} = 2.00$ |

**Табл.14.** Сравнение на сроковете за срастване, усложненията и функционалните резултати при фрактурите, лекувани с открита и закрыта репозиция.

### 3.3. Зависимост на резултатите и усложненията от възрастта.

За да установим, дали възрастта на пациента влияе върху резултатите от ЕИМОС, сравнихме сроковете на срастване, разпределението на функционалните резултати и честотата на усложненията между две възрастови групи – до 10 години вкл. и над 10 годишна възраст. Броят на пациентите в двете групи е идентичен – 67 деца на възраст от 4 до 10 год. вкл. и 66 – между 11 и 16 год.

Фрактурите при децата над 10 год. възраст са достигнали до костно срастване средно за 8.5 седм., а при пациентите до 10 год. – за средно 6.8 седм. Поради  $t = 6.62 > t_{0,05; 133} = 2.00$  нулевата хипотеза е отхвърлена за сметка на алтернативата – фрактурите при

децата над 10 год. възраст зарастват по-бавно от тези, при по-малките и разликата в сроковете на срастване е статистически значима ( $P < 0.05$ ).

Сравняването на относителните дялове по отношение функционалните резултати показва, че при пациентите над 10 годишна възраст отличните резултати са по-малко в сравнение с тези, при по-малките деца и това е за сметка на по-големия дял добри резултати.

От  $t = 4.94 > t_{0.05;133} = 2.00$  (за отличните) и  $t = 4.35 > t_{0.05;133} = 2.00$  (за добрите) следва, че нулевата хипотеза се отхвърля за сметка на алтернативната – разликата между двете възрастови групи е статистически значима ( $P < 0.05$ ). При задоволителните резултати разликата не достига статистическа значимост

( $t = 1.77 < t_{0.05; 133} = 2.00$ ).

Отчетените усложнения след ЕИМОС са по-чести при пациентите над 10 год.(24.3%) в сравнение с децата до 10 год.(9.0%). От  $t = 2.41 > t_{0.05;133} = 2.00$  следва, че тази разлика е статистически достоверна ( $P < 0.05$ ).

|                                                   | $\leq 10$ год.<br>(n=67) | $> 10$ год.<br>(n=66) | Student's t-test                  |
|---------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>Срастване</b><br>(седм)                        | $6.8 \pm 1.2$            | $8.5 \pm 1.5$         | $t = 6.62 > t_{0.05; 133} = 2.00$ |
| <b>Функционални резултати (Price)</b><br>(бр / %) | Отл. 64 (95.5%)          | Отл. 42 (63.6%)       | $t = 4.94 > t_{0.05;133} = 2.00$  |
|                                                   | Добри 3 (4.5%)           | Добри 21 (31.8%)      | $t = 4.35 > t_{0.05;133} = 2.00$  |
|                                                   | Задов. 0                 | Задов. 3 (4.6%)       | $t = 1.77 < t_{0.05; 133} = 2.00$ |
| <b>Усложнения</b><br>(бр / %)                     | 6 (9.0%)                 | 16 (24.3%)            | $t = 2.41 > t_{0.05; 133} = 2.00$ |

**Табл.15.** Сравнение на резултатите и усложненията при деца до 10 год. и на 10 год. възраст.

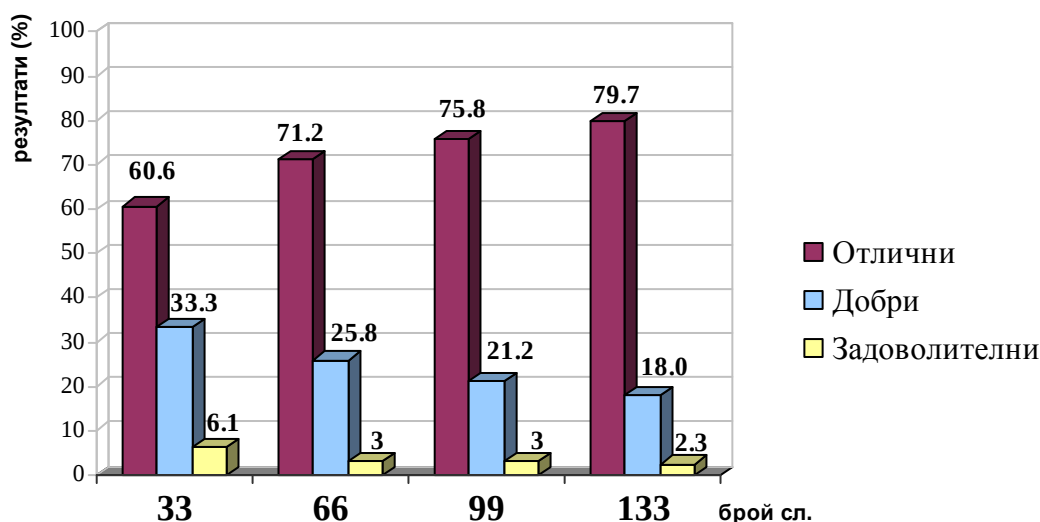
### 3.4. Влияние на учебната крива върху резултатите от ЕИМОС.

За да оценим зависимостта на получените резултати от натрупването на опит с техниката на ЕИМОС, разделихме 133-те фрактури, лекувани за период от 14 години на 4 равни групи от по 33 (последната -34) пациента, подредени в хронологичен ред. За всяка от тях са анализирани функционалните резултати, честотата на откритите

репозиции и усложненията. Стойностите са изчислявани с натрупване на случаите от всяка предходна група.

| Брой случаи   | 1-33       | 1-66       | 1-99       | 1-133       |
|---------------|------------|------------|------------|-------------|
| Отлични       | 20 (60.6%) | 47 (71.2%) | 75 (75.8%) | 106 (79.7%) |
| Добри         | 11 (33.3%) | 17 (25.8%) | 21 (21.2%) | 24 (18.0%)  |
| Задоволителни | 2 (6.1%)   | 2 (3.0%)   | 3 (3.0%)   | 3 (2.3%)    |

**Табл.16.** Разпределение на функционалните резултати според броя случаи, при които е приложена ЕИМОС.



**Фиг.49.** Графично разпределение на функционалните резултати според натрупания брой случаи с ЕИМОС.

От графиката е явно, че натрупването на опит с техниката води до нарастване относителния дял на отличните резултати с 19.1 %. Намалението на относителния дял за добрите и задоволителни резултати е съответно с 15.3% и 3.8%.

Сравнявайки отделно първата (1-33) и последната (100-133) хронологична група случаи се установява увеличаване на относителния дял на отличните резултати с 30.6% за сметка на намаления дял за добрите и задоволителните.

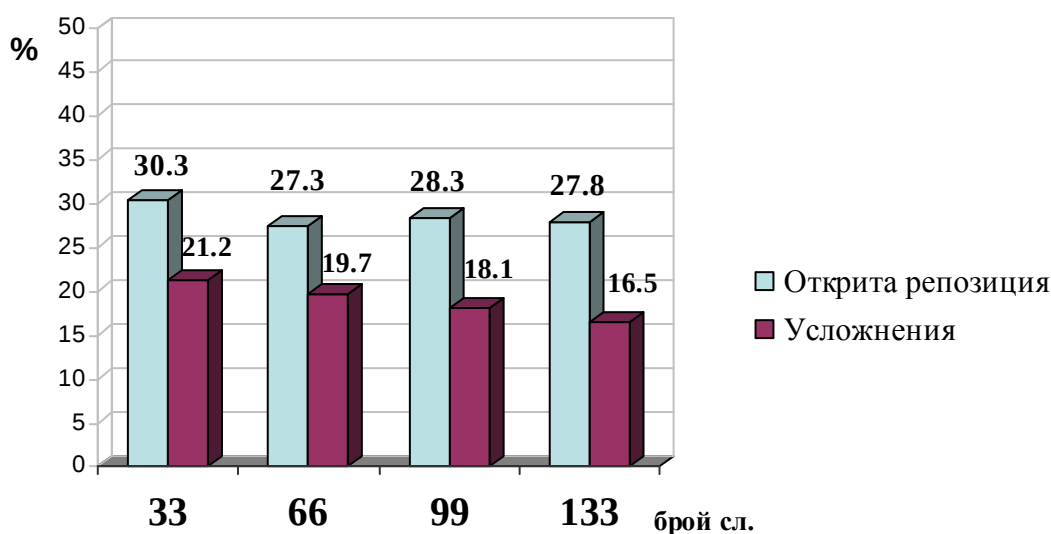
| Брой случаи   | 1-33       | 100-133    |
|---------------|------------|------------|
| Отлични       | 20 (60.6%) | 31 (91.2%) |
| Добри         | 11 (33.3%) | 3 (8.8%)   |
| Задоволителни | 2 (6.1%)   | 0          |

**Табл.17.** Разпределение на функционалните резултати при първите 33 и последните 34 пациента от серията.

Влиянието на учебната крива върху честотата на усложненията и необходимостта от открита репозиция е следното:

| Брой случаи       | 1-33       | 1-66       | 1-99       | 1-133      |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| Усложнения        | 7 (21.2%)  | 13 (19.7%) | 18 (18.1%) | 22 (16.5%) |
| Открити репозиции | 10 (30.3%) | 18 (27.3%) | 28 (28.3%) | 37 (27.8%) |

**Табл.18.** Брой и честота на усложненията и откритите репозиции в зависимост от броя на случаите, лекувани чрез ЕИМОС.



**Фиг.50.** Влияние на учебната крива върху честотата на откритите репозиции и усложненията.

Резултатите показват, че с увеличаване броя на случаите и натрупването на опит с техниката, честотата на усложненията постепенно намалява.

От друга страна, относителният дял на откритите репозиции остава относително постоянен през целия период на проучването.

### 3.5. Рефрактури на предмишницата – сравнение на три лечебни метода.

В периода на проучването (1997-2010) сме лекували 27 пациента до 16 год. възраст с рефрактури на предмишницата. Прилагани са три различни лечебни метода.

13 от децата, на средна възраст 9.2 (5-12) год., са лекувани неоперативно чрез закрыта репозиция и гипсова имобилизация за среден срок от 8.5 седм. (от 6 до 12).

При 11 пациента на средна възраст 10.2 (6-16) год. е приложена еластична интрамедуларна остеосинтеза, последвана от ранна мобилизация между първата и 3-та

седмица. От тези 11 пациента, 8 са били с фрактури на двете кости, 2 – с фрактура на радиуса, и един с повторно счупване на улната.

Трима от пациентите на средна възраст 14.3 (13-16) год. са лекувани с открита репозиция и вътрешна фиксация с плака.

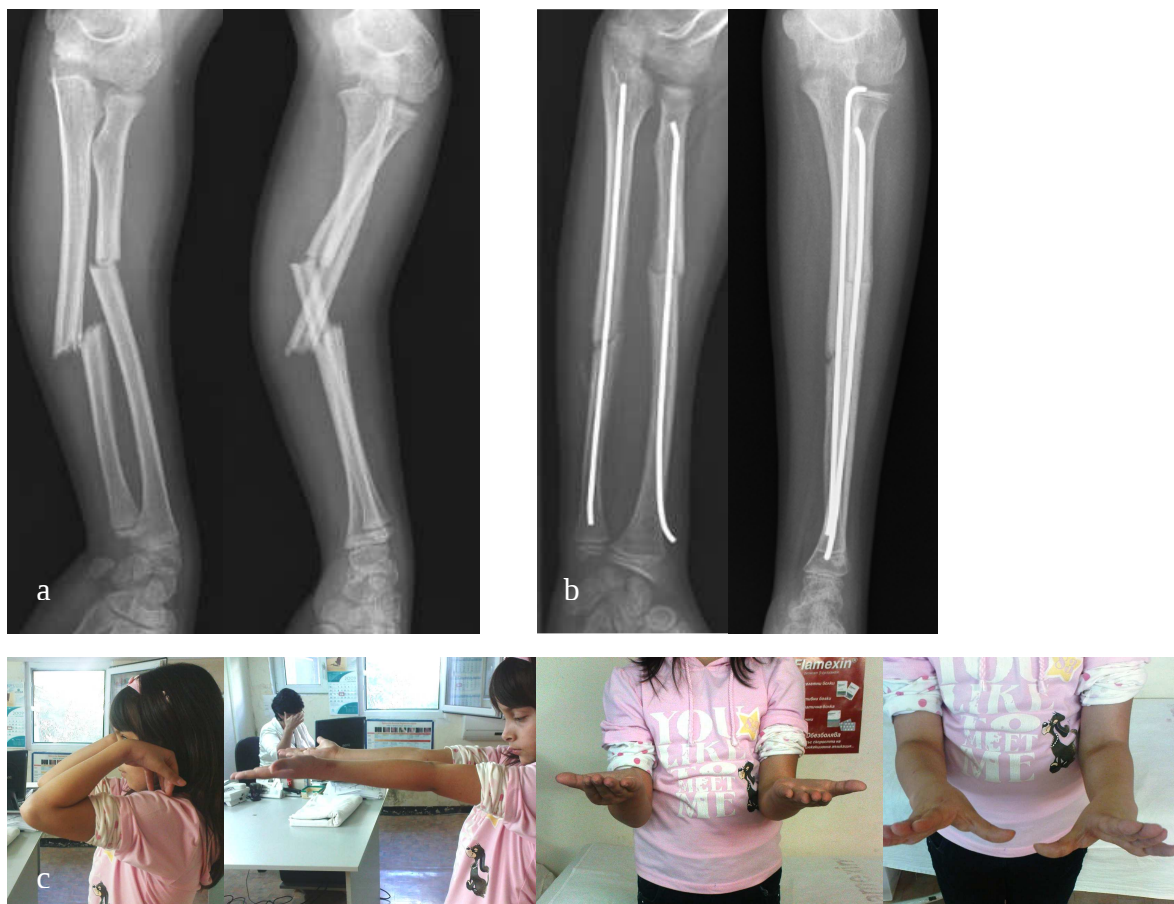
Сравнени са сроковете на консолидация и относителните дялове на функционалните резултати.

| Лечение   | Репозиция + гипс<br>(n = 13)       | ЕИМОС<br>(n = 11)                  | ОРВФ – плаки<br>(n = 3)            |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Срастване | 8.3 седм.<br>(58.1 ± 2.8 дни)      | 7.9 седм.<br>(55.3 ± 3.8 дни)      | 13.7 седм.<br>(95.9 ± 5.1 дни)     |
| Резултати | Отлични 4<br>Добри 6<br>Задовол. 3 | Отлични 8<br>Добри 3<br>Задовол. 0 | Отлични 1<br>Добри 1<br>Задовол. 1 |

**Табл.19.** Срокове на срастване и разпределение на функционалните резултати при 27 рефрактури, лекувани с три различни лечебни метода.

Рефрактурите, лекувани с ЕИМОС и ранна мобилизация са достигнали до костно срастване сигнификантно по-рано от тези, при които е приложена остеосинтеза с плаки ( $t = 9.00 > t_{0.05; 12} = 2.18$ ) и без статистическа разлика с лекуваните неоперативно ( $t = 1.74 < t_{0.05; 22} = 2.07$ ).

При функционалните резултати, ЕИМОС демонстрира сигнификантно по-голям дял на отличните резултати в сравнение с неоперативното лечение ( $t = 2.16 > t_{0.05; 22} = 2.07$ ) и фиксацията с плаки ( $t = 2.61 > t_{0.05; 12} = 2.18$ ). Разликата при добрите и задоволителни резултати между трите групи не достига статистическа достоверност.



**Фиг.51.** Момиче на 9 год. с рефрактура на двете кости на лява предмишница, 3 месеца след сваляне на гипса по повод счупване тип „зелена пръчка”(а). Закрита репозиция и ЕИМОС с контурирани К-игли (b). Отличен функционален резултат 2 месеца по-късно (c).

## VI. ОБСЪЖДАНЕ

### 1. Съвременни принципи и нови тенденции в лечението на диафизарните фрактури на предмишницата

Поради бързото срастване, възможността за ремоделаж и относителния толеранс към имобилизацията, голямата част от фрактурите на предмишницата в детската възраст могат и продължават да се лекуват неоперативно със закрыта репозиция и гипсова имобилизация. Традиционно се счита, че това лечение може да е успешно в 80%-85% от случаите.

В най-голяма степен, обаче, това важи за много по-честите непълни счупвания и минимално разместените пълни фрактури на едната или двете кости при по-малките деца.

Ключовият момент в лечението на пластичната деформация е ранното ѝ разпознаване. При изолирано огъване на улната инспекцията на лакътната става е задължителна, за да не се пропусне сублуксация или луксация на радиалната глава. При пластичната деформация очакваният ремоделажът е незначителен и всяка по-изразена ангулация, ограничаваща проно-супинацията, трябва да бъде коригирана рано и задължително под обща анестезия чрез продължителен перпендикулярен натиск.

При непълните фрактури тип „зелена пръчка” наличието на здрав, но огънат, кортикалис и запазен периост от конкавната страна са причина, те да съчетават в себе си едновременно стабилност и склонност към вторични ангулации. Най-важният момент при наместването им е разпознаването на ротационната деформация и едновременната ѝ корекция заедно с ангулацията. Независимо дали здравият кортекс ще бъде пречупен или не, задължителни за успеха на лечението са перфектния три-точково моделиран гипс, редовното проследяване с евентуална корекция и достатъчно дългата (не по-малко от 6 седм.) имобилизация.

При диафизарните фрактури с пълно разместване клиничната ситуация е коренно различна. Фрагментите са подложени на действието на мускулните сили, които предизвикват различни по степен и посока ангулация, ротация, трансляция и скъсяване в зависимост от локализацията на фактурата. Това определя по-голямата част от тези счупвания като нестабилни. Основен принцип при наместването им е определянето на позицията и ротацията на проксималния фрагмент, за да може дисталният да бъде

алиниран спрямо него. Закритата репозиция изисква продължителна тракция за преодоляване на скъсяването и манипулация на фрактурата с или без временно задълбочаване на деформацията, за да се постигне контакт между фрагментите. Позицията на предмишницата в гипса зависи от нивото на фрактурата и най-често е неутрална или в умерена супинация. Качественият гипс изисква той да е минимално подплатен, овално приплеснат в предно-задна посока, три-точково моделиран и с правилен ръб. Успешно наместените фрактури трябва да се проследяват до 3-та седмица и при неприемливо раз местване да се извърши реманипулация с евент. смяна на гипса. От литературата, публикувана в последните три десетилетия, става ясно, че консервативното лечение на нестабилните пълни фрактури на предмишницата е свързано с редица проблеми, дори и когато е в опитни ръце. Непостигането на приемлива анатомична репозиция и вторичното раз местване са твърде чести и според различни автори достигат до от 38.9% до 64%. (29,213,242) Това нерядко налага рехоспитализация и извършване на повторни манипулации под анестезия. Основният спор в литературата, засягаща лечението на тези фрактури при децата, е съсредоточен върху максималната ангулация, която може да бъде приета в очакване на ремоделиране и морбидността, до която може да доведе остатъчната деформация. Повечето съвременни автори смятат, че при децата над 8 год. не бива да бъдат допускани ангулации над 10°, като същото важи и за по-малките, когато фрактурата е в проксималната трета. Допустимата малротация е не повече от 30°. Все по-малко са тези, които биха приели пълната трансляция с възсядане и то, само при деца под 8 год. с напълно елиминирани ъгли и ротационни отклонения и запазено интересално пространство. Ангулацията е основната причина за загуба на ротации на предмишницата. Експерименталните проучвания показват, че сравнително малки ъгли деформации могат да бъдат клинично значими и че всеки 10° ангулация в средната трета водят до 20° дефицит в ротацията. Клиничните серии демонстрират функционален дефицит с намалена проно-супинация при 21% до 60% от пациентите.(32,47,165) Въпреки, че голяма част от децата рядко се оплакват или се адаптират към ограничената функция, това може да повлияе избора им на професия или бъдеща кариера и поради това, да е социално значимо.

Относително високият риск от неперфектен резултат, необходимостта от неколkokратни репозиции и чести рентгенови контроли, продължителната имобилизация при по-големите деца, социалният и родителски натиск за бързо и ефективно лечение са фактори, които карат все повече съвременни автори да

възприемат един по-агресивен подход при лечението на диафизарните фрактури с пълно разместване. Това става възможно и благодарение на напредъка в технологиите, развитието на съвременната анестезия и модерната рентгеноскопична техника, появата на нови материали и импланти, както и усъвършенстването на известните и въвеждането на нови минимално инвазивни хирургични техники.

В последните 20 години се наблюдава силно изразена тенденция към все по-често прилагане на оперативно лечение при диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст. *Cheng и съавт.*(1999) отчитат повишаване в честотата на прилагане на интрамедуларна остеосинтеза от 1.8% до 22% за десет годишен период.(35) Подобно на тях, *Flynn (2010)* наблюдава 7-кратно увеличаване(от 1.4% до 10.4%) в честотата на оперативно лекуваните фрактури за период от 11 години.(64) *Schmittenebecher (2005)* съобщава, че оперативно лекуваните фрактури в неговата институция са нараснали от 1% в периода 1976-1985 до 40.4% през 1998-2000.(213) Подобно увеличение отчитат и *Helenius и съавт. (2009)*, като най-голямо е нарастването му във възрастовата група от 8 до 14 год.(84) *Sinikumpri и съавт.(2012)* наблюдават увеличаване в честотата на оперативно лечение от 13.3% до 52.7% в последните 10 години.(223)

За целия 14 годишен период на нашето проучване, средната честота на оперативно лекуваните диафизарни фрактури на предмишницата е била 15.8%. Ние, подобно на другите автори, наблюдаваме изразена тенденция към все по-честото му прилагане. Докато през 1997 оперативно лекуваните фрактури са били 4.2%, то през 2010 те са достигнали 31.1%. Това означава, че в нашата серия, подобно на тази на *Flynn*, годишната честота на оперативно лечение се е увеличила 7.4 пъти между първата и последната година от проучването.

Традиционно индикациите за оперативно лечение са ограничавани най-често само до случаите с открити фрактури, множествена травма, компартмънт синдром или възраст над 14 год. Съвременната лечебна философия в Европа налага принципа, че **всяко едно лечение на детска фрактура трябва да бъде първично и дефинитивно, като по възможност се избягват повторните манипулации и анестезии.**

Педиатричната група на АО препоръчва:

**„Всички нестабилни или потенциално нестабилни фрактури на предмишницата трябва да бъдат лекувани оперативно, независимо от възрастта на пациента, тъй като функционалните резултати след консервативно лечение често са лоши.”**

## 2. Плаки или интрамедуларна остеосинтеза

Фиксацията с компресивни плаки е възприета като „златен стандарт” в лечението на фрактурите на предмишницата при възрастни. При децата, нуждаещи се от оперативно лечение при подобен тип увреди, оптималният лечебен метод все още е спорен и не напълно изяснен. Основните алтернативи са открита репозиция и фиксация с плаки или ЕИМОС, извършена със закрыта или ограничено открита техника.

При децата под 10 год. възраст повечето автори възприемат интрамедуларната фиксация като по-безопасна и по-малко инвазивна алтернатива на фиксацията с плаки със сходни рентгенологични и функционални резултати. (65,114,137,159,186,236)

При по-големите деца и двете опции, изглежда, са еднакво ефективни по отношение възстановяването на функцията.

Най-често изтъкваните в литературата предимства на ЕИМОС са съкратеното оперативно време, по-малките инцизии, ограничената мекотъканна дисекция, по-добрия козметичен резултат, бързото срастване и възстановяване на функцията, по-лесното отстраняване на имплантите и ранното връщане към нормална активност след това. (10,58,96,117,123,190,192,218,219,240,249)

Привържениците на откритата остеосинтеза с плаки изтъкват като основно предимство възможността за постигане на перфектна анатомична репозиция, подобрената ротационна стабилност и по-доброто възстановяване на физиологичната дъга на радиуса. (161,168,209,249,271). Основните проблеми на фиксацията с плаки са свързани с обширния достъп и мекотъканната дисекция, необходими за инсерирането или премахването им, което увеличава риска от усложнения като инфекция, нервна увреда, забавено срастване, мекотъканни фибрози, радио-улнарна синостоза, рефрактури и разпад на синтезата. (161,169,218,248)

Няколкото ретроспективни сравнителни проучвания, публикувани в последните години, не дават еднозначен отговор на въпроса, кой от двата метода е по-ефективен при лечението на диафизарните фрактури на предмишницата в детската възраст.

Публикуваните изследвания включват сравнително малки по размер серии, без рандомизиран дизайн и всички те са от III или IV ниво на доказателственост.

Различията в използваните оперативни техники, методологията на изследването и оценката на функционалните резултати прави директното им сравнение трудно. В табл. са представени резултатите от девет ретроспективни серии, сравняващи ЕИМОС и фиксацията с плаки.

| Проучване                  | Интервенция             |                         | Функц. резултати                                         |                                    | Усложнения                     |                                | Други критерии                                                                                                              |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | ЕИМОС                   | ORIF                    | ЕИМОС                                                    | ORIF                               | ЕИМОС                          | ORIF                           |                                                                                                                             |
| <b>Van der Reis (1998)</b> | n = 23<br>ср.възр: 10   | n = 18<br>ср.възр: 11   | 78% отл.<br>22% лоши<br><i>Без разлика</i>               | 78% отл.<br>22% лоши               | 5(21%)                         | 6(33%)                         | ЕИМОС – по-кратко опер.време; по-добра козметика; по-лесно отстраняване на имплантите.                                      |
| <b>Smith (2005)</b>        | n = 21<br>ср.възр: 9.7  | n = 15<br>ср.възр: 11.3 | NA                                                       |                                    | 9 (42%)                        | 5 (33%)                        | ORIF – по-голям дял значими усложнения                                                                                      |
| <b>Fernandez (2005)</b>    | n = 45<br>ср.възр: 9.3  | n = 19<br>ср.възр: 11.2 | 80% отл.<br>15% добри<br>5% задов.<br><i>Без разлика</i> | 68% отл.<br>26% добри<br>5% задов. | 9 (20%)                        | 3 (16%)                        | ORIF – по-дълги опер.време и хоспитализация; по-лош козметичен резултат; по-ниска удовлетвореност (45% vs 82%)              |
| <b>Carmichael (2007)</b>   | n = 15<br>ср.възр: 9.7  | n = 16<br>ср.възр: 13.3 | 93% отл.<br>7% добри<br><i>Без разлика</i>               | 93% отл.<br>7% добри               | 2 (13%)                        | 1 (6%)                         | ЕИМОС – по кратък период на срастване (8.1 vs 9.3 седм.)                                                                    |
| <b>Kose (2008)</b>         | n = 21<br>ср.възр: 12   | n = 11<br>ср.възр: 13   | 100% отл.<br><i>Без разлика</i>                          | 91% отл.                           | 3 (14%)                        | 1 (9%)                         | ЕИМОС – по-добра козметика; по-кратко опер.време; по-лесна екстракция; по-евтини импланти (25\$ vs 350\$)                   |
| <b>Reinhardt (2008)</b>    | n = 19<br>ср.възр: 12.5 | n = 12<br>ср.възр: 14.5 | 89% отл.<br>11%-добри<br><i>Без разлика</i>              | 67% отл.<br>33% добри              | 4 големи<br>8 малки<br>(63%)   | 4 големи<br>4 малки<br>(67%)   | Стойност на радиалната дъга – без разлика; Локализация на макс.радиална дъга – при ЕИМОС изместена по-дистално (69% vs 62%) |
| <b>Ozkaya (2008)</b>       | n = 21<br>ср.възр: 12   | n = 14<br>ср.възр: 13   | 85.7% отл.<br>14.3%добри<br>7.1% задов.                  | 78.6% отл.<br>14.3% добри          | 1 големи<br>8 малки<br>(42.8%) | 3 големи<br>2 малки<br>(35.7%) | Забав. срастване и несрастване: ЕИМОС / ORIF = 5% / 14%                                                                     |
| <b>Teoh (2009)</b>         | n = 17<br>ср.възр: 9.3  | n = 17<br>ср.възр: 9.5  | Обем движения<br><i>Без разлика</i>                      |                                    | 1 (6%)                         | 1(6%)                          | POSNA-score – идентичен<br>Сила на захвата – равна<br>Радиална дъга – без разлика<br>Козметика – по-лоша при ORIF           |
| <b>Shah (2010)</b>         | n = 15<br>ср.възр: 13.3 | n = 46<br>ср.възр: 14.1 | 83% отл.<br>17% добри<br><i>Без разлика</i>              | 83% отл.<br>17% добри              | 0 големи<br>3 малки<br>(20%)   | 5 големи<br>8 малки<br>(30%)   | ЕИМОС–дистално изместена макс.радиална дъга (67.2% vs 60.1%);без значими усложнения.                                        |

Табл.20. Ретроспективни кохортни проучвания, сравняващи ЕИМОС и фиксацията с плаки (ORIF)

Анализът на тези проучвания показва, че липсва статистически сигнификантна разлика между двете лечебни групи по отношение на функционалните резултати и възстановяването на обема движения. Честотата на забавено срастване и несрастване варира между 0% -20% при ЕИМОС и 0%-42% при ORIF, като разликата между двете групи е различна при отделните серии. При оценката на козметичния резултат, ЕИМОС демонстрира значително по-висок рейтинг (по-малки инцизии и цикатрикси, по-висока удовлетвореност) дори и в случаите с открита репозиция. Оперативното време и използването на турникет при поставяне и премахване на имплантите са сигнификантно по-дълги при групата, лекувана с плаки. Честотата на усложненията варира широко между различните проучвания и не фаворизира нито един от двата метода. Все пак, прави впечатление сравнително по-високият дял на значими усложнения при случаите лекувани с плаки. Още по-голяма би била разликата ако се сравни морбидността и необходимостта от временна протекция след отстраняването на имплантите.

Три от проучванията сравняват стойността и локализацията на радиалната дъга между групите, лекувани с плаки и ЕИМОС. *Schemitsch u Richards (1992)* установяват корелация между анатомичното възстановяване на радиалната кривина при фиксация с плаки и ротационната функция и сила на захват при възрастни с фрактури на предмишницата.(209) При децата тази връзка не е достатъчно изяснена. *Reinhardt (2008)*, например, установява по-голям процент пациенти със загуба на ротации именно в групата, фиксирана с плаки.(190)

И в трите изследвания стойността на радиалната дъга е по-ниска и в двете групи от, считаните за нормални при деца, 7.21%, според *Firl u Wunsch (61)*. Не е открита сигнификантна разлика между групите (плаки и ЕИМОС) по отношение степента на възстановяване на радиалната дъга. В две от сериите, при ЕИМОС се наблюдава дистално изместване на локализацията на максималната радиална дъга, без това да се отразява на обема движения и функционалния резултат.

Анализирайки нашата серия, установихме подобни на публикуваните в литературата резултати. Стойността (магнитуда) на радиална дъга е средно  $6.40 \pm 0.86$  %, като тя е по-ниска от съобщените от *Firl u Wunsch*, но по-висока от резултатите в две от сериите (*Teoh, Shah*).

Локализацията на максималната радиална дъга е средно  $60.79 \pm 6.45\%$  спрямо радиалната дължина. Тази стойност е статистически идентична с нормалните според *Firl u Wunsch*  $60.39 \pm 3.74\%$  и по-добра в сравнение с публикуваните серии. Въпреки

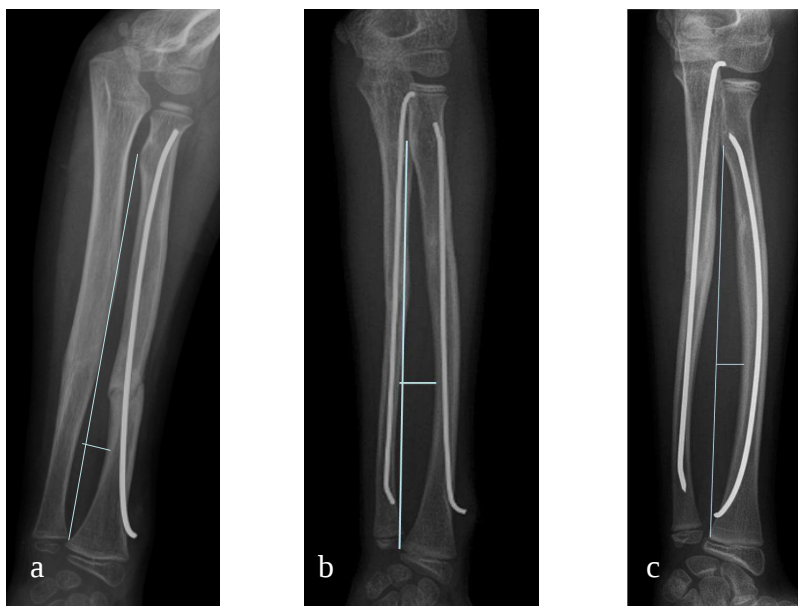
относително широкия размах на стойностите, в основната част от случаите отклонението е до 5% от нормата. При останалите, ние също наблюдаваме тенденция към дистално изместване на радиалната дъга.

| Проучване                                 | Пациенти (бр.) | Стойност на радиалната дъга (%) | Локализация на радиалната дъга (%) |
|-------------------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Firl и Wunsch (2004) (нормални стойности) | 100            | 7.21 (7.00-7.41)                | 60.39 (59.65-61.14)                |
| Reinhardt (2008)                          | 19             | 6.8 (3.1-13)                    | 69.3 (59-84.8)                     |
| Teoh (2009)                               | 17             | 5.77 (2.82-7.58)                | 65.2 (40.7-76.7)                   |
| Shah (2010)                               | 15             | 5.6 (3.5-8.5)                   | 67.2 (53.7-74.8)                   |
| <b>Наша серия</b>                         | <b>133</b>     | <b>6.40 (3.5-7.7)</b>           | <b>60.79 (50.5-78.8)</b>           |

**Табл.21.** Стойност и локализация на радиалната дъга след ЕИМОС на предмишницата според публикуваната литература и в нашата серия.

Откритата репозиция и фиксацията с плака намалява значително, но не елиминира напълно риска от известна загуба на физиологичната радиална дъга. Поради несъвпадението в размерите на детските кости и стандартните импланти, е необходимо понякога ексцентрично поставяне плаката (при воларен достъп), перфектно моделиране при поставяне върху радиалната и дорзална повърхност или използване на по-тесни и механично по-слаби плаки. При ЕИМОС възстановяването на радиалната дъга също изисква задължително контуриране и правилна крайна ориентация на еластичния имплант. (Фиг.52 )

Сравнителните проучвания демонстрират, че **при правилна техника плаките, и интрамедуларната фиксация могат еднакво ефективно да възстановят стойността на радиалната дъга. При ЕИМОС е възможна дистална трансляция на кривината, но това не компрометира крайния функционален резултат.** Изглежда, малките отклонения от нормалните стойности не влияят в такава степен на възстановяването на ротациите и функцията, както е това при възрастните.



**Фиг.52.** Невъзстановена анатомично радиална дъга, поради неправилна ориентация на импланта (а). Възстановена радиална дъга с правилно контуриран и ориентиран имплант след латерална (b) и модифицирана дорзо-улнарна инсерция (c).

Въпреки сходните резултати и липсата на научни доказателства за предимство на един от двата метода, ЕИМОС днес се възприема като стандарт и е предпочитаната техника за болшинството от авторите. На какво се дължи това?

Без съмнение, в съвременното общество желанието и, в много случаи, натискът на родителите за перфектен резултат и минимално инвазивна хирургия повлияват на решенията, които хирурга прави. Въпреки това, основната цел си остава възстановяването на функцията, като се вземат предвид и други фактори, като минимизиране на морбидността и усложненията и намаляването на себестойността и техническата сложност на лечението. Остеосинтезата с плаки все още има достатъчен брой привърженици, въпреки че *D.Wenger*, например, заявява, че „използването на плака при лечението на детска фрактура на предмишницата е форма на насилие”. (191) Проучванията показват, че и двете техники имат свои специфични усложнения. По-голямата част от усложненията при интрамедуларната фиксация са минимални и/или временни и могат да бъдат контролирани чрез прецизна оперативна техника. Основните проблеми при фиксацията с плаки и последващото им отстраняване са свързани с обширния достъп и мекотъканната дисекция. Един от начините за решаването на тези проблеми е неизползването им или по-рядката им употреба в детската възраст. Използваната техника много често зависи от предпочитанията и опитът на хирурга и от това, какви усложнения той е готов да приеме и лекува.(191) За да се определи, коя

лечебна опция е оптимална, са необходими бъдещи рандомизирани контролирани проучвания с по-големи по размер серии и по-дълго проследяване. Препоръчително е и използването на унифицирани и валидизирани инструменти за оценка на резултатите.

*Westacott и съавт. (2012)* след систематичен преглед на съвременната литература също не откриват сигнификантна разлика във функционалните резултати, но препоръчват интрамедуларната стабилизация на диафизарните счупвания на предмишницата поради по-краткото оперативно време, по-добрата козметика и по-безпроблемното отстраняване на имплантите. Според тях, остеосинтезата с плаки има все по-малка роля, основно при по-големи деца с по-комплексни или застарели увреди.(263)

Тази тенденция е илюстрирана добре и от промяната в съвременната философия и принципи на АО. В първото издание на “АО Principles of Fracture Management” от 2000 се твърди, че разместените диафизарни фрактури на предмишницата при децата над 10 год. трябва да бъдат лекувани както при възрастните – с открита репозиция и фиксация с плаки. (7) Във второто издание, седем години по-късно, препоръката е всички нестабилни или потенциално нестабилни диафизарни фрактури да се лекуват оперативно, независимо от възрастта на пациента. Метод на избор е минимално инвазивната ЕИМОС. Конвенционалното оперативно лечение с плаки следва да се прилага само в специални ситуации при едри адолесцентни пациенти с тежко нестабилни фрактури.(230)

Предвид резултатите, които постигаме с ЕИМОС и натрупания значителен опит с техниката, днес ние все по-рядко откриваме показания за открита остеосинтеза с плаки. Основните ни индикации са при адолесцентни пациенти след 14-16 год. възраст с тежко раздробени или сегментни фрактури, увреди с давност или късна ангулация, случаи на несрастване или срастване с ангулация и необходимост от остеотомия. Фиксацията с плаки може да бъде една от опциите и алтернатива на ЕИМОС при застарели рефрактури или при счупвания в дисталната мета-диафиза на радиуса при по-големи (>14 год) деца.

### 3. Закрита или открита репозиция

Едно от основните предимства на ЕИМОС е възможността за постигане на адекватна репозиция и стабилност чрез изцяло закрыта техника. Запазването на фрактурния хематом и липсата на допълнително увреждане на периоста в съчетание с еластичната стабилност, осигурена от интрамедуларните импланти водят до оптимално и бързо срастване на фрактурата със солиден периостален калус. Въпреки това, при някои счупвания закрытата репозиция се оказва трудна или невъзможна, поради мекотъканен интерпозиум, масивен оток или възсядане на фрагментите със значително скъсяване поради мекотъканната ретракция. Преминаването към ограничена открита репозиция в такива случаи е неизбежно и необходимо, за да се избегне допълнителна ятрогенна травма, продължителна анестезия и увеличена рентгенова експозиция. Наличието на отворена фрактура налага задължителна ревизия и дебридман на инцидентната рана, което позволява репозиция и стабилизация под директен мануален и визуален контрол. Друга индикация за отваряне на фрактурната зона е непроходимост на медуларния канал, която се наблюдава сравнително често при рефрактурите на предмишницата и налага открита реканализация.

Открытата репозиция при ЕИМОС на предмишницата може да бъде постигната чрез минимално ограничен достъп (2 – 5 cm) в зоната на фрактурата, достатъчен за премахване на интерпозиума и временно задържане позицията на фрагментите мануално или с подходящ инструмент. Всичко това трябва да става с внимателна ретракция на меките тъкани и минимално увреждане на периоста.

Честотата на преминаване към открита репозиция при интрамедуларната фиксация на фрактурите на предмишницата варира широко между отделните публикувани серии (6% до 76%). Някои от авторите пристъпват към нея само в много крайни случаи, докато други предпочитат да я използват при всичките си пациенти. (117,185,273)

В нашата серия ограничена открита репозиция е използвана при 27.8% от случаите. Ако се изключат открытите фрактури, закрытите счупвания, при които е използвано открыто наместване са 19.5%. Три от тях са били рефрактури с напълно облитерирал медуларен канал. Останалите са отворени поради ненаместимост или невъзможност за закрыто преминаване на имплантите през зоната на фрактурата.

| Автор                 | Пациенти<br>(бр.) | Ср.възраст<br>(год.) | Открита<br>репозиция<br>(%) |
|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| Lascombes 1990        | 85                | 11.4                 | 6                           |
| Prevot 1995           | 125               | 10                   | 10                          |
| Richter 1998          | 30                | 9.6                  | 16.7                        |
| Luhmann 1998          | 25                | 10.8                 | 72                          |
| Yung 1998             | 57                | 7.6                  | 26.3                        |
| Cullen 1998           | 20                | 13                   | 75                          |
| Schoemaker 1999       | 32                | 8.8                  | 56.2                        |
| Qidwai 2001           | 74                | 11                   | 9.5                         |
| Lee 2002              | 44                | 11                   | 32.6                        |
| Calder 2003           | 60                | 10                   | 30                          |
| Myers 2004            | 25                | 10.7                 | 64                          |
| Yung P 2004           | 84                | 7.5                  | 29                          |
| Kapoor 2005           | 50                | 5-15                 | 52                          |
| Jubel 2005            | 51                | 8                    | 7.8                         |
| Lieber 2005           | 143               | 9.5                  | 7.4                         |
| Altay M 2006          | 48                | 10.3                 | 40.2                        |
| Schmittenebecher 2008 | 532               | 9.5                  | 14.2                        |
| Lascombes 2010        | 312               | -                    | 13.2                        |
| Gang 2008             | 21                | 11.8                 | 76.2                        |
| Fernandez 2010        | 553               | 9.1                  | 9                           |
| Flynn 2010            | 103               | 10.6                 | 51.4                        |
| Kang 2011             | 90                | 8.4                  | 44                          |
| <b>Наша серия</b>     | <b>133</b>        | <b>10.5</b>          | <b>27.8</b>                 |

**Табл.22.** Честота на открита репозиция при интрамедуларна фиксация на фрактурите на предмишницата в публикуваната литература и в нашата серия.

От данните, представени в таблицата се установява, че честотата на открити репозиции е по-ниска в сериите от Европа, които са с по-голям брой случаи и достатъчно натрупан опит с техниката. В сравнение с тях, в нашата серия честотата е сравнително висока и остава относително постоянна в процеса на учебната крива. Този факт свързваме донякъде с по-високата средна възраст на нашите пациенти, участието на хирурзи с различно ниво на опит и сравнително по-ниския праг на вземане на решение за открита репозиция в последните години.

В литературата липсват точно систематизирани критерии за необходимостта от преминаване към открито наместване. Изглежда, най-често това зависи от особеностите на фрактурата и предпочитанията и опитът на лекуващия хирург с техниката на интрамедуларната фиксация. Известно е, че най-честата причина за неуспешно закрито наместване е мускулния или периостален интерпозиум. *Yung* (277) установява, че шансът за преминаване към открита репозиция е сигнификантно по-голям ако

транслацията между фрагментите надвишава 100% от ширината на костта. *Luhmann* (137) твърди, че това е необходимо много по-често при фрактурите със скъсяване и контрахиращи меки тъкани или ранен калус. *Altay* (9) смята, че закритата репозиция невинаги е възможна при по-големите пациенти и при случаи, в които фрактурата на радиуса е проксимално от улнарната. Според *Pugh* (185) ротационната стабилност може да се гарантира единствено след открито наместване на фрагментите. *Yung* (277) предприема мини-открита репозиция след два неуспешни опита за наместване. *Mehlman* (2010, 2011) се придържа към правилото за конверсия към откритата репозиция след изтичането на 11 до 17 минути в опити за закрито наместване или три неуспешни опита за преминаване на пироните през фрактурата. (148,149) В серията на *Lascombes* (2005) се съобщава за период от 30-40 мин. преди да се пристъпи към отваряне на фрактурата. (105,124) *Yuan и съавт.* (2004) откриват увеличен риск от развитие на компартмънт синдром при пациенти с по-дълго оперативно време и по-чест флуороскопски контрол. Те смятат, че многократните опити за закрыта репозиция и повтарящото се грешно насочване на пироните увеличават допълнително мекотъканната травма и затова препоръчват по-ранно преминаване към откритата репозиция. (276)

В литературата рядко се дискутира въпроса, дали откритата репозиция компрометира резултатите от техниката на ЕИМОС. Несъмнено наличието на първично откритата фрактура или хирургичното ѝ отваряне са свързани с евакуиране на фрактурния хематом и допълнително увреждане на периоста, водещи до компрометиране на локалното кръвоснабдяване и забавено калусообразуване. Единичните случаи на забавено срастване или несрастване след ЕИМОС, съобщавани в някои серии, най-често са свързани с откритата фрактура или откритата репозиция. (59,166,212) *Lobo-Escolar и съавт.* (2012) също потвърждават, че забавеното срастване най-често се асоциира с откритата репозиция и възраст над 10 год. (135) Почти винаги засегнатата кост е улната, което се дължи на по-оскъдното мекотъканно покритие и наличието на т.нар. „вододелна зона” на кръвоснабдяването, разположена в средната трета на диафизата. (270) Затова, при откритото наместване на фрактурата, протекцията на периоста трябва да бъде в центъра на хирургичния фокус. (212)

Малко са сериите, в които се сравняват резултатите от ЕИМОС с и без откритата репозиция. Те показват, че отварянето на фрактурата е свързано с известно забавяне в срастването без това да се отразява негативно на крайния функционален резултат. Подобни резултати се наблюдават и в нашето проучване. Откритите фрактури и тези с

открита репозиция са достигнали до консолидация с около 2 седмици по-късно от останалите и в два случая е отчетено забавено срастване на улнарна фрактура. Сигнификантна разлика в честотата на усложненията между двете групи не се открива. Въпреки, че отличните резултати са по-чести в групата със затворена репозиция, като цяло, благоприятния функционален резултат след открита репозиция не е компрометиран.

| Автори            | ЕИМОС (бр) | Репозиция (бр) |           | Срастване (седм) |                | Резултати (%)                                              |                                                            |
|-------------------|------------|----------------|-----------|------------------|----------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                   |            | Закрита        | Открита   | Закрита          | Открита        | Закрита                                                    | Открита                                                    |
| Altay 2006        | 48         | 28             | 20        | 6.9±1.1          | 9.0±1.3        | Отл. 89.3<br>Добър 7.1<br>Лош 3.6                          | Отл. 75<br>Добър 25<br>Задов. 5                            |
| Yalcinkaya 2010   | 45         | 21             | 24        | 6.5±1.0          | 7.1±1.0        | Отл. 85.7<br>Добър 14.3                                    | Отл. 79.2<br>Добър 20.8                                    |
| Flynn 2010        | 103        | 50             | 53        | 6.9              | 9.1            | Отл. 80<br>Задов. 20                                       | Отл. 75<br>Задов. 25                                       |
| <b>Наша серия</b> | <b>133</b> | <b>96</b>      | <b>37</b> | <b>7.1±1.2</b>   | <b>8.9±1.7</b> | Отл. <b>86.4</b><br>Добър <b>11.5</b><br>Задов. <b>2.1</b> | Отл. <b>62.2</b><br>Добър <b>35.1</b><br>Задов. <b>2.7</b> |

**Табл.23.** Срокове на срастване и функционални резултати при фрактурите, лекувани с открита и затворена репозиция и ЕИМОС според различни автори и нашата серия.

Според *Flynn*, връзката между откритата репозиция и резултатите от ЕИМОС би трябвало да се разглежда двояко. От една страна, тя вероятно води по-често до забавено срастване. От друга страна, някои фрактури са по-тежко разместени и затова налагат по-често наместването им да се извършва открито.(64)

Анализът на литературата и нашите резултати ни водят към следните заключения:

**ЕИМОС трябва да се извършва след затворена репозиция винаги, когато е възможно, но това не трябва да става на всяка цена. Контролираната хирургична травма е за предпочитане пред многократните опити за затворена репозиция, които увеличават риска от допълнителна мекотъканна увреда и удължена рентгенова експозиция.** След няколко неуспешни опита за придвижване на иглите през фрактурата, в продължение на 20 минути, или когато рентгеновото време надвиши 1 мин., препоръчваме преминаване към ограничена открита репозиция през минимален достъп и с внимателно протектиране на периоста.

Откритата репозиция е свързана с относително по-висок риск от забавено срастване, особено на улнарната фрактура. **При прецизна оперативна техника тя не води до увеличаване на усложненията и не компрометира крайния функционален**

**резултат. Открита репозиция се налага по-често при по-големи деца с по-тежко разместени фрактури, както и при рефрактури с непроходим медуларен канал.**

#### **4. Фиксация на едната или двете кости**

В класическия си вид техниката на ЕИМОС изисква стабилизация на двете кости на предмишницата с по един имплант във всяка една от тях. Това, според оригиналната концепция, гарантира стабилността на двете фрактури, запазва интересалното пространство и позволява ранна мобилизация на крайника.

С цел, да се намали оперативната травма, хирургичното време, цената на лечението и потенциалните рискове, някои автори предлагат фиксация само на едната кост ако другата фрактура е в приемлива позиция и позволява задържането и в гипсова имобилизация. Няколко публикувани серии от последните години потвърждават ефективността на тази тактика при правилно подбрани случаи. (6,65,94,159,277) Редица други автори, обаче, оспорват това и считат, че рискът от вторични реангулации на нефиксираната кост е относително висок. Това в немалко случаи налага допълнителни реманипулации под анестезия или необходимост от непредвидени вторични интервенции. (44,109,125,219). *Dietz и съавт. (2010)* откриват ангулации над 10° при 29% от случаите с изолирана фиксация на улната. Според тях, загубата на репозиция е по-честа при открити фрактури и при по-големи деца.(52)

Анализът на нашата серия демонстрира липса на значима разлика в крайните функционални резултати между пациентите с фиксация на едната кост и тези, при които са били стабилизирани и двете кости на предмишницата ( $P>0.05$ ). Сравнението на рентгенологичните резултати, от друга страна, показва, че 24.2% от пациентите с изолирана единична фиксация са били с ранни следоперативни ангулации и три от фрактурите са сраснали с деформация  $>10^\circ$ . За разлика от тях, в другата група значими ангулации и повторни манипулации не са били отчетени. Допълнително предимство при стабилизацията на двете фрактури е значително по-краткият период на имобилизация и по-малкият брой контролни рентгенографии. В групата с единична фиксация тенденция към по-добри резултати имат случаите, при които е стабилизиран радиуса.

Прилагането на интрамедуларна стабилизация на по-нестабилната фрактура в съчетание с перфектно моделиран циркулярен гипс може да бъде успешна тактика в

единични добре селектирани случаи. Един от възможните примери е комбинацията от пълна фрактура на едната кост и счупване тип „зелена пръчка” на другата, при дете под 8 год. възраст. Това дава възможност за по-щадяща интервенция със съкратено оперативно и рентгеново време. От друга страна, рискът от вторично разместване на нефиксираната кост не може да бъде напълно изключен. Съвременните биомеханични концепции разглеждат радиус, улна, интересална мембрана и ставите между тях като единна функционална единица, осъществяваща основния акт на предмишницата – проно-супинацията. Според *Lascombes (2010)*, комбинацията “един пирон плюс гипс” не отговаря на основните принципи на еластичната и стабилна интрамедуларна остеосинтеза, при която репозицията трябва да се поддържа от напрегнатата интересална мембрана. По този начин се получава комбиниране на недостатъците на двата метода – непълно хирургично лечение плюс имобилизация, без да се използват напълно техните предимства.(124)

Един от основните принципи в съвременната детска травматология е осигуряването на първично и дефинитивно лечение на фрактурите, независимо от възрастта на пациента. Решението за оперативно лечение на една детска фрактура е достатъчно сериозно и след като е взето, то трябва да е такова, че да свежда до минимум вероятността от повторни манипулации и анестезии.

Анализът на собствения опит и публикуваната литература ни водят до заключението, че **фиксацията на едната кост на предмишницата е възможна и може да бъде ефективна само при строго селектирани случаи на по-малки деца с по-стабилни фрактурни комбинации.** При избора на подобна тактика, за предпочитане е фиксирането на радиуса, съчетано с перфектно моделиран гипс и ранно проследяване.

**Класическата ЕИМОС с два подходящо контурирани и правилно ориентирани импланта осигурява максимална стабилност, позволява ранна мобилизация и води до предвидимо добри и отлични резултати.**

## 5. Избор на импланти, техники на фиксация и следоперативен режим

Терминът „Еластично-стабилна интрамедуларна остесинтеза” често се свързва от някои с употребата единствено на титанови еластични пирони. В действителност, пионерите на метода от школите в Seville и Nancy са изградили основната си концепция, използвайки първоначално Киршнерови игли. Създаването и въвеждането в употреба на специфични интрамедуларни импланти от титанова сплав са свързани с подобренията им еластични възможности, специфично оформения им водещ връх и подобрения инструментариум. Тези предимства, както и по-лесната им инсерция, ги правят особено популярни и основен избор при оперативното лечение на диафизарните фрактури на долния крайник и хумеруса, където е необходимо симетрично въвеждане в медуларния канал на два пилона с противоположно ориентирани кривини. ЕИМОС при фрактурите на предмишницата изисква поставянето на един имплант във всяка кост. Успехът на техниката зависи от прецизното изпълнение и спазването на основните биомеханични принципи, а не толкова от материала на импланта. Биомеханични проучвания установяват, че въпреки по-високата еластичност на титана, при еднакъв диаметър стоманените импланти притежават два пъти по-големи еластично-възвръщаща сила и механична устойчивост на огъване. (40) Здравината на стоманения имплант е еквивалентна на титанов пирон с 0.5 mm по-голям диаметър. Това го прави особено подходящ при сравнително тесен интрамедуларен канал, по-нестабилна фрактура и при по-едри адолесцентни пациенти. *Lascombes (2010)* смята, че стоманените флексибилни импланти са за предпочитане при фрактурите на предмишницата. Според него свръхеластичността на титановите пирони с по-малък диаметър може да затрудни инсерцията, особено при рефрактури, при които каналът е допълнително стеснен или запушен.(124) В литературата се съобщават еднакво добри резултати, постигнати както с титанови пирони, така и със стоманени игли. *Calder (2003)* и *Majed и съавт. (2007)* не откриват разлика при сравнение на резултатите и усложненията при фрактури, стабилизирани с Nancy-пирони или К-игли.(31,140) В мултицентричното проучване на *Lieber и съавт.(2005)* К-игли са използвани при 32% от 163 проследени пациента.(128) В най-голямата досега публикувана серия с резултати от ЕИМОС при фрактури на предмишницата, *Fernandez и съавт. (2010)* използват К-игли при всичките си 553 проследени случая.(59) В нашата серия сме прилагали преконтурирани К-игли при 91% от фрактурите, без да сме отчели разлика в резултатите или усложненията в сравнение

с другите, при които са използвани титанови еластични пирони. Според нас иглите на Rush и Steinmann са твърде ригидни и не са подходящи за еластична интрамедуларна остеосинтеза.

Едно допълнително и важно предимство на Киршнеровите игли е тяхната лесна достъпност и наличност във всяка една операционна зала, което ги прави подходящи за употреба в условия на спешност. Не по-малко важен е и фактът, че една К-игла е с 92% по-евтина от Nancу-пироните и с 84% по-евтина от титановите еластични пирони на Synthes®. (37) У нас цената на една К-игла е около 50 до 100 пъти по-ниска от тази, на титановите еластични пирони.

**Ние сме убедени, че ЕИМОС при фрактури на предмишницата може успешно да бъде прилагана и да постига отлични резултати с лесно достъпните и евтини К-игли, при условие, че са спазени детайлите и основните биомеханични принципи на техниката – подходящ размер, добро преконтуриране, фиксация на двете кости и правилна крайна ориентация на имплантите.**

При фрактури на двете кости на предмишницата често възниква въпроса, **коя кост трябва да бъде фиксирана първа**. Изборът се определя от фрактурния тип и стабилност, както и от предпочитанията на хирурга. Някои предпочитат да фиксират първо улната, тъй като това е по-лесно и понякога е достатъчно, ако другата фрактура е относително стабилна. Нашето мнение е, че в повечето случаи, първо трябва да бъде стабилизирана по-трудната за наместване кост. Най-често това е радиусът, тъй като той лежи в депресия дълбоко в меките тъкани и наместването му става още по-трудно при вече фиксирана улна. Освен това, при необходимост, откритото наместване на радиалната фрактура е за предпочитане пред това, на улната, където рискът от забавено срастване е по-голям. След стабилизиране на лъчевата кост, улната се намества и фиксира сравнително лесно и бързо, поради това, че е разположена по-повърхностно. При затруднения, иглата в радиуса може да бъде издърпана до около 1-2 cm проксимално от нивото на фрактурата и увеличената подвижност да улесни манипулацията на улнарната фрактура.

Медуларният канал на радиуса и улната в областта на истмуса е тесен (3-6mm). При улната, той е най-широк в проксималната част, а при радиуса – дистално. Това са и най-подходящите места за входни точки на имплантите. В тези точки стрес-концентрацията е най-ниска и е намален риска от ятрогенна фрактура при придвижване на иглите.

**Фиксацията на радиуса** се извършва винаги ретроградно. Предпочитаният от нас и най-често използван достъп до дисталната метафиза, е латералния. Той е удобен, изисква минимална дисекция, имплантът не преминава между екстензорните сухожилия и затова е по-комфортен за пациента. Важно е достъпът да е адекватен по размер (ок.2.0 см), за да позволи протекция на сензорния клон на радиалния нерв и по-малко травмиране на кожата при поставянето и по-късното отстраняване на иглата. Алтернативният дорзален достъп, препоръчван в последните години от АО (51,128) избягва опасността от нервна увреда, но е свързан с известен дискомфорт и риск от увреда на екстензорни сухожилия. В малкото случаи, в които е използван, не сме наблюдавали свързани с него усложнения.

**Счупванията в дисталната трета на радиуса** и диафизарно-метафизарния преход изискват специално внимание, тъй като според някои автори, те не са идеалната индикация за ЕИМОС със стандартния латерален достъп.(128,130,213,231)

Причините са в късия дистален фрагмент, разширението на медуларния канал в тази зона и невъзможността на пилона да достигне до срещулежащия кортекс преди да премине през фрактурата. Дисталният фрагмент често остава нестабилно фиксиран само във входната точка, а флексибилният имплант го измества допълнително в улнарна и воларна посока.

От биомеханична гледна точка, логичното решение би трябвало да бъде антеградна фиксация с проксимален достъп. По анатомични причини обаче, такава интервенция е изключително опасна и свързана със сериозен риск от перманентна увреда на дълбокия клон на радиалния нерв и затова, не се препоръчва. (211)

Какви са алтернативите?

При пациент под 10 год. в някои случаи може да се приеме и една не съвсем перфектна репозиция, разчитайки на увеличените възможности за ремоделаж в тази зона.

При по-млади пациенти *Lieber (2010)* постига добри резултати с трансепифизарна интрамедуларна фиксация с тънки Киршнерови игли в комбинация с гипсова имобилизация.(129)

При големи adolescentни пациенти и изразена нестабилност, фиксацията с воларно поставена плака е една от възможностите, въпреки че е свързана с увеличена инвазивност и евентуална морбидност, както при поставянето, така и при отстраняването ѝ.

По-малко инвазивна алтернатива, според членовете на АО-педиатричната група, е поставянето на малък едностранен, не примостяващ ставата, външен фиксатор.(51,128,213,231)

За да преодолеем проблемите, свързани с приложението на стандартната ЕИМОС при тези трудни за интрамедуларна стабилизация фрактури, ние въведохме в практиката си **модификация на оригиналната техника**. При нея предварително извитата К-игла с подходящ диаметър се инсерира през дорзално-улнарен достъп, максимално близо, но проксимално от физата. Ключов момент в техниката е допълнителното „in situ” огъване на иглата по време на придвижването ѝ в медуларния канал и крайната ѝ ориентация така, че върхът на кривината да е на нивото на фрактурата и да противодейства на силите на разместване. По този начин се постига желаната интрамедуларна три-точкова фиксация.



**Фиг.53.** Нестабилна фрактура в дисталната трета на радиуса при 9 год. момче с вторично разместване след консервативно лечение (a).Стабилизация чрез модифицирана техника през дорзално-улнарен достъп (b).Резултат шест месеца по-късно, след отстраняване на импланта (c).

Подобна техника при воларно разместени дистални диафизарно-метафизарни фрактури на радиуса е описана от Aribit и Laville (1999).(12) Модифициран вариант с дорзален достъп до туберкула на Lister предлагат и от АО – педиатричната група (51).

Тази модифицирана техника сме използвали при стабилизация на 10 (9.5%) от фрактурите в настоящата серия. Отчели сме 8 отлични и 2 добри функционални резултата. Един от пациентите е имал временен дискомфорт в областта на китката,

който е изчезнал скоро след екстракцията на иглата. Броят на случаите е малък, за да се направи подробен анализ и оценка на резултатите. Въпреки това, досегашният ни опит ни кара да вярваме, че **модифицираната по този начин техника на ЕИМОС е една от възможностите за успешна стабилизация на нестабилните диафизарни фрактури в дисталната трета на радиуса**. При пациенти над 14 год. възраст с изразена нестабилност или раздробяване предпочитаме фиксацията с воларно поставена плака.

**Интрамедуларната стабилизация на улната** може да бъде извършена антеградно или ретроградно с три възможни достъпа.

Много ортопеди използват перкутанната транспофизарна инсерция през върха на олекранона поради удобния и директен достъп, правия медуларен канал и сравнително бързата и лесна фиксация. Няколко автори потвърждават безопасността на техниката и липсата на риск от смущения в растежа на улната (187,219,277,278) Ние също сме използвали успешно тази техника, предимно в началните години от серията и най-често, при необходимост от фиксация на едната кост и някои Monteggia-увреди. Недостатъци на транспофизарната фиксация са нуждата от имобилизация за най-малко 6 седм., невъзможността за ранно и пълно раздвижване на лакътната става и необходимостта от ранно и, понякога, преждевременно отстраняване на иглата. Поставянето на права игла в почти правия медуларен канал на улната може да алинира фрактурата, но не винаги да осигури необходимата аксиална и ротаторна стабилност. Поради това, тя трудно може да бъде определена като истинска еластично-стабилна фиксация. Основният и най-чест проблем на транспофизарната инсерция си остава мекотъканното дразнене и опасността от пробив или улцерация на кожата, поради което не препоръчваме рутинното ѝ използване.

Най-често прилаган, и предпочитан от нас, е достъпът в задно-латералната част и дистално от апофизата на олекранона, прониквайки между влакната на м.анконеус. По този начин краят на иглата остава погребан в меките тъкани и се намалява възможността за иритация и дискомфорт при движения или подпиране върху лакътя. Това осигурява сигурна и надеждна фиксация за достатъчно дълго време и, в същото време, позволява ранна и безпроблемна мобилизация.

Все по-често в последните години, сме прилагали алтернативната ретроградна инсерция през медиалния кортекс на дисталната метафиза на улната по техниката, предложена от *Verstreken (1988)*.(250) Наличието на два дистални достъпа за радиуса и улната осигурява по-комфортна позиция за оператора, не налага промяна в позицията

на предмишницата и улеснява рентгеновата визуализация. Освен това, липсата на оперативен достъп проксимално, позволява много по-ранна (според автора – незабавна) мобилизация. Друго предимство е намаляване на риска от дистракция на фрактурата и забавено срастване, което според *Ogonda (2004)*, е възможно при антеградна инсерция и тесен медуларен канал.(166) Според нас, ретроградната еластична фиксация на улната е много полезна и подходяща при по-проксимално разположени фрактури, някои рефрактури и особено проксимални Monteggia-увреди, където кривината на импланта може да бъде контурирана и ориентирана така, че да противодейства на разместването на радиалната глава.

Необходимостта от **постоперативна имобилизация** и нейното времетраене са все още спорни в съвременната литература. Мненията между различните автори варират широко, като някои я считат за абсолютно ненужна, докато други я ползват до срастване на фрактурите. Най-често решението зависи от използваната техника, предпочитанията на лекуващия лекар и индивидуалните характеристики на фрактурата и пациента. Не по-малко значение има и учебната крива, тъй като в различните серии се забелязва зависимост между броя на лекуваните случаи и продължителността на имобилизацията. Повечето от авторите на най-големите серии от Европа позволяват ранна мобилизация без следоперативно обездвижване или след кратък период в митела. (51,124,128,213). За разлика от тях, *Kang и съавт.(2011)* прилагат при 82% от пациентите си имобилизация за среден срок от 33 дни.(107) Авторите от Nancy-групата са използвали 5-6 седмична имобилизация при първите си 29 от 85 лекувани пациента.(123)

Нашата философия по отношение на имобилизацията също е претърпяла еволюция в периода на натрупване на опит. В началните години на серията повечето пациенти са били обездвижвани за период от 4 до 6 седм. Днес смятаме, че **при правилно изпълнена фиксация на двете кости, не е необходимо имобилизацията да трае повече от 2-3 седмици и то, в къс гипс до лакътя**. Изключение правят случаите с асоциирани ипсилатерални увреди, фиксация на едната кост, фрактурите-луксации и някои от по-малките или свръхактивни пациенти.

Срокът за **отстраняване на имплантите** също е различен при различните автори. В по-ранните серии, както и в първите години от нашето проучване, иглите са премахвани сравнително рано, особено ако са били оставени над кожата. Поради увеличената склонност към рефрактури в областта на предмишницата, *Lascombes* препоръчва това да става не по-рано от 6 мес. след фрактурата при напълно завършен кортикален

ремоделаж. (123,124) АО-педиатричната група смята, че минималният срок преди екстракция трябва да е 3-4 месеца. (51,213)

В нашата серия, в повечето случаи, имплантите са отстранявани след средно 6 мес.(3 до 10). По-дългото отлагане понякога прави екстракцията по-трудна, поради израстването на детето и мигрирането на иглата към канала, особено ако е била срязана прекалено късо. Поради тази причина, в два от случаите ни иглата е оставена *in situ*, без да са отчетени никакви късни усложнения от това. В последните години някои автори дори подлагат на съмнение необходимостта от рутинното отстраняване на флексибилните импланти, ако не причиняват дискомфорт. (222)

## 6. Рефрактури и ЕИМОС

Предмишницата е най-честата локализация за рефрактури в детската възраст. Според литературата, честотата им е от 5% до 13% от консервативно лекуваните диафизарни фрактури.(79,216) Съвремените автори дефинират рефрактурата като повторно счупване, засягащо изцяло или частично зоната на първоначалната фрактура и получено в срок от 3 до 18 месеца след първата травма. *Bould и Bannister (1999)* установяват, че диафизарните фрактури имат 8 пъти по-голям шанс за рефрактура, в сравнение с метафизарните счупвания.(28) В малкото публикувани серии се установява, че в 78% до 100% от случаите първоначалната фрактура е била от тип „зелена пръчка“, а според *von Laer*, при този тип фрактури рискът от рефрактура е от 20% до 35%.(252) В литературата се обсъждат и други рискови фактори като кратката имобилизация, лошата гипсова техника, неадекватната репозиция, персистиращата ангулация, по-младата възраст и, присъщата за децата, свръхактивност. Повечето съвременни автори приемат, че основната причина за получаване на рефрактури е непълната консолидация на фрактура „зелена пръчка“, което най-често се асоциира с остатъчна ангулация. Според *Schwarz (1996)*, огънатият интактен кортекс зараства първично и с минимален калус, а разширената фрактурна цепка на отсрещния кортикалис, поради липсата на микродвижения и компресия е с тенденция за забавено срастване и персистираща механична слабост.(216) *Lascombes (2010)* смята, че значение има и „костната тапа“, която запушва медуларния канал и променя механичните свойства на диафизата.(124) Наличието на дори лека ангулация допълнително отслабва тази зона и една ниско енергийна травма често води до рефрактура в нея. При пълните фрактури релативната нестабилност и подвижност на

фрагментите водят до образуване на масивен циркулярен периостален калус, поради което при тях рефрактурите са много по редки.

Единият от начините за намаляване на риска от рефрактура е достатъчно дълга имобилизация (6-8 седм) с последваща продължителна протекция със сменяема шина, до пълно ремоделиране на кортекса. Другият вариант е, или да се осигури плътен интерфрагментарен контакт чрез перфектно моделиран гипс и задължителни неколkokратни гипсотомии, или да се пречупи интактния кортекс и фрактурата да се превърне в пълна.

Ние, както и много други автори, предпочитаме да завършим непълните фрактури тип „зелена пръчка“, като се стремим пречупването на здравия кортекс да става внимателно, а не брутално, за да избегнем разкъсване на интактния периост и тотално дестабилизиране на фрактурата.

В последните години някои автори от Европа и Педиатричната секция на АО препоръчват, при по-големи пациенти с ангулирани непълни фрактури над 20° или остатъчна деформация над 10°, пречупване на здравия кортекс, последвано от незабавна стабилизация с ЕИМОС. Тази сравнително агресивна философия има за цел предотвратяването на рефрактури и избягването на по-продължителна имобилизация, особено при засягане на доминантния крайник. (51,82,128,213,252,262) Нашият първоначален опит при няколко пациента, невключени в настоящото проучване, потвърждават предимствата и безопасността на подобна тактика.

Малкото публикувани съобщения, свързани с рефрактурите на предмишницата при децата, дискутират основно причините за възникването им и начините на превенция, но дават доста оскъдна информация относно тяхното лечение и резултатите от него. *Lascombes* е на мнение, че рефрактурите на предмишницата трябва да се лекуват „по-активно“ от първичната фрактура.(122) Минимално разместените счупвания могат успешно да се лекуват с гипсова имобилизация, но трябва да се контролират редовно, поради възможността от прогресираща деформация. В проучването на *Schwarz и съавт.*(1996) по-голямата част от рефрактурите са лекувани консервативно, но 21% от тях са завършили с ангулации над 15° и ограничения в движенията между 25° и 135°.(216) Рефрактурите с пълно разместване се наместват и задържат трудно и резултатите от консервативното им лечение не винаги са добри. Освен това, то налага повторна и продължителна имобилизация (при тинейджърите до 2-3 мес.), сравнително скоро след свалянето на предишната, с риск от мускулна атрофия и непълно функционално възстановяване. Освен, че се приема трудно от детето и семейството,

този начин на лечение не може да коригира напълно причините за възникването на рефрактурата. В такива случаи откритата репозиция и фиксация с плаки е оправдана, тъй като тя дава възможност за анатомична и стабилна репозиция и липса на имобилизация. Поради това, е един от често предпочитаните методи за лечение.

От друга страна, използването на плаки при деца под 12 год. се счита за твърде агресивно лечение, при което по-дългия период на срастване и риска от усложнения не са за подценяване. Всъщност, едно от най-честите усложнения на фиксацията с плаки са именно рефрактурите, които могат да настъпят, както след отстраняването им, така и при задържането им за по-дълго време, поради отслабването на костта и ефекта на стрес-концентрация.

На този фон интрамедуларната фиксация изглежда като една атрактивна опция за минимално инвазивно лечение. Успешното ѝ приложение е съобщавано още в първите по-големи серии на редица европейски автори и днес рефрактурите са една от основните индикации за ЕИМОС на предмишницата. Един от проблемите, правейки техниката по-трудна от тази, при пресните счупвания, е нерядко наблюдаваното стесняване или пълна непроходимост на медуларния канал. При невъзможност за преминаване на интрамедуларния имплант през фрактурата, понякога се налага открит достъп и отваряне на канала с помощта на шило или свредло, придвижване на пилона под визуален контрол и завършване на техниката по стандартен начин. Това се е наложило при една от 9 рефрактури в първата серия на *Lascombes* (123) и при 3 от нашите 11 пациента, лекувани с ЕИМОС. В единствената досега публикация, дискутираща специално резултатите от ЕИМОС при рефрактури на предмишницата, *Weinberg и съавт. (2009)* постигат закрыта интрамедуларна фиксация при 7 от 9 случая с блокиран медуларен канал като използват заострена К-игла.(261) По подобен начин, в нашата серия сме успели да възстановим проходимостта на канала при двама от пациентите ни.



**Фиг.54.** Закрыта техника за отваряне на медуларния канал чрез заострена К-игла. (Weinberg AM et al. 2009)

В настоящото проучване сме сравнили резултатите от приложението на ЕИМОС при рефрактури с тези, при които е използвано консервативно лечение или фиксация с плаки. Установихме по-кратък срок на срастване и по-голям дял отлични резултати при ЕИМОС в сравнение с другите два метода. Подобно сравнително проучване не сме срещали досега в достъпната ни литература. Малкият и непропорционален брой на случаите от трите групи, както и разликата в средната им възраст, затрудняват извършването на задълбочен анализ и генерални изводи. Въпреки това, нашият опит и оскъдната литература по въпроса, ни дават основание да смятаме, че **ЕИМОС е една отлична опция и добро решение при повечето от случаите с рефрактури на предмишницата. Тя успешно може да комбинира предимствата и да минимизира недостатъците на другите два метода – фиксацията с плаки или консервативното лечение. От една страна, ЕИМОС осигурява адекватна и достатъчно стабилна репозиция при намалена инвазивност и оптимални условия за бързо срастване със солиден периостален калус. В същото време, тя е свързана със снижен риск от усложнения и възможност за ранна мобилизация и бързо функционално възстановяване.**

## **7. Усложнения и постоперативни проблеми**

ЕИМОС често се възприема като сравнително безопасна и не особено сложна техника. Както всеки един оперативен метод, обаче, нейното приложение е свързано с някои специфични проблеми и усложнения.

**Мекотъканныта иритация**, предизвикана от имплантите е най-често съобщавания следоперативен проблем с честота в литературата между 0.9% и 25%. Леко проминиране под кожата и известен дискомфорт може да се очаква при немалка част от пациентите. Тези проблеми обикновено са преходни и отшумяват бързо след отстраняване на иглите. В някои случаи, обаче, стърчащия им извън костта край може да предизвика болезнена бурса, улцерация или перфорация на кожата с последващ риск от възпаление. Това най-често се наблюдава при инсерция на улнарната игла през върха на олекранона и почти никога при задно-латералния метафизарен „анконеус-портал”. Някои автори предпочитат да оставят иглите над кожата с цел, по-лесното им отстраняване. При двама от нашите пациенти това е довело до кожна мацерация и дискомфорт и е наложило ранна екстракция преди консолидация на фрактурата. Днес

тази практика не се препоръчва, както от нас, така и от повечето съвременни автори. Отрязването на иглите в края на операцията е един от деликатните моменти в техниката. То трябва да бъде извършено така, че краят им да не дразни меките тъкани, и в същото време да позволява по-късното им отстраняване. Отделни автори препоръчват използването на предпазни капачки или огъване в края на иглата до 180° (59, 211). Ние предпочитаме минимално огъване и скъсяване на 3 до 5 mm от костта. По този начин сме успели да постигнем сравнително ниска честота (3.8%) на сериозни мекотъканни усложнения.

**Повърхностна инфекция** е съобщавана най-често при игли, оставени над кожата, мекотъканна улцерация, при открити фрактури или ятрогенна контузия на меките тъкани. В нашата серия сме отчели два такива случая (1.5%). Стремежа към прекалено малки перкутанни достъпи е най-честата причина за травмиране на кожата по време на инсерцията. За да се избегне това, се препоръчват адекватни по размер инцизии (1.5 – 2.0 cm) както при поставянето, така и при екстракцията на имплантите.

**Лезията на повърхностния радиален нерв** е едно от най-често съобщаваните и специфични за ЕИМОС усложнения при използването на латерален достъп до дисталната метафиза на радиуса. В различните серии тя се среща в 1.2% до 5.3% от случаите. Увредата на някои от сетивните клончета на нерва е възможна и еднакво честа както при инсерцията, така и при отстраняването на иглите. Има известни спорове, дали е винаги е необходима визуализация им, но при всички случаи, адекватния по размер кожен разрез и внимателната подкожна дисекция могат да намалят риска от това усложнение. С тази цел *Lascombes (2010)* препоръчва достъп и инсерция волярно от сухожилието на м.брахиорадиалис, както и използването на турникет по време на екстракцията на иглата.(124)

За да избегнат проблемите с радиалния нерв, в последните години редица автори, вкл. и Педиатричната секция на АО, препоръчват дорзалния достъп в областта на tub.Listeri. Той, от своя страна, не е лишен от морбидност и е свързан със сигнификантен риск от късна увреда на дългия екстензор на палеца или м.екстензор карпи радиалис бревис. Това усложнение се дължи на хронична увреда от търкане на сухожилията в острите краища на срязания пирон. Рискът от това все по-често съобщавано усложнение може да бъде намален чрез огъването и срязването на импланта извън сухожилния компартмънт и по възможност, със специален гладко срязващ инструмент.

В нашата практика ние много по-често сме използвали латералния достъп и опита ни с дорзалния достъп засега е сравнително малък. При всичките 4(3.0%) пациента с

невропраксия на радиалния нерв е настъпило спонтанно възстановяване. На този етап според нас, този преходен следоперативен проблем е по-приемлив в сравнение с необходимостта от евентуална сухожилна реконструкция при пациент с вече зараснала фрактура.

**Вторичното разместване** е основен проблем на консервативното лечение, който често води до необходимост от повторни репозиции или **срастване с ангулация**. При пациенти, лекувани с ЕИМОС, това се наблюдава много по-рядко и деформацията обикновено не надвишава допустимите 10°. Най-често това е свързано с negliжиране на основните биомеханични принципи на оригиналната техника или с технически грешки. В нашата серия сме наблюдавани 8 ранни следоперативни ангулации, като три (2.3%) от тях са сраснали с ангулация над 10°. Всички те са били при пациенти, при които е била фиксирана едната от двете кости на предмишницата. Анализът на резултатите и натрупания през годините опит ни водят до заключението, че **фиксирането на двете кости на предмишницата е основен принцип на ЕИМОС и не спазването му може да доведе до компрометиране на неговата ефективност**.

Нестабилност и вторични ангулации често се наблюдават и при фрактури в дисталната трета на радиуса, които според много автори са критична индикация за ЕИМОС. Предложената модификация на техниката с улнарна инсерция и *in situ* огъване на иглата, съчетана с гипсова имобилизация за 4 седм., е един от начините за надеждна стабилизация на тези проблемни счупвания. При неуспех или при деца над 14 год. трябва да се премине към друг тип фиксация.

Рискът от загуба на репозиция е по-висок и при използване на твърде тънки игли, затова е важно диаметърът им да е от 50% до 2/3 от размера на медуларния канал. Преконтурирането е друг основен принцип, който води до увеличен интрамедуларен кортикален контакт. Крайната ориентация на имплантите с конкавитет към другата кост динамизира интересалната мембрана и увеличава стабилността. Импакцията в отдалечените метафизи осигурява еластичната три-точкова фиксация. Не бива да бъде забравяна и финалната ротация на предмишницата в пълна пронация и супинация и тестването на стабилността преди отрязването на иглите.

Рискът от **дълбока инфекция и остеомиелит** не може да бъде игнориран, когато става въпрос за оперативно лечение. За щастие, при ЕИМОС той е много по-малък в сравнение с откритата остеосинтеза с плаки и честотата му не надвишава 1%. В изолираните съобщения от литературата, както и в един от нашите случаи (0.8%), дълбоката инфекция е била свързана с наличието на открита фрактура. В детската

възраст фрактурите от I степен изглежда носят по-висок риск от тежка инфекция, което налага щателна първична ревизия, иригация и дебридман дори и на най-малките пунктиформени рани. При лечението на дълбоката инфекция някои автори са отстранявали импланта , докато други, вкл. и ние, сме я овладели и постигнали срастване без необходимост от ранна екстракция. (44,59,124,211)

**Забавеното срастване или несрастване** почти винаги са свързани с открита фрактура, открита репозиция и възраст над 10 год. Улната е засегната много по-често, поради анатомични особености на интраосалното кръвоснабдяване в средната и трета. Според *Ogonda (2004)*, в някои случаи причина може да бъде дистракция на фрактурата при антеградна фиксация на улна с по-тесен медуларен канал.(166) Затова понякога е необходимо скъсяване и по-малко огъване на водещия край на иглата или използване на алтернативната ретроградна фиксация. При открито наместена фрактура персистирането на видима фрактурна линия след 3-ия месец е възможно при по-големите деца, но при наличието на стабилна фиксация и възстановена функция е оправдано изчакване на спонтанна консолидация. Такъв е бил и резултатът при двата наши случая (1.5%), при които срастване е настъпило скоро след това, без да се е наложила допълнителна интервенция. Ние не сме имали случай на несрастване след приложение на ЕИМОС. Такова усложнение, обаче, не е изключено и за да бъде избегнато, ЕИМОС трябва да се прилага като закрыта техника, винаги когато е възможно. При необходимост от открита репозиция, тя трябва да бъде извършена възможно най-атравматично и с максимална протекция на периоста.

**Рефрактурите** на предмишницата са сравнително чести при здравите деца, поради присъщата за тях хиперактивност и склонност към травми по време на спорт или игра. Освен след консервативно лечение и фиксация с плаки, те могат да бъдат получени и след ЕИМОС. Още в първите си публикации авторите от школата в Napсу съобщават за рефрактури, получени след по-ранно отстраняване на имплантите. В резултат на това, те препоръчват екстракцията да бъде извършвана не по-рано от шестия месец до постигане на пълен кортикален ремоделаж. Автори от Педиатричната секция на АО смятат, че 3-4 месеца в повечето случаи са достатъчни и не намират разлика в честотата на получаване на рефрактура след 3-ия и след 6-ия месец.(128) В нашата серия има 5 (3.8%) случая на рефрактури след лечение с ЕИМОС. При двама от тях имплантите са били отстранени преди третия месец при наличие рентгенови белези за костно срастване. Опитът ни подсказва, че при децата над 10 год. и особено ако са момчета, екстракцията на иглите или пироните трябва да става не по-рано от 6 месеца след

травмата. При по-малките пациенти критериите за отстраняване трябва да бъдат основно рентгенологични, като към него препоръчваме да се пристъпва не по-рано от 4-ия месец.

Децата, лекувани чрез ЕИМОС се възстановяват бързо и се връщат към игри и спорт сравнително рано, поради което са подложени на риск от нова тежка травма преди да са отстранени имплантите. Поради това, според някои, това не бива да се счита като истинско усложнение на техниката. (59,128) При фрактури с импланти *in situ* децата са с характерна фиксирана деформация на предмишницата, а рентгеновото изследване потвърждава наличието на фрактура на едната или двете кости с огъване на интрамедуларните игли. Това сме наблюдавали при трима наши пациенти. В малкото публикувани съобщения авторите предлагат опит за закрыта репозиция и изправяне на имплантите под обща анестезия и в някои случаи това е било успешно. (124,128,158) Поради механично отслабване на конструкцията *Lascombes* препоръчва гипсова имобилизация за 4 до 6 седм. *Mittal (2004)* съобщава за счупване на титановите пирони при опита им за изправяне.(154) При неуспешна или неприемлива закрыта репозиция се налага реостеосинтеза с нови импланти. Запазената проходимост на медуларния канал прави възможно извършването на процедурата по закрыта техника. В два от нашите случаи се е наложила смяна на иглите, а в другия е била фиксирана, нестабилизираната преди това фрактура.

На таблицата са представени най-често съобщаваните в литературата усложнения, свързани с ЕИМОС на предмишницата, като са сравнени с нашата серия.

| Автор             | Брой сл.   | Усложнения общо (%) | Иритация / перфор. | Повърхн. инф. | Лезия на ПРН | Сухож. увреда | Ангулация  | Рефракт.   | Дълбока инф. | Забавено сраств./ несраств. |
|-------------------|------------|---------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|------------|------------|--------------|-----------------------------|
| Lascombes 1990    | 85         | 16                  | 10.6               |               | 1.2          |               | 4.7        | 3.5        |              |                             |
| Prevot J 1995     | 125        | 20                  | 8.8                |               | 2.4          | 1.6           |            | 4.0        |              | 0.8                         |
| Cullen MC 1998    | 20         | 50                  | 25                 | 15            |              | 5             | 10         | 5          | 5            | 5                           |
| Luhmann S 1998    | 25         | 24                  | 8                  |               | 4            |               |            |            |              | 4                           |
| Shoemaker S 1999  | 32         | 25                  | 6.3                | 3.1           |              |               | 9.4        | 6.3        | 3.1          |                             |
| Pugh D 2000       | 30         | 20                  | 6.7                | 6.7           |              | 3.3           |            | 3.3        |              |                             |
| Yung PS 2004      | 84         | 14.2                | 4.8                | 4.8           |              |               | 7.1        | 2.3        |              |                             |
| Kapoor V 2005     | 47         | 21.2                | 8.5                |               |              |               | 6.4        | 2.1        |              |                             |
| Jubel A 2005      | 51         | 19.6                | 15.7               |               | 3.9          |               |            |            |              |                             |
| Lieber J 2005     | 163        | 13.5                | 2.5                | 1.2           |              | 3.7           | 1.8        | 2.5        | 0.6          | 1.2                         |
| Altay M 2006      | 48         | 50                  | 20.8               | 16.7          | 4.2          |               |            |            |              | 4.2/2.1                     |
| Bombaci H 2007    | 27         | 33                  | 22.2               | 7.4           |              |               | 3.7        |            |              |                             |
| Cumming D 2008    | 19         | 26.3                | 10.5               |               | 5.3          | 10.5          |            |            |              |                             |
| Fernandez FF 2010 | 553        | 14.6                | 3.4                | 0.9           | 2.7          |               | 1.1        | 4.9        | 0.2          | 2.5/1.3                     |
| Flynn JM 2010     | 103        | 14.6                |                    | 1.9           |              | 1.9           |            |            |              | 5.8                         |
| Kang S 2011       | 90         | 14.4                | 6.7                | 1.1           | 2.2          |               | 1.1        |            |              | 1.1                         |
| <b>Наша серия</b> | <b>133</b> | <b>16.5</b>         | <b>3.8</b>         | <b>1.5</b>    | <b>3.0</b>   | <b>-</b>      | <b>2.3</b> | <b>3.8</b> | <b>0.8</b>   | <b>1.5</b>                  |

**Табл.24.** Честота на усложненията след ЕИМОС при фрактури на предмишницата според литературата и в нашата серия (%).

Прави впечатление, че честотата на усложненията е обратно пропорционална на броя лекувани фрактури. В сериите с по-голям брой случаи, каквато е и нашата, усложненията са значително по-малко в сравнение с тези, в които има по-малко от 50 пациента. Анализът на нашите резултати, показва и динамика в процентния дял на усложненията като функция от учебната крива, като се наблюдава понижение в честотата им от 21.2% в началото до 16.5% в края на периода на проучването. Смятаме, че тази честота би могла да бъде още по-ниска, защото **голяма част от цитираните усложнения са временни и бързопреходни следоперативни проблеми, не повлияващи крайния функционален резултат. В повечето случаи, те са под контрола на хирурга и могат да бъдат избегнати с добро познаване на детайлите в техниката, правилното ѝ прилагане и натрупването на достатъчно опит с нея.**

## **8. Функционални резултати**

Критериите за оценка на функцията след ЕИМОС при фрактури на предмишницата варират между отделните автори в литературата. Въпреки това, те са сходни и са фокусирани основно върху степента на възстановяване на ротациите на предмишницата. В настоящото проучване функционалните резултати са оценявани според критериите, възприети от *Price* (183), тъй като те са най-често използвани в публикуваната литература и позволяват сравнение с нашата серия.

| Автор             | Брой фр.   | Възр. (год.) | Отлични (%) | Добри (%)   | Задов./лоши (%) | Усложнения (%) |
|-------------------|------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|----------------|
| Lascombes P 1990  | 85         | 11.4         | 92          |             |                 | 16             |
| Luhmann S 1998    | 25         | 10.8         | 84          | 16          |                 | 24             |
| Richter D 1998    | 30         | 9.6          | 80          | 16.7        | 3.3             | 13.3           |
| Pugh D 2000       | 30         | 9.3          | 89          | 11          |                 | 20             |
| Kucukkaya M 2002  | 31         | 12.3         | 83.9        | 9.7         | 6.4             | 12.9           |
| Kapoor V 2005     | 47         | 5-15         | 80.9        | 19.1        |                 | 21.2           |
| Jubel A 2005      | 51         | 8±2.8        | 93          | 7           |                 | 19.6           |
| Fernandez F 2005  | 45         | 9.3          | 80.5        | 14.6        | 4.9             | 20             |
| Altay M 2006      | 48         | 10.3         | 83.3        | 12.5        | 2.1 / 2.1       | 50             |
| Bombaci H 2007    | 27         | 11.3         | 81          | 15          | 4               | 33             |
| Ozkaya U 2008     | 21         | 11.5         | 85.7        | 14.3        |                 | 42.8           |
| Yalcinkaya M 2010 | 45         | 10.8         | 82.2        | 17.8        |                 | 37.8           |
| Flynn JM 2010     | 103        | 10.6         | 77.7        |             | 14.6 / 7.8      | 14.6           |
| Kang S 2011       | 90         | 8.4          | 65.6        | 18.9        | 5.6 / 10        | 14             |
| <b>Наша серия</b> | <b>133</b> | <b>10.5</b>  | <b>79.7</b> | <b>18.0</b> | <b>2.3</b>      | <b>16.5</b>    |

**Табл.25.** Функционални резултати след ЕИМОС при фрактури на предмишницата според литературата и в нашата серия.

Въпреки, че някои от авторите са използвали различни от критериите на *Price*, резултатите в отделните серии са сходни като преобладават основно отличните и добрите. Нашата серия е една от най-големите сред публикуваните в достъпната ни литература. Постигнатите резултати са напълно съизмерими с тези на другите съвременни автори, като прави впечатление и сравнително ниската честота на усложнения при нашите пациенти.

Анализът на влиянието на учебната крива ясно демонстрира, че с натрупването на опит отличните резултати прогресивно нарастват за сметка на по-слабите резултати и усложненията. Докато в началото на проучването отличните резултати са били 60.6%, то при последната 1/4 от случаите в серията, те са достигнали 91.2%.

Решихме отделно да сравним нашите резултати със сходна по обем и дългосрочност съвременна серия. За целта избрахме тази, на *Flynn и съавт. (2010)*, в която се анализира 11-годишния им опит от приложението на ЕИМОС при 103 фрактури на

предмишницата.(64) Авторите въвеждат нова собствена класификация, предназначена специално за оценка на резултатите след оперативно лечение на фрактурите на предмишницата. Критериите в нея са доста по-стриктни и обективни, като всяко едно малко и преходно или по-значимо усложнение правят резултата съотв. задоволителен или лош. За да сравним двете серии, класифицирахме по тази схема и нашите резултати от 14-годишния ни опит със 133 фрактури.

#### **Children's Hospital of Philadelphia Forearm Fracture Fixation Outcome Classification:**

| <b>Клиничен резултат</b> | <b>Критерии</b>                                                                                                       | <b>Flynn (2010) (n=103)</b> | <b>Наша серия (n=133)</b> | <b>Student's t-test</b>                    |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Отличен</b>           | Пълен обем движения (пронация и супинация) и без следопер. усложнения                                                 | 77.7%                       | <b>72.2%</b>              | $t=0.96 < t_{0.05,234}=1.96$ (без разлика) |
| <b>Задоволителен</b>     | Минимална загуба в движенията (<30°) и/или малко и преходно следопер. усложнение                                      | 14.6%                       | <b>22.5%</b>              | $t=1.55 < t_{0.05,234}=1.96$ (без разлика) |
| <b>Лош</b>               | Загуба на проно-супинацията >30° и/или значимо постопер. усложнение (инфекция, комп. синдром, забав. срастване и др.) | 7.8%                        | <b>5.3%</b>               | $t=0.78 < t_{0.05,234}=1.96$ (без разлика) |
| <b>Усложнения</b>        |                                                                                                                       | 14.6%                       | <b>16.5%</b>              | $t=0.41 < t_{0.05,234}=1.96$ (без разлика) |

**Табл.26.** Сравнение на резултатите и усложненията между серията на Flynn (2010) и нашата серия.

Сравняването на относителните дялове чрез методите на статистиката показва липса на сигнификантна разлика в постигнатите резултати и допуснатите усложнения между двете серии.

В анализа на резултатите от настоящото проучване се опитахме да потърсим и връзка между тях и възрастта на пациента. Допълнително предимство е и практически равният брой на децата на възраст до 10 и над 10 год. в серията (67:66). Подобни сравнения са рядкост в литературата, свързана с ЕИМОС при фрактури на предмишницата. Първи *Rugh и съавт. (2000)* съобщават, че въпреки съпоставимите функционални резултати, пациентите в серията им на възраст над 10 год. са достигнали костно срастване сигнификантно по-късно (8.4 спрямо 6.4 седм.).(185) Подобна разлика установяват и *Altay и съавт.(2006).(9)* В серията на *Kang (2011)* не се открива статистически значима разлика във функционалните резултати между пациентите до 10 и над 10 год.(107) За

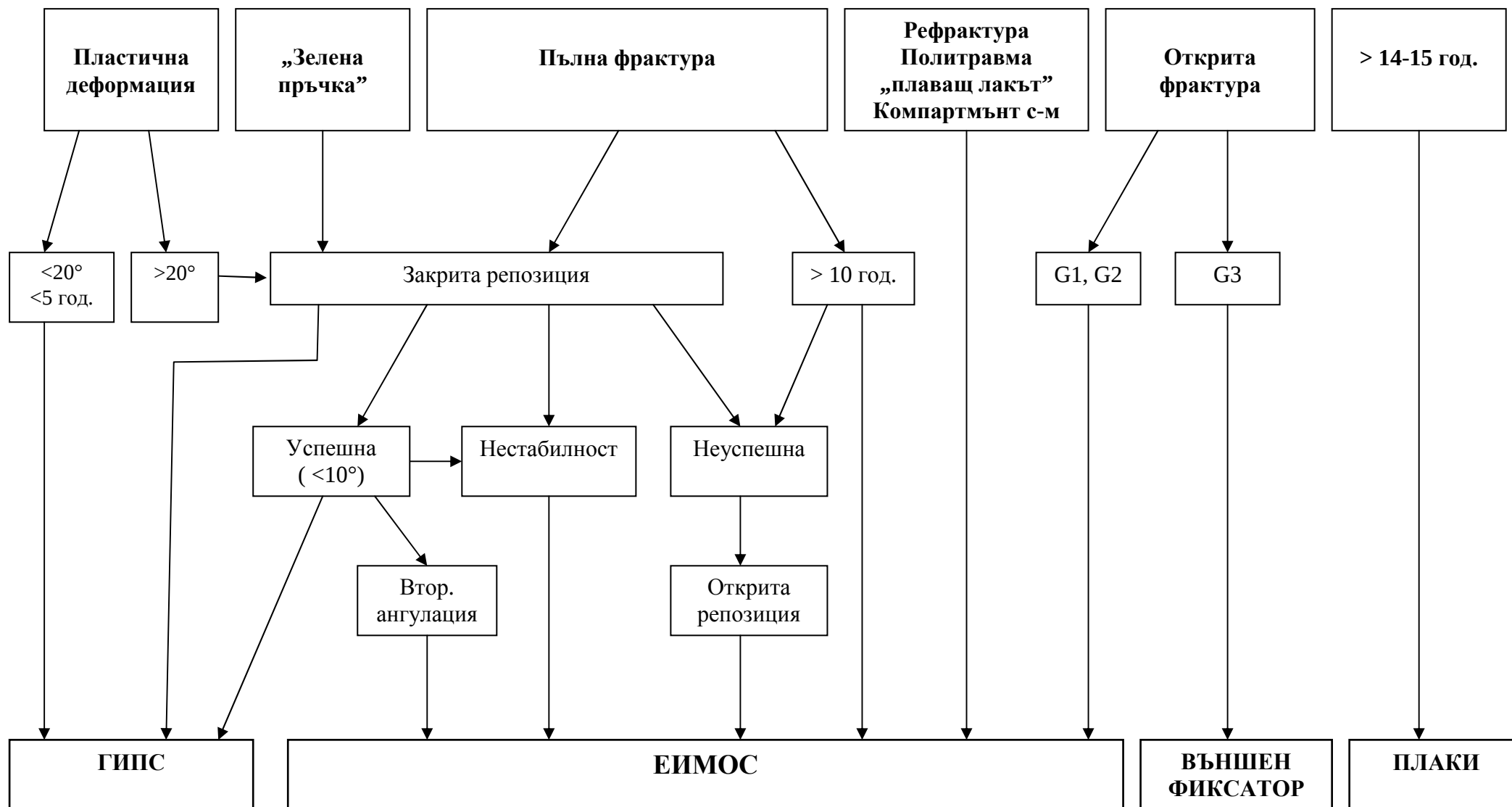
разлика от тях, *Flynn и съавт. (2010)* установяват, по-лоши функционални резултати и повече усложнения при по-големите деца.(64)

В нашето проучване също се установява, че фрактурите при децата, по-големи от 10 год., достигат до срастване почти 2 седмици по-късно от по-малките (8.5 спрямо 6.8 седм). Функционалните резултати при пациентите под 10 год. са отлични при 95.5% от случаите. При по-големите деца се наблюдава увеличен дял на добрите (31.8%), за сметка на част от отличните резултати (63.6%). Подобно на *Flynn*, ние също откриваме сравнително по-голяма честота на усложнения при пациентите над 10 год.

Тези резултати ни водят до изводи, които могат да се разглеждат от две различни гледни точки. Първо, те показват, че ЕИМОС е високо ефективна и безопасна техника не само при по-големите, но и при децата под 10 год. с нестабилни счупвания на предмишницата. При децата над 10 год. тя също постига предимно отлични резултати. От друга страна, по-големите деца обикновено получават по-тежко разместени и нерядко високо-енергийни фрактури. С увеличаване на възрастта, потенциалът им за ремоделаж намалява. Биомеханичните качества на костта, фрактурната морфология и сроковете на срастване постепенно се доближават до тези на възрастните. **С достигането до костната зрялост терапевтичните възможности на ЕИМОС постепенно се изчерпват и след 14-15 годишна възраст ефективността ѝ започва да отстъпва на по-стабилната остеосинтеза с плаки.**

## **9. Терапевтичен алгоритъм за лечение на диафизарни фрактури на предмишницата в детска възраст**

Въз основа прегледа на съвременната литература и натрупания от нас опит, изработихме обобщен терапевтичен протокол за лечение на диафизарни фрактури на предмишницата в детската възраст. В предложения алгоритъм се постаряхме да прецизираме съвременните индикации и да определим мястото и ролята на ЕИМОС като най-чест метод на избор при фрактурите, нуждаещи се от оперативно лечение.



**Фиг.55.** Обобщен терапевтичен алгоритъм при диафизарни фрактури на предмишницата в детската възраст.

В своя по-разгърнат вариант, алгоритмът има следния вид:

- **Пластична деформация**

Възраст над 5 год. и ангулация над 20° с ограничена проно-супинация – корекция чрез продължителен натиск върху фулкрум под обща анестезия. При комбинация с фрактура на другата кост – първо корекция на пластичната деформация. Гипс за 6 седм.

- **Непълна фрактура тип „зелена пръчка”**

- Репозиция под обща анестезия с деротация на предмишницата и последваща корекция на ангулацията. Внимателно пречупване на здравия кортикалис. Три-точково моделиран гипс. Задължителен рентгенов контрол на 7-10 ден и при необходимост - корекция. Иммобилизация – 6 – 8 седм. По преценка – протекция в сменяема шина за още 3-4 седм.
- При пациенти над 10 год. възраст с първична ангулация >20° или вторична над 10° - алтернатива – завършване на фрактурата, незабавна ЕИМОС и ранна мобилизация.

- **Пълна фрактура на едната или двете кости**

- Възраст под 8-10 год. – закрито наместване под обща анестезия.
- Успешна и стабилна репозиция (<10°) – гипсова имобилизация за 6-8 седм.
- Успешна, но нестабилна репозиция – закрыта ЕИМОС на двете кости.
- Вторично разместване (>10°) след успешна репозиция – ЕИМОС на двете кости.
- Неуспешна или невъзможна репозиция – открито наместване с ограничен достъп и ЕИМОС.
- Деца над 10 год. възраст – ЕИМОС на двете кости след закрыта или открити репозиция.
- Фрактура-луксация на Monteggia – ЕИМОС на улнарната фрактура. При фрактура в проксималната трета – ретроградна фиксация по Verstreken.
- Monteggia – еквивалент с разместена фрактура на радиалната шийка – ЕИМОС на улната + репозиция и фиксация по техниката на Metaizeau.
- Фрактура на радиуса в дистална трета на диафизата или нестабилна Galeazzi увреда
  - ЕИМОС с модифицирана техника - дорзо-улнарен достъп и допълнително in situ огъване на иглата.
  - При неуспех и пациент над 12 год. – фиксация с воларно поставена плака.

- **Рефрактура**
  - репозиция и ЕИМОС с ранна мобилизация
  - при непроходим медуларен канал – опит за закрыта реканализация със заострена К-игла; при неуспех – открита репозиция и отваряне на канала с последваща ЕИМОС
  - втори избор – фиксация с плаки.
- **Рефрактура с интрамедуларни импланти in situ**
  - опит за закрыто наместване и изправяне на имплантите + гипсова имобилизация.
  - при неуспех – закрыта или открита ЕИМОС с нови импланти.
- **Политравма или ипсилатерална фрактура на хумерус**
  - ЕИМОС + стабилизация на другите фрактури
- **Компартмънт синдром** – заплашващ или разгърнат
  - ЕИМОС и евент. фасциотомия.
- **Открита фрактура**
  - I и II степен по Gustilo – дебридман с последваща ЕИМОС.
  - III степен – дебридман и стабилизация с външен фиксатор.
- **Пациенти над 14-15 год. възраст**
  - първи избор - открита репозиция и фиксация с плаки
  - селектирани случаи – ЕИМОС.

## **VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящото проучване проследихме 133 деца с диафизарни фрактури на предмишницата, лекувани от нас с ЕИМОС в последните 14 години. Това е една от най-големите и дълго проследени от един клиничен център серии сред публикуваните в достъпната ни литература. Постигнатите от нас почти 80% отлични и 18% добри резултати съответстват и са напълно съизмерими с тези, постигнати в големите мултицентрични изследвания или в центрове с подобен на нашия опит с техниката.

Същото се отнася и за честотата на усложненията от 16.5% , която е сравнително ниска на фона публикуваната от другите автори и вероятно отразява ефекта на дългата учебна крива.

С натрупването на познания и опит успяхме да оптимизираме или модифицираме някои от детайлите в техниката и следоперативното поведение, което ни позволява да постигаме все по-добри резултати. Повишената ни оперативна активност е в унисон със съвременната тенденция, наблюдавана във водещите в света центрове по детска травма и отразява стремежа ни към модерния принцип за първично и дефинитивно лечение на фрактурите.

В предложения обобщен алгоритъм се опитахме да прецизираме показанията и мястото на ЕИМОС в съвременното лечение на диафизарните фрактури на предмишницата при децата. Трябва обаче да отбележим, че разширяването на индикациите за ЕИМОС няма за цел да замени добре проведеното неоперативно лечение, което трябва и ще продължава да бъде основният метод за повечето детски фрактури. Затова, не бива да се допуска забравянето на класическите редуccionни техники и принципите на добрата гипсова техника, които винаги ще бъдат за предпочитане, в сравнение с лошо изпълненото оперативно лечение.

## VIII. ИЗВОДИ

1. Диафизарните фрактури на предмишницата при децата в по-голямата си част се лекуват успешно с репозиция и гипсова имобилизация.

Счупванията с пълно разместване най-често са нестабилни и консервативното им лечение не може да гарантира приемливо алиниране и пълно възстановяване на функцията.

2. Съвременните стандарти за качествено лечение изискват прилагането на вътрешна фиксация при всички нестабилни фрактури, независимо от възрастта. Оперативно лечение е показано и при открити счупвания, ипсилатерални увреди, политравма и повечето рефрактури.

3. ЕИМОС е техника, изцяло съобразена със специфичните особености на растящата детска кост. В повечето случаи тя е минимално инвазивна закрыта процедура, която с помощта на евтини и достъпни импланти осигурява адекватна стабилност и оптимални условия за бързо костно срастване при добра козметика и снижен риск от инфекция. Ограничената откритая репозиция не компрометира резултатите от ЕИМОС.

4. Ключови за успеха на ЕИМОС са фиксацията на двете кости, преконтурирането на имплантите и правилната им финална ориентация. Фрактурите в дисталната трета на предмишницата изискват специфична модификация на техниката или преминаване към друго средство за фиксация.

5. При пациенти с рефрактури ЕИМОС е отлична алтернатива на повторна дълга имобилизация или по-инвазивната фиксация с плаки. ЕИМОС позволява ранна активна мобилизация, максимално възстановяване на функцията и бързо връщане на децата към нормалното им ежедневие.

6. Постоперативните проблеми и усложнения (16.5%) най-често са преходни и рядко повлияват крайния резултат. Повечето от тях са предотвратими и могат да бъдат редуцирани при правилни индикации, спазване на основните

биомеханични принципи, прецизна оперативна техника и натрупване на опит с нея.

7. ЕИМОС е надеждна, високо ефективна и относително безопасна техника, постигаща 79.7% отлични, 18% добри и 2.3% задоволителни резултати, което дава основание да бъде предложена като метод на избор при оперативното лечение на фрактурите на предмишницата в детската възраст.

На базата на направените изводи ние приемаме, че поставената цел на дисертационния труд е постигната.

## IX. КНИГОПИС

1. Йотов АМ. Диафизарни фрактури на костите на предмишницата. В: Таков Е, Тивчев П (Ред) Фрактурите – диагностика и лечение. София, Венел, 1996; 279-304.
2. Таков Е. Диафизарни фрактури на радиуса и улната. В: Таков Е, Новков Х (Ред) Фрактури при децата. София, СИЕЛА, 2002; 375-425.
3. Abrams RA, Brown RA, Botte MJ. The superficial branch of the radial nerve: an anatomic study with surgical implications. J Hand Surg Am 1992;17(6):1037-41.
4. Alemdaroglu KB, Iltar S, Cimen O, Uysal M, Alagöz E, Atlihan D. Risk factors in redisplacement of distal radial fractures in children. J Bone Joint Surg Am 2008;90(6):1224-30.
5. Almquist EE. Evolution of the distal radioulnar joint. Clin Orthop Relat Res. 1992;(275):5-13
6. Alnaib M, Taranu R, Lakkol S, Aldlyani E, Alcelik I, Tulloch C. Radius-only intramedullary nailing for both-bones diaphyseal forearm fractures in children. Acta Orthop Belg 2011;77(4):458-63.
7. Alonso JE. Children's fractures. In: Ruedi T, Murphy W (eds) AO Principles of fracture management. Thieme Stuttgart New York; 2000; 675-696.
8. Alpar EK, Thompson K, Owen R, Taylor JF. Midshaft fractures of forearm bones in children. Injury 1981;13(2):153-8.
9. Altay M, Aktekin CN, Ozkurt B, Birinci B, Ozturk AM, Tabak AY. Intramedullary wire fixation for unstable forearm fractures in children. Injury 2006;37(10):966-73.
10. Amit Y, Salai M, Chechik A, Blankstein A, Horoszowski H. Closing intramedullary nailing for the treatment of diaphyseal forearm fractures in adolescence: a preliminary report. J Pediatr Orthop 1985;5(2):143-6.
11. Arazi M, Oğün TC, Kapıcıoğlu Mİ. The Monteggia lesion and ipsilateral supracondylar humerus and distal radius fractures. J Orthop Trauma 1999;13(1):60-3
12. Aribit F, Laville JM. L'embrochage postéro médial dans les fractures à déplacement antérieur de la jonction diaphyso-metaphysaire distale du radius chez l'enfant Rev Chir Orthop Appar Mot 1999; 85(8):858-60
13. Bado JL. The Monteggia lesion. Clin Orthop Relat Res 1967;50:71-86
14. Bär HF, Breiffuss H. Analysis of angular deformities on radiographs. J Bone Joint Surg Br 1989;71(4):710-1.
15. Bednar DA, Grandwilewski W. Complications of forearm-plate removal. Can J Surg 1992;35(4):428-31.
16. Bhaskar AR, Roberts JA. Treatment of unstable fractures of the forearm in children: is plating of a single bone adequate? J Bone Joint Surg Br 2001;83(2):253-8.
17. Bhatia M, Housden PH. Re-displacement of paediatric forearm fractures: role of plaster moulding and padding. Injury 2006;37(3):259-68
18. Biyani A, Gupta SP, Sharma JC. Ipsilateral supracondylar fractures of the humerus and forearm bone in children. Injury 1989;20(4):203-7.

19. Blackburn N, Ziv I, Rang M. Correction of the malunited forearm fracture. Clin Orthop Relat Res 1984;188:54-7.
20. Blakemore LC, Cooperman DR, Thompson GH, Wathey C, Ballock RT. Compartment syndrome in ipsilateral humerus and forearm fractures in children. Clin Orthop Relat Res 2000;376: 32-8.
21. Blount WP. Forearm fractures in children. Clin Orthop Relat Res 1967;51:93-107
22. Blount WP. Fractures in Children. Baltimore: Williams & Wilkins, 1955:78.
23. Bohm ER, Bubbar V, Yong Hing K, Dzus A. Above and below-the-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. A randomized controlled trial. J Bone Joint Surg Am 2006;88(1):1-8
24. Bombaci H, Guneri B, Caboglu F, Gorgec M. Intramedullary K-wire fixation of pediatric forearm fractures and effects on the wrist. Orthopedics 2007;30(10):866-70.
25. Boone DC, Azen SP. Normal range of motion of joints in male subjects. J Bone Joint Surg Am 1979;61(5):756-9.
26. Borden S 4th. Roentgen recognition of acute plastic bowing of the forearm in children. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1975;125(3):524-30.
27. Borden S 4th. Traumatic bowing of the forearm in children. J Bone Joint Surg Am 1974; 56(3):611-6.
28. Bould M, Bannister GC. Refractures of the radius and ulna in children. Injury 1999; 30(9):583-6.
29. Bowman EN, Mehlman CT, Linsell CJ, Tamaj J. Nonoperative treatment of both-bone forearm shaft fractures in children: predictors of early radiographic failure. J Pediatr Orthop 2011;31(1):23-32.
30. Boyer BA, Overton B, Schrader W, Riley P, Fleissner P. Position of immobilization for pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop 2002;22(2):185-7.
31. Calder PR, Achan P, Barry M. Diaphyseal forearm fractures in children treated with intramedullary fixation: outcome of K-wires versus elastic stable intramedullary nail. Injury 2003;34(4):278-82.
32. Carey PJ, Alburger PD, Betz RR, Clancy M, Steel HH. Both-bone forearm fractures in children. Orthopedics 1992;15(9):1015-9.
33. Chan CF, Meads BM, Nicol RO. Remanipulation of forearm fractures in children. N Z Med J 1997;110:249-50.
34. Charnley J. The Closed Treatment of Common Fractures. Edinburgh: Livingstone, 1957.
35. Cheng JC, Ng BK, Ying SY, Lam PK. A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6,493 fractures. J Pediatr Orthop 1999;19(3):344-50.
36. Chess DG, Hyndman JC, Leahey JL, Brown DC, Sinclair AM. Short arm plaster cast for distal pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop 1994;14(2):211-3.
37. Chitgopkar SD. Flexible nailing in children using stainless steel Kirschner wires. J Pediatr Orthop 2008;17(5):251-5.

38. Chow SP, Leung FL. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Tornetta P, Eds, Rockwood & Green's Fractures in Adults, 7th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2010; 881-904
39. Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am* 2001;26(5):908-15.
40. Clavert JM, Gicquel P, Giacomeli MC. Stainless steel or titanium? In: Lascombes P. Flexible Intramedullary Nailing in Children. The Nancy University Manual. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010;25-8.
41. Cockshott SM, Carroll FA, Duckett SP, Agorastides I, Garg NK, Bruce CE. Management of paediatric diaphyseal forearm fractures: to plate or to nail? *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86-B (Supp II):195
42. Creasman C, Zaleske DJ, Ehrlich MG. Analyzing forearm fractures in children: the more subtle signs of impending problems. *Clin Orthop Relat Res* 1984;188:40-53.
43. Crenshaw Jr AH. Surgical techniques and approaches. In: Canale ST, Beaty JH, Eds, Campbell's Operative Orthopaedics, 11th ed, Philadelphia PA, Mosby Elsevier, 2008; 4-128
44. Cullen MC, Roy DR, Giza E, Crawford AH. Complications of intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):14-21.
45. Cumming D, Mfula N, Jones JW. Paediatric forearm fractures: the increasing use of elastic stable intra-medullary nails. *Int Orthop* 2008;32(3):421-3.
46. Currey JD, Butler G. The mechanical properties of bone tissue in children. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57(6):810-4
47. Daruwalla JS. A study of radioulnar movements following fractures of the forearm in children. *Clin Orthop Relat Res* 1979;139:114-20.
48. Davidson AW. Rock, paper, scissors. *Injury* 2003;34(1):61-63.
49. Davis DR, Green DP. Forearm fractures in children: pitfalls and complications. *Clin Orthop Relat Res* 1976;120:172-83.
50. Demos T. Radiologic case study. *Orthopaedics* 1980;3:1108
51. Dietz HG, Schmittenbecher PP, Slongo T, Wilkins KE. Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) in Children. *AO Manual of Fracture Management*. AO Publishing, Switzerland, Thieme, 2006; 70-107
52. Dietz JF, Bae DS, Reiff E, Zurakowski D, Waters PM. Single bone intramedullary fixation of the ulna in pediatric both bone forearm fractures: analysis of short-term clinical and radiographic results. *J Pediatr Orthop* 2010;30(5):420-4.
53. Dolan M, Waters PM. Fractures and Dislocations of the Forearm, Wrist, and Hand. In: Green NE, Swiontkowski MF, Eds, *Skeletal Trauma in Children*, 4th ed, Philadelphia PA, Elsevier, 2008; 159-205.
54. Dumont CE, Thalmann R, Macy JC. The effect of rotational malunion of the radius and ulna on supination and pronation. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84(7):1070-4.
55. Duncan J, Weiner D. Unstable pediatric forearm fractures: use of "pins and plaster." *Orthopedics* 2004;27(3):267-9.

56. Evans EM. Fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33-B(4):548-61.
57. Fee NF, Dobranski A, Bisla RS. Gas gangrene complicating open forearm fractures: report of five cases. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59(1):135-8.
58. Fernandez FF, Egenolf M, Carsten C, Holz F, Schneider S, Wentzensen A. Unstable diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children: plate fixation versus intramedullary nailing. *Injury* 2005;36(10):1210-6.
59. Fernandez FF, Langendörfer M, Wirth T, Eberhardt O. Failures and complications in intramedullary nailing of children's forearm fractures. *J Child Orthop* 2010;4(2):159-67.
60. Firica A, Popescu R, Scarlet M, Dimitriu M, Jonescu V. L'ostéosynthèse stable élastique, nouveau concept biomécanique. Étude expérimentale. *Rev Chir Orthop*. 1981;67(Suppl. 2):82-91.
61. Firl M, Wünsch L. Measurement of bowing of the radius. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86(7):1047-9.
62. Floyd AS. Is the measurement of angles on radiographs accurate? Brief report. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70(3):486-7.
63. Flynn JM Pediatric forearm fractures: decision making, surgical techniques, and complications. *Instr Course Lect*. 2002;51:355-60
64. Flynn JM, Jones KJ, Garner MR, Goebel J. Eleven years experience in the operative management of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2010; 30(4):313-9
65. Flynn JM, Waters PM. Single-bone fixation of both-bone forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):655-9
66. Friberg KS. Remodelling after distal forearm fractures in children. III. Correction of residual angulation in fractures of the radius. *Acta Orthop Scand* 1979;50(Pt 2):741-9
67. Fuller DJ, McCullough CJ. Malunited fractures of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br* 1982;64(3):364-7.
68. Gabriel MT, Pfaeffle HJ, Stabile KJ, Tomaino MM, Fischer KJ. Passive strain distribution in the interosseous ligament of the forearm: implications for injury reconstruction. *J Hand Surg Am* 2004; 29(2):293-8.
69. Gainor BJ, Olson S. Combined entrapment of the median and anterior interosseous nerves in a pediatric both-bone forearm fracture. *J Orthop Trauma* 1990;4(2):197-9.
70. Gainor JW, Hardy JH 3rd. Forearm fractures treated in extension. Immobilization of fractures of the proximal both bones of the forearm in children. *J Trauma* 1969;9(2):167-71.
71. Gandhi RK, Wilson P, Mason Brown JJ, Macleod W. Spontaneous correction of deformity following fractures of the forearm in children. *Br J Surg* 1962;50:5-10.
72. Gates NT, Ouweleen KM, Beebe AC. Intramedullary fixation of unstable forearm fractures in children. *Orthop Trans* 1995;19:116.
73. Geissler WB, Fernandez DL, Graca R. Anterior interosseous nerve palsy complicating a forearm fracture in a child. *J Hand Surg Am* 1990;15(1):44-7.

74. Genelin F, Karlbauer AF, Gasperschitz F. Greenstick fracture of the forearm with median nerve entrapment. *J Emerg Med* 1988;6(5):381-5.
75. Giebel GD, Meyer C, Koebke J, Giebel G. Arterial supply of forearm bones and its importance for the operative treatment of fractures. *Surg Radiol Anat* 1997;19:149-53.
76. Givon U, Pritsch M, Yosepovich A. Monteggia lesion in a child: variant of a Bado type-IV lesion. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79(11):1753-4
77. Greenbaum B, Zions LE, Ebramzadeh E. Open fractures of the forearm in children. *J Orthop Trauma* 2001;15(2):111-8
78. Griffet J, el Hayek T, Baby M. Intramedullary nailing of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 1999;8(2):88-9.
79. Gruber R, von Laer LR. [The etiology of the refracture of the forearm in childhood]. *Aktuelle Traumatol* 1979;9(5):251-9
80. Haasbeek JF, Cole WG. Open fractures of the arm in children. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77(4):576-81.
81. Harrington P, Sharif I, Fogarty EE, Dowling FE, Moore DP. Management of the floating elbow injury in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000;120(3-4):205-8
82. Hefti F. *Pediatric ortopedics in practice*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007;494-521
83. Helber MU, Ulrich C. External fixation in forearm shaft fractures. *Injury* 2000;31 Suppl 1:45-7.
84. Helenius I, Lamberg TS, Kaarianen S, Impinen A, Pakarinen MP. Operative treatment of fractures in children is increasing. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(11):2612-6
85. Hendel D, Aner A. Entrapment of the flexor digitorum profundus of the ring finger at the site of an ulnar fracture: a case report. *Ital J Orthop Traumatol* 1992;18(3):417-9.
86. Herman MJ, Marshal ST. Forearm fractures in children and adolescents: a practical approach. *Hand Clin* 2006;22(1):55-67.
87. Hertel R, Rothenfluh DA. Fractures of the shafts of the radius and ulna. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Eds, *Rockwood & Green's Fractures in Adults*, 6th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006; 966-88
88. Hidaka S, Gustilo RB. Refracture of bones of the forearm after plate removal. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(8):1241-3.
89. Höglström H, Nilsson BE, Willner S. Correction with growth following diaphyseal forearm fracture. *Acta Orthop Scand* 1976;47(3):299-303.
90. Holdsworth BJ, Sloan JP. Proximal forearm fractures in children: residual disability. *Injury* 1982;14(2):174-9
91. Hollister AM, Gellman H, Waters RL. The relationship of the interosseous membrane to the axis of rotation of the forearm. *Clin Orthop Relat Res* 1994;298:272-6.
92. Hoppenfeld S, deBoer P, Buckley R. *Surgical Exposures in Orthopaedics: The Anatomic Approach*, 4th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2009;147-81
93. Hotchkiss RN, An KN, Sowa DT, Basta S, Weiland AJ. An anatomic and mechanical study of the interosseous membrane of the forearm: pathomechanics of proximal migration of the radius. *J Hand Surg Am* 1989;14:256-61.

94. Houshian S, Bajaj SK. Forearm fractures in children. Single bone fixation with elastic stable intramedullary nailing in 20 cases. *Injury* 2005;36(12):1421-6.
95. Hsu ES, Patwardhan AG, Meade KP, Light TR, Martin WR. Cross-sectional geometrical properties and bone mineral content of the human radius and ulna. *J Biomech* 1993;26(11):1307-18.
96. Huber RI, Keller HW, Huber PM, Rehm KE. Flexible intramedullary nailing as fracture treatment in children. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):602-5.
97. Hughston JC. Fractures of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Am* 1962;44:1678-93.
98. Hunter JB, Parsch K. Fractures of the elbow and forearm. In: Benson M, Macnicol M, Fixsen J, Parsch K. Eds. *Children's orthopaedics and fractures*, 3rd ed. Springer-Verlag London Limited 2010;731-42.
99. Jacobsen FS. Periosteum: its relation to pediatric fractures. *J Pediatr Orthop B*. 1997;6(2):84-90
100. Johari AN, Sinha M. Remodeling of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 1999;8(2):84-7.
101. Jones K, Weiner DS. The management of forearm fractures in children: a plea for conservatism. *J Pediatr Orthop* 1999;19(6):811-5.
102. Jonsson B, Bengner U, Redlund-Johnell I, Johnell O. Forearm fractures in Malmo, Sweden. Changes in the incidence occurring during the 1950s, 1980s and 1990s. *Acta Orthop Scand* 1999;70:129-32.
103. Joulie S, Laville JM, Salmeron F. Posteromedial elastic stable intra-medullary nailing (ESIN) in volarly displaced metaphyso-diaphyseal distal radius fractures in child. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97(3):330-4
104. Jubel A, Andermahr J, Isenberg J, Issavand A, Prokop A, Rehm KE. Outcomes and complications of elastic stable intramedullary nailing for forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 2005;14(5):375-80.
105. Judet T, Lascombes P. Fracture diaphysaire de l'avantbras. *Rev Chir Orthop* 2005; 91:2S97-135
106. Kahle WK. The case against routine metal removal. *J Pediatr Orthop* 1994;14(2):229-37.
107. Kang SN, Mangwani J, Ramachandran M, Patrson JM, Barry M. Elastic intramedullary nailing of paediatric fractures of the forearm: a decade of experience in a teaching hospital in the United Kingdom. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(2):262-5.
108. Kapandji A. Biomechanics of pronation and supination of the forearm. *Hand Clin* 2001;17(1):111-22
109. Kapoor V, Theruvil B, Edwards SE, Taylor GR, Clarke NM, Uglow MG. Flexible intramedullary nailing of displaced diaphyseal forearm fractures in children. *Injury* 2005;36(10):1221-5
110. Kasser JR. Forearm fractures. *Instr Course Lect* 1992;41:391-6.
111. Kasten P, Krefft M, Hesselbach J, Weinberg AM. How does torsional deformity of the radial shaft influence the rotation of the forearm? A biomechanical study. *J Orthop Trauma* 2003; 17(1):57-60.

112. Kay S, Smith C, Oppenheim WL. Both-bone midshaft forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1986;6(3):306-10.
113. Khosla S, Melton LJ 3rd, Dekutoski MB, Achenbach SJ, Oberg AL, Riggs BL. Incidence of childhood distal forearm fractures over 30 years: a population-based study. *JAMA* 2003;290(11):1479-85.
114. Kirkos JM, Beslikas T, Kapras EA, Papavaliou VA. Surgical treatment of unstable diaphyseal both-bone forearm fractures in children with single fixation of the radius. *Injury* 2000;31(8):591-6
115. Kolkman KA, Von Niekerk JL, Rieu PN, Festen C. A complicated forearm greenstick fracture: case report. *J Trauma* 1992;32(1):116-7.
116. Kose O, Deniz G, Yanik S, Gungor M, Islam NC. Open intramedullary Kirschner wire versus screw and plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Orthop Surg* 2008;16(2):165-9.
117. Kucukkaya M, Kabukcuoglu Y, Tezer M, Eren T, Kuzgun U. The application of open intramedullary fixation in the treatment of pediatric radial and ulnar shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2002;16(5):340-4.
118. Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B* 1997;6(2):79-83
119. Langkamer VG, Ackroyd CE. Internal fixation of forearm fractures in the 1980s: lessons to be learnt. *Injury* 1991;22(2):97-102.
120. Langkamer VG, Ackroyd CE. Removal of forearm plates. A review of the complications. *J Bone Joint Surg Br* 1990; 72(4):601-4.
121. Lascombes P, Haumont T, Jouneau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 2006;26(6):827-34
122. Lascombes P, Poncelet T, Prevot J. Fractures iteratives de l'avant-bras chez l'enfant. *Rev Chir Orthop.* 1988;74(suppl II):137-9.
123. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN, Metaizeau JP, poncelet T. Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop* 1990;10(2):167-71
124. Lascombes P. Flexible Intramedullary Nailing in Children. The Nancy University Manual. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010;159-85.
125. Lee S, Nicol RO, Stott NS. Intramedullary fixation for pediatric unstable forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2002;402:245-50.
126. Letts M, Rowhani N. Galeazzi-equivalent injuries of the wrist in children. *J Pediatr Orthop* 1993;13(5):561-6
127. Letts M, Loch R, Wiens J. Monteggia fracture-dislocations in children. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67(5):724-7
128. Lieber J, Joeris A, Knorr P, Schalomon J, Schmittenbecher PP. ESIN in forearm fractures – clear indications, often used, but some avoidable complications. *Eur J Trauma* 2005; 31(1):3-11.
129. Lieber J, Schmid E, Schmittenbecher PP. Unstable diaphyseal forearm fractures: transepiphyseal intramedullary Kirschner-wire fixation as a treatment option in children. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20(6):395-8.

130. Lieber J, Sommerfeldt DW. Diametaphyseal forearm fracture in childhood. Pitfalls and recommendations for treatment. *Unfallchirurg* 2011;114(4):292-9.
131. Light TR, Ogden DA, Ogden JA. The anatomy of metaphyseal torus fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1984;188:103-11
132. Ligier JN, Metaizeau JP, Lascombes P, Poncelet T, Prévot J. [Treatment of diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children using elastic stable pinning]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1987;73 Suppl 2:149-51.
133. Ligier JN, Metaizeau JP, Prevot J, Lascombes P. Elastic stable intramedullary pinning of long bone shaft fractures in children. *Z Kinderchir* 1985;40(4):209-12
134. Ligier JN, Metaizeau JP, Prévot J. [Closed flexible medullary nailing in pediatric traumatology]. *Chir Pediatr* 1983;24(6):383-5.
135. Lobo-Escolar A, Roche A, Bregante J, Gil-Alvaroba J, Sola A, Herrera A. Delayed union in pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2012;32(1):54-7.
136. Lopez FD, Diego Ball D, Frias Gonzales H, Fernandez Palomo LJ, Osorno Alva CG, Alvarez Cedeno M. [Assessment and treatment of plastic deformation fractures of forearm in patients younger than five years old. Case report]. *Acta Ortop Mex* 2009;23(2):94-7
137. Luhmann SJ, Gordon JE, Schoenecker PL. Intramedullary fixation of unstable both-bone forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(4):451-6.
138. Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE. Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2004;24(1):1-6.
139. Mabrey JD, Fitch RD. Plastic deformation in pediatric fractures: mechanism and treatment. *J Pediatr Orthop* 1989;9(3):310-4
140. Majed A, Baco AM. Nancy nail versus intramedullary-wire fixation of paediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop B* 2007;16(2):129-32.
141. Malviya A, Tsintzas D, Mahawar K, Bache CE, Glithero PR. Gap index: a good predictor of failure of plaster cast in distal third radius fractures. *J Pediatr Orthop B* 2007;16(1):48-52
142. Mann DC, Rajmaira S. Distribution of physeal and nonphyseal fractures in 2650 long-bone fractures in children aged 0 to 16 years. *J Pediatr Orthop* 1990;10(6):713-6.
143. Manson TT, Pfaeffle HJ, Herdon JH, Tomaino MM, Fischer KJ. Forearm rotation alters interosseous ligament strain distribution. *J Hand Surg Am* 2000;25(6):1058-63.
144. Markolf KL, Lamey D, Yang S, Meals R, Hotchkiss R. Radioulnar load-sharing in the forearm: A study in cadavers. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80(6):879-88.
145. Matthews LS, Kaufer H, Garver DF, Sonstegard DA. The effect on supination-pronation of angular malalignment of fractures of both bones of the forearm: an experimental study. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64(1):14-7.
146. McLean C, Adlington H, Houshian S. Paediatric forearm refractures with retained plates managed with flexible intramedullary nails. *Injury* 2007;38(8):926-30.
147. Mehlman CT, Wall EJ. Injuries to the Shafts of the Radius and Ulna. In: Beaty JH, Kasser JR (Eds.) *Rockwood & Wilkins' Fractures in Children* 6th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006; 400-41

148. Mehlman CT, Wall EJ. Injuries to the Shafts of the Radius and Ulna. In: Beaty JH, Kasser JR (Eds.) *Rockwood & Wilkins' Fractures in Children* 7th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2010; 347-404.
149. Mehlman CT. Intramedullary fixation of forearm shaft fractures. In: Flynn J, Wiesel S, Eds. *Operative techniques in pediatric orthopaedics*. Lippincott Williams & Wilkins; 2011:1-9.
150. Meier R, Prommersberger KJ, Lanz U. Surgical correction of malunited fractures of the forearm in children. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003;141(3):328-35.
151. Métaizeau JP. *L'Ostéosynthèse chez l'enfant par ECMES, embrochage centro médullaire élastique stable: principes, technique, applications*. Sauramps Médical, Montpellier; 1988.
152. Mih AD, Cooney WP, Idler RS, Lewallen DG. Long-term follow-up of forearm bone diaphyseal plating. *Clin Orthop Relat Res* 1994; 229:256-8.
153. Milch H. Roentgenographic diagnosis of torsional deformities in tubular bones. *Surgery* 1944;15:440-50.
154. Mittal R, Hafez MA, Templeton PA. "Failure" of forearm intramedullary elastic nails. *Injury* 2004;35(12):1319-21.
155. Moore DC, Hogan KA, Crisco JJ, Akelman E, Dasilva MF, Weiss AP. Three-dimensional in vivo kinematics of the distal radioulnar joint in malunited distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2002; 27(2):233-42.
156. Morrey BF, Askew LJ, Chao EY. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(6):872-7.
157. Mubarak SJ, Carroll NC. Volkmann's contracture in children: aetiology and prevention. *J Bone Joint Surg Br* 1979;61-B(3):285-93.
158. Muensterer OJ, Requaer MP. Closed reduction of forearm refractures with flexible intramedullary nails in situ. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85-A(11):2152-5.
159. Myers GJC, Gibbons PJ, Glithero PR. Nancy nailing of diaphyseal forearm fractures: Single bone fixation for fractures of both bones. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(4):581-4.
160. Nakamura T, Yabe Y, Horiuchi Y. In vivo MR studies of dynamic changes in the interosseous membrane of the forearm during rotation. *J Hand Surg Br* 1999;24(2):245-8.
161. Nielsen AB, Simonsen O. Displaced forearm fractures in children treated with AO plates. *Injury* 1984;15(6):393-6.
162. Nilsson BE, Obrant K. The range of motion following fracture of the shaft of the forearm in children. *Acta Orthop Scand* 1977;48(6):600-2.
163. Nimityongskul P, Anderson LD, Sri P. Plastic deformation of the forearm: a review and case reports. *J Trauma* 1991;31(12):1678-85.
164. Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6(3):146-56.
165. Ogden JA. *Skeletal Injury in the Child* 3<sup>rd</sup> ed. Springer-Verlag New York, 2000;567-649.

166. Ogonda L, Wong-Chung J, Wray R, Canavan B. Delayed union and nonunion of the ulna following intramedullary nailing in children. *J Pediatr Orthop B* 2004;13(5):330-3.
167. Olney BW, Menelaus MB. Monteggia and equivalent lesions in childhood. *J Pediatr Orthop* 1989;9(2):219-23
168. Ortega R, Loder RT, Louis DS. Open reduction and internal fixation of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):651-4.
169. Ozkaya U, Parmaksizoğlu AS, Kabukcuoğlu Y, Yeniocak S, Sökücü S. Surgical management of unstable both-bone forearm fractures in children. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2008;42(3):188-92.
170. Paneru SR, Rijal R, Shrestha BP, Nepal P, Khanal GP, Karn NK, Singh MP, Rai P. Randomized controlled trial comparing above- and below-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. *J Child Orthop* 2010;4(3):233-7
171. Parsch K. Morote pinning for displaced midshaft forearm fractures in children. *Orthopaedics and Traumatology Urban & Vogel, Munich*. 1992;3:149-58.
172. Patrick J. A study of supination and pronation with especial reference to the treatment of forearm fractures. *J Bone Joint Surg* 1946;28(4):737-48.
173. Pérez Sicilia JE, Morote Jurado JL, Corbacho Gironés JM, Hernández Cabrera JA, Gonzáles Buendia R. Osteosynthesis pecutanea en fracturas diafisarias de antebrazo en niños y adolescentes. *Rev Esp de Cir Ost* 1977;12:321-34.
174. Peterson HA. Metallic implant removal in children. *J Pediatr Orthop* 2005;25(1):107-15.
175. Pfaeffle HJ, Fischer KJ, Manson TT, Tomaino MM, Woo SL, Herndon JH. Role of the forearm interosseous ligament: is it more than just longitudinal load transfer? *J Hand Surg Am* 2000;25(4):683-8.
176. Pfaeffle HJ, Tomaino MM, Grewal R, Xu J, Boardman ND, Woo SL, Herndon JH. Tensile properties of the interosseous membrane of the human forearm. *J Orthop Res* 1996;14(5):842-5.
177. Powell RS, Bowe JA. Ipsilateral supracondylar humerus fracture and Monteggia lesion: a case report. *J Orthop Trauma* 2002;16(10):737-40
178. Pretell Mazzini J, Rodriguez Martin J. Paediatric forearm and distal radius fractures: risk factors and re-displacement-role of casting indices. *Int Orthop* 2010;34(3):407-12
179. Prevot J, Lascombes P, Guichet JM. Elastic stable intramedullary nailing of forearm fractures in children and adolescents. *Orthop Trans* 1995;20:305
180. Price CT, Flynn JM. Management of fractures. In: Morrissey RT, Weinstein SL, Eds. *Lovell & Winter's Pediatric Orthopaedics*, 6th ed, Lippincott Williams & Wilkins. 2006;1430-1525.
181. Price CT, Knapp DR. Osteotomy for malunited forearm shaft fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2006;26(2):193-6
182. Price CT, Mencia GA. Injuries to the shafts of the radius and ulna. In: Beaty JH, Kasser JR, Eds. *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children* 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia PA, Lippincott Williams & Wilkins; 2001; 443-482

- 183.** Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC. Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1990;10(6):705-12.
- 184.** Price CT. Accetable alignment of forearm fractures in children: open reduction indications. *J Pediatr Orthop* 2010;30(2):S82-S84
- 185.** Pugh DM, Galpin RD, Carey TP. Intramedullary Steinmann pin fixation of forearm fractures in children: Long-term results. *Clin Orthop Relat Res* 2000;376:39-48.
- 186.** Qidwai SA. Treatment of diaphyseal forearm fractures in children by intramedullary Kirschner wires. *J Trauma* 2001;50(2):303-7.
- 187.** Rabinovich A, Adili A, Mah J. Outcomes of intramedullary nail fixation through the olecranon apophysis in skeletally immature forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2005;25(5):565-9.
- 188.** Raiss P, Rettig O, Wolf S, Loew M, Kasten P. Range of motion of shoulder and elbow in activities of daily life in 3D motion analysis. *Z Orthop Unfall* 2007;145(4):493-8.
- 189.** Rang M. *Children's Fractures*. 2nd ed. Philadelphia,PA: JB Lippincott, 1982
- 190.** Reinhardt KR, Feldmann DS, Green DW, Sala DA, Widmann RF, Scher DM. Comparison of intramedullary nailing to plating for both-bone forearm fractures in older children. *J Pediatr Orthop* 2008;28(4):403-9.
- 191.** Reynolds R. Comment in *Orthop. trauma dir.* 2010, 04:21-31
- 192.** Richter D, Ostermann PA, Ekkernkamp A, Muhr G, Hahn MP. Elastic intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(4):457-61.
- 193.** Rickert M, Bürger A, Günther CM, Schulz CU. Forearm rotation in healthy adults of all ages and both sexes. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17(2):271-5.
- 194.** Ring D, Jupiter JB, Waters PM. Monteggia fractures in children and adults. *J Am Acad Orthop Surg* 1998;6(4):215-24
- 195.** Ring D, Waters PM, Hotchkiss RN, Kasser JR. Pediatric floating elbow. *J Pediatr Orthop* 2001;21(4):456-9.
- 196.** Ring D, Waters PM. Operative fixation of Monteggia fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(5):734-9
- 197.** Roberts JA. Angulation of the radius in children's fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1986;68(5):751-4
- 198.** Robson AJ, See MS, Ellis H. Applied anatomy of the superficial branch of the radial nerve. *Clin Anat* 2008; 21(1):38-45
- 199.** Rodriguez-Merchan EC. Pediatric fractures of the forearm. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 432:65-72
- 200.** Roposch A, Reis M, Molina M, Davids J, Stanley E, Wilkins K, Chambers HG. Supracondylar fractures of the humerus associated with ipsilateral fractures in children: a report of forty-seven cases. *J Pediatr Orthop* 2001;21(3):307-12.
- 201.** Rosson JW, Shearer JR. Refracture after the removal of plates from the forearm. An avoidable complication. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(3):415-7.

202. Royle SG. Compartment syndrome following forearm fracture in children. *Injury* 1990;21(2):73-6.
203. Ruchelsman DE, Klugman JA, Madan SS, Chorney GS. Anterior dislocation of the radial head with fractures of the olecranon and radial neck in a young child: a Monteggia equivalent fracture-dislocation variant. *J Orthop Trauma* 2005;19(6):425-8
204. Ryan LM, Teach SJ, Searcy K, Singer SA, Wood R, Wright JL, Chamberlain JM. Epidemiology of pediatric forearm fractures in Washington, DC. *J Trauma* 2010;69(4 Suppl):S200-5
205. Sage FP. Medullary fixation of fractures of the forearm: a study of the medullary canal of the radius and a report of 50 fractures of the radius treated with a prebent triangular nail. *J Bone Joint Surg Am* 1959;41-A:1489-1516.
206. Sanders WE, Heckman JD. Traumatic plastic deformation of the radius and ulna. A closed method of correction of deformity. *Clin Orthop Relat Res* 1984;188:58-67.
207. Sarmiento A, Ebrahimzadeh E, Brys D, Tarr R. Angular deformities and forearm function. *J Orthop Res* 1992;10(1):121-33.
208. Schemitsch EH, Jones D, Henley MB, Tencer AF. A comparison of malreduction after plate and intramedullary nail fixation of forearm fractures. *J Orthop Trauma* 1995;9(1):8-16.
209. Schemitsch EH, Richards RR. The effect of malunion on functional outcome after plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74(7):1068-78.
210. Schmalzried TP, Grogan TJ, Neumeier PA, Dorey FJ. Metal removal in a pediatric population: benign procedure or necessary evil? *J Pediatr Orthop* 1991;11(1):72-6.
211. Schmittenbecher PP, Dietz HG, Linhart WE, Slongo T. Complications and problems in intramedullary nailing of children's fractures. *Eur J Trauma* 2000; 6:287.
212. Schmittenbecher PP, Fitze G, Gödeke J, Kraus R, Schneidmüller D. Delayed healing of forearm shaft fractures in children after intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop* 2008;28(3):303-6.
213. Schmittenbecher PP. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 2005; 36 Suppl 1:A25-34
214. Schmuck T, Altermatt S, Büchler P, Klima-Lange D, Krieg A, Lutz N, Muermann J, Slongo T, Sossai R, Hasler C. Greenstick fractures of the middle third of the forearm. A prospective multi-centre study. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20(5):316-20.
215. Schranz PJ, Fagg PS. Undisplaced fractures of the distal third of the radius in children: an innocent fracture? *Injury* 1992;23(3):165-7.
216. Schwarz N, Pienaar S, Schwarz AF, Jelen M, Styhler W, Mayr J. Refracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(5):740-4
217. Shaer JA, Smith B, Turco VJ. Midthird forearm fractures in children: an unorthodox treatment. *Am J Orthop* 1999;28(1):60-3.
218. Shah AS, Lesniak BP, Wolter TD, Caird MS, Farley FA, Vander Have KL. Stabilization of adolescent both-bone forearm fractures: a comparison of intramedullary nailing versus open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma* 2010;24(7):440-7.

219. Shoemaker SD, Comstock CP, Mubarak SJ, Wenger DR, Chambers HG. Intramedullary Kirschner wire fixation of open or unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1999;19(3):329-37.
220. Silberstein MJ, Brodeur AE, Graviss ER, Luisiri A. Some vagaries of the olecranon. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63:722-25.
221. Silberstein MJ, Brodeur AE, Graviss ER. Some vagaries of the radial head and neck. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:1153-7.
222. Simanovski N, Tair MA, Simanowski N, Porat S. Removal of flexible titanium nails in children. *J Pediatr Orthop* 2006;26(2):188-92.
223. Sinikumpu JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W. The increasing incidence of paediatric diaphyseal both-bone forearm fractures and their internal fixation during the last decade. *Injury* 2012;43(3):362-6.
224. Skahan JR 3rd, Palmer AK, Werner FW, Fortino MD. Reconstruction of the interosseous membrane of the forearm in cadavers. *J Hand Surg Am* 1997;22(6):986-94
225. Slongo T, Audigé L, Clavert JM, Lutz N, Frick S, Hunter J. The AO comprehensive classification of pediatric long-bone fractures: a web-based multicenter agreement study. *J Pediatr Orthop* 2007;27:171–80.
226. Slongo T, Audigé L, Lutz N, Frick S, Schmittenbecher P, Hunter J, Clavert JM. Documentation of fracture severity with the AO classification of pediatric long-bone fractures. *Acta Orthop.* 2007;78:247–53.
227. Slongo T, Audigé L, Schlickewei W, Clavert J-M, Hunter J. Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the Pediatric Expert Group of the AO Foundation in collaboration with AO Clinical Investigation and Documentation and the International Association for Pediatric Traumatology. *J Pediatr Orthop* 2006;26(1):43-9
228. Slongo TF, Audige L. AO Pediatric Classification Group(2007) AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF). Copyright © 2010 by AO Foundation, Switzerland
229. Slongo TF, Audige L;AO Pediatric Classification Group. Fracture and dislocation classification compendium for children: the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). *J Orthop Trauma* 2007;21(10 Suppl):135-60
230. Slongo TF, Hunter JB Pediatric fractures. In:Ruedi T, Buckley R, Moran Ch (eds) *AO Principles of fracture management*. 2nd ed. Stuttgart New York: Thieme Verlag; 2007; 391–423.
231. Slongo TF. The choice of treatment according to the type and location of the fracture and the age of the child. *Injury* 2005;36 Suppl 1:A12-9
232. Smith VA, Goodman HJ, Strongwater A, Smith B. Treatment of pediatric both-bone forearm fractures: a comparison of operative techniques. *J Pediatr Orthop* 2005;25(3):309-13.
233. Stanitski CL, Micheli LJ. Simultaneous ipsilateral fractures of the arm and forearm in children. *Clin Orthop Relat Res* 1980;153:218-22.
234. Stanley EA, Wilkins KE. Treatment of midshaft fractures of the radius and ulna utilizing percutaneous intramedullary pinning. *Orthop Trans* 1995;20:305

235. Stern PJ, Drury WJ. Complications of plate fixation of forearm fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1983;175:25-9.
236. Sun YQ, Penna J, Haralabatos SS, Carrion WV. Intramedullary fixation of pediatric forearm diaphyseal fractures. *Am J Orthop* 2001;30(1):67-70.
237. Tabak AY, Celebi L, Muratli HH, Yagmurlu MF, Aktekin CN, Bicmoglu A. Closed reduction and percutaneous fixation of supracondylar fracture of the humerus and ipsilateral fracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85(8):1169-72.
238. Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm. An in vitro study. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(1):65-70.
239. Templeton PA, Graham HK. The "floating elbow" in children: simultaneous supracondylar fractures of the humerus and of the forearm in the same upper limb. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77(5):791-6.
240. Teoh KH, Chee YH, Shortt N, Wilikinson G, Porter DE. An age- and sex-matched comparative study on both-bone diaphyseal paediatric forearm fracture. *J Child Orthop*. 2009;3(5):367-73
241. Theodorou SD, Ierodiasconou MN, Roussis N. Fracture of the upper end of the ulna associated with dislocation of the head of the radius in children. *Clin Orthop Relat Res* 1988;228:240-9
242. Thomas EM, Tuson KW, Browne PS. Fractures of the radius and ulna in children. *Injury* 1975;7(2):120-4.
243. Thompson GH, Wilber JH, Marcus RE. Internal fixation of fractures in children and adolescents: a comparative analysis. *Clin Orthop Relat Res* 1984;188:10-20
244. Thorndike A Jr, Dimmler CL Jr. Fractures of the forearm and elbow in children. *N Engl J Med* 1941;225:475-80.
245. Tredwell SJ, Van Peteghem K, Clough M. Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1984;4(5):604-8.
246. Trousdale RT, Linscheid RL. Operative treatment of malunited fractures of the forearm. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77(6):894-902.
247. Tynan MC, Fornalski S, McMahon PJ, Utkan A, Green SA, Lee TQ. The effects of ulnar axial malalignment on supination and pronation. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82-A(12):1726-31.
248. Vainionpää S, Böstman O, Päätiälä H, Rokkanen P. Internal fixation of forearm fractures in children. *Acta Orthop Scand* 1987;58(2):121-3.
249. Van der Reis WL, Otsuka NY, Moroz P, Mah J. Intramedullary nailing versus plate fixation for unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(1):9-13.
250. Verstreken L, Delronge G, Lamoureux J. Shaft forearm fractures in children: intramedullary nailing with immediate motion: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 1988;8(4): 450-3.
251. Vittas D, Larsen E, Torp-Pedersen S. Angular remodeling of midshaft forearm fractures in children. *Clin Orthop Relat Res* 1991;265:261-4.

252. von Laer L. Pediatric fractures and dislocations. Thieme Stuttgart NewYork 2004;219-55.
253. Vorlat P, De Boeck H. Bowing fractures of the forearm in children: a long-term follow-up. Clin Orthop Relat Res 2003;413:233-7.
254. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Redisplacement after closed reduction of forearm fractures in children. J Pediatr Orthop 1990;10(1):79-84.
255. Voto SJ, Weiner DS, Leighley B. Use of pins and plaster in the treatment of unstable pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop 1990;10(1):85-9.
256. Walker JL, Rang M. Forearm fractures in children.Cast treatment with the elbow extended. J Bone Joint Surg Br 1991;73(2):299-301.
257. Walsh HP, McLaren CA. Galeazzi fractures in children.J Bone Joint Surg Br 1987;69(5):730-3
258. Waseem M, Paton RW. Percutaneous intramedullary elastic wiring of displaced diaphyseal forearm fractures in children. A modified technique. Injury 1999;30(1):21-4.
259. Watson-Jones R. Fractures and Other Bone and Joint Injuries, 1st ed. Edinburgh: Livingstone, 1940:379-80.
260. Webb GR, Galpin RD, Armstrong DG. Comparison of short and long arm plaster casts for displaced fractures in the distal third of the forearm in children.J Bone Joint Surg Am 2006;88(1):9-17
261. Weinberg AM, Amerstorfer F, Fischerauer EE, Pearce S, Schmidt B. Paediatric diaphyseal forearm refractures after greenstick fractures: operative management with ESIN. Injury 2009;40(4):414-7.
262. Weinberg AM, Castellani C, Amerstorfer F. Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) of forearm fractures.Oper Orthop Traumatol 2008;20(4-5):285-96.
263. Westacott DJ, Jordan RW, Cooke SJ.Functional outcome following intramedullary nailing or plate and screw fixation of paediatric diaphyseal forearm fractures: a systematic review. J Child Orthop 2012;6(1):75-80.
264. Wilkins KE, O'Brien E. Distal radius and ulnar fractures. In: Bucholz RW, Heckman JD, eds. Rockwood and Green's Fractures in Adults. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002
265. Wilkins KE. Nonoperative management of pediatric upper extremity fractures or "Don't throw away the cast".Tech Orthop 2005;20(2):115-41
266. Wilkins KE. Operative management of children's fractures: is it a sign of impetuosity or do the children really benefit? J Pediatr Orthop 1998;18(1):1-3
267. Williamson DM, Cole WG. Treatment of ipsilateral supracondylar and forearm fractures in children. Injury 1992;23(3):159-61.
268. Wolfe JS, Eyring EJ. Median-nerve entrapment within a greenstick fracture; a case report.J Bone Joint Surg Am 1974;56(6):1270-2.
269. Worlock P, Stower M. Fracture patterns in Nottingham children. J Pediatr Orthop 1986;6(6):656-60.

270. Wright TW, Glowczewskie F. Vascular anatomy of the ulna. *J Hand Surg Am* 1998;23(5):800-4.
271. Wyrsh B, Mencia GA, Green NE. Open reduction and internal fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 1996;16(5):644-50.
272. Xian CJ, Foster BK. The biologic aspects of children fractures. In: Beaty JH, Kasser JR (Eds.) *Rockwood & Wilkins' Fractures in Children* 7th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2010;18-44.
273. Yalcinkaya M, Dogan A, Ozkaya U, Sökücü S, Uzümcügil O, Kabukcuoğlu Y. Clinical results of intramedullary nailing following closed or mini open reduction in pediatric unstable diaphyseal forearm fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010;44(1):7-13.
274. Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG, Orr JD, King PM, Tennant W. Accurate prediction of outcome after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop* 1994;14(2):200-6.
275. Younger AS, Tredwell SJ, Mackenzie WG. Factors affecting fracture position at cast removal after pediatric forearm fracture. *J Pediatr Orthop* 1997;17(3):332-6.
276. Yuan PS, Pring ME, Gaynor TP, Mubarak SJ, Newton PO. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop* 2004;24(4):370-5.
277. Yung PS, Lam CY, Ng BK, Lam TP, Chenq JC. Percutaneous transphyseal intramedullary Kirschner wire pinning: a safe and effective procedure for treatment of displaced forearm fracture in children. *J Pediatr Orthop* 2004;24(1):7-12.
278. Yung SH, Lam CY, Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Chenq JC. Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80(1):91-4.

## ПУБЛИКАЦИИ И СЪОБЩЕНИЯ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Косев П, Чобанов П, **Валентинов Б**. Счупвания на костите на предмишницата в детската възраст. Лечебен алгоритъм на Ортопедично- травматологично отделение МБАЛ-Русе АД. В: 10 години “Дни на детската ортопедия и травматология”, Созопол 2005, АПЕЛ, Бургас; 29-42
2. **Валентинов Б**, Донев Е, Георгиев С, Соколов Ц, Чобанов П. Еластична стабилна интрамедуларна остеосинтеза при фрактури в детската възраст - 10 години по-късно. X Национален Конгрес на Българската Ортопедична и Травматологична Асоциация (БОТА) с международно участие, Боровец, 17-21.10. 2007
3. **Валентинов Б**. Еластична интрамедуларна остеосинтеза – грешки и усложнения. XII дни на Българската детска ортопедия и травматология, Приморско, 11-13 Юни 2009
4. **Валентинов Б**, Георгиев С, Филипов В, Граматиков С, Ванов И, Косев П. Еластична интрамедуларна остеосинтеза при диафизарни фрактури на предмишницата в детската възраст – индикации, техники и резултати. XI Национален Конгрес на Българската Ортопедична и Травматологична Асоциация (БОТА) с международно участие, Златни пясъци, 6 – 10 Октомври 2010.
5. Chobanov P, **Valentinov B**, Kosev P, Tivchev P, Todorov T. Refractures of the forearm in children – outcomes of different treatment modalities. 25-th Annual EPOS Meeting, Dresden, April 05-08, 2006
6. **Valentinov B**, Chobanov P. Elastic Intramedullary Nailing in Paediatric Polytrauma. Poster P216. 8th EFORT Congress, Florence, Italy, 11-15 May, 2007
7. **Valentinov B**, Tivchev P, Todorov T, Chobanov P. Intramedullary Nailing in Paediatric Forearm Fractures: Single or Both-bone Fixation? EPOS 27th Annual Meeting : 9-12 April 2008, Warsaw, Poland. J Child Orthop 2008 Mar (2) Suppl 1:S1–S76