

ЗАГАЛЬНА ХІРУРГІЯ (ВСІ ХІРУРГІЧНІ ДИСЦИПЛІНИ)

УДК 616.717.48-001.5-053.2-053.6-07-08

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8127.2024.69.1>

Бур'янов Олександр Анатолійович,

доктор медичних наук, професор,
завідувач кафедри травматології та ортопедії,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
kaftraum@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-2174-1882>
м. Київ, Україна

Науменко Валерія Олександрівна,

аспірант кафедри травматології та ортопедії,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
valeria.naumenko1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3228-3450>
м. Київ, Україна

Кваша Володимир Петрович,

доктор медичних наук,
професор кафедри травматології та ортопедії,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
vlkvasha@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-7444-6289>
м. Київ, Україна

Ковальчук Дмитро Юрійович,

кандидат медичних наук,
доцент кафедри травматології та ортопедії,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
Kovadimid@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3106-6048>
м. Київ, Україна

Канзюба Анатолій Іванович,

доктор медичних наук,
професор кафедри загальної хірургії,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
draikan2014@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8762-1330>
м. Ужгород, Україна

Федоренко Дмитро Ігорович,

лікар ортопед-травматолог,
Київська клінічна лікарня на залізничному транспорті № 1
dima_fedorenko@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-6972-6446>
м. Київ, Україна

Надвиросткові переломи плечової кістки у дітей та підлітків: сучасні погляди на діагностику та лікування

Вступ. Переломи дистального епіметафізу плечової кістки у дітей та підлітків є однією з найпоширеніших травм, які складають від 16 до 50% серед переломів кісток в цілому та 50–80% від усіх внутрішньосуглобових пошкоджень верхньої кінцівки. Серед пошкоджень даної локалізації превалюють надвиросткові (3–18%) та черезвиросткові переломи (57,5–70%) переважно у дітей віком від 5 до 9 років. Незадовільні результати лікування складають від 6,67% до 18,2%. **Мета дослідження:** визначити сучасні принципи лікування над- та черезвиросткових переломів у дітей та підлітків, проблемні питання та перспективні шляхи їх вирішення. **Матеріал і методи дослідження.** Проведено аналіз літературних джерел використовуючи бази даних Pubmed, Up-to-date, Scopus, Web of Science, Med-

Line, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, за пошуком: над- та черезвиросткові переломи у дітей та підлітків, діагностика та лікування. **Результати дослідження та їх обговорення.** При надвиросткових переломах найбільш характерними є нервово-судинні ускладнення (пошкодження плечової артерії, серединного або променевого нервів), які частіше виникають при переломах Gartland III. Відносна частота ушкодження нервів після надвиросткових переломів плечової кістки складає 12–20%, серед яких 2–6,5% ятрогенного походження, яке виникає під час закритої репозиції та черезшкірної фіксації. Судинні ураження, пов'язані з переломами дистального метаепіфізу плечової кістки зустрічаються в 3,2–14,3%. Важливим дискусійним питанням є способи фіксації відламків після закритої та відкритої репозиції. На сьогоднішній день існують дві найпоширеніші конфігурації щодо фіксації надвиросткових переломів у дітей та підлітків: конструкція з перехрещеними шплицями (найбільш вживана) та конструкція з використанням 2 або 3 латеральних шплиців з їх дивергенцією у коронарній площині. **Висновки.** 1. Надвиросткові переломи є одним з найчастіших пошкоджень дистального кінця плечової кістки, частіше зустрічаються у хлопчиків віком від 4 до 9 років (58,3% випадків). Вагома частка судинно-нервових ускладнень при даних переломах на фоні особливостей дітей та підлітків в плані оцінки суб'єктивних відчуттів, потребує цілеспрямованого дослідження при первинному огляді. 2. Поглиблення знань шляхом анатомо-біомеханічних досліджень характеристик конструкцій з перехрещеними та коронарними застосуванням фіксуючих елементів дозволить удосконалити існуючі та стануть підґрунтям для розробки новітніх засобів фіксації, що суттєво поліпшить результати лікування надвиросткових переломів у дітей та підлітків.

Ключові слова: плечова кістка, надвиросткові переломи, діти, підлітки, діагностика, лікування.

Buryanov Alexander Anatoliiovych, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, O.O. Bogomolets National Medical University, kafram@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2174-1882>, Kyiv, Ukraine

Naumenko Valeriia Oleksandrivna, Doctor-Intern of the Department of Traumatology and Orthopedics, O.O. Bogomolet National Medical University, Valeria.naumenko1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3228-3450>, Kyiv, Ukraine

Kvasha Volodymyr Petrovych, Doctor of Medical Sciences, Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, O.O. Bogomolet National Medical University, vlkvasa@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7444-6289>, Kyiv, Ukraine

Kovalchuk Dmytro Yuriiiovych, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, O.O. Bogomolets National Medical University, Kovadimid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3106-6048>, Kyiv, Ukraine

Kanziuba Anatolii Ivanovych, Doctor of Medical Sciences, Professor at the Department of General Surgery, State Higher Educational Institution "Uzhgorod National University", draikan2014@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8762-1330>, Kyiv, Ukraine

Fedorenko Dmytro Ihorovych, Orthopedic traumatologist, Kyiv Clinical Hospital for Railway Transport No. 1, dima_fedorenko@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6972-6446>, Kyiv, Ukraine

Supracondylar fractures of the humerus in children and adolescents: current views on diagnosis and treatment

Introduction. Fractures of the distal epimetaphysis of the humerus in children and adolescents are one of the most common injuries, accounting for 16 to 50% of bone fractures in general and 50–80% of all intra-articular injuries of the upper extremity. Among the injuries of this location, supracondylar (3–18%) and interspinous fractures (57.5–70%) prevail, mainly in children aged 5 to 9 years. Unsatisfactory treatment results range from 6.67% to 18.2%. **The purpose of the study:** to determine the modern principles of treatment of supra- and transdiscal fractures in children and adolescents, problematic issues and promising ways to solve them. **Material and Methods.** The literature was analysed using the Pubmed, Up-to-date, Scopus, Web of Science, MedLine, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health databases using the search terms: supra- and transdiscal fractures in children and adolescents, diagnosis and treatment. **Results and their discussion.** In supracondylar fractures, the most common are neurovascular complications (damage to the brachial artery, median or radial nerves), which are more common in Gartland III fractures. The relative incidence of nerve damage after supracondylar humerus fractures is 12–20%, including 2–6.5% of iatrogenic origin, which occurs during closed reduction and percutaneous fixation. Vascular lesions associated with fractures of the distal metaepiphysis of the humerus occur in 3.2–14.3%. An important debatable issue is the methods of fixation of fragments after closed and open reduction. To date, there are two most common configurations for fixation of supracondylar fractures in children and adolescents: a crossed pinning design (the most common) and a design using 2 or 3 lateral pins with their divergence in the coronal plane. **Conclusions.** 1. Supracondylar fractures are one of the most common injuries of the distal end of the humerus, more common in boys aged 4 to 9 years (58.3% of cases). A significant proportion of neurovascular complications in these fractures against the background of the peculiarities of children and adolescents in terms of subjective sensations requires a targeted study during the initial examination. 2. Deepening of knowledge through anatomical and biomechanical studies of the characteristics of structures with crossed and coronal use of fixation elements will improve the existing ones and will become the basis for the development of new fixation devices, which will significantly improve the results of treatment of supracondylar fractures in children and adolescents.

Key words: humerus, supracondylar fractures, children, adolescents, diagnosis, treatment.

Вступ. Переломи дистального епіметафізу плечової кістки у дітей та підлітків є однією з найпоширеніших травм, які складають від 16 до 50% серед переломів кісток в цілому та 50–80% від усіх внутрішньо суглобових пошкоджень верхньої кінцівки [1, с. 134]. Серед пошкоджень даної локалізації превалюють надвиросткові (3–18%) та черезвиросткові переломи (57,5–70%) переважно у дітей віком від 5 до 9 років [2, с. 197]. З віком частка таких переломів зменшується,

а типи переломів змінюються. Існують протиріччя щодо частки ураження домінуючої руки [3, с. 395].

Надвиросткові та черезвиросткові переломи частіше трапляються у хлопчиків під час гри надворі (47%), вдома (31%) та в навчальних закладах (7%). Превалює непрямий механізм пошкодження – падіння на руку (94%) [4, с. 242].

Ускладненнями даних переломів може бути інфекція, компартмент синдром, обмеження або втрата

рухів в ліктьовому суглобі, сповільнена консолидація або незрошення, cubitus varus 3–57% [5, с. 7–8]. При надвиросткових переломах найбільш характерними є нервово-судинні ускладнення (пошкодження плечової артерії, серединного або променевого нервів), які частіше виникають при переломах Gartland III. Відносна частота ушкодження нервів після надвиросткових переломів плечової кістки складає 12–20%, серед яких 2–6,5% ятрогенного походження, яке виникає під час закритої репозиції та черезшкірної фіксації. Судинні ураження, пов'язані з переломами дистального метаепіфізу плечової кістки зустрічаються в 3,2–14,3% [6, с. 19; 7, с. 423].

Консервативне та оперативне лікування, особливо з впровадженням новітніх технологій для забезпечення останнього, суттєво поліпшили результативність. Однак, дані літератури вказують, що результати лікування були відмінними у 81,33–83,3%, хорошими 3,33–12,5%, задовільними 4,2–6,67% та незадовільними – від 6,67% до 18,2% [8, с. 16].

Незважаючи на достатньо велику кількість досліджень стосовно лікування переломів дистального метаепіфізу плечової кістки ще й досі залишається ціла низка невіршених питань серед яких: визначення оптимальних термінів і умов для закритої репозиції та оперативного втручання, способів фіксації після закритої та відкритої репозиції.

Методологія та методи дослідження. Проведено аналіз літературних джерел використовуючи бази даних Pubmed, Up-to-date, Scopus, Web of Science, MedLine, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, РІНЦ за пошуком: над- та черезвиросткові переломи у дітей та підлітків, діагностика та лікування для визначення сучасних принципів лікування над- та черезвиросткових переломів у дітей та підлітків, проблемні питання та перспективні шляхи їх вирішення.

Результати досліджень та їх обговорення. Частка ушкодження нервів при надвиросткових переломах плечової кістки складає 12–20%, серед яких 2–6,5% ятрогенного походження, як наслідок технічних помилок під час закритої репозиції та перкутанної фіксації шпильками [9, с. 1067]. Нервово-судинні ускладнення частіше виникають при переломах Gartland III. Більшість нейропраксії відновлюються самостійно, однак характерні випадки коли порушення нервової провідності потребують довготривалого консервативного або відповідного хірургічного втручання. В середньому для повного відновлення функції нерва необхідно 3–6 місяців [6, с. 20].

Судинні ураження, пов'язані з переломами дистального метаепіфізу плечової кістки зустрічаються в 3,2–14,3% випадків [7, с. 427]. Одним із варіантів пошкодження судин при над- та черезвиросткових переломах може бути відсутність пульсу на променевої та ліктьовій артеріях, при зовні нормальному вигляді кінцівки (рожева та тепла). До тепер немає єдиної думки: чи доречно проводити ранню діагностику та оперативне втручання в даній ситуації, або варто обирати очікувальну тактику і сподіватися на самостійне відновлення перфузії.

Одні дослідники вважають, що при судинних ускладненнях у вигляді «рожевої руки» без пульсу (при

відсутності радіального пульсу без інших ознак ішемії) очікувальна тактика виправдана, інші вважають за необхідне обов'язково виконувати оперативне втручання для відновлення кровотоку з метою попередження розвитку більш серйозних ускладнень [10, с. 141; 11, с. 3].

Іншим варіантом пошкодження судин може бути відсутність пульсу на променевої артерії з недостатньою перфузією у вигляді «холодної та блідої руки», що потребує доплерографічного дослідження та невідкладного хірургічного втручання з метою відновлення кровообігу, навіть шляхом резекції ураженої ділянки кістки та виконанням реконструктивного анастомозу в випадку дискретного ураження інтими. Несвоєчасна діагностика таких станів може призвести до постійної дисфункції судин або навіть до втрати кінцівки [12, с. 260].

Враховуючи частку судинно-нервових порушень при переломах дистального метаепіфізу плечової кістки необхідно проводити детальне неврологічне та судинне обстеження: оцінка пульсу, температура кінцівки, капілярне повернення та пульсоксиметрія.

Навіть при пошкодженні променевого нерва пацієнт може вказувати на нормальні відчуття в руці, що пояснюється тим, що дорсальна гілка м'язово-шкірного нерва може «перекривати» променевої нерв на тильній стороні кисті, тому важливо ретельно перевіряти рухи та відчуття під час огляду пацієнта [13, с. 469]. Складнощі діагностики нервово-судинних пошкоджень також пов'язані з віком дитини, особливо молодшого віку, які далеко не завжди можуть пояснити свої відчуття коректно та виконати вказівки лікаря правильно. Діагностика неврологічних та судинних порушень може бути ускладнена в гострій фазі, в зв'язку з відтермінуванням самої симптоматики [14, с. 705]. У пацієнтів в яких не пальпується пульсація променевої артерії рекомендовано проводити ультразвукове доплерівське дослідження, у важких випадках КТ-ангіографію. Деякі з авторів при відсутності нормального сигналу при доплерографічному дослідженні рекомендують негайне хірургічне втручання [7, с. 422].

Серед нечастих ускладнень зустрічаються псевдоаневризми, які виникають в результаті часткового пошкодження артерії, яке супроводжується крововиливом, який блокує частину її діаметру. Згустки утворюються навколо оточуючих структур через переферичну інвазію фіброзної тканини та внутрішнього ендотелію. Відмінністю від справжньої аневризми є відсутність ендотеліальних шарів нормального артерії. Основною небезпекою цього ускладнення є тромбоз та стиснення серединного нерва [15, с. 354].

До нетипових ускладнень відноситься травматичний розрив променевого нерва [16, с. 105].

Найбільш важким є поєднане ускладнення, коли страждає декілька нервово-судинних структур. Описаний випадок надвиросткового перелому, який супроводжувався пошкодженням серединного та ліктьового нервів, променевої та ліктьової артерій [17, с. 629].

Важким ускладненням при надвиросткових переломах є компартмент-синдром, який зустрічається до 1% випадків [18, с. 343]. Підвищення тиску в кістково-фасціальних футлярах призводить до зниження перфу-

зійного тиску і як наслідок викликає ішемію м'язів та нервів. Чинниками розвитку даного стану може бути пошкодження судин (що є показанням до негайного оперативного втручання) або неправильна іммобілізація кінцівки, коли кут згинання в ліктьовому суглобі перевищує 90°. Найбільшу чутливість до початкової ішемії демонструє нерв з парестезіями або гіпостезіями, що можуть супроводжуватися функціональними аномаліями протягом перших 30 хвилин, а незворотні зміни настають через 12–24 год від початку ішемії. Реакція м'язів протилежна, незворотня втрата функції настає в перші 4 год, майже одночасно з початковими проявами. Діагностика компартмент синдрому у дітей ускладнена їх фізіологічною неспроможністю правильно описувати свої відчуття. П'ять класичних ознак компартмент-синдрому: непропорціональний біль, парестезія, параліч, блідість, відсутність пульсу є ненадійними щодо пацієнтів дитячого віку, тому більш чутливими показниками розвитку компартмент-синдрому є підвищення потреби в анальгетиках, занепокоєння та збудження.

Найефективнішим методом лікування компартмент-синдрому є своєчасне зменшення внутрішньофасціального тиску шляхом послаблення гіпсової пов'язки на фоні відповідного консервативного лікування, а при важкій ступені – термінова декомпресивна фасціотомія [19, с. 300].

Інструментальне забезпечення діагностики перелому є достатнім та реалізується шляхом використання класичного рентгенологічного обстеження, при необхідності проведення КТ, МРТ. Основним методом діагностики є рентгенологічне дослідження в двох проєкціях. Однак, зважаючи на особливості будови кісток дитячого скелету у недосвідчених лікарів можуть виникнути певні труднощі в постановці діагнозу. Комп'ютерна томографія (КТ), ультразвукове дослідження (УЗД) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) можуть бути додатково використані для характеристики патології та для уточнення пошкодження. КТ проводиться при складних переломах з метою дета-

лізації його характеристики і суттєво підвищує якість передопераційного планування. УЗД є доцільним способом для візуалізації вторинних центрів окостеніння в ділянці ліктьового суглоба та при дослідженні стану нервів та судин. Поперечна ультрасонографія дозволяє просто і достовірно визначити стабільність при переломах надвиростків з мінімальним зміщенням без прийому седативних препаратів, виключає іонізуючий вплив на пацієнта. МРТ є інформативним методом візуалізації для оцінки аномалій кісткового мозку, хрящових структур або м'яких тканин [20, с. 559].

Сучасна тактика лікування надвиросткових переломів у дітей та підлітків представлена на малюнку 1.

В залежності від типу перелому представлена тактика реалізується: при переломах без зміщення – зовнішня іммобілізація; при переломах зі зміщенням відламків – закрыта репозиція + іммобілізація, закрыта репозиція + перкутанна фіксація + іммобілізація, відкрита репозиція + бікортікальна фіксація + іммобілізація.

Важливим дискусійним питанням є способи фіксації відламків після закрытої та відкритої репозиції. На сьогоднішній день існують дві найпоширеніші конфігурації щодо фіксації надвиросткових переломів у дітей та підлітків: конструкція з перехресними шпильками (найбільш вживана) та конструкція з використанням 2 або 3 латеральних шпиль з їх дивергенцією у коронарній площині [21, с. 1].

Одним з головних чинників для виконання латеральної фіксації відламків на противагу перехресному способу є зменшення ризику ятрогенного пошкодження ліктьового нерва під час проведення медіальної шпильки або штифта. Частка ятрогенного пошкодження ліктьового нерва з медіальною фіксацією становить від 0% до 9,4% [22, с. 69–70].

Alexander M. Bitzer at al. ретроспективно проаналізували результати лікування у пацієнтів з надвиростковими переломами плечової кістки, яким була виконана перехресна та латеральна фіксація двома шпильками. Частка післяопераційних ліктьових нейрапраксій становила 9,4% у групі з перехресною фіксацією, в той час



Мал. 1. Лікувальна тактика при надвиросткових переломах плечової кістки

як пре латеральній – таких ускладнень не відмічалось [23, с. 1].

Проведене експериментальне анатомо-біомеханічне дослідження також підтверджує, що при використанні 2–3 спиць проведених з латеральної сторони, які мають різні напрямки в корональній і сагітальній площинах, порівняно з схрещеними та конструкціями з 3 бічними спицями, що розходяться лише в корональній площині забезпечує достатню жорсткість фіксації віждламків [24, с. 1].

Однак з цього приводу існують і протилежні погляди, що потребує подальшого ґрунтовного вивчення.

Дискусійними питаннями також є: вплив вхідної точки металевої конструкції, кількості штифтів та їх розміру. Основні положення стосовно даних питань викладені в роботі Gottschalk Hilton Phillip et al. [25, с. 447]. Автори на двадцяти синтетичних плечових кістках моделювали різні типи надвиросткових переломів. Досліджували точки введення та характеристики фіксації штифтами діаметром 1,6 та 2,0 мм, а також визначали характеристики фіксації двома та трьома конструкціями. Кожна конструкція була перевірена на розгинання, варусну, вальгусну, внутрішню та зовнішню ротацію. Дані щодо жорсткості фрагментів (Н/мм або Н мм/градус) аналізували за допомогою багатofакторного дисперсійного аналізу та аналізу Bonferroni post hoc ($P < 0,05$).

За результатами досліджень важливе значення, особливо в протидії ротаційних рухів, має капітелярна точка введення конструкції. Окрім цього вона має також додаткові переваги, а саме: збільшує фіксацію дистального фрагменту, максимізує розділення штифтів у місці перелому та забезпечує достатньо місця для розміщення третього бічного штифта, при потребі.

Поточне дослідження продемонструвало, що конструкція штифта 2,0 мм була жорсткішою, ніж конфігурація 1,6 мм щодо варусної, внутрішньої та зовніш-

ньої ротації, $P < 0,05$, але немає різниці в довжині. Крім того, було доведено, що два 2,0-мм штифти, розміщені через пряму бічну початкову точку, були еквівалентні трьом 1,6-мм штифтам і кращі, ніж три 1,6-мм штифти (пряма бічна) щодо внутрішнього та зовнішнього обертання. Ця тенденція була подібною в капітелярній початковій групі.

Цілком зрозуміло, що масивніші штифти забезпечать більшу стабільність, але не кожному пацієнту потрібні більші штифти. Kocher в якості керівництва використовували вагу тіла: якщо пацієнт важив ≤ 20 кг, то використовували штифти 1,6 мм; якщо пацієнт важив > 20 кг, то обирали діаметр штифта 2,0 мм. На нашу думку більш обґрунтований підхід пропонує Srikumaran et al., які визначали розмір штифта за співвідношенням діаметра конструкції до товщини кортикального відділу плечової кістки пацієнта – для «великого» штифта співвідношення має бути > 1 [26, с. 795].

Однак з цього приводу існують і протилежні погляди, що потребує подальшого ґрунтовного вивчення.

Висновки з дослідження

1. Надвиросткові переломи є одним з найчастіших пошкоджень дистального кінця плечової кістки, частіше зустрічаються у хлопчиків віком від 4 до 9 років (58,3% випадків). Вагома частка судинно-нервових ускладнень при даних переломах на фоні особливостей дітей та підлітків в плані оцінки суб'єктивних відчуттів, потребує цілеспрямованого дослідження при первинному огляді.

2. Поглиблення знань шляхом анатомо-біомеханічних досліджень характеристик конструкцій з перехрещеними та коронарними застосуванням фіксуючих елементів дозволить удосконалити існуючі та стануть підґрунтям для розробки новітніх засобів фіксації, що суттєво поліпшить результати лікування надвиросткових переломів у дітей та підлітків.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Інформація про фінансування. Автори заявляють про відсутність сторонньої фінансової підтримки даного дослідження.

Особистий внесок кожного автора у виконання роботи:

Бур'янов О.А. – концепція і дизайн дослідження;

Науменко В.О. – написання тексту;

Кваша В.П. – аналіз літературних джерел;

Ковальчук Д.Ю. – відбір літературних джерел;

Канзюба А.І. – написання тексту;

Федоренко Д.І. – відбір літературних джерел.

ЛІТЕРАТУРА

1. Heffernan M. J., Lucak T., Igbokwe Argiulo et al. The reverse oblique supracondylar humerus fracture: description of a novel fracture pattern. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020. 40(2). P. 131–137.
2. Segundo-Primerо, G., Casas-López, M., Ruiz-Mejía. O. Surgical treatment of supracondylar fractures in pediatric patients using AO external lateral fixation technique. *Acta ortopédica Mexicana*. 2020. 34(3). P. 195–199.
3. Martínez J. A., Almero L. P., De Anda R. C. O. et al. Epidemiological study on supracondylar fractures of distal humerus in pediatric patients. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (English Edition)*. 2019. 63(6). P. 394–399. doi: 10.1016/j.recot.2019.07.001. Epub 2019 Sep 11.
4. Bekmez S., Camp M. W., Ling R. et al. Supracondylar Humerus Fractures in Older Children: Success of Closed Reduction and Percutaneous Pinning. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2021. 41(4). P. 242–248. doi: 10.1097/BPO.0000000000001732.
5. Hu X., Zhong M., Lou Y. et al. Clinical application of individualized 3D- printed navigation template to children with cubitus varus deformity. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2020. 15(1). P. 1–9. doi: 10.1186/s13018-020-01615-8

6. Jerome J. T. J., Prabu G. R. Median nerve injuries associated with humerus shaft fractures in children. *Orthoplastic Surgery*. 2021. № 3. P. 17–25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthop.2020.11.003>
7. Salvati S., Settembrini A. M., Bissacco, D. et al. Vascular Injury Due to Humerus Fracture in Pediatric Age: When the Treatment Is Mandatory. *Annals of vascular surgery*. 2017. 44. P. 420–431. doi: 10.1016/j.avsg.2017.03.184.
8. Huriev S. O., Trutiak I. R., Obaranets O. V. Stan problemy perelomiv dystalnoho metaepifizu plechovoi kistky u ditei ta pidlitkiv. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*. 2021. T. 25. № 2. s. 277–280. doi: 10.31393/reports-vnmedical-2021-25(2)-16
9. Ducic S., Stojanovic B., Lazovic M. et al. T-condylar humerus fracture in children: treatment options and outcomes. *International Orthopaedics*. 2021). 45(4). P. 1065–1070 doi: 10.1007/s00264-020-04827-z.
10. Ardawatia G., Waghela A. B. Ranade A. S. Intraoperative Kirschner Wire Breakage in a Pediatric Supracondylar Humerus Fracture. *Cureus*. 2021. 13(3). P. 137–159.
11. Harris L. R., Arkader A., Broom A. Pulseless supracondylar humerus fracture with anteriorinterosseous nerve or median nerve injury – an absolute indication for open reduction? *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2019. 39(1). P. 1–7.
12. Afaque S. F., Singh A., Maharjan R. et al. Comparison of clinic-radiological outcome of cross pinning versus lateralpinning for displaced supracondylar fracture of humerus in children: A randomized controlled trial. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. 2020.11(2). P. 259–263. doi: 10.1016/j.jcot.2019.01.013.
13. Fujiwara T., Yazaki N., Ogura A. et al. A case of radial nerve paralysis associated with supracondylar fracture of the humerus in a child. *JSES Reviews, Reports & Techniques*, 2021.1(4). P. 469–472. doi: 10.1016/j.xrrt.2021.06.003
14. George S. C., Burahee A. S., Sanders A. D. et al. Outcomes of anterior interosseous nerve transfer to restore intrinsic muscle function after high ulnar nerve injury. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic*. 2021.75(2). P. 703–710. doi: 10.1016/j.bjps.2021.09.072.
15. Chikande J., Rampal V., Sadaghanloo N. et al. Pseudoaneurysm of the brachial artery after reduction and fixation of a displaced supracondylar elbow fracture in a child. *Annals of vascular surgery*. 2019. 56. P.352–359. DOI: 10.1016/j.avsg.2018.07.072.
16. Kitta M. I., Ariandi M., Nugroho Y. A. et al. Neurological recovery across a 2-cm gap of radial nerve repair using end to end suture following supracondylar humerus fracture: Case report. *International Journal of Surgery Case Reports*. 2021. 82. P. 105–107. doi: 10.1016/j.ijscr.2021.105896.
17. Montanari S., Sartore R., Spina V. et al. Post-traumatic entrapment of the median nerve in the ulno-humeral joint: Diagnosis, treatment and literature review. *Journal of Orthopaedic Science*. 2021.27(3). P. 627–634. doi:10.1016/j.jos.2021.02. 006
18. Douglas G Armstrong, Kevin Monahan, Erik B Lehman at al. Pediatric Open Supracondylar Fracture: Associated Injuries and Surgical Management. *J Pediatr Orthop*. 2021. 41(4). P. 342–346. doi: 10.1097/BPO.0000000000001772
19. Douglas G Armstrong, Rhett MacNeille, Erik B Lehman at al. Compartment Syndrome in Children With a Supracondylar Fracture: Not Everyone has Risk Factors. *J Orthop Trauma*. 2021. 35(8). P. 298–303. doi: 10.1097/BOT.0000000000002030
20. Li X. T., Shen X. T., Wu X. at al. A novel transverse ultrasonography technique for minimally displaced lateral humeral condyle fractures in children. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2019. 105(3). P. 557–562. doi: 10.1016/j.otsr.2019.02.005.
21. Dirk Walther Sommerfeldt, Peter Paul Schmittbecher. Failure analysis and recommendations for treatment of posttraumatic non-unions of the distal humerus during childhood. *J Orthop Surg Res*. 2021.16. Published online 2021 Jun 19. doi: 10.1186/s13018-021-02536-w.
22. Na Y, Bai R, Zhao Z. et al. Comparison of lateral entry with crossed entry pinning for pediatric supracondylar humeral fractures: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018.13. P. 68–73.
23. Alexander M. Bitzer, Stephen M. Belkoff, Christa L. LiBrizzi at al. Sagittal plane alignment affects the strength of pin fixation in supracondylar humerus fractures. *Medicine (Baltimore)*. 2021 Jun 4; 100(22). e26173. Published online 2021 Jun 4. doi: 10.1097/MD.00000000000026173.
24. Stephen M. Belkoff, Christa L. LiBrizzi., Chimelie Chibututu at al. Sagittal plane alignment affects the strength of pin fixation in supracondylar humerus fractures. *Medicine (Baltimore)*. 2021. Jun 4; 100(22): e26173. Published online. 2021. Jun 4. doi: 10.1097/MD.00000000000026173.
25. Gottschalk Hilton Phillip, Sagoo Daljeet, Glaser Diana at al. Biomechanical Analysis of Pin Placement for Pediatric Supracondylar Humerus Fractures Does Starting Point, Pin Size, and Number Matter?. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2012; 32(5): 445–451. doi: 10.1097/BPO.0b013e318257d1cd.
26. Srikumaran U., Tan E. W., Erkula G. at al. Pin size influences sagittal alignment in percutaneously pinned pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2010;30:792-798. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181f6d3af.