

Верховський О.В.

Житомирська обласна лікарня ім. О.Ф. Гербачевського, м. Житомир, Україна

Показання до видалення металофіксаторів після консолидації переломів кісток (огляд літератури)

Резюме. Повне зрощення перелому й відновлення функції кінцівки не завжди означає закінчення лікування конкретної травми. Наступним етапом хірургічного втручання, як правило, є видалення внутрішніх конструкцій, за допомогою яких було здійснено остеосинтез. Медичні показання до хірургічного видалення металевих імплантатів визначені недостатньо. Серед хірургів різних країн побутують різноманітні погляди на цю проблему, показання залежать від стану пацієнта, анатомічних ділянок, імплантаційних матеріалів. Проведений аналітичний огляд джерел літератури довів, що біль, функціональні порушення, помітний металофіксатор, можливі проблеми в майбутньому і бажання пацієнтів є відносними показаннями до видалення імплантатів. Абсолютними показаннями до видалення є аваскулярний некроз головки стегнової кістки, глибока інфекція і прорізування імплантату. З огляду на наявність численних ускладнень процедура видалення може бути дуже складною, і її можна рекомендувати лише в симптоматичних пацієнтів після належної усвідомленої згоди.

Ключові слова: аналіз джерел літератури; видалення металевих фіксаторів; показання до хірургічного лікування

Вступ

Повне зрощення перелому і відновлення функції кінцівки не завжди означає закінчення лікування конкретної травми. Наступним етапом хірургічного втручання, як правило, є видалення внутрішніх конструкцій, за допомогою яких було здійснено остеосинтез.

Медичні показання до хірургічного видалення металевих імплантатів визначені недостатньо, серед хірургів різних країн побутують різноманітні погляди на цю проблему, показання залежать від стану пацієнта, анатомічних ділянок, імплантаційних матеріалів. На сьогодні не існує єдиного підходу до проблеми видалення металокопункцій.

Результати хірургічного лікування переломів кісток залежать від багатьох факторів: характеру травми, віку й психосоматичного статусу пацієнта, тактики лікування, якості застосовуваних для остеосинтезу імплантатів, а також від кваліфікації хірурга [1]. Після загоєння перелому імплантат більше не виконує жодної функції, і постає питання: слід його видалити чи ні, чому і коли? Хоча є кілька передбачуваних переваг видалення (як відновлення функції та зменшення болю), хірургічна процедура може бути дуже складною

і призвести до ускладнень, таких як нервово-судинна травма й рефрактури, тоді як очікуваний результат ще добре не визначений [2–7].

Про актуальність проблеми говорить і проведення у квітні 2008 р. в Австрії конференції Асоціації остеосинтезу (АО), присвяченої видаленню металофіксаторів. У грудні 2007 р. на курсах АО у Давосі (Швейцарія) було проведено анкетування 1199 травматологів з різних країн світу щодо доцільності видалення імплантатів. Думки фахівців розділилися: за — 28 %, проти — 28 %. З метою структурованого огляду різних тем щодо показань до видалення імплантату після загоєння перелому літературні джерела були використані для відповіді на наступні питання:

— Чи мають імплантати негативний вплив на здоров'я пацієнта?

— Якими є поточні вказівки щодо видалення імплантатів після загоєння перелому?

— Які показання до видалення імплантатів з верхньої кінцівки?

— Які показання до видалення імплантатів з нижньої кінцівки?

Чи мають імпланти негативний вплив на здоров'я пацієнта?

Після Другої світової війни підхід до лікування переломів змінився з консервативного способу на оперативний з використанням металевих імплантів (пластин, гвинтів і стрижнів). Раніше ці імпланти виготовлялися з іржостійкої сталі, сплаву хрому, нікелю й молібдену. Є багато досліджень, спрямованих на пошук сплаву з найкращою біосумісністю для лікування переломів. Оптимальний сплав має бути достатньо міцним, не викликати корозії, не чинити канцерогенної дії, бути стійким до інфекцій, його має добре переносити імунна система організму. Протягом багатьох років потенційний ризик корозії був суттєвим викликом для хірургів, які регулярно видаляють імпланти після загоєння перелому. Цей процес окиснення металу призводить до розпушення дрібних частинок, які можуть бути біологічно активними. Такі частинки здатні призвести до тканинної реакції запального характеру з утворенням некрозу, грануляції та рубцевої тканини. Більшість досліджень цих питань були проведені ще в 70–80-х рр. минулого століття [8, 9]. Імпланти з іржостійкої сталі можуть викликати корозію в симптоматичних і безсимптомних пацієнтів, але їх клінічне значення залишається невизначеним [10].

До недавнього часу також вважалося, що металеві імпланти відіграють певну роль у генезі раку. Однак за результатами кількох експериментальних досліджень не було виявлено жодного зв'язку між металевими імплантами і розвитком будь-якої форми раку [11]. Алергічні реакції на імпланти з іржостійкої сталі, що призводять до змін шкіри, екземи, затримки загоєння ран, болю або навіть розхитування імплантів (не плутати із симптомами, викликаними інфекцією низького ступеня), були докладно описані і є ще одним показанням до планового видалення. Але контактна алергія на метали (наприклад, нікель), внутрішня алергія на пристрої є рідкісними випадками [12, 13]. Також аргументом для видалення імпланту була атрофія кістки [14, 15]. Россон і співавт. спільно опублікували результати двох докладних досліджень щодо впливу пластин на кортикальний шар кістки. Атрофія кортикального шару кістки була виявлена в одного пацієнта, у якого пластина передпліччя була видалена через 16 місяців. У 14 інших пацієнтів, у яких пластини передпліччя були видалені на пізнішій стадії, щільність кісток повернулася до рівня, що був до травми. У молодих людей кісткова маса на місці залишкових отворів після видалення гвинта нормалізувалася через 18 тижнів [16, 17]. Тому з метою зменшення ризику перелому авторами рекомендувалося залишити пластини принаймні на 21 місяць або взагалі не видаляти їх.

Металеві імпланти нового покоління — це сплави титану, алюмінію і ніобію (TAN; Synthes®) або титану, алюмінію і ванадію (Stryker®). Після впровадження TAN у 1977 р. його склад постійно вдосконалювався. Біосумісність TAN відмінна, на сьогодні не спостерігалася ознак корозії, токсичних або алергічних реакцій, що зробило його застосування досить популярним в

останні 15 років [18–20]. Але з поширенням використання блокуваних отворів пластин TAN новою проблемою стали технічні труднощі під час їх видалення [21]. Останнє може бути надзвичайно складним через блокування головки гвинта в пластині або розростання кістки на поверхні імпланту. Річардс та співавт. описали, що в цих випадках має значення не тільки склад сплаву, але і його поверхнева структура [22–26]. Отже, незважаючи на відсутність доказів, що імпланти шкодять здоров'ю, спостерігаються і технічні проблеми під час видалення імплантів після загоєння переломів.

Якими є поточні вказівки щодо видалення імплантів після загоєння перелому?

Дедалі більша кількість аргументів проти рутинного видалення імпланту виправдовує переоцінку наявних абсолютних і відносних показань до цієї процедури, оскільки вона вимагає принаймні нової операції, результати якої можуть бути непередбачуваними, а сам процес — дуже некомфортним. «Спроби видалення металофіксаторів часто є неприємними, призводять до зламу імплантів та обладнання для видалення, вимагають тривалого часу на операцію і можуть розчарувати хірургів», — зазначив Джеймс Келлам, Каролінський медичний центр (Шарлотта, Північна Кароліна, США). Мінімально інвазивний остеосинтез пластин або інтрамедулярних цвяхів може призвести до максимально інвазивної процедури видалення імплантів і ризиків, пов'язаних із хірургічним втручанням, як-от кровотеча, інфекція рани, травма нерва, перелом, поганий косметичний результат і можливість розвитку побічних ефектів, пов'язаних з анестезією. Усі ці недоліки разом потенційно можуть призвести до великих витрат і соціальних ускладнень і є аргументами проти видалення. У 1992 р. Сандерсон і співавт. описали загальний 20% рівень ускладнень у 188 пацієнтів, яким видалили металеві імпланти [27]. При видаленні пластини передпліччя вони спостерігали 42 % ускладнень. Натомість в іншому проспективному дослідженні, у якому подані результати 86 дорослих пацієнтів, яким видалили імплантат, 46 пацієнтів на момент видалення мали певні симптоми. Результат був досягнутий у 91 % пацієнтів із симптомами, і жодних проблем не спостерігалася в 95 % безсимптомних випадків. Загальний рівень ускладнень становив 3 %, включно з травмою променевого нерва й переломом. Було зроблено висновок, що безсимптомним пацієнтам доцільніше залишити імпланти [28]. Мінковіч і співавт. опублікували проспективне дослідження 60 пацієнтів (57 — з повним спостереженням упродовж одного року), які мали біль у ділянці фіксованого і зрощеного перелому, з метою оцінки результатів після видалення імпланту [29]. Ускладнення, пов'язані з хірургічним втручанням, не були описані. Загальне покращення функції і полегшення болю через рік після видалення імпланту було значним ($p = 0,00001$). Усі пацієнти були задоволені і стверджували, що в разі виникнення

необхідності повторити процедуру видалення вони дали б на це згоду.

В огляді, опублікованому в 2003 р., щодо показань і ризиків видалення після остеосинтезу імплантатів явна перешкода навколишнім тканинам і функції в осіб у період росту визначалася як абсолютне показання до процедури [30]. Незначні реакції тканин, пов'язані з імплантатами, вважаються дискусійними показаннями до видалення. Сьогодні показання на користь видалення імплантатів переважно є відносними [31]. **Абсолютні показання до видалення імплантатів сьогодні включають лише перфорацію кістки (наприклад, серкляжними дротами або стрижнями зовнішніх фіксаторів).** Навіть видалення імплантатів у скелеті, що росте, стає суперечливим показанням і більше не вважається абсолютним, а є переважно рекомендацією. Немає жодних доказів, що підтверджують необхідність рутинного видалення імплантатів у дітей [3, 32–34]. Також інфекція після оперативного лікування перелому не завжди є абсолютним показанням для видалення. Навпаки, стабілізація перелому є обов'язковою для лікування інфекції. У більшості випадків імплантат можна залишити на місці, поки перелом не загоїться. Успішною виявилася концепція лікування інфекційних ускладнень, що включає догляд за операційною раною, місцеву й системну антибіотикотерапію та утримання металофіксатора [35–38]. Однак після внутрішнього остеосинтезу багато пацієнтів мають скарги і такі симптоми, як біль, дискомфорт, стиснення м'яких тканин, набряк і скутість. Чи справді ці проблеми обумовлені імплантатами, чи вони виникли б у будь-якому випадку через травму, подальшу операцію та загоєний перелом з утворенням рубцевої тканини, часто не зрозуміло. Також відносними показаннями до видалення металофіксатора можуть бути вимоги пацієнтів. Відносними показаннями до видалення імплантату після загоєння перелому є і можливі проблеми, такі як посилення напруження через металеві імплантати, що призводить до переломів навколо фіксаторів або потреби заміни суглоба через остеоартроз у майбутньому.

Останніми роками було опубліковано три великі опитування щодо поточної практики та різних аспектів видалення імплантатів. У 2008 р. було проведено опитування щодо видалення імплантату Jamil et al. у Великій Британії [6]. Метою було визначити сучасну тактику хірургів-ортопедів щодо видалення імплантатів після зрощення переломів кінцівок. Рутинне видалення в пацієнтів віком до 16 років виконується у 60 %, віком 16–35 років — у 12 % і в пацієнтів старше за 35 років — лише в 3 % випадків. Показаннями до видалення імплантату в симптоматичних пацієнтів були біль, розхитування імплантатів, інфекція, зламані імплантати, подразнення шкіри, перипротезні переломи й функціональні обмеження. У симптоматичних пацієнтів видалення імплантатів було оцінено як більш ефективне, хірурги-ортопеди були менш захоплені цим, ніж хірурги-травматологи. Лодер і

Фейнберг подали думку 273 педіатричних і 99 непедіатричних хірургів-ортопедів у США щодо планового видалення імплантатів у дітей [3]. 41 % хірургів висловився за видалення імплантатів взагалі, навіть якщо в дитини не було пов'язаних скарг, 36 % видаляли іноді, і 22 % (майже) ніколи не видаляли імплантати в дітей. Хоча видалення імплантатів, як правило, не проводиться в Нідерландах, опитування 250 голландських хірургів засвідчило: 89 % погодилися, що видалення імплантатів — це гарний варіант у разі болю або функціональних порушень. Також інфекція імплантату або кістки була однією з основних причин видалення (> 90 %). Щодо пацієнтів молодого віку (< 40 років) лише 34 % хірургів погодилися, що металеві імплантати мають завжди видалятися [39].

Які показання до видалення імплантатів з верхньої кінцівки?

Скарги пацієнта (наприклад, біль, косметичний дефект, функціональні порушення) є основними причинами видалення імплантатів із верхньої кінцівки. Було проведено 10 досліджень щодо видалення металофіксаторів із верхньої кінцівки. Усі вони були ретроспективними, за винятком двох, були присвячені конкретно показанням до видалення і були переважно опубліковані 20–30 років тому. Ці старі дослідження переважно зосереджувалися на таких ускладненнях, як рефрактура після видалення ліктьової та променевої пластини. Описано рівень ускладнень між 19 і 26 %. Після видалення металофіксаторів для запобігання торсійному стресу рекомендували застосовувати захисні шини й обмежити заняття контактними видами спорту протягом одного року [40, 41]. У дослідженнях, опублікованих у 1990-х рр., у 4–6 % випадків повідомлялося про виникнення повторного перелому після видалення фіксатора [42, 43]. **Усі ці дослідження сприяли появі рекомендацій залишити пластини передпліччя в безсимптомних пацієнтів *in situ* через велику кількість ускладнень [44, 45]. Крім того, було рекомендовано доручати проведення операцій з видалення імплантатів лише досвідченим хірургам [46].** Показань щодо видалення металофіксаторів для інших ділянок верхньої кінцівки в літературних джерелах зовсім мало. Gyuricza et al. описали наслідки видалення блокованих волярних пластин у ретроспективній серії 28 пацієнтів після перелому дистального метаепіфіза променевої кістки [47]. До причин видалення включені теносиновіт, розрив сухожилля, помітний або внутрішньосуглобовий металофіксатор і біль. Крім двох ускладнень, пов'язаних з імплантацією, усі пластини були успішно видалені, а передопераційні скарги зменшились. Ловальд опублікував результати загальнонаціонального дослідження щодо видалення імплантатів після внутрішньої фіксації перелому плечової кістки [48]. Видалення імплантатів не є частиною стандартного протоколу в США, а видалення імплантату з плечової кістки проводилося лише в разі розвитку ускладнень, таких як незрощення, механічні проблеми й інфекція (10 %).

Які показання до видалення імплантатів з нижньої кінцівки?

Визначена обмежена кількість публікацій ($n = 13$) щодо видалення інтрамедулярного стегового стрижня з нижньої кінцівки, і всі вони висвітлюють різні питання. Ретроспективні дослідження щодо аналізу пацієнтів, яким видалили стрижень стегової кістки, описують такі показання до цієї операції, як подразнення м'яких тканин, прохання пацієнта, біль у кульшовому й колінному відділах і наявність інфекції. Жодних відмінностей між цвяхами з титану й іржостійкої сталі при видаленні не було виявлено. Біль зменшився в усіх симптоматичних пацієнтів після видалення, тому автори рекомендували видаляти лише стрижні стегової кістки в симптоматичних пацієнтів [49–53]. У ретроспективному дослідженні Геслінг і співавт., аналізуючи видалення 164 стрижнів стегової кістки після загоєння перелому, визначили, що 78 % пацієнтів із наявними місцевими скаргами відчули покращення після операції [54]. Однак 10 пацієнтів із 51, які мали безсимптомний передопераційний період, повідомляли про довгострокові скарги після видалення. Тому автори рекомендували видаляти стрижні стегової кістки тільки в пацієнтів з відповідними симптомами [55].

Показання до видалення різних проксимальних імплантатів стегової кістки (DHS-гвинт і PFN-стрижні) були описані Куклою і співавт. [56]. **Абсолютними показаннями до видалення вважали аваскулярний некроз головки стегової кістки, наявність глибокої інфекції, перелом нижче від імплантату й прорізування імплантату.** Видалення PFN-стрижнів у пацієнтів віком молодше за 60 років також розглядалося як більш менш абсолютний показник через ризик іпсилатеральних переломів дистальніше від імплантату. **Але в усіх інших випадках дослідники радять інформувати пацієнта про дисбаланс між потенційними перевагами й ускладненнями перед видаленням.** Креттек і Моммсен описали такі поради у своєму огляді [57]. З 13 статей у 6 проаналізували ефект після видалення інтрамедулярних стрижнів. Біль у коліні — одна з найчастіших скарг після остеосинтезу кісток гомілки стрижнем і основне показання до його видалення. Keating et al., Karladani et al. і Voerger et al. визначили, що приблизно половина пацієнтів із болем у передньому відділі коліна від видалення стрижня відмічає позитивний ефект (22/49, 40/75 і 9/16 відповідно) [49, 58, 59]. Однак за результатами останнього дослідження визначалося, що в 4/16 безсимптомних пацієнтів з'явився біль у передньому відділі коліна після видалення стрижня. Останні дослідження свідчать, що біль у передньому відділі коліна може виникнути внаслідок інших причини, таких як ятрогенне пошкодження підколінного нерва, і ця проблема не буде розв'язана шляхом видалення стрижня, навпаки, після нього скарги можуть посилитися [60]. Покращення самопочуття було описано в 72 % пацієнтів, але 17 % передопераційних безсимптомних пацієнтів повідомили про (нові) довгострокові скарги при подальшому спостереженні [61, 62]. Ускладнення під час видалення інтрамедулярного стрижня виникають че-

рез невдачі при видаленні імплантату та ятрогенні переломи [63, 64]. **Усі автори стверджують, що рутинне видалення не показано і його слід оцінювати критично в безсимптомних пацієнтів.**

За результатами ретроспективного дослідження, опублікованого в 2001 р., проведена оцінка зменшення болю в дистальному відділі гомілки й малоомілкової кістки після видалення імплантату з приводу нестабільного перелому кісточок. Хоча в групі з 29 пацієнтів інтенсивність болю загалом зменшилася, майже половина з них ще відчувала біль і негативно оцінювала функціональні результати [65]. Переваги видалення імплантатів зі стопи й гомілковостопного суглоба були описані в проспективному дослідженні 69 пацієнтів, які перенесли планове видалення імплантатів. Зниження болю і висока частота задоволеності пацієнтів описані в 91 % пацієнтів [66].

Отже, за результатами аналізу вищезазначених літературних джерел можна стверджувати, що на сьогодні більшість показань до видалення металофіксаторів є відносними, тобто насправді не є необхідними і часто обумовлені скаргами й симптомами пацієнтів. Біль, функціональні порушення, помітний металофіксатор, можливі проблеми в майбутньому й прохання пацієнтів є основними прикладами відносних показань до видалення. Абсолютними показаннями до видалення є аваскулярний некроз головки стегової кістки, глибока інфекція і прорізування імплантату. Корозія і можлива роль металу імплантатів у генезі раку більше не є загальноприйнятими причинами для видалення. Хірурги й пацієнти більш обізнані про відповідні показання й очікування щодо ризиків і переваг видалення імплантату. Можливість післяопераційних ускладнень або збільшення скарг є важливими причинами залишити імплантат на місці [27, 28, 30, 67].

Загалом рівень ускладнень після видалення імплантатів значно різниться в окремих дослідженнях. Ризик розвитку побічних ефектів коливається від 0 до 1 % для післяопераційної гематоми, до 14 % — для інфікування рани, 1–29 % — для пошкодження нерва, 1–30 % — для рефракції і до 9 % — для одержання косметично руйнівного рубця [27, 28, 40–42, 44–46, 68]. Однак у симптоматичних пацієнтів ці недоліки прийнятні як одна з потенційних переваг видалення імплантату, що може в перспективі зменшити ці скарги. З іншого боку, безсимптомним пацієнтам заведено залишати імплантат. Оперативне лікування перелому й подальше видалення імплантату з верхньої частини кінцівки відрізняється від нижньої кінцівки тим, що кістки менші й не несуть масу тіла, частіше використовуються пластини, ніж цвяхи, ризик травми нерва вищий (наприклад, променевий нерв на плечовій кістці) і рубці більш виражені. Натомість більшість показань до видалення (наприклад, біль, функціональні порушення) не дуже відрізняються між кінцівками. Але з переходом від планового видалення до видалення лише в симптоматичних пацієнтів останніми роками кількість випадків рефракції зменшилася. З огляду на наявність зна-

чної кількості ускладнень процедура видалення може бути дуже складною, і її можна рекомендувати лише в симптоматичних пацієнтів після належної усвідомленої згоди.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Beaupre G.S., Csongradi J.J. Refracture risk after plate removal in the forearm. *J. Orthop. Trauma.* 1996. 10(2). 87-92. DOI: 10.1097/00005131-199602000-00003.
2. Hanson B., van der Werken C., Stengel D. Surgeons' beliefs and perceptions about removal of orthopaedic implants. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2008. 9. 73. DOI: 10.1186/1471-2474-9-73.
3. Busam M.L., Esther R.J., Obremskey W.T. Hardware removal: indications and expectations. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2006 Feb. 14(2). 113-20. DOI: 10.5435/00124635-200602000-00006.
4. Loder R.T., Feinberg J.R. Orthopaedic implants in children: survey results regarding routine removal by the pediatric and nonpediatric specialists. *J. Pediatr. Orthop.* 2006 Jul-Aug. 26(4). 510-9. DOI: 10.1097/01.bpo.0000214924.02939.62.
5. Bostman O., Pihlajamaki H. Routine implant removal after fracture surgery: a potentially reducible consumer of hospital resources in trauma units. *J. Trauma.* 1996 Nov. 41(5). 846-9. DOI: 10.1097/00005373-199611000-00013.
6. Molster A., Behring J., Gjerdet N.R., Ekland A. Removal of osteosynthetic implants. *Tidsskr Nor. Laegeforen.* 2002 Sep 30. 122(23). 2274-6. PMID: 12448267.
7. Jamil W., Allami M., Choudhury M.Z., Mann C., Bagga T., Roberts A. Do orthopaedic surgeons need a policy on the removal of metalwork? A descriptive national survey of practicing surgeons in the United Kingdom. *Injury.* 2008 Mar. 39(3). 362-7. DOI: 10.1016/j.injury.2007.10.028.
8. Black J. Does corrosion matter? *J. Bone Joint Surg. Br.* 1988 Aug. 70(4). 517-20. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.70B4.3403590>.
9. Levine D.L., Staehle R.W. Crevice corrosion in orthopedic implant metals. *J. Biomed. Mater. Res.* 1977 Jul. 11(4). 553-61. DOI: 10.1002/jbm.820110410.
10. Thomas K.A., Cook S.D., Harding A.F., Haddad R.J. Jr. Tissue reaction to implant corrosion in 38 internal fixation devices. *Orthopedics.* 1988 Mar. 11(3). 441-51. DOI: 10.3928/0147-7447-19880301-09.
11. Grogan C.H. Experimental studies in metal carcinogenesis. VIII. On the etiological factor in chromate cancer. *Cancer.* 1957 May-Jun. 10(3). 625-38.
12. Hallab N., Merritt K., Jacobs J.J. Metal sensitivity in patients with orthopaedic implants. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2001 Mar. 83-A(3). 428-36. DOI: 10.2106/00004623-200103000-00017.
13. Thomas P., Thomsen M. [Allergy diagnostics in implant intolerance]. *Orthopade.* 2008 Feb. 37(2). 131-5. DOI: 10.1007/s00132-008-1194-8.
14. Muller A., Schneider, editor. *Manual of Internal Fixation.* 2nd ed. New York: Springer; 1979.
15. Kettunen J., Kroger H., Bowditch M., Joukainen J., Suomalainen O. Bone mineral density after removal of rigid plates from forearm fractures: preliminary report. *J. Orthop. Sci.* 2003. 8(6). 772-6. DOI: 10.1007/s00776-003-0718-7.
16. Rosson J.W., Petley G.W., Shearer J.R. Bone structure after removal of internal fixation plates. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1991 Jan. 73(1). 65-7. DOI: 10.1302/0301-620X.73B1.1991777.
17. Rosson J., Murphy W., Tonge C., Shearer J. Healing of residual screw holes after plate removal. *Injury.* 1991 Sep. 22(5). 383-4. DOI: 10.1016/0020-1383(91)90100-s.
18. du Preez L.A., Butow K.W., Swart T.J. Implant failure due to titanium hypersensitivity/allergy? Report of a case. *SADJ.* 2007 Feb. 62(1). 22, 4-5. PMID: 17427726.
19. Krischak G.D., Gebhard F., Mohr W., Krivan V., Ignatius A., Beck A. et al. Difference in metallic wear distribution released from commercially pure 16 titanium compared with stainless steel plates. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2004 Mar. 124(2). 104-13. DOI: 10.1007/s00402-003-0614-9.
20. Serhan H., Slivka M., Albert T., Kwak S.D. Is galvanic corrosion between titanium alloy and stainless steel spinal implants a clinical concern? *Spine J.* 2004 Jul-Aug. 4(4). 379-87. DOI: 10.1016/j.spinee.2003.12.004.
21. Ehlinger M., Adam P., Simon P., Bonnomet F. Technical difficulties in hardware removal in titanium compression plates with locking screws. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2009 Sep. 95(5). 373-6. DOI: 10.1016/j.otsr.2009.03.020.
22. Richards R.G. The effect of surface roughness on fibroblast adhesion in vitro. *Injury.* 1996. 27 Suppl 3. SC38-43. DOI: 10.1016/0020-1383(96)89031-0.
23. Meredith D.O., Riehle M.O., Curtis A.S., Richards R.G. Is surface chemical composition important for orthopaedic implant materials? *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2007 Feb. 18(2). 405-13. DOI: 10.1007/s10856-006-0706-5.
24. Hayes J.S., Seidenglanz U., Pearce A.I., Pearce S.G., Archer C.W., Richards R.G. Surface polishing positively influences ease of plate and screw removal. *Eur. Cell. Mater.* 2010. 19. 117-26. DOI: 10.22203/ecm.v019a12.
25. Pearce A.I., Pearce S.G., Schwieger K., Milz S., Schneider E., Archer C.W. et al. Effect of surface topography on removal of cortical bone screws in a novel sheep model. *J. Orthop. Res.* 2008 Oct. 26(10). 1377-83. DOI: 10.1002/jor.20665.
26. Hayes J.S., Vos D.I., Hahn J., Pearce S.G., Richards R.G. An in vivo evaluation of surface polishing of TAN intermedullary nails for ease of removal. *Eur. Cell. Mater.* 2009. 18. 15-26. DOI: 10.22203/ecm.v018a02.
27. Sanderson P.L., Ryan W., Turner P.G. Complications of metalwork removal. *Injury.* 1992. 23(1). 29-30. DOI: 10.1016/0020-1383(92)90121-8.
28. Richards R.H., Palmer J.D., Clarke N.M. Observations on removal of metal implants. *Injury.* 1992. 23(1). 25-8. DOI: 10.1016/0020-1383(92)90120-h.
29. Minkowitz R.B., Bhadsavle S., Walsh M., Egol K.A. Removal of painful orthopaedic implants after fracture union. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2007 Sep. 89(9). 1906-12. DOI: 10.2106/JBJS.F.01536.
30. Muller-Farber J. [Metal removal after osteosyntheses. Indications and risks]. *Orthopade.* 2003 Nov. 32(11). 1039-57; quiz 58. DOI: 10.1007/s00132-003-0577-0.

31. Krettek C., Muller C., Meller R., Jagodzinski M., Hildebrand F., Gaulke R. Is routine implant removal after trauma surgery sensible? *Unfallchirurg.* 2012 Apr. 115(4). 315-22. DOI: 10.1007/s00113-012-2159-2.
32. Raney E.M., Freccero D.M., Dolan L.A., Lighter D.E., Fillman R.R., Chambers H.G. Evidence-based analysis of removal of orthopaedic implants in the pediatric population. *J. Pediatr. Orthop.* 2008 Oct-Nov. 28(7). 701-4. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181875b60.
33. Morshed S., Humphrey M., Corrales L.A., Millett M., Hoffinger S.A. Retention of flexible intramedullary nails following treatment of pediatric femur fractures. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2007 Sep. 127(7). 509-14. DOI: 10.1007/s00402-007-0286-y.
34. Gorter E.A., Vos D.I., Sier C.F., Schipper I.B. Implant removal associated complications in children with limb fractures due to trauma. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 2011 Dec. 37(6). 623-7. DOI: 10.1007/s00068-011-0087-4.
35. Berkes M., Obremsky W.T., Scannell B., Ellington J.K., Hymes R.A., Bosse M. Maintenance of hardware after early postoperative infection following fracture internal fixation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2010 Apr. 92(4). 823-8. DOI: 10.2106/JBJS.I.00470.
36. Rightmire E., Zurakowski D., Vrahas M. Acute infections after fracture repair: management with hardware in place. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2008 Feb. 466(2). 466-72. DOI: 10.1007/s11999-007-0053-y.
37. Trampuz A., Widmer A.F. Infections associated with orthopedic implants. *Curr. Opin. Infect. Dis.* 2006 Aug. 19(4). 349-56. DOI: 10.1097/01.qco.0000235161.85925.e8.
38. Trampuz A., Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices. *Injury.* 2006 May. 37 Suppl 2. S59-66. DOI: 10.1016/j.injury.2006.04.010.
39. Vos D., Hanson B., Verhofstad M. Implant removal of osteosynthesis: the Dutch practice. Results of a survey. *J. Trauma Manag. Outcomes.* 2012. 6(1). 6. DOI: 10.1186/1752-2897-6-6.
40. Hidaka S., Gustilo R.B. Refracture of bones of the forearm after plate removal. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1984 Oct. 66(8). 1241-3. PMID: 6490698.
41. Deluca P.A., Lindsey R.W., Ruwe P.A. Refracture of bones of the forearm after the removal of compression plates. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1988 Oct. 70(9). 1372-6. PMID: 3182889.
42. Rumball K., Finnegan M. Refractures after forearm plate removal. *J. Orthop. Trauma.* 1990. 4(2). 124-9. DOI: 10.1097/00005131-199004020-00004.
43. Labosky D.A., Cermak M.B., Waggy C.A. Forearm fracture plates: to remove or not to remove. *J. Hand Surg. Am.* 1990 Mar. 15(2). 294-301. DOI: 10.1016/0363-5023(90)90112-5.
44. Langkamer V.G., Ackroyd C.E. Removal of forearm plates. A review of the complications. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1990 Jul. 72(4). 601-4. DOI: 10.1302/0301-620X.72B4.2380210.
45. Rosson J.W., Shearer J.R. Refracture after the removal of plates from the forearm. An avoidable complication. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1991 May. 73(3). 415-7. DOI: 10.1302/0301-620X.73B3.1670441.
46. Chia J., Soh C.R., Wong H.P., Low Y.P. Complications following metal removal: a follow-up of surgically treated forearm fractures. *Singapore Med. J.* 1996 Jun. 37(3). 268-9. PMID: 8942225.
47. Gyuricza C., Carlson M.G., Weiland A.J., Wolfe S.W., Hotchkiss R.N., Daluiski A. Removal of locked volar plates after distal radius fractures. *J. Hand Surg. Am.* 2011 Jun. 36(6). 982-5. DOI: 10.1016/j.jhsa.2011.03.032.
48. Lovald S., Mercer D., Hanson J., Cowgill I., Erdman M., Robinson P. et al. Complications and hardware removal after open reduction and internal fixation of humeral fractures. *J. Trauma.* 2011 May. 70(5). 1273-7; discussion 7-8. DOI: 10.1097/TA.0b013e318215bedd.
49. Boerger T.O., Patel G., Murphy J.P. Is routine removal of intramedullary nails justified. *Injury.* 1999 Mar. 30(2). 79-81. DOI: 10.1016/s0020-1383(98)00200-9.
50. Husain A., Pollak A.N., Moehring H.D., Olson S.A., Chapman M.W. Removal of intramedullary nails from the femur: a review of 45 cases. *J. Orthop. Trauma.* 1996. 10(8). 560-2. DOI: 10.1097/00005131-199611000-00009.
51. Brumback R.J., Ellison T.S., Poka A., Bathon G.H., Burgess A.R. Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part III: Long-term effects of static interlocking fixation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1992 Jan. 74(1). 106-12. PMID: 1733998.
52. Toms A.D., Morgan-Jones R.L., Spencer-Jones R. Intramedullary femoral nailing: removing the nail improves subjective outcome. *Injury.* 2002 Apr. 33(3). 247-9. DOI: 10.1016/s0020-1383(01)00145-0.
53. Dodenhoff R.M., Dainton J.N., Hutchins P.M. Proximal thigh pain after femoral nailing. Causes and treatment. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1997 Sep. 79(5). 738-41. DOI: 10.1302/0301-620x.79b5.7345.
54. Gosling T., Hufner T., Hankemeier S., Zelle B.A., Muller-Heine A., Krettek C. Femoral nail removal should be restricted in asymptomatic patients. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004 Jun(423). 222-6. DOI: 10.1097/01.blo.0000130208.90879.67.
55. Hui C., Jorgensen I., Buckley R., Fick G. Incidence of intramedullary nail removal after femoral shaft fracture healing. *Can. J. Surg.* 2007 Feb. 50(1). 13-8. PMID: 17391610.
56. Kukla C., Gaebler C., Mousavi M., Vecsei V., Heinz T. Indications for Implant Removal in Healed Proximal Femoral Fractures. *Acta Chir. Austriaca.* 2000. 32. 196-8. DOI: 10.1007/bf02949264.
57. Krettek C., Mommsen P. Implant removal after intramedullary osteosyntheses. Literature review, technical details, and tips and tricks. *Unfallchirurg.* 2012 Apr. 115(4). 299-314. DOI: 10.1007/s00113-012-2158-3.
58. Keating J.F., Orfaly R., O'Brien P.J. Knee pain after tibial nailing. *J. Orthop. Trauma.* 1997 Jan. 11(1). 10-3. DOI: 10.1097/00005131-199701000-00004.
59. Karladani A.H., Ericsson P.A., Granhed H., Karlsson L., Nyberg P. Tibial intramedullary nails — should they be removed? A retrospective study of 71 patients. *Acta Orthop.* 2007 Oct. 78(5). 668-71. DOI: 10.1080/17453670710014374.
60. Leliveld M.S., Verhofstad M.H. Injury to the infrapatellar branch of the saphenous nerve, a possible cause for anterior knee pain after tibial nailing? *Injury.* 2011. 43(6). 779-83. DOI: 10.1016/j.injury.2011.09.002.
61. Sidky A., Buckley R.E. Hardware removal after tibial fracture has healed. *Can. J. Surg.* 2008 Aug. 51(4). 263-8. PMID: 18815648.

62. Gosling T., Hufner T., Hankemeier S., Muller U., Richter M., Krettek C. [Indication for removal of tibial nails]. *Chirurg.* 2005 Aug. 76(8). 789-94. DOI: 10.1007/s00104-005-1027-9.

63. Im G.I., Lee K.B. Difficulties in removing ACE tibial intramedullary nail. *Int. Orthop.* 2003. 27(6). 355-8. DOI: 10.1007/s00264-003-0503-4.

64. Seligson D., Howard P.A., Martin R. Difficulty in removal of certain intramedullary nails. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1997 Jul. (340). 202-6. DOI: 10.1097/00003086-199707000-00026.

65. Brown O.L., Dirschl D.R., Obrebsky W.T. Incidence of hardware-related pain and its effect on functional outcomes after open reduction and internal fixation of ankle

fractures. *J. Orthop. Trauma.* 2001 May. 15(4). 271-4. DOI: 10.1097/00005131-200105000-00006.

66. Williams A.A., Witten D.M., Duester R., Chou L.B. The benefits of implant removal from the foot and ankle. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2012 Jul 18. 94(14). 1316-20. DOI: 10.2106/JBJS.J.01756.

67. Georgiadis G.M. Percutaneous removal of buried ante-grade femoral nails. *J. Orthop. Trauma.* 2008 Jan. 22(1). 52-5. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318157379e.

68. Jago E.R., Hindley C.J. The removal of metalwork in children. *Injury.* 1998 Jul. 29(6). 439-41. DOI: 10.1016/s0020-1383(98)00080-1.

Отримано/Received 07.01.2023

Рецензовано/Revised 14.01.2023

Прийнято до друку/Accepted 21.01.2023 ■

O.V. Verkhovskiy

Zhytomyr Regional Herbachevskiy Clinical Hospital, Zhytomyr, Ukraine

Indications for removal of metal fixators after consolidation of bone fractures (literature review)

Abstract. Complete union of the fracture and restoration of limb function does not always mean the end of the treatment of a particular injury. The next stage of surgical treatment of bone fractures, as a rule, is the removal of internal structures, with the help of which osteosynthesis was carried out. Medical indications for surgical removal of metal implants are poorly defined and there are various points of view on this problem among surgeons of different countries; the indications depend on the patient's state, anatomical areas, and implant materials. An analytical review of literature sources proved that pain,

functional impairment, a visible metal fixator, possible future problems and patient requests are relative indications for the removal of implants. Absolute indications for removal are avascular necrosis of the femoral head, deep infection, and implant perforation. Given the number of complications, the removal procedure can be very difficult and should only be recommended only in symptomatic patients after proper informed consent.

Keywords: analysis of literature sources; removal of metal fixators; indications for surgical treatment