УДК 616.718.71-001.5-121-56-089

АНАТОМО-БІОМЕХАНІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕЛОМІВ ТАРАННОЇ КІСТКИ ТА ЇХ ОСТЕОСИНТЕЗ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗУСТРІЧНО-КОМПРЕСУЮЧИХ ГВИНТІВ

А. М. Турчин[3], А. П. Лябах[1], М. Л. Анкін[3], Т. М. Омельченко[2], Ю. Й. Бессарабець[4]
[1]ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ
[2]Національний медичний університет імені О. О. Богомольца, м. Київ, Україна
[3]Київська обласна клінічна лікарня № 1, Україна
[4]Національний технічний інститут України "Київський політехнічний інститут"

ANATOMICAL AND BIOMECHANICAL ASPECTS OF THE TALUS FRACTURES AND OSTEOSYNTHESIS WITH USE OF OPPOSING-COMPRESSION SCREWS

A. M. Turchyn, A. P. Liabakh, M. L. Ankin, T. M. Omelchenko, Yu. Yo. Bessarabets

It is reported about talus fracture treatment method well-founded from the perspective of the anatomy and biomechanics. The method includes an appropriate reposition and stable fixation of bone fragments from minimally invasive surgical approach using cannulated self-cutting compression screw. The particular feature of the procedure is that it is performed only from one surgical approach, the screw has experimentally well-founded optimal sizes for the talus, inner canal of the screw with diameter 1.5 mm allows to use an usual Kirshner wire as a guide and provisional one, the screw at the same time serves as a borer and a thread-cutting tool and the difference between steps of threaded portions provides 0.5 mm compression by each rotation.

Analysis of treatment results in 11 patients showed that the average functional result according to the AOFAS scale at 3-month follow-up was 58±2.7 points, at 6 month 76±1.4 points. In the 12-month follow-up period which was calculated for 5 patients the mean value of functional ability of the foot according to the AOFAS scale was 94.6±3.9 points. In most patients the consolidation of fractures was achieved within 2–2.5 months after the operation. In the postoperative period there was no one case of avascular necrosis of the talus.

Key words: talus, fractures, osteosynthesis, opposing-compression screws.

АНАТОМО-БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕЛОМОВ ТАРАННОЙ КОСТИ И ИХ ОСТЕОСИНТЕЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВСТРЕЧНО-КОМПРЕССИРУЮЩИХ ВИНТОВ

А. М. Турчин, А. П. Лябах, Н. Л. Анкин, Т. Н. Омельченко, Ю. И. Бессарабец

В работе с позиций анатомии и биомеханики обоснован способ лечения переломов таранной кости, который предполагает адекватную репозицию и стабильную фиксацию костных отломков из минимально травматического хирургического доступа с применением канюлированного самонарезающего встречно-компрессирующего винта. Особенность процедуры заключается в том, что она выполняется только из одного хирургического доступа, винт имеет экспериментально обоснованные, оптимальные для таранной кости размеры, внутренний канал винта диаметром 1,5 мм позволяет использовать стандартную спицу Киршнера как направляющую и провизорную, винт одновременно выполняет функцию сверла и мечика, а разница между шагами резьбовых частей обеспечивает 0,5 мм компрессии на каждом обороте.

Анализ результатов лечения 11 больных показал, что средний функциональный результат по AOFAS в 3-месячный срок наблюдения составил 58±2,7 баллов, в 6-месячный срок 76±1,4 балла. В 12-месячный срок наблюдения, рассчитанный для 5 больных, средний показатель функциональной способности стопы по AOFAS составил 94,6±3,9 баллов. У большинства больных консолидация переломов констатирована в сроки 2–2,5 месяца после операции. В послеоперационном периоде ни одного случая асептического некроза таранной кости не наблюдалось.

Ключевые слова: таранная кость, переломы, остеосинтез, встречно-компрессирующие винты.

Вступ

Переломи таранної кістки є другими за частотою серед переломів кісток передплесни і становлять менше 1% від усіх переломів кісток скелета, близько 2% — у загальній структурі переломів нижньої кінцівки і 5–7% пошкоджень кісток стопи [1, 3–5, 9, 18, 22].

За механізмом пошкодження більшість переломів таранної кістки виникає внаслідок непрямої травми, під впливом сили надмірного розгинання стопи значної

величини при контакті з площиною опори або ґрунту, а у завершальній фазі травми — дії додаткових ротаційних сил на стопу. В основному, такі пошкодження викликаються складними високоенергетичними травмами в результаті падіння з висоти або під час дорожньо-транспортних пригод (водії або пасажири автомобілів) [1, 5, 6, 15].

Особливості анатомії таранної кістки

Таранна кістка має основне живлення з артерії тарзального каналу і *sinus tarsi*. Єдине місце, яке не має великих перфорантних артерій, знаходиться в ділянці її передньолатерального відростка, що потрібно враховувати при плануванні місця для введення фіксаторів при остеосинтезі.

Внутрішньокісткове кровопостачання тіла таранної кістки відбувається в напрямку від задньої частини шийки в її тіло, тому переломи зі зміщенням, що локалізуються в задній частині шийки, найбільш несприятливі в аспекті розвитку асептичного некрозу таранної кістки [12, 13, 16, 17].

Хоча частота переломів таранної кістки відносно не велика, наслідки несвоєчасного або неправильного лікування часто призводять до ускладнень у вигляді аваскулярного некрозу таранної кістки, неправильної консолідації переломів, тяжких нейродистрофічних розладів пошкодженої кінцівки, дегенеративно-деструктивних процесів в усіх суміжних з таранної кісткою суглобах, порушення біомеханіки ходьби й опорної функції кінцівки. Усе це швидко призводить до значного зниження якості життя, втрати працездатності й необхідності виконання складних реконструктивних операцій [2, 8, 10, 11, 22]. Частота незадовільних результатів лікування переломів таранної кістки — від 30 до 70% [3, 5, 6]. Основною причиною такого стану є асептичний некроз тіла таранної кістки, який спостерігається, за різними даними, від 11,5 до 21,5% випадків від усіх переломів таранної кістки [5, 22].

При цьому, тяжкість ушкодження кістки, як безпосередня причина асептичного некрозу, є вагомим фактором лише у 28% випадків, усі інші обумовлені діагностичними помилками, недооцінкою тяжкості цього ушкодження і можливостей оперативного лікування, намаганням уникнути хірургічних ускладнень, а тому більшої схильності до консервативного лікування [5, 6, 10, 14].

Застосування неадекватних хірургічних доступів, груба хірургічна техніка спричиняють неточну репозицію, поглиблення порушень кровообігу, аваскулярний некроз таранної кістки, а у разі неправильного зрощення кісткових уламків — викликають деформівний остеоартроз суглобів заднього відділу стопи та некомпенсовані деформації стопи [4, 5].

Отже, визначальною для анатомо-функціонального результату та оптимальних строків зрощення переломів таранної кістки, вважають проблему точного анатомічного співставлення фрагментів ушкодженої кістки та стабільної їх фіксації, за умови мінімально травматичного хірургічного доступу з урахуванням особливостей кровопостачання таранної кістки [12, 19–21].

Усе це вказує на необхідність ретельного передопераційного обстеження при формуванні тактики лікування та плануванні оперативного втручання. У більшості випадків, крім рентгенологічного дослідження необхідно виконувати комп'ютерну томографію, що значно розширює уявлення хірурга про поширеність перелому, його тип і характер зміщення уламків, а відтак дозволяє зрозуміти і можливий ступінь порушення кровообігу та обґрунтувати вибір оптимальної хірургічної тактики [4, 5, 12].

Таким чином, питання розробки способів лікування переломів таранної кістки з урахуванням анатомічних її особливостей та аспектів біомеханіки пошкодження, репозиції та остеосинтезу залишаються актуальними як в медичному, так і в соціальному плані.

Аспекти традиційних підходів до остеосинтезу таранної кістки

В ортопедо-травматологічній практиці для остеосинтезу центральних переломів таранної кістки застосовуються традиційні 3,5 мм кортикальні та малеолярні гвинти системи АО в поєднанні із застосуванням металевих шпиць Кіршнера, що вводяться з різних доступів або їх комбінацій — передньо-латерального, передньо-медіального, серединного дорсального, задньо-латерального.

Указані хірургічні доступи найчастіше комбінуються та застосовуються залежно від локалізації, лінії перелому та ступеня зміщення уламків для забезпечення репозиції кісткових фрагментів, *оскільки застосування традиційних металоконструкцій для фіксації уламків не дозволяє досягти адекватної репозиції та надійної фіксації лише з одного мінімально травматичного доступу.*

Недоліками цих операційних доступів часто є їх надмірна травматичність, що значно погіршує кровопостачання таранної кістки.

Недоліками металоконструкцій є:

1) однонаправленість компресії від дистального уламка до проксимального, що далеко не завжди клінічно доцільно та/або достатньо;

2) обмеженість можливостей щодо компресії та фіксації;

3) руйнування та втрата губчатої частини кістки по діаметру каналу;

4) не врахування анатомічних особливостей таранної кістки.

Для покращання результатів хірургічного лікування хворих при переломах таранної кістки та оптимізації остеосинтезу, на підставі проведених анатомічних і експериментальних досліджень, нами розроблена серія спеціальних канюльованих гвинтів для таранної кістки із зустрічно-компресуючим механізмом дії. У техніці такі гвинти називають диференційними. Конструктивно такі гвинти виконують з двома різьбами з однаковим діаметром та шагом, але з різним направленням різьби (права і ліва) або з двома різьбами різного діаметру і шага. Принцип дії таких гвинтів заснований на різниці лінійних переміщень ділянок з різним діаметром і шагом за один оберт усього гвинта.

Технічні особливості фіксаторів з принципом зустрічної компресії

Відома конструкція зустрічно-компресуючого гвинта, який має головку, тіло та дві різьбові частини різного

діаметра: у підголовчастій частині гвинта діаметр різьби — 6,5 мм, на протилежній частині гвинта діаметр різьби — 4,5 мм. Довжина кожної різьби коливається в межах від 5 до 30 мм. Розташоване між двома різьбами тіло гвинта не має різьби, його довжина коливається від 9 до 37 мм, а діаметр — 4 мм [7]. Недоліками цієї конструкції, що унеможливлюють її використання для остеосинтезу таранної кістки є передусім її значні розміри та велика різниця шагу між різьбою меншого і більшого діаметрів. Відомо, що проміжок між уламком та кісткою, який потрібно усунути при репозиції та остеосинтезі, становить від 2 мм. При різниці шагу 1,5 мм ця відстань виходить за межі двох обертів гвинта, тобто лише 2 витки різьби більшого діаметра вкручуються в уламок. Фактичні розміри відомого гвинта не дозволяють застосувати його для фіксації таранної кістки через мініатюрність кісткових фрагментів та загрозу їх додаткового руйнування. Більший шаг різьби може призвести до самовигвинчування конструкції при нерівномірних навантаженнях. Крім того, у відомій конструкції гвинта не передбачено можливості для самонарізання різьби у кісткових фрагментах, що обумовлює необхідність додаткових етапів із застосуванням мітчика, а відтак подовжує час операції і створює загрозу втрати репозиції. Відсутність внутрішнього каналу обумовлює додаткові складнощі при його проведенні, що пов'язані з подовженням часу операції та загрозою спонтанної втрати напрямку введення. Остеосинтез, що виконується за допомогою направляючої провізорної шпиці, виконується значно легше, швидше і точніше.

Анатомо-біомеханічні аспекти розробленого фіксатора для остеосинтезу

Завдання розробленого фіксатора полягає в мінімізації кількості та розмірів хірургічного доступу, зменшенні травматичності та попередженні порушень кровопостачання таранної кістки під час хірургічного втручання, максимальному збереженні кісткової тканини та зменшенні часу хірургічного втручання, спрощенні процедури репозиції та остеосинтезу при забезпеченні надійної фіксації з міжфрагментарною компресією кісткових уламків.

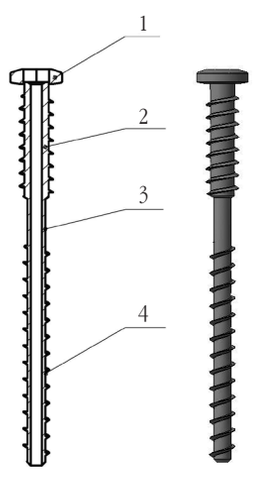
В основу гвинта покладений принцип зустрічної компресії, що створюється завдяки різному шагу та діаметру різьби на проксимальній та дистальній частинах гвинта, а також малотравматичний доступ і полегшений спосіб введення гвинта, завдяки наявності канюлі та мітчика зі стружковою канавкою у передній частині різьб. Технічний результат полягає у підвищенні ефективності лікування хворих з переломами таранної кістки завдяки можливості з оптимального, мінімально травматичного передньо-латерального доступу, забезпечити адекватну репозицію та фіксацію кісткових уламків із забезпеченням міжфрагментарної компресії та максимальним збереженням кісткової тканини.

При цьому, при оперативну лікуванні переломів таранної кістки передбачається можливість адекватної репозиції та стабільної фіксації кісткових уламків з одного хірургічного доступу із застосуванням канюльованого самонарізного зустрічно-компресуючого гвинта власної конструкції, що включає головку з 3,5 мм шестигранним шліцом, тіло та дві різьбові частини з упорним профілем різьби діаметром 3,5 мм, що має шаг 2,25 мм, та 4,5 мм із шагом 1,75 мм, між якими тіло гвинта довжиною 16 мм не має різьби. Відмінною особливістю є також внутрішній канал діаметром 1,5 мм, який дозволяє використовувати стандартну шпицю Кіршнера як направляючу, що забезпечує можливість точної репозиції та попередньої фіксації уламків, збільшує точність і зменшує травматичність при введенні гвинта, а різниця між шагом різьбових частин забезпечує 0,5 мм компресії на кожному оберті. Останнє забезпечує можливість усунення залишкових зміщень, створення достатньої міжфрагментарної компресії та надійної фіксації.

Особливості методики відкритої репозиції та остеосинтезу

Після відповідної підготовки з передньо-латерального доступу до таранної кістки проводиться ревізія перелому, репозиція уламків та провізорна фіксація за допомогою шпиці Кіршнера з передньо-латеральної поверхні шийки таранної кістки в тіло таранної кістки у задньомедіальному напрямку. За умови адекватної репозиції уламків, що встановлюється на підставі інтраопераційного рентгенконтролю, на відстані 5–7 мм паралельно до першої шпиці проводиться друга деротаційна шпиця Кіршнера. У подальшому, по першій направляючій шпиці, без застосування розсвердлювання, вводиться самонарізний канюльований гвинт відповідного розміру розробленої конструкції.

Суть розробленого способу остеосинтезу пояснюється наочно на рис. 1, де представлено загальний вигляд зустрічно-компресуючого гвинта на кресленні та у 3D зображенні, а також на рис. 2, де показано механізм взаємодії гвинта з кісткою.



а *б*

Рис. 1. Схематичне зображення зустрічно-компресуючого гвинта:
а — креслення гвинта (1 — головка; 2 — різьба діаметром 4,5 мм; 3 — тіло гвинта; 4 — різьба діаметром 3,5 мм);
б — вигляд гвинта у 3D моделі

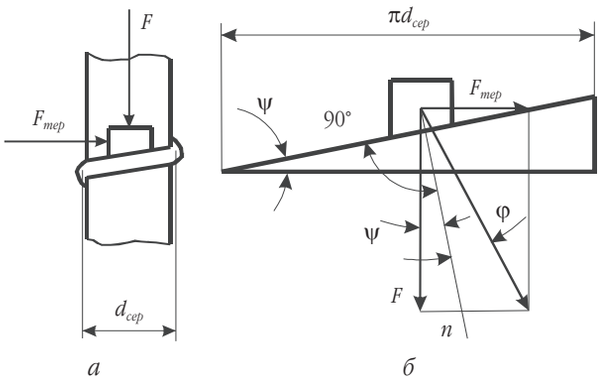


Рис. 2. Схема механізму взаємодії гвинта з кісткою:
а — просторова крива взаємодії гвинта з кісткою;
б — розвертка одного витка по середньому діаметру різьби:
F — сила компресії, $d_{сер}$ — середній діаметр різьби,
ψ — кут підйому різьби,
n — промінь, перпендикулярний направленню гвинта,
$F_{тер}$ — складова сили тертя, φ — кут тертя

Технічні та анатомо-біомеханічні аспекти фіксатора та остеосинтезу

Конструктивні параметри різьбових частин канюльованого самонарізного зустрічно-компресуючого гвинта для остеосинтезу переломів таранної кістки наведено в таблиці.

Таблиця

Основні конструктивні параметри різьбових частин гвинта

Параметри	Різьба малого діаметру	Різьба великого діаметру
Діаметр різьби, *мм:* — зовнішній — внутрішній — середній	 $d=3,5$ $d_1=2,4$ $d_{сер}=2,95$	 $d'=4,5$ $d'_1=3,3$ $d'_{сер}=3,9$
Крок витка, *мм*	$S=2,25$	$S'=1,75$
Висота витка, *мм*	$h=0,55$	$h'=0,6$
Кут підйому гвинтової лінії, *градуси*	ψ = 13°38′47″	ψ = 8°7′44″

Представлені технічні параметри конструкції базуються на основі натурних експериментальних досліджень та фізико-математичних розрахунків із використанням формул, які застосовуються у техніці для оцінки навантажувальної витривалості різьбових з'єднань, а також отримані в результаті експерименту при вивченні механізму взаємодії системи "кістка — уламок — гвинт".

Проведення серії натурних експериментальних досліджень на 24 препаратах свіжих таранних кісток дозволило визначити їх середній розмір у різних анатомічних зонах, що стало основою для обґрунтування оптимальних розмірів фіксатора. Експериментальне визначення фізичних показників кісткової тканини таранної кістки (модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона) дали можливість провести розрахунки для обґрунтування параметрів різьбової частини фіксатора, визначення необхідної та допустимої жорсткості фіксації та ступеня компресії. Визначення середньої площі поперечного перерізу таранної кістки на рівні найвужчої частини її шийки дозволило обґрунтувати оптимальний діаметр фіксатора, при введенні якого втрата кісткової тканини у найвужчій частині не перевищує 10–15%.

За допомогою математичних розрахунків вивчали закономірність між осьовим зусиллям різьби малого та більшого діаметрів у зустрічно-компресуючому гвинті, визначили оптимальні площі навантажувальних поверхонь різьб, оптимальну кількість витків і ширину їх кроку, необхідну довжину більшої та меншої різьб і всього зустрічно-компресуючого гвинта для створення компресії та попередження зриву різьби малого діаметра з більшим кроком у процесі вкручування гвинта в кістку. Крім того, визначали запас міцності з'єднання системи "кістка — уламок — гвинт" при статичному дозованому навантаженні. Так, для розробленого зразка в реальних умовах навантаження існує майже 10-кратний запас міцності для системи "кістка — гвинт" на зрив. Також розраховували частку моменту, що витрачається на створення осьового зусилля від повного моменту затягування зустрічно-компресуючого гвинта, яка дозволяє визначити направленість і величину компресії.

Матеріали і методи

Методика остеосинтезу з фіксацією уламків зустрічно-компресуючим гвинтом застосована в 11 хворих з переломами таранної кістки. Хворих чоловічої статі було 7, жіночої — 4. Середній вік — 39±4,8 роки. В усіх хворих спостерігалися закриті центральні переломи таранної кістки. При визначенні типу перелому та виборі тактики хірургічного лікування застосовували класифікацію L. Hawkins (1970), згідно з якою у 8 хворих встановлено переломи III типу, що характеризувалися зміщенням уламків понад 4 мм. Серед них у 5 хворих визначався *дистальний* перелом (на рівні шийки таранної кістки), у 3 хворих — *проксимальний* перелом (на рівні тіла таранної кістки). У інших 3 хворих визначали *центральний* перелом на рівні шийки таранної кістки II типу, що характеризувався нерівномірним зміщенням уламків до 2 мм.

Результати та їх обговорення

При обстеженні хворих та аналізі отриманих результатів застосовувалися методи клінічного, лабораторного, рентгенологічного обстеження, комп'ютерна томографія, а також медико-статистичний аналіз. Для оцінювання функціональних результатів застосовували систему оцінювання функціональних результатів американської асоціації хірургів стопи та гомілковостопного суглоба AOFAS для відповідного рівня стопи.

Для оцінювання результатів лікування спостереження проводилося в динаміці у 3, 6 та 12 місяців після оперативного лікування. Клінічна практика довела ефективність використання цього способу лікування та конструкції для остеосинтезу. Відомо, що визначальним строком спостереження, відносно виявлення процесу

післятравматичного асептичного аваскулярного некрозу таранної кістки є строк у 3–6 місяців. При цьому, у всіх прооперованих хворих, у строки спостереження, що становив 6 місяців, ознаки асептичного некрозу були відсутні. У термін 12 місяців нами простежено 5 хворих, у яких зафіксовано повне зрощення таранної кістки з відновленням структури кістки за даними рентгенологічного та КТ дослідження. Середній функціональний результат за AOFAS у 3-місячний строк спостереження становив 58±2,7 балів, у 6-місячний — 76±1,4 бали. У 12-місячний строк спостереження, розрахований для 5 хворих, середній показник функціональної здатності за AOFAS становив 94,6±3,9 балів. У більшості хворих консолідація переломів констатована у строки 2–2,5 місяці після операції.

Висновки

Розроблений спосіб та засіб для лікування переломів таранної кістки дозволяє покращити результати лікування обраної категорії хворих, досягти добрих функціональних результатів лікування, зменшити частоту ускладнень, скоротити термін непрацездатності та забезпечити можливість ранньої реабілітації хворих.

Література

1. *Даниляк В. И.* Переломы таранной кости / *В. И. Даниляк* // Margo anterior. — 1999. — № 5–6 (Совместное изд-е AOVASIF и МАТИС).
2. *Исмайлов Г. Р.* Расчет приемов реконструкции заднего отдела стопы / *Исмайлов Г. Р., Самусенко Д. В., Дьячкова Г. В.* // Гений ортопедии. — 2002. — № 4. — С. 81–84.
3. *Каплунов О. А.* Способ лечения посттравматических изменений таранной кости / *О. А. Каплунов, А. Г. Каплунов* // Травматол. и ортопед. России. — 2004. — № 3. — С. 35–37.
4. *Корышков Н. А.* Травма стопы / *Н. А. Корышков.* — Ярославль — Рыбинск : Рыбинский дом печати, 2006. — 208 с.
5. *Нікітін П. В.* Діагностика та лікування пошкоджень кісток стопи. — К. : Фенікс, 2005. — 192 с.
6. *Паламарчук В. В.* Лікування переломів, переломо-вивихів таранної кістки, підтаранних вивихів стопи та суміжних пошкоджень : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.01.21 "Травматологія і ортопедія" / *В. В. Паламарчук.* — Х., 2002. — 21 с.
7. Пат. № 84 716 (UA), МПК? A61B 17/00. Спосіб лікування переломів таранної кістки / *О. А. Бурянов, А. П. Лябах, Т. М. Омельченко, А. М. Турчин, Ю. Й. Бесарабець, С. В. Хомич* (UA); патентовласник Національний Медичний Університет ім. О.О. Богомольця (UA). — № 84 716; заявл. 24.05.2013; опуб. 25.10.2013, Бюл. № 20.
8. *Подвальный А. Ю.* Контрастная артрография при повреждениях голеностопного сустава / *А. Ю. Подвальный, Ю. К. Скурихин* // Ортопед., травматол. и протезир. — 1975. — № 1. — С. 62–63.
9. *Поспелова А. П.* К анатомии артерий голени и стопы человека : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.22 "Травматология и ортопедия" / *А. П. Поспелова.* — М., 1955. — 10 с.
10. *Прозоровский В. Ф.* Некоторые аспекты лечения сложных переломов блока таранной кости / Прозоровский *В. Ф., Корж С. А., Бородай А. Л.* // Ортопед., травматол. и протезир. — 2003. — № 4. — С. 67–72.
11. *Скороглядов А. В.* Лечение переломов отростков таранной кости / *Скороглядов А. В., Коробушкин Г. В., Науменко М. В.* // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии : матер. науч.-практ. конф. — М., 2008. — С. 75.
12. Сучасні уявлення про особливості анатомії і кровопостачання таранної кістки / *Турчин А. М., Омельченко Т. М., Турчин О. А., Хомич С. В.* // Літопис травматол. та ортопед. — 2013. — № 1–2. — С. 169–172.
13. *Цхакая М. И.* Кровоснабжение костей стопы / *М. И. Цхакая* // Ортопедия и травматология. — 1934. — № 3. — С. 14–28.
14. *Черкес-Заде Д. И.* Хирургия стопы / *Д. И. Черкес-Заде, Ю. Ф. Каменев.* — М. : Медицина, 1995. — 288 с.
15. *Шигарев В. М.* Наш взгляд на современное состояние проблемы лечения переломов таранной кости / *В. М. Шигарев, С. Я., Зырянов* // Гений ортопедии. — 1998. — № 2. — С. 25–28.
16. *Gelberman R. H.* The arterial anatomy of the talus / *R. H. Gelberman, W. W. Mortensen* // Foot Ankle. — 1983. — Vol. 4, № 1. — P. 64–67.
17. *Haliburton R. A.* The extra-osseous and intra-ossoeus blood supply of the talus / *R. A. Haliburton* // J. Bone Jt Surg. — 1958. — Vol. **40**-A. — P. 115–1120.
18. *Kelly P. J.* Blood supply of the talus / *P. J. Kelly* // Clin. Orthop. Relat. Res. — 1963. — Vol. 30. — P. 37–44.
19. *Mulfmger G. L.* The blood supply of the talus / *G. L. Mulfmger, J. Trueta* // J. Bone Jt Surg. — 1970. — Vol. **52**-B. — P. 160–167.
20. *Peterson L.* The arterial supply of the talus / *Peterson L., Goldie I. F., Lindell D.* // Acta. Orthop. Scand. — 1974. — Vol. 45, № 2. — P. 260–270.
21. *Rammelt S.* The value of subtalar arthroscopy in the management of intra-articular calcaneus fractures / *Rammelt S., Gavlik J. M., Barthel S.* // Foot Ankle Int. — 2002. — Vol. 23, № 10. — P. 906–916.
22. *Schatzker J.* The Rationale of Operative Fracture Care / *J. Schatzker, M. Tile.* — Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo : Springer-Verlag, 1987. — 441 p.