

Стресові переломи кісток нижньої кінцівки у військовослужбовців (Огляд літератури)

Турчин О.А.¹✉, Омельченко Т.М.², Лябах А.П.¹

Резюме. Стресові переломи (СП) є поширеною патологією серед військовослужбовців, частота яких коливається в межах від 1,5 до 31% в залежності від досліджуваних контингентів. Частіше зустрічаються переломи нижніх кінцівок, призводять до порушення функції та тривалого зниження працездатності, що обумовлює медико-соціальне та економічне значення проблеми. Невизначеними лишаються питання вчасної діагностики та вибору оптимального лікування СП нижніх кінцівок з метою мінімізації часу повернення до військової служби. **Мета.** Аналіз літературних джерел, присвячених СП кісток нижньої кінцівки у військовослужбовців. **Матеріал та методи.** Проведено пошук джерел бібліотечних даних пошукової системи PubMed за період 1952 – 2023 рр., за стратегією пошуку «stress fractures in militaries». **Результати.** Виявили 671 публікацію та значне зростання їх кількості за останні 7 років – 249; мета-аналізів – 4, рандомізованих контрольованих досліджень – 28. Інші публікації відносять до III та IV рівнів доказовості. Серед усіх публікацій лише 401 стосувались СП нижніх кінцівок у військовослужбовців. **Заключення.** СП виникають при підвищеному та повторюваному навантаженні, яке прикладається до нормальної кістки, що призводить до мікропошкоджень і переломів. Етіологія СП є багатofакторною. Основними скаргами є локалізований біль з або без набряку та болючість при пальпації, які посилюються при фізичному навантаженні. Рання діагностика має вирішальне значення та ґрунтується на ретельному зборі анамнезу, ортопедичному огляді та оцінці результатів відповідних методів візуалізації. Відповідна класифікація СП на основі типу, локалізації та ризику має значення для визначення стратегії лікування. Проведений аналіз літератури свідчить про брак протоколів лікування та профілактики СП нижніх кінцівок у військовослужбовців. Однак дані сучасної літератури з цього напрямку здебільшого низької якості та складаються з досліджень невеликої вибірки. Це обумовлює потребу подальших досліджень, особливо в аспекті профілактики та хірургічного лікування.

Ключові слова. Стресові переломи, військовослужбовці, нижня кінцівка.

Стресові переломи (СП) є частим захворюванням у військових, особливо на початку військової служби [1-3]. Частота СП становить від 1,5% до 31% в залежності від досліджуваних контингентів [4]; в армії США становить від 1 – 5 % серед чоловіків до 2 – 21% серед жінок з орієнтовною вартістю лікування 34 000 доларів США на одного військовослужбовця [3]. В армії оборони Ізраїлю частота СП становить 5,9 %, в середньому через 21 день після початку навчання [5].

До 18-го століття піхотинці рідко несли більше

15 кг під час маршу, але з того часу навантаження поступово зросли, що пояснюється вагою зброї та обладнання, які включають нові технології для підвищення захисту, вогневої потужності, зв'язку та мобільності. Навантаження спричиняють більші витрати енергії: кожен кілограм, доданий до стопи, збільшує витрати енергії на 7 – 10 %; кожен кілограм, доданий до стегна, збільшує витрати енергії на 4 % [6].

Перший опис СП в літературі належить пруському військовому лікарю Breithaupt M.D. У 1855 р. він описав солдат з набряклими болючими стопами, які через кілька десятиліть після появи рентгенографії, у 1897 р., були описані Stechow як «маршові» переломи [7,8].

✉¹ Турчин О.А., olenaturcb@gmail.com

¹ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ

У структурі СП переважають ушкодження нижньої кінцівки [7], значно частіше зустрічаються серед новобранців, ніж серед призовників [1].

Патогенез СП полягає у комбінації перевантаження, повторюваних рухів і недостатнього часу для відновлення кістки [9]. Через шість-вісім тижнів після раптового, інтенсивного та неконтрольованого фізичного навантаження або частого повторення звичайного навантаження виникає мікроперелом внаслідок трансформації пружної деформації у пластичну. Відсутність лікування спричиняє повний перелом [10]. Функція м'язів є своєрідним компенсатором ударних навантажень на кісткову тканину. При втомі, слабкості або не підготовленості м'язів ця компенсаторна дія втрачається і підвищується ризик ураження кісткової тканини [11].

Мета. Аналіз літературних джерел, присвячених СП кісток нижньої кінцівки у військовослужбовців.

Матеріал та методи

Матеріалом для роботи стали дані, отримані в результаті пошуку у бібліотечних базах даних PubMed за період 1952 – 2023 рр., за стратегією пошуку «stress fractures in militaries». Виявили 671 публікацію та значне зростання їх кількості за

останні 7 років – 249; мета-аналізів – 4, рандомізованих контрольованих досліджень – 28. Інші публікації відносять до III та IV рівнів доказовості. Серед усіх публікацій лише 401 стосувались СП нижніх кінцівок у військовослужбовців. Динаміка публікацій представлена на рис. 1.

Результати та їх обговорення

Типовий анамнез пацієнта включає швидке збільшення або зміну величини фізичного навантаження та/або інтенсивності фізичної активності в рамках програми тренувань. Це призводить до прискорення нормального ремоделювання кістки, утворення мікропереломів, розвитку стресової реакції і, в результаті, стресового перелому [12,13]. В цьому аспекті виділяють два типи: СП та патологічні переломи. Патологічні переломи виникають внаслідок застосування нормального навантаження на аномальну кістку, а СП – через застосування повторного аномального навантаження на нормальну кістку [14].

Найбільш поширеними локалізаціями СП нижньої кінцівки є великогомілкова кістка (25 %), малоомілкова кістка (16 %), п'яткова кістка (25 %), човноподібна кістка (18 %), 2-5 плеснові кістки (16 %) [8,15-18]. СП таранної кістки зустрічаються рідко [19].



Рис. 1. Діаграма динаміки публікацій стресових переломів у військовослужбовців за період 1952 – 2023 рр.

Фактори ризику СП розподіляють на зовнішні та внутрішні [3]. Зовнішні фактори пов'язані з вагою спорядження, харчовими звичками, взуттям, типом покриття [10] та специфікою навантаження [3].

Взуття, яке має погану амортизацію, зношене (користування більше шести місяців) або погано підходить для стопи військового, може бути причиною СП [20]. У Швеції перехід на черевики M90 для новобранців спричинив збільшення СП 2-ї плеснової кістки. Дана модель мала підшву більш гнучку, ніж попередня [21].

Якість тренувальної доріжки або поверхня, по якій відбувається пересування також може бути фактором ризику, якщо вона нерівна, нерегулярна або дуже жорстка [22]. Нарешті, якщо рівень фізичної підготовки новобранця недостатній, це може призвести до травми навіть без дуже великої кількості повторень [23]. Довжина маршруту є ключовим чинником ризику СП в армії, було показано, що зменшення довжини маршруту значно знижує ризик СП.

Існує зворотна залежність між мінеральною щільністю кісткової тканини та ризиком СП. Недостатнє харчування може змінити метаболізм кісток і спричинити їх виникнення [10].

Внутрішні фактори пов'язані з можливими анатомічними особливостями, станом м'язів, гормональним станом, гендерною, етнічною та віковою приналежністю [11, 24, 25].

Захворюваність на СП у військовослужбовців європеїдної раси була вдвічі вищою, ніж серед афроамериканців, без жодної різниці між статями. Це пояснюється щільністю кісткової тканини та її біомеханікою [3].

У жінок частота стресових переломів вище. Так, захворюваність в армії США серед чоловіків складає 19,3, а у жінок – 79,9 на 1000 новобранців протягом 10 тижнів базової підготовки [26, 27]. Погане харчування та спосіб життя підвищують ризик стресового перелому. Автори виявили нижчий рівень 25-гідроксिवітаміну D у фінських військовослужбовців чоловічої статі зі стресовими переломами [28]. У жінок з тріадою (розлади харчової поведінки, функціональна гіпоталамічна аменорея та остеопороз) збільшений ризик стресового перелому [29]. Обстеження жінок-новобранців продемонструвало зв'язок підвищеного ризику стресових переломів з анамнезом паління, заняттям фізичними вправами менше трьох разів на тиждень та вживанням алкогольних напоїв більше 10 разів на тиждень до початку базової підготовки [30].

В практичному значенні найбільшу вагу мають особливості біомеханіки. Зокрема, «функціональний» еквінус через обмежене розгинання стопи

внаслідок вкорочення триголового м'яза литки розглядають як один із важливих факторів ризику СП [20, 31].

Порожниста деформація стопи, дисбаланс довжини нижніх кінцівок, «short tibia», genu valgum, ІМТ > 21 кг/м², низький зріст також відносять до факторів ризику [3, 20].

Гіперпронацію переднього відділу пов'язують з підвищеним ризиком СП малогомілкової кістки, гіпермобільність 1-ї плеснової – з СП 2-ї плеснової кістки [11, 31]. Хоча застосування відповідних ортезів та взуття теоретично знижує частоту СП, однак кількість досліджень у літературі залишається недостатньою, щоб підтвердити цю думку [32].

Основною скаргою пацієнта із СП є больовий синдром, який посилюється під час навантаження [12]. Загалом, біль при ходьбі зустрічається у 81 % пацієнтів з СП нижньої кінцівки [33]. Спочатку біль зменшується та полегшується під час відпочинку, що дає змогу продовжувати рухову активність. Відсутність відпочинку або розвантаження посилює біль і навіть робить неможливим одноопорне навантаження [11].

Ортопедичне обстеження СП не є специфічним [11, 33]. Під час клінічного обстеження локальний біль та набряк виявляють у 65,9 – 100 % та 18 – 44 % випадків відповідно [34]. Клінічні прояви СП у новобранців здебільшого з'являються через 14 – 15 тижнів від початку підготовки [35].

Характерними клінічними тестами є «тест стрибка», «shin splint –розколота гомілка», «тест камертона». «Тест стрибка» полягає в підстрибуванні на ураженій нозі, що спричиняє сильний локалізований біль. Він є позитивним у 70 – 100 % випадків [12]. «Розколота гомілка» (shin splint, medial tibial stress syndrome) є ознакою СП великогомілкової кістки [36]. «Тест камертона» полягає у спричиненні локального болю при дії прикладеної вібрації. Так, в одному з досліджень тест мав чутливість 75 %, специфічність 67 %, позитивну прогностичну цінність 77 % та негативну прогностичну цінність 63 % для стресових переломів великогомілкової кістки [37].

Визначення деяких лабораторних показників можуть бути корисними для діагнозу СП: сироваткові рівні кальцію, фосфору, креатиніну та 25(ОН)D₃. Харчові маркери досліджують за наявності втрати маси тіла та анорексії. Гормональний рівень (фоллікулостимулюючий гормон та естрадіол) досліджують при анамнестичній дисменорейі [38]. В систематичному огляді та мета-аналізі Dao D. та ін. [39] був встановлений зв'язок між рівнем 25(ОН)D₃ у сироватці крові та СП у військовослужбовців: прийом кальцію та вітаміну D₃ достовірно знижував захворюваність на СП.

Діагностика стресових переломів може потребувати диференційної діагностики на основі локалізації [12, 40]. Диференціальний діагноз може включати тендінопатію, компартмент-синдром, компресійну нейропатію, тощо.

Для діагностики стресового перелому обов'язковим методом є рентгенографія [41, 42]. Початкова чутливість рентгенографії становить лише 10 %, але вже через 3 тижні досягає 70 % [34, 43]. Якщо початкова рентгенографія негативна і термінова діагностика не потрібна, через два-три тижні можна провести повторну рентгенографію. Один з алгоритмів, який використовують в армії, передбачає проведення рентгенографії через два тижні після появи симптомів (якщо симптоми не зникають) і повторну рентгенографію наступного тижня перед виконанням більш складної візуалізації [30]. На початкових стадіях спостерігають ледь помітну рентгенпрозору ділянку посеред склерозованого кортикального шару на фоні потовщеного окістя; згодом з'являється делікатна лінія перелому. Подальше потовщення ендоста та склероз є найпоширенішими знахідками, які означають спробу утворити кістковий мозоль. Ознака, відома як «страшна чорна лінія», яка виникає у кістці, свідчить про наявність перелому з поганим прогнозом і високою ймовірністю розвитку повного перелому [30, 44].

Комп'ютерну томографію (КТ) використовують в основному тоді, коли є протипоказання до проведення магнітно-резонансної томографії (МРТ) [40, 44, 45].

Трифазна скінтиграфія (технецій-99 m) є дуже чутливим методом (74 – 100 %), що відображає ремоделювання кістки вже через три-п'ять днів після початку симптомів [46].

МРТ є найбільш чутливим та специфічним методом візуалізації для діагностики СП рекомендовано Американським коледжем радіології як бажане обстеження за відсутності рентгенографічних змін [47]. Семіотику, спричинену СП, можна визначити через один-два дні після дебюту клінічної симптоматики [45] з раннім виявленням набряку в кістковій тканині та прилеглих ділянках [35]. Спонгіозний ендостальний набряк є однією із перших ознак ремоделювання кістки та може спостерігатись протягом шести місяців після діагностики та лікування перелому. Набряк спонгіози може бути присутнім у безсимптомних фізично активних пацієнтів без будь-якої кореляції з підвищеною частотою СП [45]. Залежно від локалізації, строки консолідації СП можуть коливатись від 4 до 12 тижнів або більше [48].

Класифікації. Arendt, Griffiths та Royer [9] запропонували класифікацію на основі даних МРТ,

у якій СП розподілили на чотири стадії (табл. 1). Метою цієї класифікації є визначення тривалості часу відпочинку, необхідного для повернення до навантаження, відповідно до поточної стадії пацієнта. Також вона дозволяє відслідковувати динаміку СП. Ураження, які лікуються на стадії 1, потребують у середньому 3,3 тижні відпочинку, тоді як на стадії 4 потрібно 14,3 тижні [12].

Таблиця 1

Стадії СП за Arendtom і Гріффітсом за даними МРТ

Стадія	МР-ознаки	Тривалість періоду відпочинку, необхідного для лікування (тижні)
1	STIR-позитивний	3
2	STIR і T2-зв'язані позитивні зображення	3 – 6
3	T1 і T2-позитивні без виявлення кортикального розриву	12 – 16
4	T1 і T2-позитивні з виявленням кортикального розриву та видимої лінії перелому	16

СП також можна класифікувати як переломи високого та низького ризику (таблиця 2). Локалізація, прогноз консолідації та МР-ознаки покладені в основу цього розподілу [9].

Таблиця 2

Класифікація СП в залежності від ступеню ризику

Стресові переломи низького ризику	Стресові переломи високого ризику
Ключиця, лопатка, плечова кістка, ліктьова кістка, променева кістка, човноподібна кістка кисті, п'ясткові кістки	Шийка стегнової кістки
Діафіз стегнової кістки, діафіз великогомілкової кістки, діафіз малогомілкової кістки, п'яtkова кістка, діафіз плеснової кістки	ДЕМ великогомілкової кістки
Ребра	Медіальна кісточка
Pars interarticularis, крижова кістка, сіднично-лобкові гілки	Човноподібна кістка стопи, основа другої плеснової кістки, таранна кістка, надколінок, сесамоподібні кістки, п'ята плеснова кістка

Відповідно до анатомічної локалізації СП малоомілкової, п'яtkової, першої-четвертої плеснових кісток мають низький рівень ризику виникнення та меншу ймовірність частоти рецидивів; п'ята плеснова кістка, передня поверхня великогомілкової кістки, човноподібна кістка та

медіальна кісточка – високий рівень ризику [49].

Лікування СП базується на профілактиці нових епізодів і відновленні пошкодженої ділянки [11, 12, 47]. Запобігання новим епізодам досягається шляхом модифікації діяльності, корекції повторюваних рухів, зміни взуття, зміни харчових звичок, розпізнавання гормональних, анатомічних і м'язових змін [11].

Пропонується поступово збільшувати інтенсивність тренування протягом перших чотирьох місяців навчання, а новобранцям слід робити паузу в тренуваннях приблизно на 12-му тижні [35].

Ідеальний тип взуття для кожного виду навантаження є зовнішнім фактором, який найбільше вивчався щодо СП [11]. Деякі дослідження показали, що кількість травм знижується, коли біг по асфальту замінюється бігом по м'якшим поверхням, таким як легкоатлетичні доріжки. Тим не менш, інші автори повідомили у своїх дослідженнях, що між цими факторами не було зв'язку [11]. Ортопедичні виробки, такі як амортизаційні вставки для взуття, показали свою ефективність у зниженні частоти пошкоджень нижніх кінцівок у новобранців.

Початкове лікування має включати зниження навантаження до рівня безболісного функціонування. Лікування слід починати, як тільки є підозра на травму, тому що відстрочене лікування корелює з більш тривалим періодом відновлення. Пацієнта оглядають кожні 2 – 3 тижні, а при зменшенні болювого синдрому початок навантаження повинен бути повільним та поступовим [50-52].

Час, необхідний для консолідації перелому, зазвичай становить 4 – 12 тижнів: для плеснових кісток від 3 до 6 тижнів, тоді як для задньо-медіальної області діафіза великогомілкової кістки, стегнової кістки та кісток тазу очікується від 6 до 12 тижнів [9]. В цей період рекомендована індивідуальна програма ЛФК [47, 50].

Нестероїдні протизапальні препарати широко застосовують у пацієнтів з СП, ефективна знеболювальна дія переважає поодинокі застереження стосовно сповільнення процесу зрощення [53].

Імобілізацію рідко застосовують для лікування СП, однак для певних локалізацій це фундаментальний підхід: човноподібна кістка стопи, сесамоподібні кістки, наколінок та задньо-медіальна ділянка великогомілкової кістки [13]. Кокранівський огляд, який об'єднав дані трьох невеликих досліджень, показав, що у пацієнтів із стресовим переломом великогомілкової кістки, які використовували пневматичний биндаж, спостерігалось значне скорочення часу до відновлення повноцінної активності [54].

Киснева (гіпербарична) терапія. Дослідження *in vitro* продемонстрували, що введення 100%

кисню здатне стимулювати остеобласти та, як наслідок, формування кісткової тканини. Проте в літературі досі немає консенсусу щодо його переваг для лікування СП [50].

Бісфосфонати. Бісфосфонати пригнічують реабсорбцію кісткової тканини та інактивують остеокласти через їх зв'язування з кристалами фосфату кальцію [11]. Вирішальним фактором щодо вибору та спроби використання цього терапевтичного методу може бути їх висока вартість та різноманітні побічні ефекти [51]. Дослідження військовослужбовців показало, що профілактичне лікування ризендронатом (Актонел; 30 мг щодня протягом 10 днів, а потім 30 мг щотижня протягом наступних 12 тижнів) не було ефективним у зниженні загальної частоти СП [22]. Крім того, занепокоєння щодо бісфосфонатів включають потенційний тератогенний ефект. Наукових підстав для їх профілактичного використання ще немає [55]. Бісфосфонати, які використовують для лікування СП, можуть послабити деякі ділянки кісток при довгостроковому застосуванні та спричинити появу переломів [47].

Фактори росту та препарати, що містять фактор росту. Попередні результати застосування факторів росту щодо м'язів, сухожилів і зв'язок були обнадійливими, проте існує лише кілька досліджень щодо лікування СП. Деякі з них повідомили, що використання цих факторів під час хірургічного лікування переломів високого ризику може прискорити та покращити відновлення [56].

Морфогенні білки кісток. Морфогенні білки кісток містять біоактивні фактори, які відповідають за остеоіндуктивну функцію. Їх основний вплив пов'язаний з диференціюванням мезенхімальних клітин у клітини, що утворюють кісткову та хрящову тканини. Дослідження на тваринах показали прискорення процесу лікування у випадках травматичних переломів, але даних щодо їх використання при СП недостатньо [57].

Рекомбінантний паратгормон. Паратгормон регулює рівень кальцію в сироватці крові через шлунково-кишкову абсорбцію, реабсорбцію кальцію і фосфору в нирках, вивільнення кальцію із кісткової тканини [57].

УЗД та магнітне поле. Звукові хвилі високої частоти, які перевищують межу сприйняття людиною, взаємодіють з кісткою та прилеглими тканинами шляхом ряду фізичних ефектів, які здатні стимулювати консолідацію [47, 57]. Однак точний механізм їх дії залишається невідомим, а ефект контроверсійним. Деякі дослідження продемонстрували їх ефективність у лікуванні СП [57], деякі показали відсутність будь-якого ефекту [58].

Магнітне поле може бути застосоване для

постійного впливу у ділянці перелому шляхом хірургічного розміщення електродів або використання імпульсів електромагнітного поля. Дослідження 50 пацієнтів із СП великогомілкової кістки не виявило користі від стимуляції електромагнітним полем [59]. Однак є певні результати використання електромагнітного поля при травматичних переломах, що не зростаються, і цей факт можна розглянути для лікування СП [60].

Препарати кальцію і вітаміну D можуть відігравати важливу роль у профілактиці СП, але дані щодо цього є суперечливими. Вважають, що щоденне споживання 2000 мг кальцію та 800 МО вітаміну D може бути профілактичним фактором щодо СП. Подвійне сліпе рандомізоване контрольоване дослідження виявило на 20 % нижчу частоту СП порівняно із плацебо (5,3 проти 6,6 %; $P = 0,0026$) у новобранців, які приймали щоденну добавку кальцію (2000 мг) і добавку вітаміну D (800 МО). Однак після проведення подальшого аналізу дослідженню не вистачило статистичної значущості для учасників, які завершили дослідження за протоколом (скоригований коефіцієнт шансів = 0,789; 95% довірчий інтервал, 0,616 до 1,01; $P = 0,0589$) [30].

Хірургічне лікування. СП високого ризику часто призводять до незрощення, що потребує хірургічного втручання [47]. СП шийки стегнової кістки, які супроводжуються повним зміщенням головки та асептичним некрозом [11], переломи діафізу великогомілкової кістки, переломи основи п'ятої плеснової та човноподібної кісток зазвичай вимагають хірургічного втручання для досягнення задовільного результату їх лікування [11]

Критерії, згідно яких можна дозволити фізичне навантаження: відсутність больового синдрому в місці перелому, особливо під час навантаження; негативні клінічні симптоми при провокаційних пробах; відповідна рентгенологічна та МР картина [35].

Поступове остаточне повернення до фізичної активності слід починати після того, як пацієнт не буде відчувати біль протягом 10 – 14 днів із збільшенням інтенсивності тренувань на 10 % на тиждень. Утворення кісткової мозолі та зникнення лінії перелому на рентгенограмах і, особливо, на комп'ютерній томографії є факторами, які визначають, чи був процес лікування СП адекватним [35].

Заключення

СП виникають при підвищеному та повторюваному навантаженні, яке прикладається до нормальної кістки, що призводить до мікропошкоджень і переломів. Етіологія СП є багатофактор-

ною. Основними скаргами є локалізований біль з або без набряку та болючість при пальпації, які посилюються при фізичному навантаженні. Рання діагностика має вирішальне значення та ґрунтується на ретельному зборі анамнезу, ортопедичному огляді та результатах оцінки відповідних методів візуалізації. Відповідна класифікація СП на основі типу, локалізації та ризику має значення для визначення стратегії лікування. Проведений аналіз літератури свідчить про брак протоколів лікування та профілактики стресових переломів нижніх кінцівок у військовослужбовців.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів. Дана публікація не була, не є і не буде предметом комерційної зацікавленості в будь-якій формі.

References

1. Mattila VM, Niva M, Kiuru M, et al. Risk factors for bone stress injuries: a follow-up study of 102,515 person-years. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1061–1066.
2. Niva MH, Kiuru MJ, Haataja R, et al. Fatigue injuries of the femur. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:1385–1390.
3. Cosman F, Ruffing J, Zion M., et al. Determinants of stress fractures risk in United States Military Academy cadets. *Bone.* 2013;55(2):359–366.
4. Prasanna C., Vijay Baba N., Rajinikanth S. A preliminary study of stress fractures among paramilitary trainees. *J Evol Med Dent Sci.* 2014;3(10):2565–2569.
5. Hapiro M, Zubkov K, Landau R. Diagnosis of Stress fractures in military trainees: a large-scale cohort. *BMJ Mil Health.* 2022 Oct;168(5):382–385.
6. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Mil Med.* 2004 Jan;169(1):45–56.
7. Schneiders A.G., Sullivan S.J., Hendrick P.A., et al. The ability of clinical tests to diagnose stress fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(9):760–771.
8. Wood A.M., Hales R., Keenan A. Incidence and time to return to training for stress fractures during military basic training. *J Sports Med.* 2014 Article ID 282980, 5 pages.
9. Royer M., Thomas T., Cesini J., et al. Stress fractures in 2011: practical approach. *Joint Bone Spine.* 2012;79(Suppl. 2):S86–S90.
10. Astur D.C., F. Zanatta, G. G. Arliani, et al. Stress fractures: definition, diagnosis and treatment. *Rev Bras Ortop.* 2015;30;51(1):3–10. doi:10.1016/j.rboe.2015.12.008.
11. Raasch W.G., Hergan D.J. Treatment of stress fractures: the fundamentals. *Clin Sports Med.* 2006;25(1):29–36.
12. Patel DS, Roth M, Kapil N. Stress fractures: diagnosis, treatment, and prevention. *Am Fam Physician.* 2011 Jan 1;83(1):39–46. PMID: 21888126.
13. Niva MH, Mattila VM, Kiuru MJ, et al. Bone stress injuries are common in female military trainees: a preliminary study. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(11):2962–2969.
14. Hong S.H., Chu I.T. Stress fracture of the proximal fibula in military recruits. *Clin Orthop Surg.* 2009;1(3):161–164.

15. Waterman BR, Gun B, Bader JO, et al. Epidemiology of Lower Extremity Stress Fractures in the United States Military. *Mil Med.* 2016 Oct;181(10):1308-1313.
16. Dash N., Kushwaha A.S. Stress fractures: a prospective study amongst recruits. *MJAFLI.* 2012;68:118–122.
17. Hopson CN, Perry DR. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(128):159-62.PMID: 598149.
18. Bhatnagar A., Kumar M., Shivanna D., et al. High incidence of stress fractures in military cadets during training: a point of concern. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(8):RC01–RC03.
19. Sormaala MJ, Niva MH, Kiuru MJ, et al. Outcomes of stress fractures of the talus. *Am J Sports Med.* 2006;34(11):1809-14. doi: 10.1177/0363546506291405.
20. Evans R.K., Antczak A.J., Lester M., et al. Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(11 Suppl.):S660–S670.
21. Arndt A, Westblad P, Ekenman I, et al. A comparison of external plantar loading and in vivo local metatarsal deformation wearing two different military boots. *Gait Posture.* 2003;18(2):20-6. doi: 10.1016/s0966-6362(02)00191-1.
22. Milgrom C., Finestone A., Levi Y., et al. Do high impact exercises produce higher tibial strains than running? *Br J Sports Med.* 2000;34(3):195–199.
23. Patel R.D. Stress fractures: diagnosis and management in the primary care settings. *Pediatr Clin N Am.* 2010;81:9–27.
24. Korpelainen R., Orava S., Karpakka J., et al. Risk factors for recurrent stress fracture in athletes. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):304–310.
25. Joy E.A., Campbell D. Stress fractures in the female athlete. *Curr Sports Med Rep.* 2005;4(6):323–328.
26. Knapik J, Montain SJ, McGraw S, et al. Stress fracture risk factors in basic combat training. *Int J Sports Med.* 2012;33(11):940–946.
27. Lennox GM, Wood PM, Schram B, et al. Non-Modifiable Risk Factors for Stress Fractures in Military Personnel Undergoing Training: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;19(1):422–422.
28. Ruohola JP, Laaksi I, Ylikomi T, et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *J Bone Miner Res.* 2006;21(9):1483-1488.
29. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(10):1867-1882.
30. Lappe J, Davies K, Recker R, et al. Quantitative ultrasound: use in screening for susceptibility to stress fractures in female army recruits. *J Bone Miner Res.* 2005;20(4):571-578.
31. Manioli A., 2nd, Graham B. The subtle cavus foot: the under pronator: a review. *Foot Ankle Int.* 2005;26(3):256–263.
32. Pohl M.B., Mullineaux D.R., Milner C.E., et al. Biomechanical predictors of retrospective tibial stress fractures in runners. *J Biochem.* 2008;41(6):1160–1165.
33. Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, et al. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med.* 1995;23(4):472-481.
34. Ishibashi Y, Okamura Y, Otsuka H, et al. Comparison of scintigraphy and magnetic resonance imaging for stress injuries of bone. *Clin J Sport Med.* 2002;12(2):79-84.
35. Takkar P, Prabhakar R. Stress fractures in military recruits: A prospective study for evaluation of incidence, patterns of injury and invalidments out of service. *Med J Armed Forces India.* 2019;75(3):330-334. doi: 10.1016/j.mjafi.2018.09.006.
36. Batt ME, Ugalde V, Anderson MW, et al. A prospective controlled study of diagnostic imaging for acute shin splints. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(11):1564-1571.
37. Lesho EP. Can tuning forks replace bone scans for identification of tibial stress fractures?. *Mil Med.* 1997;162(12):802-803.
38. Bennell K.L., Malcolm S.A., Thomas S.A., et al. The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med.* 1996;24(2):211–217.
39. Dao D, Sodhi S, Tabasinejad R, et al. Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels and Stress Fractures in Military Personnel: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2015;43(8):2064–2072.
40. Zukotynski K, Curtis C, Grant FD, et al. The value of SPECT in the detection of stress injury to the pars interarticularis in patients with low back pain. *J Orthop Surg Res.* 2010;5:13.
41. Gaeta M, Minutoli F, Scribano E, et al. CT and MR imaging findings in athletes with early tibial stress injuries: comparison with bone scintigraphy findings and emphasis on cortical abnormalities. *Radiology.* 2005;235(2):553-561.
42. Banal F, Gandjbakhch F, Foltz V, et al. Sensitivity and specificity of ultrasonography in early diagnosis of metatarsal bone stress fractures: a pilot study of 37 patients. *J Rheumatol.* 2009;36(8):1715-1719.
43. Bolin D., Kemper A., Brolinson G. Current concepts in the evaluation and management of stress fractures. *Curr Rep Sport Med.* 2005;4(6):295–300.
44. Dixon S., Newton J., Teh J. Stress fractures in the young athlete: a pictorial review. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2011;40(1):29–44.
45. Sofka C.M. Imaging of stress fractures. *Clin Sports Med.* 2006;25(1):53–62.
46. Strauch W.B., Slomiany W.P. Evaluating shin pain in active patients. *J Musculoskelet Med.* 2008;25:138–148.
47. Carmont R.C., Mei-Dan O., Bennell L.K. Stress fracture management: current classification and new healing modalities. *Oper Tech Sports Med.* 2009;17:81–89.
48. Ohta-Fukushima M, Mutoh Y, Takasugi S, et al. Characteristics of stress fractures in young athletes under 20 years. *J Sports Med Phys Fitness.* 2002;42(2):198-206.
49. Dobrindt O, Hoffmeyer B, Ruf J, et al. Estimation of return-to-sports-time for athletes with stress fracture - an approach combining risk level of fracture site with severity based on imaging. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:139–139.
50. Bennet M.H., Stanford R., Turner R. Hyperbaric oxygen therapy for promoting fracture healing and treating fracture non union. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;25(1):CD004712.
51. Shima Y., Engebretsen L., Iwasa J., et al. Use of bisphosphonates for the treatment of stress fractures in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(5):542–550.
52. Ekenman I. Do not use bisphosphonates without scientific evidence, neither in the treatment nor prophylactic, in the treatment of stress fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(5):433–434.
53. Wheeler P, Batt ME. Do non-steroidal anti-inflammatory drugs adversely affect stress fracture healing? A short review. *Br J Sports Med.* 2005;39(2):65-69.
54. Rome K, Handoll HH, Ashford R. Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;2:CD000450.
55. Friedl KE, Evans RK, Moran DS. Stress fracture and military medical readiness: bridging basic and applied research. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(11 suppl):S609-S622.

56. Hammond J.W., Hinton R.Y., Curl L.A., et al. Use of autologous platelet rich plasma to treat muscle strain injuries. *Am J Sports Med.* 2009;37(6):1135–1142.
57. Mehallo C.J., Drezner J.A., Bytowski J.R. Practical management: non steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) use in athletic injuries. *Clin J Sport Med.* 2006;16:170–174.
58. Rue JP, Armstrong DW, Frassica FJ, et al. The effect of pulsed ultrasound in the treatment of tibial stress fractures. *Orthopedics.* 2004;27(11):1192-1195.
59. Beck BR, Matheson GO, Bergman G, et al. Do capacitively coupled electric fields accelerate tibial stress fracture healing? A randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2008;36(3):545-553.
60. Mollon B, da Silva V, Busse JW, et al. Electrical stimulation for long-bone fracture-healing: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(11):2322-2330.

Stress Fractures of the Lower Limb in Military Personnel (Literature Review)

Turchyn O.A.¹, Omelchenko T.M.², Liabakh A.P.¹

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv

²Bogomolets National Medical University, Kyiv

Summary. Stress fractures are a common pathology among military personnel, occurring with a frequency of 1.5% to 31%, depending on the studied contingents. Fractures of the lower limbs occur more often, leading to impaired function and a long-term decrease in working capacity, which determines the medical, social, and economic significance of the problem. The issues of timely diagnosis and optimal treatment of stress fractures of the lower extremities in order to minimize the time of return to military service remain undefined. **Objective:** an analysis of the literature devoted to stress fractures of the lower limb in military personnel. **Material and Methods.** A search in PubMed databases from 1952 to 2023 using the search strategy «stress fractures in militaries» was conducted. **Results.** 671 publications were found and a significant increase in their number (249) over the past 7 years was noted; meta-analyses were 4 and randomized controlled studies were 28. Other publications belong to III and IV levels of evidence. Among all publications, only 401 were related to stress fractures of the lower extremities in military personnel. **Conclusions.** Stress fractures occur when increased and repeated load is applied to normal bone, which leads to microdamages and fractures. The etiology of stress fractures is multifactorial. The main complaints are localized pain with or without swelling and tenderness on palpation, aggravated by physical exertion. Early diagnosis is critical and is based on a careful history, orthopedic examination, and evaluation of appropriate imaging modalities. Classification of stress fractures based on type, location, and risk is important for determining treatment strategy. The analysis of the literature indicates a lack of protocols for the treatment and prevention of stress fractures of the lower extremities in military personnel. However, modern literature in this area is mostly of low quality and consists of studies of a small sample. This necessitates further research, especially in terms of prevention and surgical treatment.

Keywords: stress fractures; military personnel; lower limb.