

УДК 616.718.5/.6-001-089.881:616-073.7

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872023219-24>

## Рентгеноморфометрична оцінка ефективності гібридної стабільно-еластичної фіксації нестабільних переломів кісточок гомілки

В. С. Сулима<sup>1</sup>, А. В. Чужак<sup>2</sup>, Ю. О. Філяк<sup>1</sup>,  
У. В. Кузь<sup>1</sup>, Л. М. Юрійчук<sup>3</sup>, Ю. І. Симчич<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Івано-Франківський національний медичний університет. Україна

<sup>2</sup> КНП «Центральна міська клінічна лікарня Івано-Франківської міської ради». Україна

<sup>3</sup> КНП «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради». Україна

<sup>4</sup> КНП «Міська клінічна лікарня № 1 Івано-Франківської міської ради». Україна

*The level of complications after treatment of patients with bone fractures stays high 22–60 %. Understanding ankle-foot joint biomechanics is critical for choosing trendy methods hybrid fixation or the traditional fixation of the fibula plate and positional screw for distal syndesmosis. Objective. To analyze the effectiveness of surgical treatment of patients with unstable trans- and suprasyndesmosis fractures with hybrid stable-elastic fixation (HSEF) in comparison with the traditional method of fixation with a bone plate with a positioning screw according to X-ray morphometric parameters. Methods. 82 patients with unstable trans- and suprasyndesmosis fractures of the fibula. The main (I group) of the study consisted of 18 (21,95 %) patients with an average age of (41,6 ± 15,5) years who operated with hybrid stable-elastic fixation, and the control (II group) — 64 (78,05 %) patients with an average age of (52,4 ± 15,7) years, who operated with a bone plate with a positioning screw. Results. The TTA was 0.63 times lower than in patients after traditional fixation. For type C fractures in patients after HSEF, the value of TTA was also 0.78 times (p=0.0005). Conclusions. The analysis of X-ray morphometric parameters of the angle of inclination of the talus bone and the talus-tibia angle confirms the advantage of hybrid stable-elastic fixation in trans- or supra-syndesmosis fractures of the fibula with damage to the distal inter-tibial syndesmosis. According to the value of the index of the angle of inclination of the talus in patients after hybrid stable-elastic fixation, lower risks of ankle-foot joint instability in the p/o period were found than in patients after traditional osteosynthesis. Median values of the talus-tibia angle indicated a tendency to shorten the fibula in patients after traditional osteosynthesis. Key words. X-ray assessment, hybrid stable-elastic fixation, unstable ankle fracture, tibiofibular syndesmosis.*

*Питома вага ускладнень і незадовільних результатів лікування хворих із переломами кісточок залишається високою і сягає 22–60 %. Знання біомеханіки над'яtkово-гомількового суглоба потребують перегляду, що пов'язано з розробленням нових методів гібридної фіксації. Мета. Провести порівняльний аналіз результатів рентгеноморфометричних показників після гібридної стабільно-еластичної (ГСЕФ) та традиційної фіксації накістковою пластиною з позиційним шурупом нестабільних через- і надсиндесмозних переломів (ЧНСП) малогомількової кістки з ушкодженням дистального міжгомількового синдесмозу. Методи. Проаналізовано результати лікування 82 хворих із нестабільними ЧНСП малогомількової кістки (МГК) типу В і С за Weber із ушкодженням дистального міжгомількового синдесмозу (ДМГС) за рентгеноморфометричними показниками. Оцінювали кути: нахилу над'яtkової кістки (КННК) і над'яtkово-гомільковий (НГК). У I групі (18 пацієнтів, вік (41,6 ± 15,5) років) виконали ГСЕФ, у II (64, вік (52,4 ± 15,7) років) — остеосинтез МГК с пластиною, ДМГС — позиційним шурупом. Результати. У пацієнтів групи I із переломами типу В показник КННК був у 0,63 разу меншим, ніж в осіб групи II; із переломами типу С — в 0,78 разу (p = 0,0005). Це підтверджує менший ризик нестабільності над'яtkово-гомількового суглоба в післяопераційному періоді в пацієнтів після ГСЕФ. Наближення медіанного значення НГК до нижньої межі норми виявили у хворих групи I із переломами типу В, до верхньої — в групі II, що свідчить про більшу тенденцію до вкорочення МГК після ГСЕФ. Показник слід урахувати у хворих з косими (типів В і С за Weber) і, особливо, з уламковими (типів 44 С 2.1, 2.2, 2.3 за АО) переломами МГК, виконуючи ГСЕФ. Висновки. За рентгеноморфометричними показниками кута нахилу над'яtkової кістки та над'яtkово-гомількового кута доведено перевагу гібридної стабільно-еластичної фіксації для лікування через- або надсиндесмозних переломів малогомількової кістки з ушкодженням дистального міжгомількового синдесмозу.*

**Ключові слова.** Рентгенологічна діагностика, гібридна стабільно-еластична фіксація, переломи кісточок гомілки, міжгомілковий синдесмоз

## Вступ

Особливо складними щодо діагностики та лікування є травмовані з поєднанням нестабільних переломів кісточок та ушкодженням дистального міжгомілкового синдесмозу (ДМГС). Понад 50 % таких ушкоджень виникають в осіб працездатного віку (від 30 до 60 років), часто — у результаті високоенергетичних механізмів травми, під час активного заняття різними видами спорту [1, 2–5]. Питома вага ускладнень і незадовільних результатів лікування пацієнтів із переломами кісточок залишається високою і сягає 22–60 % [6–9]. Однією з причин цього є раннє виникнення та швидке прогресування остеоартриту над'яtkово-гомілкового суглоба (НГС) у 3,4 % населення, з яких у 70–80 % він є післятравматичним [10, 11].

Диференційований підхід до вибору оптимальної тактики лікування суттєво залежить від встановлених ознак нестабільності ушкодження [12]. Виявити нестабільність у деяких випадках складно [13], що інколи призводить до неадекватного рішення, а помилки вибору хірургічного методу лікування можуть спричинити незадовільні результати [14, 15].

Виявлення клінічних і рентгенологічних ознак ушкодження кісточок гомілки здебільшого не викликає труднощів, а розриву ДМГС із використанням звичайних діагностичних методів (об'єктивне обстеження, рентгенограма) — навпаки [16, 17]. Близько 45 % розривів ДМГС діагностують інтраопераційно під час проведення гравітаційної проби, «hook test», або «tap test», які здійснюють під контролем флюороскопа [16–22]. Водночас слід брати до уваги результати комп'ютерної томографії (КТ) [23], магнітно-резонансної томографії (МРТ) [24–26], рентгеноморфометричних вимірів [27]. Виявлені на рентгенограмі відхилення мало-гомілкової кістки (МГК) на 1 мм або збільшена відстань між великогомілковою та мало-гомілковою кістками понад 5 мм стає приводом для дискусії серед клініцистів через формування хибних уявлень про відсутність ушкодження ДМГС [28, 30].

Застосування сучасних рентгеноморфометричних параметрів дає можливість визначити ступінь травмування кісткових і м'якотканинних складових НГС на етапі встановлення діагнозу. Сучасні мобільні рентгенологічні апарати уможливають інтраопераційний моніторинг під час відновлення

структур НГС, коректність застосування сучасних стабілізуювальних конструкцій [31].

Зазвичай лікування пацієнтів із нестабільними переломами кісточок та ушкодженням ДМГС є традиційним зі стабілізацією МГК накістковою пластиною та відновленням ДМГС позиційним шурупом [32, 33]. Але поглиблення знань про біомеханіку НГС у нормі виявили особливості ротаційного руху МГК у процесі навантаження [34, 35]. Це обумовило перегляд традиційного застосування накісткового фіксатора та позиційного шурупа, котрий, хоч і тимчасово, але знерухолює динамічну структуру ДМГС [36]. Порушення принципів репозиції ДМГС призводить до виникнення ускладнень у 12–52 % випадків [37]. Нині переглядають постулати стабілізації ДМГС позиційними шурупами [38]. У деяких біомеханічних дослідженнях доведено можливість самостійного використання стрічки на ендобатонах для фіксації ДМГС без позиційного шурупа зі задовільним реабілітаційним результатом [39].

Ми запропонували гібридний метод стабілізації МГК інтрамедулярним цвяхом, а ушкодженого ДМГС — стрічкою-стяжкою, який ми назвали «гібридна стабільно-еластична фіксація (ГСЕФ)» [40]. Але кожен із нових фіксаторів потребує відповідного оновлення знань рентгеноморфометричних параметрів, котрі свідчили б про адекватність відновлення складових НГС. Коректність запропонованої поєднаної фіксації (ГСЕФ) потребує наукового доведення.

*Мета:* провести порівняльний аналіз результатів рентгеноморфометричних показників після гібридної стабільно-еластичної та традиційної фіксації накістковою пластиною з позиційним шурупом нестабільних через- і надсиндесмозних переломів мало-гомілкової кістки з ушкодженням дистального міжгомілкового синдесмозу.

## Матеріал і методи

Подані для публікації клінічні дослідження схвалені локальною комісією з питань етики при Івано-Франківській міській клінічній лікарні № 1 (протокол № 85 від 29.03.2018). Пацієнти, які були залучені до дослідження, підписали інформовану згоду.

Аналіз рентгеноморфометричних параметрів кута нахилу над'яtkової кістки та над'яtkовогомілкового кута провели після ГСЕФ і традиційної фіксації накістковою пластиною з позиційним

шурупом у 82 хворих із нестабільними через і надсиндесмозними (типів В і С за Weber) переломами (ЧНСП) малоомілкової кістки з ушкодженням ДМГС, які отримали лікування в стаціонарах травматологічних відділень клінічних лікарень м. Івано-Франківськ із 2018 по 2021 рік. Серед них жінок було 46 (53,7 %), чоловіків — 38 (46,3 %). Більшість (68,3 %) хворих працездатного віку — від 21 до 60 років. Рентгенологічне обстеження виконали в стандартних прямій і боковій проєкціях під час передопераційного планування та в післяопераційному періоді з використанням стаціонарного цифрового апарата «Orea RT20» (GMM, Італія) та мобільного апарата типу «С»-дуга, «Radius» (International Medical Devices, Англія).

Основну I групу склали 18 (21,95 %) пацієнтів, середній вік ( $41,6 \pm 15,5$ ) року, яким виконали ГСЕФ МГК блокованим інтрамедулярним цвяхом для довгих кісток передпліччя (фірми CHARFIX system®), а ушкодження ДМГС — еластичною стрічкою-стяжкою (ARTREX® FiberWire®) № 5 на ендобатонах. До контрольної (II) групи ввійшло 64 (78,05 %) особи, середній вік ( $52,4 \pm 15,7$ ) року, яким провели традиційний остеосинтез перелому МГК пластиною з фіксацією ушкодженого ДМГС позиційним шурупом, котрий необхідно було видалити через 6–8 тижнів після хірургічного втручання.

За особливостями ушкоджень анатомічних структур за класифікацією АО пацієнти розподілилися так: основна група — 22 % хворих були з переломами типу 44 В1 (зокрема 44 В1.2), 22 % — типу 44 В2, куди входили 44 В2.1, 34 % — 44 В 2.2, 22 % — типу 44 В3 (по 11 % підтипів 1 і 2); контрольна група — 8 % осіб із переломами типу 44 В 1.2, 22 % і 32 % — типу 44 В2 (підтипи 1.2 і 2.2 відповідно), типу 44 В3 (лише підтипу 44 В3.2) — 38 %. Пацієнти з переломами типу 44 С у групах порівняння розподілились: основна — 22 % із переломами типу 44 С1 (по 11 % підтипів 1.1, 1.3), 22 % — 44 С2 (по 11 % підтипів 2.1 і 2.2), 56 % — типу 44 С2.3. Серед пацієнтів II (контрольної) групи з переломами типу 44 С1.1 було 30 % осіб, 44С 1.2 і 1.3 — по 15 % відповідно, 44 С2.1 — 7 %, 44 С2.2 — 11 %, 44 С2.3 — 18 %, 44 С3.3 — 4 %. Таким чином, групи I і II були однорідними за віком, статтю, типом перелому.

Аналіз усіх рентгеноморфометричних параметрів використали для визначення тактики лікування, передопераційного планування, післяопераційного контролю остеосинтезу у визначені періоди (протягом 1–2 днів після операції,

перед видаленням позиційного шурупа у хворих контрольної групи, або за клінічної необхідності). У післяопераційному періоді на контрольних рентгенограмах НГК у стандартних проєкціях до обрахунку брали виміри в порівнянні з відомими значеннями норми. Визначали:

1. Надп'яtkово-гомільковий кут (НГК, *talocrural angle*) — між дистальною поверхнею великогомілкової кістки та лінією між верхівками медіальної й латеральної кісточок, який має допустимі значення  $83^\circ \pm 4^\circ$  і використовується для порівняння зі структурами з протилежного боку. Параметр цінний для визначення адекватності відновлення довжини МГК;

2. Кут нахилу надп'яtkової кістки (КННК, *talar tilt angle*) — утворюють лінії, які проходять паралельно до надп'яtkової кістки і до дистального краю великогомілкової, який не має перевищувати  $2^\circ$ . Збільшення кута свідчить про медіалізацію чи латералізацію, тобто нестабільність НГС.

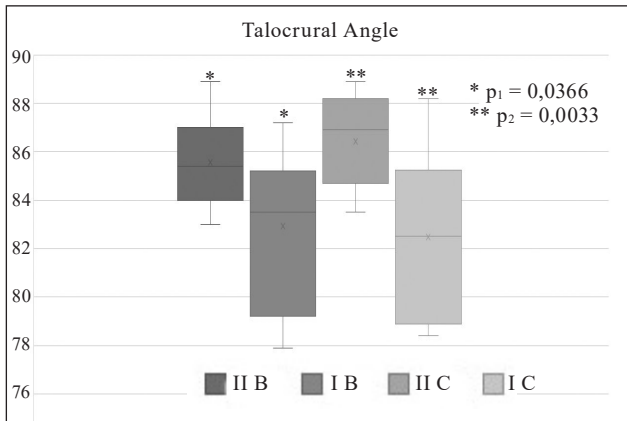
Статистичну обробку отриманих результатів проводили відповідно до правил медико-біологічної статистики з використанням програм MS Excel та Statistica 6. Застосовано методику непараметричної статистики — парний Mann-Whitney U Test для незалежних сукупностей.

## Результати та їх обговорення

Аналіз медіанних значень надп'яtkово-гомількового кута виявив допустимі показники в групах порівняння, що не виходили за межі норми ( $N = 83^\circ \pm 4^\circ$ ).

У результаті вимірювання нахилу лінії між верхівками внутрішньої і зовнішньої кісточок, що, імовірно, указує на порушення конгруентності структур НГС після хірургічного відновлення довжини МГК, виявили суттєві відмінності у хворих із переломами МГК типу В та С (за Weber) у групах порівняння (рис. 1).

Тенденцію до вкорочення МГК визначено за наближенням медіанного значення НГК ( $83,5^\circ [79,2^\circ-85,2^\circ]$ ) у хворих I (основної) групи до нижньої межі норми ( $79^\circ-87^\circ$ ) за умов переломів типу В. У пацієнтів із переломами типу С значення кута НГК становили  $82,5^\circ [79,1^\circ-85,1^\circ]$ . Медіанні значення величини НГК у хворих II (контрольної) групи були більш наближені до верхньої межі норми ( $p = 0,0366$ ). Це вказувало на небезпеку вкорочення МГК, яку слід враховувати після закритої репозиції на етапі імплантації цвяха для ГСЕФ, особливо у хворих з уламковими (типів 44 С2.1, 2.2, 2.3) та косими переломами МГК (типів В і С).



**Рис. 1.** Порівняльні результати медіанних значень рентгенометричної величини НГК ( $N = 83^\circ \pm 4^\circ$ ) у групах дослідження на контрольних рентгенограмах після операції (градуси)

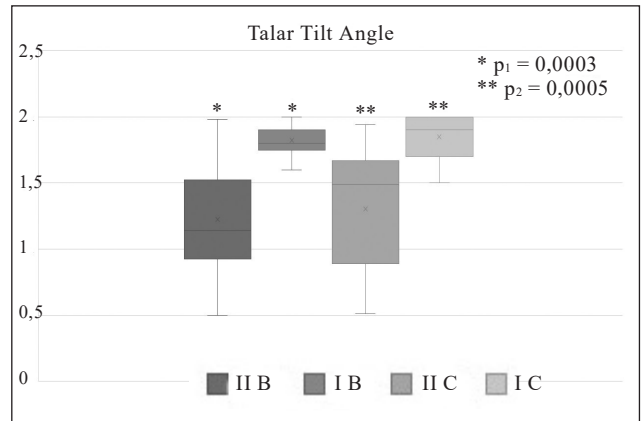


**Рис. 2.** Рентгеноморфометричні показники НГК та КНТК у хворого Х. (I група) з переломом типу 44 С1.2 після ГСЕФ

Довжину МГК на цьому етапі відновлювали з інтраопераційним використанням дистрактора та проксимального блокування стопорним гвинтом, введеним перпендикулярно до інтрамедулярного каналу МГК над верхівкою цвяха.

Відомо, що збільшення (понад  $2^\circ$ ) показника КНТК свідчить про відхилення (медіалізацію чи латералізацію) надп'яtkової кістки у «вилці» НГС. За медіанними значеннями показника КНТК не встановлено перевищення величини  $2^\circ$  у жодного з пацієнтів із переломами типів В та С (клінічний приклад хворого I групи наведено на рис. 2).

Проте виявлено значущу різницю медіанного значення показника КНТК у пацієнтів груп порівняння з переломами типів В та С (рис. 3). Зокрема, в осіб I групи з переломом типу В показник КНТК ( $1,14^\circ [0,94^\circ-1,48^\circ]$ ) був у 0,63 рази меншим, ніж у II групі ( $1,8^\circ [1,8^\circ-1,9^\circ]$ ,  $p = 0,0003$ ). У разі діагностованих переломів типу С у пацієнтів I групи КНТК дорівнював  $1,49^\circ [0,89^\circ-1,67^\circ]$



**Рис. 3.** Порівняльні результати медіанних значень рентгенометричної величини КНТК ( $N \leq 2^\circ$ ) в групах дослідження на контрольних рентгенограмах після операції (градуси)

і також був меншим у 0,78 рази ( $p = 0,0005$ ) порівняно з II групою —  $1,9^\circ [1,7^\circ-2^\circ]$

Звісно, зі збільшенням КНТК ризик нестабільності може зростати. Ми встановили, що в пацієнтів I групи цей ризик менший порівняно з II групою. Тому за показниками КНТК після ГСЕФ цвяхом і стрічкою-стяжкою (група I) ми констатували перевагу цього методу для стабілізації НГС над використанням пластины для фіксації МГК із жорстким позиціонуванням ДМГС шурупом (група II).

## Висновки

Аналіз рентгеноморфометричних показників надп'яtkово-гомількового кута і кута нахилу надп'яtkової кістки довів перевагу гібридної стабільно-еластичної фіксації в разі через- або надсиндесмозних переломів малогомілкової кістки з ушкодженням дистального міжгомількового синдесмозу.

Медіанне значення показника надп'яtkово-гомількового кута в більшості пацієнтів із переломами типів В і С після гібридної стабільно-еластичної фіксації було наближене до нижньої межі норми, після остеосинтезу пластиною з позиційним шурупом — до верхньої, що свідчило про більшу тенденцію в них до вкорочення малогомілкової кістки. Цей показник слід урахувувати в осіб із косими (типів В і С) і, особливо, уламковими (тип 44 С2.1, 2.2, 2.3) переломами малогомілкової кістки під час виконання гібридної стабільно-еластичної фіксації та відновлювати довжину малогомілкової кістки з інтраопераційним використанням дистрактора та проксимальним блокуванням стопорним гвинтом над верхівкою цвяха.



За величиною показника кута нахилу надп'яtkової кістки в пацієнтів після гібридної стабільно-еластичної фіксації виявили менший ризик нестабільності надп'яtkово-гомількового суглоба в післяопераційному періоді, ніж у хворих після традиційного остеосинтезу.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

## Список літератури

- Gan, K., Zhou, K., Hu, K., Lu, L., Gu, S., & Shen, Y. (2019). Dynamic fixation versus static fixation for distal tibiofibular syndesmosis injuries: a meta-analysis. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 25, 1314–1322. <https://doi.org/10.12659/MSM.913324>
- Scheer, R. C., Newman, J. M., Zhou, J. J., Oommen, A. J., Naziri, Q., Shah, N. V., ... Uribe, J. A. (2020). Ankle fracture epidemiology in the united states: patient-related trends and mechanisms of injury. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 59(3), 479–483. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2019.09.016>
- Liu, C. L., Li, Y. P., Wang, X. Q., & Zhang, Z. J. (2018). Quantifying the stiffness of achilles tendon: intra- and inter-operator reliability and the effect of ankle joint motion. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 24, 4876–4881. <https://doi.org/10.12659/MSM.909531>
- Rammelt, S., & Obruba, P. (2015). An update on the evaluation and treatment of syndesmotic injuries. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*, 41(6), 601–614. <https://doi.org/10.1007/s00068-014-0466-8>
- van den Bekerom, M. P., Kerkhoffs, G. M., McCollum, G. A., Calder, J. D., & van Dijk, C. N. (2013). Management of acute lateral ankle ligament injury in the athlete. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 21(6), 1390–1395. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2252-7>
- Yu, G. S., Lin, Y. B., Xiong, G. S., Xu, H. B., & Liu, Y. Y. (2019). Diagnosis and treatment of ankle syndesmosis injuries with associated interosseous membrane injury: a current concept review. *International orthopaedics*, 43(11), 2539–2547. <https://doi.org/10.1007/s00264-019-04396-w>
- Cammas, C., Ancion, A., Detrembleur, C., Tribak, K., Putineanu, D., & Cornu, O. (2020). Frequency and risk factors of complications after surgical treatment of ankle fractures : a retrospective study of 433 patients. *Acta orthopaedica Belgica*, 86(3), 563–574.
- Nilsson, G. M., Jonsson, K., Ekdahl, C. S., & Eneroth, M. (2005). Unsatisfactory outcome following surgical intervention of ankle fractures. *Foot and Ankle Surgery*, 11(1), 11–16. [doi:10.1016/j.fas.2004.10.004](https://doi.org/10.1016/j.fas.2004.10.004)
- Ovaska, M. (2015). Complications in ankle fracture surgery. *Acta Orthopaedica*, 86(sup358), 1–35. <https://doi.org/10.3109/17453674.2014.1002273>
- Pogliacomi, F., De Filippo, M., Casalini, D., Longhi, A., Tacci, F., Perotta, R., Pagnini, F., Tocco, S., & Ceccarelli, F. (2021). Acute syndesmotic injuries in ankle fractures: From diagnosis to treatment and current concepts. *World Journal Of Orthopedics*, 12(5), 270–291. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i5.270>
- Herrera-Pérez, M., González-Martín, D., Vallejo-Márquez, M., Godoy-Santos, A. L., Valderrabano, V., & Tejero, S. (2021). Ankle osteoarthritis aetiology. *Journal of clinical medicine*, 10(19), 4489. <https://doi.org/10.3390/jcm10194489>
- Futamura, K., Baba, T., Mogami, A., Morohashi, I., Kanda, A., Obayashi, O., Sato, K., Ueda, Y., Kurata, Y., Tsuji, H., & Kaneko, K. (2017). Malreduction of syndesmosis injury associated with malleolar ankle fracture can be avoided using Weber's three indexes in the mortise view. *Injury*, 48(4), 954–959. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.02.004>
- Egol, K. A., Tejwani, N. C., Walsh, M. G., Capla, E. L., & Koval, K. J. (2006). Predictors of short-term functional outcome following ankle fracture surgery. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 88(5), 974–979. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00343>
- Larsen, P., Rathleff, M. S., & Elsoe, R. (2019). Surgical versus conservative treatment for ankle fractures in adults — A systematic review and meta-analysis of the benefits and harms. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, 25(4), 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2018.02.009>
- Dawe, E. J., Shafafy, R., Quayle, J., Gougoulis, N., Wee, A., & Sakellariou, A. (2015). The effect of different methods of stability assessment on fixation rate and complications in supination external rotation (SER) 2/4 ankle fractures. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, 21(2), 86–90. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2014.09.010>
- Chun, Cho, Min, Park, Kim, Kim, & Won. (2019). Diagnostic accuracy of radiologic methods for ankle syndesmosis injury: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 8(7), 968. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/jcm8070968>
- Miyamoto, W., & Takao, M. (2011). Management of chronic disruption of the distal tibiofibular syndesmosis. *World journal of orthopedics*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.5312/wjo.v2.i1.1>
- Tornetta, P., 3<sup>rd</sup>, Axelrad, T. W., Sibai, T. A., & Creevy, W. R. (2012). Treatment of the stress positive ligamentous SE4 ankle fracture: incidence of syndesmotic injury and clinical decision making. *Journal of orthopaedic trauma*, 26(11), 659–661. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31825cf39c>
- Wu, K., Lin, J., Huang, J., & Wang, Q. (2018). Evaluation of transsyndesmotic fixation and primary deltoid ligament repair in ankle fractures with suspected combined deltoid ligament injury. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 57(4), 694–700. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.12.007>
- Laflamme, M., Belzile, E. L., Bedard, L., van den Bekerom, M. P., Glazebrook, M., & Pelet, S. (2015). A prospective randomized multicenter trial comparing clinical outcomes of patients treated surgically with a static or dynamic implant for acute ankle syndesmosis rupture. *Journal of orthopaedic trauma*, 29(5), 216–223. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000245>
- Naqvi, G. A., Cunningham, P., Lynch, B., Galvin, R., & Awan, N. (2012). Fixation of ankle syndesmotic injuries: comparison of tightrope fixation and syndesmotic screw fixation for accuracy of syndesmotic reduction. *The American journal of sports medicine*, 40(12), 2828–2835. <https://doi.org/10.1177/0363546512461480>
- Seyhan, M., Donmez, F., Mahirogullari, M., Cakmak, S., Mutlu, S., & Guler, O. (2015). Comparison of screw fixation with elastic fixation methods in the treatment of syndesmosis injuries in ankle fractures. *Injury*, 46 Suppl 2, S19–S23. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.05.027>
- Liu, G. T., Ryan, E., Gustafson, E., VanPelt, M. D., Raspoovic, K. M., Lalli, T., Wukich, D. K., Xi, Y., & Chhabra. (2018). Three-dimensional computed tomographic characterization of normal anatomic morphology and variations of the distal tibiofibular syndesmosis. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 57(6), 1130–1136. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2018.05.013>
- McCormack, Daniel & Solan, Matthew & Aziz, Sheweidin & Faroug, Radwane & Kirmani, Sayyied & Wright, Georgina &

- Mangwani, Jitendra. (2022). Role of the posterior deep deltoid ligament in ankle fracture stability: A biomechanical cadaver study. *World Journal of Orthopedics*, 13, 969–977. <http://doi.org/10.5312/wjo.v13.i11.969>
25. Williams, B. T., James, E. W., Jisa, K. A., Haytmanek, C. T., LaPrade, R. F., & Clanton, T. O. (2015). Radiographic identification of the primary structures of the ankle syndesmosis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(4), 1187–1199. <http://doi.org/10.1007/s00167-015-3743-0>
  26. Han, S. H., Lee, J. W., Kim, S., Suh, J. S., & Choi, Y. R. (2007). Chronic tibiofibular syndesmosis injury: the diagnostic efficiency of magnetic resonance imaging and comparative analysis of operative treatment. *Foot & ankle international*, 28(3), 336–342. <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0336>
  27. Harper, M. C., & Keller, T. S. (1989). A radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. *Foot & ankle*, 10(3), 156–160. <https://doi.org/10.1177/107110078901000308>
  28. Park, Y. H., Yoon, M. A., Choi, W. S., Choi, G. W., Hong, S. J., & Kim, H. J. (2018). The predictive value of MRI in the syndesmosis instability of ankle fracture. *Skeletal radiology*, 47(4), 533–540. <https://doi.org/10.1007/s00256-017-2821-4>
  29. Błasiak, A., Sadlik, B., & Brzoska, R. (2013). Injuries of the distal tibio-fibular syndesmosis. *Polish orthopedics and traumatology*, 78, 139–150.
  30. Rammelt, S., Zwipp, H., & Grass, R. (2008). Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot and ankle clinics*, 13(4), 611–viii. <https://doi.org/10.1016/j.facl.2008.08.001>
  31. Wu, Y., He, Q. F., Lai, L. P., Li, X., & Zhou, J. L. (2018). Functional outcome of pronation-external rotation-weber c ankle fractures with supracollicular medial malleolar fracture treated with or without syndesmosis screws: a retrospective comparative cohort study. *Chinese medical journal*, 131(21), 2551–2557. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.244112>
  32. Kulazhenko, E. V., & Varzar, S. A. (2011). Dynamic fixator for restoration of tibial syndesmosis (experimental-clinical study). *Ukrainskyi medechnyy almanakh*, 14(1), 131–134.
  33. Golovakha, M. L., Kozhemyaka, M. A., & Maslennikov, S. O. (2016). Evaluation of the results of surgical treatment of ankle fractures with the tibiofibular syndesmosis injury. *Zaporozhye medical journal*, 6(99), 72–76. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2016.6.85529>
  34. Carter, T. H., Wallace, R., Mackenzie, S. A., Oliver, W. M., Duckworth, A. D., & White, T. O. (2020). The fibular intramedullary nail versus locking plate and lag screw fixation in the management of unstable elderly ankle fractures: a cadaveric biomechanical comparison. *Journal of orthopaedic trauma*, 34(11), e401–e406. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001814>
  35. Okoro, T., Teoh, K. H., & Tanaka, H. (2021). Fibula pro-tibia vs standard locking plate fixation in an ankle fracture saw bone model. *World journal of orthopedics*, 12(8), 548–554. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i8.548>
  36. Milto, A. J., Negri, C. E., Baker, J., & Thuppall, S. (2023). The statistical fragility of foot and ankle surgery randomized controlled trials. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 62(1), 191–196. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2022.08.014>
  37. Pettrone, F. A., Gail, M., Pee, D., Fitzpatrick, T., & Van Herpe, L. B. (1983). Quantitative criteria for prediction of the results after displaced fracture of the ankle. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 65(5), 667–677.
  38. Xu, Y., Kang, R., Li, M., Li, Z., Ma, T., Ren, C., Wang, Q., Lu, Y., Zhang, K. (2022). The clinical efficacy of suture-button fixation and trans-syndesmosis screw fixation in the treatment of ankle fracture combined with distal tibiofibular syndesmosis injury: a retrospective study. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 61(1), 143–148. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2021.07.009>
  39. Klitzman, R., Zhao, H., Zhang, L. Q., Strohmeyer, G., & Vora, A. (2010). Suture-button versus screw fixation of the syndesmosis: a biomechanical analysis. *Foot & ankle international*, 31(1), 69–75. <https://doi.org/10.3113/FAI.2010.0069>
  40. Sulima, V., & Chuzhak, A. (2019). [The method of combined stable-elastic fixation of unstable injuries of the ankle joint with transsyndesmosis fractures of the fibula]. Patent UA № 134463. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=search>

Стаття надійшла до редакції 01.05.2023

## X-RAY ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF HYBRID STABLE-ELASTIC FIXATION UNSTABLE ANKLE FRACTURES

V. S. Sulyma<sup>1</sup>, A. V. Chuzhak<sup>2</sup>, Y. O. Filiak<sup>1</sup>, U. V. Kuz<sup>1</sup>, L. M. Yuriychuk<sup>3</sup>, Y. I. Symchych<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ivano-Frankivsk National Medical University, Ukraine

<sup>2</sup> UNE «Central City Clinical Hospital of Ivano-Frankivsk City Council». Ukraine

<sup>3</sup> UNE «Regional Clinical Hospital of Ivano-Frankivsk Regional Council». Ukraine

<sup>4</sup> UNE «City Clinical Hospital № 1 of Ivano-Frankivsk City Council». Ukraine

✉ Vadym Sulyma, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: [vadym.sulyma1961@gmail.com](mailto:vadym.sulyma1961@gmail.com)

✉ Andrii Chuzhak, MD: [trance9111@gmail.com](mailto:trance9111@gmail.com)

✉ Yuliia Filiak, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: [filiakyulia@gmail.com](mailto:filiakyulia@gmail.com)

✉ Uliana Kuz, MD, PhD: [ukuz@ifnmu.edu.ua](mailto:ukuz@ifnmu.edu.ua)

✉ Lubomyr Yuriychuk, MD: [trauma.okl@gmail.com](mailto:trauma.okl@gmail.com)

✉ Yurii Symchych, MD: [gucul1984@gmail.com](mailto:gucul1984@gmail.com)