

- people and adult / A. Hopf // Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. (German.) — 1966. — Vol. 101. — P. 559–86.
8. Leunig M. Rationale of periacetabular osteotomy and background work / Leunig M., Siebenrock K., Ganz R. // J. Bone Jt Surg. — 2001. — Vol. 83-A, № 3. — P. 438–448.
  9. MR imaging of the acetabular labrum : variations in 200 asymptomatic hips, AJR / Lecouvet F. E., Vande Berg B. C., Malghem J. [et al.] // Am. J. Roentgenol. — 1996. — Vol. 167. — P. 1025–1028.
  10. Ninomiya S., Tagawa H. Rotational acetabular osteotomy for the dis-plastic hip / S. Ninomiya, H. Tagawa // J. Bone Jt Surg. — 1984. — Vol. 66-A. — P. 430–436.
  11. Steel H.H. Triple osteotomy of the innominate bone // J. Bone Jt Surg. — 1973. — Vol. 55. — P. 343–350.
  12. Stulberg S.D. Acetabular displasia and development of osteoarthritis of the hip / S.D. Stulberg, W.H. Harris // In the hip. — St Louis: CV Mosby, 1974. — 82 p.
  13. Tomis D. Congenital displasia and dislocation of the hip / D. Tomis. — Berlin: Springer Verlag, 1987. — 327 p.
  14. Wiberg G. Studies on displastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint with special reference to the complications of osteoarthritis / G. Wiberg // Acta Chir. Scand. — 1939. — Vol. 83 (Suppl). — P. 58–68.

УДК 616.72-002-7284-089.881:617.586:612.76

## БИОМЕХАНІЧНА ОЦІНКА ОПОРНОСТІ СТОПИ ПІСЛЯ АРТРОДЕЗУ ГОМІЛКОВОСТОПНОГО СУГЛОБА

I. A. Лазарев, М. П. Грищай, Д. І. Білоус  
ДУ «Інститут травматології та ортопедії АМН України», м. Київ

### BIOMECHANICAL ANALYSIS FOLLOWING ANKLE ARTHRODESIS

I. A. Lazarev, M. P. Grytsai, D. I. Belous

*The comparative biomechanical analysis of the surgical treatment results of 17 patients with bone ankylosis an ankle joint after arthrodesis in connection with a posttraumatic septic arthritis is carried out. The middle age of patients has been 45±3.7 years. In the first investigated group (12), the angle between the tibia axis and the foot support area has been 90,4±1,16°, in the second investigated group (5) — 99,2±6,6°. By the gait analysis data the duration of the heel strike in the stance phase has been increased for 76,7%, duration of the foot flat increased for 17,3% and duration of the push off-toe off has been decreased for 24,1% in the first group of patients. In the second group the heel strike time has been decreased for 46,7%, the foot flat time decreased — on 86%. In a statics, loading on the affected limb has been decreased for 12,5% in the first group, thus plantar pressure upon forward area of both feet has been increased. The asymmetry coefficient has been 1.41±0.08. In the second group loading on the affected limb has been decreased for 31,25%, thus loading to backward area of healthy foot has been increased and loading to backward area of the affected foot has been decreased. The asymmetry coefficient has been 1.96±0.11. A parity of the contacting surface area of the healthy foot to the area of affected foot has been 1:0.97±0.05 in the first investigated group and 1:0.36±0.04 in the second group.*

*Key words: ankle joint, septic arthritis, arthrodesis, plantar pressure, foot scan.*

### БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПОРНОСТИ СТОПЫ ПОСЛЕ АРТРОДЕЗА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

I. A. Лазарев, Н. П. Грищай, Д. И. Белоус

*Проведен сравнительный биомеханический анализ результатов хирургического лечения 17 пациентов с костным анкилозом голеностопного сустава после его артродеза в связи с посттравматическим гнойным остеоартритом. Средний возраст больных составил 45±3,7 лет. В I группе обследованных (12) угол между осью большеберцовой кости и площадью опоры стопы составил 90,4±1,16°, во II группе (5 больных) — 99,2±6,6°. По данным подометрии, в I группе больных продолжительность переката через пятку увеличилась на 76,7%, переката через голеностопный сустав — на 17,3% и уменьшилась продолжительность переката через носок — на 24,1%. Во II группе перекат через пятку уменьшился на 46,7%, перекат через голеностопный сустав — на 86,5%. В статике нагрузка на пораженную конечность в I группе уменьшилась*

на 12,5%, при этом увеличилось давление на передний отдел обеих стоп. Коэффициент асимметрии составил  $1,41 \pm 0,08$ . Во II группе нагрузка на пораженную конечность уменьшилась на 31,25%, при этом нагрузка на задний отдел здоровой стопы увеличилась, на задний отдел пораженной стопы уменьшилась. Коэффициент асимметрии составил  $1,96 \pm 0,11$ . Соотношение площади контактной поверхности здоровой стопы к площади пораженной в I группе  $1:0,97 \pm 0,05$ , во II группе —  $1:0,36 \pm 0,04$ .

**Ключевые слова:** голеностопный сустав, гнойный артрит, подометрия, плантодинамометрия, плантография.

## Вступ

Пошкодження гомілковостопного суглоба за частотою посідають одне з перших місць серед травм опорно-рухового апарату і становлять від 20 до 22% усіх переломів кісток скелета і 40–60% переломів кісток гомілки [4]. Незважаючи на раннє адекватне лікування, гнійні ускладнення при відкритих переломах ділянки гомілковостопного суглоба становлять 24% [6]. Серед усіх артритів гомілковостопного суглоба до 30% становлять артрити після лікування закритих переломів кісток, що утворюють гомілковостопний суглоб [2].

Гнійний артрит у поєднанні з остеомиєлітом кісток є найбільш грізним ускладненням травм гомілковостопного суглоба. У цій ситуації найбільш виправданим методом лікування є некректомія та артродез.

Артродез гомілковостопного суглоба був уперше описаний Albert у 1879 р. [10]. З того часу не менше, ніж 30 варіантів артродезу було представлено в літературі, ускладнення при яких сягали 50% [7, 9, 11].

У літературі існують поодинокі повідомлення про дослідження біомеханічних показників у хворих з анкілозом гомілковостопного суглоба [8, 12]. Але це були хворі, яким артродез гомілковостопного суглоба виконували переважно при артрозі, що не потребувало сегментарної резекції, наслідком якої є вкорочення кінцівки.

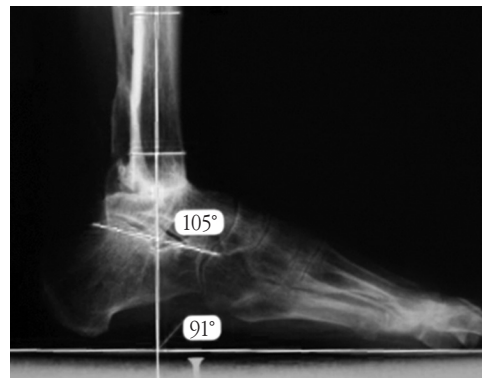
**Мета** роботи — визначити опороздатність нижньої кінцівки у хворих з кістковим анкілозом гомілковостопного суглоба після хірургічного лікування з приводу гнійного післятравматичного артрити.

## Матеріали і методи

У роботі проведено біомеханічний аналіз опори на нижню кінцівку 17 хворих з кістковим анкілозом гомілковостопного суглоба та вкороченням ураженої нижньої кінцівки на  $2 \pm 0,5$  см після операцій з приводу гнійного післятравматичного артрити, госпіталізованих у клініку кістково-гнійної хірургії ДУ "ІТО АМН України".

У 16 пацієнтів було виконано великогомілково-таранний артродез, у одного — великогомілково-пятковий артродез. Серед хворих було 16 чоловіків та 1 жінка, середній вік яких був  $45 \pm 3,7$  років. Хворих умовно поділили на дві групи, залежно від величини кута між оссю великогомілкової кістки та площиною стопи:

- I група (12 чол.) — з анкілозом під кутом  $90,4 \pm 1,16^\circ$  (рис. 1);
- II група (5 чол.) — з анкілозом під кутом  $99,2 \pm 6,6^\circ$  (рис. 2).



**Рис. 1.** Бокова рентгенограма в навантаженні пацієнта I групи



**Рис. 2.** Бокова рентгенограма в навантаженні пацієнта II групи

Для реєстрації біомеханічних показників ходьби використовували такі методики:

- 1) подометрію;
- 2) плантодинамометрію;
- 3) плантографію.

Предметом дослідження були часові параметри ходьби, розподілення навантаження по плантарній поверхні стоп і площа контактною поверхні стоп у статиці.

Реєстрацію часових параметрів кроку виконували при звичному темпі ходьби без додаткових засобів опори. Пройдана дистанція становила 10 м. Застосовували метод чотириконтактною подометрії, що дозволив реєструвати, окрім базових часових параметрів, характеристики перекагу стопи. Пацієнту на плантарну поверхню стоп фіксували контактні датчики в основних опорних

зонах стопи: п'ята, головки I і V плюсневих кісток і I пальця стопи.

Для оцінки розподілення навантаження по плантарній поверхні стоп ми використовували запропонований нами пристрій (заявка на патент № 200911341) за допомогою якого отримували дані про навантаження заднього, передньо-зовнішнього, передньо-середнього та передньо-внутрішнього плантарних поверхонь стоп (рис. 3).

Для визначення площі і форми контактної поверхні стоп у статичі отримували цифровий відбиток стоп за допомогою комплексу комп'ютерної плантографії,



а

Плантография											
З			2			1			Общий вес (тек): 82,95		
Общий вес (сп): 85,01			1			2			З		
T	3,23	T	7,29	T	3,19	T	4,01	T	14,03	T	4,11
C	3,65	C	8,44	C	3,81	C	4,53	C	15,74	C	4,43
%	3,90	%	8,78	%	3,85	%	4,84	%	16,92	%	4,96
л						п					
T	22,60		T	24,22							
C	22,04		C	22,10							
%	27,25		%	29,20							
Текущие						Текущие					
Вес:	36,46		Вес:	46,49							
Вес (%):	43,95		Вес (%):	56,05							
Средние						Средние					
Вес:	38,09		Вес:	46,92							
Вес (%):	44,80		Вес (%):	55,20							
Настройка			Запуск			Экспорт			Сохранить		
						Загрузить			Закрыть		

б

Рис. 3. Розташування стопи на платформі пристрою (а) та дані, отримані при плантодинамометрії (б)

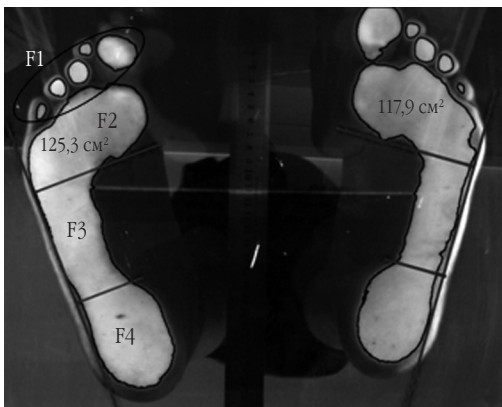


Рис. 4. Цифровий відбиток стоп

який складався з планшетного сканера та комп'ютерної програми "Plantografia" для автоматизованої обробки відбитків стопи та аналізу отриманих результатів. Досліджували такі параметри:

- 1) площу відбитка стопи

$$F = F1 + F2 + F3 + F4,$$

де F1 — сума площі відбитка пальців, F2 — переднього, F3 — середнього і F4 — заднього відділів (рис. 4);

- 2) відношення площі відбитка здорової стопи до площі ураженої.

## Результати та їх обговорення

### Часові параметри

У здорових людей опорний період кроку становить  $0,64 \pm 0,016$  с, період переносу —  $0,36 \pm 0,014$  с, двоопорний період —  $0,135 \pm 0,010$ . Ураховуючи різний темп ходьби, ці норми оцінюються у відсотковому відношенні щодо всього циклу кроку:

- 1) період опори — 63%;
- 2) період переносу — 37%;
- 3) сумарний двоопорний період — 25%;
- 4) одноопорний період — 38%.

Уявлення про часову структуру подвійного кроку дає табл. 1.

• У I групі досліджених хворих тривалість перекату через п'ятку збільшилась на 15% та гомілковостопний суглоб — на 17,3%. Тривалість перекату через носок зменшилась на 24,1%.

• У II групі перекат через п'ятку зменшився на 46,7%, гомілковостопний суглоб — на 86,5%. Інтервал перекату через носок збільшився на 120%, що пов'язано з еквінусом стопи.

Таблиця 1

Часові характеристики ходьби в нормі та у досліджуваних хворих з кістковим анкілозом гомілковостопного суглоба (у % від часу подвійного кроку)

Параметри ходьби	Норма	I група	II група
Цикл кроку	$1,21 \pm 0,03$	$1,52 \pm 0,26$	$1,16 \pm 0,11$
Період опори	$63 \pm 0,4$	$64,4 \pm 4,3$	$59,6 \pm 0,5$
Період переносу	$37 \pm 0,4$	$35,5 \pm 4,3$	$40,3 \pm 0,5$
Сумарний двоопорний період	$25 \pm 0,6$	$27,5 \pm 4,3$	$26,5 \pm 3,2$
Одноопорний період	$38 \pm 0,9$	$36,9 \pm 3,8$	$33,5 \pm 4,1$
Перекат через п'ятку	$6 \pm 0,5$	$10,6 \pm 3,5$	$3,2 \pm 3,5$
Перекат через гомілковостопний суглоб	$34 \pm 0,9$	$39,9 \pm 2,9$	$4,6 \pm 5,2$
Перекат через носок	$22 \pm 0,7$	$14,7 \pm 4,7$	$48,4 \pm 4,4$

### Силкові характеристики

У нормі спостерігається симетричний розподіл навантаження на стопу, тобто  $P_s = P_D = 50 \pm 2\%$  від ваги тіла. При цьому відсоток навантаження на передній відділ дорівнює  $17,5 \pm 0,5\%$  на задній —  $31,5 \pm 0,5\%$  від загальної ваги

тіла, що відповідає сагітальному градієнту навантаження (К) на стопі (П:З = 1:1,8±0,02). При такому розподілі навантаження ( $P_s = P_d$  і  $K = 1:1,8$ ) умови для роботи склепіння стопи є оптимальними. За навантаженням на кожну із стоп розраховується коефіцієнт асиметрії (Ka) як частка від ділення більшого навантаження Р (%), що припадає на одну з кінцівок, на менше Р (%). У нормі коефіцієнт асиметрії (Ka) знаходиться в межах 1–1,05 [1].

Як видно з табл. 2, у досліджених хворих I групи навантаження на уражену кінцівку зменшилося на 12,5%, при цьому спостерігалось збільшення навантаження на передній відділ обох стоп у межах від  $K = 1:1,7$  до  $K = 1:1,54$  — легкий ступінь порушення. Коефіцієнт асиметрії становив  $1,41 \pm 0,08$ , що відповідає помірній асиметрії.

Таблиця 2  
Розподіл навантажень по плантарній поверхні стоп у досліджених хворих порівняно до норми (у %)

Ділянки стопи	Норма	I група		II група	
		здорова кінцівка	уражена	здорова кінцівка	уражена
Передній відділ	17,5±0,5	23,5±1,6	15,4±1,3	21,1±1,8	15,7±1,8
Задній відділ	31,5±0,5	36,2±1,5	26,3±1,5	45,2±4,2	18,9±2,5
Передньо-зовнішній відділ	5,5±0,5	7,5±1,1	6,1±1,1	6,2±1,7	5,4±1,5
Передньо-середній відділ	7,5±0,5	9,8±1,4	6,6±1,2	8,3±1,3	5,7±1,7
Передньо-внутрішній відділ	2,5±0,5	6,2±2,3	2,7±1,1	6,2±1,7	4,6±0,9
Навантаження на всю стопу	50±0,5	58,8±1,7	41,7±1,4	66,2±5,2	33,8±1,2
Сагітальний градієнт навантаження стопи, К	1:1,8±0,02	1:1,54	1:1,71	1:2,14	1:1,2
Коефіцієнт асиметрії	1–1,05	1,41±0,08		1,96±0,07	

У хворих II групи навантаження на уражену кінцівку значно зменшилося — 31,25%, навантаження на задній відділ здорової кінцівки збільшилося  $K = 1:2,14$  — помірний ступінь порушення, та зменшилося навантаження на задній відділ ураженої стопи  $K = 1:1,2$ . Коефіцієнт асиметрії становив  $1,96 \pm 0,11$ , що відображає асиметрію значно виражену.

### Дані плантографії

У нормі розподіл площ окремих ділянок плантарної поверхні стоп становить: для пальців — 8,59%; переднього відділу — 37,5; середнього відділу — 23,6; заднього відділу — 31,21 (табл. 3) [3].

Як видно з табл. 3, співвідношення площі відбитка здорової стопи до ураженої у I групи становило  $1:0,97 \pm 0,05$ , площа ефективної опори ураженої стопи в II групі значно менша за здорову —  $1:0,36 \pm 0,04$  за рахунок зменшення площі контакту заднього відділу на 90,4%.

Таблиця 3  
Площа контактної поверхні стоп у нормі та у досліджених хворих з кістковим анкілозом гомілковостопного суглоба

Групи досліджених	Сумарна площа відбитка пальців	Площа відбитка відділу стопи			Відношення площі здорової стопи до ураженої
		переднього	середнього	заднього	
I	8,03±3,1	36,9±1,6	24,6±2,1	29,2±1,7	1:0,97±0,05
II	7,9±1,3	67,2±1,8	21,7±2	3,1±3,2	1:0,36±0,04
Норма	8,59±0,5	37,5±0,5	23,6±0,5	31,21±0,5	1:1±0,05

## Висновки

Артродез гомілковостопного суглоба під кутом між оссю великогомілкової кістки та площиною стопи  $90^\circ$  наближає динамічні та статичні біомеханічні показники до норми.

Артродез гомілковостопного суглоба в еквінусі (з кутом понад  $92^\circ$ ) з метою компенсації вкорочення не є оправданим, через значне погіршення біомеханічних показників опори в статиці та динаміці.

Для поліпшення функції опори та ходьби пацієнти з артродезом гомілковостопного суглоба потребують компенсації вкорочення ураженої кінцівки. Вкорочення до 2 см компенсується за рахунок ортопедичних устілок, понад 2 см — за рахунок виготовлення індивідуального ортопедичного взуття. Компенсація вкорочення у I групі хворих проводиться під всю стопу, у II групі — тільки під п'яту.

## Література

1. Клиническая биомеханика / Филатов В.И., Шуляк И.П., Великсон В.М. [и др.]. — Л.: Медицина, 1980. — 200 с.
2. Корытов В.Л. Опыт лечения послеоперационного остеомиелита / Корытов В.Л., Коваленко Д.М., Муратов А.В. // Современные технологии в травматологии, ортопедии : ошибки и осложнения — профилактика и лечение : тезисы докладов междунар. конгресс, Москва, 5–7 окт. 2004 г. — М.: [БИ], 2004. — С. 67.
3. Огурицова Т. Метод обследования опорно-двигательного аппарата человека по отпечаткам стоп в динамике и синтез бионических стелек / Т. Огурицова // Бионика и протезирование: промоционная работа. — Рига : Рижский тех. ун-т, 2006. — 87 с.
4. Романов А.А. Результаты лечения переломов лодыжек в районах Удмуртии / А.А. Романов // Актуальные вопросы травматологии и ортопедии: тезисы докладов VI межвузов. студенческой науч. конф., Москва, 25 апр. 2006 г. — М., 2006. — С. 11.
5. Скворцов Д.В. Клинический анализ двигательный : анализ походки / Д.В. Скворцов. — Иваново, 1996. — 350 с.
6. Туттов С.В. Консервативное лечение переломов лодыжек методом ранней активизации / С.В. Туттов // Сов. медицина. — 1987. — № 7. — С. 103–105.
7. Aneel Nibal. Ankle arthrodesis / Aneel Nibal, Richard E. Gellman, John M. Embi, Elly Trepman // Foot Ankle Surg. — 2008. — Vol. 14, № 1. — P. 110–114.
8. Buck P. The optimum position of arthrodesis of the ankle. A gait study of the knee and ankle

- / Buck P., Morrey B. F., Chao E. Y. // J. Bone Jt Surg. — 1987. — Vol. 69-A. — P. 1052–1062.
9. Cooper P. S. Complications of ankle and tibiotalar calcaneal arthrodesis / P. S. Cooper // Clin. Orthop. — 2001. — Vol. 1. — P. 33–44.
10. Kitaoka H. B. Revision of ankle arthrodesis with external fixation for non-union / Kitaoka H. B., Anderson P. J., Morrey B. F. // J. Bone Jt Surg. — 1992. — Vol. 74-A. — P. 1191–1200.
11. Levent Eralp. Distal tibial reconstruction with use of a circular external fixator and an intramedullary nail / Levent Eralp, Mehmet Kocaoglu // J. Bone Jt Surg. — 2007. — Vol. 89. — P. 2218–2224.
12. Rbys T. Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis / Rbys T., Daniels T.R., Parker K. // J. Bone Jt Surg. — 2006. — Vol. 88-A. — P. 526–535.

УДК 616.71–089.001.5–718.66–728.46

## КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПЕРЕЛОМОВ НАРУЖНОЙ ЛОДЫЖКИ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ МЕЖБЕРЦОВОГО СИНДЕСМОЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО ФИКСАТОРА

Е. В. Кулаженко<sup>1</sup>, А. А. Коструб<sup>2</sup>, С. А. Варзарь<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Одесский национальный медицинский университет, Украина

<sup>2</sup> ГУ “Институт травматологии и ортопедии АМН Украины”, г. Киев

<sup>3</sup> Городская клиническая больница № 11, г. Одесса, Украина

### COMPLEX TREATMENT OF THE EXTERNAL ANKLE FRACTURE WITH LESION OF TIBIOFIBULAR SYNDESMOSIS USING DYNAMIC FIXATOR

Ye. V. Kulazhenko, A. A. Kostrub, S. A. Varzar

The paper deals with results of examination and treatment of 87 patients with lesion of tibiofibular syndesmosis and fractures of shin bones. By treatment the device and fixator were used developed for the first time to reproduce the given position of the shin bones on the syndesmosis level and its control to prevent degenerative and dystrophic complications of the ankle.

Key words: lesion of the tibiofibular syndesmosis, parameters of physiological mobility of syndesmosis, the dynamic fixator, prevention of osteoarthritis, recovery of the tibiofibular syndesmosis.

### КОМПЛЕКСНЕ ЛІКУВАННЯ ПЕРЕЛОМІВ ЗОВНІШНЬОЇ КІСТОЧКИ З ПОШКОДЖЕННЯМ МІЖГОМІЛКОВОГО СИНДЕСМОЗУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДИНАМІЧНОГО ФІКСАТОРА

Є. В. Кулаженко, О. О. Коструб, С. О. Варзарь

У статті представлено результати обстеження та лікування 87 пацієнтів з пошкодженням міжгомількового синдесмозу з переломами кісточок гомілки вперше розробленим пристроєм і фіксатором, які використовуються для відтворення заданого положення кісток гомілки на рівні синдесмозу і його контролю з метою попередження розвитку дегенеративно-дистрофічних ускладнень гомілковостопного суглоба.

Ключові слова: пошкодження міжгомількового синдесмозу, параметри фізіологічної рухливості синдесмозу, динамічний фіксатор, профілактика остеоартрозу, відновлення міжгомількового синдесмозу.

## Введение

В настоящее время отсутствует четко обоснованная методика хирургического восстановления межберцового синдесмоза, в результате чего часто возникают осложнения — нестабильность сустава, синостоз, артроз.

Первичная инвалидность при повреждениях элементов голеностопного сустава достигает 7–12% [8].

Предложен ряд устройств для фиксации межберцового синдесмоза, имеющих свои преимущества и недостатки [1, 3–5, 7, 10, 12]. Наиболее распространенной методикой фиксации межберцового синдесмоза является