УДК 616.728.48-089.87-089.881-036.8:612.76

ОМЕЛЬЧЕНКО Т.М.[1], ЛЯБАХ А.П.[2], БУР'ЯНОВ О.А.[1], ЛАЗАРЄВ І.А.[2], МАКСИМІШИН О.М.[2]
[1]Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
[2]ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ РЕЗЕКЦІЙНОГО АРТРОДЕЗУ НАДП'ЯТКОВО-ГОМІЛКОВОГО СУГЛОБА ЗА ДАНИМИ БІОМЕХАНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Резюме. Метою *дослідження є порівняльна біомеханічна оцінка результатів резекційного артродезу за модифікованою та стандартною методиками у пацієнтів із наслідками ушкоджень надп'ятково-гомілкового суглоба.*

Матеріал і методи. *Проведено аналіз результатів лікування 164 пацієнтів віком від 46 до 72 років. В основній групі, що налічувала 86 пацієнтів, була застосована модифікована методика резекційного артродезу, в групі порівняння (78 пацієнтів) застосовували стандартну методику резекційного артродезу. Модифікована методика передбачала резекцію нижньої третини малогомілкової кістки та медіальної кісточки, резекцію суглобових кінців із встановленням стопи відносно осі великогомілкової кістки під кутом 90° у сагітальній площині, 0–5° вальгуса, 5° зовнішньої ротації та зміщення стопи дозаду на 10–15 % сагітального розміру блоку таранної кістки. При традиційному виконанні резекційного артродезу стопу встановлювали під кутом 95–100° до осі гомілки у сагітальній площині, а в інших площинах дотримувалися нейтрального положення.*

Біомеханічну оцінку результатів лікування проводили за допомогою таких методів: плантографії, плантодинамометрії та визначення опорних реакцій на біомеханічній платформі. Середній термін оцінки результатів становив 2,3 ± 1,3 року.

Результати та обговорення. *За результатами біомеханічних досліджень в основній групі пацієнтів встановлено, що середній показник площі опори стопи дорівнював 45,4 ± 0,81 %, з формуванням урівноважених пікових навантажень, що наближалися до фізіологічних. У групі порівняння зафіксовано перевантаження заднього відділу стопи, а середній показник площі опори становив 32,1 ± 0,87 %. Дослідження опорних реакцій у пацієнтів основної групи порівняно з групою контролю показало зменшення загального часу опори на 15,4 % зі збільшенням часу перекату через п'яту, що становив у середньому 26,5 ± 0,61 % порівняно з 22,6 ± 0,8 %, зменшення часу перекату через передній відділ — до 24,2 ± 1,3 % порівняно з 31,2 ± 0,4 % та помірного підвищення часу міжпоштовхового періоду — до 49,3 ± 0,8 % проти 46,2 ± 0,75 % (p < 0,01). Зменшення імпульсу сили вертикальної складової опорних реакцій в основній групі до 3614,0 ± 4,1 порівняно з групою контролю — 3983,0 ± 7,4 (p < 0,01) свідчить про зменшення енергоємності ходьби при застосуванні модифікованої методики резекційного артродезу.*

Висновок. *При застосуванні модифікованої методики резекційного артродезу надп'ятково-гомілкового суглоба поліпшується розподіл навантаження на стопу при ходьбі, оптимізуються часові характеристики опорних реакцій та зменшується енергоємність ходьби на фоні анкілозу даного суглоба.*

Ключові слова: *резекційний артродез надп'ятково-гомілкового суглоба, установка стопи, плантографія, плантодинамометрія, опорні реакції.*

Вступ

Неадекватне лікування свіжих ушкоджень надп'ятково-гомілкового суглоба (НГС) у віддаленому періоді обумовлює необхідність виконання артродезу з метою забезпечення опорності та функціональності нижньої кінцівки. Так, через 5 років після травми, при несприятливих наслідках ушкоджень в зоні НГС, у 56 % випадків виникає необхідність виконання артродезу, а через 15 років артродезу потребують майже 95 % таких пацієнтів [1–4, 9].

Значний відсоток незадовільних результатів артродезу НГС пов'язаний із недосконалою технікою виконання резекції суглобових поверхонь кісток НГС і неправильною установкою стопи, що в подальшому призводить до значного підвищення енергоємності ходьби, перевантаженню суглобів середнього та пере-

Адреса для листування з авторами:
Омельченко Тарас Миколайович
E-mail: taraskin@voliacable.com

© Омельченко Т.М., Лябах А.П., Бур'янов О.А., Лазарєв І.А., Максимішин О.М., 2016
© «Травма», 2016
© Заславський О.Ю., 2016

дного відділу стопи, сповільнення кісткового зрощення у зоні артродеза та рецидивів деформації [11, 12, 15]. При виконанні артродезу НГС на фоні виражених деструктивно-дегенеративних процесів у ньому виникає необхідність одночасної корекції деформації та створення оптимальних біомеханічних умов для формування кісткового анкілозу та майбутньої ходьби.

Більшість учених, що виконують артродез НГС, у своїх роботах зауважують про вкрай важливий момент — установку стопи відносно гомілки при фіксації, що визначає подальші біомеханічні умови для ходьби. Однак сьогодні немає єдиної біомеханічно обґрунтованої думки з цього приводу. Частина авторів дотримуються традиційної установки стопи при резекції, надаючи середньофізіологічного положення стопі при фіксації, що відповідає 95–100° підошовної флексії (Vienne P., 2005; Bowers C.A., Catanzariti A.R., Mendicino R.W., 2009 та ін.) [5–7]. Інші схиляються до установки стопи під кутом 90° відносно осі гомілки у сагітальній площині, надають до 5° вальгуса у фронтальній площині та до 5° зовнішньої ротації (Caron M., Kron E., Saltrick K.R., 1999; Grass R., Rammelt S., Biewener A., Zwipp H., 2004; Mückley T., Hofmann G., Bühren V., 2005 [8, 10, 14].

У сучасних клінічних і біомеханічних дослідженнях доведено, що при виконанні артродезу НГС виникають несприятливі умови для функціонування суміжних суглобів стопи, навантаження на які на фоні блокування рухів на рівні НГС значно зростає, що у терміни 5–15 років призводить до значних дегенеративно-дистрофічних змін у суглобах середнього відділу стопи та підтаранному суглобі. У даної категорії пацієнтів виникає і така проблема, як надмірне зростання енерговитрат при ходьбі, що виявляється у значному обмеженні тривалості ходьби та порушенні стереотипу ходьби [12, 13, 15].

Вищевказане обумовлює необхідність удосконалення існуючих методик артродезу НГС із позицій оптимізації біомеханіки ходьби.

Мета дослідження — біомеханічне дослідження результатів резекційного артродезу за модифікованою та традиційною методиками у пацієнтів із наслідками ушкоджень надп'ятково-гомілкового суглоба.

Матеріал і методи

Матеріалом роботи стали результати досліджень 164 пацієнтів віком від 46 до 72 років, які лікувались у відділі патології стопи та складного протезування ДУ «ІТО НАНМ України» (2000–2015 рр.), яким було виконано резекційний артродез НГС. Середній вік пацієнтів становив 48,2 ± 3,1 року. Пацієнтів чоловічої статі було 94, жіночої — 70. В основній групі пацієнтів (n_1 = 86) була застосована модифікована методика резекційного артродезу НГС, що передбачала резекцію нижньої третини малогомілкової кістки та медіальної кісточки, резекцію суглобових поверхонь у горизонтальній площині таким чином, щоб встановити стопу відносно осі великогомілкової кістки під кутом 90° у сагітальній площині, під кутом 0–5° — на вальгус у фронтальній площині, 5° — зовнішньої ротації. Суттю модифікації у запропонованому способі артродезу НГС є зменшення плеча сили тяжіння в одноплечому важелі другого роду, яким є стопа. Це досягається шляхом зміщення стопи дозаду на 10–15 % сагітального розміру блоку таранної кістки. В такому положенні фіксуються кістки після резекції з використанням зовнішніх або внутрішніх фіксаторів. Зміщення стопи дозаду забезпечує зменшення необхідної для підйому тіла сили м'язової тяги в умовах, коли рухи на рівні НГС відсутні, а також дозволяє розвантажити суглоби середнього відділу стопи, що стають додатковим передатковим механізмом у таких умовах. Отже, поліпшуються умови ходьби завдяки зменшенню енерговитрат, забезпечуються оптимальні умови для настання кісткового анкілозу у функціонально вигідному положенні, відбувається зменшення навантаження на суміжні суглоби стопи.

У групі порівняння (n_2 = 78) застосовувалися традиційні підходи до виконання резекційного артродезу. Стопу встановлювали під кутом 95–100° до осі гомілки у сагітальній площині, а в інших площинах дотримувалися нейтрального положення. При визначенні засобів фіксації використовували диференційований підхід, при якому враховувалися такі фактори: стан кісткової тканини (асептичний некроз таранної кістки, вираженість явищ остеопорозу, кістоподібна перебудова метаепіфізів кісток НГС, вираженість деформації та ін.), вираженість змін у підтаранному суглобі, стадія остеоартрозу, функціональний стан НГС, наявність супутньої патології. Серед засобів фіксації, що використовувалися при виконанні артродезу у 48 пацієнтів, були застосовані гвинти та скоби, у 32 — скоби, у 7 — пластина, у 12 — апарат зовнішньої фіксації, у 65 — ретроградний інтрамедулярний блокований стрижень.

З метою дослідження біомеханіки та енергоємності ходьби, статичних і динамічних умов навантаження на стопу в групах клінічного спостереження використовували результати опорних реакцій на біомеханічній платформі, плантографію та плантодинамометрію із застосуванням ортопедичної системи для вимірювання динамічного та статичного тиску під стопою Medilogic. Дослідження виконані на базі клініки патології стопи та складного протезування і лабораторії біомеханіки ДУ «ІТО НАМН України». Середній термін оцінки результатів становив 2,3 ± 1,3 року.

Результати та обговорення

Застосування модифікованої методики резекційного артродезу НГС дозволило досягти кращих біомеханічних показників в основній клінічній групі, що доведено результатами плантографічних і плантодинамометричних досліджень, а також біомеханічного дослідження опорних реакцій.

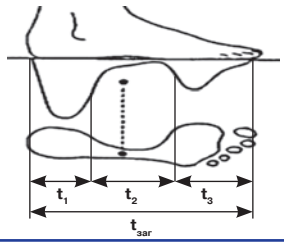
Середній термін настання кісткового зрощення в зоні резекції у хворих основної групи становив 8,2 ± 0,2 тижня, а у хворих групи порівняння — 11,7 ± 1,2 тижня, у 9 пацієнтів виник рецидив деформації на фоні незрощення.

Результати біомеханічних досліджень показали, що у пацієнтів основної групи відбувся перерозподіл загальної площі опори стопи з наближенням показників до фізіологічних. Середній показник площі опори становив 45,4 ± 0,81 % із формуванням урівноважених пікових навантажень у трьох зонах стопи: головка 1-ї плесневої кістки, головки 4–5-ї плесневих кісток, п'ятковий горб. У пацієнтів групи порівняння зафіксовано перевантаження заднього відділу стопи, а середній показник площі опори дорівнював 32,1 ± 0,87 % (рис. 1).

За результатами дослідження опорних реакцій в основній групі спостереження порівняно з групою контролю зафіксовано зменшення загального часу опори на 15,4 % із збільшенням часу перекату через п'яту, що становив в середньому 26,5 ± 0,61 % порівняно з 22,6 ± 0,8 %, зменшення часу перекату через передній відділ до 24,2 ± 1,3 % порівняно з 31,2 ± 0,4 % та помірного підвищення часу міжпоштовхового періоду до 49,3 ± 0,8 % проти 46,2 ± 0,75 %.

Зменшення імпульсу сили вертикальної складової в основній групі до 3614,0 ± 4,1 порівняно з групою контролю (3983,0 ± 7,4) свідчить про зменшення енергоємності ходьби при застосуванні модифікованої нами методики резекційного артродезу майже на 10 % (табл. 1).

Таблиця 1. Середні значення часових параметрів та імпульсу сили вертикальної складової опорних реакцій за нормою, при стандартній і модифікованій методиках виконання артродезу надп'ятково-гомілкового суглоба (p < 0,01)

	Параметри дослідження				
	t_1 (%)	t_2 (%)	t_3 (%)	$t_{заг}$ (с)	I — імпульс сили
Норма	25,1 ± 1,1	47,5 ± 0,7	27,4 ± 1,2	0,89 ± 0,05	3501,0 ± 9,0
Основна група, n_1 = 86 (модифікована методика артродезу)	26,5 ± 0,61	49,3 ± 0,8	24,2 ± 1,3	0,93 ± 0,01	3614,0 ± 4,1
Група порівняння, n_2 = 78 (стандартна методика артродезу)	22,6 ± 0,8	46,2 ± 0,75	31,2 ± 0,4	1,10 ± 0,01	3983,0 ± 7,4

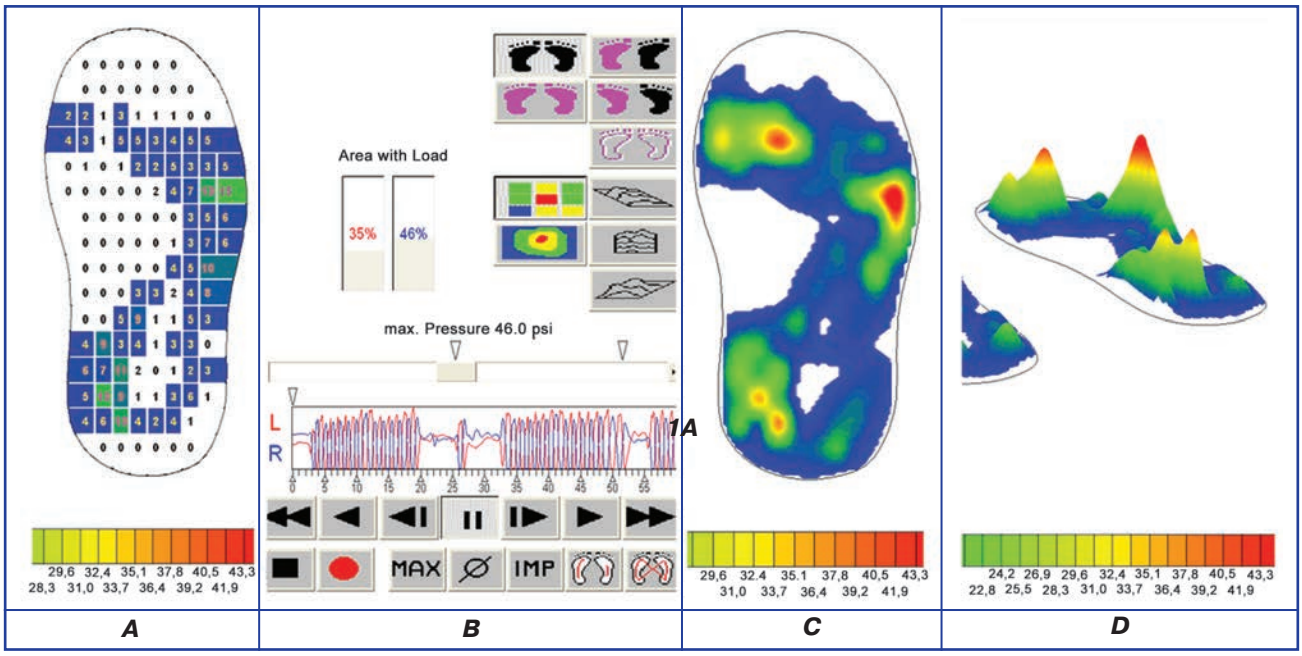


Рисунок 1. Результати плантодинамометричного дослідження із застосуванням ортопедичної системи вимірювання та фіксації динамічного і статичного тиску під стопою Medilogic; A, B — статичні показники опори на оперовану кінцівку через 3 роки після артродезу НГС за розробленою методикою (досягнуто кісткового анкілозу) у пацієнтки А., 35 років; C, D — показники навантаження на стопу в динаміці з формуванням піків навантаження при ходьбі у зонах, що наближені до фізіологічних

Висновок

Модифікована методика артродезу надпятково-гомілкового суглоба дозволяє забезпечити кращі біомеханічні умови ходьби пацієнтів порівняно зі стандартною методикою. При її застосуванні поліпшується розподіл навантаження на стопу при ходьбі, оптимізуються часові характеристики опорних реакцій і зменшується енергоємність ходьби на фоні анкілозу надп'ятково-гомілкового суглоба.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів. Дана публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди жодної форми.

Список літератури

1. *Лябах А.П., Бур'янов О.А., Омельченко Т.М., Хомич С.В. Патент на корисну модель № 84723, МПК (2013.01) A61B17/00. № u201306452; заявл. 24.05.2013; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20. Спосіб резекційного артродезу надп'ятково-гомілкового суглоба / Лябах А.П.; Бур'янов О.А.; Омельченко Т.М.; Хомич С.В.*
2. *Омельченко Т.М., Лябах А.П., Хомич С.В., Максимішин О.М. Диференційований підхід до застосування резекційного артродезу надп'ятково-гомілкового суглоба // Мат-ли науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи» 15–16 жовтня 2015, м. Київ — С. 31.*
3. *Омельченко Т.Н. Переломы лодыжек и быстропрогрессирующий остеоартроз голеностопного сустава: профилактика и лечение // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2013. — № 4. —С. 35-40.*
4. *Abidi N.A., Gruen G.S., Conti S.F. Ankle arthrodesis: indications and techniques // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2000 May-Jun; 8(3): 200-9.*
5. *Alberto Leardini, John J. O'Connor, Sandro Giannini. Biomechanics of the natural, arthritic, and replaced human ankle joint // Journal of Foot and Ankle Research. 2014, 7: 8. DOI: 10.1186/1757-1146-7-8.*
6. *Bennett G.L., Cameron B., Njus G., Saunders M., Kay D.B. Tibiotalocalcaneal arthrodesis: a biomechanical assessment of stability // Foot Ankle Int. 2005; 26(7): 530-536.*
7. *Bowers C.A., Catanzariti A.R., Mendicino R.W. Traditional ankle arthrodesis for the treatment of ankle arthritis // Clin. Podiatr. Med. Surg. 2009 Apr; 26(2): 259-71.*
8. *Caron M., Kron E., Saltrick K.R. Tibiotalar joint arthrodesis for the treatment of severe ankle joint degeneration secondary to rheumatoid arthritis // Clin. Podiatr. Med. Surg. 1999 Apr; 16(2): 337-61.*
9. *DeHeer P.A., Catoire S.M., Taulman J., Borer B. Ankle arthrodesis: a literature review // Clin. Podiatr. Med. Surg. 2012 Oct; 29(4): 509-27.*
10. *Grass R., Rammelt S., Biewener A., Zwipp H. Arthrodesis of the ankle joint // Clin. Podiatr. Med. Surg. 2004 Apr; 21(2): 161-78.*
11. *Kennedy J.G., Hodgkins C.W., Brodsky A., Bohne W.H. Outcomes after standardized screw fixation technique of ankle arthrodesis // Clin. Orthop. Relat. Res. 2006 Jun; 447: 112-8.*
12. *Kopp F.J., Banks M.A., Marcus R.E. Clinical outcome of tibiotalar arthrodesis utilizing the chevron technique // Foot Ankle Int. 2004 Apr; 25(4): 225-30.*
13. *Marcus R.E., Balourdas G.M., Heiple K.G. Ankle arthrodesis by chevron fusion with internal fixation and bone-grafting // J. Bone Joint. Surg. Am. 1983 Jul; 65(6): 833-8.*
14. *Mückley T., Hofmann G., Bühren V. Tibiotalar arthrodesis with the tibial compression nail // Oper. Orthop. Traumatol. 2005 Oct; 17(4-5): 407-25.*
15. *Takakura Y., Tanaka Y., Sugimoto K., Akiyama K., Tamai S. Long-term results of arthrodesis for osteoarthritis of the ankle // Clin. Orthop. Relat. Res. 1999 Apr; (361): 178-85.*

Отримано 23.02.16

Омельченко Т.Н.[1], Лябах А.П.[2], Бурьянов А.А.[1], Лазарев И.А.[2], Максимишин А.Н.[2]
[1]Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина
[2]ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕЗЕКЦИОННОГО АРТРОДЕЗА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА ПО ДАННЫМ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Резюме. Целью исследования является сравнительная биомеханическая оценка результатов резекционного артродеза по модифицированной и стандартной методикам у пациентов с последствиями повреждений голеностопного сустава.

Материал и методы. Проведен анализ результатов лечения 164 пациентов в возрасте от 46 до 72 лет. В основной группе (86 пациентов) была применена модифицированная методика резекционного артродеза, в группе сравнения (78 пациентов) применяли стандартную методику резекционного артродеза. Модифицированная методика предусматривала резекцию нижней трети малоберцовой кости и медиальной лодыжки, резекцию суставных концов с установкой стопы относительно оси большеберцовой кости под углом 90° в сагиттальной плоскости, 0–5° вальгуса, 5° наружной ротации и смещение стопы кзади на 10–15 % сагиттального размера блока таранной кости. При традиционной методике резекционного артродеза стопу устанавливали под углом 95–100° к оси голени в сагиттальной плоскости, а в других плоскостях придерживались нейтрального положения.

Биомеханическую оценку результатов лечения проводили с помощью следующих методов: плантографии, плантодинамометрии и определения опорных реакций на биомеханической платформе. Средний срок оценки результатов составил 2,3 ± 1,3 года.

Результаты и обсуждение. По результатам биомеханических исследований в основной группе пациентов установлено, что средний показатель площади опоры стопы составил 45,4 ± 0,81 % с формированием уравновешенных пиковых нагрузок, приближающихся к физиологическим. В группе сравнения зафиксирована перегрузка переднего отдела стопы, а

средний показатель площади опоры составил 32,1 ± 0,87 %. Исследование опорных реакций у пациентов основной группы по сравнению с группой контроля показало уменьшение общего времени опоры на 15,4 % с увеличением времени переката через пятку в среднем до 26,5 ± 0,61 % по сравнению с 22,6 ± 0,8 %, уменьшение времени переката через передний отдел до 24,2 ± 1,3 % по сравнению с 31,2 ± 0,4 % и умеренного повышения времени межтолчкового периода до 49,3 ± 0,8 % против 46,2 ± 0,75 % (p < 0,01). Уменьшение импульса силы вертикальной составляющей опорных реакций в основной группе до 3614,0 ± 4,1 по сравнению с группой контроля — 3983,0 ± 7,4 (p < 0,01) свидетельствует об уменьшении энергоемкости ходьбы при применении модифицированной методики резекционного артродеза.

Вывод. При применении модифицированной методики резекционного артродеза голеностопного сустава улучшается распределение нагрузки на стопу при ходьбе, оптимизируются временные характеристики опорных реакций и уменьшается энергоемкость ходьбы на фоне анкилоза данного сустава.

Ключевые слова: резекционный артродез голеностопного сустава, установка стопы, плантография, плантодинамометрия, опорные реакции.

Omelchenko T.M.[1], Liabakh A.P.[2], Burianov O.A.[1], Lazariev I.A.[2], Maksymishyn O.M.[2]
[1]National Medical University named after O.O. Bohomolets, Kyiv, Ukraine
[2]State Institution «Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

RESULTS OF THE ANKLE RESECTION ARTHRODESIS ACCORDING TO BIOMECHANICAL STUDIES

Summary. The aim of this study is a comparative biomechanical evaluation of the resection arthrodesis outcomes by the modified and standard procedures in patients with the consequences of damage to the ankle.

Material and methods. The analysis of treatment results of 164 patients aged 46 to 72 years has been carried out. In the study group consisted of 86 patients, modified resection arthrodesis technique was applied, in the comparison group (78 patients) we used a standard technique of resection arthrodesis. Modified procedure included resection of the lower third of the fibula and medial malleolus, resection of the ankle joint ends, with foot position at 90° relative to the tibial axis, 0–5° valgus, 5° external rotation and displacement of the foot backwards by 10–15 % of the sagittal size of the talus block. In the traditional method of resection arthrodesis, the foot was positioned at an angle of 95–100° to the tibial axis in the sagittal plane, and in other planes stuck to the neutral position.

Biomechanical evaluation of treatment outcomes was performed using the following methods: plantography, plantodynamometry and determination of the support reactions on the biomechanical platform. The average period of results evaluation was 2.3 ± 1.3 years.

Results and discussion. According to the results of biomechanical studies of patients in the main group, it was found that the median area of the foot support was 45.40 ± 0.81 %, with the formation of the physiological balanced peak loads approaching physiological ones. In the comparison group, an overload of the rarefoot was recorded, and the average area of support was 32.10 ± 0.87 %. Research of support reactions in patients of the main group compared to the control group showed a decrease in the total time of support by 15.4 %, with an increase in time of rolling through the heel, which averaged 26.50 ± 0.61 % compared with 22.6 ± 0.8 %, reduction in the time of rolling through the forefoot — to 24.2 ± 1.3 % compared to 31.2 ± 0.4 %, and a moderate increase in the time period between the jog — to 49.3 ± 0.8 % versus 46.20 ± 0.75 % (p < 0.01). Reduced impulse force of the vertical component of support reactions in the main group to 3,614.0 ± 4.1 compared with the control group — 3,983.0 ± 7.4 (p < 0.01) indicates a decrease in energy intensity of walk when using the modified technique for resection arthrodesis.

Conclusion. The use of a modified technique of resection ankle arthrodesis improves the load distribution on the foot when walking, optimizes the temporal characteristics of the support reactions and reduces the energy intensity of walking on the background of ankylosis of this joint.

Key words: resection ankle arthrodesis, foot positioning, plantography, plantodynamometry, support reactions.