

Характеристика напружено-деформованого стану моделі стовпа до та після лікування плоско-вальгусної деформації з використанням імплантатів для піднаді'яткового артролізу (повідомлення друге)

О. І. Корольков¹, П. М. Рахман¹, М. Ю. Карпінський¹,
І. В. Шнишка², О. В. Ярецько¹

¹ Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України, Харків
² Історична обласна лікарня, Україна

One of the modern types of fastest surgical treatment is subtalar arthrolysis with implant placement in tibia tara. There are a lot of kinds of such implants. Objective: to study stress-strain state of the foot bone elements in normal and in case of its flatfoot deformity before and after implant placement. Methods: we made finite element model which consist of tibia, fibula, talus, calcaneus, navicular and cuneiform bones. Joint surfaces were modeled with mechanical properties of cartilage tissue. We compared two types of models: conical and cylinder. Also made assessment of mechanical properties (blotum, rupture, carbon) on stress-strain state. Results: among of implants with conical and cylinder shape led to increasing of stress values in the place of contact with the bone, especially on the subtalar surface 8.0 and 7.1 MPa. Difference in stress values on the all areas of the foot model with both implants is not significant, but at cylinder shape implantation we observed quantitatively better indexes improvement. Implant material does not influence on stress distribution in the foot bones. Conclusions: using of implants for subtalar arthrolysis can influence positively on stress distribution of the foot at its surgical correction. Subtalar arthrolysis is one of the kinds for flatfoot deformity treatment and ankle joint stabilization. Key words: foot, flat-footed foot, arthrolysis, mathematical modeling.

Одним из современных вариантов хирургического лечения плоско-вальгусной деформации стопы является выделение артролиза поднадыткового сустава (АДТС) с установкой имплантата в тибя тарз. Разработано большое количество вариантов (бюбли) таких имплантатов. Цель: изучить напряженно-деформированное состояние (НДС) костных элементов стопы в норме, в случаях ее плоско-вальгусной деформации до и после амплюирования имплантата для АДТС. Методы: построена конечно-элементная модель стопы, состоящая из элементов конической, цилиндрической, конической, шариковой, ладьовидной и клиновидной костей. Суставные поверхности моделировали эластичной с деформационными свойствами тканевой массой. Сравнительно модель двух имплантатов — конической и цилиндрической форм, а также параметры костной металлизированной поверхности материала биметалл, титановый сплав. Результаты: во сравнении с моделью плоско-вальгусной деформации стопы амплюирование имплантата конической и цилиндрической форм привело к повышению значений напряжений в зоне их контакта с костной массой, особенно на поверхности поднадыткового сустава — 8,0 и 7,1 МПа соответственно. Разница в значениях напряжений на всех участках модели стопы с амплюированием обеих форм имплантатов, однако при установке цилиндрической имплантата количественно больше артролизированной поверхности. Материал имплантата не влияет на распределение напряжений в костной системе стопы. Выводы: амплюирование имплантата для АДТС положительно влияет на распределение напряжений в костной системе стопы при коррекции ее плоско-вальгусной деформации. АДТС является одним из вариантов устранения плоско-вальгусной деформации стопы и стабилизации поднадыткового сустава. Ключевые слова: стопа, плоско-вальгусная деформация, артролиз, математическое моделирование.

Ключевые слова: стопа, плоско-вальгусная деформация, артролиз, математическое моделирование

Вступ

Одним из современных вариантов хирургического лечения плоско-вальгусной деформации стопы является выделение артролиза поднадыткового сустава (АДТС) с установкой имплантата в тибя тарз. Разработано большое количество вариантов (бюбли) таких имплантатов. Цель: изучить напряженно-деформированное состояние (НДС) костных элементов стопы в норме, в случаях ее плоско-вальгусной деформации до и после амплюирования имплантата для АДТС. Методы: построена конечно-элементная модель стопы, состоящая из элементов конической, цилиндрической, конической, шариковой, ладьовидной и клиновидной костей. Суставные поверхности моделировали эластичной с деформационными свойствами тканевой массой. Сравнительно модель двух имплантатов — конической и цилиндрической форм, а также параметры костной металлизированной поверхности материала биметалл, титановый сплав. Результаты: во сравнении с моделью плоско-вальгусной деформации стопы амплюирование имплантата конической и цилиндрической форм привело к повышению значений напряжений в зоне их контакта с костной массой, особенно на поверхности поднадыткового сустава — 8,0 и 7,1 МПа соответственно. Разница в значениях напряжений на всех участках модели стопы с амплюированием обеих форм имплантатов, однако при установке цилиндрической имплантата количественно больше артролизированной поверхности. Материал имплантата не влияет на распределение напряжений в костной системе стопы. Выводы: амплюирование имплантата для АДТС положительно влияет на распределение напряжений в костной системе стопы при коррекции ее плоско-вальгусной деформации. АДТС является одним из вариантов устранения плоско-вальгусной деформации стопы и стабилизации поднадыткового сустава. Ключевые слова: стопа, плоско-вальгусная деформация, артролиз, математическое моделирование.

Целью статьи является исследование влияния имплантата для АДТС на состояние напряженно-деформированного состояния стопы в процессе амплюирования (ПДЦ) и исследовано роли тибя тарз имплантата (возможность раздробленного нами цилиндрической, а также шарикового и конической форм имплантатов материала, в них их выработаны, на НДС модели стопы. Целью работы является изучение напряженно-деформированного состояния элементов стопы у поднадыткового сустава (АДТС) до и после амплюирования имплантата для артролиза поднадыткового сустава.

Целью работы является изучение напряженно-деформированного состояния элементов стопы у поднадыткового сустава (АДТС) до и после амплюирования имплантата для артролиза поднадыткового сустава.

Целью работы является изучение напряженно-деформированного состояния элементов стопы у поднадыткового сустава (АДТС) до и после амплюирования имплантата для артролиза поднадыткового сустава.

Материал і методи

Дослідження НДС математичних моделей стовпа в тарзі, за умов ПДЦ і використання імплантатів для АДТС як конічної форми, так і циліндричної форми проводилося в лабораторії біомеханіки ДУ «ІІХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН».

Для вирішення поставленого завдання побудовано скінченно-елементну модель стовпа з тибя тарзом, включаючи: вальгусомодель, малогомілок, л'ятову, над'яткову, човноподібну та клиновидну кістки. Суглобові поверхні моделювали елементами з механічними властивостями хрящової тканини. На попередньому етапі роботи вивчено вплив вальгусної деформації на розподіл напружень у кістках стовпа [1].

Для вивчення впливу на НДС кісткових елементів стовпа коректувальних імплантатів розроблено Трех моделі: конусу, яку використовують у клінічній практиці, та циліндрично-розроблену в інституті ім. проф. М. І. Ситенка (рис. 1) [9, 10].

У процесі моделювання застосовано стандартну схему встановлення коректувальних імплантів. Вигляд моделі стовпа з імплантатами показано на рис. 2.

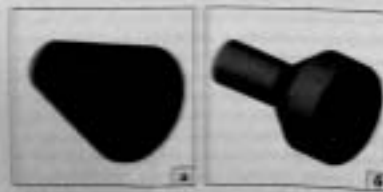


Рис. 1. Моделі імплантатів для артролізу ПДЦ: а) конус; б) циліндр.



Рис. 2. Модель стовпа з коректувальними імплантатами в тарзі.

Головним чинником, що впливає на рівень показників напружень, є величина модулю пружності матеріалу, з якого виготовлений той чи інший імплантат. Але за абсолютними показниками відмінності в моделях за рівнем величини напружень є дуже незначними, що не дозволяє стверджувати про переваги одного матеріалу над іншими.

Таким чином, можна стверджувати, що вибір матеріалу для виготовлення імплантатів не принциповий з огляду на розподіл напружень у кістковій системі стони, проте властивості самого матеріалу мають значення для перемісно-навантажувальних характеристик ходьби людини та внутрішні пружно-деформованих навантажень імплантатів.

Висновки

У результаті проведеного дослідження НДС кісткових елементів стони встановлено, що:

- порівняно з моделлю ПВДС використання імплантатів для артролізу піднад'ятогового суглоба приводить до підвищення величин напружень в зоні їх контакту з кістковою тканиною, найбільшого — на поверхнях над'ятогово-п'ятогового суглоба — 8,0 та 7,1 МПа в разі використання конусового та циліндричного імплантатів відповідно. В інших ділянках кісткових моделей стоні використання імплантатів спричинює зниження величин напружень, задекларованих між її елементами. Зокрема, у випадку ПВДС, на задньолатеральній частині суглобової поверхні над'ятогової кістки визначено найбільшу концентрацію напружень — 13,5 МПа, за умов використання конусового імплантата — 0,6 МПа, циліндричного — 0,4 МПа;

- відмінності величин напружень на всіх ділянках моделей стоні з імплантатами різної форми незначні, але в разі застосування циліндричного визначено відносно більшу нормалізацію показників;
- перевірка впливу механічних властивостей матеріалів, із яких виробляють імплантати для АЕПС, на НДС моделі стони показала, що вибір матеріалу не має принципового значення з огляду на розподіл напружень у кістковій системі стони.

Використання імплантатів для АЕПС має позитивний вплив на розподіл напружень в елементах скелета стони в разі корекції її плоско-вальгусної деформації, а отримані дані свідчать, що артрозез піднад'ятогового суглоба є одним із варіантів усунення плоско-вальгусної деформації стони та стабілізації над'ятогово-п'ятогового суглоба.

ації стони та стабілізації над'ятогово-п'ятогового суглоба.

Конфлікт інтересів. Авторі зазначають відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Дослідження напружено-деформованого стану моделі стони в разі плоско-вальгусної деформації (піднад'ятогово-п'ятого) / О. І. Корольков, П. М. Різаків, М. Ю. Карпівський [та ін.] // Ортопедія, травматологія та протезування. — 2017. — № 4. — С. 80–84. — DOI: 10.15674/0010-94872017480-84.
2. Koning P. M. Subtalar arthrodesis for patients flexible pes planovalgus: 50 years experience with the cone-shaped implant / P. M. Koning, P. J. Heesterbeek, E. de Vries // J. Am. Podiatr. Med. Assoc. — 2008. — Vol. 99 (5). — P. 447–451.
3. Rodriguez N. Rigid Footwear For Planovalgus: Conservative and Surgical Treatment Options / N. Rodriguez, D. J. Choung, M. B. DeBos // Clin. Podiatr. Med. Surg. — 2008. — Vol. 27 (1). — P. 78–82. — DOI: 10.3969/j.cpm.2008.27.004.
4. Ташев С. К. Підтаранний артрозез в лічківці стаціонарної плоско-вальгусної деформації стони у дорослих: дис. канд. мед. наук / С. К. Ташев. — М., 2002. — 121 с.
5. Корольков О. І. Підтаранний артрозез в лічківці плоско-вальгусної деформації стони — це в практиці / А. В. Корольков, П. М. Різаків, Г. В. Кішків // Ортопедія, травматологія та протезування. — 2016. — № 1. — С. 115–123. — DOI: 10.15674/0010-94872016115-123.
6. Vagle H. M. Subtalar joint blocking operations for post-traumatic syndromes // H. M. Vagle // Comprehensive Textbook of Foot Surgery / Ed. E. D. McGlamery. — Baltimore: Williams & Wilkins, 1987. — P. 447–462.
7. Сивельников Р. Д. Амбулаторно-хирургическое лечение в 4 томах. Т. 1 / Р. Д. Сивельников, В. Р. Сивельников. — 2-е изд., стереотипное. — М.: Медицина, 1996. — 344 с.
8. Soomksh D. J. Pediatric and adult flatfoot reconstruction: subtalar arthrodesis versus realignment: osteotomy surgical options / D. J. Soomksh, B. Baravarian // Clin. Podiatr. Med. Surg. — 2006. — Vol. 23 (6). — P. 695–708. — DOI: 10.1016/j.cpm.2006.08.003.
9. Healy procedure combined with a subtalar implant: a case series and review of the literature / J. Flynn, A. Wade, J. Dunillo, P. Adams // Foot Ankle Spec. — 2015. — Vol. 8 (1). — P. 29–35. — DOI: 10.1177/1928649014548309.
10. Пат. 11321 UA, МПК А61F 2/02 (2006.01), А61В 1/56 (2006.01). Імплантат для стабілізації піднад'ятогового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стони / О. І. Корольков, П. М. Різаків, Г. В. Кішків; заявник патентовласник ДУ «ІІІМС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН». — № 201607859; заявл. 15.07.2016; опубл. 13.01.2017, Бюл. № 1.
11. Алянов В. П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости пространственных тонкостенных подкрепленных конструкций / В. П. Алянов. — М.: АСВ, 2000. — 152 с.
12. Березовский В. А. Биомеханические характеристики тканей человека / В. А. Березовский, Н. Н. Колотилка. — К.: Наукова думка, 1990. — 224 с.
13. Gere J. M. Mechanics of material / J. M. Gere, S. P. Timoshenko. — 1997. — 912 p.
14. Зенкович О. К. Метод конечных элементов в статике / О. К. Зенкович. — М.: Мир, 1978. — 519 с.
15. Алеховский А. А. SolidWorksCOSMOSWorks. Компьютерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алеховский. — М.: ДМК Пресс, 2004. — 402 с.