

БАРЫШ А.Е., БУЗНИЦКИЙ Р.И., ЯРЕСЬКО А.В.

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины», г. Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДНЕГО МЕЖТЕЛОВОГО ЦЕРВИКОСПОНДИЛОДЕЗА ИМПЛАНТАМИ И ПЛАСТИНАМИ

Резюме. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели шейных позвоночных сегментов CIII/CVII при моделировании различных вариантов переднего межтелового спондилодеза CIV/CVI вертикальными цилиндрическими сетчатыми имплантатами и вентральной стабилизации позвонков CIV и CVI пластиной. По сравнению с исследованием без моделирования фиксации пластиной в области контакта тела CIV с терминальным отделом межтеловой опоры определяется незначительное повышение и более равномерное распределение величин напряжений Мизеса. Для аналогичной исследуемой области на уровне CVI имеет место снижение величин и менее равномерное распределение напряжения. Напряженно-деформированное состояние пластины прямо пропорционально напряжениям Мизеса в области контакта тел позвонков с вертикальными цилиндрическими сетчатыми имплантатами. Уровень напряжения костной ткани вокруг винтов в 2 раза выше для CVI позвонка, чем для CIV позвонка, во всех вариантах моделей.

Ключевые слова: математическое моделирование, метод конечных элементов, передний межтеловой цервикоспондилодез, вертикальные цилиндрические сетчатые имплантаты, вентральная стабилизация пластинами.

Введение

В настоящее время метод конечных элементов получил широкое распространение при оценке эффективности использования стабилизирующих устройств на позвоночнике, в том числе и шейном отделе [1, 12, 16]. Он позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) любого элемента моделируемой биомеханической системы. Таким образом, анализируют НДС в позвоночных двигательных сегментах (ПДС) при различных вариантах их фиксации и непосредственно в самих конструкциях при имитации как физиологических, так и патологических нагрузок и состояний в моделях. Это дает возможность подтвердить преимущества или выявить недостатки новых способов хирургических вмешательств на шейном отделе позвоночника (ШОП) по сравнению с известными, определить четкие показания к их использованию и предупредить осложнения в клинической практике.

Для восстановления межтеловой опоры на ШОП все чаще применяют вертикальные цилиндрические сетчатые имплантаты (ВЦСИ) [2, 11, 17]. При этом имеют место случаи их пролабирования в тела фиксируемых позвонков, что сопровождается потерей коррекции деформации и нередко приводит к тяжелой клинической симптоматике, требующей повторных операций. Для профилактики этого стали выполнять вентральную стабилизацию шейных позвонков пластиной, что улучшило результаты хирургического

лечения больных с заболеваниями и повреждениями ШОП [3, 18]. Однако встречаются эпизоды перелома пластин и винтов, а также миграции их составляющих частей [14, 15]. Обусловлено это тем, что система «стабилизируемые позвонки — ВЦСИ» в ряде случаев не способна выдерживать действующие на нее нагрузки, что сопровождается увеличением напряжений в межтеловой опоре, пластине, винтах и костной ткани вокруг винтов.

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния в конечно-элементной модели (КЭМ) CIII/CVII при моделировании различных вариантов переднего межтелового спондилодеза CIV/CVI вертикальными цилиндрическими сетчатыми имплантатами с дополнительной вентральной стабилизацией тел позвонков CIV и CVI пластиной под действием вертикальной статической нагрузки.

Материал и методы

В предыдущих работах моделировали различные варианты переднего межтелового спондилодеза (ПМС) CIV/CVI ВЦСИ на конечно-элементной модели CIII/CVII [4, 5]. В качестве прототипа для всех межтеловых опор использован известный ВЦСИ [7], смоделированный как по методике J. Harms [13], так и по методике А.Е. Барыша [2, 8] и двум разработанным новым способам, в которых для заполнения полости имплантата применяется пористая алюмооксидная керамика (табл. 1) [9, 10].

3. Барыш А.Е. Современные принципы стабилизирующих операций при хирургическом лечении заболеваний и поврежденного шейного отдела позвоночника: Дис... д-ра мед. наук: 14.01.21 / А.Е. Барыш. — Х., 2010. — 362 с.
4. Барыш А.Е. Математическое моделирование позвоночных двигательных сегментов СIII/CVII методом конечных элементов / А.Е. Барыш, Р.И. Бузницкий, А.В. Ярьско // Травма. — 2012. — Т. 13, № 3. — С. 36-39.
5. Корж Н.А. Математическое моделирование переднего межтелового цервикоспондилодеза вертикальными цилиндрическими сетчатыми имплантатами / Н.А. Корж, А.Е. Барыш, Р.И. Бузницкий, А.В. Ярьско // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2012. — № 4. — С. 5-13.
6. Пат. 57663 А Україна, МПК7 А 61 В 17/58. Пристрій для остеосинтезу, переважно спондилодезу / Корж М.О., Барыш О.Є., Лук'янченко В.В.; заявник та патентовласник колективно підприємство «Дослідне виробництво та конструкторське бюро ім. проф. М.І. Ситенка». — № 2002107851; заявл. 03.10.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
7. Пат. 58900 А Україна, МПК7 А 61 F 2/44. Ендопротез сегмента хребта / Корж М.О., Барыш О.Є., Лук'янченко В.В., Макгоуан Д.П.; № 2002119196; заявл. 19.11.2002; опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8.
8. Пат. 62437 U Україна МПК7 А61В 17/56. Спосіб переднього міжтелового спондилодезу / Барыш О.Є., Бузницкий Р.І.; патентовласник ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка АМН України». — № u201102048; заявл. 21.02.2011; опубл. 25.08.2011, Бюл. № 16.
9. Пат. 62721 U Україна МПК7 А61В 17/56. Спосіб переднього міжтелового спондилодезу / Барыш О.Є., Бузницкий Р.І.; патентовласник ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка АМН України». — № u201102026; заявл. 21.02.2011; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17.
10. Пат. 72770 U Україна МПК7 А61В 17/56. Спосіб переднього міжтелового цервикоспондилодезу вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом / Барыш О.Є., Бузницкий Р.І.; патентовласник ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка АМН України». — № u2012 02362; заявл. 28.02.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16.
11. Шимон В.М. Хірургічне лікування перелоמו-звихів в шийному відділі хребта з застосуванням кейджа та гідроксилпатитної кераміки / В.М. Шимон, М.М. Василінець, А.А. Мезів [та ін.] // Травма. — 2009. — Т. 10, № 3. — С. 339-342.
12. Galbusera F. Anterior cervical fusion: a biomechanical comparison of 4 techniques. Laboratory investigation / F. Galbusera, C.M. Bellini, F. Costa [et al.] // J. Neurosurg. Spine. — 2008. — Vol. 9, № 5. — P. 444-449.
13. Harms J. Instrumented spinal surgery; principles and technique / J. Harms, G. Tabasso. — Stuttgart — New York: Thieme, 1999. — 198 p.
14. Hee H.T. Complications of multilevel cervical corpectomies and reconstruction with titanium cages and anterior plating / H.T. Hee, M.E. Majd, R.T. Holt [et al.] // J. Spinal Disord. Tech. — 2003. — Vol. 16, № 1. — P. 1-8.
15. Ning X. Anterior locking plate-related complications; prevention and treatment recommendations / X. Ning, Y. Wen, Y. Xiaojian [et al.] // International Orthopaedics. — 2008. — Vol. 32, № 5. — P. 649-655.
16. Reidy D. Cervical spine loading characteristics in a cadaveric C5 corpectomy model using a static and dynamic plate / D. Reidy, J. Finkelstein, A. Nagpurkar [et al.] // J. Spinal Disord. Tech. — 2004. — Vol. 17, № 2. — P. 117-122.
17. Shams S. Anterior cervical reconstruction using titanium mesh cages / S. Shams, M.J. Rashid // J. Ayub. Med. Coll. Abbotabad. — 2007. — Vol. 19, № 1. — P. 23-25.
18. Thalgott J.S. Single stage anterior cervical reconstruction with titanium mesh cages, local bone graft, and anterior plating / J.S. Thalgott, C. Xiongsheng, J.M. Giuffre // Spine. — 2003. — Vol. 3, № 4. — P. 294-300.

Получено 12.10.12 □

Барыш О.Є., Бузницкий Р.І., Ярьско А.В.
ДУ «Інститут патології хребта й суглобів
ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДНЬОГО МІЖТІЛОВОГО ЦЕРВІКОСПОНДИЛОДЕЗУ ІМПЛАНТАМИ ТА ПЛАСТИНАМИ

Резюме. Проведено дослідження напружено-деформованого стану кінцево-елементної моделі шийних хребтових сегментів СIII/CVII при моделюванні різних варіантів переднього міжтелового спондилодезу CIV/CVI вертикальними циліндричними сітчастими імплантатами і стабілізації хребців CIV і CVI вентральною пластиною. Порівняно з дослідженням без моделювання фіксації пластиною в ділянці контакту тіла CIV з термінальним відділом міжтелової опори визначається несуттєве підвищення і більш рівномірний розподіл величин напруги Мізеса. Для аналогічної досліджуваної ділянки на рівні CVI має місце зниження величин і менш рівномірний розподіл напруги. Напружено-деформований стан пластини прямо пропорційний напругам Мізеса в ділянці контакту тіл хребців із вертикальними циліндричними сітчастими імплантатами. Рівень напруги кісткової тканини навколо гвинтів у 2 рази вищий для CVI хребця, ніж для CIV хребця, в усіх варіантах моделей.

Ключові слова: математичне моделювання, метод кінцевих елементів, передній міжтеловий цервикоспондилодез, вертикальні циліндричні сітчасті імплантати, вентральна стабілізація пластинами.

Barysh A. Ye., Buznitsky R. I., Yaresko A. V.
State Institution «Institute of Spine and Joint Pathology named
after M.I. Sitenko of Academy of Medical Sciences of Ukraine»,
Kharkiv, Ukraine

MATHEMATICAL MODELING OF ANTERIOR CERVICAL SPINE INTERBODY VERTEBRAL FUSION WITH IMPLANTS AND PLATES

Summary. The investigation of the stress-strain state of the finite element model of the cervical spine segments CIII/CVII in modeling different options of anterior interbody fusion CIV/CVI with vertical cylindrical mesh implants and ventral vertebral stabilization of CIV and CVI with plate. Compared with the study without simulation of plate fixation in area of CIV contact with terminal body of interbody support, insignificant increase and more uniform distribution of Mises stress values is determined. For the same study area at CVI, decline in values and less uniform distribution of tension is observed. Stress-strain state of the plate is directly proportional to Mises stresses in area of contact of vertebral bodies with vertical cylindrical mesh implants. The voltage level of bone around the screws is 2 times higher for CVI vertebra than for CIV vertebra in all variants of models.

Key words: mathematical modeling, finite element method, anterior cervical spine interbody vertebral fusion, vertical cylindrical mesh implants, ventral plate stabilization.