СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛОЗАМЕЩАЮЩИХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ДЛЯ ПЕРЕДНЕГО СПОНДИЛОДЕЗА

А.С. Нехлопочин

Луганский государственный медицинский университет, Украина

В настоящее время в арсенале практикующего ортопеда-травматолога имеется значительное количество разнообразных имплантируемых систем, позволяющих успешно выполнять вентральные декомпрессивно-стабилизирующие оперативные вмешательства на позвоночнике. Но при анализе литературных данных обращает на себя внимание тот факт, что большинство исследований направлено на изучение результатов клинического применения эндопротезов тел позвонков, в то время как вопросам сравнительной оценки конструктивных и функциональных характеристик существующих конструкций достаточного внимания не уделяется. Произведен обзор литературных данных по конструктивным характеристикам различных телескопических телозамещающих эндопротезов с целью определения их функциональных возможностей и повышения эффективности применения при переднем спондилодезе.

Ключевые слова: передний спондилодез, телескопический кейдж, телозамещающий эндопротез, конструктивные особенности.

Для цитирования: Нехлопочин А.С. Сравнительный анализ конструктивных характеристик телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 3. С. 8–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.3.8-12>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF VERTEBRAL BODY REPLACEMENT IMPLANTS FOR ANTERIOR FUSION

A.S. Nekhlupochin

Currently a practicing orthopedist is equipped with a large number of different implant systems to successfully perform anterior decompression and stabilization procedures in the spine. However, analysis of available literature shows that most investigations are focused on the results of clinical application of vertebral body replacement systems, while not enough attention is given to comparative evaluation of structural and functional characteristics of available implants. The paper presents a review of structural characteristics of various telescopic vertebral body replacement systems to determine their functional potential and improve efficiency of their application for anterior spinal fusion.

Key Words: anterior fusion, telescopic cage, vertebral body replacement system, structural features.

Please cite this paper as: Nekhlupochin AS. Comparative analysis of structural characteristics of vertebral body replacement implants for anterior fusion. Hir. Pozvonoc. 2015;12(3):8–12. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.3.8-12>.

Декомпрессивно-стабилизирующие оперативные вмешательства на передней и средней опорных колоннах позвоночника представляют собой достаточно эффективный и широко распространенный метод лечения различных травматических и деструктивных заболеваний [3, 10, 13].

Для повышения эффективности переднего спондилодеза и сокращения сроков нетрудоспособности больных в настоящее время используются различные телозамещающие эндопротезы [2, 9].

Конструктивные особенности монолитных и полостных телескопических систем определяют уровень их функциональных возможностей в реализации задач, которые ставил перед собой разработчик во время их проектирования, а также методы и подходы к их решению [14, 15].

В раздвижных конструкциях телескопический эффект достигается различными способами:

1) специальным инструментом; в этом случае имплантат будет являться составной, съемной частью меха-

низма, выполняющего функцию дистрактора (рис. 1д) [21, 22]; наличие инструмента упрощает конструкцию и предполагает большую полость внутри приспособления, что позволяет увеличить объем наполнителя;

2) раздвижным механизмом; конструкция представляет собой механизм, имеющий возможность изменения вертикального размера (рис. 1г, е) за счет резьбовых соединений, зубчатых передач, гидравлических устройств (гидроцилиндра) [8, 23], в этом случае объем полости кейд-

Рис. 1

Конструкции телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза: **а** – «Xenos Cage Mesh System For Spine» (Biotec®); **б** – «Verte-Span™» (Medtronic Sofamor Danek); **в** – VBR™ (Ulrich medical® spinal systems); **г** – XPand® (Globus medical); **д** – X-MESH™ (DePuySpine, Inc); **е** – «Hydrolift» (Aesculap® Implant Systems)

жа будет меньше, чем в первом случае, на величину объема, занимаемого раздвижным механизмом.

Для доказательного определения преимуществ и недостатков различных кейджей как полостей для наполнителя рассмотрены некоторые характеристики эндопротезов:

- объем кейджа (Vк);
- объем полости кейджа для возможного заполнения аутокостью или ее заменителями (Vп);
- расположение механизма раздвижения конструкции;
- площадь контакта кейджа с замыкательными пластинами тел позвонков (Sk);
- площадь контакта наполнителя кейджа с телом позвонка (Snap).

Как известно, внутренний объем любой полой конструкции обусловлен ее размерами и конструктивными особенностями. В телескопических системах на эту характеристику значительное влияние оказывает расположение механизма раздвижения, поскольку при ограниченном объеме конструкции это определяет внутренний объем.

Для удобства анализа этой конструктивной особенности все эндопротезы сравнивали с конструкцией mesh, у которой Vп имеет максимальную величину, и классифицировали следующим образом:

I группа – механизм раздвижения отсутствует (рис. 1а) [11, 16];

II группа – корпус кейджа является механизмом раздвижения (рис. 1б, в) [19, 20];

III группа – механизм раздвижения расположен на наружной поверхности корпуса: резьбовая система (рис. 1г) и дополнительный инструмент – ретрактор (рис. 1д);

IV группа – механизм раздвижения расположен внутри полости кейджа (рис. 1е).

В определении рационального сочетания перечисленных характе-

ристик целесообразно рассмотрение следующих зависимостей:

- Vп кейджа от расположения механизма раздвижения конструкции (рис. 2);
- Snap от Sk кейджа с телом позвонка (рис. 3);
- плотности наполнения от типа заполнения кейджа (рис. 4).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что наибольшим Vп обладают телескопические системы II группы. Расположение механизма раздвижения внутри полости кейджа

Рис. 2

Зависимость объема полости кейджа (Vп) от расположения механизма раздвижения конструкции

Рис. 3

Зависимость площади контакта наполнителя ($S_{нап}$) от площади контакта кейджа (S_k) с телом позвонка

Рис. 4

Зависимость плотности наполнения от типа заполнения кейджа

уменьшает V_p и ограничивает функциональные возможности имплантатов в обеспечении условий для формирования костного сращения позвонков.

Значительное влияние на формирование эффективного костного блока оказывает V_p для наполнителя и $S_{нап}$ в системе «наполнитель – тело позвонка» [5, 6].

Оптимальная конфигурация торцевых поверхностей конструкций должна предусматривать рациональное сочетание S_k и $S_{нап}$ с телами позвонков, что оказывает значительное влияние на функциональные возможности

имплантатов. Для уменьшения величины стрессовых нагрузок на зону соприкосновения протеза с замыкательными пластинами тел позвонков необходимо увеличить S_k с костью [7]. В этой связи торцевые края имплантатов выполняют сплошными (рис. 5ж), с ограничительными накладками с шипами (рис. 5а), перфорированными с отверстиями различного диаметра (рис. 5б), с дополнительными элементами (перемычками) (рис. 5в) [1, 12, 17, 18].

Можно сделать вывод, что увеличение S_k эндопротеза с телом позвонка

приводит к уменьшению $S_{нап}$ в системе «наполнитель – тело позвонка», вследствие чего уменьшается V_p конструкции и снижается вероятность формирования полноценного костного блока.

Костное сращение наполнителя с телом позвонка происходит при условии их плотного контакта. Несоблюдение этого правила вызывает образование костно-фиброзного сращения. Заполнение кейджа материалом, если таковое предусмотрено, в основном производится до размещения его в костном дефекте. Реклинация сегмента вследствие увеличения вертикального размера конструкции приводит к образованию дефекта наполнения между материалом и телом позвонка. Отверстия на боковых поверхностях кейджей или отсутствие вентральной стенки могут быть использованы для добавления материала в кейдж после его установки (рис. 5г) [4]. Однако расположение отверстий в одной половине (рис. 5д) конструкции, а также их величина (рис. 5е) затрудняют равномерное уплотнение материала в эндопротезе, что особенно выражено на его полюсах [24]. С целью анализа эффективности типа заполнения конструкций наполнителем приведенные кейджи были разделены на следующие группы:

- заполнение кейджа до установки в костном дефекте (рис. 5в);
- заполнение кейджа после установки в костном дефекте (рис. 5г);
- возможность дополнения материалом после установки в костном дефекте (рис. 16).

Зависимость плотности наполнения от типа заполнения кейджа представлена на рис. 4.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что возможность дополнительного введения материала в зону его контакта с телом позвонка после установки имплантата, предусмотренная его конструкцией, имеет большое значение в достижении необходимой плотности наполнения для создания условий формирования костного, а не костно-фиброзного блока.

Рис. 5

Конструкции телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза: **а** – «Obelisc™» (Ulrich medical® spinal systems); **б** – «Synex System™» (Synthes® Spine); **в** – VLIIFT (Stryker); **г** – «X-tenz™» (Königsee Implantate GmbH); **д** – «XRL System™» (Synthes® Spine); **е** – FORTIFY® (Globus medical); **ж** – «Монолит» (МедБиоТех)

Заключение

Передний спондилодез металлическими имплантатами имеет определенные особенности, которые обусловлены разницей модулей упругости костных структур тел позвонков и металла, конструктивными особенностями и функциональными возможностями кейджей.

Структурные изменения костной ткани в условиях напряженного контакта с металлом снижают вероятность сохранения достигнутой интраоперационной коррекции позвоноч-

но-двигательного сегмента, а также определяют значимость таких характеристик кейджа, как объем и функциональные возможности полости для наполнителя, площадь контакта кейджа и площадь контакта наполнителя с замыкательными пластинами тел позвонков.

Остается актуальной проблема оптимизации конфигурации торцевых поверхностей эндопротезов, то есть рационального сочетания площадей контактов в системах «эндопротез – тело позвонка» и «наполнитель – тело позвонка».

Для максимального повышения опороспособности кейджей и снижения вероятности миграций необходимо увеличить площадь контакта в системе «металл – кость» в сочетании с увеличением площади контакта наполнителя с телами позвонков.

Рассмотренные вопросы делают необходимыми дальнейшие исследования, направленные на улучшение технических, биомеханических и функциональных характеристик телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза.

Литература/References

1. TeCorp™ Телескопическая корпорекомическая система. Руководство по хирургической методике. Alphatec Spine, 2012. [Электронный ресурс]. URL: http://www.alphatecspine.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=68. [TeCorp™. Telescopic corpectomy system. Guidelines for surgical technique. Alphatec Spine, 2012. [Electronic Resource]. URL: http://www.alphatecspine.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=68. In Russian].
2. Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. Neurosurgery. 2008;63:537–544. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325260.00628.DC.
3. Boakye M, Patil CG, Ho C, Lad SP. Cervical corpectomy: complications and outcomes. Neurosurgery. 2008;63(4 Suppl 2):295–302. DOI: 10.1227/01.NEU.0000327028.45886.2E.
4. Böhm H. X-tenz™ Spinal system. Königsee Implantate GmbH, 2007. 20 p. [Electronic Resource]. URL: http://www.koenigsee-implantate.de/human_en.php?id=182&X-Tenz-implants-set-standardsystem-straight-cages.
5. Dorozhkin SV. Biocomposites and hybrid biomaterials based on calcium orthophosphates. Biomater. 2011;1:3–56. DOI: 10.4161/biom.1.1.16782.
6. Fischer CR, Cassilly R, Cantor W, Edusei E, Ham-mouri Q, Errico T. A systematic review of comparative studies on bone graft alternatives for common spine fusion procedures. Eur Spine J. 2013;22:1423–1435. DOI: 10.1007/s00586-013-2718-4.
7. Hasegawa K, Abe M, Washio T, Hara T. An experimental study on the interface strength between titanium mesh cage and vertebra in reference to vertebral bone mineral density. Spine. 2001;26:957–963.
8. Hydrolift. Next generation vertebral body replacement. Aesculap Implant Systems, 2011. 2p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.aesculapimplantsystems.com/Hydrolift>.
9. Lau D, Song Y, Guan Z, La Marca F, Park P. Radiological outcomes of static vs expandable titanium cages after corpectomy: a retrospective cohort analysis of subsidence. Neurosurgery. 2013;72:529–539. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318282a558.

10. **Liu T, Xu W, Cheng T, Yang HL.** Anterior versus posterior surgery for multilevel cervical myelopathy, which one is better? A systematic review. *Eur Spine J.* 2011;20:224–235. DOI: 10.1007/s00586-010-1486-7.
11. **Narotam PK, Pauley SM, McGinn GJ.** Titanium mesh cages for cervical spine stabilization after corpectomy: a clinical and radiological study. *J Neurosurg.* 2003;99(2 Suppl):172–180. DOI: 10.3171/spi.2003.99.2.0172.
12. **Obelisc™ vertebral body replacement.** Ulm: Ulrich-medical, 2007. 4 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.ulrichmedical.com/en/obelisc.html>.
13. **Ozgen S, Naderi S, Ozek MM, Pamir MN.** A retrospective review of cervical corpectomy: indications, complications and outcome. *Acta Neurochir (Wien).* 2004;146:1099–1105.
14. **Papanastassiou ID, Gerochristou M, Aghayev K, Vrionis FD.** Defining the indications, types and biomaterials of corpectomy cages in the thoracolumbar spine. *Expert Rev Med Devices.* 2013;10:269–279. DOI: 10.1586/erd.12.79.
15. **Pekmezci M, Tang JA, Cheng L, Modak A, McClellan RT, Buckley JM, Ames CP.** Comparison of expandable and fixed interbody cages in a human cadaver corpectomy model, part I: endplate force characteristics. *J Neurosurg Spine.* 2012;17:321–326. DOI: 10.3171/2012.7.SPINE12171.
16. **Surgical titanium MESH™.** Product Catalogue. DePuySpine, 2007. 12 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.depuy.com/uk/healthcare-professionals/product-details/st-mesh-implants>.
17. **Synex System.** An expandable vertebral body replacement device. Technique guide. Synthes spine, 2001. 25 p. [Electronic Resource]. URL: http://www.synthes.com/sites/NA/Products/Spine/Interbody_and_Vertebral_Body_Replacement_Systems/Pages/Synex_System.aspx.
18. **Synex™ and TSLP.** A comprehensive solution for fixation of the anterior thoracolumbar spine. Synthes spine, 2006. 2 p. [Electronic Resource]. URL: http://www.synthes.com/sites/NA/Products/Spine/Interbody_and_Vertebral_Body_Replacement_Systems/Pages/Synex_System.aspx.
19. **VBR™ vertebral body replacement.** Ulm: Ulrich-medical, 2011. 4 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.ulrichmedical.com/en/vbr.html>.
20. **Wang J.** Verte-Span™. Vertebral Body Replacement Device Technique. Medtronic Sofamor Danek, 2001. 4 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.medtronic.com/for-healthcare-professionals/products-therapies/orthopaedic/index.htm>.
21. **X-Mesh™ Surgical Technique & Product Catalogue.** DePuy Spine, 2009. 52 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.depuy.com/uk/healthcare-professionals/product-details/x-mesh-expandable-cage>.
22. **X-Mesh™ Expandable Cage.** DePuySpine, 2009. 2 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.depuy.com/uk/healthcare-professionals/product-details/x-mesh-expandable-cage>.
23. **XPand® Corpectomy Spacer.** GlobusMedical, 2009. 2 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.globus-medical.com/portfolio/xpand-r>.
24. **XRL System.** A modular expandable radiolucent vertebral body replacement system. Technique guide. Synthes spine, 2011. 41 p. [Electronic Resource]. URL: <http://www.synthes.com/sites/NA/Products/Spine/Pages/home.aspx>.

Адрес для переписки:

Нехлопочин Алексей Сергеевич
91045, Луганск, Украина,
ул. 50-летия Обороны Луганска, 1,
alexeyns@gmail.com

Address correspondence to:

Nekhlпочin Aleksey Sergeyevich
50-letia Oborony Luganska str., 1,
Lugansk, 91045, Ukraine,
alexeyns@gmail.com

Статья поступила в редакцию 11.12.2014

*Алексей Сергеевич Нехлопочин, ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии, Луганский государственный медицинский университет, Луганск, Украина.
Aleksey Sergeyevich Nekhlпочin, teaching assistant, Lugansk State Medical University, Lugansk, Ukraine.*