

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ

**Г. Кавалерский**<sup>1</sup>, доктор медицинских наук, профессор,  
**В. Мурылев**<sup>1</sup>, доктор медицинских наук, профессор,  
**Я. Рукин**<sup>1</sup>, кандидат медицинских наук,  
**А. Середя**<sup>2</sup>, доктор медицинских наук, профессор,  
**А. Гаврилов**<sup>3</sup>, кандидат технических наук,  
**И. Архипов**<sup>4</sup>,  
**А. Ятченко**<sup>3</sup>, кандидат физико-математических наук,  
**И. Бычков**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Первый МГМУ им. И. М. Сеченова

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, Москва

<sup>3</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова

<sup>4</sup>Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского РАН, Москва

**E-mail:** yar.rukin@gmail.com

*Разработан программный модуль в составе автоматизированного рабочего комплекса «Гамма Мультивокс П», позволяющий эффективно осуществлять планирование эндопротезирования тазобедренного сустава, в том числе у пациентов с диспластическим коксартрозом.*

**Ключевые слова:** диспластический коксартроз, тотальное эндопротезирование, компьютерное планирование.

Дисплазия тазобедренного сустава (ТБС) представляет собой врожденную неполноценность сустава, в результате которой происходит подвывих или вывих головки бедренной кости. Заболеваемость дисплазией ТБС в России достигает 2–3%, а в экономически неблагоприятных регионах – 12% [1]. Приблизительно 1 из 1000 детей рождается с врожденным вывихом бедра и до 10 – с подвывихом [2–4]. Среди новорожденных с дисплазией ТБС 80% составляют девочки [5].

При неадекватном лечении указанной патологии у таких детей во взрослом возрасте могут развиваться дегенеративные изменения хряща и субхондральной кости вертлужной впадины и головки бедренной кости, диспластический коксартроз. Частота последних стадий артроза ТБС вследствие дисплазии колеблется от 40% (в Северной Америке) до 85% (в Японии) [6].

В случае тяжелого дегенеративного поражения ТБС вследствие дисплазии самым эффективным методом лечения является тотальное эндопротезирование. Однако установка вертлужного и бедренного компонентов при диспластическом артрозе представляет некоторые трудности [7]. Характерные изменения ТБС при диспластическом коксартрозе связаны с избыточной антеверсией шейки бедренной кости, уплощением истинной вертлужной впадины и заполнением ее рубцом, утолщением медиальной стенки вертлужной впадины и дефицитом ее переднелатеральных отделов.

Отсутствие сферичности истинной вертлужной впадины затрудняет установку в нее полусферического вертлужного ком-

понента и восстановление истинного центра ротации ТБС, а часто встречающееся сужение канала бедренной кости с антеверсией ее шейки усложняет подбор бедренного компонента. Залогом успеха операции эндопротезирования ТБС при диспластическом коксартрозе является тщательное предоперационное планирование.

Традиционное планирование осуществляется с помощью целлулоидных шаблонов по пленочным рентгенограммам. Такое планирование не лишено ряда недостатков в связи с отсутствием стандартизации увеличения рентгенограмм, что делает подбор дизайна и размера компонентов эндопротеза довольно проблематичным. В последнее время все большее распространение получают цифровые рентгеновские аппараты, которые позволяют выполнять рентгенографию с меньшей лучевой нагрузкой и сохранять результаты обследования в файлах формата JPEG, TIFF, BMP, PNG или в международном стандарте хранения изображений – DICOM. Можно уверенно сказать, что происходит постепенное вытеснение цифровыми рентгенологическими аппаратами традиционных аналоговых аппаратов.

Естественно, эту проблему решают путем создания оригинального программного обеспечения по планированию операции эндопротезирования ТБС в цифровом виде. Уже появилось много программ по планированию операции эндопротезирования ТБС, например OneFitHipPlanning компании OneFit (<http://www.onefit-medical.com>), Sectra AB (<http://www.sectra.com>) шведского производства, OrthoCAD производителя Itego (<http://www.itero.com>) и др.

Между тем эти программы не лишены недостатков и ограничений. В частности все они весьма дороги – их стоимость в зависимости от подбора модулей и блоков составляет от 1 до 20 тыс. евро. Другой их недостаток заключается в том, что программы «понимают» лишь определенный формат изображения (чаще – DICOM), а потому могут использоваться только в больнице с исключительно цифровой сетевой рентгенологической службой (сеть, специальный сервер и модули).

Таким образом, встает задача создания импортозамещающего программного обеспечения для планирования операции эндопротезирования ТБС, которое было бы эффективно при диспластическом коксартрозе, «понимало» бы большое количество форматов, имело бы модуль для перевода стандартных пленочных рентгенограмм в цифровой формат и позволяло бы сохранять результаты планирования.

При кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого МГМУ им. И.М. Сеченова совместно с группой разработчиков «ГаммаМед» МГУ им. М.В. Ломоносова в 2012 г. началась работа над созданием программного модуля, позволяющего выполнить планирование операции эндопротезирования ТБС в составе автоматизированного рабочего комплекса «Гамма Мультивокс П».

В 2014 г. был закончен пилотный образец и начата клиническая апробация программного продукта. В настоящее время в библиотеке программы содержится более 1500 типоразмеров эндопротезов 14 фирм-производителей (Zimmer, DePuy, Biomet, Aescular, Smith&Nephew и др.). Программа обеспечивает ввод цифровых рентгеновских изображений, фотографий изображений в форматах JPEG, BMP, TIFF, GIF и в международном стандарте хранения изображений DICOM. Также в программе реализован метод калибровки фотографий традиционных цифровых рентгенограмм по окружности/сфере заранее известного диаметра.

Программа позволяет открывать как цифровые, так и традиционные рентгенограммы, сфотографированные на цифровой фотоаппарат. В последнем случае при фотографировании традиционной рентгенограммы на нее кладут калибровочный шарик известного диаметра (например, головку эндопротеза 28 мм). При открытии такой рентгенограммы программа автоматически находит сфотографированный шарик и выполняет по нему калибровку. Алгоритм поиска работает быстро и точно, даже если шарик частично выходит за рамки рентгеновского снимка или накладывается на анатомическое изображение.

После этого на рентгенограмме определяются маркеры седалищных бугров и малого вертела. Программа автоматически вычисляет offset, сравнивает длину конечностей, предлагает варианты исправления, основываясь на данных с контралатеральной стороны, что позволяет точнее оценить разность длины нижних конечностей до операции и спланировать предстоящее лечение.

Результаты планирования представлены в виде таблицы с отображением всех возможных положений протезов в тазовой и бедренной костях при выборе различных точек соединения на них. Обеспечивается автоматическая сортировка этих вариантов по различным признакам (расстояние по горизонтали, вертикали, абсолютное расстояние, разница длины ног). Это позволяет быстро подобрать оптимальную длину головки эндопротеза для конкретного пациента (рис. 1).

После проведения всех измерений в программе сохраняются результат планирования в базе данных и возможность представления его в виде протокола планирования операции в формате PDF, который можно прикладывать к истории болезни.

Апробация данного программного продукта на клиникских базах кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (в ГКБ им. С.П. Боткина и УКБ №1) началась в 2014 г. Мы решили проанализировать эффективность применения программы у пациентов с диспластическим коксартрозом при наличии описанных деформаций ТБС.

Всего с применением планирования с помощью программного модуля Multivox были оперированы 97 пациентов с дисплазией ТБС: 83 (85,6%) женщины и 14 (14,4%) мужчин. Средний возраст пациентов составлял 57,8 года (от 28 до 72 лет); 11 (11,3%) пациентам с двусторонней дисплазией ТБС этапно выполняли эндопротезирование с обеих сторон. Таким образом общее количество выполненных операций составило 108. Распределение оперируемых ТБС по степени дисплазии (классификация Crowe) было таким: Crowe I – 30 (27,8%) суставов, Crowe II – 43 (39,9%), Crowe III – 26 (24%), Crowe IV – 9 (8,3%).

Планирование положения вертлужного компонента при дисплазии различной степени имеет некоторые особенности. Так, при Crowe I, когда степень подвывиха головки бедренной кости не превышает 50%, вертлужный компонент эндопротеза возможно расположить в истинной вертлужной впадине в нормальном положении. При дисплазии Crowe II (степень подвывиха 50–74%) нормальное положение компонента не обеспечивает полного покрытия вертлужной впадины. Необходимы либо применение пластических материалов (костный трансплантант, металлические аугменты) в крыше вертлужной впадины, либо завышение центра ротации и (или) медиализация вертлужного компонента. При Crowe III (подвывих 75–100%), возможны такие же методи-

ки, как и при Crowe II, однако завышение центра ротации может быть критичным и чаще требуется применять пластические материалы. При дисплазии Crowe IV вследствие полного вывиха головки бедра расположение центра ротации в ложной вертлужной впадине быстро приведет к расшатыванию импланта, поэтому необходимо восстанавливать истинный центр ротации, что требует обязательного применения пластических материалов, кроме того, во многих случаях требуется остеотомия бедренной кости, поскольку при столь выраженном удлинении нижней конечности (часто >6 см), не удастся вправить эндопротез или возникают неврологические осложнения.

В послеоперационном периоде результат анализировали по следующим критериям:

- запланированные и реально примененные пластические материалы крыши вертлужной впадины;
- сравнение планируемых размеров вертлужного и бедренного компонентов эндопротеза с реально установленными;
- проксимальное смещение центра ротации ТБС относительно истинного центра ротации после операции.

На данный момент в рассматриваемой группе пациентов не отмечено ни одного случая расшатывания имплантата, глубокой перипротезной инфекции или вывиха эндопротеза, а также не возникло необходимости в ревизионных операциях по другим причинам.

Пластические материалы были применены в 24 (22,2%) случаях: в 3 (7%) при дисплазии Crowe II, во всех 12 (46,2%) запланированных случаях с дисплазией Crowe III и в 9 (100%) случаях с дисплазией Crowe IV. Отметим, что при дисплазии Crowe I пластические материалы не применялись.

Следует подчеркнуть высокую точность планирования применения пластических материалов с помощью программного модуля Multivox, лишь в 2 случаях у пациентов с дисплазией Crowe II запланированные материалы не применены. В качестве пластических материалов использованы: аутокость пациента из удаленной головки – 7 (29,2%) случаев и металлические аугменты – 17 (70,8%).

Анализ частоты отклонения планируемых и реально установленных компонентов эндопротеза по группам представлен в таблице, из которой видно, что всего совпадение размеров вертлужных компонентов отмечено в 93 (86%) случаях, бедренных – в 98 (90,7%).

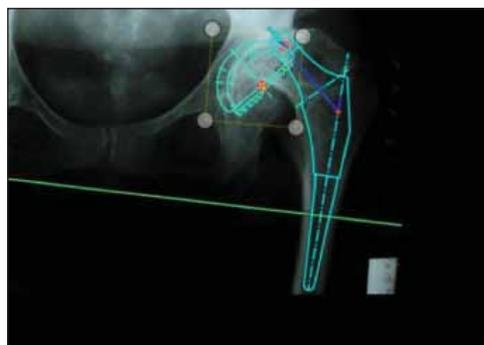
Несмотря на ряд тяжелых случаев со значительными подвывихами или вывихами головки бедренной кости, оптимального восстановления центра ротации (в пределах от 1 до 3 см) удалось достичь в 91 (84,3%) случае: во всех 30 суставах с дисплазией Crowe I, в 35 (81,4%) из 43 – с дисплазией Crowe II в 19 (73,1%) из 26 – с дисплазией Crowe III и 7 (77,8%) из 9 – при дисплазии Crowe IV. Следует отметить, что ни разу не было завышения центра ротации >3 см, что может быть критичным для стабильного положения вертлужного компонента.

**Анализ размеров планируемых и установленных вертлужных (в числителе) и бедренных (в знаменателе) компонентов**

Степень дисплазии	Всего операций	Совпадение размеров	Отклонение на 1 размер	Отклонение на 2 размера
Crowe I	30	28/29	2/1	–/–
Crowe II	43	39/40	3/3	1/–
Crowe III	26	19/21	5/4	3/2
Crowe IV	9	7/8	1/1	1/–

**MultiVox-Prothetic Report**

Ножка		Чашка			
Производитель Zimmer Модель: M/L Taper Size: 7.5 Offset: Standard		Производитель: Zimmer Модель: Trabecular Metal Acetabular Shell Size: 52 Type: Multi-Holed Liner: Elevated Liner:			
Точка Ножка	Точка Чашка	Расстояние, мм	По горизонтали, мм	По вертикали, мм	Разница длины ног, мм
-3,5	0	028,4	010,8	026,2	–
0	0	029,8	008,3	028,6	–
3,5	0	031,6	005,8	031,1	–
7	0	033,7	003,3	033,5	–
10,5	0	035,9	000,7	035,9	–



**Рис. 1.** Планирование операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентки с диспластическим коксартрозом для обеспечения оптимального покрытия вертлужного компонента

MultiFox-Prothetic Report

Ножка		Чашка			
Производитель: Zimmer Модель: Wagner Core Prosthesis Size: 16 Neck_Angle: 125°		Производитель: Zimmer Модель: Trabecular Metal Acetabular Shell Size: 56 Type: Multi-Hoked Liner Liner: 7 Offset			
Точка Ножка	Точка Чашка	Расстояние, мм	По горизонтали, мм	По вертикали, мм	Разница длины ног, мм
-4	0	026,4	015,7	021,2	-
0	0	027,4	013,0	024,1	-
+4	0	028,9	010,3	027,1	-
+8	0	030,9	007,6	030,0	-

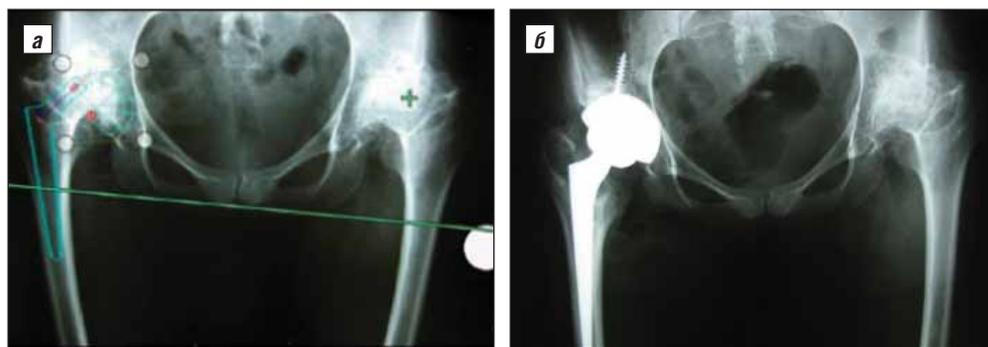


Рис. 2. Протокол предоперационного планирования у пациентки М., 29 лет (а) и рентгенограмма (б) после операции

Приводим наблюдение.

У пациентки М., 29 лет (двусторонний диспластический коксартроз с двусторонней дисплазией Crowe II), в ходе предоперационного планирования мы смогли определить, что возможно оптимально восстановить центр ротации ТБС с помощью обычной полусферичной чашки без использования дополнительных пластических материалов. Была выполнена операция (рис. 2).

Послеоперационная рентгенограмма практически полностью соответствует предоперационному планированию. Удалось восстановить центр ротации ТБС (нижний край чашки менее чем на 1 см выше вершины фигуры «слезы», размеры компонентов полностью соответствуют запланированным).

Точное планирование тотального эндопротезирования ТБС является залогом успешной операции. Особенно это актуально для случаев диспластического коксартроза, когда имеется грубое нарушение анатомии ТБС.

С учетом все большего распространения цифровых рентгенограмм актуальнее становится проблема применения компьютерного планирования операции эндопротезирования. Оно является более точным, чем планирование с помощью традиционных рентгенограмм и целлулоидных шаблонов, а также дешевле импортного программного обеспечения.

Разработанный программный модуль в составе автоматизированного рабочего комплекса «Гамма Мультивокс П» позволяет обрабатывать практически любые форматы изображений рентгенограмм (а не только в международном стандарте изображений DICOM); возможна также обработка сфо-

тографированных пленочных рентгенограмм с использованием калибровочного шарика.

Более низкая (по сравнению с иностранными аналогами) цена и русскоязычный интерфейс делают возможным распространение программы в большинстве стационаров Российской Федерации, в которых осуществляется тотальное эндопротезирование ТБС.

Подтверждена высокая эффективность данного программного модуля у пациентов с диспластическим коксартрозом. В 86% случаев отмечено совпадение запланированных размеров вертлужных и в 90,7% — бедренных компонентов. Тщательное предоперационное планирование способствовало достижению в преобладающем большинстве случаев истинного положения центра ротации, причем даже при высокой степени дисплазии проксимальное смещение не превышало 3 см.

Необходима дальнейшая доработка программы, связанная, в частности, с обновлением библиотеки шаблонов.

Литература

1. Шапошников Ю.Г. (ред.) Травматология и ортопедия. Руководство для врачей. Т.3 / М.: Медицина, 1997.
2. Barlow T. Early diagnosis and treatment of congenital dislocation of the hip // Proc. R. Soc. Med. – 1963; 56: 804–6.
3. Gross R., Wisnefske M., Howard T. III, et al. The Otto Aufranc Award Paper. Infant hip screening // Hip. – 1982; 50–67.
4. Tredwell S. Neonatal screening for hip joint instability. Its clinical and economic relevance // Clin Orthop. Relat. Res. – 1992; 281: 63–8.
5. Storer S., Skaggs D. Developmental Dysplasia of the Hip // Am. Family Physician. – 2006; 74 (8): 1310–6.
6. Callaghan J., Rosenberg A., Rubash H. The Adult Hip (2 Vol.) Second Edition / Lippincott Williams and Wilkins, 2007.
7. Jasty M., Anderson M., Harris W. Total hip replacement for developmental dysplasia of the hip // Clin. Orthop. – 1995; 311: 40–5.

COMPUTER-ASSISTED PLANNING DURING HIP REPLACEMENT

Professor G. Kavalersky<sup>1</sup>, MD; Professor V. Murylev<sup>1</sup>, MD; Ya. Rukin<sup>1</sup>, Candidate of Medical Sciences; Professor A. Sereda<sup>2</sup>, MD; A. Gavrilov<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences; I. Arkhipov<sup>4</sup>; A. Yatchenko<sup>3</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences; I. Bychkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; <sup>2</sup>Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Federal Biomedical Agency of Russia, Moscow; <sup>3</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University; <sup>4</sup>Acad. B.V. Petrovsky Russian Surgery Research Center, Russian Academy of Sciences, Moscow

The authors have developed a software module as a Gamma Multivox P automated working complex, which can effectively plan hip replacement, as well as in patients with dysplastic coxarthrosis.

**Key words:** dysplastic coxarthrosis, total hip replacement, computer-assisted planning.