



Научная статья
УДК 616.728.2-089.844:616.718.16-007
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-2001>

Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины

А.А. Пронских, С.В. Романова, В.Л. Лукинов, В.А. Базлов, Т.З. Мамуладзе,
А.А. Корыткин, В.В. Павлов

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Актуальность. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими изменениями вертлужной впадины относится к случаям сложного первичного эндопротезирования и требует детального предоперационного планирования и точного восстановления анатомических взаимоотношений в оперированном суставе.

Гипотеза исследования — создание описательной системы, основанной на качественном и количественном определении деформации и дефекта костей, образующих вертлужную впадину, позволяет спланировать пространственное положение вертлужного компонента, тип его фиксации, объем костной пластики, необходимые для восстановления правильной механики тазобедренного сустава, а ее использование позволяет улучшить клинические и функциональные результаты лечения пациентов с посттравматическим коксартрозом.

Материал и методы. Проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями переломов вертлужной впадины, которым в период с 2014 по 2022 г. выполнялось тотальное эндопротезирование. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе анализировали структуру патологических изменений, таких как дефект и деформация — смещение центра ротации и офсета относительно здорового контралатерального сустава. Был разработан способ выбора тактики имплантации вертлужного компонента, основанный на детальном описании дефекта и деформации вертлужной впадины. Вторым этапом были проанализированы результаты лечения пациентов, которым планирование и оперативное лечение было проведено в сроки с 2020 по 2022 г. с использованием предложенного способа.

Результаты. В ходе проведения первого этапа исследования было выявлено, что изменение показателей смещения центра ротации и изменение офсета более чем на 8 мм увеличивает вероятность развития осложнений на 17,9%. Восстановление центра ротации и офсета позволяет сократить количество осложнений на 22,3%. Предложенный способ позволяет восстановить анатомические взаимоотношения в тазобедренном суставе и снизить общее количество осложнений на 10%.

Заключение. Предложенный способ выбора тактики имплантации вертлужного компонента позволяет качественно и количественно описать патологические изменения костной ткани вертлужной впадины. В зависимости от степени смещения центра ротации, стенок вертлужной впадины и характера дефекта опороспособной костной ткани хирург может определять тактику оперативного лечения.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, посттравматический коксартроз, дефект вертлужной впадины, классификация, предоперационное планирование.

Пронских А.А., Романова С.В., Лукинов В.Л., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Корыткин А.А., Павлов В.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):66-78. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2001>.

✉ Романова Светлана Вячеславовна; e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Рукопись получена: 04.10.2022. Рукопись одобрена: 10.12.2022. Статья опубликована: 16.12.2022.

© Пронских А.А., Романова С.В., Лукинов В.Л., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Корыткин А.А., Павлов В.В., 2022



Total Hip Arthroplasty in Patients With Post-Traumatic Bone Defects and Acetabular Deformities

Aleksandr A. Pronskikh, Svetlana V. Romanova, Vitaliy L. Lukinov, Vyacheslav A. Bazlov, Taniel Z. Mamuladze, Andrey A. Korytkin, Vitaliy V. Pavlov

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Background. Total hip replacement in cases of traumatic changes of the acetabulum refers to cases of difficult primary arthroplasty and requires detailed preoperative planning and accurate restoration of anatomical relationships in the operated joint.

The aim of the study was to evaluate the structure of pathological changes in the acetabulum in patients with posttraumatic hip arthrosis, to develop a method for their detailed description and to determine the tactics of choosing the type of acetabulum implant.

Methods. The results of treatment of 194 patients with the consequences of acetabulum fractures who underwent total hip arthroplasty in the period from 2014 to 2022 were analyzed. The study was conducted in two stages, at the first stage, the structure of pathological changes, such as defect, deformation, changes in the center of rotation and offset (relatively healthy contralateral joint), was analyzed. A method was developed for choosing the tactics of implantation of the acetabulum component, based on a detailed description of the defect and deformation of the acetabulum. The second stage analyzed the results of treatment of patients for whom planning and surgical treatment was carried out in the period from 2020 to 2022 using the proposed method.

Results. During the first stage of the study, it was revealed that the magnitude of the change in the indicators of the displacement of the rotation center and offset changes by more than 8 mm. statistically significantly increases the likelihood of complications by 17.9%. The restoration of the rotation and offset center reduces the number of complications by 22.3%. The proposed method makes it possible to statistically reliably restore anatomical relationships in the operated hip joint and reduce the number of complications by 10%.

Conclusion. The proposed method allows us to qualitatively and quantitatively describe pathological changes in the bone tissue of the acetabulum. Depending on the degree of displacement of the center of rotation, the walls of the acetabulum and the nature of the defect of the supporting bone tissue, the surgeon can determine the tactics of surgical treatment.

Keywords: total hip arthroplasty, hip arthritis, acetabulum bone loss, classification, preoperative planning.

Cite as: Pronskikh A.A., Romanova S.V., Lukinov V.L., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Korytkin A.A., Pavlov V.V. [Total Hip Arthroplasty in Patients With Post-Traumatic Bone Defects and Acetabular Deformities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(4):66-78. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2001>.

✉ Svetlana V. Romanova; e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Submitted: 04.10.2022. Accepted: 10.12.2022. Published: 16.12.2022.

© Pronskikh A.A., Romanova S.V., Lukinov V.L., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Korytkin A.A., Pavlov V.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно во всем мире выполняется около 1 млн операций по эндопротезированию тазобедренного сустава. Данный вид оперативного вмешательства у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины относится к категории сложных случаев эндопротезирования из-за наличия дефектов и посттравматических деформаций вертлужной впадины. В литературе описаны многочисленные варианты оперативного лечения у данной категории пациентов, направленные на достижение стабильной первичной фиксации компонентов, замещение костных дефектов трансплантатами или аугментами, имплантацию ацетабулярного компонента в истинный центр ротации для восстановления биомеханических взаимоотношений в пораженном суставе [1, 2, 3].

На данной момент не существует общепринятой системы оценки посттравматических изменений вертлужной впадины, таких как дефект и деформация, что крайне затрудняет анализ результатов первичного эндопротезирования и разработку системного подхода к выбору хирургической тактики [4]. При попытке описать локализацию и характер патологических изменений большинство авторов используют либо классификации переломов вертлужной впадины [5, 6, 7], либо классификации периацетабулярного остеолитического процесса, изначально разработанные для ревизионного эндопротезирования, такие как AAOS [8], DGOT [9], классификации A.E. Gross и K.J. Saleh [10], W.G. Paprosky [11].

Однако оба этих подхода не лишены существенных недостатков. Попытки использования классификаций острых повреждений таза для оценки посттравматических изменений вертлужной впадины при первичном эндопротезировании не в состоянии отразить все особенности, которые могут существенно повлиять на выбор хирургической тактики для стабильной и корректной имплантации вертлужного компонента эндопротеза, а описательные системы для ревизионного эндопротезирования не могут в полной мере отразить состояние костной ткани в условиях посттравматических изменений вертлужной впадины. Для определения порядка действий во время хирургического вмешательства, подбора корректных размеров и типов имплантатов, необходимости костной пластики требуется тщательное предоперационное планирование, основанное на визуализации и описании деформации вертлужной впадины и посттравматического дефекта костной ткани.

При проведении данного исследования нами была выдвинута следующая гипотеза: создание описательной системы, основанной на качествен-

ном и количественном определении деформации и дефекта костей, образующих вертлужную впадину, позволяет спланировать пространственное положение вертлужного компонента; тип его фиксации и объем остеопластики, необходимые для восстановления правильной механики тазобедренного сустава, а ее использование позволит улучшить клинические и функциональные результаты лечения пациентов с посттравматическим коксартрозом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе проанализированы результаты лечения 194 пациентов с последствиями травм вертлужной впадины. Всем пациентам в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России в период с 2014 по 2022 г. было проведено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Исследование носило ретроспективно-проспективный характер.

Критерии включения в исследование:

- наличие одностороннего посттравматического коксартроза 3-й стадии;
- наличие дефекта вертлужной впадины II–IV типов по классификации AAOS [12];
- возраст старше 18 лет;
- наличие результатов лучевых методов исследования: рентгенограмм, МСКТ и медицинской документации о предшествующей травме.

Критерием невключения являлось наличие активного воспалительного или инфекционного процесса в области оперативного вмешательства на момент госпитализации.

Среди пациентов было 147 мужчин и 47 женщин, средний возраст на момент проведения тотального эндопротезирования составил $52,2 \pm 10,1$ лет.

Средний срок, прошедший с момента травмы, составил $4,6 \pm 0,3$ лет. Анализ типа перелома проводили по представленной медицинской документации и по рентгенограммам на основе классификации AO/ASIF [12].

Для проведения исследования была выдвинута гипотеза о том, что восстановление анатомических взаимоотношений в тазобедренном суставе, наиболее близких к здоровому контралатеральному суставу, позволяет улучшить функциональный результат лечения и снизить количество осложнений, связанных непосредственно с методом оперативного лечения.

Для подтверждения данной гипотезы на I этапе исследования пациенты были разделены на две группы в зависимости от степени восстановления таких параметров, как трехплоскостное смещение центра ротации и бедренного офсета оперированного сустава относительно здорового контралатерального сустава (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема дизайна I этапа исследования
Fig. 1. Flowchart of the I stage of the study

В группу 1 были включены 56 пациентов, у которых разница показателей смещения центра ротации и офсета не превышала 8 мм по каждому из параметров. В группу 2 были включены 138 пациентов, у которых хотя бы по одному из параметров разница была более 8 мм. Пороговое значение для распределения по группам именно в 8 мм и более было обусловлено проведенным статистическим ROC анализом.

Характеристика пациентов I этапа исследования приведена в таблице 1.

Распределение в зависимости от типа дефекта проводили по классификации AAOS [8]. В обеих группах преобладали дефекты типа 2 и 3.

В ходе проведения I этапа исследования был разработан способ предоперационного планирования, позволяющий определить хирургическую тактику при имплантации вертлужного компонента тотального эндопротеза. Для проведения анализа эффективности предложенного способа был выполнен II этап исследования. Для этого пациенты были разделены на две группы. В группу 1 были включены 45 пациентов, которым предоперационное планирование и выбор хирургической тактики осуществлялись с использованием предложенного способа в период с 2020 по 2022 г., а в группу 2 (сравнения) были

Таблица 1

Характеристика пациентов I этапа исследования

Показатель	Группа 1 n = 56	Группа 2 n = 138
Средний возраст, лет, M±SD	52,55±11,68	52,24±13,66
Мужчины/женщины	41/15	104/33
Срок после травмы, лет, M±SD	3,81±0,34	5,17±0,49

включены 149 пациентов, которым предоперационное планирование осуществлялось стандартными методами предоперационного планирования (плоскостные шаблоны, виртуальные программы-планировщики) в период с 2014 по 2019 г. (рис. 2). Половой и возрастной состав групп приведен в таблице 2.

Распределение пациентов в зависимости от типа дефекта проводили по классификации AAOS [8]. Во всех группах преобладали дефекты типа 2 и 3. Дефекты типа 5 были выявлены в 2 случаях в группе 1.

II этап исследования



Рис. 2. Блок-схема дизайна II этапа исследования
Fig. 2. Flowchart of the II stage of the study

Таблица 2

Характеристика пациентов II этапа исследования

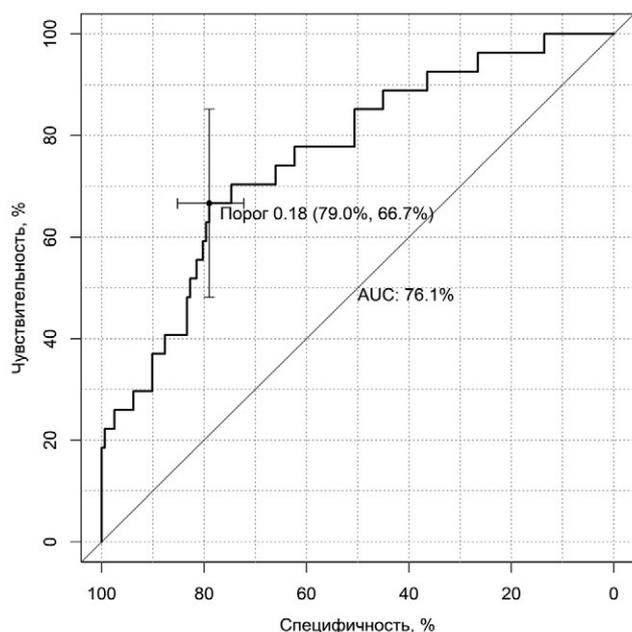
Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)
Средний возраст, лет, M±SD	53,74±12,55	51,89±13,26
Мужчин/женщин	34/11	113/36
Срок после травмы, лет, M±SD	5,23±7,16	4,63±5,45

Оценка результатов

Для оценки клинических результатов сравнивали продолжительность госпитализации, время оперативного вмешательства и объем интраоперационной кровопотери. Для сравнения функциональных результатов статистическому анализу были подвергнуты такие показатели, как уровень функции сустава по Harris Hip Score (HHS), уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). Данные показатели сравнивали во всех группах до операции и через 6 мес. после оперативного лечения. Отдельно была проанализирована структура осложнений.

Статистический анализ

Сравнение непрерывных показателей между группами проводилось с использованием U-критерия Манна–Уитни. Бинарные и категориальные показатели сравнивали с использованием точного двустороннего критерия Фишера. Выявление попарных ассоциаций между непрерывными показателями проводилось расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена с оценкой достигнутого уровня значимости *p*. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости *p* = 0,05, т.е. различие считалось статистически значимым, если *p* < 0,05. Для оценки зависимости между осложнениями и величиной смещения центра ротации использовался ROC-анализ.



РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты I этапа исследования

Проанализировав общее количество осложнений, клинические и функциональные результаты лечения, методом построения логистической регрессии с определением коррелированных ковариант было выявлено, что величина изменения показателей вертикального и переднезаднего смещения центра ротации и изменения офсета более чем на 8 мм статистически значимо увеличивает вероятность развития осложнений на 17,9% с показателями чувствительности 66,7% и специфичности 79% (рис. 3).

В связи с выявлением порогового значения пространственного изменения центра ротации и офсета были сформированы две группы исследования: группа 1 – смещение менее 8 мм; группа 2 – смещение более 8 мм. Оценку клинических результатов при проведении I этапа исследования проводили, анализируя продолжительность госпитализации, объем кровопотери, время оперативного вмешательства (табл. 3).

Структура осложнений представлена в таблице 4. Функциональные результаты через 6 мес. после операции приведены в таблице 5.

Рис. 3. ROC-кривая (пороговое значение 17,9). Автоматическая многофакторная оптимальная прогностическая модель осложнений

Fig. 3. Receiver operating characteristic (ROC) curve (threshold value 17.9). Automatic multifactorial optimal predictive model of complications

Таблица 3

Клинические результаты лечения на I этапе исследования (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа 1 (смещение менее 8 мм)	Группа 2 (смещение более 8 мм)	<i>p</i>
Продолжительность госпитализации, койко-день	9,20±3,46 8 3–22	11,01±6,01 9 4–43	0,013*
Объем кровопотери, мл	310,89±150,72 300 100–700	374,09±237,49 300 200–2000	0,104
Продолжительность оперативного вмешательства, мин.	85,80±41,56 75 35–300	89,39±40 80 40–300	0,390

* — здесь и далее: результат считается статистически значимым.

Таблица 4
Структура осложнений на I этапе исследования, %

Тип осложнения	Группа 1 (смещение менее 8 мм)	Группа 2 (смещение более 8 мм)
ИОХВ	0	4,3
Рецидивирующий вывих	0	3,2
Асептическое расшатывание	0	2,1
Нейропатия	0	9,7
Перипротезный перелом	2,4	5,4

Таблица 5
Функциональные результаты через 6 мес. на I этапе исследования, баллы

Шкала	Группа 1	Группа 2	<i>p</i>
ВАШ	2,66±1,28	2,47±1,26	0,334
HHS	84,87±9,18	78,12±9,01	<0,001*

Анализ полученных результатов I этапа исследования показал, что статистической разницы в таких показателях, как время операции и кровопотеря, не было. Такой результат обусловлен тем, что все оперативные вмешательства проводили одни и те же хирурги по одинаковой методике. Разница в продолжительности госпитализации обусловлена увеличением количества осложнений в группе 2 (пациенты, у которых анатомические взаимоотношения в оперированном суставе были

восстановлены в меньшей степени). Особого внимания заслуживает тот факт, что в группе 1 отсутствовали такие осложнения, как рецидивирующий вывих и нейропатия различных порций седалищного и бедренного нервов. При проведении анализа функции сустава по шкале HHS было получено статистически значимое улучшение результатов лечения в группе пациентов, у которых анатомические взаимоотношения в суставе были восстановлены наиболее близко к здоровому контралатеральному суставу. Проводя детальное изучение результатов восстановления таких параметров, как офсет и пространственное смещение центра ротации, было выявлено наличие значимой корреляции между степенью изменения офсета и функцией сустава (рис. 4).

Полученные на первом этапе результаты показали необходимость тщательного предоперационного планирования и интраоперационного восстановления анатомических параметров в оперируемом суставе. В ходе проведения первого этапа исследования, по мере накопления клинического материала и промежуточного анализа результатов, для восстановления анатомических показателей и тщательного предоперационного планирования, а также для выбора типа оперативного вмешательства для имплантации вертлужного компонента был разработан способ предоперационного планирования, основанный на этапной верификации патологических структурных изменений вертлужной впадины, заключающихся в определении двух параметров — степени деформации и величины дефекта вертлужной впадины.

Первым этапом выполняется МСКТ таза с тазобедренными суставами. Обязательным условием является интактность противоположного сустава. Строятся пространственные оси таза, определяются референтные углы и линии путем зеркального переноса ориентиров на патологическую сторону. Изучаемые параметры — смещение центра ротации, деформация вертлужной впадины и дефект опороспособной костной ткани вертлужной впадины по сегментам. Определение деформации — смещения стенок вертлужной впадины — проводится после определения плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда в диапазоне 200–400 HU. После определения нативного анатомического центра ротации здорового тазобедренного сустава определяется полусфера здорового сустава. Полусфера делится на три сектора, соответствующих лонной, седалищной и надацетабулярной частям верт-

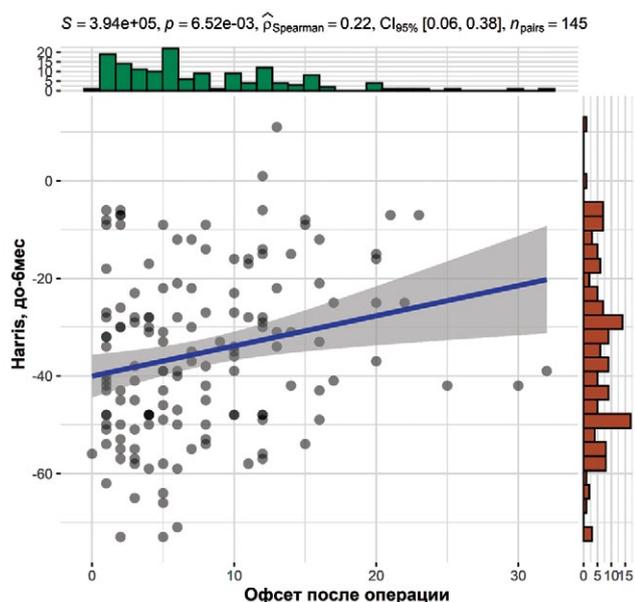


Рис. 4. Корреляция между офсетом после операции и изменением функции сустава по шкале HHS

Fig. 4. Correlation between offset after surgery and joint function changes on the Harris Hip Score

лужной впадины. Данные секторы обозначаются буквами P (*pubis*), Il (*ilium*) и Is (*ischiatum*). Для определения сектора соответствующего размера проводится подбор геометрической фигуры из сформированной библиотеки с размерным рядом с шагом в 1 мм. Сектор пространственно располагается таким образом, чтобы не менее 75% поверхности его основания находилось в контакте с опороспособной плотной костной тканью, а вершина соответствовала центру ротации. После подбора правильно ориентированного сектора с известными показателями объема и площади поверхности эти параметры описываются для каждого сектора, соответствующего лонной, седалищной и надацетабулярной поверхностям вертлужной впадины (рис. 5).

После определения количественных показателей (площадь, объем сектора) проводится зеркальный перенос полученных параметров на патологическую сторону путем переноса центра ротации, который является точкой отсчета для пространственного расположения геометрических фигур. Полученная графическая составляющая является нормой для данного сустава. Эти параметры обозначаются как нормальные. От зеркально перенесенного центра ротации проводится измерение патологических секторов каждой поверхности. Патологические секторы определяются путем подбора виртуальных секторов с условием, чтобы не менее 75% поверхности фигуры контактировало с опороспособной костной тканью сегмента. Для осуществления данной идеи сформирована виртуальная библиотека полусфер и секторов с шагом радиуса в 2 мм. Так как геометрия дефекта области ацетабулярной впадины уникальна в каждом кон-

кретном случае, для осуществления предлагаемой технологии оценки дефекта методом виртуального проектирования сформирована линейка секторов с шагом в 2 мм (рис. 6).

Формирование библиотеки примерочных секторов осуществлено методом масштабирования с использованием стандартного набора функций программного продукта NetFabb (Autodesk, США). Технология применения секторов заданного размера и объема для оценки дефекта костей таза, а именно области ацетабулярной впадины, не требует специфических знаний и доступна для применения на любой платформе, совместимой с форматом файла *.stl. Главным преимуществом наличия такой библиотеки является простота обработки и получения данных о дефекте. Полученные количественные данные сравниваются с нормальными параметрами. Разность площади в процентном соотношении обозначается как деформация опороспособной костной ткани, а разность объема — как дефект патологического сегмента. По степени выраженности деформации и дефекта между патологическим и здоровым сегментами изменения делятся на пять типов: до 25%, от 26 до 40%, от 41% до 60%, от 61% до 80% и свыше 80%.

После определения параметров составляется характеристика деформации и дефекта в виде количественного цифрового описания параметров отдельно для каждого сегмента вертлужной впадины: для лонного сегмента — P, седалищного — Is, подвздошного — Il.

На основании клинического опыта учреждения, а также отечественных и зарубежных публикаций были сформированы показания к использованию различных типов и способов фиксации

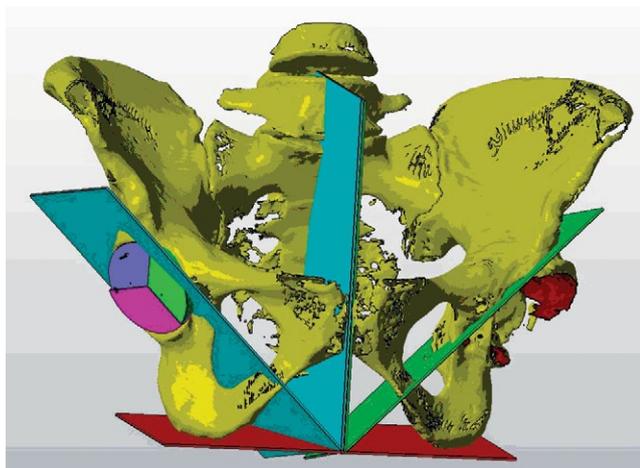


Рис. 5. Виртуальная модель с построенными плоскостями и осями для проведения количественных измерений

Fig. 5. Virtual model with plotted planes and axes for quantitative measurements

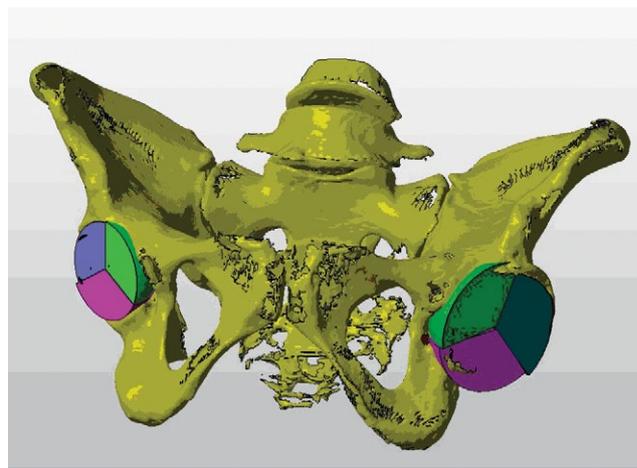


Рис. 6. Виртуальная модель после проведения подбора секторов для проведения измерения

Fig. 6. Virtual model after the selection of sectors for measurement

вертлужных компонентов в зависимости от степени деформации и дефекта вертлужной впадины. основополагающим принципом при проведении эндопротезирования мы считаем восстановление анатомо-механических взаимоотношений в суставе — центра ротации, ацетабулярного офсета путем достижения стабильной фиксации компонента с опорой на три опорных точки вертлужной впадины и замещением костного дефекта.

При *дефекте типа P I*, учитывая незначительную потерю костной ткани и сохранение опороспособности передней колонны вертлужной впадины, возможно достижение *press-fit* фиксации и использование стандартных серийных вертлужных компонентов бесцементной фиксации. Костная пластика выполняется при наличии дефицита костной ткани в области основания лонной кости. Возможно как использование костной крошки из головки бедренной кости, так и аллопластика. Использование фиксирующих винтов остается на усмотрение хирурга в случаях сопутствующих дефектов остальных отделов вертлужной впадины.

Дефекты типа Is I также относятся к незначительным, требуют опциональной костной пластики либо аутокостью при сохраненной головке бедренной кости, либо аллопластики. Учитывая достаточный объем опороспособной костной ткани задней колонны, необходимо стремиться к достижению *press-fit* фиксации с использованием бесцементного вертлужного компонента.

При наличии *дефекта типа II I* структура вертлужной впадины сохранена, замещение дефекта такого типа не требует использования костной пластики. Показано использование вертлужного компонента бесцементной фиксации, при необходимости хирург может использовать винты для достижения лучшей стабильности.

Тип I соответствует незначительным изменениям. Количество сохраненной опороспособной костной ткани вертлужной впадины является достаточным для того, чтобы достичь *press-fit* фиксации, костная пластика используется опционально — только при локализации дефекта в области передней или задней колонны. Проведение оперативного вмешательства не вызывает технических трудностей, возможно использование стандартных вертлужных компонентов.

При *дефектах типа P II* потеря костной ткани относится к умеренной, однако при сочетании потери костной ткани передней и задней колонн необходима фиксация винтами с проведением последних не только секторально в надвертлужную область, но и в лонную и седалищные кости, то есть требуется использование вертлужных компонентов бесцементной фиксации с наличием большого количества отверстий с возможностью полиаксиального введения винтов. При сочетании умерен-

ного дефекта передней колонны и незначительных дефектов других секторов возможно достижение *press-fit* фиксации путем имплантации стандартного вертлужного компонента большого размера.

Дефект типа Is II также относится к умеренным. При отсутствии дефектов других секторов используется вертлужный компонент большого размера либо вертлужный компонент с возможностью полиаксиального введения винтов. Однако при сочетании умеренных дефектов всех областей необходима реконструкция задней колонны путем замещения дефекта задней колонны опорным аугментом для достижения эффекта расклинивания. Костная пластика является опциональной, так как использование структурного трансплантата не позволит достичь стабильной *press-fit* фиксации.

При выявлении *дефекта типа II II* необходимо замещение дефекта надацетабулярного массива либо опорным трансплантатом из головки бедренной кости, либо, при ее неудовлетворительном качестве, полусферическим аугментом. В случае сохранности задней колонны рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением фиксирующих винтов.

Дефекты типа II относятся к умеренным. При их наличии возможно проведение оперативного вмешательства с использованием стандартных конструкций. Однако дефекты надацетабулярного массива и задней колонны требуют замещения для достижения *press-fit* фиксации. Костная пластика рекомендована только в случаях дефекта надацетабулярного массива. Во всех случаях невозможно использование компонентов цементной фиксации, так как наличие умеренных дефектов приведет к нарушению техники цементного эндопротезирования и отсутствию стабильной фиксации вертлужного компонента.

Дефект типа P III относится к значительным вследствие выраженного отсутствия опороспособной кости в области передней колонны вертлужной впадины. При изолированном дефекте P III возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением во все сегменты вертлужной впадины для достижения стабильной фиксации. При сочетании со значительными дефектами секторов рекомендовано использование индивидуального вертлужного компонента, по возможности простой геометрии для упрощения обработки ацетабулярной впадины и повышения вариативности его позиционирования интраоперационно. Костная пластика выполняется только с использованием костной крошки, так как использование структурного трансплантата не позволит добиться опороспособности передней колонны.

Дефект Is III является значительным и при сочетании значительного дефекта задней колонны и незначительных либо умеренных дефектов других секторов требуется реконструкция задней колонны с использованием опорного аугмента, либо сочетания опорного и полусферического аугментов. При наличии изолированного дефекта типа Is III показано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным проведением фиксирующих винтов и их обязательным введением во все сегменты вертлужной впадины для достижения стабильной фиксации. При сочетании значительных дефектов всех трех секторов рекомендована имплантация индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии. Костная пластика структурными трансплантатами не используется.

Дефект II III относится к значительным дефектам, при которых доля опороспособной кости составляет до 60%. В данной ситуации в случае изолированного дефекта наацетабулярного массива обязательным условием достижения стабильной фиксации является замещение дефекта полусферическим аугментом либо выполнение костной пластики и использование вертлужного компонента бесцементной фиксации. При сочетании значительного дефекта наацетабулярного массива и умеренных дефектов передней и задней колонн рекомендовано использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов во все зоны впадины. При сочетании значительных дефектов всех секторов предлагается использование индивидуального вертлужного компонента преимущественно простой геометрии с обязательным предоперационным планированием направления и длины фиксирующих винтов.

Дефекты типа P IV относятся к субтотальным. При наличии изолированного либо сочетанного дефицита опороспособной кости в области передней колонны рекомендуется использование индивидуального вертлужного компонента с замещением дефекта лонного сектора и обязательной винтовой фиксацией за другие области вертлужной впадины. Главным требованием к такому компоненту является наличие отверстий для полиаксиального введения винтов в участки наиболее плотной костной ткани, так как стандартные компоненты не позволяют гарантированно добиться стабильной фиксации. Предпочтение отдается компонентам простой геометрии, так как сложные конструкции при наличии даже небольшой технической погрешности при изготовлении или планировании потребуют значительной доработки костного ложа, что может привести к позициони-

рованию компонента, отличному от предоперационного планирования. Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с проведением реконструкции передней колонны внутритазовым доступом с фиксацией передней колонны пластинами.

При дефектах типа Is IV использование стандартных вертлужных компонентов также невозможно. Методом выбора является использование индивидуальных компонентов с замещением дефекта задней колонны и достижением полиаксиальной винтовой фиксации за другие области вертлужной впадины. В таком случае обязательным является тщательное предоперационное планирование и моделирование направления проведения винтов. Рекомендовано использование не только индивидуального компонента, но и индивидуального направителя при формировании канала для проведения винтов. Альтернативным методом является этапное оперативное лечение с реконструкцией задней колонны пластинами.

Дефекты типа II IV требуют обязательного замещения субтотального дефекта наацетабулярного массива. При изолированном дефекте возможно использование вертлужного компонента большого размера с полиаксиальным введением винтов, однако такой способ потребует использования системы аугментов — как опорных, так и полусферических большой толщины. При наличии дефицита костной ткани в области наацетабулярного массива в сочетании со значительными или субтотальными дефектами других областей ацетабулярной впадины предпочтение должно отдаваться индивидуальным вертлужным компонентам с полиаксиальным введением винтов.

Дефекты типа V относятся к тотальным. При наличии такого дефекта нарушается целостность вертлужной впадины, и в одном из секторов либо во всех секторах отсутствует возможность фиксации стандартного вертлужного компонента. Основным патологическим нарушением при дефектах такого типа является разрушение запирающего отверстия либо тотальное разрушение подвздошной кости, что приводит к нарушению стабильности тазового кольца. Единственным вариантом эндопротезирования при таких дефектах является использование индивидуальных вертлужных компонентов сложной геометрии с внеацетабулярной фиксацией за сохранные части таза. Например, использование компонентов с фиксацией за крестец, контралатеральную лонную кость и прочее. Решение об использовании такого типа индивидуальных компонентов требует тщательного предоперационного планирования.

Результаты II этапа исследования

На втором этапе исследования был выполнен анализ результатов использования предложенного способа. Клинические результаты представлены в таблице 6, структура осложнений — в таблице 7.

Анализ клинических результатов лечения показал, что продолжительность госпитализации была статистически значимо больше в группе пациентов, которым планирование проводилось с помощью стандартных методик. Данный показатель обусловлен увеличением количества осложнений на 10%. Для подтверждения гипотезы о том, что предложенный способ позволяет эффективнее и точнее восстановить анатомические взаимоотношения в тазобедренном суставе, мы сравнили

показатели степени смещения центра ротации и офсета в обеих группах (табл. 8).

Данные, представленные в таблицах, позволяют сделать вывод о том, что оптимальное предоперационное планирование и использование алгоритма выбора вертлужного компонента и способа его фиксации позволяет точнее восстановить анатомические взаимоотношения в оперированном суставе.

Для оценки функциональных результатов на втором этапе исследования были проанализированы показатели ВАШ и NHS (табл. 9).

Приведенные результаты так же, как и на первом этапе исследования, показывают зависимость изменения функции сустава от восстановления центра ротации и офсета.

Таблица 6

Клинические результаты лечения на II этапе исследования (M±SD, Me, min-max)

Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
Продолжительность госпитализации, койко-день	9,89±6,91 8 5–38	10,67±4,92 8 7–43	0,020*
Объем кровопотери, мл	392,39±198,60 350 150–1000	344,29±222,42 300 100–2000	0,067
Продолжительность оперативного вмешательства, мин.	96,74±43,57 85 50–80	85,73±39,12 75 35–300	0,090

Таблица 7

Структура осложнений в группах II этапа исследования, n

Тип осложнения	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)
Любое осложнение	3	25
ИОХВ	2	3
Вывих	1	4
Нейропатия	0	9
Нестабильность	0	2
Другое	0	7

Таблица 8

Смещение анатомических маркеров по сравнению со здоровым контралатеральным суставом, мм (M±SD)

Показатель	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
Вертикальное смещение	3,72±3,69	10,2±6,77	<0,001*
Горизонтальное смещение	5,87±3,96	9,4 ±6,25	<0,001*
Переднезаднее смещение	2,09±1,21	4,48±4,65	0,027*
Офсет	4,2±2,85	7,76±6,25	<0,001*

Таблица 9

Функциональные результаты через 6 мес. после операции на II этапе исследования, баллы

Шкала	Группа 1 (2020–2022)	Группа 2 (2014–2019)	p
ВАШ	2,65±0,92	2,48±1,36	0,112
NHS	85,91±6,15	78,21±9,69	<0,001*

ОБСУЖДЕНИЕ

Распространенная в США классификация AAOS позволяет достаточно точно описать дефект любой этиологии (как посттравматический, так и постимплантационный) и представить его характер, однако данная классификация не отражает тяжести изменений и в незначительной степени определяет тактику замещения дефекта и технику имплантации вертлужного компонента [12]. Для достижения хорошего результата, помимо прочной фиксации компонентов и замещения дефектов, необходимо учитывать несколько ключевых моментов, таких как тщательное восстановление бедренного офсета, длины конечностей и центра ротации [13, 14].

Известен ряд публикаций, посвященных тактике ведения больных с посттравматическими деформациями вертлужной впадины [15, 16, 17]. Наиболее близкими к предлагаемому являются способы, описанные А.В. Цыбиным с соавторами [4] и Д.В. Мартыненко с соавторами [18]. В публикации Р.М. Тихилова авторы на основе данных о степени смещения головки бедренной кости выделяют три степени посттравматической деформации вертлужной впадины [19]. В зависимости от степени выраженности патологического процесса авторы предлагают различные варианты выбора типа и способа фиксации вертлужного компонента. Данный способ основан на анализе данных плоскостных рентгенограмм и является обобщенным. Кроме того, степень смещения головки не всегда возможно детально описать ввиду ее отсутствия или выраженной деструкции.

Д.В. Мартыненко с соавторами предложили способ описания деформаций вертлужной впадины по двумерным плоскостным рентгенограммам, основанный на определении вертлужного квадрата — места стандартного расположения в вертлужной впадине сферичной головки бедренной кости или полусферичного вертлужного компонента [18]. Недостатками метода является его поливариативность. Авторами предложено 25 вариантов деформаций вертлужной впадины, что затрудняет рутинное клиническое использование данного метода. Кроме того, оценка проводится только по плоскостным двумерным рентгенограммам, что снижает диагностическую ценность метода. Оценка степени выраженности деформации является довольно субъективной и не дает точной количественной характеристики посттравматического дефекта и деформации вертлужной впадины.

Для увеличения точности анализа деформации вертлужной впадины и создания верифицированного подхода к хирургическому лечению А.В. Цыбиным с соавторами был предложен способ, на который получен патент на изобретение — создание описательной системы ASPID [4]. В данном способе степень смещения определяется на основе данных компьютерной томографии, а диагностика основана на трех критериях: локализация (по стенкам вертлужной впадины), степень смещения и целостность тазового кольца (нарушена или сохранена). Главными отличиями предлагаемого нами способа являются этапность определения компонентов деформации (степень смещения не только отдельных стенок вертлужной впадины, но и центра ротации), а также принцип определения смещения стенок вертлужной впадины. В отличие от изобретения А.В. Цыбина [4], для анализа используются не просто данные компьютерной томографии, а уже сформированные 3D-модели, то есть изображения, очищенные от посторонних шумов, металлоконструкций, а также визуализированные по шкале Хаунсфилда в диапазоне 200–400 HU.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного нами исследования показали наличие корреляции между степенью восстановления анатомических взаимоотношений в оперируемом суставе и функциональными результатами лечения. Пороговым значением, после которого можно прогнозировать рост осложнений и ухудшение функциональных результатов, является смещение центра ротации или бедренного офсета на 8 мм и более. Проведение тотального эндопротезирования у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями вертлужной впадины требует тщательного предоперационного планирования и относится к случаям сложного первичного эндопротезирования. Представленный метод объемной визуализации позволяет качественно и количественно описать патологические изменения костной ткани вертлужной впадины. В зависимости от степени смещения центра ротации, стенок вертлужной впадины и характера дефекта опороспособной костной ткани хирург может определять тактику оперативного лечения. Анализ использования данного способа показывает снижение общего количества осложнений на 10%, улучшение функциональных и клинических результатов лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Пронских А.А. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Романова С.В. — сбор и обработка данных.

Лукинов В.Л. — статистическая обработка данных.

Базлов В.А. — сбор материала, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Мамуладзе Т.З. — разработка дизайна исследования, редактирование данных.

Корыткин А.А. — сбор материала, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Павлов В.В. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Sloan M., Premkumar A., Sheth N.P. Future Demand for Total Joint Arthroplasty Drives Renewed Interest in Arthroplasty Fellowship. *HSS J.* 2020;16(Suppl 2):210-215. doi: 10.1007/s11420-019-09678-y.
- Zahar A., Papik K., Lakatos J., Cross M.B. Total hip arthroplasty with acetabular reconstruction using a bulk autograft for patients with developmental dysplasia of the hip results in high loosening rates at mid-term follow-up. *Int Orthop.* 2014;38(5):947-951. doi: 10.1007/s00264-014-2280-7.
- Morales De Cano J.J., Guillamet L., Perez Pons A. Acetabular reconstruction in paprosky type III defects. *Acta Ortop Bras.* 2019;27(1):59-63. doi: 10.1590/1413-785220192701187313.
- Цыбин А.В., Любчак В.В., Сивков В.С., Шильников В.А., Малыгин Р.В., Шубняков М.И. Обоснование использования оригинальной классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Гений ортопедии.* 2021;(5):508-513. Tsybin A.V., Lubchak V.V., Sivkov V.S., Shilnikov V.A., Malygin R.V., Shubnyakov M.I. [Rationale for the use of the original classification of posttraumatic acetabular deformities in primary total hip replacement]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2021;(5):508-513. (In Russian). doi:10.18019/1028-4427-2021-27-5-508-513.
- Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., Karam M.D., Kellam J.F. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma.* 2018;32 Suppl 1: S1-S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Pronskikh A.A. — study design, evaluation and interpretation of the data, text editing.

Romanova S.V. — collection and processing of data.

Lukinov V.L. — data statistical processing.

Bazlov V.A. — evaluation and interpretation of the data, preparation of the text.

Mamuladze T.Z. — study design, text editing.

Korytkin A.A. — evaluation and interpretation of the data, text editing.

Pavlov V.V. — study design, data interpretation.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

- Burgess A.R., Eastridge B.J., Young J.W., Ellison T.S., Ellison P.S. Jr, Poka A. et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma.* 1990;30(7):848-856.
- Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(1):1-12. doi: 10.1302/0301-620X.70B1.3276697.
- D'Antonio J.A., Capello W.N., Borden L.S., Bargar W.L., Bierbaum B.F., Boettcher W.G. et al. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(243):126-137.
- Bettin D., Katthagen B.D. [The German Society of Orthopedics and Traumatology classification of bone defects in total hip endoprostheses revision operations]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135(4):281-284. (In German). doi: 10.1055/s-2008-1039389.
- Saleh K.J., Holtzman J., Gafni ASaleh L., Jaroszynski G., Wong P., Woodgate I. et al. Development, test reliability and validation of a classification for revision hip arthroplasty. *J Orthop Res.* 2001;19(1):50-56. doi: 10.1016/S0736-0266(00)00021-8.
- Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9(1):33-44. doi: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
- Ahmad A.Q., Schwarzkopf R. Clinical evaluation and surgical options in acetabular reconstruction: A literature review. *J Orthop.* 2015;12(Suppl 2):S238-243. doi: 10.1016/j.jor.2015.10.011.

13. Knafo Y., Houfani F., Zaharia B., Egrise F., Clerc-Urmès I., Mainard D. Value of 3D Preoperative Planning for Primary Total Hip Arthroplasty Based on Biplanar Weightbearing Radiographs. *Biomed Res Int.* 2019;2019:1932191. doi: 10.1155/2019/1932191.
14. Mainard D., Barbier O., Knafo Y., Belleville R., Mainard-Simard L., Gross J.B. Accuracy and reproducibility of preoperative three-dimensional planning for total hip arthroplasty using biplanar low-dose radiographs: A pilot study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017; 103(4):531-536. doi: 10.1016/j.otsr.2017.03.001.
15. Милуков А.Ю. Классификация повреждений вертлужной впадины. *Медицина и образование в Сибири.* 2012;(2). Режим доступа: https://mos.ngmu.ru/article/text_full.php?id=680.
Milyukov A.Y. [Classification of damages of cotyloid cavity]. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri* [Medicine and Education in Siberia]. 2012;(2). (In Russian). Available from: https://mos.ngmu.ru/article/text_full.php?id=680.
16. Гудз А.И., Денисов А.О., Ласунский С.А., Шубняков И.И., Шильников В.А., Сорокин Е.П. и др. Лечение сложных переломов вертлужной впадины и их последствий. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2017;(2):70-76. doi: 10.17116/hirurgia2017270-76.
Gudz A.I., Denisov A.O., Lasunskiy S.A., Shubnyakov I.I., Shilnikov V.A., Sorokin E.P. et al. [Management of complex acetabulum fractures and their consequences]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. [Pirogov Russian Journal of Surgery] 2017;(2):70-76. (In Russian). doi: 10.17116/hirurgia2017270-76.
17. Тихилов Р.М., Шаповалов В.М., Артюх В.А., Сивков В.С. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава после перелома вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России.* 2005;(3):30-35.
Tikhilov R.M., Shapovalov V. M., Artjuh V.A., Sivkov V.S. [Hip arthroplasty features after acetabular fracture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2005;(3):30-35. (In Russian).
18. Мартыненко Д.В., Волошин В.П., Шерман Л.А., Шевырев К.В., Ошкуков С.А., Степанов Е.В. Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):153-164. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.
Martynenko D.V., Voloshin V.P., Sherman I.A., Shevryev K.V., Oshkukov S.A., Stepanov E.V. [Assessment of Acetabulum Deformity During Preoperative Planning for Hip arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):153-164. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.
19. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Чиладзе И.Т., Плиев Д.Г., Шорустамов М.Т., Артюх В.А. и др. Выбор способа имплантации вертлужного компонента на основе рабочей классификации последствий переломов вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(2):37-43.
Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Chiladze I.T., Pliev D.G., Shorustamov M.T., Artyukh V.A. et al. [Choice of surgical approach for acetabular component's implantation using current classification for arthritis following acetabular fracture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(2):37-43. (In Russian).

Сведения об авторах

✉ Романова Светлана Вячеславовна
Адрес: Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17
<https://orcid.org/0000-002-7014-2763>
e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Пронских Александр Андреевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1197-556x>
e-mail: proal_88@mail.ru

Лукинов Виталий Леонидович — канд. физ.-мат. наук
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: Vitaliy.L.lukinov@sci-boost.com

Базлов Вячеслав Александрович
<https://orcid.org/0000-0001-8989-5516>
e-mail: sbazlov@yandex.ru

Мамуладзе Тариэл Зурабович
<https://orcid.org/0000-0001-8891-535X>
e-mail: gromadina@inbox.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>
e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Authors' information

✉ Svetlana V. Romanova
Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia
<https://orcid.org/0000-002-7014-2763>
e-mail: s.romanova0319@gmail.com

Aleksandr A. Pronskikh — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-1197-556x>
e-mail: proal_88@mail.ru

Vitaliy L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Mat.)
<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>
e-mail: Vitaliy.L.lukinov@sci-boost.com

Vyacheslav A. Bazlov
<https://orcid.org/0000-0001-8989-5516>
e-mail: sbazlov@yandex.ru

Tariel Z. Mamuladze
<https://orcid.org/0000-0001-8891-535X>
e-mail: gromadina@inbox.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>
e-mail: pavlovdoc@mail.ru