

Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 5. С. 698-703.
Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 5. P. 698-703.

Научная статья

УДК 616.718.16-007.24-089.227.844-77-048.445(092.4)

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-5-698-703>



**Определение конгруэнтности стандартного полусферического
вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины
при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава
(экспериментальное исследование)**

А.В. Цыбин¹, В.В. Любчак^{1✉}, А.С. Фалькович², С.С. Билык¹, В.А. Шильников¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

Автор, ответственный за переписку: Вячеслав Вячеславович Любчак, drogbadider@mail.ru

Аннотация

Введение. В настоящее время в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена разработана оригинальная классификация ASPID для использования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава при наличии посттравматических деформаций вертлужной впадины. В данной статье мы попытались проанализировать, насколько влияет степень смещения и локализация деформаций вертлужной впадины, согласно оригинальной классификации ASPID, на площадь покрытия вертлужного компонента. **Цель.** Определение конгруэнтности стандартного полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины в эксперименте. **Материалы и методы.** Используя возможности компьютерного моделирования, были сформированы 3D-модели 92 посттравматически изменённых вертлужных впадин с последующим моделированием имплантации стандартной полусферы соответствующего размера с соблюдением допустимых значений пространственной ориентации вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава. После моделирования имплантации определяли конгруэнтность деформированной вертлужной впадины и стандартной полусферы соответствующего размера. Также в каждом случае была определена формула деформации вертлужной впадины по оригинальной классификации. После определения формулы деформации по каждому случаю и величины конгруэнтности проводили сопоставление полученных данных для выявления взаимосвязей между конгруэнтностью, смещением костных структур и степенью смещения последних. **Результаты.** Среднее значение конгруэнтности в группе составило $59,5 \pm 6,83$ %. С процентом конгруэнтности сравнивали сумму показателей A+S+P+I+D. После проведенной статистической обработки данных выявлено, что при сумме показателей больше четырёх конгруэнтность полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины составляет менее 70 %. **Обсуждение.** Продолжение исследования позволит провести более глобальный анализ и выявить большее количество закономерностей, что в целом поможет усовершенствовать хирургические подходы при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава у профильных пациентов. **Заключение.** При установке тазового компонента пациентам целевой группы для надёжной первичной механической фиксации рекомендовано применение винтов, а при наличии кавитарных дефектов костной основы замещение их аутокостной крошкой, что потенциально повышает конгруэнтность на границе кость-имплантат.

Ключевые слова: ASPID, конгруэнтность, вертлужная впадина, деформации

Для цитирования: Определение конгруэнтности стандартного полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава (экспериментальное исследование) / А.В. Цыбин, В.В. Любчак, А.С. Фалькович, С.С. Билык, В.А. Шильников // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 5. С. 698-703. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-698-703. EDN HQQHXT.

Original article

**Determining congruence of the standard hemispherical acetabular component
and post-traumatic acetabulum in primary total hip arthroplasty (experimental study)**

A.V. Tsybin¹, V.V. Lyubchak^{1✉}, A.S. Falkovich², S.S. Bilyk¹, V.A. Shilnikov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Saint-Petersburg, Russian Federation

² Saratov State University, Saratov, Russian Federation

Corresponding author: Vyacheslav V. Lyubchak, drogbadider@mail.ru

Abstract

Introduction An original ASPID classification was developed for primary total hip arthroplasty in the presence of post-traumatic acetabular deformity at the Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics. We aimed to explore how the extent of displacement and localization of acetabular deformity as classified by the original ASPID grading system can affect the coverage area of the acetabular component. **The purpose** of the study was to determine the congruence of the standard hemispherical acetabular component and the post-traumatic acetabular deformity in the experiment. **Material and methods** Computer 3D models of 92 post-traumatic acetabulums were formed, followed by simulated implantation of a standard hemisphere of the appropriate size in compliance with permissible values of the spatial orientation of the acetabular cup in total hip replacement. The congruence of the deformed acetabulum and the standard hemisphere of the corresponding size was determined with simulated implantation. Formula for the acetabular deformity was determined for each case using the original classification. With formula identified for each acetabular deformity and the magnitude of congruence, the data were compared to determine the relationship between congruence, bone displacement and the extent of bone displacement. **Results** The mean congruence value in the group was 59.5 ± 16.83 %. The sum of the scores A+S+P+I+D was compared with the percentage of congruence. The statistical analysis showed that the congruence of the hemispherical acetabular component and the post-traumatic acetabulum was less than 70% with a sum of parameters greater than four. The continuation of the study will allow for a more global analysis and identification of more patterns to improve surgical approaches to primary total hip arthroplasty in specific cases. **Conclusion** Screws can be recommended for reliable primary mechanical fixation of the pelvic component in target patients, and cavitary bone defects can be repaired with autobone chips to allow greater congruence at the bone-implant interface.

Keywords: ASPID, congruence, acetabulum, deformity

For citation: Tsybin A.V., Lyubchak V.V., Falkovich A.S., Bilyk S.S., Shilnikov V.A. Determining congruence of the standard hemispherical acetabular component and post-traumatic acetabulum in primary total hip arthroplasty (experimental study). *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no. 5, pp. 698-703. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-698-703.

ВВЕДЕНИЕ

Переломы вертлужной впадины — тяжелые внутрисуставные повреждения, обычно возникают у молодых пациентов после высокоэнергетических травм и у пожилых людей с низкоэнергетической травмой при наличии остеопороза [1]. Оперативное лечение с открытой репозицией и внутренней фиксацией рекомендовано при переломах вертлужной впадины со смещением, так как позволяет увеличить конгруэнтность суставных поверхностей, что обеспечивает возможность восстановления функции сустава и снижает вероятность осложнений в долгосрочной перспективе [2]. Однако со временем в большинстве случаев развивается посттравматический коксартроз III ст. и асептический некроз головки бедренной кости [3]. Относительно низкая выживаемость и более частые осложнения отмечены многими авторами после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при посттравматических деформациях вертлужной впадины. Z. Morison и др. [4] сообщили, что 10-летняя выживаемость эндопротезов у пациентов, перенесших тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в условиях посттравматических деформаций вертлужной впадины, была ниже по сравнению с пациентами, оперированными по поводу других причин. P. von Rot и др. [5] также отмечают более низкую выживаемость эндопротезов у больных с последствиями переломов вертлужной впадины. Аналогичные публикации как в отечественной, так и в зарубежной литературе однозначно указывают на сохраняющуюся тенденцию — выживаемость эндопротезов у пациентов с посттравматическими деформациями ниже в сравнении с другими патологическими состояниями, обуславливающими необходимость выполнения артропластики. Помимо этого, информация о факторах, влияющих на результаты эндопротезирования у пациентов с посттравматическими коксартрозами и наличием деформаций стенок вертлужной впадины, практически отсутствует [6]. Одним из основных факторов может служить отсутствие общепризнанной системы оценки посттравматических деформаций стенок вертлужной впадины и основанного на ней алгоритма выбора хирургической тактики при первичном эндопротезировании. В настоящее время в мировой литературе используются различные классификации для описания костных дефектов таза, каждая из которых имеет свои особенности и специфическое назначение [7].

Цель использования классификации состоит в том, чтобы она позволяла точно описать локализацию и степень смещения опорных структур до вмешательства для обеспечения адекватного выбора лечения и планирования операции. Еще одна важная роль этих классификаций заключается в единообразном универсальном описании каждого конкретного случая с целью создания масштабной базы данных для изучения структуры деформации, анализа результатов операций и разработки клинических рекомендаций [8].

В настоящее время в мировой литературе для описания повреждений вертлужной впадины наиболее часто используются следующие классификации: AO/ASIF [9] и J.W. Young & A.R. Burgess [10] для острой травмы таза, W.G. Paprosky [11], DGOT [12] и AAOS [13] при ревизи-

онном эндопротезировании. По мнению специалистов, системы классификации костных дефектов вертлужной впадины, используемые в настоящее время, не позволяют достаточно точно описать имеющиеся деформации, поэтому их использование в таких случаях является некорректным [14]. Все классификации в преимущественном большинстве случаев основаны на анализе предоперационных рентгенограмм, дополненных интраоперационными данными. В дополнение также выполняется компьютерная томография, на основе которой возможно создание 3D-визуализации, которая генерируется в программном обеспечении КТ-сканера. Текущее использование вышеупомянутых методов визуализации может быть проблематичным. Рентгенограммы представляют двухмерное изображение, и по ним нельзя установить точную локализацию и объем дефекта; в то время как вышеупомянутая 3D-КТ-визуализация при наличии металлоконструкций в исследуемой области имеет большое количество наводок и не дает четкого представления о состоянии костной основы. Следует отметить, что выбор хирургической тактики, имплантатов и дополнительных интраоперационных опций, по своей сути, ограничен стандартными конструкциями и наборами инструментов, поскольку изготовление индивидуальных вертлужных компонентов требует специального оборудования, программного обеспечения и может быть выполнено только в крупных федеральных центрах. Таким образом, точная предоперационная классификация посттравматических деформаций стенок вертлужной впадины позволит хирургу сделать оптимальный выбор из имеющегося списка имплантатов, а при их отсутствии — перевести пациента в учреждение более высокого уровня.

В настоящее время в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена разработана оригинальная классификация ASPID [15] для использования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава при наличии посттравматических деформаций вертлужной впадины. Она позволяет описывать локализацию и степень смещения стенок вертлужной впадины, а цифро-буквенный код позволяет собирать и систематизировать полученные данные для дальнейшего анализа.

Известно, что одним из важнейших факторов стабильной фиксации вертлужного компонента является площадь его недопокрытия. Ю.Г. Коноплев с соавт. [16] в своем исследовании отмечает, что критическая величина недопокрытия вертлужного компонента составляет около 30 % площади поверхности, что соответствует данным других авторов [17], и что минимально необходимое покрытие чашки должно составлять не менее 70 % площади ее поверхности [18]. В данной статье мы попытались проанализировать, насколько влияет степень смещения и локализация деформаций вертлужной впадины, согласно оригинальной классификации ASPID, на площадь покрытия вертлужного компонента.

Цель исследования: определение конгруэнтности стандартного полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины в эксперименте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для экспериментального исследования явились данные компьютерной томографии 92 пациентов, которые поступали для проведения планового оперативного лечения в объёме первичного эндопротезирования в клинику НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в период с 06.11.2013 по 06.06.2017 по поводу посттравматического коксартроза III стадии. В группе 31 женщина (34 %) и 61 мужчина (66 %). Средний возраст пациентов на момент проведения первичного эндопротезирования составил 48 лет и 7 месяцев (± 3 года и 6 месяцев). В анамнезе у всех пациентов отмечен перелом вертлужной впадины, в 15 случаях (16,3 %) после травмы выполняли операции – открытые репозиции и металлоостеосинтез переломов пластинами и винтами.

Для проведения исследования пациенты были отобраны по двум критериям включения, а именно, наличие перелома вертлужной впадины в анамнезе и КТ до проведения операции первичного эндопротезирования тазобедренного сустава.

В каждом случае проводили изучение компьютерных томограмм с целью определения формулы деформации вертлужной впадины по оригинальной классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины «ASPID» [15].

Для определения формулы деформации при изменении степени смещения в процессе постобработки аксиальных срезов, полученных после выполнения КТ, выполняли мультипланарные реконструкции изображений в трех взаимоперпендикулярных плоскостях с дополнительным контролем исходного положения таза в пространстве с применением 3D-реконструкций. Измерение смещения отломков (стенок) проводили между двумя параллельными плоскостями (линиями), проходящими по касательной к наиболее удаленным точкам дефектов, образующихся в результате смещения отломков.

Используя возможности компьютерного моделирования, были сформированы 3D-модели 92 посттравматически изменённых вертлужных впадин с последующим моделированием имплантации стандартной полусферы соответствующего размера, с соблюдением допустимых значений пространственной ориентации вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава [19]. После моделирования имплантации стандартной полусферы при помощи специальных программных инструментов определяли конгруэнтность деформированной вертлужной впадины и стандартной полусферы соответствующего размера, тем самым изучали площадь контакта изменённой ацетабулярной костной основы и стандартного вертлужного компонента «press-fit» фиксации в процентах. Полученные данные заносили в сформированную таблицу, включающую Ф.И.О. пациентов, возраст, формулу деформации вертлужной впадины, степень смещения каждой стенки (от 0 до 2, при отсутствии деформации стенки ячейка не заполнялась), наличие и локализацию металлоконструкций, величину конгруэнтности в процентах и ряд других параметров для последующего анализа отдалённых результатов эндопротезирования.

Для формирования моделей вертлужной впадины и моделирования имплантации вертлужного компонента эндопротеза использовали программы Materialise Mimics Research v21.0 и Materialise 3-matic Research v. 13.0. Пример выполнения работы на основе компьютерной томограммы одного пациента представлен на рисунках 1 и 2.

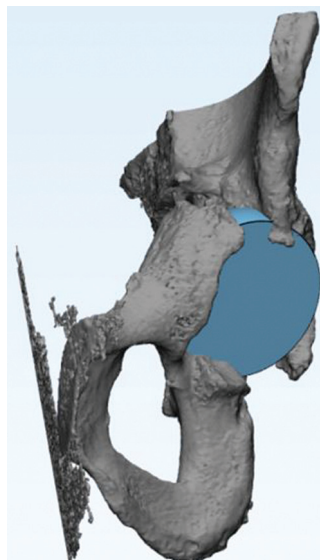


Рис. 1. 3D-модель таза с имплантированным вертлужным компонентом

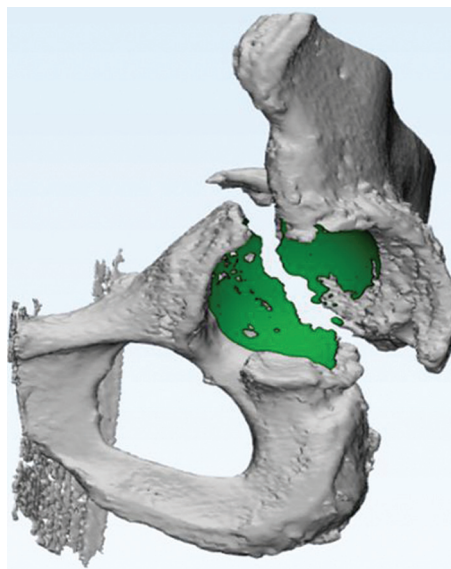


Рис. 2. Определение площади контакта стандартного вертлужного компонента и вертлужной впадины (отмечено зеленым цветом)

После определения формулы деформации по каждому случаю и величины конгруэнтности проводили сопоставление полученных табличных данных для выявления взаимосвязей между конгруэнтностью, смещением костных структур и степенью смещения последних.

В рамках эксперимента проведена статистическая обработка полученных данных [20, 21]. Представленные данные были перекодированы таким образом, чтобы можно было применить аддитивные статисти-

ческие модели. В столбцах А, S, P, I, D значения степеней 0, 1, 2 были увеличены на единицу, пробелы заменены нулями. Таким образом, степени смещения были закодированы: 1 – менее 5 мм, 2 – 6–15 мм, 3 – более 15 мм. Учитывали высокую значимость стабильности таза в столбце D: 0 – отсутствие нарушения целостности таза, 2 – присутствие нарушения целостности таза. С процентом конгруэнтности сравнивали сумму показателей А+S+P+I+D. Для анализа был применён ранговый критерий Манна-Уитни (U-критерий, критерий Вилкоксона-Манна-Уитни), который позволяет проверить гипотезу о различии двух выборок.

Пациенты были упорядочены по возрастанию показателя «процент конгруэнтности», и каждому был присвоен порядковый номер («ранг»). Затем пациенты были разделены на две группы – с конгруэнтностью меньше 70 % (62 случая) и конгруэнтностью, равной или больше 70 % (30 случаев). Были подсчитаны суммы рангов в каждой группе R_1 , R_2 и U-статистики U_1 и U_2 по формулам:

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1,$$

$$U_2 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2,$$

где n_1 и n_2 – количество пациентов в группах.

Таблица 1

Расчет статистики Манна-Уитни для групп с конгруэнтностью больше и меньше 70 %

Условие разделения пациентов на группы по конгруэнтности	Количество пациентов n_1, n_2	Сумма рангов R_1, R_2	Статистики U_1, U_2
< 70	62	3164	649
> 70	30	1114	1211

В качестве U-статистики Манна-Уитни выбиралось наименьшее из двух полученных чисел $U_e = \min(U_1, U_2)$. При получении значения статистики Манна-Уитни U_e меньше табличного нулевая гипотеза об отсутствии различий между двумя выборками отвергалась, и принималась альтернативная гипотеза, то есть различие между двумя выборками считалось статистически значимым.

В таблицах пороговых (критериальных) значений Манна-Уитни не приводятся значения для n , больших 60. Рекомендуется рассчитывать эти значения с учетом

того, что при $n_1, n_2 > 20$ критерий подчиняется нормальному распределению с математическим ожиданием $M(U)$ и дисперсией $D(U)$:

$$D(U) = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}; \quad M(U) = \frac{n_1 n_2 - 1}{2}.$$

Алгоритм вычисления порогового значения критерия Манна-Уитни следующий.

Выбираем уровень достоверности 0,05 или 0,01. По таблицам нормального распределения вычисляем значение функции нормального распределения для выбранного уровня достоверности, среднего, равного нулю, и стандартного отклонения, равного единице.

Поскольку для стандартизированного нормального распределения

$$-|\tilde{U}| = \frac{U - M(U)}{\sqrt{D(U)}} = \frac{U - \frac{n_1 n_2 - 1}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

пороговые значения U вычисляем по формуле:

$$U = -|\tilde{U}| \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}} + \frac{n_1 n_2 - 1}{2}.$$

Знак минуса и модуль ставятся в формуле потому, что в некоторых таблицах значения приведены как положительные, а в некоторых, в том числе в EXCEL, – как отрицательные.

Таблица 2

Расчет пороговых значений для критерия Манна-Уитни при объемах выборки > 60

Уровень достоверности	Функция нормального распределения	Пороговые значения для $n_1 = 62, n_2 = 30$
0,05	1,6448	732
0,01	2,3263	650

Таким образом, полученное значение статистики Манна-Уитни $U_e = 649$ меньше табличного значения не только для уровня достоверности 0,05, но даже для уровня достоверности 0,01. Следовательно, различие в суммах показателей А, S, P, I, D для групп пациентов с конгруэнтностью меньше 70 % и больше 70 % является статистически значимым с высоким уровнем достоверности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Конгруэнтность или площадь контакта костной основы травматически деформированной вертлужной впадины и стандартной полусферы, позиционированной в соответствии с допустимыми безопасными углами инклинации и горизонтального отклонения, измерены во всех 92 случаях. Среднее значение конгруэнтности в группе составило $59,5 \pm 16,9$ % (от 18 до 90,4 %).

Все 92 случая по конгруэнтности были разделены на три группы: I группа 18–30,1 %, II группа 30,3–60,0 % и III группа 62–90,4 %. Данное разделение проведено на основе результатов исследований, в которых отмечена принципиально значимая площадь недопокрытия вертлужного компонента 30 % [16].

В I группе выявлено всего три случая, в двух из которых определялось нарушение целостности тазового кольца (табл. 3). В представленной таблице, в соответ-

ствии с классификацией ASPID, указаны три степени смещения костного фрагмента: 0 степень – 0–5 мм, 1 степень – 6–15 мм, 2 степень – более 15 мм (смещение или отсутствие костного фрагмента).

Таблица 3

Структура смещения стенок вертлужной впадины в I группе, где в эксперименте конгруэнтность составила 18–30,1 %

Степени смещения	Стенки вертлужной впадины			
	A	S	P	I
0				1
1	1	1	1	
2		2	1	1

В I группе выявлено 3 случая: AS2PI0D1, AS2P1I2D1 и A1S1P2ID. Из представленных формул очевидно, что

превалировали 2 степени смещения верхней стенки, и в двух случаях диагностировано нарушение целостности тазового кольца. Средняя площадь контакта в I группе составила $24,4 \pm 16,0$ %.

Во II группе выявлено 45 случаев, в двух из которых определялось нарушение целостности тазового кольца. В семи случаях эндопротезированию предшествовали открытые репозиции и металлоостеосинтез переломов пластинами и винтами. Как представлено в таблице 4, в данной группе превалировала 1 степень (6–15 мм) смещения передней, верхней и задней стенок.

Таблица 4

Структура смещения стенок вертлужной впадины во II группе, где в эксперименте конгруэнтность составила 30,3–60,0 %

Степени смещения	Стенки вертлужной впадины			
	A	S	P	I
0	6	6	5	6
1	11	25	14	5
2	1	8	7	3

В 22 случаях (49 %) площадь контакта вертлужной впадины с полусферой (конгруэнтность) составила от 50 до 60 % (в среднем 55 %). Средняя площадь контакта во II группе составила $47,5 \pm 16,5$ %.

ОБСУЖДЕНИЕ

Установка вертлужного компонента при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава в условиях различного рода дефицита костной массы и при посттравматических деформациях вертлужной впадины является достаточно сложным этапом операции. Мировой опыт, основанный на многочисленных долгосрочных исследованиях, определил алгоритмы выбора хирургической тактики на основе классификаций ретроацетабулярного остеолита при ревизионных вмешательствах, а современные методы визуализации обеспечивают достаточно точную оценку состояния костной основы для установки компонентов эндопротеза. В настоящее время существующие классификации ретроацетабулярного остеолита помимо помощи хирургу в выборе хирургической тактики обеспечивают систематизированный сбор первичных данных, что в дальнейшем позволяет анализировать структуру патологии и результаты хирургических вмешательств, что, в свою очередь, ведёт к совершенствованию методик эндопротезирования и повышает выживаемость искусственных суставов. Однако, несмотря на современные разработки, в настоящее время нет единой системы оценки состояния вертлужной впадины при последствиях переломов, вследствие чего данные по результатам эндопротезирования у пациентов с посттравматическими коксартрозами разрознены и не поддаются какому-либо обобщению. Публикации по результатам эндопротезирования

В III группе выявлено 44 случая, в трёх случаях определялось нарушение целостности тазового кольца. В восьми случаях эндопротезированию предшествовали открытые репозиции и металлоостеосинтез переломов пластинами и винтами. Как представлено в таблице 5, в III группе превалировали смещения верхней стенки 0 и 2 степени, задней стенки – 1 степени. Средняя площадь контакта в группе составила $73,96 \pm 16,84$ %.

Таблица 5

Структура смещения стенок вертлужной впадины в III группе, где в эксперименте конгруэнтность составила 60,1–90,4 %

Степени смещения	Стенки вертлужной впадины			
	A	S	P	I
0	5	15	6	7
1	6	16	12	8
2	3	1	5	4

После проведенной статистической обработки данных с высокой достоверностью выявлено, что при сумме показателей больше четырёх конгруэнтность полусферического вертлужного компонента и посттравматически деформированной вертлужной впадины составляет менее 70 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая полученное значение средней площади контакта стандартного полусферического компонента «press-fit» фиксации и посттравматически деформированной вертлужной впадины 59,5 %, что менее 70 %, при установке тазового компонента пациентам целе-

вой группы для надёжной первичной механической фиксации рекомендовано применение винтов, а при наличии кавитарных дефектов костной основы – замещение их аутокостной крошкой, что потенциально повышает конгруэнтность на границе кость-имплантат.

При сумме показателей A, S, P, I и D более четырёх на основе классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины ASPID конгруэнтность стандартного полусферического вертлужного компонента «press-fit» фиксации и травми-

чески изменённой вертлужной впадины составляет менее 70 %, при этом, если присутствует нарушение целостности тазового кольца, то прибавляется не одна, а две единицы (D без индекса — ноль, D₁ — два балла).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. The incidence and trauma mechanisms of acetabular fractures: A nationwide study in Finland between 1997 and 2014 / P.P. Rinne, M.K. Laitinen, T. Huttunen, P. Kannus, V.M. Mattila // *Injury*. 2017. Vol. 48, No 10. P. 2157-2161. DOI: 10.1016/j.injury.2017.08.003.
2. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis / P.V. Giannoudis, M.R. Grotz, C. Papakostidis, H. Dinopoulos // *J. Bone Joint Surg. Br.* 2005. Vol. 87, No 1. P. 2-9.
3. Ragnarsson B., Mjöberg B. Arthrosis after surgically treated acetabular fractures. A retrospective study of 60 cases // *Acta Orthop.* 1992. Vol. 63, No 5. P. 511-514. DOI: 10.3109/17453679209154725.
4. Total hip arthroplasty after acetabular fracture is associated with lower survivorship and more complications / Z. Morison, D.J. Moojen, A. Nauth, J. Hall, M.D. McKee, J.P. Waddell, E.H. Schemitsch // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2016. Vol. 474, No 2. P. 392-398. DOI: 10.1007/s11999-015-4509-1.
5. Total hip arthroplasty after operatively treated acetabular fracture: a concise follow-up, at a mean of 20 years, of a previous report / P. von Roth, M.P. Abdel, W.S. Harmsen, D.J. Berry // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2015. Vol. 97, No 4. P. 288-291. DOI: 10.2106/JBJS.N.00871.
6. Efficacy of total hip arthroplasty after operatively treated acetabular fracture / J.K. Moon, J. Lee, P.W. Yoon, J.S. Chang, J.W. Kim // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2020. Vol. 140, No. 7. P. 973-979. DOI: 10.1007/s00402-020-03447-x.
7. Gelaude F., Clijmans T., Delpont H. Quantitative computerized assessment of the degree of acetabular bone deficiency: Total radial acetabular bone loss (TrABL) // *Adv. Orthop.* 2011. Vol. 2011. Article 494382. DOI: 10.4061/2011/494382.
8. Reliability of acetabular bone defect classification systems in revision total hip arthroplasty / D. G. Campbell, D.S. Garbuz, B.A. Masri, C.P. Duncan // *J. Arthroplasty*. 2001. Vol. 16, No 1. P. 83-86. DOI: 10.1054/arth.2001.19157.
9. Fracture and Dislocation Classification Compendium / E.G. Meinberg, J. Agel, C.S. Roberts, M.D. Karam, J.F. Kellam // *J. Orthop. Trauma*. 2018. Vol. 32, No Suppl. 1. P. S1-S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.
10. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols / A.R. Burgess, B.J. Eastridge, J.W. Young, T.S. Ellison, P.S. Ellison Jr., A. Poka, G.H. Bathon, R.J. Brumback // *J. Trauma*. 1990. Vol. 30, No 7. P. 848-856. DOI: 10.1097/00005373-199007000-00015.
11. 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. Vol. 9, No 1. P. 33-44. DOI: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
12. Bettin D., Kathagen B.D. Die DGO-Klassifikation von Knochendefekten bei Hüft-Totalendoprothesen-Revisionsoperationen // *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 1997. Vol. 135, No 4. P. 281-284. DOI: 10.1055/s-2008-1039389.
13. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty / J.A. D'Antonio, W.N. Capello, L.S. Borden, W.L. Bargar, B.F. Bierbaum, W.G. Boettcher, M.E. Steinberg, S.D. Stulberg, J.H. Wedge // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1989. No 243. P. 126-137.
14. Grading acetabular defects: the need for a universal and valid system / N.A. Johanson, K.R. Driftmier, D.L. Cerny, C.C. Stehman // *J. Arthroplasty*. 2010. Vol. 25, No 3. P. 425-431. DOI: 10.1016/j.arth.2009.02.021.
15. Обоснование использования оригинальной классификации посттравматических деформаций вертлужной впадины при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава / А.В. Цыбин, В.В. Любчук, В.С. Сивков, В.А. Шильников, Р.В. Малыгин, М.И. Шубняков // *Гений ортопедии*. 2021. Т. 27, № 5. С. 508-513. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-508-513.
16. Численное исследование влияния степени недопокрытия вертлужного компонента на несущую способность эндопротеза тазобедренного сустава / Ю.Г. Коноплев, А.В. Мазуренко, О.А. Саченков, Р.М. Тихилов // *Российский журнал биомеханики*. 2015. Т. 19, № 4. С. 330-343. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2015.4.01.
17. Экспериментальное обоснование установок ацетабулярного компонента с недопокрытием при эндопротезировании пациентов с тяжелой степенью дисплазии / Р.М. Тихилов, И.И. Шубняков, А.В. Мазуренко, В.И. Митрякин, О.А. Саченков, А.К. Кузин, А.О. Денисов, Д.Г. Плиев, А.А. Бояров, А.Н. Коваленко // *Травматология и ортопедия России*. 2013. Т. 70, № 4. С. 42-51.
18. Безопасное эндопротезирование при диспластическом коксартрозе / А.В. Мазуренко, Р.М. Тихилов, И.И. Шубняков, Д.Г. Плиев, А.О. Денисов // *Риски в современной травматологии и ортопедии: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева*. Омск. 2013. С. 38.
19. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties / G.E. Lewinnek, J.L. Lewis, R. Tarr, C.L. Compere, J.R. Zimmerman // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1978. Vol. 60, No. 2. P. 217-220.
20. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина. Ленинградское отделение, 1973. 141 с.
21. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2000. 350 с.

Статья поступила в редакцию 22.06.2022; одобрена после рецензирования 07.07.2022; принята к публикации 30.08.2022.

The article was submitted 22.06.2022; approved after reviewing 07.07.2022; accepted for publication 30.08.2022.

Информация об авторах:

1. Александр Владимирович Цыбин – кандидат медицинских наук, alex_tsybin@mail.ru;
2. Вячеслав Вячеславович Любчук – drogbadider@mail.ru;
3. Александр Савельевич Фалькович – доктор технических наук, falkovichas@yandex.ru;
4. Станислав Сергеевич Билык – кандидат медицинских наук, bss0413@gmail.com;
5. Виктор Александрович Шильников – доктор медицинских наук, vreden11@rambler.ru.

Information about authors:

1. Aleksandr V. Tsybin – Candidate of Medical Sciences, alex_tsybin@mail.ru;
2. Vyacheslav V. Lyubchak – M.D., drogbadider@mail.ru
3. Aleksandr S. Falkovich – Doctor of Technical Sciences, falkovichas@yandex.ru;
4. Stanislav S. Bilyk – Candidate of Medical Sciences, bss0413@gmail.com;
5. Viktor A. Shilnikov – Doctor of Medicine, vreden11@rambler.ru.