

Анализ осложнений, связанных с выполнением периацетабулярной остеотомии, у взрослых пациентов молодого возраста

Д.Г. Плиев¹, В.С. Черкасов², А.Н. Коваленко¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница № 31 им. акад. Г.М. Савельевой ДЗ г. Москвы», г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Периацетабулярная остеотомия (ПАО) — эффективный метод предотвращения или отсрочки эндопротезирования тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста. Однако ее выполнение сопряжено с риском развития осложнений. Для оптимизации хирургической техники и улучшения исходов хирургического лечения необходимо изучение факторов, влияющих на частоту развития различных осложнений.


Цель исследования — выявить частоту осложнений после периацетабулярной остеотомии и факторы риска их развития.


Материал и методы. В исследование были включены 82 пациента (89 суставов с дисплазией тазобедренного сустава (степень I–II по Crowe, типы A и B по Hartofilakidis), оперированных в 2007–2023 гг. Средний возраст пациентов составил 30,9±8,7 года (95% ДИ: 29,0 — 32,8). Были проанализированы 178 рентгенограмм и 58 компьютерных томограмм, выполненных за сутки до операции и в 1-е сут. после проведения ПАО. Оценивали следующие рентгенологические показатели: углы Wiberg и Tönnis, угол вертикального наклона вертлужной впадины (ВВ), индексы экстрюзии головки бедренной кости, сферичности головки бедренной кости и ретроверсии. На томограммах оценивали значения углов AASA (anterior acetabular sector angle), PASA (posterior acetabular sector angle), HASA (horizontal acetabular sector angle) и антеверсии ВВ (AcetAV).

Результаты. Выявлены следующие осложнения: гиперкоррекция положения ВВ с формированием фемороацетабулярного импиджмента типа pinser (24,72%), недостаточная коррекция ВВ (13,48%), стресс-переломы (16,85%), неврологические нарушения (8,99%), инфекционные осложнения (3,37%). Относительный риск необходимости выполнения эндопротезирования увеличивался в 2,67 раза у пациентов с признаками гиперкоррекции (95% ДИ: 1,41–5,08). Недокоррекция ассоциировалась с увеличением риска эндопротезирования в 4,4 раза (95% ДИ: 1,42–13,70; $p = 0,013$). Выявлена обратная связь между значением индекса сферичности головки бедренной кости и вероятностью выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава после проведения ПАО. Увеличение данного индекса на 1% уменьшает шансы выполнения эндопротезирования в 1,28 раза (95% ДИ: 1,09–1,49).

Заключение. Основными факторами, влияющими на выживаемость тазобедренного сустава после периацетабулярной остеотомии, являются точность коррекции вертлужной впадины и степень сферичности головки бедренной кости. Для снижения количества осложнений необходимы совершенствование критериев оценки конгруэнтности сустава на дооперационном этапе, а также разработка инструментов для точного позиционирования фрагмента вертлужной впадины.

Ключевые слова: дисплазия тазобедренного сустава, периацетабулярная остеотомия, осложнения, коррекция вертлужной впадины, сферичность головки бедренной кости.

 **Для цитирования:** Плиев Д.Г., Черкасов В.С., Коваленко А.Н. Анализ осложнений, связанных с выполнением периацетабулярной остеотомии, у взрослых пациентов молодого возраста. *Травматология и ортопедия России*. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17683>.

 Черкасов Виталий Сергеевич; e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

Рукопись получена: 24.02.2025. Рукопись одобрена: 28.04.2025. Статья опубликована онлайн: 19.05.2025.

© Плиев Д.Г., Черкасов В.С., Коваленко А.Н., 2025

Original article

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17683>

Evaluation of Complications Associated with Periacetabular Osteotomy in Young Adult Patients

David G. Pliev¹, Vitalii S. Cherkasov², Anton N. Kovalenko¹¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia² City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva, Moscow, Russia

Abstract

Background. Periacetabular osteotomy (PAO) is an effective method to prevent or delay the need for hip replacement surgery in young adults, though it carries a certain risk of complications. It is essential to study the factors influencing the complications rate in order to optimize surgical techniques and improve the outcomes.

The aim of the study – to identify the incidence of postoperative complications and risk factors for their development in patients undergoing periacetabular osteotomy.

Methods. The study included 82 patients (89 joints) with hip dysplasia (Crowe I-II grades, Hartofilakidis A and B types), operated between 2007 and 2023. The mean age of the participants was 30.90±8.71 years (95% CI: 29.02-32.79). We analyzed 178 X-rays and 58 CT scans performed one day before surgery and on day 1 after PAO. Radiographic parameters assessed included Wiberg angle, Tönnis angle, Sharp angle, femoral head extrusion index, index of sphericity of femoral head, and retroversion index. The CT scans were used to evaluate the values of AASA (anterior acetabular sector angle), PASA (posterior acetabular sector angle), HASA (horizontal acetabular sector angle), and AcetAV (acetabular anteversion angle).

Results. Identified complications included acetabular overcorrection leading to pincer-type femoroacetabular impingement (24.72%), acetabular undercorrection (13.48%), stress fractures (16.85%), neurological impairments (8.99%), and infectious complications (3.37%). Patients with signs of overcorrection were 2.67 times more likely to require hip replacement (95% CI: 1.41-5.08). Undercorrection was associated with a 4.4-fold increase in arthroplasty risk (95% CI: 1.42-13.70; p = 0.013). An inverse relationship was found between the femoral head sphericity index and the likelihood of hip replacement following PAO: a 1% increase in this index reduced the odds of arthroplasty by 1.28 times (95% CI: 1.09-1.49).

Conclusions. The key factors influencing hip joint survival after periacetabular osteotomy are the accuracy of acetabular correction and the degree of femoral head sphericity. To reduce the rate of complications, it is necessary to develop preoperative criteria for assessing joint congruity, as well as tools for precisely positioning of the acetabular fragment.

Keywords: hip dysplasia, periacetabular osteotomy, complications, acetabular correction, femoral head sphericity.

Cite as: Pliev D.G., Cherkasov V.S., Kovalenko A.N. Evaluation of Complications Associated with Periacetabular Osteotomy in Young Adult Patients. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17683>.

✉ Vitalii S. Cherkasov; e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

Submitted: 24.02.2025. Accepted: 28.04.2025. Published online: 19.05.2025.

© Pliev D.G., Cherkasov V.S., Kovalenko A.N., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Периацетабулярная остеотомия (ПАО) является основным видом остеотомий, позволяющих выполнить реориентирование вертлужной впадины у взрослых пациентов с закрытым триангулярным хрящом. Основная цель проведения ПАО — предотвратить или отсрочить выполнение эндопротезирования тазобедренного сустава у взрослых пациентов молодого возраста.

В настоящее время при лечении дисплазии тазобедренного сустава выполняют различные виды остеотомий таза, такие как тройная, по Steel, Tönnis, Salter, Dega, Pemberton, San Diego и Chiari. Однако эти оперативные вмешательства выполняются у детей, когда еще не закрыт триангулярный хрящ в области вертлужной впадины [1, 2, 3, 4].

Первую ПАО выполнил в 1984 г. профессор R. Ganz [5]. Этот способ обладает рядом преимуществ перед другими видами остеотомий таза: сохранение целостности тазового кольца и кровоснабжения в области вертлужной впадины, возможность осуществления большой коррекции положения вертлужной впадины с сохранением стабильности и проведения операции из одного доступа [6, 7, 8].

Однако выполнение ПАО сопряжено с риском периоперационных осложнений. Несмотря на широкое изучение данной проблемы зарубежными исследователями, вопрос интра- и послеоперационных осложнений при проведении ПАО остается малоизученным отечественными исследователями. На текущий момент в российской научной литературе представлено единственное исследование, посвященное анализу осложнений ПАО [9]. Это существенно ограничивает возможности для формирования доказательных клинических рекомендаций и оптимизации хирургических протоколов.

Цель исследования — выявить частоту осложнений после периацетабулярной остеотомии и факторы риска их развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ретроспективное исследование основано на анализе данных 82 пациентов (89 тазобедренных суставов), которым была выполнена ПАО в период с 2007 по 2023 г. в клинике ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Женщин было 67 (81,7%), мужчин — 15 (18,3%).

Максимальный период наблюдения составил 16 лет, минимальный — 1 год.

Критерии включения в исследование:

- возраст моложе 40 лет;
- признаки симптоматической дисплазии тазобедренного сустава;

- отсутствие положительного эффекта после проведения нескольких курсов консервативной терапии;

- I–II степень дисплазии по классификации Crowe; типы A и B по классификации Hartofilakidis.

Критерии невключения:

- возраст старше 40 лет;
- наличие признаков остеоартроза тазобедренного сустава;
- III степень дисплазии по классификации Crowe; типы C1 и C2 по классификации Hartofilakidis;
- наличие ранее проведенных открытых хирургических вмешательств на тазобедренном суставе;
- отказ пациента от участия в проведении исследования.

Клиническая и рентгенологическая оценки

Сбор данных осуществлялся путем телефонного или личного опроса пациентов, изучения их историй болезни и результатов инструментальных методов исследования, выполненных в периоперационном периоде. Проведена оценка 178 рентгенограмм и 58 компьютерных томограмм, выполненных в том же медицинском центре за сутки до операции и в 1-е сут. после проведения ПАО. Изучали следующие рентгенологические показатели по общепринятым методикам: угол Wiberg, угол Tönnis, угол вертикального наклона вертлужной впадины, индексы экстрюзии головки бедренной кости, сферичности головки бедренной кости и ретроверсии. Анализируя данные КТ-исследований костей таза, выполненных на до- и послеоперационном этапах, оценивали следующие параметры: AASA — угол переднего сектора ВВ (anterior acetabular sector angle), PASA — угол заднего сектора ВВ (posterior acetabular sector angle), HASA — угол горизонтального сектора ВВ (horizontal acetabular sector angle) и AcetAV — угол антеверсии ВВ. О наличии синдрома фемороацетабулярного импиджмента (ФАИ) типа pincer судили в том случае, если показатель угла Wiberg был более 35°, угол Tönnis принимал отрицательные значения, а индекс экстрюзии головки бедра был менее 15%. Недокоррекция положения вертлужной впадины учитывалась в случаях, если значения угла Wiberg составляли менее 25°, показатели угла Tönnis были более 10°, а индекс экстрюзии головки бедра был более 25%.

Кроме того, мы анализировали такие данные, как количество койко-дней, возраст пациента на момент выполнения операции, объем интраоперационной кровопотери, длительность оперативного вмешательства, а также факт проведения тотального эндопротезирования и артроскопии тазобедренного сустава после выполненной ПАО.

Техника операции

Все оперативные вмешательства были выполнены тремя хирургами. В положении пациента на спине на операционном столе после обработки операционного поля растворами антисептиков выполняли линейный разрез кожи около 10 см. Затем рассекали подкожно-жировую клетчатку и фасцию, которую разделяли в направлении мышечных волокон. Ранорасширителями обнажали промежуток между *m. sartorius* и *m. tensor fascia lata*, на дне которого визуализировались сухожилие *m. rectus femoris* и передне-верхний участок суставной капсулы. С использованием остеотома выполняли отделение передней верхней подвздошной ости вместе с прикрепленным к ней сухожилием *m. sartorius*. В проксимальной части раны апоневроз косых мышц живота мобилизовали от точки его крепления к гребню подвздошной кости. Подвздошную мышцу поднадкостнично отделяли от внутренней поверхности крыла подвздошной кости. Сухожилие *m. rectus* отсекали с формированием культи для дальнейшей реконструкции.

При сгибании нижней конечности в тазобедренном суставе волокна подвздошной мышцы отсекались от передней части суставной капсулы, после чего в пространстве между подвздошно-поясничной мышцей и нижним отделом капсулы кончиком ножниц пальпировалось тело седалищной кости. В эту область помещали направитель для остеотома, посредством которого выполняли остеотомию седалищной кости вдоль «подвертлужной борозды» (infracotyloid groove).

Затем обеспечивали доступ к лонной кости. Фиксировали ретракторы Хомана в зоне лонной кости, выполняли поперечную остеотомию ее верхней ветви с применением осцилляторной пилы. В большую седалищную вырезку и область передней верхней седалищной ости устанавливали ретракторы Хомана. Осцилляторной пилой проводили остеотомию крыла подвздошной кости ниже передневерхней ости, затем долотом завершали остеотомию задней колонны, соединяя линии разрезов седалищной кости и крыла подвздошной. Угол между линиями остеотомий задней колонны и подвздошной кости составлял приблизительно 120°. Все манипуляции контролировались с помощью ЭОП.

После завершения основных этапов остеотомии в фрагмент вертлужной впадины вводили винт Шанца, ее позицию корректировали под рентгенологическим контролем. Фиксацию фрагмента выполняли тремя кортикальными винтами. Сухожилия *m. rectus femoris* и *m. sartorius* рефиксировали анкерными фиксаторами с синтетическими нитями в анатомических точках прикрепле-

ния. Гемостаз поддерживался на всех этапах. Рану послойно зашивали непрерывными швами с наложением стерильных повязок.

Послеоперационный период

Активизация пациентов производилась на 2-е сут. после операции. В течение 6–8 нед. пациенты передвигались с дозированной нагрузкой на оперированную конечность, используя костыли. Дополнительная опора применялась на протяжении 8–12 нед. В первые 4 нед. разрешалось сгибание в тазобедренном суставе до 90° при отсутствии дискомфорта. Обезболивающие препараты пациенты принимали в течение 4–6 нед. Период полной реабилитации занимал от 6 до 8 мес.

Статистический анализ

Для статистической обработки данных использовали методы параметрического и непараметрического анализа. С целью определения возможности применения методов параметрического анализа каждая из сравниваемых переменных оценивалась на предмет ее соответствия закону нормального распределения. Для этого использовали критерий Колмогорова–Смирнова, рекомендуемый при числе исследуемых более 50, и критерий Шапиро–Уилка при числе исследуемых ниже 50. Кроме того, рассчитывался F-критерий Фишера, позволяющий оценить гомоскедастичность дисперсий сравниваемых совокупностей, также являющуюся одним из условий применимости методов параметрического анализа. При нормальном распределении показателей количественной переменной рассчитывали ее среднее значение (M) с определением стандартного отклонения (SD) и границ доверительного интервала ($ДИ$). В случаях распределения данных, отличного от нормального, оцениваемые количественные переменные выражались через значения медианы (Me) и оценки межквартильного размаха [Q_1-Q_3]. Анализ номинальных переменных проводился путем сравнения групп по категориальному признаку с применением метода χ^2 Пирсона при значениях минимально предполагаемого числа более 10 или с использованием точного критерия Фишера, если минимально предполагаемое число менее 10. Оценка риска производилась путем расчета отношения шансов и относительного риска для данных номинальных переменных с оценкой силы связи путем интерпретации значений V Крамера. Связь между сравниваемыми переменными принималась статистически значимой при $p \leq 0,05$. Анализ полученных данных производился с применением программы IBM SPSS Statistics 27.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст пациентов составил 30,9±8,7 лет (95% ДИ: 29,0–32,8). Медиана периода наблюдения после выполнения оперативного вмешательства составила 7 лет [Q₁-Q₃: 4–8]. Медиана значений койко-дня равнялась 15 [Q₁-Q₃: 1–18]. У 72 (80,9%) пациентов дисплазия соответствовала типу А по классификации Hartofilakidis и I степени по классификации Crowe, у 9 (10,1%) пациентов типу В по Hartofilakidis и II степени по Crowe. До- и послеоперационные значения различных углов, характеризующих положение вертлужной впадины, а также данные, отражающие степень изменения данных показателей, представлены в таблице 1.

Медиана длительности оперативного вмешательства и кровопотери составила 125 мин. [Q₁-Q₃: 92,5–205,0] и 575 мл [Q₁-Q₃: 400,0–900,0] соответственно.

Осложнения после ПАО развились в 43 (48,3%) случаях. У 24 (21,3%) пациентов сочетались два и более осложнений.

В структуре неудовлетворительных исходов большая доля принадлежит гиперкоррекции положения вертлужной впадины с формированием ФАИ типа pincer — 22 (24,72%) случая, недостаточная коррекция выявлена после выполнения 12 (13,48%) оперативных вмешательств. Стресс-переломы костей таза произошли в 15 (16,85%)

наблюдениях, в том числе переломы задней колонны в 10 (11,23%) случаях, переломы нижней ветви лонной кости — в 5 (5,62%). Ложные суставы в области лонной кости отмечены в 10 (11,23%) случаях. Стойкие неврологические нарушения были выявлены после 8 (8,99%) оперативных вмешательств, среди них невропатия седалищного нерва — в 2 (2,25%) случаях и повреждение латерального кожного нерва бедра — в 5 (5,62%). Инфекционные осложнения развились после 3 (3,37%) операций.

В случаях гиперкоррекции с формированием ФАИ типа pincer статистически значимо увеличивалась частота неврологических нарушений (p = 0,033). Относительный риск возрастал в 4,39 раза (95% ДИ: 1,15–16,95). Между сопоставляемыми признаками выявлена средняя связь (V Крамера = 0,261).

Частота повреждения латерального кожного нерва бедра в послеоперационном периоде имела прямую корреляцию с индексом ретроверсии вертлужной впадины до операции (табл. 2). Возможно, данная зависимость обусловлена тем, что большая степень коррекции требовала более широкого операционного доступа, а также более интенсивного воздействия хирургическим инструментарием, что приводило к повреждению указанного нерва.

Таблица 1

Показатели, характеризующие положение вертлужной впадины, до и после выполнения периацетабулярной остеотомии

Показатель	До операции	После операции	Изменение показателя (по модулю)
Угол Wiberg, град.	M = 13,46±9,81 (95% ДИ: 11,27–15,66)	Me = 32,8 [Q ₁ -Q ₃ : 27,8–38,7]	M = 18,21±9,35 (95% ДИ: 16,12–20,31)
Угол Tönnis, град.	M = 17,93±7,76 (95% ДИ: 16,19–19,67)	Me = 2,6 [Q ₁ -Q ₃ : -2,6–9,0]	M = 14,35±7,78 (95% ДИ: 12,61–16,09)
Индекс экстррузии головки бедренной кости, %	M = 32,31±11,99 (95% ДИ: 29,62–34,99)	Me = 14,0 [Q ₁ -Q ₃ : 5,0–21,0]	M = 18,35±10,70% (95% ДИ: 15,95–20,75)
Угол наклона вертлужной впадины, град.	Me = 46,3 [Q ₁ -Q ₃ : 43,6–50,4]	M = 36,53±6,61 (95% ДИ: 35,07–38,00)	M = 10,44±6,78 (95% ДИ: 8,91–11,96)
Индекс сферичности головки бедренной кости	Me = 43,0 [Q ₁ -Q ₃ : 41,0–45,0]	Me = 43,0 [Q ₁ -Q ₃ : 41,0–45,0]	–
Индекс ретроверсии вертлужной впадины, %	Me = 18,0 [Q ₁ -Q ₃ : 0,0–30,0]	Me = 0,0 [Q ₁ -Q ₃ : 0,0–16,0]	Me = 14,0 [Q ₁ -Q ₃ : 0,0–27,0]
Угол AASA, град.	M = 47,12±8,52 (95% ДИ: 43,53–50,72)	M = 37,65±10,85 (95% ДИ: 33,86–41,44)	M = 10,00±6,78 (95% ДИ: 4,79–15,21)
Угол PASA, град.	Me = 89,5 [Q ₁ -Q ₃ : 82,0–94,5]	M = 101,47±11,43 (95% ДИ: 97,48–105,45)	M = 15,78±14,33 (95% ДИ: 4,76–26,79)
Угол HASA, град.	M = 134,75±14,04 (95% ДИ: 128,82–140,68)	M = 139,32±15,97 (95% ДИ: 133,75–144,90)	Me = 5,0 [Q ₁ -Q ₃ : 3,0 – 15,0]
Угол AcetAV, град.	Me = 23,50 [Q ₁ -Q ₃ : 18,0–26,0]	M = 33,30±8,07 (95% ДИ: 30,44–36,16)	M = 11,78±7,45 (95% ДИ: 6,05–17,50)

Таблица 2

Корреляция между повреждением латерального кожного нерва бедра, индексом ретроверсии и степенью коррекции индекса ретроверсии, Me [Q₁-Q₃]

Показатель	Повреждение латерального кожного нерва бедра		p
	наличие	отсутствие	
Индекс ретроверсии вертлужной впадины (до операции)	37,0% [35,0–9,00]	17,0% [0,0–29,0]	0,009*
Степень коррекции индекса ретроверсии вертлужной впадины	30,0% [23,0–35,0]	12,0% [0,00–26,0]	0,015*

* — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Длительность оперативного вмешательства была меньше в тех случаях, когда в послеоперационном периоде произошли переломы костей таза, по сравнению с пациентами без данного осложнения: 95,0 мин. [Q₁-Q₃: 60,0–127,5] и 125 мин. [Q₁-Q₃: 95,0–222,5] соответственно (p = 0,012). Так, у пациентов с переломом нижней ветви лонной кости длительность операции была статистически значимо (p = 0,026) ниже, чем у больных без данного осложнения: 60,0 мин. [Q₁-Q₃: 60,0–95,0] и 120 мин. [Q₁-Q₃: 90,0–210,0] соответственно. Относительный риск неврологических нарушений возрастал в 5 раз (p = 0,021) у пациентов с переломом нижней ветви лонной кости (95% ДИ: 1,34–18,87). Между этими признаками отмечалась средняя связь (V Крамера = 0,258). Возможно, это связано с попыткой коррекции положения вертлужной впадины при недостаточном релизе тканей в сочетании с неполной остеотомией седалищной кости.

Степень коррекции ретроверсии вертлужной впадины у пациентов с переломом задней колонны вертлужной впадины была ниже — 0% [Q₁-Q₃: 0,00–14,00], чем у пациентов без данного осложнения — 16,00% [Q₁-Q₃: 0,00–28,00] (p = 0,013).

Средние значения углов Wiberg и Tönnis, а также индекса экстррузии головки бедренной кости до операции статистически значимо отличались

между пациентами с признаками ФАИ типа pincer после операции и больных без указанных изменений (табл. 3).

Признаки недокоррекции положения вертлужной впадины после ПАО чаще определялись, если до операции средние значения углов Wiberg, Tönnis и индекса экстррузии головки бедренной кости были ниже (табл. 4). Кроме того, у пациентов с недокоррекцией положения вертлужной впадины сферичность головки бедренной кости была ниже — 36,50% [Q₁-Q₃: 34,50–42,50], чем у пациентов без указанных изменений — 44,00% [Q₁-Q₃: 42,00–46,00] (p<0,001).

Конверсия в тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава после ПАО была выполнена в 16 (17,98%) случаях, артроскопические вмешательства для выполнения шва суставной губы в послеоперационном периоде потребовались в 9 (10,11%) случаях. Частота конверсии статистически значимо зависела от степени дисплазии по классификациям Hartofilakidis и Crowe (p = 0,013). Так, относительный риск необходимости выполнения эндопротезирования у пациентов с типом В по классификации Hartofilakidis и II степенью по Crowe увеличивался в 11,76 раз (95% ДИ: 1,410–100,00). Между сопоставляемыми признаками выявлена средняя связь (V Крамера = 0,368).

Таблица 3

Корреляция между наличием фемороацетабулярного импиджмента в послеоперационном периоде и средними значениями углов Wiberg и Tönnis, а также индексом экстррузии головки бедренной кости до операции, M±SD

Показатель до операции	ФАИ после операции		p
	наличие	отсутствие	
Угол Wiberg, град.	20,28±8,12 95% ДИ: 16,48–24,07	11,16±9,29 95% ДИ: 8,73–13,58	<0,001*
Угол Tönnis, град.	13,44±7,00 95% ДИ: 10,16–16,71	19,46±7,46 95% ДИ: 17,51–21,40	0,002*
Индекс экстррузии головки бедренной кости, %	23,36±12,06 95% ДИ: 17,72–29,00	35,34±10,44 95% ДИ: 32,62–38,06	<0,001*
Степень коррекции угла Wiberg, град.	22,02±9,05 95% ДИ: 17,78–26,26	16,92±9,17 95% ДИ: 14,53–19,31	0,037*
Степень коррекции угла Tönnis, град.	17,60±6,43 95% ДИ: 14,59–20,61	13,25±7,94 95% ДИ: 11,18–15,32	0,018*

* — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Таблица 4

Корреляция между показателями, характеризующими положение вертлужной впадины до операции, степенью их коррекции и наличием признаков недокоррекции в послеоперационном периоде, M±SD

Показатель до операции	Недокоррекция		p
	наличие	отсутствие	
Угол Wiberg, град.	3,44±9,32 95% ДИ: -2,48–9,36	15,26±8,81 95% ДИ: 13,11–17,41	0,001*
Угол Tönnis, град.	23,50±7,34 95% ДИ: 18,84–28,16	16,94±7,46 95% ДИ: 15,12–18,76	0,012*
Индекс экструзии головки бедренной кости, %	43,83±9,39 95% ДИ: 37,87–49,80	30,24±11,26 95% ДИ: 27,50–32,99	<0,001*
Степень коррекции угла Wiberg, град.	11,36±9,67 95% ДИ: 5,21–17,51	19,44±8,81 95% ДИ: 17,29–21,59	0,017*
Степень коррекции угла Tönnis, град.	7,78±6,82 95% ДИ: 3,45–12,12	15,53±7,39 95% ДИ: 13,72–17,33	0,003*

* — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, такой фактор, как значение индекса сферичности головки бедренной кости, имеет прямую связь с вероятностью выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава после проведения ПАО. Снижение данного индекса на 1% (что характерно для выраженной дисплазии, когда головка бедренной кости теряет свою сферическую форму) увеличивает шансы конверсии в эндопротезирование в 1,28 раза (95% ДИ: 1,09–1,49). Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, данная регрессионная модель определяет 30,6% дисперсии вероятности выполнения эндопротезирования.

Наличие признаков недокоррекции положения вертлужной впадины статистически значимо повышало вероятность выполнения эндопротезирования после проведения ПАО (p = 0,013), относительный риск необходимости выполнения эндопротезирования увеличивался в 4,40 раза (95% ДИ: 1,42–13,70). Между сопоставляемыми признаками отмечалась связь умеренной силы

(V Крамера = 0,345). Можно предположить, что при дисплазии тазобедренного сустава высокой степени с нарушением сферичности головки увеличивается вероятность недокоррекции, что, в свою очередь, увеличивает шансы на конверсию в эндопротезирование.

Наличие признаков гиперкоррекции в послеоперационном периоде с развитием ФАИ также, как и недокоррекция, статистически значимо влияло на частоту выполнения эндопротезирования после ПАО (p = 0,006). Относительный риск конверсии в эндопротезирование увеличивался у пациентов с ФАИ в 2,67 раза (95% ДИ: 1,41–5,08). Между сопоставляемыми признаками отмечалась связь умеренной силы (V Крамера = 0,361).

Средние значения углов Wiberg, Tönnis и индекса экструзии головки до операции у пациентов, которым в дальнейшем было выполнено эндопротезирование, статистически значимо отличались от средних значений данных углов у пациентов без эндопротезирования (табл. 5).

Таблица 5

Зависимость между конверсией в эндопротезирование после выполнения периацетабулярной остеотомии и исходными значениями углов Wiberg, Tönnis и индекса экструзии головки бедренной кости

Показатель до операции	Конверсия в эндопротезирование		p
	да	нет	
Угол Wiberg, град., M±SD	9,49±10,31 95% ДИ: 3,53–15,44	17,31±8,04 95% ДИ: 14,95–19,67	0,018*
Угол Tönnis, град., M±SD	19,62±5,09 95% ДИ: 16,68–22,56	14,95±7,39 95% ДИ: 12,78–17,12	0,011*
Индекс экструзии головки бедренной кости, %, M±SD	36,21±12,18 95% ДИ: 29,18–43,25	28,03±10,84 95% ДИ: 24,84–31,21	0,035*
Индекс сферичности головки бедренной кости, %, Me [Q ₁ -Q ₃]	38,00 [36,00–42,00]	44,00 [43,00–45,50]	<0,001*
Угол AcetAV, град., Me [Q ₁ -Q ₃]	28,00 [24,50–30,00]	21,00 [17,00–25,50]	0,022*

* — различия показателей статистически значимы (p<0,05).

Полученные данные также подтверждают гипотезу о том, что риск конверсии в эндопротезирование после выполнения ПАО выше у пациентов с выраженной дисплазией тазобедренного сустава. Частота выполнения артроскопических вмешательств после ПАО статистически значимо зависела от пола пациента ($p = 0,024$). У мужчин относительный риск необходимости выполнения артроскопии был выше в 4,22 раза (95% ДИ: 1,47–12,05) в сравнении с женщинами. Между сопоставляемыми признаками отмечалась связь умеренной силы (V Крамера = 0,325).

ОБСУЖДЕНИЕ

По данным литературы, общий процент осложнений после ПАО составляет от 7,0% до 40,8% [9, 10]. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что общая доля осложнений составила 48,3%. Такой большой процент осложнений связан с тем, что к осложнениям мы относили случаи неправильной коррекции положения вертлужной впадины, что не учитывалось авторами большинства аналогичных работ. Результаты нашего исследования демонстрируют, что точность коррекции вертлужной впадины и степень сферичности головки бедренной кости являются ключевыми факторами, влияющими на выживаемость тазобедренного сустава после ПАО. Полученные данные согласуются с работами других авторов, подчеркивающих роль анатомической реконструкции в снижении риска осложнений [5, 9]. Однако выявленная частота гиперкоррекции (24,72%) и недокоррекции (13,48%) отличается от показателей, описанных в ряде публикаций, что может быть связано с различиями в хирургической технике, критериях оценки или в составе пациентов. Так, E.N. Novais с соавторами и L. Nonnenmacher с соавторами, оценивая частоту неправильной коррекции, отмечали данную проблему приблизительно в 22% случаях, причем недостаточная коррекция у них встречалась чаще, чем гиперкоррекция (20% и 2% соответственно) [11, 12].

Наше утверждение о том, что гиперкоррекция и недокоррекция положения вертлужной впадины ассоциируются с более высоким риском конверсии в эндопротезирование, согласуется с работами других авторов. Например, С. Hartig-Andreasen с соавторами отмечают, что послеоперационное значение угла Wiberg менее 30° и более 40° в 2 раза увеличивает относительный риск конверсии в эндопротезирование (95% ДИ: 1,21–3,30) [13].

Многими авторами отмечается, что наиболее частым осложнением, встречающимся после ПАО, является повреждение латерального кожного нерва бедра (свыше 30%) [14, 15, 16]. Среди

прочих неврологических нарушений в послеоперационном периоде отмечаются также невропатия седалищного нерва и отдельные случаи невропатии бедренного нерва [9, 17]. Полученные нами данные о частоте повреждения латерального кожного нерва бедра отличаются от указанных исследований, скорее всего, из-за того, что наше исследование является ретроспективным, и многие пациенты не обнаруживали у себя признаков невропатии латерального кожного нерва бедра или могли забыть о том, что у них было такое осложнение.

Стресс-переломы нижней ветви лонной кости и задней колонны таза, по данным литературы, встречаются в 7,8–18,4% случаев [18, 19, 20], замедленная консолидация – приблизительно в 15% [12, 21]. Полученные нами результаты коррелируют с этими данными.

S. Thanacharoenpanich с соавторами среди возможных осложнений упоминают также гетеротопическую оссификацию – 15% случаев [22]. Среди наших пациентов признаков данного осложнения выявлено не было, однако стоит учитывать, что после ПАО оно часто носит бессимптомный характер и не требует специфического лечения [10].

Ограничения исследования

Наше исследование имеет несколько ограничений. Во-первых, в связи с тем, что это исследование было ретроспективным, было невозможно оценить некоторые параметры, такие как индекс массы тела пациентов на момент операции и его влияние на развитие осложнений, получить данные об оценке пациентов в соответствии с различными функциональными шкалами и тестами на момент оперативного вмешательства. Также в связи с тем, что УЗДГ вен нижних конечностей на послеоперационном этапе пациенты выполняли в лечебных учреждениях по месту жительства, у нас отсутствуют данные о реальной частоте тромботических осложнений.

Во-вторых, остеотомии выполнялись тремя разными хирургами, квалификацию которых на момент выполнения оперативного вмешательства не представилось возможным оценить ввиду того, что не существует объективных систем оценки мастерства так же, как и оценки соотношения мастерства с опытом. Также в настоящий момент не сформировано единого мнения о количестве операций, составляющих кривую обучения при освоении техники периацетабулярной остеотомии, что также создает сложности при оценке квалификации хирургов, выполнявших данную операцию в нашем исследовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее частым осложнением, определяющим риск неудовлетворительного исхода в виде конверсии в эндопротезирование после выполнения периацетабулярной остеотомии, является неправильная коррекция положения вертлужной впадины. В связи с этим необходимы разработка и внедрение стандартизированных алгоритмов персонализированного подхода к предоперационному планированию, а также создание систем навигации, позволяющих осуществлять контроль точного позиционирования фрагмента вертлужной впадины во время выполнения вмешательства.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Плиев Д.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, редактирование текста рукописи.

Черкасов В.С. — концепция и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи.

Коваленко А.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор 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.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Venkatadass K., Durga Prasad V., Al Ahmadi N.M.M., Rajasekaran S. Pelvic osteotomies in hip dysplasia: why, when and how? *EFORT Open Rev.* 2022;7(2):153-163. doi: 10.1530/EOR-21-0066.
- Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Кожевников В.В. Salter vs Pemberton: сравнительный рентгенологический анализ изменения вертлужной впадины и таза после хирургической коррекции у детей с врожденным вывихом бедра. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(2):27-37. doi: 10.17816/2311-2905-1748.
- Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Kozhevnikov V.V. Salter vs Pemberton: Comparative Radiologic Analysis of Changes in the Acetabulum and Pelvis After Surgical Correction in Children with Hip Dysplasia. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(2):27-37. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1748

Отдельным приоритетом должно стать определение кривой обучения для периацетабулярной остеотомии, включая критерии освоения техники, объем необходимого хирургического опыта и систему менторства. Это особенно актуально для российских реалий, где дефицит данных и отсутствие централизованных протоколов повышают риски вариативности в клинической практике. В условиях ограниченного числа исследований, посвященных периацетабулярной остеотомии в России, такие меры становятся основой для прогресса в лечении дисплазии тазобедренного сустава.

DISCLAIMERS

Author contribution

Pliev D.G. — study concept and design, data acquisition, editing the manuscript.

Cherkasov V.S. — study concept and design, data acquisition, analysis and interpretation, drafting the manuscript.

Kovalenko A.N. — study concept and design, data acquisition.

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.

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

- Kotz R., Chiari C., Hofstaetter J.G., Lunzer A., Peloschek P. Long-term experience with Chiari's osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(9):2215-2220. doi: 10.1007/s11999-009-0910-y.
- Kaneuji A., Sugimori T., Ichiseki T., Fukui K., Takahashi E., Matsumoto T. Rotational Acetabular Osteotomy for Osteoarthritis with Acetabular Dysplasia: Conversion Rate to Total Hip Arthroplasty within Twenty Years and Osteoarthritis Progression After a Minimum of Twenty Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(9):726-732. doi: 10.2106/JBJS.N.00667.
- Ganz R., Klaue K., Vinh T.S., Mast J.W. A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias. Technique and preliminary results. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(232):26-36.
- Clark S.C., Nagelli C.V., Pan X., Simon K.N., Sierra R.J., Hevesi M. Is Periacetabular Osteotomy With Hip Arthroscopy Superior to Periacetabular Osteotomy Alone? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2024 Dec 10. doi: 10.5435/JAAOS-D-24-00875. Epub ahead of print.

7. Ganz R., Leunig M. Bernese periacetabular osteotomy (PAO): from its local inception to its worldwide adoption. *J Orthop Traumatol.* 2023;24(1):55. doi: 10.1186/s10195-023-00734-2.
8. Novais E.N., Ferraro S.L., Miller P., Kim Y.J., Millis M.B., Clohisy J.C. Periacetabular Osteotomy for Symptomatic Acetabular Dysplasia in Patients ≥ 40 Years Old: Intermediate and Long-Term Outcomes and Predictors of Failure. *J Bone Joint Surg Am.* 2023;105(15):1175-1181. doi: 10.2106/JBJS.23.00001.
9. Короткин А. А., Новикова Я. С., Эль муди Ю.М., Ковалдов К.А., Герасимов С.А., Губина Е.В. Периацетабулярная остеотомия таза при лечении пациентов с дисплазией тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(1):131-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-131-142. Korytkin A.A., Novikova Ya.S., El moudni Yo.M., Kovaldov K.A., Gerasimov S.A., Gubina E.V. Periacetabular Pelvic Osteotomy in Treatment of Patients with Developmental Dysplasia of the Hip. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2021;27(1):131-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-131-142.
10. Ali M., Malviya A. Complications and outcome after periacetabular osteotomy – influence of surgical approach. *Hip Int.* 2020;30(1):4-15. doi: 10.1177/1120700019871195.
11. Novais E.N., Duncan S., Nepple J., Pashos G., Schoenecker P.L., Clohisy J.C. Do Radiographic Parameters of Dysplasia Improve to Normal Ranges After Bernese Periacetabular Osteotomy? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(4):1120-1127. doi: 10.1007/s11999-016-5077-8.
12. Nonnenmacher L., Zimmerer A., Hofer A., Bohorc M., Matziolis G., Wassilew G. Complication management after periacetabular osteotomy. *Orthopadie (Heidelb).* 2023;52(4):272-281. (In German). doi: 10.1007/s00132-023-04359-5.
13. Hartig-Andreasen C., Troelsen A., Thillemann T.M., Søballe K. What factors predict failure 4 to 12 years after periacetabular osteotomy? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(11):2978-2987. doi: 10.1007/s11999-012-2386-4.
14. Biedermann R., Donnan L., Gabriel A., Wachter R., Krismer M., Behensky H. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy. *Int Orthop.* 2008;32(5):611-617. doi: 10.1007/s00264-007-0372-3.
15. Zaltz I., Baca G., Kim Y.J., Schoenecker P., Trousdale R., Sierra R. et al. Complications associated with the periacetabular osteotomy: a prospective multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(23):1967-1974. doi: 10.2106/JBJS.N.00113.
16. Ziran N., Varcadipane J., Kadri O., Ussef N., Kanim L., Foster A. et al. Ten- and 20-year Survivorship of the Hip After Periacetabular Osteotomy for Acetabular Dysplasia. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(7):247-255. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00810.
17. Garras D.N., Crowder T.T., Olson S.A. Medium-term results of the Bernese periacetabular osteotomy in the treatment of symptomatic developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(6):721-724. doi: 10.1302/0301-620X.89B6.18805.
18. Khan O.H., Malviya A., Subramanian P., Agolley D., Witt J.D. Minimally invasive periacetabular osteotomy using a modified Smith-Petersen approach: technique and early outcomes. *Bone Joint J.* 2017;99-B(1):22-28. doi: 10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0439.R1.
19. Malviya A., Dandachli W., Beech Z., Bankes M.J., Witt J.D. The incidence of stress fracture following peri-acetabular osteotomy: an under-reported complication. *Bone Joint J.* 2015;97-B(1):24-28. doi: 10.1302/0301-620X.97B1.34525.
20. Espinosa N., Strassberg J., Belzile E.L., Millis M.B., Kim Y.J. Extraarticular fractures after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(7):1645-1651. doi: 10.1007/s11999-008-0280-x.
21. Matta J.M., Stover M.D., Siebenrock K. Periacetabular osteotomy through the Smith-Petersen approach. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(363):21-32.
22. Thanacharoenpanich S., Boyle M.J., Murphy R.F., Miller P.E., Millis M.B., Kim Y.J. et al. Periacetabular osteotomy for developmental hip dysplasia with labral tears: is arthroscopy or arthroscopy required? *J Hip Preserv Surg.* 2018;5(1):23-33. doi: 10.1093/jhps/hnx048.

Сведения об авторах

✉ Черкасов Виталий Сергеевич

Адрес: Россия, 119415, г. Москва, ул. Лобачевского, д. 42

<https://orcid.org/0009-0007-2847-9745>

e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

Плиев Давид Гивиевич – канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-1130-040X>

e-mail: pliev@gmail.com

Коваленко Антон Николаевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-4536-6834>

e-mail: dr.ankovalenko@ya.ru

Authors' information

✉ Vitalii S. Cherkasov

Address: 42, Lobachevsky st., Moscow, 119415, Russia

<https://orcid.org/0009-0007-2847-9745>

e-mail: cherkasov.ortho@yandex.ru

David G. Pliev — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-1130-040X>

e-mail: pliev@gmail.com

Anton N. Kovalenko — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-4536-6834>

e-mail: dr.ankovalenko@ya.ru