



Научная статья  
УДК 616.728.2-089.844-77  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>

## Что изменила модификация бедренного компонента Zweymüller?

И.И. Шубняков<sup>1</sup>, А. Риахи<sup>2</sup>, А.П. Середа<sup>1</sup>, М.А. Черкасов<sup>1</sup>,  
И.Э. Хужаназаров<sup>3,4</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> ООО «МедКлуб», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Ташкентская медицинская академия, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>4</sup> Республиканский специализированный научный и практический медицинский центр Минздрава Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### Реферат

**Актуальность.** Анализ крупных регистров артропластики показывает, что наблюдается значительный рост использования бесцементных бедренных компонентов, так как современные конструкции показывают схожие результаты выживаемости как при цементной, так и при бесцементной фиксации. Однако эти компоненты различаются по форме, длине и свойствам поверхности, поэтому могут по-разному влиять на качество кости вокруг имплантата. Согласно данным регистра эндопротезирования НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена, отмечается значительное уменьшение доли использования бедренного компонента Alloclassic, в то время как доля использования его модификации SL-PLUS MIA значительно увеличилась.

**Цели исследования:** 1) определить, влияет ли изменение дизайна бедренного компонента типа Zweymüller на среднесрочные и отдаленные результаты и его выживаемость; 2) определить особенности адаптивного ремоделирования перипротезной костной ткани в области имплантации этих бедренных компонентов; 3) определить факторы риска асептического расшатывания данных бедренных компонентов.

**Материал и методы.** Выполнен анализ 492 случаев эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием компонентов Alloclassic и SL-PLUS MIA. Средний срок наблюдения — 78,1 мес. (МКИ 36,0–132,0). Пациенты были разделены на две группы в зависимости от типа бедренного компонента. Проведена клиническая оценка состояния тазобедренного сустава по шкалам Harris и OHS, дополнительно оценивались интенсивность болевого синдрома по VAS и уровень удовлетворенности пациентов результатами лечения. Также выполнен анализ рентгенограмм в динамике.

**Результаты.** Значительное улучшение клинико-функциональных результатов наблюдалось по шкалам HHS и OHS в обеих группах пациентов независимо от типа бедренного компонента. Анализ рентгенограмм в динамике показал различия в поведении этих двух моделей бедренного компонента. Линии рентгеновского просветления вокруг бедренного компонента отсутствовали при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA, а при использовании ножки Alloclassic присутствовали даже при минимальном сроке наблюдения (12 мес.). Фактором риска развития тяжелого стресс-шилдинг синдрома при использовании бедренных компонентов типа Zweymüller является плотная посадка в дистальной части ножки, особенно в воронкообразных каналах. Но при прочих равных условиях плотная дистальная посадка ножек SL-PLUS MIA, несмотря на схожую геометрию дистальной части, не приводит к столь частому проявлению тяжелого стресс-шилдинга.

**Заключение.** Изменение дизайна ножки типа Zweymüller из Alloclassic в SL-PLUS MIA позволило улучшить характер адаптивного ремоделирования перипротезной зоны бедренной кости, что, возможно, улучшит отдаленные результаты первичного эндопротезирования ТБС. Но данные различия требуют дальнейшего наблюдения.

**Ключевые слова:** эндопротезирование тазобедренного сустава, выживаемость эндопротеза, линии рентгеновского просветления, асептическое расшатывание бедренного компонента.

**Для цитирования:** Шубняков И.И., Риахи А., Середа А.П., Черкасов М.А., Хужаназаров И.Э., Тихилов Р.М. Что изменила модификация бедренного компонента Zweymüller? *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):5-17. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>.

**Риахи Аймен;** e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

Рукопись получена: 15.06.2023. Рукопись одобрена: 08.09.2023. Статья опубликована: 15.09.2023.

© Шубняков И.И., Риахи А., Середа А.П., Черкасов М.А., Хужаназаров И.Э., Тихилов Р.М., 2023



## Impact of Zweymüller Stem Modification on Clinical and Radiological Outcomes

Igor I. Shubnyakov<sup>1</sup>, Aymen Riahi<sup>2</sup>, Andrei P. Sereda<sup>1</sup>, Magomed A. Cherkasov<sup>1</sup>, Ilkhom E. Khujanazarov<sup>3,4</sup>, Rashid M. Tikhilov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> "MedClub", St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Medical Academy of Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan

<sup>4</sup> Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center, Tashkent, Republic of Uzbekistan

### Abstract

**Background.** According to the analysis of large arthroplasty registers we have noted the increase in the use of non-cemented implants, because the latter shows the same results of implant survival as well as cemented implants. On the other hand, they can affect the quality of the bone around the implant in different ways. These components differ in shape, length, and surface properties. According to the analysis of the arthroplasty register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, a significant decrease of the Alloclassic femoral stem using can be noted. In parallel the use of its SL-PLUS MIA modification has increased significantly.

**Aims of the study:** 1) to determine the influence of changes in the design of the Zweymüller-type femoral stem on midterm and long-term outcomes and its survival; 2) to identify the characteristics of adaptive remodeling of periprosthetic bone tissue around these femoral stems; 3) to determine risk factors for aseptic loosening of these femoral stems.

**Methods.** 492 cases of hip arthroplasty using the Alloclassic and SL-PLUS MIA femoral stems were observed, with an average follow-up 78.6 months. The patients were divided into 2 groups according to the type of femoral stem. The assessment the hip articulation condition was carried out using the HHS and OHS. The intensity of the pain syndrome was assessed by VAS, and the level of patient's satisfaction. The dynamic analysis of X-rays was also performed visually.

**Results.** A significant improvement in clinical and functional results was observed according to the HHS and OHS in both groups of patients, regardless of the type of femoral stem. Analysis of X-rays over time showed differences in the behavior of these two femoral component models. The radiolucent lines around the femoral stem are absent in SL-PLUS MIA group, in Alloclassic stem group radiolucent lines are present even at a minimal period (12 months). We also found that a tight fit of Zweymüller femoral stems in the distal shaft is a risk factor for severe stress-shielding syndrome, especially in the funnel channels. But ceteris paribus, a distal tight fit of SL-PLUS MIA stems despite similar geometry of the distal part does not lead to such frequent manifestation of severe stress shielding.

**Conclusion.** The change in Zweymüller stem design from Alloclassic to SL-PLUS MIA improved the nature of adaptive remodeling in the periprosthetic area of the femur. It may improve the long-term results of primary hip arthroplasty, but these differences require closer observation.

**Keywords:** hip arthroplasty, Zweymüller-type femoral stems, stress-shielding syndrome, radiolucent lines, aseptic loosening.

**Cite as:** Shubnyakov I.I., Riahi A., Sereda A.P., Cherkasov M.A., Khujanazarov I.E., Tikhilov R.M. Impact of Zweymüller Stem Modification on Clinical and Radiological Outcomes. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):5-17. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>.

✉ Aymen Riahi; e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

Submitted: 15.06.2023. Accepted: 08.09.2023. Published: 15.09.2023.

© Shubnyakov I.I., Riahi A., Sereda A.P., Cherkasov M.A., Khujanazarov I.E., Tikhilov R.M., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из трендов современного эндопротезирования является увеличение частоты использования бесцементных имплантатов при замене тазобедренного сустава (ТБС), что подтверждается данными многочисленных регистров артропластики<sup>1,2,3,4,5,6</sup> и научными публикациями [1, 2, 3, 4, 5]. С одной стороны, это связано с тем, что современные бесцементные эндопротезы показывают схожие с протезами цементной фиксации или даже лучшие результаты выживаемости [4, 6, 7, 8]. С другой стороны, использование цементируемых имплантатов, несмотря на их относительную дешевизну, сопряжено с увеличением длительности операции, что нивелирует их экономическую привлекательность [6, 9].

В настоящее время существует огромное количество различных по геометрии бесцементных бедренных компонентов, которые в силу своих конструктивных особенностей по-разному передают нагрузку на подлежащую кость, что ведет к формированию специфической ответной адаптивной перестройки [10, 11]. При этом в отдельных случаях нормальный процесс адаптивного ремоделирования кости приобретает негативный характер, ведущий к ослаблению кости и расшатыванию имплантата [10, 12].

Анализ регистра эндопротезирования ТБС НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена выявил тенденцию к постепенному уменьшению доли прямых клиновидных компонентов с прямоугольным сечением в сравнении с изогнутыми в проксимальном отделе клиновидными ножками, полностью покрытыми гидроксиапатитом. В частности, наиболее часто используемые бедренные компоненты типа Zweymüller (Alloclassic) стали использоваться в пять с половиной раз реже — их доля уменьшилась с 42,4% от всех бесцементных ножек в 2007 г. до 7,7% в 2018–2020 гг. В то же время модификация этой ножки SL-PLUS MIA в 2014 г. (в начале использования) применялась лишь в 0,8% случаев, а в 2018–2020 гг. — в 14,0% [5].

**Цели исследования:** 1) определить, влияет ли изменение дизайна бедренного компонента Zweymüller на среднесрочные и отдаленные результаты и его выживаемость; 2) определить особенности адаптивного ремоделирования перипротезной костной ткани в области этих бедренных компонентов; 3) определить факторы риска

асептического расшатывания данных бедренных компонентов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В базе регистра эндопротезирования ТБС найдены 1580 случаев первичной артропластики с использованием двух моделей бедренного компонента типа Zweymüller: Alloclassic (Zimmer-Biomet) и SL-PLUS MIA (Smith+Nephew). Из них только в 779 наблюдениях были доступны рентгенограммы как до, так и после операции. Из этих случаев часть наблюдений были потеряны для полноценного анализа: к моменту исследования 9 пациентов (11 наблюдений) умерли, с 269 пациентами (276 случаев эндопротезирования ТБС) не удалось установить связь. Поэтому оценка функциональных результатов и анализ рентгенограмм в динамике выполнены в 492 (63,2%) наблюдениях из 779 в средние сроки 78,1 мес. (МКИ 36,0–132,0; Ме 60,0: от 12,0 до 180,0) (рис. 1). Пациенты были оперированы разными операционными бригадами с использованием различных доступов и были разделены на две группы в зависимости от типа бедренного компонента.

Бедренный компонент Alloclassic использовался в 37,3% случаев у мужчин и в 62,7 % случаев у женщин, в то время как компонент SL-PLUS MIA у мужчин применялся в 25,3% случаев, у женщин — в 74,7% ( $p = 0,012$ ).

Отмечалась также статистически значимая разница в частоте использования ножек в сложных случаях первичного эндопротезирования ТБС: ножки Alloclassic устанавливались в 80,3% случа-



**Рис. 1.** Распределение наблюдений по типу бедренного компонента

**Fig. 1.** Distribution of observations by the type of femoral stem

<sup>1</sup> American Joint Replacement Registry. Annual report 2020. Available from: <http://www.ajrr.net/publications-data/annual-reports>.

<sup>2</sup> Australian Orthopaedic Association. National Joint Replacement Registry, 2022 Annual Report. Available from: <https://aoanjrr.sahmri.com>.

<sup>3</sup> National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man 19<sup>th</sup> Annual Report 2022. Available from: <https://www.njrcentre.org.uk>.

<sup>4</sup> Norwegian Hip Arthroplasty Register Annual Report 2021. Available from: <http://nrlweb.ihelse.net>.

<sup>5</sup> Swedish Hip Arthroplasty Register. Annual Report 2021. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/slr/r/SAR-Annual-Report-2021-SJIAFmlR15.pdf>.

<sup>6</sup> The German Arthroplasty Registry (EPRD — Endoprothesenregister Deutschland). Annual Report 2020. Available from: <https://www.eprd.de>.

ев в сложных клинических ситуациях и в 19,7% — в стандартных случаях, а бедренные компоненты SL-PLUS MIA — в 93,2% и 6,8% соответственно ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).

Сроки наблюдения статистически значимо были больше при использовании бедренных компонентов Alloclassic ( $p < 0,001$ ). У пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента SL-PLUS MIA, срок наблюдения составил 37,6 мес. (МКИ 24,0–48,0; Ме 36,0: от 12,0 до 84,0), у пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic — 99,4 мес. (МКИ 60,0–144,0; Ме 96,0: от 24,0 до 180).

Клинические результаты эндопротезирования ТБС оценивали по шкалам Harris Hip Score (HHS), Oxford Hip Score (OHS) и индексу удовлетворенности результатами по 10-балльной шкале. Интенсивность болевого синдрома оценивали по 10-балльной шкале ВАШ.

Для достижения поставленных целей были выполнены обработка и анализ рентгенограмм всех

пациентов до и после операции при помощи программы “mediCAD® Classic” (АО «Санте Медикал Системс», Россия).

На предоперационных и послеоперационных рентгенограммах таза измерялись следующие количественные параметры:

- офсет бедра,
- разница в длине конечностей,
- индекс Dorr [13],
- степень заполнения эндопротеза в трех зонах Груена [13],
- угол ось протеза/ось бедра.

Также оценивались качественные рентгенологические показатели:

- наличие стресс-шилдинг синдрома и его выраженность по классификации С. Engh [14],
- наличие линий просветления вокруг бедренного компонента по линиям Груена,
- наличие гипертрофии кортикального слоя кости,
- наличие пьедестала [15].

Таблица 1

**Распределение наблюдений по этиологическому диагнозу, n (%)**

Этиологический диагноз		Alloclassic	SL-PLUS MIA	Всего
Стандартные случаи эндопротезирования	ПКА	105 (20,5)	16 (5,9)	121 (15,5)
	АНГБК	20 (3,9)	10 (3,7)	30 (3,8)
	ППОБК	4 (0,7)	0 (0)	4 (0,5)
	Всего	129 (25,1)	26 (9,6)	155 (19,8)
Сложные случаи эндортезирования	ДКА	283 (55,3)	189 (70,5)	472 (60,6)
	Артрит	25 (4,8)	12 (4,4)	37 (4,7)
	ПТКА	67 (13,1)	29 (10,8)	96 (12,3)
	Анкилоз	7 (1,7)	12 (4,7)	19 (2,6)
	Всего	382 (74,9)	242 (90,4)	624 (80,2)
Итого		511 (100)	268 (100)	779 (100)

ПКА — первичный коксартроз; АНГБК — асептический некроз головки бедренной кости; ППОБК — перелом проксимального отдела бедренной кости; ДКА — диспластический коксартроз; ПТКА — посттравматический коксартроз.

**Статистический анализ**

Статистические расчеты осуществлялись с помощью компьютерной программы SPSS Statistic v. 26 (IBM). Используются методы описательной статистики. Учитывая ненормальный характер распределения данных, помимо средних значений, в качестве меры центральной тенденции для изучаемых признаков использовали медиану (Ме), в качестве мер рассеяния — нижний (Q1) и верхний (Q3) квартили (25–75% МКИ). Также указывались минимальные и максимальные значения в серии данных. Количественные параметры в группах и подгруппах сравнивались с помощью U-критерия Манна–Уитни, а для множественного сравнения использовали метод однофакторного дисперсионного анализа с использованием модуля ANOVA.

Сопоставление частотной характеристики показателей выполнено с помощью непараметрического критерия  $\chi^2$ , в случае с малым числом наблюдений — с поправкой Йетса. Для ряда показателей использованы методы прогнозирования — расчет отношений шансов (ОШ). Определены показатели выживаемости для каждого типа бедренного компонента по методу Каплана–Майера.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

**Количество ревизий и сроки их выполнения**

Из 492 наблюдений (64,1% от 779 наблюдений, вошедших в исследование) было выполнено 28 ревизий в период с 2007 по 2020 г., что составило 5,7% при общем среднем сроке наблюдения 7,7 лет (МКИ 3,5–11,5; Ме 7,5: от 1,0 до 14,0).

В группе пациентов с бедренным компонентом Alloclassic было зафиксировано 23 ревизии (средний срок наблюдения 93,3 мес. (МКИ 36,0–132,0; Ме 108,0: от 12,0 до 156,0), а в группе пациентов с бедренным компонентом SL-PLUS MIA отмечено 5 случаев (средний срок наблюдения 31,2 мес. (МКИ 12,0–54,0; Ме 24,0: от 12,0 до 60,0)). Несмотря на большее число ревизий в группе пациентов с бедренным компонентом Alloclassic, данная разница не была статистически значимой ( $p = 0,095$ ). Десятилетняя выживаемость эндопротезов по методу Каплана – Майера с конечной точкой «ревизия по любой причине» составила 92,8% (рис. 2).

Учитывая разницу в сроках наблюдения, структура причин ревизии в группах пациентов различалась (табл. 2). При использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA не было ревизий, связан-

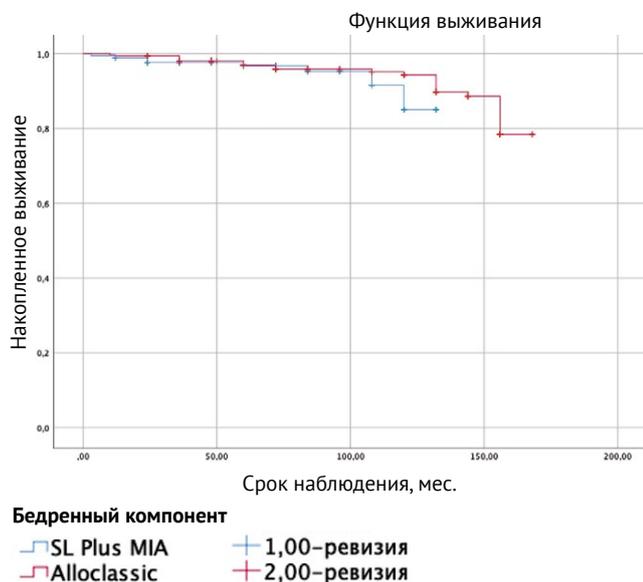


Рис. 2. Выживаемость эндопротезов по методу Каплана – Майера

Fig. 2. Survival of endoprostheses according to the Kaplan-Meier method

ных с асептическим расшатыванием компонентов, а асептическое расшатывание ножки Alloclassic было отмечено 6 (1,8%) случаях.

### Функциональный статус пациентов

У подавляющего большинства пациентов после операции отмечалось значительное улучшение функции ТБС, выраженное в увеличении показателей по NHS в сравнении с предоперационным уровнем. До операции среднее значение NHS составило 42,0 балла (МКИ 36,0–46,0; Ме 43,0: от 24,0 до 67,0), а после операции – 93,1 балл (МКИ 91,5–96,0; Ме 94,0: от 72,0 до 98,0) (рис. 3).

У пациентов с ножками Alloclassic среднее значение NHS составило 93,1 балла (МКИ 92,0–96,0; Ме 94,0: от 72,0 до 98,0), а с ножками SL-PLUS MIA – 93,3 балла (МКИ 91,0–97,0; Ме 95,0 (от 72,0 до 98,0;  $p = 0,001$ )).

Аналогично распределялись показатели по OHS: у пациентов, прооперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic, средний показатель составил 44,7 балла (МКИ 43,0–47,0; Ме = 46,0: от 36,0 до 48,0), а у пациентов с бедренными компонентами SL-PLUS MIA – 44,3 балла (МКИ 42,0–47,0; Ме 46,0: от 35,0 до 48,0;  $p < 0,001$ ).

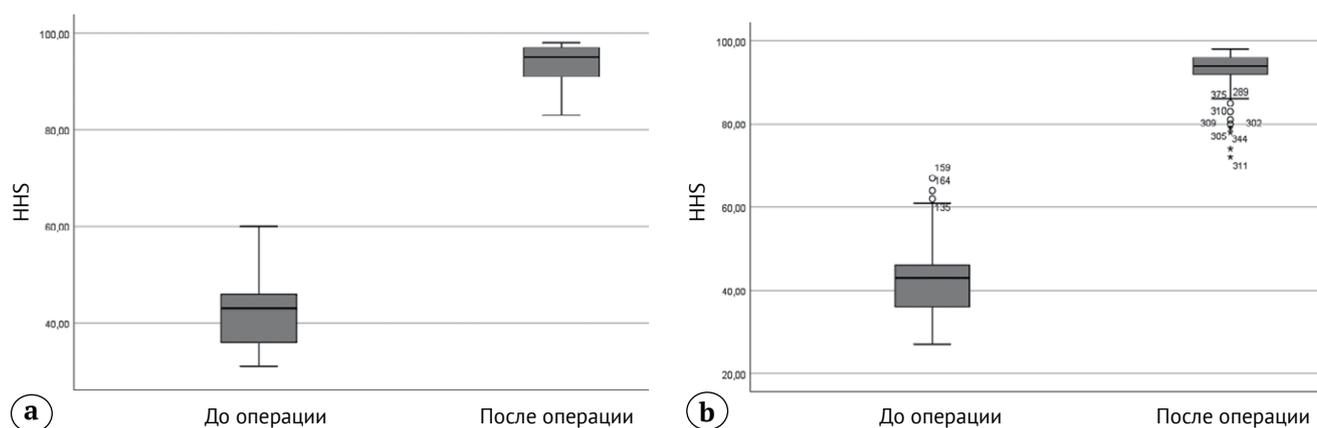
Несмотря на статистически значимые различия в показателях функциональных шкал, не было существенной разницы в клинических результатах. В обеих группах был получен высокий уровень индекса удовлетворенности пациентов без статистически значимой разницы между группами ( $p = 0,059$ ). У пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic, средний индекс удовлетворенности составил 9,0 (МКИ 8,0–10,0; Ме 10,0: от 4,0 до 10,0), с использованием SL-PLUS MIA – 8,6 (МКИ 8,0–10,0; Ме 9,0: от 3,0 до 10,0). Средний уровень болевого синдрома по ВАШ у пациентов с бедренными компонентами Alloclassic составил 1,0 балл (МКИ 0,0–2,0; Ме 0: от 0 до 8,0), а у пациентов с ножками SL-PLUS MIA – 1,6 балла (МКИ 0,0–2,0; Ме 1,0: от 0 до 8,0;  $p = 0,404$ ).

Таблица 2

### Причины ревизии в группах с разными бедренными компонентами

Причина ревизии	Alloclassic (n = 325)	SL-PLUS MIA (n = 167)	Всего (n = 492)
Асептическое расшатывание БК	6 (1,8)	0 (0)	6 (1,2)
Асептическое расшатывание ВК	4 (1,2)	0 (0)	4 (0,8)
Вывих эндопротеза	5 (1,5)	2 (1,2)	7 (1,4)
Инфекция	6 (1,8)	1 (0,6)	7 (1,4)
Перипротезный перелом	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Мышечная недостаточность	1 (0,3)	1 (0,6)	1 (0,2)
Болевой синдром	1 (0,3)	1 (0,6)	1 (0,2)
Итого	23 (7,1)	5 (3,0)	28 (5,7)

БК – бедренный компонент; ВК – вертлужный компонент.



**Рис. 3.** Средний балл по HNS до и после операции: а — Alloclassic; б — SL-PLUS MIA  
**Fig. 3.** Average score on the HNS before and after surgery: a — Alloclassic; б — SL-PLUS MIA

**Рентгенологические признаки адаптивной перестройки кости вокруг бедренных компонентов**

В исследуемый период наблюдения при использовании бедренного компонента Alloclassic в 108 (33,2%) случаях выявлена гипертрофия кортикального слоя в 2–6-й зонах Груена, наиболее выраженные изменения наблюдались в 3-й и 5-й зонах. В 101 (30,1%) случае отмечалось формирование пьедестала в дистальной части ножки. При использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA гипертрофия кортикального слоя вокруг имплантата наблюдалась всего лишь в 24 (14,3%) случаях, а пьедестал сформировался только в 28 (16,7%) случаях. Однако данная разница может быть обусловлена разными сроками наблюдения, поскольку степень адаптивной перестройки кости вокруг ножки эндопротеза становилась более отчетливой с течением времени (положительная корреляция Пирсона R 0,470;  $p < 0,001$ ).

В отдаленные сроки наблюдения достаточно значимый стресс-шилдинг (3–4-й степени) был обнаружен в 39 наблюдениях. Третья степень выявлена в 27 случаях из 325 (8,3%) у пациентов с ножками Alloclassic (средний срок наблюдения 74,4 мес. (МКИ 63,0–97,0)), у пациентов с ножками SL-PLUS MIA — в 2 наблюдениях из 167 (1,2%) (средний срок наблюдения 55,5 мес.). Еще в 10 (3,1%) наблюдениях при использовании ножек Alloclassic был отмечен стресс-шилдинг 4-й степени (рис. 4, 5).

В этих случаях средний срок наблюдения составил 117,0 мес. (МКИ 96,0–138,0). Столь значимой перестройки кости при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA в нашем исследовании отмечено не было, вероятно, ввиду существенно меньших сроков наблюдения (табл. 3).

Именно время, прошедшее с момента операции, являлось наиболее значимым фактором развития стресс-шилдинг синдрома. Отношение шансов для обнаружения стресс-шилдинг синдрома 2–4-й степеней при сроках наблюдения 48 мес. и более составило ОШ 5,662 (95% ДИ: 3,171–10,113;  $p < 0,001$ ). Однако имеются и другие аспекты, включающие анатомические особенности строения бедренной кости и технические детали имплантации бедренного компонента. Было обнаружено, что воронкообразная форма канала (тип А по Dorr) является фактором риска развития более выраженного стресс-шилдинг синдрома (2–4-й степеней). Связь между типом канала и выраженностью стресс-шилдинг синдрома демонстрируется методом  $\chi^2$ . Значение критерия  $\chi^2$  составляет 55,853, что указывает на высоко статистически значимую связь ( $p < 0,001$ ) (табл. 4).

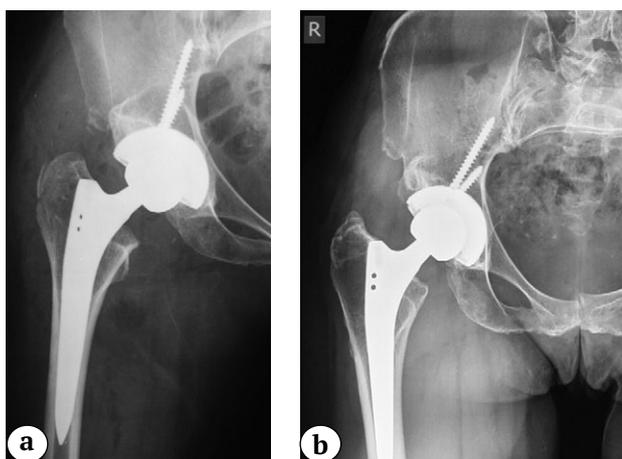
Другим фактором, влияющим на развитие стресс-шилдинг синдрома, является характер заполнения канала бедренным компонентом. Более плотная посадка в дистальной трети ножки является фактором риска развития более тяжелого стресс-шилдинг синдрома. Если индекс заполнения канала при использовании ножек Zweymüller (Alloclassic и SL-PLUS MIA) больше среднего значения для соответствующего типа компонентов, риск развития стресс-шилдинг синдрома 2–4-й степеней выше, чем при индексе заполнения меньше среднего значения (ОШ 3,166; 95% ДИ: 2,02–4,96;  $p < 0,001$ ) (табл. 5).

В 49 (15,1%) наблюдениях при использовании бедренного компонента Alloclassic выявлено наличие вдоль ножки эндопротеза линий рентгеновского просветления, более выраженных в проксимальном отделе, в то время как при использовании ножки SL-PLUS MIA таких линий обнаружено не было.



**Рис. 4.** Пациентке 66 лет в 2008 г. была выполнена замена левого ТБС по поводу первичного идиопатического коксартроза. Индекс заполнения канала в 1-й зоне составил 0,63, во 2-й и 3-й зонах — 1,0 (а). На момент опроса удовлетворенность пациентки составила 10 баллов, болевой синдром по ВАШ — 0 баллов. На рентгенограмме через 13 лет отмечаются признаки стресс-шилдинг синдрома 4-й степени в виде истощения внутреннего и наружного кортикальных слоев до диафиза бедренной кости (b). На рентгенограммах также можно наблюдать очаги остеолиза в проксимальной части бедра, особенно четкие до уровня малого вертела бедра, и очаги остеолиза в области винтов в ретроацетабулярной зоне, имеются также гетеротопические оссификаты в области вершины большого вертела (Brooker 1–2). На увеличенном изображении четко видно, что присутствует потеря кости (атрофия) без четких границ и с сохранением трабекулярной структуры (особенно на границе с имплантатом), кость при этом не имеет очаговых деформаций, характерных для остеолитических изменений, поскольку механизм потери кости связан с шунтированием нагрузки в дистальном направлении и, соответственно, с ограничением нагрузки в проксимальных отделах (с)

**Fig. 4.** A 66-year-old patient in 2008 underwent left THA for primary idiopathic hip arthritis. The canal fill index in the 1<sup>st</sup> zone was 0.63, and in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> zones, it was 1.0 (a). At the time of the survey, the patient's satisfaction was 10 points, and VAS pain score was 0. X-rays taken 13 years later show signs of stress shielding syndrome of the 4th degree, characterized by thinning of the inner and outer cortical layers to the femoral diaphysis (b). X-rays also reveal areas of osteolysis in the proximal part of the femur, especially clear up to the level of the lesser trochanter, and osteolysis areas in the screw region in the retroacetabular zone, as well as heterotopic ossification in the area of the greater trochanter (Brooker 1-2). The enlarged X-ray visualizes bone loss (atrophy) without clear boundaries, while preserving the trabecular structure, especially at the border with the implant. The bone in this case does not exhibit focal deformations typically seen in osteolytic changes. This is because the mechanism of bone loss is related stress bypass in the distal direction, consequently resulting in reduced loading bone in the proximal regions (c)



**Рис. 5.** Пациентке 40 лет в 2014 г. выполнена замена левого ТБС по поводу диспластического коксартроза, индекс заполнения в 1-й зоне составил 0,63, во 2-й — 0,79 и 3-й зоне — 1,0 (а). На момент опроса пациентка удовлетворена на 10 баллов, болевой синдром по ВАШ — 0 баллов, на рентгенограмме через 6 лет отмечаются признаки стресс-шилдинг синдрома 3-й степени в виде истощения внутреннего кортикального слоя ниже уровня малого вертела (b)

**Fig. 5.** A 40-year-old patient in 2014 underwent left THA for dysplastic hip arthritis, with a canal fill index of 0.63 in the 1<sup>st</sup> zone, 0.79 in the 2<sup>nd</sup> zone, and 1.0 in the 3<sup>rd</sup> zone (a). At the time of the survey, the patient was satisfied with 10 points, and VAS pain score was 0. X-rays taken 6 years later show signs of stress shielding syndrome of the 3<sup>rd</sup> degree, characterized by thinning of the inner cortical layer below the level of the lesser trochanter (b)

Таблица 3

**Выраженность стресс-шилдинг синдрома в зависимости от используемого бедренного компонента и позиции ножки**

Бедренный компонент	Позиция в канале	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
		0	1	2	3	4	
Alloclassic	Варусная	9	55	20	8	3	95
	Нейтральная	12	108	17	12	7	156
	Вальгусная	8	47	12	7	0	74
	Всего	29	210	49	27	10	325
SL-PLUS MIA	Варусная	6	31	12	0	0	49
	Нейтральная	10	48	20	2	0	78
	Вальгусная	5	23	12	0	0	40
	Всего	21	102	42	2	0	167
Итого		50	312	91	29	10	492
Срок наблюдения, мес.		17,2	28,1	65,7	95,9	103,1	

Таблица 4

**Выраженность стресс-шилдинг синдрома в зависимости от индекса Dorr**

Бедренный компонент	Тип по классификации Dorr	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
		0	1	2	3	4	
Alloclassic	A	1	65	28	17	6	117
	B	10	126	20	8	4	168
	C	18	19	1	2	0	40
	Всего	29	210	49	27	10	325
SL-PLUS MIA	A	3	23	26	2	0	54
	B	6	70	15	0	0	91
	C	12	9	1	0	0	22
	Всего	21	102	42	2	0	167
Итого		50	312	91	29	10	492

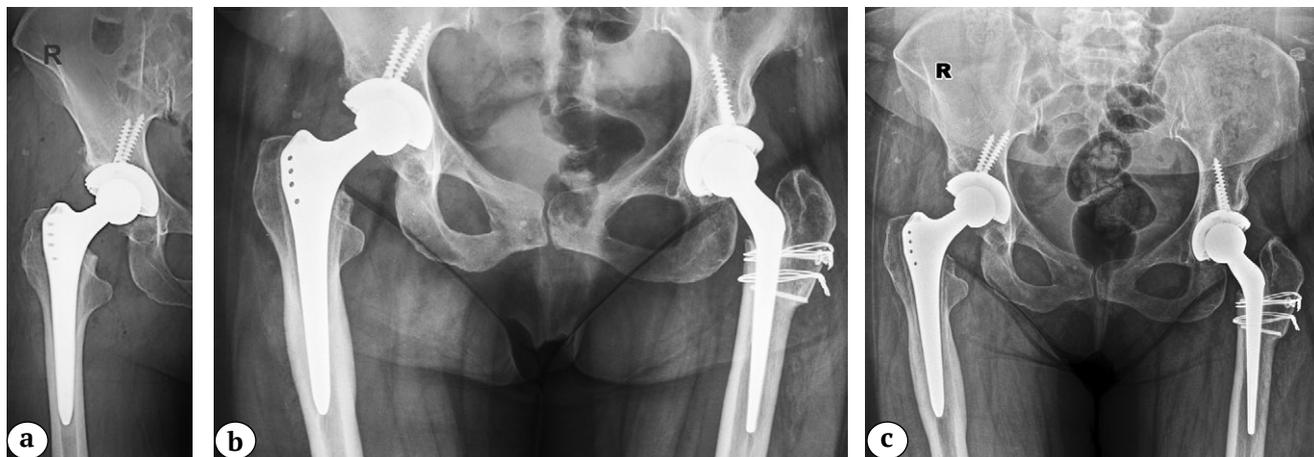
Таблица 5

**Локализация стресс-шилдинг синдрома в зависимости от степени заполнения канала на разных уровнях**

Бедренный компонент	Зона	Степень заполнения канала	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
			0	1	2	3	4	
Alloclassic	1	<0,6	6	36	11	14	6	73
		≥0,6	23	174	38	13	4	252
	2	<0,79	19	99	29	11	2	160
		≥0,79	10	111	20	16	8	165
	3	<0,92	32	91	13	4	0	140
		≥0,92	7	109	36	23	10	185
SL-PLUS MIA	1	<0,6	4	36	7	2	0	49
		≥0,6	17	66	35	0	0	118
	2	<0,79	12	65	20	2	0	99
		≥0,79	9	37	22	0	0	68
	3	<0,90	19	42	15	0	0	76
		≥0,90	2	60	27	2	0	91
Итого			50	312	91	29	10	492

В нашем исследовании не удалось обнаружить выраженности и локализации линий просветления в зависимости от варусно-вальгусной позиции ножки эндопротеза (табл. 6). Однако наличие рентгенопрозрачных линий может быть сигналом

о постепенном расшатывании бедренного компонента. Отношение шансов для асептического расшатывания при наличии линий рентгеновского просветления ножки Alloclassic составляет ОШ 12,178 (95% ДИ: 2,167–68,446;  $p = 0,003$ ) (рис. 6).



**Рис. 6.** Пациентка 49 лет: двусторонняя дисплазия ТБС с высоким вывихом бедра слева (C2 по Hartofilakidis) и низким вывихом бедра справа (B2 по Hartofilakidis). В июне 2011 г. выполнено эндопротезирование левого ТБС с укорачивающей остеотомией по Paavilainen. В марте 2012 г. проведена замена правого ТБС (а). На контрольных рентгенограммах в феврале 2014 г. уже обнаруживаются линии просветления в 1, 2, 6, 7-й зонах Груена (б). Однако до начала 2020 г. клинических проявлений расшатывания бедренного компонента не было. На рентгенограмме в сентябре 2020 г. линии просветления стали более отчетливыми (с), пациентка жалуется на боль в бедре после нагрузки. Выполнена замена бедренного компонента (d)

**Fig. 6.** A 49-year-old patient: bilateral hip dysplasia with high dislocation of the left hip (C2 according to Hartofilakidis) and low dislocation of the right hip (B2 according to Hartofilakidis). In June 2011, left THA was performed with a shortening osteotomy according to Paavilainen. In March 2012, right THA was performed (a). On follow-up X-rays in February 2014, radiolucency lines are already detected in zones 1, 2, 6, and 7 of Gruen (b). However, until the beginning of 2020, there were no clinical manifestations of femoral component loosening. On X-rays in September 2020, the radiolucency lines became more pronounced (c), and the patient complained of hip pain after loading. Revision of the femoral component was performed (d)

Таблица 6

**Локализация линий рентгеновского просветления вокруг бедренного компонента в зависимости от его позиции в канале и возможная связь с асептическим расшатыванием**

Бедренный компонент	Позиция в канале	Нет линий	Локализация линий просветления по зонам Груена				Итого
			1 зона	2 зоны	3 зоны	4 и более	
Alloclassic	Варусная	79	6	4	4	2	95
	Нейтральная	137	2	10	1	6	156
	Вальгусная	60	1	6	1	6	74
	Всего	276	9	20	6	14	325
Ревизия БК по поводу асептического расшатывания		2	1	0	0	3	6

Окончание таблицы 6

Бедренный компонент	Позиция в канале	Нет линий	Локализация линий просветления по зонам Груена				Итого
			1 зона	2 зоны	3 зоны	4 и более	
SL-PLUS MIA	Варусная	49	0	0	0	0	49
	Нейтральная	78	0	0	0	0	78
	Вальгусная	40	0	0	0	0	40
	Всего	167	0	0	0	0	167
Ревизия БК по поводу асептического расшатывания		0	0	0	0	0	0

**Связь рентгенологических признаков с показателями функциональных шкал и удовлетворенностью пациентов**

Наличие линий рентгеновского просветления у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic сопровождалось снижением показателей функционального статуса по всем шкалам в сравнении с пациентами, у которых не было рентгенопрозрачных линий. Средний уровень болевого синдрома у этих пациентов был выше, а степень удовлетворенности результатами операции — ниже. Данная разница была статистически высоко значимой по всем показателям (табл. 7).

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Данное ретроспективное исследование показало, что клиновидные бесцементные бедренные компоненты прямоугольного сечения, разработанные Карлом Цваймюллером, обеспечивают надежные долгосрочные результаты — выживаемость для ревизии по поводу асептического расшатывания бедренных компонентов Alloclassic составила 98,2%

в средние сроки наблюдения 166,3 мес., а бедренных компонентов SL-PLUS MIA — 100% в сроки 37,5 мес. При использовании обоих типов бедренных компонентов были достигнуты высокие значения функционального статуса по NHS и OHS, а также высокий индекс удовлетворенности пациентов, не зависящий от дизайна бедренного компонента. Это соответствует общепринятому представлению о высокой эффективности первичного тотального ЭП ТБС с использованием бесцементных клиновидных ножек прямоугольного сечения [16, 17, 18, 19].

Анализ рентгенограмм в динамике показал, что развитие классического феномена стресс-шилдинг синдрома (как его описывал в своей работе С. Engh с соавторами [14]) зависело от времени, прошедшего с момента эндопротезирования, но наблюдалось у ряда пациентов уже через 12 мес. после операции. Аналогичные изменения наблюдали и другие исследователи [20, 21]. Фактором риска развития тяжелого стресс-шилдинг синдрома при использовании бедренных компонентов типа

Таблица 7

**Связь наличия линий рентгеновского просветления с функциональным статусом пациентов по OHS и NHS, уровнем болевого синдрома по ВАШ и степенью удовлетворенности в группе Alloclassic**

Шкала	Линии просветления	Статистический показатель			
		Мср	Ме	МКИ 25–75%	Min–Max
NHS	Да	87,8	89,0	87,0–90,0	72,0–97,0
	Нет	94,3	94,0	94,0–95,0	87,0–97,0
OHS	Да	41,9	42,0	40,0–43,0	36,0–48,0
	Нет	44,9	46,0	45,0–47,0	36,0–48,0
ВАШ	Да	3,1	3,0	2,0–4,0	0–7
	Нет	0,4	0	0,0–0,0	0–6
Удовлетворенность	Да	7,9	8,0	7,0–9,0	6,0–10,0
	Нет	9,3	10,0	9,0–10,0	6,0–10,0

Показатели в группах по всем шкалам высоко статистически значимо различаются ( $p < 0,001$ ).

Zweymüller, по нашим данным, является плотная посадка в дистальной части ножки (индекс заполнения канала в 3-й зоне Груена 0,98 и более), особенно в сочетании с воронкообразной формой канала (тип А по Dorr). Но при прочих равных условиях плотная дистальная посадка ножек SL-PLUS MIA, несмотря на схожую геометрию дистальной части, не приводит к столь частому проявлению тяжелого стресс-шилдинг синдрома. По мнению S. Nakamura с соавторами, потеря кости вокруг бедренных компонентов Zweymüller не зависит от особенностей анатомии бедренной кости, однако сроки наблюдения в их работе не превышали 12 мес. [21].

Другим неблагоприятным вариантом перестройки кости являются линии рентгеновского просветления на границе «протез-кость» [22]. Появление данного феномена также зависело от сроков наблюдения, но отмечалось только у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic. Средний срок наблюдения в группе с наличием линий просветления составил у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic 103,5 мес. при минимальном сроке наблюдения в 12 мес., у пациентов с отсутствием линий просветления — 76,2 мес. Средний срок наблюдения при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA составил 35,4 мес., что значительно меньше, чем средний срок при использовании бедренных компонентов Alloclassic, и не исключает развития данного феномена в дальнейшем. В то же время минимальный срок, при котором обнаруживаются линии, составляет 12 мес. Возможно, отсутствие данного явления в группе с эндопротезом SL-PLUS MIA обусловлено особенностями его дизайна, в частности наличием покрытия из гидроксиапатита в проксимальной части, тем более что максимальный срок наблюдения этих ножек в нашем исследовании составляет 60 мес. Вероятное влияние покрытия из гидроксиапатита в проксимальной части ножек подтверж-

дает также сравнительное исследование A. Tanaka с соавторами, в котором они не обнаружили линий рентгеновского просветления при использовании ножек SL-PLUS MIA с гидроксиапатитом в сравнении с ножками SL-PLUS MIA без гидроксиапатита, при использовании которых линии просветления встречались в 6% случаях [23]. С другой стороны, D. Hoornenborg с соавторами не наблюдали положительного влияния гидроксиапатитового покрытия на ножках типа Zweymüller в отношении их возможной миграции [24, 25].

В нашем исследовании мы обнаружили, что наличие линий рентгеновского просветления может негативно влиять на функциональный результат и удовлетворенность пациентов после операции, но наличие линий рентгеновского просветления в трех и более зонах Груена является самостоятельным фактором риска и важным предиктором асептического расшатывания ножки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невзирая на высокие показатели выживаемости, ножки Alloclassic являются менее предсказуемыми в отношении характера стрессового ремоделирования перипротезной области бедренной кости, и при неблагоприятном стечении обстоятельств (воронкообразная форма канала и плотная дистальная посадка) возникает повышенный риск асептического расшатывания в отдаленном периоде. Согласно результатам нашего исследования, изменение дизайна проксимальной части ножки Zweymüller, реализованное в бедренном компоненте SL-PLUS MIA, позволило улучшить характер адаптивного ремоделирования в перипротезной зоне бедренной кости, что, возможно, улучшит отдаленные результаты первичного эндопротезирования ТБС. Однако для окончательного суждения о вероятных преимуществах бедренного компонента SL-PLUS MIA требуются более длительные сроки наблюдения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Шубняков И.И.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

*Риахи А.* — концепция и дизайн исследования, сбор, анализ, интерпретация данных, написание текста статьи.

*Серёда А.П.* — анализ и интерпретация результатов исследования, редактирование текста статьи.

*Черкасов М.А.* — сбор, анализ, интерпретация данных.

*Хужаназаров И.Э.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

*Тихилов Р.М.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответствен-

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Shubnyakov I.I.* — study concept and design, drafting the article.

*Riahi A.* — study concept and design, data collection and processing, writing the article.

*Sereda A.P.* — data analysis and interpretation, drafting the article.

*Cherkasov M.A.* — data collection and processing.

*Khujanazarov I.E.* — study concept and design, drafting the article.

*Tikhilov R.M.* — study concept and design, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear

ность 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.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и изображений.

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.** Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Aumiller W.D., Kleuser T.M. Trends in total hip arthroplasty. *JAAPA*. 2019;32(3):51-53. doi: 10.1097/01.JAA.0000553394.43873.76.
- Dixon T., Shaw M., Ebrahim S., Dieppe P. Trends in hip and knee joint replacement: socioeconomic inequalities and projections of need. *Ann Rheum Dis*. 2004;63(7):825-830. doi: 10.1136/ard.2003.012724.
- Scott C.E.H., Clement N.D., Davis E.T., Haddad F.S. Modern total hip arthroplasty: peak of perfection or room for improvement? *Bone Joint J*. 2022;104-B(2):189-192. doi: 10.1302/0301-620X.104B2.BJJ-2022-0007.
- Toci G.R., Magnuson J.A., DeSimone C.A., Stambough J.B., Star A.M. et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Non-database Comparative Studies on Cemented Versus Uncemented Femoral Stems in Primary Elective Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(9):1888-1894. doi: 10.1016/j.arth.2022.03.086.
- Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В. и др. Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142. Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliev A.G., Veber E.V. et al. The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):119-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
- Bourne R.B., Corten K. Cemented versus cementless stems: a verdict is in. *Orthopedics*. 2010;33(9):638. doi: 10.3928/01477447-20100722-24.
- Kelly M.P., Chan P.H., Prentice H.A., Paxton E.W., Hinman A.D., Khatod M. Cause-Specific Stem Revision Risk in Primary Total Hip Arthroplasty Using Cemented vs Cementless Femoral Stem Fixation in a US Cohort. *J Arthroplasty*. 2022;37(1):89-96.e1. doi: 10.1016/j.arth.2021.09.020.
- Kim Y.H. Bilateral cemented and cementless total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(4):434-440. doi: 10.1054/arth.2002.31073.
- Tsertsvadze A., Grove A., Freeman K., Court R., Johnson S., Connock M. et al. Total hip replacement for the treatment of end stage arthritis of the hip: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(7):e99804. doi: 10.1371/journal.pone.0099804.
- Карагодина М.П., Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Плиев Д.Г., Денисов А.О. Адаптивное ремоделирование костной ткани вокруг бедренных компонентов бесцементной фиксации Fitmore и Alloclassic. *Травматология и ортопедия России*. 2015;21(4):15-28. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-15-28. Karagodina M.P., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Pliev D.G., Denisov A.O. Adaptive bone remodeling around cementless femoral stems with two different designs: Fitmore and Alloclassic. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;21(4):15-28. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-15-28.
- Knutsen A.R., Lau N., Longjohn D.B., Ebrahimi S., Sangiorgio S.N. Periprosthetic femoral bone loss in total hip arthroplasty: systematic analysis of the effect of stem design. *Hip Int*. 2017;27(1):26-34. doi: 10.5301/hipint.5000413.
- Mueller L.A., Nowak T.E., Haeberle L., Mueller L.P., Kress A., Voelk M. et al. Progressive femoral cortical and cancellous bone density loss after uncemented tapered-design stem fixation. *Acta Orthop*. 2010;81(2):171-177. doi: 10.3109/17453671003635843.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Тихилова Р.М., Шубнякова И.И. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2014. Т. 1, гл. 8. с. 287-343. Guidelines on hip surgery. Ed. by R. Tikhilov, I. Shubnyakov. Saint-Petersburg; 2014. Vol. 1, Ch. 8. p. 287-343. (In Russian).
- Engh C.A., Bobyn J.D., Glassman A.H. Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br*. 1987;69(1):45-55. doi: 10.1302/0301-620X.69B1.3818732.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Тихилова Р.М., Шубнякова И.И. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2015. Т. 2, гл. 13. с. 124-168. Guidelines on hip surgery. Ed. by R. Tikhilov, I. Shubnyakov. Saint-Petersburg; 2015. Vol. 2, Ch. 13. p. 124-168. (In Russian).
- Караманов С.В. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава эндопротезом Цваймюллера. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2006;(3):26-35. Kagramanov S.V. Features of hip arthroplasty with Zweimüller endoprosthesis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2006;(3):26-35. (In Russian).

17. Kolb A., Grübl A., Schneckener C.D., Chiari C., Kaider A., Lass R. et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymüller stem: a concise follow-up, at a minimum of twenty years, of previous reports. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(18):1681-1684. doi: 10.2106/JBJS.K.01574.
18. Grübl A., Chiari C., Giurea A., Gruber M., Kaider A., Marker M. et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymüller stem. A concise follow-up, at a minimum of fifteen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(10):2210-2215. doi: 10.2106/JBJS.E.00810.
19. Suckel A., Geiger F., Kinzl L., Wulker N., Garbrecht M. Long-term results for the uncemented Zweymüller/Alloclassic hip endoprosthesis. A 15-year minimum follow-up of 320 hip operations. *J Arthroplasty.* 2009;24(6):846-853. doi: 10.1016/j.arth.2008.03.021.
20. Kokoszka P., Markuszewski J., Łapaj Ł., Wierusz-Kozłowska M. Remodeling of bone tissue around the distal part of Zweymüller stem. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2015;17(4):371-380. doi: 10.5604/15093492.1173379.
21. Nakamura S., Minoda Y., Ohta Y., Sugama R., Yamamura K., Ueyama H. et al. Preoperative Morphology of the Proximal Femoral Canal Did Not Affect the Postoperative Bone Mineral Density Change Around the Zweymüller-Type Stem. *Orthopedics.* 2019;42(5):e449-e453. doi: 10.3928/01477447-20190604-04.
22. Tang H., Huang X., Cheng X., Yang D., Huang Y., Zhou Y. Evaluation of peri-prosthetic radiolucent lines surrounding the cementless femoral stem using digital tomosynthesis with metal artifact reduction: a cadaveric study in comparison with radiography and computed tomography. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(9):1786-1800. doi: 10.21037/qims-19-1018.
23. Tanaka A., Kaku N., Tabata T., Tagomori H., Tsumura H. Comparison of early femoral bone remodeling and functional outcome after total hip arthroplasty using the SL-PLUS MIA stem with and without hydroxyapatite coating. *Musculoskelet Surg.* 2020;104(3):313-320. doi: 10.1007/s12306-019-00622-1.
24. Hoornenborg D., Siersevelt I.N., Spuijbroek J.A., Cheung J., van der Vis H.M., Beimers L. et al. Does hydroxyapatite coating enhance ingrowth and improve longevity of a Zweymüller type stem? A double-blinded randomised RSA trial. *Hip Int.* 2018;28(2):115-121. doi: 10.5301/hipint.5000549.
25. Hoornenborg D., Schweden A.M.C., Siersevelt I.N., van der Vis H.M., Kerkhoffs G., Haverkamp D. The influence of hydroxyapatite coating on continuous migration of a Zweymüller-type hip stem: a double-blinded randomised RSA trial with 5-year follow-up. *Hip Int.* 2023;33(1):73-80. doi: 10.1177/11207000211006782.

#### Сведения об авторах

✉ *Риахи Аймен* – канд. мед. наук

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,

ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

*Шубняков Игорь Иванович* – д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

e-mail: [shubnyakov@mail.ru](mailto:shubnyakov@mail.ru)

*Серета Андрей Петрович* – д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

e-mail: [drsereda@gmail.com](mailto:drsereda@gmail.com)

*Черкасов Магомед Ахмедович* – канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-2799-532X>

e-mail: [dr.medik@gmail.com](mailto:dr.medik@gmail.com)

*Хужаназаров Илхом Эшкулович* – д-р мед. наук,

профессор

e-mail: [ilkhom707@mail.ru](mailto:ilkhom707@mail.ru)

*Тихилов Рашид Муртузалиевич* – д-р мед. наук,

профессор, чл.-корр. РАН

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

e-mail: [rtikhilov@gmail.com](mailto:rtikhilov@gmail.com)

#### Authors' information

✉ *Ayzen Riahi* – Cand. Sci. (Med.)

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,

Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

*Igor I. Shubnyakov* – Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

e-mail: [shubnyakov@mail.ru](mailto:shubnyakov@mail.ru)

*Andrei P. Sereda* – Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

e-mail: [drsereda@gmail.com](mailto:drsereda@gmail.com)

*Magomed A. Cherkasov* – Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-2799-532X>

e-mail: [dr.medik@gmail.com](mailto:dr.medik@gmail.com)

*Ilkhom E. Khujanazarov* – Dr. Sci. (Med.), Professor

e-mail: [ilkhom707@mail.ru](mailto:ilkhom707@mail.ru)

*Rashid M. Tikhilov* – Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

e-mail: [rtikhilov@gmail.com](mailto:rtikhilov@gmail.com)