

УДК 617.3

<https://doi.org/10.52420/umj.23.5.114>

<https://elibrary.ru/WAHVXR>



Влияние позвоночно-тазовой подвижности на технологию и исходы тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

Станислав Юрьевич Глазунов

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

vkomissiya@inbox.ru

Аннотация

Введение. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТБС) является одним из наиболее часто проводимых оперативных вмешательств среди пациентов с заболеваниями тазобедренного сустава. Несмотря на высокую частоту и эффективность ТЭТБС, нестабильность является основной причиной выполнения повторных оперативных вмешательств, которые оказывают значительное влияние на качество жизни пациентов.

Цель исследования. Анализ литературных данных, посвященных позвоночно-тазовым взаимодействиям, разработка рекомендаций по устранению патологий позвоночника и таза на основе проанализированных данных. В статье подробно рассматриваются классификации нарушений позвоночно-тазового взаимодействия, а также описываются методы их коррекции, которые необходимо учитывать при выполнении ТЭТБС.

Материалы и методы. Проведен поиск публикаций в электронных базах данных PubMed и eLibrary.ru по следующим поисковым терминам: «позвоночно-тазовая подвижность, тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, артропластика тазобедренного сустава», “vertebral-pelvic mobility, total hip replacement, hip arthroplasty”. Временной интервал поиска не ограничивался. В настоящее исследование включались статьи, опубликованные на русском и английском языках.

Результаты и обсуждение. Ориентацию тазового компонента следует планировать в соответствии с оценкой движений тазобедренного сустава, чтобы расположить тазовую часть эндопротеза в соответствии с новой безопасной зоной и комбинированным сагиттальным индексом. Однако хирург должен учитывать, что послеоперационная подвижность таза и позвоночника может отличаться от предоперационной из-за контрактуры сустава или физиологического старения позвоночника. В настоящее время еще не определено, как часто эти изменения приводят к выходу тазового компонента эндопротеза за пределы своей позиции и про странственного расположения, увеличивая риск вывиха.

Заключение. Правильное понимание взаимосвязи тазобедренного сустава и позвоночника, а также влияние их взаимодействий на позиционирование вертлужного компонента является определяющим моментом в снижении риска вывихов. «Безопасная зона» Левиннека по-прежнему может использоваться в качестве ориентира для большинства пациентов, однако пациенты с нарушениями спинально-тазовой подвижности должны быть четко идентифицированы.

Ключевые слова: артропластика, тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, позвоночник, тазобедренный сустав, позвоночно-тазовая подвижность, осевой скелет

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Для цитирования: Глазунов С. Ю. Влияние позвоночно-тазовой подвижности на технологию и исходы тотального эндопротезирования тазобедренного сустава // Уральский медицинский журнал. 2024. Т. 23, № 5. С. 114–124. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.23.5.114>. EDN: <https://elibrary.ru/WAHVXR>.

The Effect of Vertebral-Pelvic Mobility on the Technology and Outcomes of Total Hip Replacement

Stanislav Yu. Glazunov

Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

vkomissiya@inbox.ru

Abstract

Introduction. Total hip arthroplasty (THA) is one of the most commonly used surgical interventions among patients with diseases of the hip joint. Despite the high frequency and effectiveness of THA, instability is the main reason for repeated surgical interventions, which have a significant impact on the quality of life of patients.

Purpose. Analysis of literature data on spinal-pelvic interactions, development of recommendations for eliminating pathologies of the spine and pelvis based on the analyzed data.

Materials and methods. The author searched for publications in the electronic databases PubMed and eLibrary.ru using the following search terms: “spinopelvic mobility, total hip replacement, hip arthroplasty, vertebral-pelvic mobility, total hip replacement, hip arthroplasty”.

Results and discussion. The orientation of the pelvic component should be planned according to hip motion assessment to position the pelvic portion of the endoprosthesis according to the new safe zone and combined sagittal index. However, the surgeon must take into account that postoperative mobility of the pelvis and spine may differ from preoperative mobility due to joint contracture or physiological aging of the spine. To date, it has not yet been determined how often these changes lead to the pelvic component of the endoprosthesis moving beyond its position and spatial location, increasing the risk of dislocation.

Conclusion. A proper understanding of the relationship between the hip joint and the spine, and the impact of their interactions on the positioning of the acetabular component, is critical to reducing the risk of dislocation.

Keywords: arthroplasty, total hip replacement, spine, hip joint, vertebral-pelvic mobility, axial skeleton

Conflicts of interest. The author declares the absence of obvious or potential conflicts of interest.

For citation: Glazunov SYu. The effect of vertebral-pelvic mobility on the technology and outcomes of total hip replacement. *Ural Medical Journal*. 2024;23(5):114–124. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.23.5.114>. EDN: <https://elibrary.ru/WAHVXR>.

© Глазунов С. Ю., 2024

© Glazunov S. Yu., 2024

Введение

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТБС) является одним из наиболее часто выполняемых оперативных вмешательств среди пациентов с заболеваниями тазобедренного сустава [1–3]. Несмотря на высокую частоту и эффективность ТЭТБС, нестабильность является основной причиной выполнения повторных оперативных вмешательств, которые оказывают значительное влияние на качество жизни пациентов [4–6]. Данные литературы указывают, что частота развития вывихов выше в 5–10 раз у пациентов с деформацией позвоночника по сравнению с больными без нее [3–5]. Именно поэтому в настоящее время актуальным является исследование взаимосвязей между ТЭТБС и состоянием осевого скелета.

«Безопасная зона» Левиннека (БЗЛ) является историческим руководством по установке вертлужного компонента. БЗЛ включает в себя инклинацию (40 ± 10)° в вертикальной

плоскости и антеверсию ($15 \pm 10^\circ$) [10]. Последние данные свидетельствуют о том, что подтверждение размещения тазового компонента вертлужной впадины в БЗЛ не соответствует снижению частоты дислокаций [11]. Ж.-И. Лазенек и др. (англ. J.-Y. Lazennec et al.) первыми описали сагиттальное функциональное положение вертлужной впадины после ТЭТБС с использованием цифровой рентгенографической системы EOS, что способствовало более точному определению неспособности разгибания бедра [12–14]. С учетом динамического взаимодействия движений рентгенограмма в положениях стоя и сидя может дать представление о лучшем размещении чашки эндопротеза.

Цель работы — анализ литературных данных, посвященных позвоночно-тазовым взаимодействиям, разработка рекомендаций по устранению патологий позвоночника и таза на основе проанализированных данных.

Материалы и методы

Проведен поиск публикаций в электронных базах данных PubMed и eLibrary.ru по следующим поисковым терминам: «позвоночно-тазовая подвижность, тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, артропластика тазобедренного сустава», “vertebral-pelvic mobility, total hip replacement, hip arthroplasty”. Временной интервал поиска не ограничивался. В обзор включались статьи, опубликованные на русском и английском языках.

Результаты и обсуждение

Физиологическое взаимодействие позвоночника, таза и бедра

Существует определенный исследовательский интерес к изучению эффектов синхронизации движений бедра и позвоночника при переходе от лежачего положения к стоячему и сидячему. У здорового человека изменение положения (стоя \rightarrow сидя) включает в себя скоординированную последовательность событий [15]. Во время стояния наблюдаются поясничный лордоз (ПЛ) и разгибание в тазобедренном суставе. Когда человек садится, происходит наклон таза назад (ретроверсия таза), за которым следуют сгибание бедра и внутренняя ротация [16]. Рентгенологически это проявляется в уменьшении наклонов крестца и таза, увеличении проекционного угла антеверсии вертлужной впадины (ее биологическом раскрытии). Ретроверсия таза необходима для того, чтобы приспособить бедренную кость к сгибанию и внутренней ротации [17–19]. В норме имеется наклон таза назад на 20° , биологическое раскрытие вертлужной впадины на $15\text{--}20^\circ$ для обеспечения сгибания бедра на $55\text{--}70^\circ$ при переходе из стоячего положения в сидячее [14]. Нарушения в процессе изменения положения (стоя \rightarrow сидя) является актуальной темой для исследований в области травматологии. Вышеописанная последовательность движений известна как пояснично-тазовая сагиттальная кинематика [14]. Сагиттальный угол вертлужной впадины, измеренный на боковой рентгенограмме позвоночника, таза и бедра, называется антеинклинацией, поскольку он включает в себя как антеверсию, так и наклон [19].

Нарушение взаимодействия позвоночника, таза и бедра

Все вышеописанные скоординированные движения могут изменяться, если есть аномалия на уровне позвоночника, таза или тазобедренного сустава, влияющая на подвижность и выравнивание, известная как коксо-вертебральный синдром, или hip-spine syndrome [16, 17]. Этот синдром бывает двух типов.

Первый тип — нижний перекрестный синдром — возникает из-за мышечного дисбаланса туловища [14, 22–24]. В основном встречается у молодых людей, когда таз демон-

стрирует недостаточную ретроверсию в положении сидя. Для компенсации дисбаланса требуется осуществить большее сгибание в тазобедренном суставе, что может вызвать импиджмент-синдром, предрасполагая к остеоартриту тазобедренного сустава и его задней нестабильности. Диагноз основывается на различии наклона крестца на боковой рентгенограмме поясничного отдела в положении стоя и сидя, когда разница составляет менее 10° [25–29].

Второй тип возникает из-за неправильного положения позвоночника, вызванного дегенеративными изменениями, включая старение, переломы, опухолевые заболевания или деформации. Дегенерация позвоночника приводит к уменьшению наклона таза, возникает компенсаторный механизм в виде краниовертебрального ретролистеза, потери грудного кифоза, ретроверсии таза, разгибания бедер и шейного гиперлордоза для поддержания горизонтального положения. Если все эти компенсаторные механизмы выходят из строя, то происходит сгибание колена (или голеностопного сустава) и последующее смещение туловища назад [29–31]. Все это предрасполагает к остеоартриту тазобедренного сустава, вызванному неправильной ориентацией вертлужной впадины в положении стоя [32, 33].

В дополнение к вышесказанному, вариабельность позвоночно-тазового индекса (*англ.* Pelvic Incidence, PI) — угла между линией, соединяющей середину верхней поверхности крестца (S1) с центром головки бедренной кости и перпендикуляром к верхней поверхности крестца, восстановленным в центре поверхности S1, — также влияет на исходы ТЭТБС. Степень сгибания тазобедренного сустава во время сидения определяется наклоном таза. Маленький угол наклона таза приведет к большей потребности в сгибании бедра в положении сидя; таким образом, повышается риск импиджмента и вывиха [24]. Таким образом, точное размещение вертлужного компонента определяется балансом позвоночника, спинально-тазовой подвижностью и углом наклона таза.

Баланс позвоночника

Баланс позвоночника может определяться соотношением угла наклона таза. Если разница составляет более 9° , это называется плоской деформацией спины [34–36].

Спинально-тазовая подвижность

Спинально-тазовую подвижность в широком смысле на основе разницы в наклоне крестца между положением стоя и сидя можно разделить на три типа: нормальную ($10\text{--}30^\circ$), гипермобильность ($>30^\circ$) и ригидность ($<10^\circ$) [34, 37]. Для измерения подвижности используется показатель наклона S1, поскольку он легко измеряется на боковой рентгенограмме в положениях как стоя, так и сидя [38–40].

Гипермобильность снижает риск соударения костей, поскольку при изменении позы требуется меньше движений бедром. Нормальный вариант присутствует у более молодых пациентов.

Поворот таза с точки зрения наклона таза

Измерение наклона таза (НТ) травматологами и нейрохирургами осуществляется по-разному. Вторые измеряют НТ как угол, образованный между линией от середины концевой пластины S1 до центра головки бедренной кости и вертикальной линией, в то время как первые — на основе передней плоскости таза (ППТ), которая определяется как плоскость, образованная средней точкой линии, соединяющей обе передние верхние подвздошные ости и верхнюю границу лобкового сочленения на боковой рентгенограмме. Угол, образованный между приложением и вертикальной линией, называется углом приложения. Это положительный или отрицательный наклон, если он расположен перед или за вертикаль-

ной линией соответственно. Вертлужный компонент ориентирован в соответствии с функциональной плоскостью таза, которая совпадает с ППТ у лиц с нормальным положением позвоночника. Оба эти измерения НТ обозначают поворот таза, который может быть как передним, так и задним. Передний наклон таза обычно возникает вторично по отношению к сгибательной контрактуре бедра. Задний наклон таза возникает при патологии позвоночника [41]. ППТ и вертлужная впадина имеют определенную взаимосвязь. При каждом увеличении наклона таза на 1° происходит расширение вертлужной впадины на $0,7-0,8^\circ$. Это соотношение считается точным до тех пор, пока угол наклона вертлужной впадины не достигнет $40-45^\circ$ [42-47].

Роль кифоза

Кифоз в трактовке спинально-тазовых взаимодействий определяется как абсолютное значение наклона крестца в положении сидя менее 5° независимо от подвижности. Это происходит при следующих состояниях:

- 1) тугоподвижность тазобедренных суставов — возможность сгибания менее чем на 50° ;
- 2) индекс массы тела >40 кг/м²;
- 3) нервно-мышечный дисбаланс.

Все эти состояния предрасполагают к аномальному наклону таза назад во время сидения для поддержания равновесия тела [16, 29]. Кифотический вариант может существовать как при нормальной подвижности позвоночника, так и при его ригидности; представляет собой уникальный набор нарушений, вызванных вертикальной ориентацией вертлужной впадины во время сидения и аномальным наклоном таза назад. Таким образом, любое сгибательное движение, происходящее в тазобедренном суставе, может привести к импиджменту переднего края вертлужной впадины, вызывая задний вывих. Для того чтобы предотвратить формирование импиджмента и последующего вывиха пациентам требуется повышенное функциональное раскрытие вертлужной впадины во время сидения, что предрасполагает их к снижению риска вывиха во время стояния, если вертлужный компонент расположен с вертикальным наклоном [27].

Позвоночно-тазовая тугоподвижность

Выделяют два типа позвоночно-тазовой тугоподвижности: патологический и опасный (разница в подвижности между положениями сидя и стоя менее 5° и $5-10^\circ$ соответственно).

Скованность возникает при следующих состояниях:

- 1) передняя фиксация — наклон крестца в положении сидя составляет более 30° . В таких случаях таз фиксируется в ППТ или наклоне с увеличенным поясничным лордозом. Передняя фиксация возникает после сращения поясничного отдела позвоночника, при котором формируется лордоз. Это предрасполагает к переднему импиджменту и последующему заднему вывиху в положении сидя;
- 2) задняя фиксация — наклон крестца в положении стоя составляет менее 30° . В таких случаях таз фиксируется в задней тазовой плоскости или наклоне (компенсаторный механизм), поэтому происходит потеря баланса. Задняя фиксация обычно возникает после спондилодеза или у пациентов с анкилозирующим спондилитом. Это предрасполагает к заднему импиджменту и последующему переднему вывиху в положении стоя;
- 3) фиксированный кифоз в положении сидя — вариант задней фиксации с абсолютным значением наклона крестца в положении сидя менее 5° ;

- 4) ригидность позвоночника — наклон крестца в положении стоя составляет более 30° , крестца в положении сидя менее 30° , а разница между ними менее 10° . Это состояние обычно возникает у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничного отдела позвоночника.

Лечение

Нормальная спинально-тазовая подвижность

При нормальном балансе необходимо формирование имплантационного ложа для тазового компонента с наклоном и антеверсией в соответствии со стандартной БЗЛ [33].

В случае нарушенного баланса может наблюдаться как передний, так и задний наклон таза. Первый с нормальной подвижностью обычно возникает при сгибательной контрактуре в тазобедренном суставе и устраняется после установки тазобедренного сустава и вертлужной впадины с нормальным наклоном и антеверсией. Наклон таза назад по своей сути увеличивает антеверсию вертлужной впадины, поэтому нужно установить чашку с меньшим наклоном вперед [33].

Нарушенная спинально-тазовая подвижность

Пациенты с тугоподвижностью тазобедренного сустава подвержены наибольшему риску вывиха бедра. При передней фиксации, поскольку таз зафиксирован в ППТ или наклоне, необходимо расположить вертлужный компонент в увеличенном антеверсионном положении. В случае задней фиксации необходимо расположить вертлужный компонент с меньшим наклоном вперед. Особого упоминания требуют случаи ригидности позвоночника и таза при наклоне таза $<13^\circ$ в любом направлении. Математические исследования показали, что наклон таза менее чем на 13° в любом направлении требует размещения компонента в нормальном переднем положении и наклоне [48].

Спинально-тазовая ригидность при большом заднем наклоне таза (ППТ $>13^\circ$) требует установки вертлужного компонента с меньшей, чем обычно, антеверсией и наклоном, поскольку эти пациенты при положении сидя изначально имеют больший угол антеверсии. Размещение вертлужного компонента на более высоком антеверсионном уровне предрасполагает к передней нестабильности [48–51].

Считается, что пациенты с фиксированным кифозом имеют патологический дисбаланс, поскольку у этих пациентов отмечается ригидность позвоночника наряду с проблемами, связанными с кифотическим позвоночником, поэтому следует учитывать возможность использования систем двойной мобильности.

В случае нормального баланса при ригидном позвоночнике требуется установка вертлужного компонента с традиционным диапазоном наклона и антеверсии, но необходимо помнить, что у этих пациентов может быть недостаточный наклон таза из положения стоя в положение сидя из-за ригидного позвоночника. Импиджмент в таких случаях может быть уменьшен за счет использования больших головок протеза (36 мм) и латерализации вертлужного компонента для предотвращения прилегания большого вертела.

Патологическая ригидность — это состояние, возникающее у ряда пациентов, характеризующееся тем, что все усилия передаются от сросшегося позвоночно-тазового сочленения к бедру, что приводит к повышенному риску импиджмента. Эти пациенты являются возможными кандидатами для использования систем двойной мобильности.

Влияние нестабильности наиболее сильно выражено у пациентов с поздними вывихами, ревизиями и пожилых пациентов. Н. Д. Хекманн и др. (*англ.* N. Heckmann et al.) описали новый параметр — комбинированный сагиттальный индекс (КСИ) для прогно-

зирования поздних вывихов у пациентов с позвоночно-тазовыми нарушениями [52–55]. В ходе исследования, в которое вошло 20 пациентов с поздними вывихами, авторы обнаружили, что у 18 участников наблюдался аномальный позвоночно-тазовый дисбаланс. КСИ представляет собой комбинацию наклона вертлужной впадины спереди и тазобедренного угла. Оба этих параметра изменяются в положениях сидя и стоя. Повышенный КСИ в положении стоя свидетельствовал о заднем импиджменте и последующем переднем вывихе, тогда как сниженный КСИ свидетельствовал о переднем ударе и заднем вывихе в положении сидя. Т. Тезука и др. (*англ.* T. Tezuka et al.) высказали предположение, что БЗЛ — это не то же самое, что функциональная сагиттальная безопасная зона, и факторами аномального КСИ являются высокий тазобедренный угол, низкий PI и ригидность позвоночника [55].

Ограничением, которое следует учитывать во всех исследованиях, проведенных до настоящего времени, является изменение подвижности позвоночника и таза в послеоперационном периоде по сравнению с дооперационной. Исследования показали, что в случаях с предоперационной сгибательной контрактурой тазобедренного сустава после ее нивелирования происходит изменение наклона крестца на целых 20° [55–60]. Э. Сарьяли и др. (*англ.* E. Sariali et al.) показали изменение наклона крестца на 5° после ТЭТБС у пациентов с дооперационной нормальной подвижностью позвоночника и таза [56]. До настоящего времени ни в одном исследовании не оценивалось, приводят ли эти изменения к тому, что положение вертлужного компонента выйдет за пределы нормальной сагиттальной функциональной ориентации.

Заключение

ТЭТБС считается самой успешной ортопедической методикой XX в., однако его нестабильность до сих пор остается серьезной проблемой. Определяющим моментом снижения риска вывиха бедра являются правильное понимание взаимосвязи тазобедренного сустава и позвоночника, а также влияние этих взаимосвязей на позиционирование вертлужного компонента. БЗЛ по-прежнему может использоваться в качестве ориентира для большинства пациентов, однако лица с аномалиями спинально-тазовой подвижности должны быть четко идентифицированы с помощью использования рентгенограмм таза в положениях стоя и сидя. Предоперационная диагностика должна включать правильную классификацию типа деформации и определение степени ригидности. Следовательно, ориентацию вертлужной впадины следует планировать в соответствии с оценкой движения тазобедренного сустава, чтобы расположить вертлужный компонент в соответствии с новой безопасной зоной сагиттальной плоскости и КСИ. Однако хирург должен учитывать, что послеоперационная подвижность таза и позвоночника может отличаться от предоперационной из-за сгибательной контрактуры бедра или старения позвоночника. В настоящее время еще не определено, как часто эти изменения приводят к тому, что расположение чашки эндопротеза выходит за пределы своих диапазонов антеверсии и наклона, увеличивая риск вывиха. Наконец, для того чтобы рекомендовать новые определенные «безопасные зоны», необходимы дальнейшие исследования, оценивающие стабильность вертлужного компонента, расположенного за пределами рекомендуемых в настоящее время диапазонов.

Список источников | References

1. Minasov BSh, Minasov TB, Glazunov SYu, Kabirov RD, Khalikov AA. Offset as an important parameter in total hip replacement. *Modern Problems of Science and Education*. 2023;(5). (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.32933>.
2. Papachristou GC, Pappa E, Chytas D, Masouros PT, Nikolaou VS. Total hip replacement in developmental hip dysplasia: A narrative review. *Cureus*. 2021;13(4):e14763. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.14763>.
3. Karachalios TS, Koutalos AA, Komnos GA. Total hip arthroplasty in patients with osteoporosis. *HIP International*. 2020;30(4):370–379. DOI: <https://doi.org/10.1177/1120700019883244>.
4. Minasov BSh, Minasov TB, Kabirov RD, Glazunov SY, Khalikov AA. Comparison of the results of total hip replacement in patients with hip fracture and osteoarthritis. *Modern Problems of Science and Education*. 2023;(1). (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.32300>.
5. Szczesiul J, Bielecki M. A review of total hip arthroplasty comparison in FNF and OA patients. *Advances in Orthopedics*. 2021;2021:5563500. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5563500>.
6. Szymiski D, Walter N, Krull P, Melsheimer O, Schindler M, Grimberg A, et al. Comparison of mortality rate and septic and aseptic revisions in total hip arthroplasties for osteoarthritis and femoral neck fracture: An analysis of the German Arthroplasty Registry. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2023;24(1):29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s10195-023-00711-9>.
7. Buckland AJ, Puvanesarajah V, Vigdorichik J, Schwarzkopf R, Jain A, Klineberg EO, et al. Dislocation of a primary total hip arthroplasty is more common in patients with a lumbar spinal fusion. *The Bone & Joint Journal*. 2017;99-B(5):585–591. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B5.BJJ-2016-0657.R1>.
8. Malkani AL, Himschoot KJ, Ong KL, Lau EC, Baykal D, Dimar JR, et al. Does timing of primary total hip arthroplasty prior to or after lumbar spine fusion have an effect on dislocation and revision rates? *Journal of Arthroplasty*. 2019;34(5):907–911. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.01.009>.
9. Onggo JR, Nambiar M, Onggo JD, Phan K, Ambikaipalan A, Babazadeh S, et al. Comparable dislocation and revision rates for patients undergoing total hip arthroplasty with subsequent or prior lumbar spinal fusion: A meta-analysis and systematic review. *European Spine Journal*. 2021;30(1):63–70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06635-w>.
10. Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1978;60(2):217–220. PMID: <https://pubmed.gov/641088>.
11. Abdel MP, von Roth P, Jennings MT, Hanssen AD, Pagnano MW. What safe zone? The vast majority of dislocated THAs are within the Lewinnek safe zone for acetabular component position. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2016;474(2):386–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4432-5>.
12. Lazennec JY, Charlot N, Gorin M, Roger B, Arafati N, Bissery A, et al. Hip-spine relationship: A radio-anatomical study for optimization in acetabular cup positioning. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2004;26(2):136–144. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00276-003-0195-x>.
13. Lazennec JY, Riwan A, Gravez F, Rousseau MA, Mora N, Gorin M, et al. Hip spine relationships: Application to total hip arthroplasty. *HIP International*. 2007;17(5 Suppl):S91–104. DOI: <https://doi.org/10.1177/112070000701705S12>.
14. Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA. Hip-spine relations and sagittal balance clinical consequences. *European Spine Journal*. 2011;20(5):686. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1937-9>.
15. Chelpachenko OB, Zherdev KV, Fisenko AP, Butenko AS, Yatsyk SP, Dyakonova EY, et al. Surgical correction of the trunk balance in case of spinal deformities and instability of hip joints. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2020;24(4):256–265. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-4-256-265>.
16. Attenello JD, Harpstrite JK. Implications of spinopelvic mobility on total hip arthroplasty: Review of current literature. *Hawai'i Journal of Health & Social Welfare*. 2019;78(11 Suppl 2):31–40. PMID: <https://pubmed.gov/31773109>.
17. Heckmann ND, Lieberman JR. Spinopelvic biomechanics and total hip arthroplasty: A primer for clinical practice. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2021;29(18):e888–e903. DOI: <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-20-00953>.
18. Heckmann N, McKnight B, Stefl M, Trasolini NA, Ike H, Dorr LD. Late dislocation following total hip arthroplasty: Spinopelvic imbalance as a causative factor. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2018;100(21):1845–1853. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.00078>.
19. Khokhlov IV, Smyshlyayev IA, Rogoschenkova AV, Gazi YK, Gilfanov SI. The effect of the sagittal balance of the vertebro-pelve-femoral complex on the position of the cup during total hip replacement. *Kremlin Medicine Journal*. 2022;(3):99–106. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26269/7r60-6d96>.
20. Kudyashev AL, Khominets VV, Shapovalov VM, Miroevskiy FV. Coxo vertebral syndrome and its significance in the complex treatment of patients with a combination of degenerative-dystrophic pathology of the

- hip joint and spine. N. N. Priorov *Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2015;22(2):76–82. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/vto201522276-82>.
21. Pierrepont JW, Feyen H, Miles BP, Young DA, Baré JV, Shimmin AJ. Functional orientation of the acetabular component in ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty and its relevance to squeaking. *The Bone & Joint Journal*. 2016;98-B(7):910–916. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B7.37062>.
 22. Rivière C, Lazennec JY, Van Der Straeten C, Auvinet E, Cobb J, Muirhead-Allwood S. The influence of spine-hip relations on total hip replacement: A systematic review. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2017;103(4):559–568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.02.014>.
 23. Rivière C, Hardijzer A, Lazennec JY, Beaulé P, Muirhead-Allwood S, Cobb J. Spine-hip relations add understandings to the pathophysiology of femoro-acetabular impingement: A systematic review. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2017;103(4):549–557. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.03.010>.
 24. Kanawade V, Dorr LD, Wan Z. Predictability of acetabular component angular change with postural shift from standing to sitting position. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2014;96(12):978–986. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00765>.
 25. Snijders TE, Schlösser TPC, Heckmann ND, Tezuka T, Castelein RM, Stevenson RP, et al. The effect of functional pelvic tilt on the three-dimensional acetabular cup orientation in total hip arthroplasty dislocations. *Journal of Arthroplasty*. 2021;36(6):2184–2188.e1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.12.055>.
 26. Haffer H, Wang Z, Hu Z, Hipfl C, Pumberger M. Acetabular cup position differs in spinopelvic mobility types: a prospective observational study of primary total hip arthroplasty patients. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2022;142(10):2979–2989. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04196-1>.
 27. Yang G, Li Y, Zhang H. The influence of pelvic tilt on the anteversion angle of the acetabular prosthesis. *Orthopaedic Surgery*. 2019;11(5):762–769. DOI: <https://doi.org/10.1111/os.12543>.
 28. Esposito CI, Miller TT, Kim HJ, Barlow BT, Wright TM, Padgett DE, et al. Does degenerative lumbar spine disease influence femoroacetabular flexion in patients undergoing total hip arthroplasty? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2016;474(8):1788–1797. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4787-2>.
 29. Tanabe H, Homma Y, Yanagisawa N, Watari T, Ishii S, Shirogane Y, et al. Validation of a preoperative formula to estimate postoperative pelvic sagittal alignment and mobility before performing total hip arthroplasty for patients with hip osteoarthritis. *Arthroplasty*. 2023;5(1):13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42836-023-00171-w>.
 30. Watanabe S, Choe H, Kobayashi N, Ike H, Kobayashi D, Inaba Y. Prediction of pelvic mobility using whole-spinal and pelvic alignment in standing and sitting position in total hip arthroplasty patients. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2021;29(2):23094990211019099. DOI: <https://doi.org/10.1177/23094990211019099>.
 31. Tsai CJ, Yang ZY, Wu TY, Tsai YT, Wang JJ, Liaw CK. The transverse mechanical axis of the pelvis for post-operative evaluation of total hip arthroplasty. *Biomedicines*. 2023;11(5):1397. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines11051397>.
 32. Stefl M, Lundergan W, Heckmann N, McKnight B, Ike H, Murgai R, et al. Spinopelvic mobility and acetabular component position for total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. 2017;99(1):37–45. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0415.R1>.
 33. Luthringer TA, Vigdorichik JM. A preoperative workup of a “hip-spine” total hip arthroplasty patient: A simplified approach to a complex problem. *Journal of Arthroplasty*. 2019;34(7 Suppl):S57–S70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.01.012>.
 34. Sharma AK, Vigdorichik JM. The hip-spine relationship in total hip arthroplasty: How to execute the plan. *Journal of Arthroplasty*. 2021;36(7 Suppl):S111–S120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.01.008>.
 35. Elbuluk AM, Wright-Chisem JJ, Vigdorichik JM, Nunley RM. Applying the hip-spine relationship: What X-rays and measurements are important? *Journal of Arthroplasty*. 2021;36(7 Suppl):S94–S98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.02.058>.
 36. Phan D, Bederman SS, Schwarzkopf R. The influence of sagittal spinal deformity on anteversion of the acetabular component in total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. 2015;97-B(8):1017–1023. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B8.35700>.
 37. Pierrepont J, Yang L, Arulampalam J, Stambouzou C, Miles B, Li Q. The effect of seated pelvic tilt on posterior edge-loading in total hip arthroplasty: A finite element investigation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2018;232(3):241–248. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954411917752028>.
 38. Baruffaldi F, Mecca R, Stea S, Beraudi A, Bordini B, Amabile M, et al. Squeaking and other noises in patients with ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *HIP International*. 2020;30(4):438–445. DOI: <https://doi.org/10.1177/1120700019864233>.
 39. Pierrepont J, Hawdon G, Miles BP, Connor BO, Baré J, Walter LR, et al. Variation in functional pelvic tilt in patients undergoing total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. 2017;99-B(2):184–191. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B2.BJJ-2016-0098.R1>.

40. Kleeman-Forsthuber L, Vigdorichik JM, Pierrepont JW, Dennis DA. Pelvic incidence significance relative to spinopelvic risk factors for total hip arthroplasty instability. *The Bone & Joint Journal*. 2022;104-B(3):352–358. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.104B3.BJJ-2021-0894.R1>.
41. van Bosse HJ, Lee D, Henderson ER, Sala DA, Feldman DS. Pelvic positioning creates error in CT acetabular measurements. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2011;469(6):1683–1691. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1827-9>.
42. Abdel Hady DA, Abd El-Hafeez T. Predicting female pelvic tilt and lumbar angle using machine learning in case of urinary incontinence and sexual dysfunction. *Scientific Reports*. 2023;13(1):17940. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44964-0>.
43. Ueno T, Kabata T, Kajino Y, Ohmori T, Yoshitani J, Ueoka K, et al. Tilt-adjusted cup anteversion in patients with severe backward pelvic tilt is associated with the risk of iliopsoas impingement: A three-dimensional implantation simulation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2019;477(10):2243–2254. DOI: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000830>.
44. Ueno T, Kabata T, Kajino Y, Ohmori T, Yoshitani J, Ueoka K, et al. Tilt-adjusted cup anteversion in patients with severe backward pelvic tilt is associated with the risk of iliopsoas impingement: A three-dimensional implantation simulation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2019;477(10):2243–2254. DOI: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000830>.
45. Wan Z, Malik A, Jaramaz B, Chao L, Dorr LD. Imaging and navigation measurement of acetabular component position in THA. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2009;467(1):32–42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0597-5>.
46. Kitamura K, Fujii M, Iwamoto M, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, et al. Is anterior rotation of the acetabulum necessary to normalize joint contact pressure in periacetabular osteotomy? A finite-element analysis study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2022;480(1):67–78. DOI: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001893>.
47. Vigdorichik JM, Muir JM, Buckland A, Elbuluk AM, Alguire A, Schipperet J, et al. Undetected intraoperative pelvic movement can lead to inaccurate acetabular cup component placement during total hip arthroplasty: A mathematical simulation estimating change in cup position. *Journal of Hip Surgery*. 2017;1(4):186–193. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1635103>.
48. Schwarzkopf R, Muir JM, Paprosky WG, Seymour S, Cross MB, Vigdorichik JM. Quantifying pelvic motion during total hip arthroplasty using a new surgical navigation device. *Journal of Arthroplasty*. 2017;32(10):3056–3060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.04.046>.
49. Seagrave KG, Troelsen A, Malchau H, Husted H, Gromov K. Acetabular cup position and risk of dislocation in primary total hip arthroplasty. *Acta Orthopaedica*. 2017;88(1):10–17. DOI: <https://doi.org/10.1080/17453674.2016.1251255>.
50. Tanino H, Nishida Y, Mitsutake R, Ito H. Accuracy of a portable accelerometer-based navigation system for cup placement and intraoperative leg length measurement in total hip arthroplasty: A cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22(1):299. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04167-y>.
51. Grammatopoulos G, Falsetto A, Sanders E, Weishorn J, Gill HS, Beaulé PE, et al. Integrating the combined sagittal index reduces the risk of dislocation following total hip replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2022;104(5):397–411. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.00432>.
52. Grammatopoulos G, Falsetto A, Sanders E, Weishorn J, Gill HS, Beaulé PE, et al. Integrating the combined sagittal index reduces the risk of dislocation following total hip replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2022;104(5):397–411. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.00432>.
53. Esposito CI, Carroll KM, Sculco PK, Padgett DE, Jerabek SA, Mayman DJ. Total hip arthroplasty patients with fixed spinopelvic alignment are at higher risk of hip dislocation. *Journal of Arthroplasty*. 2018;33(5):1449–1454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.12.005>.
54. Tezuka T, Heckmann ND, Bodner RJ, Dorr LD. Functional safe zone is superior to the Lewinnek safe zone for total hip arthroplasty: Why the Lewinnek safe zone is not always predictive of stability. *Journal of Arthroplasty*. 2019;34(1):3–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.10.034>.
55. Sariali E, Lazennec JY, Khiami F, Gorin M, Catonne Y. Modification of pelvic orientation after total hip replacement in primary osteoarthritis. *HIP International*. 2009;19(3):257–263. DOI: <https://doi.org/10.1177/112070000901900312>.
56. Grammatopoulos G, Pandit HG, da Assunção R, McLardy-Smith P, De Smet KA, Gill HS, et al. The relationship between operative and radiographic acetabular component orientation: Which factors influence resultant cup orientation? *The Bone & Joint Journal*. 2014;96-B(10):1290–1297. DOI: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B10.34100>.
57. Gonzalez Della Valle A, Shanaghan K, Benson JR, Carroll K, Cross M, McLawhorn A, et al. Pelvic pitch and roll during total hip arthroplasty performed through a posterolateral approach. A potential source of error in free-hand cup positioning. *International Orthopaedics*. 2019;43(8):1823–1829. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4141-2>.

58. Wang WJ, Liu F, Zhu YW, Sun MH, Qiu Y, Weng WJ. Sagittal alignment of the spine-pelvis-lower extremity axis in patients with severe knee osteoarthritis: A radiographic study. *Bone & Joint Research*. 2016;5(5): 198–205. DOI: <https://doi.org/10.1302/2046-3758.55.2000538>.
59. Haffer H, Adl Amini D, Perka C, Pumberger M. The impact of spinopelvic mobility on arthroplasty: Implications for hip and spine surgeons. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(8):2569. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9082569>.

Информация об авторе

Станислав Юрьевич Глазунов — аспирант кафедры травматологии и ортопедии с курсом ИДПО, Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия.

E-mail: vkomissiya@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1583-473X>

Information about the author

Stanislav Yu. Glazunov — Postgraduate Student of the Department of Traumatology and Orthopedics with an IDPO Course, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia.

E-mail: vkomissiya@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1583-473X>

Рукопись получена: 29 ноября 2023. Одобрена после рецензирования: 5 апреля 2024. Принята к публикации: 8 августа 2024.

Received: 29 November 2023. Revised: 5 April 2024. Accepted: 8 August 2024.