

ОФСЕТ КАК ВАЖНЫЙ ПАРАМЕТР ПРИ ТОТАЛЬНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Минасов Б.Ш., Минасов Т.Б., Глазунов С.Ю., Кабиров Р.Д., Халиков А.А.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России», Уфа, e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТБС) является одной из наиболее часто выполняемых хирургических процедур для уменьшения боли и восстановления функции у пациентов с заболеваниями тазобедренного сустава. Ежегодно количество проводимых ТЭТБС неуклонно растет. В большинстве случаев ТЭТБС проводится при остеоартрите, а также при других заболеваниях, включая аваскулярный некроз головки бедренной кости, ревматоидный и травматический артрит. Перед операцией пациенты чаще всего жалуются на боль и утрату функции. Цель исследования – обобщить современные научные знания о бедренном, вертлужном и общем офсете при ТЭТБС. Вторичной целью описательного обзора является предложение направлений будущих исследований, которые могут улучшить хирургическую тактику за счет расширения представления параметров офсета. Многие исследования показывают, что общий офсет является решающим фактором. Однако в отношении вертлужного офсета данные менее убедительны, хотя это и важный геометрический параметр. Вероятно, это обусловлено проблемами, связанными с хирургическим контролем, трудностями измерения, единообразием определения и анатомической изменчивостью. Согласование точного определения нижнего предела вертлужного офсета и изучение новых методов могут стать следующими шагами к окончательному определению диапазонов параметров для конкретного пациента, которые оптимизируют функциональные результаты. Подводя итог, можно сказать, что это исследование подчеркивает важность офсета как параметра тазобедренного сустава и обращает особое внимание на вертлужный офсет, потенциальная важность которого до настоящего времени в значительной степени упускалась из виду и требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: офсет, смещение, хирургия, тактика, эндопротезирование тазобедренного сустава, тазобедренный сустав.

OFFSET AS AN IMPORTANT PARAMETER IN TOTAL HIP REPLACEMENT

Minasov B.Sh., Minasov T.B., Glazunov S.Yu., Kabirov R.D., Khalikov A.A.

¹FGBOU VO «Bashkir State Medical University Ministry of Health of Russia», Ufa, e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

Annotation. Total hip replacement (THR) is one of the most frequently performed surgical procedures to reduce pain and restore function in patients with diseases of the hip joint. Every year, the number of THR held is steadily growing. In most cases, THR is performed for osteoarthritis, but also for other diseases, including avascular necrosis of the femoral head, rheumatoid and traumatic arthritis. Before surgery, patients most often complain of pain and loss of function. The purpose of the study is to generalize modern scientific knowledge about femoral, acetabulum and general offset in THR. The secondary purpose of the descriptive review is to suggest areas of future research that can improve surgical tactics by expanding the presentation of offset parameters. Many studies show that the overall offset is the deciding factor. However, with regard to the swivel offset, the data is less convincing, although this is an important geometric parameter. This is probably due to problems related to surgical control, measurement difficulties, uniformity of definition and anatomical variability. The coordination of the exact definition of the lower limit of the acetabulum offset and the study of new methods can be the next steps to the final determination of the ranges of parameters for a particular patient that optimize functional results. To summarize, this study highlights the importance of offset as a parameter of the hip joint and pays special attention to the acetabulum offset, the potential importance of which has been largely overlooked to date and requires further study.

Keywords: offset, displacement, surgery, tactics, hip replacement, hip joint.

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТБС) является одной из наиболее часто выполняемых хирургических процедур для уменьшения боли и

восстановления функции у пациентов с заболеваниями тазобедренного сустава. Ежегодно количество проводимых ТЭТБС неуклонно растет [1]. В большинстве случаев ТЭТБС проводится при остеоартрите, а также при других заболеваниях, включая аваскулярный некроз головки бедренной кости, ревматоидный и травматический артрит. Перед операцией пациенты чаще всего жалуются на боль и утрату функции [2]. Чтобы наилучшим образом соответствовать ожиданиям пациентов и повысить их удовлетворенность, эти жалобы следует тщательно отслеживать при оценке результатов лечения пациентов.

Эффективность ТЭТБС исторически оценивалась через призму необходимости повторной операции и наличие осложнений, включая частоту инфекций и вывихов; однако в более поздних исследованиях больше внимания уделяется удовлетворенности пациентов и послеоперационному функционированию [3]. На результаты лечения влияют как факторы, связанные с пациентом, такие как возраст и сопутствующие заболевания, так и факторы, связанные с имплантатом. Основной целью ТЭТБС является уменьшение боли при одновременном повышении функциональности и качества жизни [4]. Таким образом, мониторинг до- и послеоперационных параметров на ипси- и контралатеральной сторонах с помощью рентгенограмм или компьютерной томографии может помочь достичь этой цели путем определения идеальных диапазонов или относительных ипсилатеральных/контралатеральных стандартов для улучшения функций пациента. Однако это далеко не исчерпывающий список – также важными являются параметры таза (такие как наклон таза), параметры бедра (разница в длине конечности) и параметры чашечки и ножки (наклон/антеверсия) [5]. Одним из особенно важных параметров, которому уделяется большое внимание в исследованиях, является офсет (offset).

Бедренный офсет определяется расстоянием от центра головки бедренной кости до линии, делящей пополам длинную ось бедренной кости. Вертлужный офсет имеет несколько определений, используемых в литературе, которые в этом исследовании будут называться истинным офсетом дна и офсетом Паувельса. Первое описывает расстояние между центром головки бедренной кости и истинным дном вертлужной впадины, тогда как второе относится к расстоянию от центра вертлужной впадины до центра таза. Наконец, общий офсет описывает суммарные расстояния смещений бедренной кости и вертлужной впадины. Все три этих фактора были признаны важными геометрическими параметрами, влияющими на результаты лечения пациентов.

Цель исследования – обобщить современные научные знания о бедренном, вертлужном и общем офсете при ТЭТБС. Вторичной целью описательного обзора является предложение направлений будущих исследований, которые могут улучшить хирургическую тактику за счет расширения представления параметров офсета [6].

Бедренный офсет

В рамках офсета в этом обзоре сначала будет рассмотрен бедренный компонент, для которого многочисленные исследования оценивали риски и преимущества уменьшения, увеличения или восстановления офсета бедренной кости. Уменьшение офсета бедренной кости, как правило, подвергалось критике в предыдущих исследованиях. К.А. Cassidy и соавт. впервые опубликовали одну из выдающихся статей на эту тему, обнаружив, что уменьшение естественного офсета бедренной кости пациента более чем на 5 мм приводило к худшим функциональным результатам по сравнению с группами с восстановленным (от -5 до 5 мм) и увеличенным (>5 мм) офсетом [7]. Эти выводы были подтверждены E. Sariali и соавт., которые установили, что уменьшение офсета бедренной кости может привести к изменению походки [8]. Вместо определения офсета по измерению длины авторы сравнивали уменьшенную группу (уменьшение минимум на 15%) с восстановленной (изменение в пределах 15%) и увеличенной (увеличение минимум на 15%) группами. Уменьшенная группа (среднее значение -7,6 мм, диапазон: от -6 до -12 мм) имела статистически значимую асимметрию между сторонами, с уменьшенным диапазоном движений (ROM – range of motions) и меньшей максимальной скоростью качания конечности при ходьбе на оперированной стороне [8]. Однако M. Robinson и соавт. обнаружили, что уменьшение бедренного офсета не было связано с повышением риска вывиха [9]. H.A. Rudiger и соавт. также проанализировали результаты исследований и пришли к выводу, что уменьшение бедренного офсета приводит к увеличению силы отводящей мышцы и контактных усилий тазобедренного сустава для поддержания момента отведения бедра в соответствии с классификацией Пауэлса [10]. Таким образом, все эти исследования доказывают, что бедренный офсет не должен уменьшаться во время операции. Однако это не означает, что на сегодняшний день существует единое мнение всего научного сообщества. T.R. Liebs и соавт. опровергли предыдущие результаты [11], в частности результаты, полученные К.А. Cassidy и соавт., опубликовав, что пациенты с уменьшенным офсетом сообщали о меньшей выраженности болевого синдрома по WOMAC (Индекс остеоартрита университетов Западного Онтарио и Макмастера), чем в группах с нормальным или высоким офсетом. Однако результаты этого исследования следует интерпретировать с осторожностью, поскольку группы офсета определялись с помощью линейной регрессии. Оценка изменения офсета по отношению к дооперационным параметрам, возможно, была более актуальной и давала бы другие результаты.

Одно из недавних исследований показало, что увеличение бедренного офсета на 2–3 мм может улучшить функцию отводящего и наружного ротатора после ТЭТБС, ограничивая при этом воздействие на остальную функцию тазобедренного сустава [12]. Несмотря на статистическую значимость, эти результаты имели низкие значения коэффициента

детерминации и предполагают, что увеличение плеча момента эквивалентно увеличению функции. Другие прошлые исследования подтвердили эти результаты. Например, N.D. Clement и соавт. обнаружили, что увеличение офсета коррелировало ($r=0,198$) с улучшением по Оксфордской шкале тазобедренного сустава (OHS – Oxford Hip Score) [13]. По этой причине представляется, что послеоперационное увеличение офсета до 5 мм может улучшить функциональные результаты. H.A. Rudiger и соавт. модернизировали это исследование, изучив не только плечо силы, но и силу реакции бедра. При моделировании было обнаружено, что реконструкции с увеличенным бедренным офсетом значительно увеличивают мышечный момент плеча силы, что связано с уменьшением сил, действующих на мышцы и бедра [10]. В аналогичном исследовании, проведенном I. Asayma и соавт., оптимальная восстановленная функция тазобедренного сустава, оцениваемая по функции отводящей мышцы, по-видимому, достигается за счет незначительного увеличения бедренного офсета [14].

Срок службы эндопротеза – еще один хирургический фактор, который необходимо учитывать. Согласно G. Leserf и соавт., восстановление бедренного офсета необходимо для улучшения функции и срока службы протеза [15]. Это также может быть измерено по скорости износа имплантата. Тем не менее, хирурги все равно должны остерегаться чрезмерного увеличения этого параметра, поскольку высокое смещение ножки бедренной кости может незначительно снизить срок службы имплантата [15]. Однако латерализация бедренной кости лучше восстанавливает офсет, улучшает биомеханику бедра и значительно снижает износ полиэтилена [16]. Теоретически это должно означать, что имплантат прослужит дольше без необходимости повторной операции или замены, что является еще одним показателем успешного результата лечения.

В целом, различные авторы, по-видимому, сходятся во мнении, что уменьшение бедренного офсета вредно, в то время как его увеличение в разумных пределах на 5 мм может улучшить результаты лечения пациентов.

Вертлужный офсет

Литература по теме вертлужного офсета относительно бедренного немногочисленна. На самом деле, интерес к вертлужному офсету ниже, и, соответственно, было опубликовано меньше исследований [17]. В недавнем исследовании было отмечено, что большинство работ было сосредоточено на бедренном офсете в связи с походкой и функцией, несмотря на то, что как бедренный, так и вертлужный офсет считается важным при восстановлении анатомии тазобедренного сустава [18].

В доступной литературе по смещению вертлужной впадины давняя биомедицинская теория медиализации, по-видимому, является наиболее выдающейся моделью улучшения результатов лечения пациентов. Это традиционное препарирование вертлужной впадины

состоит в расширении до истинного дна, которое медиализирует центр вращения бедра и уменьшает вертлужный офсет. Медиализация уменьшает плечо рычага веса тела во время моноподальной стойки, что уменьшает результирующую силу на головку бедренной кости, если все остальное остается постоянным [17]. Было показано, что медиализация увеличивает срок службы офсета и приводит к меньшему контактному стрессу [17]. В раннем исследовании этого вопроса упоминалось, что первичный центр вращения бедра должен быть восстановлен или слегка медиализирован для оптимального охвата вертлужного компонента [15]. Эта теория действительно показала улучшение функциональных результатов в сочетании с компенсаторным увеличением бедренного офсета [13]. Согласно данным N.D. Clement и соавт., значительное увеличение бедренного офсета (на 5 мм) коррелировало с уменьшением вертлужного офсета (на 5 мм) из-за медиализации без изменения общего офсета. X. Flecher и соавт. изложили вероятное научное обоснование [19]. Уменьшение вертлужного офсета могло бы оказать благотворное влияние за счет уменьшения нагрузки, приложенной к протезному суставу, и потребовало бы уравнивания за счет увеличения бедренного офсета, чтобы избежать уменьшения общего офсета, что потребовало бы удлинения конечности для предотвращения нестабильности [19]. Однако в этой гипотезе отсутствуют конкретные ссылки, и ее следует рассматривать в свете этого недостатка. Другим потенциальным недостатком этой теории является то, что значительное число пациентов, по-видимому, подвержены риску чрезмерной медиализации чашечки. С. Merle и соавт. сообщили, что расширение может привести к клинически значимому уменьшению смещения вертлужной впадины более чем на 8 мм, при этом у пациентов наблюдается риск чрезмерной медиализации до 19 мм [20]. Однако хирурги также должны избегать неполной медиализации, по-прежнему удаляя достаточное количество кости из вертлужного компонента.

В то время как в большей части доступной литературы описано уменьшение вертлужного офсета по отношению к бедренному, существует множество противников этой методики. Напротив, некоторые авторы предпочли бы сохранить вертлужный офсет, сохранив пространство между истинным дном вертлужной впадины и чашечкой вертлужной впадины. Исследование, проведенное W.B. Kurtz и соавт., показало, что ROM снижался вместе с уменьшением вертлужного офсета [21]. Более того, изменения вертлужного офсета оказывали большее влияние на ROM до бедренно-вертлужного соударения, чем изменения бедренного офсета, и это утраченное ROM при уменьшении вертлужного офсета не было полностью восстановлено при увеличении бедренного офсета. В отличие от традиционной медиализации, благотворно влияющей на силу реакции сустава, преимущества восстановления анатомического положения получают все большее признание. Сохранение вертлужного офсета дает преимущества в отношении ROM перед соударением, запрессовки

несцементированных имплантатов и сохранения медиального костного материала [22]. Уменьшение вертлужного офсета обычно соответствует стандартной методике медиализации чашечки путем расширения вертлужной впадины в пределах безопасной зоны, определяемой индивидуально [22]. J. Zuo и соавт. недавно сравнили в ходе моделирования показатели охвата вертлужной впадины для традиционной техники расширения, т.е. расширения до истинного дна, и анатомической техники, т.е. расширения до субхондральной кости [23]. В этом предложении хирурги-ортопеды расширяют вертлужную впадину медиально до тех пор, пока не будет достигнут подходящий размер компонента для имплантации. Это приводит к медиальному и верхнему смещению центра вращения, чтобы получить нормальное смещение центра вращения бедра. Результаты показали, что показатели охвата были выше при использовании обычной техники, чем при анатомической, что приводило к меньшему микродвижению и снижению концентрации напряжения [24]. Хотя эти границы могут быть полезными, медиализация остается очень изменчивой у разных пациентов [25] и должна быть сбалансирована с учетом ее компромиссов, включая дополнительную потерю медиальной части вертлужной впадины и возможные проприоцептивные последствия неанатомического центра вращения и, возможно, силы реакции сустава в данном случае согласно определению смещения Пауэлса. В отличие от бедренного офсета, в настоящее время не существует согласованного диапазона медиализации вертлужной впадины.

Общий офсет

Различные авторы продолжают уделять больше внимания общему офсету, суммарной комбинации бедренного и вертлужного компонентов как важному фактору при рассмотрении его подмножеств в области смещения. S. Viggì и соавт. подчеркивают, что, поскольку общий офсет учитывает как вертлужный, так и бедренный, это более надежный параметр при восстановлении свойств тазобедренного сустава после первичной ТЭТБС, чем только бедренный офсет [25]. Однако, поскольку бедренный и вертлужный офсет могут изменяться индивидуально, возникает вопрос о том, следует ли в результате уменьшить, увеличить или сохранить общий офсет.

Уменьшение общего офсета было рассмотрено и подвергнуто критике в нескольких исследованиях и часто упоминается как хирургическая ошибка. Например, S.S. Mahmood и соавт. предупредили, что уменьшение общего офсета более чем на 5 мм имеет отрицательную связь с функциональными исходами пациента [26]. Согласно этому исследованию, пациенты со сниженным общим офсетом имели худшую функцию, оцененную с помощью WOMAC, меньшую силу отведения и более частое использование вспомогательных средств при ходьбе [26]. Различия, превышающие 5 мм относительно контралатерального бедра, по-видимому, оказывают негативное влияние на походку [27]. Кроме того, повышенный риск вывиха

наблюдался в большинстве тазобедренных суставов, которые имели уменьшенный общий офсет [9]. М. Weber и соавт. также рассмотрели этот вопрос в исследовании, показавшем, что на 20% меньше пациентов смогли соответствовать критериям ROM, необходимым для повседневной жизни, когда офсет не был полностью восстановлен [28]. В целом представляется, что хирургам следует избегать уменьшения общего офсета там, где это возможно, учитывая, что были выявлены только отрицательные результаты.

В литературе отдается предпочтение восстановлению или увеличению общего офсета по сравнению с его уменьшением. В некоторых статьях приводились доводы в пользу восстановления общего офсета хирургами-ортопедами [8]. Есть данные, свидетельствующие о том, что это улучшает послеоперационные результаты пациентов. Действительно, А.С. Esbjornsson и соавт. показали улучшение походки, уменьшение боли и связанного со здоровьем качества жизни, когда общий офсет был адекватно восстановлен на основе уменьшения вертлужного офсета по определению Пауэлса и увеличения бедренного офсета [18]. Интересно, что N.D. Clement и соавт. также показали, что значительное уменьшение вертлужного офсета и увеличение бедренного офсета (и, следовательно, отсутствие значительного изменения общего офсета) приводят к улучшению функциональных результатов [13]. Однако при восстановлении общего офсета следует учитывать соответствующее увеличение и уменьшение вертлужного и бедренного офсета. Действительно, W.B. Kurtz и соавт. показали, что увеличение бедренного офсета не компенсировало уменьшение вертлужного офсета относительно смоделированного ROM до вертлужно-бедренного соударения [21]. Одно исследование дополнительно показало, что общий офсет был в основном увеличен из-за латерализованного вертлужного компонента, что является интересным соображением, дающим больше оснований сосредоточиться на этом параметре [29]. Таким образом, что касается общего офсета, то кажется, что он должен быть восстановлен, по крайней мере, в пределах 5 мм в любом направлении, и что хирургам следует избегать уменьшения этого параметра, учитывая его потенциальную возможность в целом ухудшить результаты лечения пациентов. Однако для определенных функциональных результатов, таких как скорость походки в послеоперационном периоде, общий офсет может не быть существенным фактором [30].

Обсуждение

Основываясь на этом обзоре, можно сделать вывод, что в настоящее время коррекция смещения хирургами приводит к уменьшению послеоперационного вертлужного офсета и увеличению бедренного для поддержания общего офсета. Тем не менее, при этом вертлужный офсет наиболее часто упускается из виду как в литературе, так и, следовательно, в хирургической практике с клиническими последствиями. Это говорит о том, что бедренный

офсет является приоритетным параметром. Для улучшения будущих исследований важно выяснить, почему вертлужному офсету на сегодняшний день уделяется относительно меньше внимания, чем бедренному и общему офсету.

Первая причина, по которой вертлужный офсет может быть менее изучен, заключается в том, что его трудно измерить, особенно на стандартных рентгеновских снимках. Даже более изученный бедренный офсет может быть недооценен на рентгенограммах до 20% и, таким образом, не восстановлен с клиническими последствиями [8]. Следовательно, вертлужный компонент может иметь еще менее надежные оценки, учитывая, что им чаще пренебрегают.

Следующим соображением, объясняющим отсутствие литературы о вертлужном офсете, может быть то, что сама анатомия вертлужной впадины отличается большой вариабельностью [20]. Вертлужный офсет у разных людей сильно варьируется, и расстояние до дна вертлужной впадины может достигать 13 мм, что необходимо учитывать при хирургическом вмешательстве. Такая дисперсия может объяснить, почему исследования не выявили корреляции между изменениями офсет вертлужной впадины и бедренной кости, несмотря на значительную корреляцию между бедренным и глобальным офсетом [31]. Анатомические различия еще больше усложняют определение длины целевых параметров. Более того, результирующий центр вращения бедра зависит как от анатомии вертлужной впадины, так и от хирургической техники, используемой для имплантации вертлужного компонента.

Заключение

В литературе существует общее мнение о том, что бедренный офсет должен быть немного увеличен до 5 мм, а общий офсет должен поддерживаться во время операции для улучшения функциональных результатов. Однако имеются многочисленные расхождения относительно определения изменения офсета. Чтобы стандартизировать результаты, рекомендуется использовать ипсилатеральную сторону до операции в качестве ориентира для изменения смещения. Многие исследования показывают, что общий офсет является решающим фактором. Однако в отношении вертлужного офсета данные менее убедительны, хотя это и важный геометрический параметр. Вероятно, это обусловлено проблемами, связанными с хирургическим контролем, трудностями измерения, единообразием определения и анатомической изменчивостью. Согласование точного определения нижнего предела вертлужного офсета и изучение новых методов могут стать следующими шагами к окончательному определению диапазонов параметров для конкретного пациента, которые оптимизируют функциональные результаты. Данное исследование подчеркивает важность офсета как параметра тазобедренного сустава и обращает особое внимание на вертлужный

офсет, потенциальная важность которого до настоящего времени в значительной степени упускалась из виду и требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Миначов Б.Ш., Миначов Т.Б., Кабиров Р.Д., Глазунов С.Ю., Халиков А.А. Сравнение результатов тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с переломом шейки бедра и остеоартритом // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32300> (дата обращения: 20.08.2023).
2. Алиев Б.Г., Исмаел А., Уразовская И.Л., Мансуров Д.Ш., Ткаченко А.Н., Хайдаров В.М., Спичко А.А. Частота и структура негативных последствий эндопротезирования тазобедренного сустава в отдаленные сроки // Новости хирургии. 2022. №4. С. 392-400.
3. Меньщикова И.А., Ершов А.С. Реабилитация больных ревматоидным артритом после эндопротезирования тазобедренного сустава // Уральский медицинский журнал. 2022. №2. С. 67-70.
4. Кудяшев А.Л., Хоминец В.В., Иванов Д.В., Кириллова И.В., Коссович Л.Ю., Метленко П.А. Чернышев В.В. Величина шеечно-диафизарного угла ножки эндопротеза тазобедренного сустава как биомеханическая предпосылка развития асептической нестабильности вертлужного компонента (экспериментальное исследование) // Гений ортопедии. 2022. №6. С. 811-816.
5. Лоскутов О.А., Науменко Н.Е., Лоскутов А.Е., Синегубов Д.А., Горобец Д.В., Фурманова К.С. Оценка первичной стабильности запрессовываемого и ввинчиваемого ацетабулярных компонентов при эндопротезировании тазобедренного сустава // Ортопедия, травматология и протезирование. 2017. №1. С. 92-97.
6. Conner-Spady B.L., Bohm E., Loucks L., Dunbar M.J., Marshall D.A., Noseworthy T.W. Patient expectations and satisfaction 6 and 12 months following total hip and knee replacement // Qual Life Res. 2020. Vol. 29. Is. 3. P. 705-719.
7. Cassidy K.A., Noticewala M.S., Macaulay W., Lee J.H., Geller J.A. Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty // J. Arthroplasty. 2012. Vol. 27. Is. 10. P. 1863-1869.
8. Sariali E., Klouche S., Mouttet A., Pascal-Moussellard H. The effect of femoral offset modification on gait after total hip arthroplasty // Acta Orthop. 2014. Vol. 85. Is. 2. P. 123-127.
9. Robinson M., Bornstein L., Mennear B., Bostrom M., Nestor B., Padgett D., Westrich G. Effect of restoration of combined offset on stability of large head THA // Hip. Int. 2012. Vol. 22. Is. 3. P. 248-253.

10. Rüdiger H.A., Guillemin M., Latypova A., Terrier A. Effect of changes of femoral offset on abductor and joint reaction forces in total hip arthroplasty // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2017. Vol. 137. Is. 11. P. 1579-1585.
11. Liebs T.R., Nasser L., Herzberg W., Rüter W., Hassenpflug J. The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement // Bone Joint J. 2014. Vol. Is. 1. P. 36-42.
12. Hu X., Zheng N., Chen Y., Dai K., Dimitriou D., Li H., Tsai T.Y. Optimizing the Femoral Offset for Restoring Physiological Hip Muscle Function in Patients With Total Hip Arthroplasty // Front Bioeng Biotechnol. 2021. Is. 9. P. 645019.
13. Clement N.D., S Patrick-Patel R., MacDonald D., Breusch S.J. Total hip replacement: increasing femoral offset improves functional outcome // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2016. Vol. 136. Is. 9. P. 1317-1323.
14. Asayama I., Chamnongkitch S., Simpson K.J., Kinsey T.L., Mahoney O.M. Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty // J. Arthroplasty. 2005. Vol. 20. Is. 4. P. 414-420.
15. Lecerf G., Fessy M.H., Philippot R., Massin P., Giraud F., Flecher X., Girard J., Mertl P., Marchetti E., Stindel E. Femoral offset: anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty // Orthop. Traumatol. Surg. Res. 2009. Vol. 95. Is. 3. P. 210-219.
16. Пиманчев О.В., Попов Н.В., Ряполов Ю.В., Джоджуа А.В., Романов Д.А. Преимущества переднего доступа при эндопротезировании тазобедренного сустава // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. НИ Пирогова. 2023. №1. С. 86-90.
17. Budzińska M.B., Maciąg B.M., Żarnovsky K., Kordyaczny T., Kowalczyk I.M., Adamska O., Stolarczyk A. How to analyze postoperative radiographs after total hip replacement // Jpn. J. Radiol. 2023. Vol. 41. Is. 1. P. 14-18.
18. Esbjörnsson A.C., Kiernan S., Mattsson L., Flivik G. Geometrical restoration during total hip arthroplasty is related to change in gait pattern - a study based on computed tomography and three-dimensional gait analysis // BMC Musculoskelet Disord. 2021. Vol. 22. Is. 1. P. 369.
19. Flecher X., Ollivier M., Argenson J.N. Lower limb length and offset in total hip arthroplasty // Orthop. Traumatol Surg Res. 2016. Vol. 102. Is. 1. P. 9-20.
20. Merle C., Innmann M.M., Waldstein W., Pegg E.C., Aldinger P.R., Gill H.S., Murray D.W., Grammatopoulos G. High Variability of Acetabular Offset in Primary Hip Osteoarthritis Influences Acetabular Reaming-A Computed Tomography-Based Anatomic Study // J. Arthroplasty. 2019. Vol. 34. Is. 8. P. 1808-1814.
21. Kurtz W.B., Ecker T.M., Reichmann W.M., Murphy S.B. Factors affecting bony impingement in hip arthroplasty // J. Arthroplasty. 2010. Vol. 25. Is. 4. P. 624-634.

22. Bhaskar D., Rajpura A., Board T. Current Concepts in Acetabular Positioning in Total Hip Arthroplasty // *Indian J. Orthop.* 2017. Vol. 51. Is. 4. P. 386-396.
23. Zuo J., Xu M., Zhao X., Shen X., Gao Z., Xiao J. Effects of the depth of the acetabular component during simulated acetabulum reaming in total hip arthroplasty // *Sci. Rep.* 2021. Vol. 11. Is. 1. P. 9836.
24. Terrier A., Levrero Florencio F., Rüdiger H.A. Benefit of cup medialization in total hip arthroplasty is associated with femoral anatomy // *Clin. Orthop. Relat Res.* 2014. Vol. 472. Is. 10. P. 3159-3165.
25. Biggi S., Banci L., Tedino R., Capuzzo A., Cattaneo G., Tornago S., Camera A. Restoring global offset and lower limb length with a 3 offset option double-tapered stem // *BMC Musculoskelet Disord.* 2020. Vol. 21. Is. 1. P. 646.
26. Mahmood S.S., Mukka S.S., Crnalic S., Wretenberg P., Sayed-Noor A.S. Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength. A prospective cohort study of 222 patients // *Acta Orthop.* 2016. Vol. 87. Is. 1. P. 36-41.
27. Renkawitz T., Weber T., Dullien S., Woerner M., Dendorfer S., Grifka J., Weber M. Leg length and offset differences above 5mm after total hip arthroplasty are associated with altered gait kinematics // *Gait Posture.* 2016. Vol. 49. P. 196-201.
28. Weber M., Merle C., Nawabi D.H., Dendorfer S., Grifka J., Renkawitz T. Inaccurate offset restoration in total hip arthroplasty results in reduced range of motion // *Sci Rep.* 2020. Vol. 10. Is. 1. P. 13208.
29. Tripuraneni K.R., Archibeck M.J., Junick D.W., Carothers J.T., White R.E. Common errors in the execution of preoperative templating for primary total hip arthroplasty // *J. Arthroplasty.* 2010. Vol. 25. Is. 8. P. 1235-1239.
30. Ohmori T., Kabata T., Kajino Y., Inoue D., Kato S., Tsuchiya H. Contralateral Lower-Limb Functional Status Before Total Hip Arthroplasty: An Important Indicator for Postoperative Gait Speed // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2021. Vol. 103. Is. 12. P. 1093-1103.
31. Bjarnason J.A., Reikeras O. Changes of center of rotation and femoral offset in total hip arthroplasty // *Ann. Transl. Med.* 2015. Vol. 3. Is. 22. P. 355.