

Сравнительный анализ разработанного способа предоперационного планирования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава

Д.И. Варфоломеев

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Минздрава России (Воронеж, Россия)

Аннотация

Цель – провести сравнительную оценку точности разработанного способа предоперационного планирования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава.

Материал и методы. Для повышения точности предоперационного планирования и уменьшения количества интра- и послеоперационных осложнений был разработан «Способ предоперационного планирования при эндопротезировании тазобедренного сустава» и устройство для его реализации. Проведено клиническое исследование в группах сравнения. В основной группе (50 пациентов) подготовку к операции осуществляли с применением предложенного способа, в контрольной – с использованием стандартной методики планирования. В послеоперационном периоде оценивали точность определения размеров компонентов эндопротезов, длины конечности, оффсета. Для этого сравнивали данные предоперационного планирования и полученные результаты.

Результаты. Точность оценки оффсета в основной группе была выше, чем в контрольной (Т-критерий = -2,6; $p = 0,01$). Средняя разница между предполагаемым оффсетом и полученным в основной группе составила $1,4 \pm 1,5$ мм, в контрольной – $2,2 \pm 1,7$ мм. Погрешность в оценке размера головки в основной группе была меньше, чем в контрольной (отношение шансов = 3,02). Достоверных отличий определения размеров вертлужного и бедренного компонентов эндопротеза, разницы в длине конечностей в группах сравнения не было.

Заключение. Разработанный способ позволяет повысить точность предоперационного планирования при эндопротезировании тазобе-

дренного сустава. Предложенное устройство обеспечивает правильную укладку пациентов при выполнении рентгенографии таза, а также позволяет легко изменять ее при выполнении данной процедуры.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, предоперационное планирование, осложнения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Варфоломеев Д.И. Сравнительный анализ разработанного способа предоперационного планирования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. Наука и инновации в медицине. 2024;9(1):XX-XX. <https://doi.org/10.35693/SIM121856>

Сведения об авторе

Варфоломеев Д.И. – канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, слушатель кафедры травматологии и ортопедии. <https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Автор для переписки

Варфоломеев Денис Игоревич

Адрес: Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, 10, г. Воронеж, Россия, 394036.
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Получено: 15.01.2023

Одобрено: 12.10.2023

Опубликовано: 28.01.2024

Comparative analysis of the developed method of preoperative planning in primary hip arthroplasty

Denis I. Varfolomeev

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Voronezh, Russia)

Abstract

Aim – to conduct a comparative assessment of the accuracy of the developed method of preoperative planning for primary hip arthroplasty.

Material and methods. The "Method of preoperative planning in hip arthroplasty" and special device were developed to improve the accuracy of preoperative planning and reduce the number of complications. A clinical study was conducted in the comparison groups. In the main group (50 patients), we used the proposed method in the pre-operative planning; in the control group the patients were prepared for the operation using a standard planning method. The accuracy of evaluation of implant sizes, limb length and offset were registered in the post-operative period. The preoperative planning data were compared with the results obtained.

Results. The accuracy of offset estimation in the main group was higher than in the control group (T-criterion = -2.6; $p = 0.01$). The average difference between the estimated offset and the one obtained in the main group was 1.4 ± 1.5 mm, in the control group it was 2.2 ± 1.7 mm. The error in head size estimation in the main group was less than in the control group (odds ratio = 3.02). No significant differences were registered in determining the size of components of the endoprosthesis, and there were no differences in the leg length in the study groups.

Conclusion. The developed method allows for improving the accuracy of preoperative planning in hip arthroplasty. The proposed device ensures the correct placement of patients when performing pelvic radiography, and also makes it easy to change it when performing this procedure.

Keywords: hip arthroplasty, preoperative planning, complications.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Varfolomeev D.I. **Comparative analysis of the developed method of preoperative planning in primary hip arthroplasty.** *Science and Innovations in Medicine.* 2024;9(1):XX-XX. <https://doi.org/10.35693/SIM121856>

Information about author

Denis I. Varfolomeev – PhD, orthopedic traumatologist, postgraduate student of the Department of Traumatology and Orthopedics.

<https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>

E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Corresponding Author

Denis I. Varfolomeev

Address: Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10 Studencheskaya st., Voronezh, Russia, 394036.

E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Received: 15.01.2023

Accepted: 12.10.2023

Published: 28.01.2024

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

Эндопротезирование тазобедренного сустава является широко распространенной операцией. В последние годы отмечается неуклонный рост числа как первичных, так и ревизионных вмешательств. Предоперационное планирование является залогом успешного выполнения операции по замене тазобедренного сустава. Оно включает в себя оценку кожных покровов в зоне вмешательства, амплитуды движений в суставе, разницы в длине конечностей. Одним из наиболее важных элементов подготовки к операции является планирование по рентгенограммам. Для этого используют снимки таза и тазобедренного сустава с известным масштабированием [1, 2].

Планирование может быть выполнено как с использованием шаблонов имплантатов, которые прикладываются к рентгенограммам, так и с помощью специальных программ. Точность цифрового и «обычного» планирования достоверно между собой не отличается [3, 4]. Каждый из способов имеет свои достоинства и недостатки. При этом использование программ для подготовки к операции значительно упрощает ее выполнение, не требует наличия большого количества шаблонов имплантатов, кальки, позволяет редактировать рентгеновские изображения и сохранять в электронном виде полученные данные.

Планирование операции по рентгенограммам включает в себя оценку типа компонентов эндопротеза, их размеров и положения [5, 6]. При этом при определении данных параметров существует определенная погрешность, обусловленная, с одной стороны, двумерным изображением, которое получается на снимке, а с другой – ошибками при выполнении рентгенограмм.

Корректное предоперационное планирование зависит от различных факторов, таких как точное масштабирование рентгеновских снимков и укладка пациента [7]. При выполнении рентгенографии необходимо соблюдение ряда условий. К ним относятся одинаковая ротация бедренных костей, параллельное расположение их осей, соосность линии симфиза и крестца, а также правильное расположение таза в сагиттальной плоскости. Обычно у пациентов с патологией тазобедренного сустава развиваются контрактура, укорочение конечности, деформация позвоночника, которые приводят к некорректному положению таза при выполнении снимка. В связи с наличием болей в тазобедренном суставе или обоих суставах не всегда получается сделать рентгенограммы с одинаковой ротацией бедренных костей. Таким образом, вышеуказанные особенности препятствуют изготовлению «идеальных» снимков.

При выполнении рентгенографии таза стандартным является такое положение, при котором нижние конечности ротированы внутрь порядка 15–20 градусов. При этом

на снимках обычно визуализируется максимальная длина шейки бедренной кости. Однако шейка бедренной кости может располагаться в ретроторсии или в нейтральном положении между антеторсией и ретроторсией. Это приводит к тому, что при стандартной внутренней ротации бедра на рентгенограммах получаются некорректные снимки. В рентгеновском кабинете не всегда могут быть специальные устройства для фиксации стоп пациента в необходимом положении. В ряде случаев у больных имеются различные деформации стоп и других костей нижних конечностей. Все это приводит к погрешностям при выполнении рентгенографии таза и тазобедренных суставов и ошибкам при планировании операции.

Необходимо отметить, что точное планирование способствует сокращению продолжительности операции, упрощению ее выполнения, а также предотвращению интра- и послеоперационных осложнений [8].

■ ЦЕЛЬ

Провести сравнительную оценку точности разработанного способа предоперационного планирования при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Предложенный способ заключается в следующем. Рентгенографию таза пациента выполняют с использованием разработанного устройства. Оно включает в себя два компонента. Первый используется для обеспечения



Рисунок 1. Устройство для поворота стоп пациента: 1 – линейный актуатор, 2 – стоподержатель, 3 – основание устройства, 4 – кнопка включения, 5 – блок управления актуаторами с радиоприемником, 6 – электропровод питания.

Figure 1. Device for turning the patient's feet: 1 – linear actuator, 2 – foot holder, 3 – device base, 4 – power button, 5 – actuator control unit with radio receiver, 6 – power supply cable.

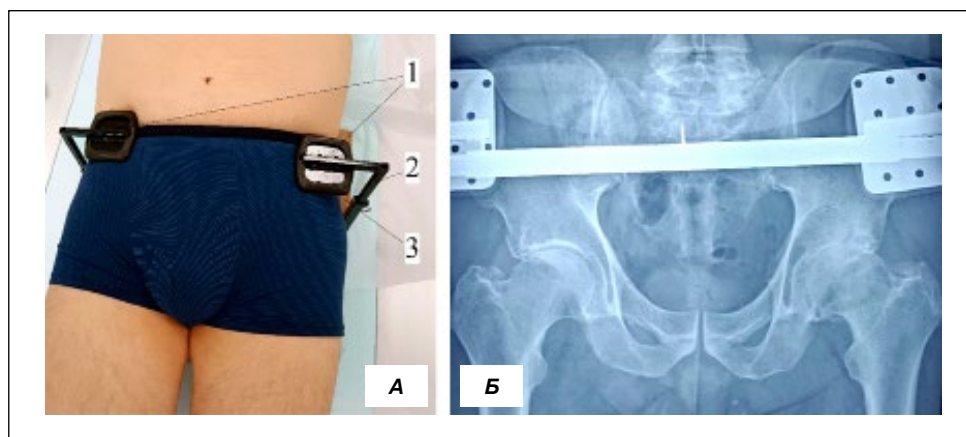


Рисунок 2. а) Таз пациента, фиксированный в устройстве, б) рентгенограмма пациента, фиксированного в устройстве: 1 – фиксатор передних верхних подвздошных остей, 2 – подвижные направляющие, 3 – основание устройства.

Figure 2. a) Patient's pelvis fixed in the device, b) radiograph of the patient fixed in the device: 1 – fixator of the anterior superior iliac spines, 2 – movable guides, 3 – base of the device.

правильной ротации бедренных костей при выполнении рентгенографии таза (**рисунок 1**).

Первый компонент устройства состоит из основания, на котором установлены подвижные стоподержатели, соединенные с линейными актуаторами. Стоподержатели имеют возможность одновременного поворота, что позволяет осуществлять синхронную ротацию обеих ступней и соответственно бедренных костей из положения максимальной наружной ротации в положение максимальной внутренней ротации и наоборот. Управление устройством осуществляется посредством радиосвязи, при помощи брелока, аналогичного брелоку от автомобильной сигнализации. При этом есть возможность остановить поворот стоп и зафиксировать их в положении необходимой ротации.

Второй компонент устройства предназначен для правильной укладки таза пациента на рентгеновском столе. Он включает в себя основание, на котором располагаются подвижные упоры. Фиксация таза пациента осуществляется

между основанием и упорами, которые устанавливаются на передние верхние подвздошные ости. Данный компонент устройства позволяет расположить таз пациента соответствующим образом относительно рентгеновского стола и избежать его перегиба в горизонтальной плоскости пациента (**рисунок 2**).

Второй компонент устройства используется в случаях выраженной деформации позвоночника, когда не получается корректно расположить таз на рентгеновском столе.

В исследование вошли 100 пациентов обоих полов, находившихся на лечении в ортопедическом отделении Воронежской областной клинической больницы №1 в период с 01.06.2022 г. по 10.12.2022 г. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ВГМУ им. Н.Н. Бурденко (протокол заседания №8 от 28.04.2022 г.). Были получены информированные согласия пациентов на включение в исследование.

Большинству была выполнена операция тотального эндопротезирования тазобедренного сустава по поводу идиопатического коксартроза. У 42 (42%) больных процесс был односторонним, у 58 (58%) – двусторонним. Из исследования были исключены пациенты со сложными случаями первичного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Пациенты случайным образом были разделены на 2 группы по 50 человек в каждой. В основную группу вошли пациенты, которым предоперационное планирование проводили с использованием предложенного способа и устройства. Больным выполняли 3 рентгенограммы с различной ротацией бедренной кости. Для этого из положения максимальной внутренней ротации осуществляли поворот конечностей кнаружи. Угол поворота оценивали при помощи электронного угломера Lomvum (Китай), **рисунок 3**.

При этом выполняли 3 рентгенограммы после поворота на каждые 5 градусов. Из полученных рентгенограмм выбирали снимок, на котором офсет был максимальным. По данному снимку и выполняли предоперационное планирование. Контрольную группу составили пациенты, которым рентгенографию и планирование делали по стандартной методике.

При выполнении снимков в обеих группах расстояние от излучателя до кассеты составило 115 см, центрация рентгеновского луча – на симфизе. Для точного масштабирования использовали металлическую головку эндопротеза диаметром 28 мм, которую располагали на уровне большого вертела пациентов. Также делали снимок тазобедренного сустава в прямой и боковой проекциях.

Группы сравнения были сопоставимы между собой по таким параметрам, как возраст, пол, индекс массы тела. Пациентам имплантировали эндопротезы бесцементной фиксации. В исследовании оценивали соответствие размеров компонентов эндопротеза при планировании и полученных после операции результатов. Также изучали



Рисунок 3. Устройство для поворота стоп с угломером: 1 – стоподержатель, 2 – электронный угломер, 3 – линейный актуатор, 4 – основание устройства, 5 – блок управления актуаторами с радиоприемником.

Figure 3. Device for turning feet with a goniometer: 1 – foot holder, 2 – electronic goniometer, 3 – linear actuator, 4 – device base, 5 – actuator control unit with radio receiver.

Исследуемый параметр	Основная группа	Контрольная группа
Совпадение размера чашки, n (%)	42 (84,0)	40 (80,0)
Совпадение размера ножки, n (%)	39 (78,0)	36 (72,0)
Совпадение размера головки, n (%)	39 (78,0)	27 (54,0)

Таблица 1. Совпадение данных планирования и результатов вмешательства

Table 1. Coincidence of planned data and intervention results

такие параметры, как офсет и разница в длине конечностей.

Для расчета статистических параметров была использована программа SPSS Statistics v.26. Оценивали средние значения и стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). Распределение в обеих группах соответствовало нормальному, сравнение средних величин осуществляли с использованием Т-критерия Стьюдента для независимых выборок. Полученные данные были оценены с применением принципов доказательной медицины [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенного исследования представлены в **таблице 1**.

Точность определения размеров вертлужных компонентов эндопротезов в обеих группах достоверно не отличалась. Несоответствие данных планирования и интраоперационных результатов была обусловлена анатомическими особенностями вертлужных впадин, когда верхне-нижний размер был больше, чем передне-задний, что не позволяло установить запланированную чашку. В ряде случаев ошибки были связаны с неправильным масштабированием снимков.

Точность определения размеров ножек в группах сравнения также не отличалась. Погрешность в оценке размера головки в основной группе была меньше, чем в контрольной (отношение шансов = 3,02).

В основной группе у 6 пациентов амплитуда ротационных движений в оперируемом суставе составила менее 10 градусов (в связи с контрактурой и выраженными болями). Это не позволило выполнить корректные снимки сустава, что потребовало проведения планирования по «здоровой стороне».

В основной группе у 2 пациентов была отмечена ретроторсия шейки бедренной кости, в связи с чем максимальная длина шейки на рентгенограммах была при наружной ротации нижних конечностей.

Разница в длине конечностей после операции представлена в **таблице 2**.

Исследуемый параметр	Основная группа	Контрольная группа
Одинаковая длина конечностей, n (%)	25 (50,0)	23 (46,0)
Разница длины до 5 мм, n (%)	21 (42,0)	22 (44,0)
Разница длины от 6 до 9 мм, n (%)	4 (8,0)	5 (10,0)

Таблица 2. Длина конечностей в группах сравнения после операции

Table 2. The length of the limbs in the study groups after surgery

В обеих группах во всех случаях была достигнута допустимая разница в длине конечностей до 9 мм. Одинаковая длина конечностей в основной группе была получена у 50% пациентов, в контрольной – у 46% больных. Разница в длине конечностей после операции была обусловлена интраоперационными трудностями. К ним относились заклинивание ножки в канале бедренной кости, а также интраоперационные вывихи, которые требовали увеличения натяжения пельвиотрохантерных мышц за счет удлинения конечности.

Точность оценки офсета в основной группе была выше, чем в контрольной (Т-критерий = -2,6; $p = 0,01$). Средняя разница между предполагаемым офсетом и полученным в основной группе составила $1,4 \pm 1,5$ мм, в контрольной – $2,2 \pm 1,7$ мм. Точность определения офсета в основной группе была выше за счет возможности выбора снимка с максимальной длиной шейки бедренной кости и соответственно выполнения предоперационного планирования по полученной рентгенограмме.

При ротации бедренных костей изменяются 3 параметра: шеечно-диафизарный угол, офсет и ширина костномозгового канала (**рисунок 4**).

Таким образом, если при выполнении рентгенографии выполнена неправильная укладка пациента, то результаты

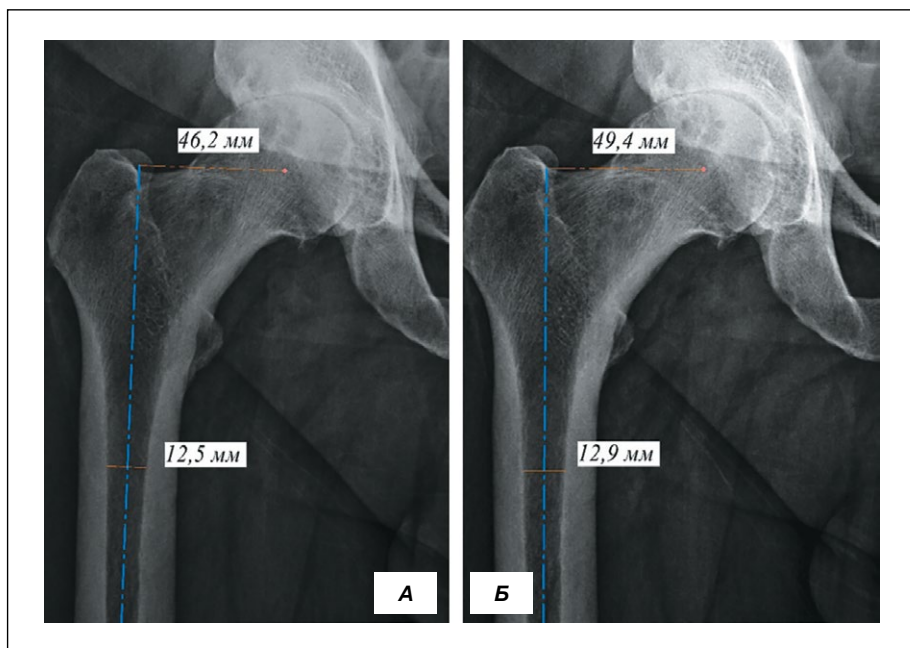


Рисунок 4. Рентгенограммы тазобедренного сустава при различной ротации нижних конечностей (указаны величины ширины костномозгового канала и офсета): а) нейтральное положение стопы, б) внутренняя ротация стоп 12 градусов.

Figure 4. Radiographs of the hip joint with different rotation of the lower extremities (the values of the width of the medullary canal and offset are indicated): а) neutral foot position, б) internal foot rotation of 12 degrees.

расчетов, которые проводятся при предоперационном планировании, могут быть неверными.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в исследовании результаты сопоставимы с результатами других авторов (точность определения размеров вертлужного компонента эндопротеза порядка 68,5–87%, бедренного компонента эндопротеза – порядка 76–78%) [10]. Планирование по рентгенограммам, безусловно, не может обеспечить полного совпадения данных расчетов перед операцией и получаемых результатов. Двумерное изображение на снимках не позволяет полноценно оценить параметры таза и бедренной кости. В сложных случаях, когда имеются посттравматические изменения, при диспластическом, протрузионном коксартрозе, целесообразно выполнять подготовку к операции с использованием программ 3D-планирования [11, 12]. Объемное изображение костей и имплантатов позволяет с высокой точностью рассчитать необходимые параметры. Однако это значительно увеличивает продолжительность самого планирования и требует наличия соответствующего программного обеспечения и оборудования.

По мнению S. Dragosloveanu и соавт. (2023), для планирования по рентгенограммам достаточно выполнения стандартных снимков таза в прямой и боковой проекциях [13]. А.Е. Roug и соавт. (2023) предлагают для повышения точности подготовки к операции выполнять дополнительно рентгенографию пациента в положении сидя в прямой и боковой проекциях. По мнению авторов, это позволяет с высокой точностью оценивать угол наклона таза в сагитальной плоскости [14].

Х. Gasparutto и соавт. (2022) для предоперационного планирования предлагают выполнять рентгенографию всего пациента в двух проекциях. Это позволяет оценивать геометрические параметры костей, а также анатомические ориентиры, необходимые для подготовки к операции [15].

М. Kim и соавт. (2022) используют для планирования технологии компьютерной визуализации. Подготовка к операции выполняют на основе стандартных рентгенограмм таза в прямой и боковой проекциях. При этом планирование осуществляет компьютерная программа без участия врача. По данным авторов, точность определения размеров компонентов с погрешностью в 1 размер для чашки составляет 78,9%, для ножки – 70,9% [16].

В последние годы в области эндопротезирования тазобедренного сустава активно внедряются различные новые технологии, навигационные системы, роботы, средства трехмерной визуализации. Они позволяют выполнять операции без планирования. Как правило, данные системы являются дорогостоящими, увеличивают

продолжительность и травматичность операции. Поэтому на практике большинство операций выполняется с применением традиционных методов планирования по рентгенограммам.

Н. Peng (2020) предлагает для повышения точности установки имплантатов в дополнение к предоперационному планированию по рентгенограммам во время операции выполнять рентгенографию таза для оценки положения компонентов [17].

Конечно, современные программы для подготовки к операции позволяют скорректировать абдукцию бедренных костей (на рентгенограммах), однако это увеличивает продолжительность планирования, а также приводит к погрешностям при его выполнении.

Разработанное устройство позволяет расположить таз и конечности пациента перед выполнением рентгенографии соответствующим образом. Это исключает необходимость выполнения повторных снимков или использования режима рентгеноскопии, для того чтобы «вывести» нужные проекции. Вследствие этого использование разработанного способа не увеличивает лучевую нагрузку на больных. Для того чтобы снизить лучевую нагрузку на пациентов, применяя разработанный способ предоперационного планирования, при выполнении поворота стоп можно использовать режим рентгеноскопии с записью результатов. Для этого из полученной кинопетли необходимо выбрать снимок (кадр), на котором длина шейки бедренной кости является максимальной, и по нему выполнить расчеты.

Разработанный способ может быть использован при любом виде планирования – как при цифровом, так и при обычном с использованием шаблонов, которые прикладываются к рентгенограммам.

Безусловно, окончательное решение о размерах и положении компонентов эндопротеза принимает хирург во время операции. Необходимо отметить, что все параметры, которые были измерены во время планирования (офсет, положение чашки, глубина установки ножки и другие), должны контролироваться во время вмешательства с использованием специальных измерительных инструментов [17].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный способ и устройство обеспечивают правильную укладку таза пациентов при выполнении рентгенографии, а также позволяют легко изменять ее при проведении данной процедуры. Это упрощает работу рентгенологов и позволяет в случаях выраженных деформаций позвоночника, контрактур в суставах сделать снимки, необходимые ортопедам для планирования операций по замене тазобедренных суставов. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of Interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Guide to hip replacement. Eds. R.M. Tikhilov, V.M. Shapovalov. SPb., 2008. (In Russ.). [Руководство по эндопротезированию тазобедренного сустава. Под ред. Р.М. Тихилова, В.М. Шаповалова. СПб., 2008].
2. Zagorodnii NV. *Hip replacement. Fundamentals and Practice: a Guide*. M.: GEOTAR-Media, 2012. (In Russ.). [Загородний Н.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава. Основы и практика: руководство. М., 2012].
3. Gomez LF, Gaitan-Lee H, Duarte MA, et al. Precision and accuracy of pre-surgical planning of non-cemented total hip replacement with calibrated digital images and acetates. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16:431. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02584-2>
4. Dutka J, Kiepusa S, Sukowczan M. Is analog preoperative planning still applicable? – comparison of accuracy of analog and computer preoperative planning methods in total hip arthroplasty. *Annals of translational medicine*. 2021;9(9):749. <https://doi.org/10.21037/atm-20-7489>
5. Shaikh AH. Preoperative Planning of Total Hip Arthroplasty [Internet]. *Total Hip Replacement – An Overview*. 2018. <http://doi.org/10.5772/intechopen.76368>
6. Zorya VI, Smirnov AV. Preoperative planning of hip replacement in degenerative-dystrophic diseases in terminal stages in adolescents. *Kazan medical journal*. 2016;97(4):645-651. (In Russ.). [Зоря В.И., Смирнов А.В. Предоперационное планирование эндопротезирования тазобедренного сустава при дегенеративно-дистрофических заболеваниях в терминальных стадиях у подростков. *Казанский медицинский журнал*. 2016;97(4):645-651]. <https://doi.org/10.17750/KMJ2015-645>
7. Kavalerskii GM, Sereda AP, Murylev VYu. 2D-planirovanie endoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;4:95-102. (In Russ.). [Кавалерский Г.М., Серeda А.П., Мuryлев В.Ю. 2D-планирование эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2015;4:95-102]. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2015-0-4-95-102>
8. Della Valle AG, Padgett DE, Salvati EA. Preoperative Planning for Primary Total Hip Arthroplasty. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2005;13(7):455-462. <https://doi.org/10.5435/00124635-200511000-00005>
9. Kotel'nikov GP, Shpigel' AS. *Evidence-based medicine. Scientifically based medical practice*. M., 2012. (In Russ.). [Котельников Г.П., Шпигель А.С. Доказательная медицина. Научно обоснованная медицинская практика. М., 2012].
10. Shah SM, Bhat AA, Kanth I. Preoperative planning of primary total hip arthroplasty using conventional radiographs. *International Journal of Orthopaedics Sciences*. 2022;8(3):223-227. <https://doi.org/10.22271/ortho.2022.v8.i3d.3202>
11. Radmer S. Threedimensional, CT-assisted preoperative planning for primary total hip arthroplasty. *Hong Kong Journal of Orthopaedic Research*. 2021;4(3):95-99. <https://doi.org/10.37515/ortho.8231.4309>
12. Huo J, Huang G, Han D. Value of 3D preoperative planning for primary total hip arthroplasty based on artificial intelligence technology. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16:156. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02294-9>
13. Dragosloveanu S, Petre MA, Gherghie M, et al. Overall accuracy of radiological digital planning for total hip arthroplasty in a specialized orthopaedics hospital. *Journal of Clinical medicine*. 2023;12:4503. <https://doi.org/10.3390/jcm12134503>
14. Pour AE, Green JH, Christensen TH, et al. Is it necessary to obtain lateral pelvic radiographs in flexed seated position for preoperative total hip arthroplasty planning? *Arthroplasty today*. 2023;21:101133. <https://doi.org/10.1016/j.artd.2023.101133>
15. Gasparutto X, Besonhe P, DiGiovanni PL, et al. Reliability of the pelvis and femur anatomical landmarks and geometry with the EOS system before and after total hip arthroplasty. *Scientific Reports*. 2022;12:21420. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25997-3>
16. Kim M, Il-Seok Oh, Yoon S-J. Deep Learning and Computer Vision Techniques for Automated THA Planning on 2-D Radiographs. *IEEE Access*. 2022;10:94145-94157. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204147>
17. Peng HM, Feng B, Chen X, et al. Usefulness of a simple preoperative planning technique using plain X-rays for direct anterior approach for total hip arthroplasty. *Orthopaedic surgery*. 2020;13(1):145-152. <https://doi.org/10.1111/os.12854>