



МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГОЛОВКИ ЛУЧЕВОЙ КОСТИ ЧЕЛОВЕКА – ОСНОВА ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОГО ПОДХОДА К ЕЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЮ

Самохина А.О., Шемяков С.Е., Ратев А.П.

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия,
e-mail: kafedra.anatomii@bk.ru

Для цитирования:

Самохина А.О., Шемяков С.Е., Ратев А.П. Морфометрические параметры головки лучевой кости человека – основа индивидуализированного подхода к ее протезированию. Морфологические ведомости. 2022;30(4):730. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(4\).730](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(4).730)

Резюме. Морфометрические параметры головки лучевой кости актуальны для изготовления ее протезов, зачастую в соответствующей литературе приводятся только средние значения размеров без учета индивидуальных особенностей их соотношений. При недостаточно точном подборе размеров используемого протеза головки лучевой кости возникают осложнения. Чтобы предотвратить развитие осложнений размер имплантата должен точно соответствовать анатомической форме и размерам проксимального эпифиза лучевой кости и суставных поверхностей локтевой и плечевой костей. Цель исследования – систематизировать данные, представленные в научной литературе об анатомической форме, количественных и качественных параметрах головки лучевой кости человека для их возможного использования при изготовлении протезов лучевой кости. Материалы и методы исследования заключались в поиске статей и научной литературы в различных базах данных, по следующим ключевым словам на русском и английском языках: локтевой сустав, лучевая кость, головка, шейка, протезирование. В результате проведенного анализа литературы установлено, что при изучении локтевого сустава и проксимального отдела лучевой кости общепринятыми показателями, используемыми как в антропометрических, так и в клинических исследованиях, являются лишь некоторые из них. Проведенный анализ литературы показал, что при характеристике локтевого сустава и проксимального отдела лучевой кости общепринятыми показателями, используемыми как в антропометрических, так и в клинических исследованиях, являются три параметра: максимальный и минимальный диаметры головки лучевой кости и глубина суставной ямки. Однако, для более точного описания проксимального отдела лучевой кости по нашему мнению необходимо учитывать длину бугристости лучевой кости, ширину головки, глубину суставной ямки, фронтальный диаметр шейки, длину окружности головки, диаметр головки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, длину окружности шейки, высоту головки в четырех взаимно перпендикулярных точках.

Ключевые слова: локтевой сустав; лучевая кость; морфометрия; анатомическая форма; протезирование

Статья поступила в редакцию 28 июня 2022

Статья принята к публикации 26 декабря 2022

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE HUMAN RADIAL BONE HEAD ARE THE BASIS OF AN INDIVIDUALIZED APPROACH TO ITS PROSTHETICS

Samokhina AO, Shemyakov SE, Rat'ev AP

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia, e-mail: kafedra.anatomii@bk.ru

For the citation:

Samokhina AO, Shemyakov SE, Rat'ev AP. Morphometric parameters of the human radial bone head are the basis of an individualized approach to its prosthetics. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2022;30(4):730. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(4\).730](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(4).730)

Summary. The morphometric parameters of the head of the radial bone are relevant for the manufacture of its prostheses, often in the relevant literature only average sizes are given without taking into account the individual characteristics of their ratios. With insufficiently accurate selection of the sizes of the used prosthesis of the head of the radius, complications arise. To prevent the development of complications, the size of the implant must exactly match the anatomical shape and size of the proximal epiphysis of the radius and the articular surfaces of the ulna and humerus. The purpose of the study is to systematize the data presented in the scientific literature on the anatomical shape, quantitative and qualitative parameters of the head of the human radius for their possible use in the manufacture of prostheses of the radius. The materials and methods of the study consisted in searching for articles and scientific literature in various databases, using the following keywords in Russian and English: elbow joint, radius, head, neck, prosthetics. As a result of the analysis of the literature, it was found that in the study of the elbow joint and the proximal radius, only a few of them are generally accepted indicators used in both anthropometric and clinical studies. The analysis of the literature showed that when characterizing the elbow joint and the proximal radius, the generally accepted indicators used in both anthropometric and clinical studies are three parameters: the maximum and minimum diameters of the head of the radius and the depth of the articular fossa. However, for a more accurate description of the proximal radius, in our opinion, it is necessary to take into account the length of the tuberosity of the radius, the width of the tuberosity of the radius, the sagittal diameter in the area of the tuberosity, the distance between the head and the tuberosity, the width of the head, the depth of the articular fossa, the frontal diameter of the neck, the circumference heads, head diameter in two mutually perpendicular planes, neck circumference, head height in four mutually perpendicular points.

Key words: elbow joint; radius; morphometry; anatomical shape; prosthetics

Article received 28 June 2022

Article accepted 26 December 2022

Введение. Морфометрические характеристики костей человека являются

важными анатомическими параметрами, которые учитываются при проведении ан-

тропологических исследований, в диагностике с помощью лучевых методов исследования (рентгенография, компьютерная томография и т.д.) и выполнении хирургических операций в травматологии и ортопедии. Сведения о размерных характеристиках эпифизов длинных трубчатых костей конечностей имеют особое значение для специалистов медико-технического профиля в контексте формирования моделей и изготовления протезов суставов. Следует подчеркнуть, что в последние десятилетия именно протезирование является более перспективным методом лечения сложных травм и патологий суставов [1-4].

Цель исследования - систематизировать представленные в литературе данные о количественных и качественных параметрах головки лучевой кости человека для дальнейшего возможного их использования при изготовлении ее протезов.

Материалы и методы исследования заключались в поиске статей и научной литературы в базах данных РИНЦ и PubMed (NLM) по следующим ключевым словам: локтевой сустав, лучевая кость, головка, шейка, протезирование, elbow joint, radial bone, radius, radius head, radius neck, prosthetics.

Результаты исследования и обсуждение. Одним из самых подвижных и функционально нагруженных суставов в организме человека является локтевой сустав. Частота переломов костей этого сустава составляет около 5% от всех повреждений скелета [5-6]. Переломы головки лучевой кости составляют 56% от всех переломов проксимальных отделов костей предплечья и часто (до 20%) сопровождаются переломом шейки лучевой кости. Более 80% повреждений головки и шейки лучевой кости наблюдается у пациентов в возрасте от 20 до 60 лет [7-10]. Несмотря на относительную редкость переломов в локтевом суставе, проблема их лечения достаточно актуальна, поскольку традиционные методы часто приводят к неудовлетворительным результатам [12-19]. Многие исследователи занимаются вопросами диагностики, обезболивания, лечения переломов костей локтевого сустава, которые направлены на адекватное и своевремен-

ное выздоровление пациентов без ухудшения качества их жизни [5-6, 20].

Головка лучевой кости играет важную роль в биомеханике локтевого сустава. Сочленение между головкой лучевой кости и головкой мыщелка плечевой кости стабилизирует осевую и вальгусную нагрузку на предплечье и локоть, предотвращая вывих и чрезмерное вальгусное отклонение [21-23]. Исторически распространенной хирургической процедурой для оперативного лечения переломов головки лучевой кости и посттравматических состояний было ее иссечение, но это зачастую приводило к увеличению вальгусной деформации локтевого сустава и проксимального отклонения лучевой кости [22, 24-25].

Основателем функциональной артропластики локтевого сустава считается Julius Hass (1944). Наблюдая 15 пациентов в среднем 5,5 лет, он сообщил о долгосрочном удовлетворительном результате в 73% случаев [26]. При иссечении головки лучевой кости нагрузки, первоначально воспринимаемые лучелоктевым суставом, передаются на локтевой сустав с увеличенной силой и в конечном итоге приводят к раннему остеоартриту [22, 27]. Более того, иссечение головки лучевой кости при повреждении центрального отдела межкостной мембраны может привести к нестабильности, проксимальной миграции лучевой кости и импинджмент-синдрому между локтевой костью и костями запястья [28]. Резекция головки лучевой кости используется не только для лечения переломов костей локтевого сустава, но и при хронических ревматоидных и посттравматических артритах. Есть мнение, что удаление головки лучевой кости может использоваться для облегчения любого состояния, мешающего движениям между лучевой и локтевой костями или между лучевой костью и головкой мыщелка плечевой кости [29]. Иссечение головки лучевой кости может восстановить движение не только за счет снятия боли, но и за счет удаления механического блока, вызванного деформированной головкой лучевой кости [30]. Однако, такие радикаль-

ные решения зачастую приводят к серьезным послеоперационным осложнениям.

Приводится статистика таких осложнений, среди которых плечелоктевой остеоартрит составляет 24%, остеоартрит неуточненного генеза 14%, остеоартрит запястья 2,3%, положительная локтевая дисперсия 14,6%, вальгусная нестабильность 7%, лучелоктевой подвывих 8,8%, гетеротопическая оссификация 13,5%, частичное отрастание головки лучевой кости 2,9%, лучелоктевой синостоз 0,6%, синовит 0,3%, свободные тела 0,3%, поражение локтевого нерва 7,9%, остеопороз головки плечевой кости 2,0%, отрыв костного фрагмента от локтевого отростка 0,3%, кальцификация суставной капсулы 0,3%, выделения из раны 0,3%, остаточные костные фрагменты 0,9% [24]. Часть исследований показали, что осложнения, вызванные резекцией головки лучевой кости, вынуждали пациентов столкнуться и с социальными неудобствами - 30% пациентов с вторичным иссечением были вынуждены сменить работу, 62% должны были отказаться от занятий спортом [31]. Различные осложнения (чаще всего контрактуры) при лечении травм локтевого сустава возникают у 15–40% пострадавших, к инвалидизации приводят около 20% случаев [32]. Таким образом, полученный массив данных о состоянии здоровья пациентов, его накопление и анализ с помощью новейших технологий позволят сформировать оптимальный баланс деятельности, и процессов восстановления для каждого конкретного индивидуума [33].

Есть случаи более долгосрочного наблюдения за пациентами после резекции головки лучевой кости. В исследовании Coleman et al. были обследованы 17 пациентов, у которых ранее был диагностирован закрытый переломом головки лучевой кости и с момента ее резекции прошло от 8 до 46 лет [34]. Результаты исследования показали, что диапазон движений лучезапястного и локтевого суставов оставался почти в норме, изменения коснулись только пронации и супинации. Амплитуда этих движений уменьшилась в среднем на 7 и 15 градусов, соответственно. Отмечалась положительная динамика

локтевой дисперсии, увеличившейся в среднем на 2 миллиметра, а вальгусная деформация увеличивалась в среднем на 9 градусов. У некоторых пациентов сохранялись жалобы на болевой синдром, у одного пациента развился лучелоктевой синостоз [34].

В другом исследовании приняли участие 15 пациентов после перелома головки или шейки лучевой кости: у 4 и 11 пациентов были диагностированы переломы II и III типов по Мэйсону, соответственно. Им была проведена ранняя резекция головки лучевой кости. Все пациенты повторно обследовались в среднем через 10 (3–18) лет. Результаты диагностики показали, что в послеоперационном периоде у 10 из 15 пациентов наблюдался болевой синдром и у всех пациентов была уменьшена сила в локтевом суставе [35].

В последнее время в связи с внедрением новых методов хирургического лечения патологий локтевого сустава, существуют разногласия относительно показаний к артропластике головки лучевой кости [24]. Наиболее современным методом лечения является протезирование головки лучевой кости. Ее металлические имплантаты используются тогда, когда невозможно восстановить собственную головку лучевой кости пациента или, когда локоть либо предплечье нестабильны. Проблемы возникают при недостаточно точном подборе размеров используемого протеза головки лучевой кости. Установка чрезмерно широкого протеза может привести к эрозии головки мыщелка плечевой кости [36]. Чтобы предотвратить развитие осложнений (болевой синдром, отек, эрозия имплантата и т.д.) размер имплантата должен соответствовать нормальной анатомии проксимального эпифиза лучевой кости и суставных поверхностей локтевой и плечевой костей по форме и размерам. В этой связи важно подобрать оптимальный размер имплантата до операции.

Зачастую при производстве протезов головки лучевой кости используются статистически усредненные морфометрические параметры, полученные путем мета-сопоставления и суммирования резуль-

татов исследований без учета конституциональных и локальных антропометрических особенностей.

King et al. сравнили параметры головки лучевой кости контралатеральных локтевых суставов на 28 трупных верхних конечностях и на 40 рентгенограммах. Результаты исследования показали, что максимальный и минимальный диаметры головки лучевой кости составляли $24,3 \pm 2,4$ мм и $22,6 \pm 2,4$ мм, соответственно. Средняя разница между этими диаметрами составила $1,7 \pm 0,7$ мм ($0,12$ – $3,27$ мм). Глубина суставной ямки головки лучевой кости составила в среднем $2,4 \pm 0,5$ мм, а среднее смещение головки от лучевой шейки – $4,2 \pm 2,5$ мм. Был сделан вывод, что размеры проксимального отдела лучевой кости имеют индивидуальный характер, что должно учитываться при проведении гемиартропластики головки лучевой кости [37]. Отсюда, во избежание осложнений, полученных в результате неправильно подобранного размера протеза, специалисты многих стран переходят на индивидуальные протезы, то есть изготовленные по размерам контрлатеральных костей самого пациента.

При изучении 17 правых и левых локтевых суставов, полученных при аутопсии трупов людей, была проверена гипотеза отсутствия различий между геометрией левой и правой лучевых костей. Авторы определяли ряд наиболее важных, по их мнению, параметров, которые определяют анатомические особенности проксимального отдела лучевой кости и могут использоваться для изготовления протеза. Были получены следующие результаты: максимальный диаметр головки лучевой кости в среднем составил 23,36 мм, минимальный диаметр 22,26 мм, высота головки в среднем 10,14 мм, глубина суставной ямки в среднем составила 1,92 мм, максимальный радиус головки – 20,27 мм, минимальный радиус головки – 15,73 мм. Результаты показали отсутствие билатеральных различий [38]. Данное исследование в определенной степени подтверждает целесообразность использования морфометрических показателей контрлатеральной кости при установлении протеза.

Одной из задач нашего обзора была стандартизация морфометрических показателей проксимального отдела лучевой кости, с целью выбора необходимого и достаточного количества параметров для моделирования протеза. Shin Seong-Ho et al. в исследовании изучили 15 трупных локтевых суставов (10 мужских и 5 женских) и 12 компьютерных томограмм локтевых суставов, сделанных у пациентов-мужчин [39]. При измерениях на трупе средняя площадь суставной ямки головки лучевой кости составила $247,3 \pm 52,6$ мм², средняя площадь медиальной суставной поверхности венечного отростка составила $232,29 \pm 36,5$ мм², а средняя площадь боковой фасетки $141,9 \pm 33,3$ мм². При выполнении компьютерной томографии средняя площадь суставной ямки головки лучевой кости составила $258,9 \pm 26,3$ мм², средняя площадь суставной поверхности венечного отростка составила $376,9 \pm 37,0$ мм². Таким образом, при сравнении результатов морфологических и рентгенологических исследований оказалось, что соотношение площади суставной поверхности головки лучевой кости к венечному отростку, определяемое с помощью рентгенологического исследования больше и составляет 1:1,51 при исследованиях на трупах и 1:1,46 при использовании компьютерной томографии.

Для расчета усредненного размера протеза некоторые авторы проводили измерения головки лучевой кости на 82-х контрлатеральных локтевых суставах 41-го забальзамированного трупа (19 мужских, 22 женских) [40]. Измерения проводились после удаления мягких тканей с использованием цифрового штангенциркуля. Авторы показали, что среднее значение наибольшего и наименьшего диаметров головки лучевой кости составили 24,2 мм (диапазон 19,9–30,3 мм) и 22,5 мм (диапазон 18,9–27,5 мм), соответственно; средняя длина лучевой кости равнялась 23,8 см (диапазон 20,1–27,1 см), а средняя длина локтевой кости 23,0 см (диапазон 19,3–26,3 см), средний диаметр передне-задней поверхности головки составил 16,2 мм (диапазон 10,4–21,0 мм), средний краниокаудальный диаметр 17,0 мм (диапазон 10,0–23,9 мм). В результатах исследования

показана высокая степень корреляции полученных результатов, что может применяться для предоперационной оценки сустава [40].

В работе Калантырской и соавт. (2014) рассматривалась проблема разнообразия и выбора оперативного лечения переломов головки лучевой кости в зависимости от степени ее разрушения [41]. На 20 препаратах локтевых суставов 10 трупов были изучены параметры головки лучевой кости. Авторы получили следующие результаты: диаметр головки был равен $23,8 \pm 1,9$ мм, длина окружности головки – $71,8 \pm 7,7$ мм, минимальная высота головки лучевой кости составила $9,5 \pm 1,1$ мм, максимальная высота головки лучевой кости $16,0 \pm 2,3$ мм. Для лечения путем остеосинтеза, как «последнего метода» перед удалением и протезированием головки авторы ввели дополнительные параметры: угол не артикулирующего сектора $108,2^\circ \pm 6,4^\circ$, длина дуги не артикулирующего сектора $21,5 \pm 3,3$ мм.

В одном из исследований авторы оценили морфометрию головки лучевой кости с использованием компьютерной томографии и сравнили результаты с несколькими имеющимися в продаже протезами головки лучевой кости. Было сделано 30 компьютерных томограмм локтевых суставов трупа с последующей трехмерной реконструкцией проксимального отдела лучевой кости в двух плоскостях. Были получены следующие результаты: средний диаметр головки лучевой кости на уровне ямки составил $19 \pm 1,58$ мм (диапазон 15,82–21,81 мм) в переднезадней плоскости и $18,62 \pm 1,78$ мм (диапазон 15,48–22,21 мм) в лучевой плоскости. Средний диаметр головки лучевой кости в самой широкой ее части составлял $23,15 \pm 1,94$ мм (диапазон 19,45–26,49 мм) в переднезадней плоскости и $22,44 \pm 1,73$ мм (диапазон 19,64–25,44 мм) в лучевой плоскости. Средний диаметр головки лучевой кости на уровне сочленения головки и шейки кости составил $15,42 \pm 1,59$ мм (диапазон 11,80–18,46 мм) в переднезадней плоскости и $14,75 \pm 1,39$ мм (диапазон 12,32–17,31 мм) в лучевой плоскости. После проведенного исследования авторы сделали вывод, что,

при нестабильных переломах костей локтевого сустава правильный размер имплантата является важным фактором, позволяющим избежать подвывиха головки лучевой кости. Также авторы доказали, что измерение контралатеральной стороны является допустимым вариантом для определения размера головки лучевой кости и выбора правильного размера имплантата [42].

При изучении проксимальной части лучевой кости на компьютерных томограммах и при использовании техники обратного моделирования для получения и анализа трехмерной внутренней и внешней геометрии объекта были определены следующие параметры: средняя длина лучевой кости – $240 \pm 17,3$ мм; диаметр головки лучевой кости – $20,5 \pm 1,9$ мм; наружный диаметр шейки – $14,7 \pm 1,0$ мм; толщина головки – $12,9 \pm 1,4$ мм; диаметр костномозгового канала шейки – $7,4 \pm 1,4$ мм; глубина суставной ямки – $1,5 \pm 0,4$ мм. Благодаря трехмерному изображению оказалось возможным воспроизвести реальную анатомическую форму кости, рассчитать большее количество параметров, которые невозможно визуализировать на стандартной рентгенограмме, что играет немаловажную роль для реконструкции протеза [43].

Заключение. Представленный обзор литературы показал, что при изучении локтевого сустава и проксимального отдела лучевой кости общепринятыми показателями, используемыми как в антропометрических, так и в клинических исследованиях, являются три параметра: максимальный и минимальный диаметры головки лучевой кости и глубина суставной ямки. Учитывая тот факт, что исходно головка лучевой кости не является круглой, а имеет форму усеченного конуса с достаточно вариabельными эллипсоидными основаниями, то для воспроизведения наиболее точной модели нельзя учитывать только перечисленные параметры. Поэтому каждый из исследователей дополнительно вводит еще ряд показателей: среднюю площадь суставной ямки головки лучевой кости, среднюю площадь медиальной фасетки венечного отростка,

среднюю площадь боковой фасетки, среднюю длину лучевой кости, среднюю длину локтевой кости, средний передне-задний диаметр головки лучевой кости, средний кранио-каудальный диаметр, высоту головки лучевой кости, максимальный радиус головки лучевой кости, смещение суставной поверхности от лучевой шейки и т.д. Эти параметры, по мнению авторов, могут служить дополнительными характеристиками индивидуальных особенностей строения лучевой кости. Однако, единого стандартизированного подхода к их измерению не существует.

Проведенный анализ доказывает необходимость дополнительных исследований, конкретизирующих набор морфометрических показателей и позволяющих наиболее точно смоделировать головку лучевой кости. Объединив классические анатомические и рентгенологические параметры мы остановились на выборе следующих критериев: наибольшей длины лучевой кости, физиологической длины лучевой кости, ширины диафиза лучевой кости, сагиттального диаметра середины диафиза лучевой кости, сагиттального диаметра шейки по

Алексееву (1966 г.) [44]. Для более точного описания проксимального отдела лучевой кости, по нашему мнению, также необходимо учитывать длину бугристости лучевой кости, ширину бугристости лучевой кости, сагиттальный диаметр в области бугристости, расстояние между головкой и бугристостью, ширину головки, глубину суставной ямки, фронтальный диаметр шейки, длину окружности головки, диаметр головки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, длину окружности шейки, высоту головки в четырех взаимно перпендикулярных точках.

После измерений последующий анализ полученных данных должен проводиться с обязательным учетом возрастных, половых, индивидуальных особенностей. Полученные таким образом данные позволят максимально точно смоделировать проксимальный эпифиз лучевой кости и индивидуализировать подбор его протеза, что в конечном итоге будет способствовать сбалансированности выбранного метода лечения и процессов дальнейшего восстановления для каждого конкретного пациента.

Литература References

1. Vainio K. Synovectomy in the treatment of chronic evolutive polyarthritis. *Minerva Med.* 1969;24-60(94):4695-46701
2. Wilson DW, Arden GP, Ansell BM. Synovectomy of the elbow in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 1973;55(1):106-111
3. Inglis AE, Ranawat CS, Straub LR. Synovectomy and debridement of the elbow in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1971;53(4):652-662
4. Marmor L. Surgery of the rheumatoid elbow. Follow-up study on synovectomy combined with radial head excision. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54(3):573-578
5. Court-Brown CM, Heckman JD, Mc Queen MM et al. Rockwood and Green's Fractures in adults eighth edition. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2015;25:1229. DOI: 10.1007/s00590-015-1689-z
6. Tarassoli P, McCann P, Amirfeyz R. Complex Instability of the Elbow. *Injury.* 2017;48(3):568-577. DOI: 10.1016/j.injury.2013.09.032. Epub 2013 Sep 27
7. Abdulhabirov MA, Sergeev SV, Kashevarova OV, Sultanov JeM. Perelomy i vyvoikhi kostey predplech'ya. Diagnostika i lechenie. Moskva: RUDN, 2003.- 60s. In Russian
8. Furry KL, Clinkscales CM. Comminuted fractures of the radial head. Arthroplasty versus internal fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;353:40-52. DOI: 10.1097/00003086-199808000-00006
9. Tajima T, Yochizu T. Treatment of long-standing dislocation of the radial head in neglected Monteggia fractures. *J Hand Surg Am.* 1995;20(3Pt2):91-94. DOI: 10.1016/s0363-5023(95)80177-4
10. Rockwood CA, Bucholz RW, Court-Brown CM et al. Rockwood and Green's Fractures in Adults. N-Y: Lippincott Williams and Wilkins, 2010.- 905pp
11. Biyani A, Olscamp AJ, Ebraheim NA. Complications in the management of complex monteggia-equivalent fractures in adults. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2000;29(2):115-118
12. Celli A, Nicoli E. Fractures of the radial head associated with dislocation of the elbow. *Chir Organi Mov.* 2004;89(1):7-19
13. Eathiraju S, Mudgal CS, Jupiter JB. Monteggia fracture-dislocations. *Hand Clin.* 2007;23(2):165-177. DOI: 10.1016/j.hcl.2007.01.008
14. Kenneth AE, Immerman I, Paksima N, Tejwani N. Fracture-dislocation of the elbow functional outcome following treatment with a standardized protocol. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2007;65(4):263-270
15. Konrad GG, Kundel K, Kreuz PC et al. Monteggia fractures in adults: long-term results and prognostic factors. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(3):354-360. DOI: 10.1302/0301-620X.89B3.18199
16. Ring D, Jupiter JB, Simpson NS. Monteggia fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(12):1733-1744. DOI: 10.2106/00004623-199812000-00003
17. Tashjian RZ, Katarincic JA. Complex elbow instability. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006;14(5):278-286. DOI: 10.5435/00124635-200605000-00003

18. Strauss EJ, Tejwani NC, Preston CF, Egol KA. The posterior Monteggia lesion with associated ulnohumeral instability. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(1):84-89. DOI: 10.1302/0301-620X.88B1.16704
19. Jeremy H, Michael McKee. Posterolateral rotatory instability of the elbow following radial head resection. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(7):1571-1579. DOI: 10.2106/JBJS.D.02829
20. Rat'ev AP. Lechenie povrezhdeny oblasti lokteвого sustava. Avtoref. diss. na soisk. uch. st. d-ra med. nauk. Moskva, 2015.- 30s. In Russian
21. Hotchkiss RN. Displaced Fractures of the Radial Head: Internal Fixation or Excision? *Am Acad Orthop Surg.* 1997;5(1):1-10. DOI: 10.5435/00124635-199701000-00001
22. Johnson J, Beingessner D, Gordon K et al. Kinematics and stability of the fractured and implant-reconstructed radial head. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14(1 Suppl S):195-201. DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.034
23. Morrey BF, Chao EY, Hui FC. Biomechanical study of the elbow following excision of the radial head. *Bone Joint Surg Am.* 1979;61(1):63-68
24. Hildebrand A, Zhang B, Horner N et al. Indications and outcomes of radial head excision: A systematic review. *Shoulder Elbow.* 2020;12(3):193-202. DOI: 10.1177/1758573219864305
25. Beingsner D, Dunning C, Gordon K et al. The effect of radial head excision and arthroplasty on elbow kinematics and stability. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(8):1730-1739. DOI: 10.2106/00004623-200408000-00018
26. Morrey BF. The elbow and its disorders. Chapter 69: Interposition Arthroplasty of the Elbow. 5th edition. N-Y: Elsevier, 2017.- 935pp
27. Kelly E, Bryce R, Coghlan J, Bell S. Arthroscopic debridement without radial head excision of the osteoarthritic elbow. *Arthroscopy.* 2007;23(2):151-156. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.10.008
28. Loeffler B, Green J, Zelouf D. Forearm instability. *J Hand Surg Am.* 2014;39(1):156-167. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.07.010
29. Smith-Petersen M, Aufranc OE, Larson CB. Beneficial surgical procedures for rheumatoid arthritis affecting the joints of the upper limb. *Arch Surg.* 1943;46:764-770
30. Brattstrom H, Khudairy H. Synovectomy of the elbow in rheumatoid arthritis. *Acta Orthop Scand.* 1975;46(5):744-750. DOI: 10.3109/17453677508989260
31. Fuchs S, Chylarecki C. Do functional deficits result from radial head resection? *J Shoulder Elbow Surg.* 1999; 8:247-251
32. Bojko IV, Kondrashova AN. Osobennosti meditsinskoy reabilitatsii bol'nykh s posledstviyami travm lokteвого sustava. *Skoraya med. pomoshch'.* 2003;Spets. vyp.:24-25. In Russian
33. Derevoedov AA, Zholinitskiy AV, Pushkina TA i dr. Osnovnye pokazateli funktsional'nogo sostoyaniya i metody vosstanovleniya v sovremennom sporte (obzor literatury). *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina.* 2019;2(152):99-110. In Russian
34. Coleman DA, Blair WF, Shurr D. Resection of the radial head for fracture of the radial head. Long-term follow-up of seventeen cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(3):385-392
35. Ikeda M, Oka Y. Function after early radial head resection for fracture: a retrospective evaluation of 15 patients followed for 3-18 years. *Acta Orthop Scand.* 2000;71(2):191-194. DOI: 10.1080/000164700317413184
36. Doornberg J, Linzel D, Zurakowski D, Ring D. Reference Points for radial head prosthesis size. *J Hand Surg Am.* 2006;31(1):53-57. DOI: 10.1016/j.jhsa.2005.06.012
37. King JW, Zarzour DS, Patterson D, Johnson JA. An anthropometric study of the radial head: Implications in the design of a prosthesis. *J Arthroplasty.* 2001;16(1):112-116. DOI: 10.1054/arth.2001.16499
38. Swiezszkowska W, Skalska K, Pomianowski S, Kezdziar K. The anatomic features of the radial head and their implication for prosthesis design. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(10):880-887. DOI: 10.1016/S0268-0033(01)00075-4
39. Shin S-H, Jeon I-H, Kim H-J et al. Articular surface area of the coronoid process and radial head in elbow extension: surface ratio in cadavers and a computed tomography study in vivo. *J Hand Surg Am.* 2010;35(7):1120-1125. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.04.002
40. Rausch V, Wegmann S, Hackl M et al. The radial head size in relation to osseous landmarks of the forearm. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(4):415-421. DOI: 10.1007/s00276-018-2160-8
41. Kalantyrskaya VA, Klyuchevsky VV, Perova VA, Lavlinsky AA. Operativnoe lechenie perelomov golovki luchevoj kosti. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya.* 2014;6(49):586-589. In Russian
42. Puchwein P, Heidari N, Dorr K et al. Computer-aided analysis of radial head morphometry. *Orthopedics.* 2013;36(1):51-57. DOI: 10.3928/01477447-20121217-18
43. Mahaisavariya B, Saeke B, Sitthiseripratip K et al. Morphology of the radial head: a reverse engineering based evaluation using three-dimensional anatomical data of radial bone. *Proc Inst Mech Eng H.* 2004;218(1):79-84. DOI: 10.1243/095441104322807785
44. Alekseev VP. Osteometriya. Metodika antropologicheskikh issledovaniy. Moskva: izdatel'stvo «Nauka», 1966.- S. 89-93. In Russian

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Самохина Анна Олеговна, ассистент кафедры анатомии человека, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;
e-mail: kafedra.anatomii@bk.ru

Anna O. Samokhina, Assistant of the Department of Human Anatomy, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;
e-mail: kafedra.anatomii@bk.ru

Шемяков Сергей Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;
e-mail: shemy-akov@mail.ru

Sergey E. Shemyakov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Human Anatomy, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;
e-mail: shemy-akov@mail.ru

Ратев Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;
e-mail: anratiev@gmail.com

Andrey P. Rat'ev, Doctor of Medical Sciences, Professor Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;
e-mail: anratiev@gmail.com