

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto76056>

Современные тенденции и перспективы тотальной артропластики локтевого сустава (обзор литературы)

Г.А. Кесян*, И.Г. Арсеньев, Р.З. Уразгильдеев, Г.С. Карапетян, А.Н. Левин,
О.Г. Кесян, А.А. Шуйский

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье представлен анализ зарубежной и отечественной литературы по вопросам тотального эндопротезирования локтевого сустава, а также ревизионной артропластики. Обзор литературы проводился на базе интернет-платформ PubMed, Google Scholar, Science Research Portal, eLibrary, CyberLeninka, rsl.ru. Были определены основные направления в исследовательских работах: показания к эндопротезированию локтевого сустава, дизайн импланта, осложнения и ревизионная хирургия. Проблема эндопротезирования локтевого сустава остается актуальной для современной травматологии и ортопедии из-за большого числа осложнений и неудовлетворительных результатов как первичной, так и ревизионной артропластик. На основе анализа литературы сделаны выводы: необходимы отказ от полностью связанных, жестких систем из-за высокой частоты асептического расшатывания; дальнейшие исследования в направлении дизайна импланта; совершенствование техники операции; определение строгих показаний к эндопротезированию локтевого сустава в зависимости от патологии, возраста пациента и его физической активности; определение показаний к использованию различных типов эндопротезов в зависимости от нозологии; совершенствование техники и разработка новых способов ревизионной артропластики локтевого сустава.

Ключевые слова: локтевой сустав; артропластика локтевого сустава; эндопротезирование локтевого сустава.

Как цитировать:

Кесян Г.А., Арсеньев И.Г., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С., Левин А.Н., Кесян О.Г., Шуйский А.А. Современные тенденции и перспективы тотальной артропластики локтевого сустава (обзор литературы) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 3. С. 75–92. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto76056>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto76056>

Current trends and prospects for total elbow arthroplasty (literature review)

Gurgen A. Kesyan, Igor G. Arsen'ev*, Rashid Z. Urazgil'deev, Grigoriy S. Karapetyan, Andrey N. Levin, Ovsep G. Kesyan, Artem A. Shuyskiy

N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

ABSTRACT

The article presents an analysis of foreign and domestic literature on total elbow arthroplasty, as well as revision arthroplasty. The literature review was carried out on the Internet platforms PubMed, Google Scholar, Science Research Portal, eLibrary, CyberLeninka, rsl.ru. The main directions in research work were determined: indications for endoprosthetics of the elbow joint, implant design, complications and revision surgery. The problem of elbow arthroplasty remains relevant for modern traumatology and orthopedics due to the large number of complications and unsatisfactory results of both primary and revision arthroplasty. Based on the analysis of the literature, the following conclusions were drawn: the rejection of fully connected, rigid systems due to the high frequency of aseptic loosening, the need for further research in the direction of implant design, improvement of the operation technique, determination of strict indications for elbow arthroplasty depending on the pathology, age of the patient and his physical activity, determination of indications for the use of various types of endoprostheses depending on nosology, improvement of technology and development of new methods of revision arthroplasty of the elbow joint.

Keywords: elbow joint; elbow arthroplasty; elbow replacement.

To cite this article:

Kesyan GA, Arsen'ev IG, Urazgil'deev RZ, Karapetyan GS, Levin AN, Kesyan OG, Shuyskiy AA. Current trends and prospects for total elbow arthroplasty (literature review). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(3):75–92. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto76056>

Received: 15.07.2021

Accepted: 26.11.2021

Published: 23.12.2021

ВВЕДЕНИЕ

Проблема эндопротезирования локтевого сустава остается актуальной для современной травматологии и ортопедии. Сегодня это относительно необычная хирургическая операция, проводимая в избранных случаях инвалидизирующих заболеваний, травм и последствий повреждений локтевого сустава. Хотя в некоторых случаях эндопротезирование — единственный вариант восстановления потерянной функции, важно понимать, что эта хирургическая процедура связана с относительно большим количеством осложнений и неудач, которые зачастую чрезвычайно сложно исправить [1, 2].

Так как количество выполняемых операций в мире относительно невелико по сравнению с тотальной артропластикой тазобедренного или коленного суставов, сложно выявить значимые тенденции без большого количества пациентов и на достаточно длительных сроках наблюдения [3, 4].

Цель данного обзора — на основе анализа зарубежной и отечественной литературы определить основные направления в исследовательских работах, раскрыть проблемы и перспективы развития в области тотальной артропластики локтевого сустава.

МЕТОДЫ ПОИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Обзор иностранной литературы проводился на базе интернет-платформ PubMed, Google Scholar, Science Research Portal по ключевым словам «elbow», «elbow arthroplasty», «elbow replacement» (локоть, артропластика локтевого сустава, замена локтевого сустава). В общей сложности просмотрено 456 статей, соответствующих критериям отбора по данной тематике. По нашему мнению, основной интерес представляют мировые тенденции за последние 20–25 лет, поэтому были исключены большинство обзорных публикаций до 1995 года, статьи, имеющие только исторический интерес, клинические случаи и работы, посвященные эндопротезированию при опухолевых заболеваниях. При отборе литературы мы столкнулись с той же проблемой, на которую указывал I. Voloshin (2011): отсутствием крупных высококачественных рандомизированных клинических исследований, уровень доказательности большинства публикаций, состоящих из ретроспективных серий случаев, всего лишь IV [5].

Анализ иностранной литературы проведен на основе 88 статей. Оценка основных тенденций в артропластике локтевого сустава проводилась по данным регистров эндопротезов Австралии, Новой Зеландии, Великобритании, Норвегии, Испании, США, Германии, Шотландии, Финляндии, Швеции, а также статей, опубликованных с 1995 по 2021 год. Некоторые важные аспекты (такие как динамика, частота и структура осложнений) прослежены за более длительный период на основе публикаций с 1983 года.

Поиск русскоязычных публикаций проводился на базе интернет-платформ eLibrary, CyberLeninka, rsl.ru по ключевым словам «локоть», «артропластика локтевого сустава», «эндопротезирование локтевого сустава», а также архивов научных периодических изданий за последние 25 лет. Найдено 76 публикаций, соответствующих критериям поиска. Были исключены патенты, медицинские технологии, тезисы и авторефераты диссертационных работ, анализ русскоязычной литературы проведен на основе 9 источников.

Были определены основные направления в исследовательских работах:

- 1) показания к эндопротезированию локтевого сустава;
- 2) дизайн импланта;
- 3) осложнения;
- 4) ревизионная артропластика.

Уровень доказательности большинства работ III–IV, в единичных публикациях — II.

ПОКАЗАНИЯ К ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

В целом статистика показывает рост числа первичных артропластик локтевого сустава во всем мире [3, 6–9]. Некоторые авторы отмечают тот факт, что если в конце XX и самом начале XXI века отмечен бурный рост, то за последние 5 лет количество эндопротезирований локтевого сустава, выполняемых в год, практически неизменно во многих странах [10]. В некоторых регионах (Шотландия) отмечено даже незначительное снижение общего числа артропластик [11].

С другой стороны, именно в последние 15–20 лет отмечается отчетливая тенденция к изменению основных показаний к эндопротезированию от ревматоидного артрита (РА) к острой травме и последствиям травм локтевого сустава [3, 7, 8, 12, 13]. А.А. Macken et al. на основании регистров эндопротезов локтевого сустава Австралии, Нидерландов, Новой Зеландии, Норвегии, Великобритании и Швеции, указывают, что при сравнении периодов 2000–2009 и 2010–2017 годов было выполнено меньше артропластик при РА (61 против 46%) и больше эндопротезирований, выполняемых по поводу острого перелома (23 против 38%) и первичного остеоартрита (5 против 8%) [3]. По мнению многих исследователей, уменьшение количества эндопротезирований локтевого сустава при РА может отражать успехи в консервативном лечении и прогресс органосохраняющих хирургических методов. Снижение общего количества артропластик в некоторых регионах (Шотландия) связано в первую очередь именно с этим [6, 8, 11].

По общемировой статистике в настоящее время как показания к артропластике лидируют воспалительные артропатии (44%). Затем идут переломы дистального отдела плечевой кости (28%), первичный остеоартроз (17%), посттравматический артроз (9%) и прочие (2%) [3, 7, 11, 14–16].

При сравнении географических регионов оказалось, что Скандинавские страны сообщают об уменьшении числа артропластик локтевого сустава по поводу РА, а страны Океании (Австралия, Новая Зеландия) наоборот, некоторое увеличение показаний к эндопротезированию при ревматоидном артрите [3].

По данным отечественной научной литературы прослеживается аналогичная тенденция [17–19]. Так, по данным ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» с 1999 по 2016 год на долю первичных артропластик локтевого сустава при посттравматическом артрозе приходилось 32,5% случаев, а при РА — лишь 14,7%, идиопатическом артрозе — 3,4%, острой травме — 2,5%. Обращает на себя внимание большое число больных с посттравматическими изменениями в локтевом суставе, которым выполнена тотальная артропластика — анкилозы, ложные суставы мышелка плечевой кости (в общей сложности 27,1%) [20]. По данным ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» доля пациентов с РА, перенесших эндопротезирование локтевого сустава, не превышает 13,1%, лидируют острые переломы (47,4%) и последствия травм в виде ложных суставов дистального суставного конца плечевой кости, застарелых вывихов и переломовывихов (25,4%) [21].

Дизайн эндопротезов локтевого сустава

Локтевой сустав считается гомологичным коленному, поэтому с конца 60-х годов XX века одноосные шарнирные конструкции применялись в хирургии как локтевого, так и коленного суставов (Dee elbow, Walldius knee). Большое количество осложнений и неудач достаточно быстро привело к тому, что в начале 1970-х годов были созданы мышелковые конструкции коленных эндопротезов, которые более точно повторяют биомеханику движений и используются в настоящее время [22]. Развитие тотальной артропластики локтевого сустава, совершенствование

технологий и дизайна имплантов проходило по двум основным направлениям: связанные и несвязанные системы. Простые системы с жесткой фиксацией шарнира показали неудовлетворительные результаты даже в ближайшие сроки (более 50%), поэтому были заменены на полусвязанные эндопротезы с возможностью варусного и вальгусного отклонения локтевого компонента. Параллельно с этим разрабатывались полностью несвязанные импланты, не имеющие механической связи между плечевым и локтевым компонентами и, по мнению авторов, более точно воспроизводящие биомеханику сустава [23, 24]. В более поздних поколениях несвязанного эндопротеза разработан дополнительный радиальный компонент с целью улучшить стабильность за счет уравновешивания сил между плечевой, локтевой и лучевой костями и таким образом воспроизвести нормальное анатомическое строение локтевого сустава [25]. Попытки объединить положительные качества этих типов эндопротезов привели к появлению трансформируемых и модульных систем, в которых хирург может решить во время операции использовать связанный или несвязанный тип, либо выполнить гемиартропластику [26, 27].

К настоящему времени все используемые в мире эндопротезы локтевого сустава, можно разделить на 4 типа (рисунок):

- 1) связанные системы с полужесткой фиксацией шарнира;
- 2) несвязанные системы;
- 3) конвертируемые эндопротезы;
- 4) модульные системы.

C. Welsink et al. сообщают о 19 конкретных конструкциях эндопротезов, описанных в современной научной литературе [28]. Нами найдено 17 используемых систем с достаточным числом наблюдений, особенно на отдаленных сроках (табл. 1).

Таблица 1. Эндопротезы локтевого сустава

Table 1. Elbow joint endoprosthesis

Системы			
Связанные	Несвязанные	Конвертируемые	Модульные
1. Coonrad-Morrey (Zimmer-Biomet)	1. Souter-Strathclyde (Stryker)**	1. Latitude (Tornier)	1. MNSK system (Kyocera, Kyoto, Japan)
2. GSB III (Gschwend-Scheier-Bahler)	2. Kudo (type 5) (Zimmer-Biomet)	2. Acclaim (DePuy-Synthes)	2. K-NOW total elbow system (Teijin Nakashima Medical Co., Ltd., Okayama, Japan)
3. Discovery (Lima Corporate-Orthopaedic Emotion)	3. Sorbie-Questor (Wright Medical Technology)		
4. Norway (Implantcast)	4. iBP (Biomet, Bridgend, UK)		
5. Nexel (Zimmer)	5. NESimplavit (Implantcast)		
6. PROSNAP (Kyocera Medical, Osaka, Japan)			
7. ЭСИ (Россия)*			
8. Арете (Россия)			

Примечание. * полностью связанный эндопротез с жесткой фиксацией шарнира; ** изначально несвязанный эндопротез, который рядом авторов используется для гемиартропластики как модульную систему.

Note. * fully connected endoprosthesis with rigid fixation of the hinge; ** initially unrelated endoprosthesis, which a number of authors uses for hemiarthroplasty as a modular system.

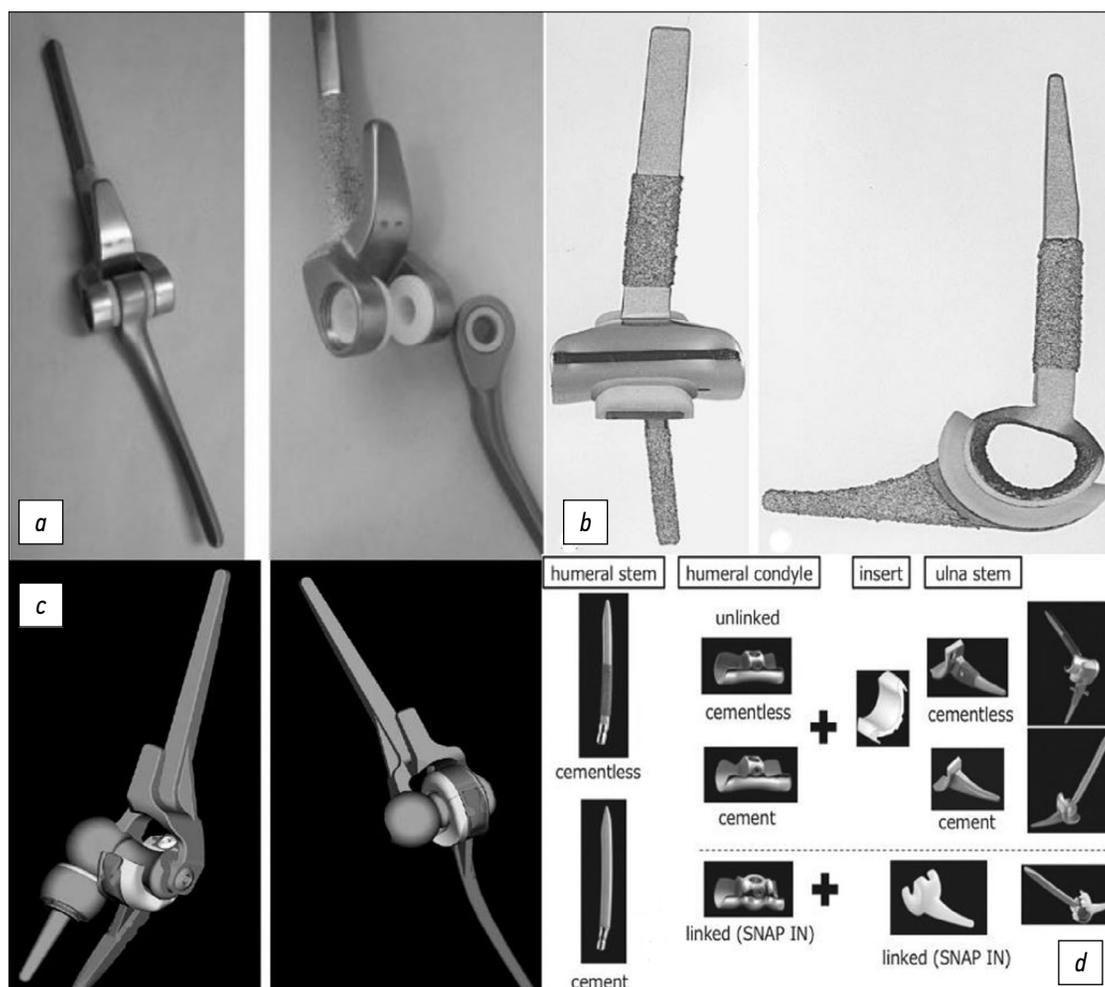


Рисунок. Типы эндопротезов локтевого сустава. *a* — связанный эндопротез Coonrad-Morrey (Zimmer-Biomet); *b* — несвязанный эндопротез Kudo-5 (Zimmer-Biomet); *c* — конвертируемый эндопротез Latitude (Tornier); *d* — модульная система K-NOW total elbow system (Teijin Nakashima Medical Co., Ltd., Okayama, Japan)

Figure. Types of elbow joint endoprostheses. *a* — Coonrad-Morrey linked endoprosthesis (Zimmer-Biomet); *b* — unlinked endoprosthesis Kudo-5 (Zimmer-Biomet); *c* — Latitude (Tornier) convertible endoprosthesis; *d* — modular system K-NOW total elbow system (Teijin Nakashima Medical Co., Ltd., Okayama, Japan)

По статистике, связанные эндопротезы более распространены в США, странах Центральной Европы, в России, тогда как несвязанные системы чаще используются в Великобритании, странах Океании и Азии. Кроме того, в Европе и США больше распространена тотальная замена локтя, в Австралии несколько преобладает гемиартропластика [3, 29].

СТАТИСТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ

Анализ зарубежной и отечественной литературы указывает с одной стороны, на достаточно большое количество осложнений после эндопротезирования локтевого сустава, с другой — значительный разброс в показателях неудовлетворительных результатов у разных авторов (табл. 2). I. Voloshin et al. (2011) на основе 64 публикаций за 1993–2009 годы определили общую частоту осложнений — порядка $24,3 \pm 5,8\%$ [5]. A. Prkic et al. (2017) в систематическом обзоре изучили 9308 первичных тотальных

артропластик локтевого сустава, из числа которых впоследствии было выполнено 1253 ревизии (13,5%) [14]. Схожие данные присутствуют и в отечественной литературе [17, 30–32].

Представленные в таблице данные свидетельствуют о значительной неоднородности в показателях частоты осложнений. Дело в том, что большинство авторов включают в их число только те нежелательные явления, которые привели к повторному оперативному вмешательству на ранее протезированном суставе (ревизии). Если определить осложнение как вообще любое нежелательное явление, отрицательно повлиявшее на исход операции, то число окажется значительно выше. Кроме того, один и тот же пациент может иметь более одного осложнения [42].

Средние показатели выживаемости эндопротезов локтевого сустава выглядят так: 92% — в течение первых 5 лет, 84% — через 10 лет, 71% — 15 лет и 61% — 20 лет. Прослеживается тенденция к снижению в среднем на 10% за каждые 5 лет [13, 41, 44].

Таблица 2. Осложнения (общее количество)**Table 2.** Complications (total score)

Исследования	Год публикации	Доля осложнений, %
M. Ikavalko et al. [33]	2002	16,5
J.C. Van der Lugt et al. [34]	2004	23,5
C.P. Little et al. [35]	2005	13
В.М. Прохоренко и др. [32]	2009	11,0
I. Voloshin et al. [5]	2011	24,3
А.Б. Слободской и др. [36]	2012	13,1
D.M. Gay et al. [6]	2012	12,0
S.E. Park et al. [37]	2013	44,0
A.J. Lovy et al. [38]	2016	12,0
A. Prkic et al. [14]	2017	13,5
D. Perretta et al. [39]	2017	41,0
Г.А. Кесян и др. [17]	2017	29,0
C.A. Kwong et al. [40]	2017	24,0
J. Viveen et al. [10]	2018	11,5
Y. Krukhaug et al. [41]	2018	18,9
P. Parker et al. [42]	2019	38,7
M.S. Davey et al. [43]	2021	16,3

СТРУКТУРА ОСЛОЖНЕНИЙ

Среди основных причин, неизбежно приводящих к ревизионной операции на протезированном локтевом суставе, выделяют асептическое расшатывание, инфекцию, перипротезные переломы, износ и разрушение компонентов эндопротеза. Среди других осложнений, непосредственно влияющих на результат оперативного лечения, но не всегда требующих повторного вмешательства, можно отметить гетеротопическую оссификацию, дисфункцию разгибательного аппарата и невропатию локтевого нерва. По мнению большинства авторов, самая распространенная причина повторных операций — это инфекция и асептическое расшатывание, причем единого мнения в статистике нет. D.A. DeBernardis et al., изучая непосредственно ревизионную хирургию локтевого сустава, говорят, что в 43,5% причиной повторной операции была глубокая инфекция эндопротеза, в 37% — асептическое расшатывание, в 13% — перипротезные переломы и в 6,5% — износ компонентов конструкции [45]. A. Prkic et al. в 38% отметили расшатывание, затем следовали глубокая инфекция — 19% и перипротезные переломы — 12% [14]. J. Somerson et al. среди всех осложнений

в 23% выявили износ и разобщение компонентов, асептическое расшатывание — в 22% и инфекцию — в 16% случаев [46].

Структура осложнений относительно первичных артропластик представлена в табл. 3.

Асептическое расшатывание. Как правило, понятие «нестабильность эндопротеза сустава», распространенное в отечественной литературе, означает потерю прочности соединения компонентов эндопротеза с костью. В иностранных публикациях под этим подразумевается несколько иное состояние, связанное с нестабильностью соединения в шарнире (вывихи, подвывихи и разобщение компонентов). Термин «расшатывание» или «разрыхление» (loosening), используемое в иностранной литературе для обозначения привычной нам «нестабильности», более предпочтителен применительно к эндопротезу локтевого сустава с его сложной биомеханикой.

Клинически значимое расшатывание наступает в среднем с частотой от 2 до 17%, а рентгенологически выявляется еще чаще [12, 17, 18, 35, 47]. I. Voloshin et al. на основе анализа результатов 2938 первичных эндопротезирований локтевого сустава выявили, что у связанных имплантов общее число асептического расшатывания компонентов достигает 13,7%, у несвязанных — 10,1% [5]. P. Parker et al. указывают на то, что показатели асептического расшатывания составляют более 10% в течение 5 лет после первичной артропластики независимо от имплантата или показаний к операции [42].

При эндопротезировании локтевого сустава происходит передача силы при сгибании и разгибании непосредственно с предплечья на плечевой компонент эндопротеза и диафиз плеча. Это приводит к снятию напряжения с мышелка плечевой кости и прогрессирующей резорбции костной ткани. Данная неанатомичная передача сил не только предрасполагает к расшатыванию ножек эндопротеза, но и увеличивает вероятность износа полиэтилена, механического повреждения компонентов или перипротезного перелома [48, 49]. К факторам риска развития асептического расшатывания относят также высокую физическую активность и молодой возраст пациента [18, 50].

Инфекция. Тяжелое осложнение, часто приводящее к потере эндопротеза. В первые годы развития артропластики локтевого сустава удаление имплантата без дальнейшей реконструкции было единственным вариантом

Таблица 3. Структура осложнений после эндопротезирования локтевого сустава**Table 3.** Structure of complications after elbow arthroplasty

Исследования	Асептическое расшатывание, %	Гнойно-воспалительные осложнения, %	Перипротезные переломы, %	Разрушение компонентов, %	Несостоятельность разгибательного аппарата, %
I. Voloshin et al., 2011 [5]	11,9	3,3	2,6	2,9	2,4
Г.А. Кесян и др., 2017 [17]	10,5	13,0	—	—	5,2
А.Г. Алиев и др., 2019 [31]	9,8	6,0	—	2,3	—
P. Parker et al., 2019 [42]	12,4	3,2	1,3	2,7	0,8
M.S. Davey et al., 2021 [43]	12,9	3,3	—	4,2	—

Таблица 4. Инфекционные осложнения

Table 4. Infectious complications

Исследования	Год публикации	Доля осложнений, %
B.F. Morrey et al. [52]	1983	9,0
S.W. Wolfe et al. [53]	1990	7,3
M.D. Kasten et al. [54]	1993	11,7
K.A. Hildebrand et al. [55]	2000	7,7
K.Schmidt et al. [56]	2007	10,3
L.L. Shi et al. [47]	2007	8,1
F. Qureshi et al. [57]	2010	9,1
Y. Achermann et al. [58]	2011	7,5
P.J. Jenkins et al. [11]	2013	8,2
Г.А. Кесян и др. [17]	2017	13
A.C. Watts et al. [59]	2018	3,3
P. Parker et al. [42]	2019	3,2
А.Г. Алиев и др. [31]	2019	6,0
M.S. Davey et al. [43]	2021	3,3

лечения перипротезной инфекции. В настоящее время данная тактика рассматривается, только когда шансы избавиться от инфекции крайне низки, при катастрофической потере костной массы либо в случаях, когда пациент не заинтересован в многократных дополнительных хирургических вмешательствах [51].

Проблема инфекционных осложнений не теряет своей актуальности из-за отсутствия тенденции к снижению частоты возникновения (табл. 4). Высокими показателями инфицирования при эндопротезировании локтевого сустава по сравнению с протезами бедра (0,2–1,6%) и колена (<2%) могут быть по нескольким причинам. Во-первых, основным показанием для артропластики локтевого сустава является ревматический или посттравматический остеоартрит. Ревматические расстройства связаны с более высоким риском заражения в результате хронического воспалительного процесса и иммуносупрессивной терапии. Реконструктивные операции, как правило, предшествующие артропластике при посттравматическом остеоартрите, также связаны с более высоким риском инфекции. Эндопротезирование тазобедренного или коленного сустава проводится обычно при длительно существующем дегенеративном остеоартрозе, не приводящем к значимым системным изменениям. Во-вторых, подкожное размещение, недостаточное мышечное покрытие локтевого эндопротеза и отсутствие толстой фиброзной фасции подразумевают плохую защиту от кожной инфекции [12, 42, 58].

Y. Achermann et al. по срокам инфицирования после операции разделяют осложнения на ранние (до 3 мес) — 48% случаев, с задержкой до 24 мес — 11%, и поздние (свыше 24 мес) — 40%. Пути заражения — гематогенный (30%), периоперационный (59%) и контактный (11%). В 63% случаев инфицирования после эндопротезирования локтевого сустава основным показанием к артропластике был РА, остеоартроз — в 37%. При микробиологическом

исследовании в 41% выявлен *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативный *staphylococcus* в 33%, в 7% — *Streptococcus agalactiae*, *Enterobacter cloacae* в 3,7%, *Corynebacterium pseudodiphtheriticum* — 3,7%. Полимикробное заражение выявлено в 7% случаев, и в 3,7% микроорганизм не был идентифицирован. Безрецидивная выживаемость имплантата составила 79% через 1 год и 65% — через 2 года после ревизии [58].

Однако, по данным других авторов, наиболее часто перипротезная инфекция ассоциирована со *Staphylococcus epidermidis* (более 62%). Ввиду выраженной способности к образованию биопленок высок риск рецидива [31, 42, 59–65].

Перипротезные переломы. Частота перипротезных переломов после тотального эндопротезирования локтевого сустава составляет в среднем от 5% до 29% [12, 66–68]. Обращает на себя внимание тот факт, что в большинстве случаев перипротезные переломы сочетаются с признаками асептического расшатывания. А.М. Foruria et al. сообщают о том, что в 78% случаев пациенты не могли точно вспомнить, когда возник перелом. Установить, что было первичным, перелом или расшатывание, не удалось [69]. По мнению многих авторов, возникновение перипротезного перелома происходит на фоне остеопороза и остеолита, вызванных микрочастицами изношенного полиэтилена и полиметилметакрилатного цемента. Немаловажным обстоятельством является и несоблюдение ортопедического режима [12, 18, 51, 69]. Дальнейшее асептическое расшатывание или новый перипротезный перелом встречаются у 20% пациентов, которым произведено ревизионное вмешательство [12, 66, 67].

Разобщение, разрушение компонентов эндопротеза. Разобщение компонентов эндопротеза встречается с общей частотой до 15%. При использовании несвязанных конструкций доля данного осложнения достигает 25% [18, 70].

Клинически значимый износ шарнира, требующий ревизии, происходит примерно в 1–6% случаев, в среднем через 7,9 года после первичного эндопротезирования [71, 72]. S.H. Goldberg et al. указывают на то, что у извлеченных по различным причинам эндопротезов признаки износа имелись во всех случаях. У пациентов в околоуставных мягких тканях встречались признаки металлоза и частицы полиэтилена [73].

G.S. Athwal, B.F. Morrey сообщили о разрушении плечевого компонента в 0,65% случаев в среднем через 8,2 года после имплантации и разрушении локтевого компонента в 1,2% случаев через 4,6 года после первичного эндопротезирования. Более высокая частота отмечена у больных с травмами локтевого сустава, в отличие от пациентов, которым произведено эндопротезирование по поводу РА (74% и 22% соответственно). Более чем в 90% случаев при этом была выявлена значительная потеря костной массы [12, 74]. В целом, результаты

хирургического лечения данного осложнения благоприятные при отсутствии других проблем.

Гетеротопическая оссификация. Локтевой сустав вообще склонен к гетеротопической оссификации (ГО) в ответ на любые внешние воздействия (травма, оперативное вмешательство и т. д.) [17]. В процессе заживления мезенхимальные клетки могут неправильно дифференцироваться в остеогенные клетки-предшественники, что приводит к образованию эктопической костной ткани [75]. Несмотря на многочисленные исследования, в которых сообщается о частоте возникновения гетеротопической оссификации после артропластики тазобедренного и коленного суставов, частота возникновения ГО после эндопротезирования локтя в литературе упоминается редко. E.Y. Liu et al. (2019) в систематическом обзоре сообщают об общей частоте возникновения ГО около 10%. При этом в большинстве случаев оссификация протекает бессимптомно, и очень немногим пациентам требуется хирургическое лечение (примерно 6% от общего числа выявленных случаев, что составляет около 0,6% первичных артропластик). Пациенты женского пола составили 73%, средний возраст больных — 62 года [76]. Y.M. Baghdadi et al., изучая исходы 723 артропластик локтевого сустава, обнаружили, что ГО чаще развивается у пациентов с ожирением (10 против 3% для больных без ожирения) [77].

T.J. Graham описывает классификацию ГО в области локтевого сустава: I стадия — субклиническая; IIa — ограничение сгибания и разгибания; IIb — ограничение пронации и супинации; IIc — ограничение движений в обеих плоскостях; и III — полный анкилоз локтевого сустава [78].

В качестве профилактического лечения для снижения риска возникновения ГО часто используются нестероидные противовоспалительные препараты и лучевая терапия. Однако эффективность этих методов требует дальнейшего изучения [76].

Дисфункция разгибательного аппарата. При эндопротезировании локтевого сустава трехглавая мышца плеча выполняет две важные функции. Во-первых, это адекватное разгибание предплечья. При нарушении этой функции пациенты с трудом могут поднять выпрямленную в локтевом суставе конечность, дотянуться до полки, открыть дверь, толкая ее перед собой, и т. д. Во-вторых, хват трехглавой мышцы вокруг импланта обеспечивает достаточно толстое мягкотканное покрытие, снижающее раневые осложнения и риск глубокой инфекции [58, 79, 80]. Общая частота недостаточности трицепса после тотальной артропластики локтевого сустава колеблется от 2 до 8% [12, 17]. Как правило, это неполные разрывы или функциональная недостаточность. Менее чем у 2% пациентов происходит полный разрыв трехглавой мышцы плеча [80, 81].

Другие осложнения. *Невропатия локтевого нерва.* Все методики имплантации эндопротеза локтевого сустава подразумевают выделение и транспозицию локтевого

нерва. Парестезия в зоне его иннервации в послеоперационном периоде встречается с частотой от 29 до 40%. Как правило, симптомы исчезают в течение 2–6 нед. после операции. Однако примерно в 11% случаев невропатия имеет стойкий характер. Прямое травматическое повреждение нерва либо термическое при цементировании встречаются редко, так как нерв обычно хорошо визуализируется [55, 82, 83].

При стойких явлениях невропатии были обнаружены невромы локтевого нерва, рубцовые деформации и перетяжки. Однако только примерно в 0,5% случаев требовался повторный невролиз [84]. В редких случаях необратимой потери функции нерва была необходима сухожильно-мышечная транспозиция [85].

Повреждение лучевого нерва. Встречается еще реже, как правило, это происходит при перфорации кортикального слоя плечевой ножкой эндопротеза, при удалении компонентов во время ревизии и выдавливании костного цемента в месте перипротезного перелома [12].

Тромбоэмболия легочной артерии. Редкое осложнение. S.F.M. Duncan на основе изучения результатов 1076 эндопротезирований локтевого сустава сообщает о распространенности явной тромбоэмболии легочной артерии — около 0,25% после первичных артропластик и 0,38% после ревизий [86].

Смертность. J. Sanchez-Sotelo et al. (2007) в своем исследовании определили уровень смертности в 0,62% в течение 90 дней после тотального эндопротезирования локтевого сустава вне зависимости от возраста и пола [87].

О ПРИЧИНАХ ОСЛОЖНЕНИЙ

Зависимость осложнений от нозологии. В отличие от тазобедренного или коленного суставов, существует крайняя неоднородность нозологических форм, служащих показанием к эндопротезированию локтевого сустава. Количество тех или иных осложнений значительно отличается в этих группах (табл. 5). D.M. Gay et al. указывают, что частота ревизий для групп травматического, воспалительного артрита и остеоартрита в течение 3 мес после первичной артропластики составляла 4,8; 8,3 и 14,7% соответственно [6]. А.Г. Алиев и др. сообщают, что суммарная частота осложнений у пациентов, которым выполнено эндопротезирование по поводу последствий травм, составила 23,8%. В группе воспалительных артропатий общая частота осложнений — 13,6% [31]. Наибольшее количество гнойно-воспалительных осложнений, которые привели к потере эндопротеза, встречалось у пациентов, оперированных по поводу тяжелого посттравматического артроза и дефектов дистального конца плечевой кости [17].

Зависимость частоты осложнений от дизайна эндопротеза. В настоящее время нет единого мнения о преимуществах той или иной системы эндопротезов (табл. 6). Теоретически несвязанные имплантаты должны быть более подвержены вывихам, а связанные

Таблица 5. Зависимость частоты осложнений от нозологической формы**Table 5.** Dependence of the frequency of complications on the nosology

Исследование	Ревматоидный артрит, %	Острая травма, %	Последствия травм, %	Остеоартрит, %
C.P. Little et al., 2005 [35]	10,0	3,0	10,0	–
I. Voloshin et al., 2011 [5]	24,3±5,8	21,5±9,2	37,5 ±9,2	–
D.M. Gay et al., 2012 [6]	8,3	–	4,8	14,7
D. Perretta et al., 2017 [39]	27,0	57,0	–	11,0
А.Г. Алиев и др., 2019 [31]	13,6	–	23,8	–
P. Parker et al., 2019 [42]*	37,8	32,3	–	131,7*
V. Samdanis et al., 2020 [8]	5,2	50,0	50,0	–

Примечание. * Авторы определяют осложнения как любое нежелательное явление. В результате, у одного пациента может быть два и более осложнения.

Note. * The authors define complications as any undesirable event. As a result, one patient may have two and more complications.

Таблица 6. Частоты осложнений в зависимости от дизайна эндопротеза**Table 6.** Frequency of complications depending on the design of the endoprosthesis

Исследования	Связанный дизайн, осложнения, %	Несвязанный дизайн, осложнения, %
C.P. Little et al., 2005 [90]	9,1	19,7
I. Voloshin et al., 2011 [5]	25,9±8,4	27,2±6,2
S.E. Park et al., 2013 [38]	30,6	62,9
A. Prkic et al., 2017 [14]	13,8	16,3
Y. Krukhaug et al., 2018 [41]	8,2	25,1
J.M. Kwak et al., 2019 [13]	19,1	26,5
A. Viswanath et al., 2020 [16]	5,0	14,8

имплантаты — иметь более высокие показатели асептического расшатывания из-за неадекватного переноса нагрузок с локтевой кости на плечевую. На практике же обе системы демонстрируют схожие удовлетворительные краткосрочные и среднесрочные результаты, тем не менее объективные общие данные отсутствуют. Так, при среднем сроке наблюдения 5 лет все имплантаты, как связанные, так и несвязанные, облегчают боль и увеличивают диапазон движения у всех групп пациентов [10, 15, 28, 88, 89]. I. Voloshin et al. указывают на общую частоту осложнений в связанных и несвязанных группах — 25,9±8,4% и 27,2±6,2% соответственно [5]. A. Prkic et al. приводят следующие данные: из 2211 связанных артропластик зарегистрировано 304 ревизии (13,8%), из 2764 несвязанных эндопротезов — 451 ревизия (16,3%) [14].

Статистические исследования, проведенные с 2000 по 2017 год A.I. Viswanath et al. на основе регистра эндопротезов Новой Зеландии, показали, что частота ревизий эндопротеза Coonrad-Morrey (связанный эндопротез) была на 65% ниже по сравнению с протезом Latitude (несвязанный трансформируемый эндопротез), причем независимо от способа крепления протеза Latitude (связанный или несвязанный) и замены головки лучевой кости [16]. Некоторые исследователи объясняют это тем, что при использовании несвязанных имплантов подразумевается сохранность мягких тканей, особенно боковых связок, и скрупулезная точность хирургической техники. Плохо

сбалансированные коллатеральные связки могут привести к чрезмерному износу полиэтилена, остеолиту и нестабильности [16, 23].

Схожие данные присутствуют и в других исследованиях. P. Parker et al. пишут о том, что эндопротез Latitude показал наибольший показатель (%) асептического расшатывания и глубокого нагноения, и указывают, что большое количество расшатываний во всей группе эндопротезов этого типа связано с радиальным компонентом, наиболее часто подверженным данному осложнению, а не с плечевой или локтевой ножками [42].

В настоящее время складывается парадоксальная ситуация: в общем связанные системы показывают лучшую выживаемость в среднесрочной перспективе, чем несвязанные, но результаты ревизионной хирургии во второй группе заметно превосходят первую [89].

Влияние опыта хирурга на результаты артропластики локтевого сустава. Существует обратная зависимость между частотой ревизионных операций и опытом хирурга, на что указывают многие авторы [6, 31]. P.J. Jenkins et al. говорят о том, что частота повторных операций после первичной артропластики была высокой (до 15% за 18 лет наблюдения). Авторы на основании Шотландского объединенного регистра эндопротезов (1146 артропластик локтевого сустава), показали, что лучшая выживаемость имплантата отмечена у хирургов, которые выполнили более 10 операций за год [11]. A. Abdelmalek и O. Donaldson, проводя опрос среди хирургов, занимающихся

эндопротезированием локтевого сустава, отметили, что 52% респондентов согласны с тем, что для владения техникой артропластики требуется определенное количество выполненных операций, 62% заявили, что 5 процедур в год следует рассматривать как минимум [91].

Еще в одном исследовании из Финляндии на основе финского регистра артропластик локтевого сустава (1457 операций), отмечено, что риск ревизии был в 1,5 раза выше в неспециализированных больницах по сравнению со специализированными [92].

РЕВИЗИОННАЯ АРТРОПЛАСТИКА

На основании имеющихся на сегодняшний день данных можно сделать вывод, что ревизионное эндопротезирование локтевого сустава связано с высоким уровнем осложнений и повторных операций. Пятилетняя выживаемость ревизионного эндопротеза при этом составляет от 64 до 83% [9]. Хотя общие показания к выполнению первичной артропластики достаточно подробно описаны в литературе, лишь немногие исследования посвящены показаниям к ревизионному эндопротезированию [93].

Основным показанием к повторной операции служит процесс постепенного расшатывания компонентов эндопротеза локтевого сустава. При этом очень важным обстоятельством для определения дальнейшей тактики хирургического лечения является факт присоединения инфекции вне зависимости от того, на каком этапе это произошло. J.M. Kwak et al. разделяют все осложнения, приведшие к ревизионной артропластике, на инфицированные и неинфицированные [13]. Если говорить об общих принципах, очаг инфекции должен быть ликвидирован путем извлечения имплантата, что должно сопровождаться реимплантацией в сочетании с антибиотикотерапией. Напротив, неинфицированные осложнения следует лечить, устраняя механические проблемы в интерфейсе «имплант-кость» или «имплант-имплант» [44, 51, 57, 94, 95].

По данным литературы, отсутствует единое мнение о перспективности реконструктивных вмешательств на инфицированном локтевом эндопротезе. Хотя большинство авторов сходятся во мнении, что хирургическое лечение должно быть в большинстве случаев многоэтапным. Обобщая данные литературы, представим несколько вариантов тактики лечения инфицированного эндопротеза [13, 51, 58–60, 93–95]:

- 1) санация очага, дебридмент с сохранением импланта при его стабильной фиксации;
- 2) санация очага, дебридмент с заменой импланта при его расшатывании;
- 3) санация очага, дебридмент с имплантацией временного цементного спейсера с антибиотиками с отсроченным ревизионным эндопротезированием при отсутствии рецидива;
- 4) резекционная артропластика и артродезирование.

K. Yamaguchi et al. еще в 1998 году указывали на то, что результаты ревизии инфицированного эндопротеза сильно зависят от возбудителя. Обширное орошение и обработка раны при наличии инфекции может быть достаточно успешным, если микроорганизмом является не *Staphylococcus epidermidis* и если компоненты стабильны. Когда требуется удаление компонентов, поэтапная реимплантация также может быть весьма успешной, если инфекционным агентом является не *Staphylococcus epidermidis* [60].

D.A. DeBernardis et al. указывают на то, что среди пациентов, которые прошли ревизию на предмет инфекции, неудовлетворительный результат получен у 100% тех, кто проходил одностадийную ревизию, и у 64,3% тех, кто проходил двухэтапную ревизию. Рецидив также отмечался у 50% пациентов, которые прошли одно- или двухэтапную ревизию на предмет инфекции с использованием аллотрансплантата, и у 58,3% пациентов, которые прошли ревизию без его использования [45].

На основе анализа данных литературы по вопросу асептического расшатывания и перипротезных переломов можно сделать вывод, что это звено одного процесса, в первую очередь связанного с прогрессирующей потерей костной массы. Что произошло первично (перелом или расшатывание), в большинстве случаев определить не удастся [12, 51, 69]. Основная задача хирургического лечения в данной ситуации — устранить механические проблемы в интерфейсе «имплант-кость» и восстановить костный массив вокруг импланта. Предложены различные виды ауто- и аллопластики, так как восстановление стабильности компонентов эндопротеза только за счет использования удлинённых конструкций не всегда оправдано [13, 49, 69, 96]. J.M. Kim et al. указывают на то, что использование более длинного компонента с расширенным передним фланцем допускается при потере кости на дистальном отделе плеча до 8 см. Чтобы избежать дисфункции разгибательного аппарата, общее укорочение плечевой кости проксимальнее локтевой ямки не должно превышать 2 см [12].

Ревизия ревизионного эндопротеза. Ни один эндопротез крупного сустава (тазобедренный, коленный или плечевой) не подвергается такому количеству повторных вмешательств, как локтевой. Однако в современной литературе мало информации о результатах ревизии ревизионного тотального эндопротеза локтевого сустава. По данным последних исследований (2019–2021 годов), из пациентов, подвергшихся ревизионной артропластике, 54–56% нуждаются в дополнительном хирургическом лечении [93, 97].

Оценивая результаты повторных ревизий, P. Doms et al. указывают на то, что в 30% потребовались удлинённые имплантаты или имплантаты, изготовленные по индивидуальному заказу, а в 50% — увеличение аллотрансплантата. При окончательной клинической оценке

56% больных имели недостаточность трехглавой мышцы. Среди осложнений — инфицирование, симптоматическое асептическое расшатывание плечевого компонента, сенсорная невропатия локтевого нерва, повреждение лучевого нерва. Однако достоверные статистические данные отсутствуют [65].

Пациенты, у которых первичный эндопротез выходил из строя из-за инфекции, с большей вероятностью получают осложнения после ревизии и требуют большего количества последующих операций, чем пациенты с другой этиологией первичного отказа эндопротеза. А.Т. Wee et al. на основе изучения результатов 213 последовательных ревизионных артропластик локтевого сустава указывают на то, что у 16 пациентов вопреки ожиданиям зафиксированы положительные результаты интраоперационных посевов микрофлоры. В большинстве случаев идентифицирован *Staphylococcus epidermidis* либо *Propionibacterium acnes*. Вероятность получения неожиданного положительного результата во время операции составила 7,5% [63].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложность строения и биомеханики локтевого сустава, высокие требования к функциональным результатам требуют дифференцированного, зачастую индивидуального подхода к лечению любой его патологии.

Эндопротезирование локтевого сустава — это динамично развивающаяся отрасль медицины. Неуклонный рост числа первичных артропластик локтевого сустава связан не только с расширением показаний к эндопротезированию, но и с совершенствованием дизайна имплантов, повышением их стабильности и выживаемости. Дальнейшие достижения в этой области являются ключом к тому, чтобы сделать эту операцию такой же надежной и долговечной, как эндопротезирование тазобедренного или коленного сустава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Navarro N.M., Sánchez-Sotelo J. Elbow replacement // Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2012. Vol. 56, N 5. P. 413–420. doi: 10.1016/j.recot.2012.06.004
2. Prkić A., van Bergen C.J., The B., Eygendaal D. Total elbow arthroplasty: past, present, future // World J Orthop. 2016. Vol. 7, N 1. P. 44–49. doi: 10.5312/wjo.v7.i1.44
3. Macken A.A., Prkić A., Kodde I.F., et al. Global trends in indications for total elbow arthroplasty: a systematic review of national registries // EFORT Open Rev. 2020. Vol. 5, N 4. P. 215–220. doi: 10.1302/2058-5241.5.190036
4. Zhou H., Orvets N.D., Merlin G., et al. Total elbow arthroplasty in the United States: evaluation of cost, patient demographics, and complication rates // Orthop Rev (Pavia). 2016. Vol. 8, N 1. P. 6113. doi: 10.4081/or.2016.6113
5. Voloshin I., Schippert D.W., Kakar S., et al. Complications of total elbow replacement: a systematic review // J Shoulder Elbow Surg. 2011. Vol. 20, N 1. P. 158–168. doi: 10.1016/j.jse.2010.08.026
6. Gay D.M., Lyman S., Do H., et al. Indications and reoperation rates for total elbow arthroplasty: an analysis of trends in New York State // J Bone Joint Surg Am. 2012. Vol. 94, N 2. P. 110–117. doi: 10.2106/JBJS.J.01128
7. Klug A., Gramlich Y., Buckup J., et al. Trends in total elbow arthroplasty: a nationwide analysis in Germany from 2005 to 2014 // Int Orthop. 2018. Vol. 42, N 4. P. 883–889. doi: 10.1007/s00264-018-3818-x
8. Samdanis V., Manoharan G., Jordan R.W., et al. Indications and outcome in total elbow arthroplasty: a systematic review // Shoulder Elbow. 2020. Vol. 12, N 5. P. 353–361. doi: 10.1177/1758573219873001

Основываясь на анализе отечественной и зарубежной научной литературы, можно сделать следующие выводы. Необходимы:

- 1) отказ от полностью связанных, жестких систем из-за их несоответствия биомеханике локтевого сустава и высокой частоты асептического расшатывания;
- 2) дальнейшие исследования в направлении дизайна импланта, особенно конвертируемых и модульных систем и совершенствование техники операции;
- 3) определение строгих показаний к эндопротезированию локтевого сустава в зависимости от патологии, возраста пациента и, что немаловажно, его физической активности;
- 4) определение показаний к использованию различных типов эндопротезов в зависимости от нозологии;
- 5) совершенствование техники и разработка новых способов ревизионной артропластики локтевого сустава.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Не указан.

Funding source. Not specified.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

9. Burkhart K.J., Stein G., Skouras E., Müller L.P. Revision arthroplasty of the elbow // *Unfallchirurg*. 2010. Vol. 113, N 12. P. 996–1005. (In German). doi: 10.1007/s00113-010-1903-8
10. Viveen J., van den Bekerom M.P.J., Doornberg J.N., et al. Use and outcome of 1,220 primary total elbow arthroplasties from the Australian Orthopaedic Association National Joint Arthroplasty Replacement Registry 2008–2018 // *Acta Orthop*. 2019. Vol. 90, N 6. P. 511–516. doi: 10.1080/17453674.2019.1657342
11. Jenkins P.J., Watts A.C., Norwood T., et al. Total elbow replacement: outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project // *Acta Orthop*. 2013. Vol. 84, N 2. P. 119–123. doi: 10.3109/17453674.2013.784658
12. Kim J.M., Mudgal C.S., Konopka J.F., Jupiter J.B. Complications of total elbow arthroplasty // *J Am Acad Orthop. Surg*. 2011. Vol. 19, N 6. P. 328–339. doi: 10.5435/00124635-201106000-00003
13. Kwak J.M., Koh K.H., Jeon I.H. Total elbow arthroplasty: clinical outcomes, complications, and revision surgery // *Clin Orthop Surg*. 2019. Vol. 11, N 4. P. 369–379. doi: 10.4055/cios.2019.11.4.369
14. Prkic A., Welsink C., The B., et al. Why does total elbow arthroplasty fail today? A systematic review of recent literature // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017. Vol. 137, N 6. P. 761–769. doi: 10.1007/s00402-017-2687-x
15. Choo A., Ramsey M.L. Total elbow arthroplasty: current options // *J Am Acad Orthop Surg*. 2013. Vol. 21, N 7. P. 427–437. doi: 10.5435/jaaos-21-07-427
16. Viswanath A.I., Frampton C.M., Poon P.C. A review of the New Zealand National Joint Registry to compare the outcomes of Coonrad-Morrey and Latitude total elbow arthroplasty // *J Shoulder Elbow Surg*. 2020. Vol. 29, N 4. P. 838–844. doi: 10.1016/j.jse.2019.12.021
17. Кесян Г.А., Арсеньев И.Г., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С. Дифференцированный подход к оперативному лечению последствий тяжелых повреждений локтевого сустава // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2017. Т. 16, № 4. С. 161–167.
18. Алиев А.Г., Коваленко А.Н., Амбросенков А.В., и др. Показания и результаты первичного и ревизионного эндопротезирования локтевого сустава (обзор литературы) // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 4. С. 600–609. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-600-609
19. Прохоренко В.М., Александров Т.И., Чорний С.И., Слободской А.Б. Эндопротезирование локтевого сустава при внутрисуставных переломах и последствиях травм // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 5. С. 144–152.
20. Алиев А.Г., Амбросенков А.В., Бадмаев А.О., и др. Эпидемиологические аспекты эндопротезирования локтевого сустава // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 6. С. 15.
21. Слободской А.Б., Прохоренко В.М., Дунаев А.Г., и др. Эндопротезирование локтевого сустава // *Гений ортопедии*. 2011. № 3. С. 61–65.
22. Pooley J. Total elbow replacement patient selection and perspectives // *Orthop Res Rev*. 2019. Vol. 11. P. 23–40. doi: 10.2147/ORR.S134719
23. Egidy C.C., Cross M.B., Nam D., et al. Total elbow arthroplasty: outcomes driving the evolution of implant design // *JBJS Rev*. 2019. Vol. 7, N 5. P. e8. doi: 10.2106/jbjs.rvw.18.00127
24. Yanni O.N., Fearn C.B.D.A., Gallannaugh S.C., Joshi R. The Roper-Tuke total elbow arthroplasty. 4- to 10-year results of an unconstrained prosthesis // *J Bone Joint Surg Br*. 2000. Vol. 82, N 5. P. 705–710. doi: 10.1302/0301-620x.82b5.9816
25. Papatheodorou L.K., Baratz M.E., Sotereanos D.G. Elbow arthritis: current concepts // *J Hand Surg Am*. 2013. Vol. 38, N 3. P. 605–613. doi: 10.1016/j.jhssa.2012.12.037
26. Kondo N., Arai K., Fujisawa J., et al. Clinical outcome of Niigata-Senami-Kyocera modular unconstrained total elbow arthroplasty for destructive elbow in patients with rheumatoid arthritis // *J Shoulder Elbow Surg*. 2019. Vol. 28, N 5. P. 915–924. doi: 10.1016/j.jse.2018.10.030
27. Wagener M.L., de Vos M.J., Hannink G., et al. Mid-term clinical results of a modern convertible total elbow arthroplasty // *Bone Joint J*. 2015. Vol. 97-B, N 5. P. 681–688. doi: 10.1302/0301-620x.97b5.34841
28. Welsink C.L., Lambers K.T., van Deurzen D.F., et al. Total elbow arthroplasty // *JBJS Rev*. 2017. Vol. 5, N 7. P. e4. doi: 10.2106/jbjs.rvw.16.00089
29. Sanchez-Sotelo J. Total elbow arthroplasty // *Open Orthop J*. 2011. Vol. 5, N 1. P. 115–123. doi: 10.2174/1874325001105010115
30. Алиев А.Г., Тихилов Р.М., Шубняков И.И., и др. Среднесрочные результаты эндопротезирования локтевого сустава у пациентов с ревматоидным артритом // *Научно-практическая ревматология*. 2018. Т. 56, № 5. С. 635–640. doi: 10.14412/1995-4484-2018-635-640
31. Алиев А.Г., Амбросенков А.В., Бояров А.А., и др. Сравнительная эффективность тотального эндопротезирования локтевого сустава у пациентов с последствиями травм и ревматоидным артритом в среднесрочном и отдаленном периодах // *Травматология и ортопедия России*. 2019. Т. 25, № 1. С. 41–51. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-41-51
32. Прохоренко В.М., Чорний С.И., Шатерников Б.Н. Эндопротезирование локтевого сустава эндопротезами ООО «Эндосервис» // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2009. № 3. С. 61–68. doi: 10.17816/vto200916361-68
33. Ikavalko M., Lehto M.U., Repo A., et al. The Souter-Strathclyde elbow arthroplasty. A clinical and radiological study of 525 consecutive cases // *J Bone Joint Surg Br*. 2002. Vol. 84, N 1. P. 77–82. doi: 10.1302/0301-620x.84b1.11848
34. Van der Lugt J.C., Geskus R.B., Rozing P.M. Primary Souter-Strathclyde total elbow prosthesis in rheumatoid arthritis // *J Bone Joint Surg Am*. 2004. Vol. 86, N 3. P. 465–473. doi: 10.2106/00004623-200403000-00002
35. Little C.P., Graham A.J., Carr A.J. Total elbow arthroplasty: a systematic review of the literature in the English language until the end of 2003 // *J Bone Joint Surg Br*. 2005. Vol. 87, N 4. P. 437–444. doi: 10.1302/0301-620x.87b4.15692
36. Слободской А.Б., Прохоренко В.М., Бадак И.С., и др. Ближайшие и среднесрочные результаты артропластики суставов верхней конечности // *Вестник медицинского института РЕАВИЗ: реабилитация, врач и здоровье*. 2012. № 3–4. С. 67–74.
37. Park S.E., Kim J.Y., Cho S.W., et al. Complications and revision rate compared by type of total elbow arthroplasty // *J Shoulder Elbow Surg*. 2013. Vol. 22, N 8. P. 1121–1127. doi: 10.1016/j.jse.2013.03.003
38. Lovy A.J., Keswani A., Dowdell J., et al. Outcomes, complications, utilization trends, and risk factors for primary and revision total elbow replacement // *J Shoulder Elbow Surg*. 2016. Vol. 25, N 6. P. 1020–1026. doi: 10.1016/j.jse.2015.12.012

39. Perretta D., van Leeuwen W.F., Dyer G., et al. Risk factors for reoperation after total elbow arthroplasty // *J Shoulder Elbow Surg.* 2017. Vol. 26, N 5. P. 824–829. doi: 10.1016/j.jse.2016.12.064
40. Kwong C.A., Puloski S.K., Hildebrand K.A. Fungal periprosthetic joint infection following total elbow arthroplasty: a case report and review of the literature // *J Med Case Rep.* 2017. Vol. 11, N 1. P. 20. doi: 10.1186/s13256-016-1176-0
41. Krukhaug Y., Hallan G., Dybvik E., et al. A survivorship study of 838 total elbow replacements: a report from the Norwegian Arthroplasty Register 1994–2016 // *J Shoulder Elbow Surg.* 2018. Vol. 27, N 2. P. 260–269. doi: 10.1016/j.jse.2017.10.018
42. Parker P., Furness N.D., Evans J.P., et al. A systematic review of the complications of contemporary total elbow arthroplasty // *Shoulder Elbow.* 2019. Vol. 13, N 5. P. 544–551. doi: 10.1177/1758573219834934 Retraction in: *Shoulder Elbow.* 2019. Vol. 11, N 6. NP1. doi: 10.1177/1758573219877798
43. Davey M.S., Hurley E.T., Gaafar M., et al. Long-term outcomes of total elbow arthroplasty: a systematic review of studies at 10-year follow-up // *J Shoulder Elbow Surg.* 2021. Vol. 30, N 6. P. 1423–1430. doi: 10.1016/j.jse.2020.11.014
44. Plaschke H.C., Thillemann T.M., Brorson S., Olsen B.S. Implant survival after total elbow arthroplasty: a retrospective study of 324 procedures performed from 1980 to 2008 // *J Shoulder Elbow Surg.* 2014. Vol. 23, N 6. P. 829–836. doi: 10.1016/j.jse.2014.02.001
45. DeBernardis D.A., Horneff J.G., Davis D.E., et al. Revision total elbow arthroplasty failure rates: the impact of primary arthroplasty failure etiology on subsequent revisions // *J Shoulder Elbow Surg.* 2020. Vol. 29, N 2. P. 321–328. doi: 10.1016/j.jse.2019.10.010
46. Somerson J.S., Matsen F.A. 3rd. Timely recognition of total elbow and radial head arthroplasty adverse events: an analysis of reports to the US Food and Drug Administration // *J Shoulder Elbow Surg.* 2018. Vol. 28, N 3. P. 510–519. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.043
47. Shi L.L., Zurakowski D., Jones D.G., et al. Semiconstrained primary and revision total elbow arthroplasty with use of the Coonrad-Morrey prosthesis // *J Bone Joint Surg Am.* 2007. Vol. 89, N 7. P. 1467–1475. doi: 10.2106/JBJS.F.00715
48. Sundfeldt M., Carlsson L.V., Johansson C.B., et al. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories // *Acta Orthop.* 2006. Vol. 77, N 2. P. 177–197. doi: 10.1080/17453670610045902
49. Rhee Y.G., Cho N.S., Parke C.S. Impaction grafting in revision total elbow arthroplasty due to aseptic loosening and bone loss // *J Bone Joint Surg Am.* 2013. Vol. 95, N 11. P. e741–747. doi: 10.2106/JBJS.K.01737
50. Celli A., Morrey B.F. Total elbow arthroplasty in patients forty years of age or less // *J Bone Joint Surg Am.* 2009. Vol. 91, N 6. P. 1414–1418. doi: 10.2106/JBJS.G.00329
51. Somerson J.S., Morrey M.E., Sanchez-Sotelo J., Morrey B.F. Diagnosis and management of periprosthetic elbow infection // *J Bone Joint Surg Am.* 2015. Vol. 97, N 23. P. 1962–1971. doi: 10.2106/jbjs.o.00170
52. Morrey B.F., Bryan R.S. Infection after total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am.* 1983. Vol. 65, N 3. P. 330–338.
53. Wolfe S.W., Figgie M.P., Inglis A.E., et al. Management of infection about total elbow prostheses // *J Bone Joint Surg Am.* 1990. Vol. 72, N 2. P. 198–212.
54. Kasten M.D., Skinner H.B. Total elbow arthroplasty. An 18-year experience // *Clin Orthop Relat Res.* 1993. N 290. P. 177–188.
55. Hildebrand K.A., Patterson S.D., Regan W.D., et al. Functional outcome of semiconstrained total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am.* 2000. Vol. 82, N 10. P. 1379–1386. doi: 10.2106/00004623-200010000-00003
56. Schmidt K., Hilker A., Miehle R.K. Differences in elbow replacement in rheumatoid arthritis // *Orthopade.* 2007. Vol. 36, N 8. P. 714–722. (In German). doi: 10.1007/s00132-007-1119-y
57. Qureshi F., Draviraj K.P., Stanley D. The Kudo 5 total elbow replacement in the treatment of the rheumatoid elbow: results at a minimum of ten years // *J Bone Joint Surg Br.* 2010. Vol. 92, N 10. P. 1416–1421. doi: 10.1302/0301-620X.92B10.22476
58. Achermann Y., Vogt M., Sporman C., et al. Characteristics and outcome of 27 elbow periprosthetic joint infections: results from a 14-year cohort study of 358 elbow prostheses // *Clin Microbiol Infect.* 2011. Vol. 17, N 3. P. 432–438. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03243.x
59. Watts A., Duckworth A., Trail I., et al. Scoping review: diagnosis and management of periprosthetic joint infection in elbow arthroplasty // *Shoulder Elbow.* 2019. Vol. 11, N 4. P. 282–291. doi: 10.1177/1758573218789341
60. Yamaguchi K., Adams R.A., Morrey B.F. Infection after total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am.* 1998. Vol. 80, N 4. P. 481–491. doi: 10.2106/00004623-199804000-00004
61. Gille J., Ince A., González O., et al. Single-stage revision of periprosthetic infection following total elbow replacement // *J Bone Joint Surg Br.* 2006. Vol. 88, N 10. P. 1341–1346. doi: 10.1302/0301-620X.88B10.17952
62. Peach C.A., Nicoletti S., Lawrence T.M., Stanley D. Two-stage revision for the treatment of the infected total elbow arthroplasty // *Bone Joint J.* 2013. Vol. 95-B, N 12. P. 1681–1686. doi: 10.1302/0301-620X.95B12.31336
63. Wee A.T., Morrey B.F., Sanchez-Sotelo J. The fate of elbows with unexpected positive intraoperative cultures during revision elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am.* 2013. Vol. 95, N 2. P. 109–116. doi: 10.2106/jbjs.k.00121
64. Goyal N., Luchetti T.J., Wysocki R.W., Cohen M.S. Management of periprosthetic joint infection in total elbow arthroplasty // *J Hand Surg Am.* 2020. Vol. 45, N 10. P. 957–970. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.05.020
65. Domos P., Chelli M., Papanna M.C., et al. Outcomes following revision of the revision total elbow arthroplasty // *J Shoulder Elbow Surg.* 2021. Vol. 30, N 7. P. 1653–1661. doi: 10.1016/j.jse.2020.10.016
66. O'Driscoll S.W., Morrey B.F. Periprosthetic fractures about the elbow // *Orthop Clin North Am.* 1999. Vol. 30, N 2. P. 319–325. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70086-9
67. Sanchez-Sotelo J., O'Driscoll S., Morrey B.F. Periprosthetic humeral fractures after total elbow arthroplasty: treatment with implant revision and strut allograft augmentation // *J Bone Joint Surg Am.* 2002. Vol. 84, N 9. P. 1642–1650.
68. Ramirez M.A., Cheung E.V., Murthi A.M. Revision total elbow arthroplasty // *J Am Acad Orthop Surg.* 2017. Vol. 25, N 8. P. e166–e174. doi: 10.5435/jaaos-d-15-00479
69. Foruria A.M., Sanchez-Sotelo J., Oh L.S., et al. The surgical treatment of periprosthetic elbow fractures around the ulnar stem following semiconstrained total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am.* 2011. Vol. 93, N 15. P. 1399–1407. doi: 10.2106/JBJS.J.00102

- 70.** John M., Schenk K., Lieske S., Neumann H.W. Dislocation after total elbow arthroplasty // *Orthopade*. 2007. Vol. 36, N 10. P. 894–907. (In German). doi: 10.1007/s00132-007-1140-1
- 71.** Lee B.P., Adams R.A., Morrey B.F. Polyethylene wear after total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2005. Vol. 87, N 5. P. 1080–1087. doi: 10.2106/JBJS.D.02163
- 72.** Figgie M.P., Su E.P., Kahn B., Lipman J. Locking mechanism failure in semiconstrained total elbow arthroplasty // *J Shoulder Elbow Surg*. 2006. Vol. 15, N 1. P. 88–93. doi: 10.1016/j.jse.2005.05.007
- 73.** Goldberg S.H., Urban R.M., Jacobs J.J., et al. Modes of wear after semiconstrained total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2008. Vol. 90, N 3. P. 609–619. doi: 10.2106/JBJS.F.01286
- 74.** Athwal G.S., Morrey B.F. Revision total elbow arthroplasty for prosthetic fractures // *J Bone Joint Surg Am*. 2006. Vol. 88, N 9. P. 2017–2026. doi: 10.2106/JBJS.E.00878
- 75.** Shehab D., Elgazzar A.H., Collier B.D. Heterotopic ossification // *J Nucl Med*. 2002. Vol. 43, N 3. P. 346–353.
- 76.** Liu E.Y., Hildebrand A., Horner N.S., et al. Heterotopic ossification after total elbow arthroplasty: a systematic review // *J Shoulder Elbow Surg*. 2019. Vol. 28, N 3. P. 587–595. doi: 10.1016/j.jse.2018.10.003
- 77.** Baghdadi Y.M., Veillette C.J., Malone A.A., et al. Total elbow arthroplasty in obese patients // *J Bone Joint Surg Am*. 2014. Vol. 96, N 9. P. e70. doi: 10.2106/jbjs.m.00364
- 78.** Hastings H. 2nd, Graham T.J. The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm // *Hand Clin*. 1994. Vol. 10, N 3. P. 417–437.
- 79.** Pierce T.D., Herndon J.H. The triceps preserving approach to total elbow arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res*. 1998. N 354. P. 144–152. doi: 10.1097/00003086-199809000-00017
- 80.** Celli A., Arash A., Adams R.A., Morrey B.F. Triceps insufficiency following total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2005. Vol. 87, N 9. P. 1957–1964. doi: 10.2106/JBJS.D.02423
- 81.** Morrey B.F., Adams R.A. Semiconstrained arthroplasty for the treatment of rheumatoid arthritis of the elbow // *J Bone Joint Surg Am*. 1992. Vol. 74, N 4. P. 479–490.
- 82.** Aldridge J.M. III, Lightdale N.R., Mallon W.J., Coonrad R.W. Total elbow arthroplasty with the Coonrad/Coonrad-Morrey prosthesis. A 10- to 31-year survival analysis // *J Bone Joint Surg Br*. 2006. Vol. 88, N 4. P. 509–514. doi: 10.1302/0301-620X.88B4.17095
- 83.** Dachs R.P., Vrettos B.C., Chivers D.A., et al. Outcomes after ulnar nerve in situ release during total elbow arthroplasty // *J Hand Surg Am*. 2015. Vol. 40, N 9. P. 1832–1837. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.06.107
- 84.** Rispoli D.M., Athwal G.S., Morrey B.F. Neurolysis of the ulnar nerve for neuropathy following total elbow replacement // *J Bone Joint Surg Br*. 2008. Vol. 90, N 10. P. 1348–1351. doi: 10.1302/0301-620X.90B10.21133
- 85.** Ring D., Kocher M., Koris M., Thornhill T.S. Revision of unstable capitellocondylar (unlinked) total elbow replacement // *J Bone Joint Surg Am*. 2005. Vol. 87, N 5. P. 1075–1079. doi: 10.2106/JBJS.D.02449
- 86.** Duncan S.F., Sperling J.W., Morrey B.F. Prevalence of pulmonary embolism after total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2007. Vol. 89, N 7. P. 1452–1453. doi: 10.2106/jbjs.f.01328
- 87.** Sanchez-Sotelo J., Sperling J.W., Morrey B.F. Ninety-day mortality after total elbow arthroplasty // *J Bone Joint Surg Am*. 2007. Vol. 89, N 7. P. 1449–1451. doi: 10.2106/jbjs.f.00651
- 88.** Leclerc A., King G.J.W. Unlinked and convertible total elbow arthroplasty // *Hand Clin*. 2011. Vol. 27, N 2. P. 215–227. doi: 10.1016/j.hcl.2011.01.003
- 89.** Iwamoto T., Ikegami H., Suzuki T., et al. The history and future of unlinked total elbow arthroplasty // *Keio J Med*. 2017. Vol. 67, N 2. P. 19–25. doi: 10.2302/kjm.2017-0007-ir
- 90.** Little C.P., Graham A.J., Karatzas G., et al. Outcomes of total elbow arthroplasty for rheumatoid arthritis: comparative study of three implants // *J Bone Joint Surg Am*. 2005. Vol. 87, N 11. P. 2439–2448. doi: 10.2106/jbjs.d.02927
- 91.** Abdelmalek A., Donaldson O. Total elbow arthroplasty survey 2015: current service provision and future improvements (England and Wales) // *Shoulder Elbow*. 2019. Vol. 11, N 4. P. 292–299. doi: 10.1177/1758573218763126
- 92.** Skytta E.T., Eskelinen A., Paavolainen P., et al. Total elbow arthroplasty in rheumatoid arthritis. A population-based study from the Finnish Arthroplasty Register // *Acta Orthop*. 2009. Vol. 80, N 4. P. 472–477. doi: 10.3109/17453670903110642
- 93.** Geurts E.J., Viveen J., van Riet R.P., et al. Outcomes after revision total elbow arthroplasty: a systematic review // *J Shoulder Elbow Surg*. 2019. Vol. 28, N 2. P. 381–386. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.024
- 94.** Kunutsor S.K., Beswick A.D., Whitehouse M.R., Blom A.W. One- and two-stage surgical revision of infected elbow prostheses following total joint replacement: a systematic review // *BMC Musculoskelet Disord*. 2019. Vol. 20, N 1. P. 467. doi: 10.1186/s12891-019-2848-x
- 95.** Gutman M.J., Stone M.A., Namdari S., Abboud J.A. Treatment of elbow periprosthetic joint infection: a systematic review of clinical outcomes // *J Shoulder Elbow Surg*. 2020. Vol. 29, N 2. P. 411–419. doi: 10.1016/j.jse.2019.10.002
- 96.** Moro F. Allograft reconstruction in revision elbow arthroplasty // *Orthopade*. 2017. Vol. 46, N 12. P. 1001–1007. (In German). doi: 10.1007/s00132-017-3482-7
- 97.** Barret H., Laumonerie P., Delclaux S., et al. Revision total elbow arthroplasty with the semiconstrained Coonrad/Morrey prosthesis follow-up to 21 years // *J Bone Joint Surg Am*. 2021. Vol. 103, N 7. P. 618–628. doi: 10.2106/JBJS.20.00889

REFERENCES

- 1.** Navarro NM, Sánchez-Sotelo J. Elbow replacement. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2012;56(5):413–420. doi: 10.1016/j.recot.2012.06.004
- 2.** Prkić A, van Bergen CJ, The B, Eygendaal D. Total elbow arthroplasty: past, present, future. *World J Orthop*. 2016;7(1):44–49. doi: 10.5312/wjo.v7.i1.44
- 3.** Macken AA, Prkić A, Kodde IF, et al. Global trends in indications for total elbow arthroplasty: a systematic review of national registries. *EFORT Open Rev*. 2020;5(4):215–220. doi: 10.1302/2058-5241.5.190036
- 4.** Zhou H, Orvets ND, Merlin G, et al. Total elbow arthroplasty in the United States: evaluation of cost, patient demograph-

- ics, and complication rates. *Orthop Rev (Pavia)*. 2016;8(1):6113. doi: 10.4081/or.2016.6113
5. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, et al. Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(1):158–168. doi: 10.1016/j.jse.2010.08.026
6. Gay DM, Lyman S, Do H, et al. Indications and reoperation rates for total elbow arthroplasty: an analysis of trends in New York State. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(2):110–117. doi: 10.2106/JBJS.J.01128
7. Klug A, Gramlich Y, Buckup J, et al. Trends in total elbow arthroplasty: a nationwide analysis in Germany from 2005 to 2014. *Int Orthop*. 2018;42(4):883–889. doi: 10.1007/s00264-018-3818-x
8. Samdanis V, Manoharan G, Jordan RW, et al. Indications and outcome in total elbow arthroplasty: a systematic review. *Shoulder Elbow*. 2020;12(5):353–361. doi: 10.1177/1758573219873001
9. Burkhart KJ, Stein G, Skouras E, Müller LP. Revision arthroplasty of the elbow. *Unfallchirurg*. 2010;113(12):996–1005. (In German). doi: 10.1007/s00113-010-1903-8
10. Viveen J, van den Bekerom MPJ, Doornberg JN, et al. Use and outcome of 1,220 primary total elbow arthroplasties from the Australian Orthopaedic Association National Joint Arthroplasty Replacement Registry 2008–2018. *Acta Orthop*. 2019;90(6):511–516. doi: 10.1080/17453674.2019.1657342
11. Jenkins PJ, Watts AC, Norwood T, et al. Total elbow replacement: outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project. *Acta Orthop*. 2013;84(2):119–123. doi: 10.3109/17453674.2013.784658
12. Kim JM, Mudgal CS, Konopka JF, Jupiter JB. Complications of total elbow arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(6):328–339. doi: 10.5435/00124635-201106000-00003
13. Kwak JM, Koh KH, Jeon IH. Total elbow arthroplasty: clinical outcomes, complications, and revision surgery. *Clin Orthop Surg*. 2019;11(4):369–379. doi: 10.4055/cios.2019.11.4.369
14. Prkic A, Welsink C, The B, et al. Why does total elbow arthroplasty fail today? A systematic review of recent literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(6):761–769. doi: 10.1007/s00402-017-2687-x
15. Choo A, Ramsey ML. Total elbow arthroplasty: current options. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(7):427–437. doi: 10.5435/jaaos-21-07-427
16. Viswanath AI, Frampton CM, Poon PC. A review of the New Zealand National Joint Registry to compare the outcomes of Coonrad-Morrey and Latitude total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020;29(4):838–844. doi: 10.1016/j.jse.2019.12.021
17. Kesyany GA, Arsenyev IG, Urazgil'deev RZ, Karapetyan GS. Differentiated approach to surgical treatment of the consequences of severe injury of the elbow joint. *Vestnik Smolenskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii*. 2017;16(4):161–167. (In Russ).
18. Aliev AG, Kovalenko AN, Ambrosenkov AV, et al. Indications and results of primary and revision total elbow arthroplasty (literature review). *Orthopaedic Genius*. 2019;25(4):600–609. (In Russ). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-600-609
19. Prokhorenko VM, Aleksandrov TI, Chorniy SI, Slobodskoy AB. The elbow joint replacement after fractures and consequences of the injuries. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017;(5):144–152. (In Russ).
20. Aliev AG, Ambrosenkov AV, Badmaev AO, et al. Epidemiological aspects of elbow arthroplasty. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*. 2017;(6):15. (In Russ).
21. Slobodskoi AB, Prokhorenko VM, Dunayev AG, et al. The elbow endoprosthetics. *Genii ortopedii*. 2011;(3):61–65. (In Russ).
22. Pooley J. Total elbow replacement – patient selection and perspectives. *Orthop Res Rev*. 2019;11:23–40. doi: 10.2147/ORR.S134719
23. Egidy CC, Cross MB, Nam D, et al. Total elbow arthroplasty: outcomes driving the evolution of implant design. *JBJS Rev*. 2019;7(5):e8. doi: 10.2106/jbjs.rvw.18.00127
24. Yanni ON, Fearn CBDA, Gallannaugh SC, Joshi R. The Roper-Tuke total elbow arthroplasty. 4- to 10-year results of an unconstrained prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(5):705–710. doi: 10.1302/0301-620x.82b5.9816
25. Papatheodorou LK, Baratz ME, Sotereanos DG. Elbow arthritis: current concepts. *J Hand Surg Am*. 2013;38(3):605–613. doi: 10.1016/j.jhssa.2012.12.037
26. Kondo N, Arai K, Fujisawa J, et al. Clinical outcome of Niigata-Senami-Kyocera modular unconstrained total elbow arthroplasty for destructive elbow in patients with rheumatoid arthritis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019;28(5):915–924. doi: 10.1016/j.jse.2018.10.030
27. Wagener ML, de Vos MJ, Hannink G, et al. Mid-term clinical results of a modern convertible total elbow arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015;97-B(5):681–688. doi: 10.1302/0301-620x.97b5.34841
28. Welsink CL, Lambers KT, van Deurzen DF, et al. Total elbow arthroplasty. *JBJS Rev*. 2017;5(7):e4. doi: 10.2106/jbjs.rvw.16.00089
29. Sanchez-Sotelo J. Total elbow arthroplasty. *Open Orthop J*. 2011;5(1):115–123. doi: 10.2174/1874325001105010115
30. Aliev AG, Tikhilov RM, Shubnyakov II, et al. Medium-term results of total elbow arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. 2018;56(5):635–640. (In Russ). doi: 10.14412/1995-4484-2018-635-640
31. Aliev AG, Ambrosenkov AV, Boyarov AA, et al. Midand long-term results of total elbow arthroplasty: post-traumatic consequences and rheumatoid arthritis. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2019;25(1):41–51. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-41-51
32. Prokhorenko VM, Chornii SI, Shaternikov BN. Elbow arthroplasty using “Endoservice” elbow endoprosthesis. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova*. 2009;16(3):61–68. (In Russ). doi: 10.17816/vto200916361-68
33. Ikavalko M, Lehto MU, Repo A, et al. The Souter-Strathclyde elbow arthroplasty. A clinical and radiological study of 525 consecutive cases. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(1):77–82. doi: 10.1302/0301-620x.84b1.11848
34. Van der Lugt JC, Geskus RB, Rozing PM. Primary Souter-Strathclyde total elbow prosthesis in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(3):465–473. doi: 10.2106/00004623-200403000-00002
35. Little CP, Graham AJ, Carr AJ. Total elbow arthroplasty: a systematic review of the literature in the English language until the end of 2003. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(4):437–444. doi: 10.1302/0301-620X.87B4.15692
36. Slobodskoy AB, Prokhorenko VM, Badak IS, et al. The nearest and intermediate term results arthroplastic of joints of the top

- finiteness. *Vestnik meditsinskogo instituta REAVIZ*. 2012;(3–4):67–74. (In Russ).
- 37.** Park SE, Kim JY, Cho SW, et al. Complications and revision rate compared by type of total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2013;22(8):1121–1127. doi: 10.1016/j.jse.2013.03.003
- 38.** Lovy AJ, Keswani A, Dowdell J, et al. Outcomes, complications, utilization trends, and risk factors for primary and revision total elbow replacement. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016;25(6):1020–1026. doi: 10.1016/j.jse.2015.12.012
- 39.** Perretta D, van Leeuwen WF, Dyer G, et al. Risk factors for reoperation after total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017;26(5):824–829. doi: 10.1016/j.jse.2016.12.064
- 40.** Kwong CA, Puloski SK, Hildebrand KA. Fungal periprosthetic joint infection following total elbow arthroplasty: a case report and review of the literature. *J Med Case Rep*. 2017;11(1):20. doi: 10.1186/s13256-016-1176-0
- 41.** Krukhaug Y, Hallan G, Dybvik E, et al. A survivorship study of 838 total elbow replacements: a report from the Norwegian Arthroplasty Register 1994–2016. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(2):260–269. doi: 10.1016/j.jse.2017.10.018
- 42.** Parker P, Furness ND, Evans JP, et al. A systematic review of the complications of contemporary total elbow arthroplasty. *Shoulder Elbow*. 2019;13(5):544–551. doi: 10.1177/1758573219834934 Retraction in: *Shoulder Elbow*. 2019;11(6):NP1. doi: 10.1177/1758573219877798
- 43.** Davey MS, Hurley ET, Gaafar M, et al. Long-term outcomes of total elbow arthroplasty: a systematic review of studies at 10-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021;30(6):1423–1430. doi: 10.1016/j.jse.2020.11.014
- 44.** Plaschke HC, Thillemann TM, Brorson S, Olsen BS. Implant survival after total elbow arthroplasty: a retrospective study of 324 procedures performed from 1980 to 2008. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014;23(6):829–836. doi: 10.1016/j.jse.2014.02.001
- 45.** DeBernardis DA, Horneff JG, Davis DE, et al. Revision total elbow arthroplasty failure rates: the impact of primary arthroplasty failure etiology on subsequent revisions. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020;29(2):321–328. doi: 10.1016/j.jse.2019.10.010
- 46.** Somerson JS, Matsen FA 3rd. Timely recognition of total elbow and radial head arthroplasty adverse events: an analysis of reports to the US Food and Drug Administration. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;28(3):510–519. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.043
- 47.** Shi LL, Zurakowski D, Jones DG, et al. Semiconstrained primary and revision total elbow arthroplasty with use of the Coonrad-Morrey prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(7):1467–1475. doi: 10.2106/JBJS.F.00715
- 48.** Sundfeldt M, Carlsson LV, Johansson CB, et al. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. *Acta Orthop*. 2006;77(2):177–197. doi: 10.1080/17453670610045902
- 49.** Rhee YG, Cho NS, Parke CS. Impaction grafting in revision total elbow arthroplasty due to aseptic loosening and bone loss. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(11):e741–747. doi: 10.2106/JBJS.K.01737
- 50.** Celli A, Morrey BF. Total elbow arthroplasty in patients forty years of age or less. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(6):1414–1418. doi: 10.2106/JBJS.G.00329
- 51.** Somerson JS, Morrey ME, Sanchez-Sotelo J, Morrey BF. Diagnosis and management of periprosthetic elbow infection. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(23):1962–1971. doi: 10.2106/jbjs.o.00170
- 52.** Morrey BF, Bryan RS. Infection after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;65(3):330–338.
- 53.** Wolfe SW, Figgie MP, Inglis AE, et al. Management of infection about total elbow prostheses. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(2):198–212.
- 54.** Kasten MD, Skinner HB. Total elbow arthroplasty. An 18-year experience. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;(290):177–188.
- 55.** Hildebrand KA, Patterson SD, Regan WD, et al. Functional outcome of semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(10):1379–1386. doi: 10.2106/00004623-200010000-00003
- 56.** Schmidt K, Hilker A, Miehke RK. Differences in elbow replacement in rheumatoid arthritis. *Orthopade*. 2007;36(8):714–722. (In German). doi: 10.1007/s00132-007-1119-y
- 57.** Qureshi F, Draviaraj KP, Stanley D. The Kudo 5 total elbow replacement in the treatment of the rheumatoid elbow: results at a minimum of ten years. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(10):1416–1421. doi: 10.1302/0301-620X.92B10.22476
- 58.** Achermann Y, Vogt M, Sporman C, et al. Characteristics and outcome of 27 elbow periprosthetic joint infections: results from a 14-year cohort study of 358 elbow prostheses. *Clin Microbiol Infect*. 2011;17(3):432–438. doi: 10.1111/j.1469-0691.2010.03243.x
- 59.** Watts A, Duckworth A, Trail I, et al. Scoping review: diagnosis and management of periprosthetic joint infection in elbow arthroplasty. *Shoulder Elbow*. 2019;11(4):282–291. doi: 10.1177/1758573218789341
- 60.** Yamaguchi K, Adams RA, Morrey BF. Infection after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(4):481–491. doi: 10.2106/00004623-199804000-00004
- 61.** Gille J, Ince A, González O, et al. Single-stage revision of periprosthetic infection following total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(10):1341–1346. doi: 10.1302/0301-620X.88B10.17952
- 62.** Peach CA, Nicoletti S, Lawrence TM, Stanley D. Two-stage revision for the treatment of the infected total elbow arthroplasty. *Bone Joint J*. 2013;95-B(12):1681–1686. doi: 10.1302/0301-620X.95B12.31336
- 63.** Wee AT, Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. The fate of elbows with unexpected positive intraoperative cultures during revision elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(2):109–116. doi: 10.2106/jbjs.k.00121
- 64.** Goyal N, Luchetti TJ, Wysocki RW, Cohen MS. Management of periprosthetic joint infection in total elbow arthroplasty. *J Hand Surg Am*. 2020;45(10):957–970. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.05.020
- 65.** Domos P, Chelli M, Papanna MC, et al. Outcomes following revision of the revision total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021;30(7):1653–1661. doi: 10.1016/j.jse.2020.10.016
- 66.** O'Driscoll SW, Morrey BF. Periprosthetic fractures about the elbow. *Orthop Clin North Am*. 1999;30(2):319–325. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70086-9
- 67.** Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll S, Morrey BF. Periprosthetic humeral fractures after total elbow arthroplasty: treatment with implant revision and strut allograft augmentation. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84(9):1642–1650.
- 68.** Ramirez MA, Cheung EV, Murthi AM. Revision total elbow arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017;25(8):e166–e174. doi: 10.5435/jaaos-d-15-00479

69. Foruria AM, Sanchez-Sotelo J, Oh LS, et al. The surgical treatment of periprosthetic elbow fractures around the ulnar stem following semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(15):1399–1407. doi: 10.2106/JBJS.J.00102
70. John M, Schenk K, Lieske S, Neumann HW. Dislocation after total elbow arthroplasty. *Orthopade.* 2007;36(10):894–907. (In German). doi: 10.1007/s00132-007-1140-1
71. Lee BP, Adams RA, Morrey BF. Polyethylene wear after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(5):1080–1087. doi: 10.2106/JBJS.D.02163
72. Figgie MP, Su EP, Kahn B, Lipman J. Locking mechanism failure in semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15(1):88–93. doi: 10.1016/j.jse.2005.05.007
73. Goldberg SH, Urban RM, Jacobs JJ, et al. Modes of wear after semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(3):609–619. doi: 10.2106/JBJS.F.01286
74. Athwal GS, Morrey BF. Revision total elbow arthroplasty for prosthetic fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(9):2017–2026. doi: 10.2106/JBJS.E.00878
75. Shehab D, Elgazzar AH, Collier BD. Heterotopic ossification. *J Nucl Med.* 2002;43(3):346–353.
76. Liu EY, Hildebrand A, Horner NS, et al. Heterotopic ossification after total elbow arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019;28(3):587–595. doi: 10.1016/j.jse.2018.10.003
77. Baghdadi YM, Veillette CJ, Malone AA, et al. Total elbow arthroplasty in obese patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(9):e70. doi: 10.2106/jbjs.m.00364
78. Hastings H 2nd, Graham TJ. The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm. *Hand Clin.* 1994;10(3):417–437.
79. Pierce TD, Herndon JH. The triceps preserving approach to total elbow arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(354):144–152. doi: 10.1097/00003086-199809000-00017
80. Celli A, Arash A, Adams RA, Morrey BF. Triceps insufficiency following total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(9):1957–1964. doi: 10.2106/JBJS.D.02423
81. Morrey BF, Adams RA. Semiconstrained arthroplasty for the treatment of rheumatoid arthritis of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(4):479–490.
82. Aldridge JM III, Lightdale NR, Mallon WJ, Coonrad RW. Total elbow arthroplasty with the Coonrad/Coonrad-Morrey prosthesis. A 10- to 31-year survival analysis. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(4):509–514. doi: 10.1302/0301-620X.88B4.17095
83. Dachs RP, Vrettos BC, Chivers DA, et al. Outcomes after ulnar nerve in situ release during total elbow arthroplasty. *J Hand Surg Am.* 2015;40(9):1832–1837. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.06.107
84. Rispoli DM, Athwal GS, Morrey BF. Neurolysis of the ulnar nerve for neuropathy following total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(10):1348–1351. doi: 10.1302/0301-620X.90B10.21133
85. Ring D, Kocher M, Koris M, Thornhill TS. Revision of unstable capitellocondylar (unlinked) total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(5):1075–1079. doi: 10.2106/JBJS.D.02449
86. Duncan SF, Sperling JW, Morrey BF. Prevalence of pulmonary embolism after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(7):1452–1453. doi: 10.2106/jbjs.f.01328
87. Sanchez-Sotelo J, Sperling JW, Morrey BF. Ninety-day mortality after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(7):1449–1451. doi: 10.2106/jbjs.f.00651
88. Leclerc A, King GJW. Unlinked and convertible total elbow arthroplasty. *Hand Clin.* 2011;27(2):215–227. doi: 10.1016/j.hcl.2011.01.003
89. Iwamoto T, Ikegami H, Suzuki T, et al. The history and future of unlinked total elbow arthroplasty. *Keio J Med.* 2017;67(2):19–25. doi: 10.2302/kjm.2017-0007-ir
90. Little CP, Graham AJ, Karatzas G, et al. Outcomes of total elbow arthroplasty for rheumatoid arthritis: comparative study of three implants. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(11):2439–2448. doi: 10.2106/jbjs.d.02927
91. Abdelmalek A, Donaldson O. Total elbow arthroplasty survey 2015: current service provision and future improvements (England and Wales). *Shoulder Elbow.* 2019;11(4):292–299. doi: 10.1177/1758573218763126
92. Skytta ET, Eskelinen A, Paavolainen P, et al. Total elbow arthroplasty in rheumatoid arthritis. A population-based study from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2009;80(4):472–477. doi: 10.3109/17453670903110642
93. Geurts EJ, Viveen J, van Riet RP, et al. Outcomes after revision total elbow arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019;28(2):381–386. doi: 10.1016/j.jse.2018.08.024
94. Kunutsor SK, Beswick AD, Whitehouse MR, Blom AW. One- and two-stage surgical revision of infected elbow prostheses following total joint replacement: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):467. doi: 10.1186/s12891-019-2848-x
95. Gutman MJ, Stone MA, Namdari S, Abboud JA. Treatment of elbow periprosthetic joint infection: a systematic review of clinical outcomes. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(2):411–419. doi: 10.1016/j.jse.2019.10.002
96. Moro F. Allograft reconstruction in revision elbow arthroplasty. *Orthopade.* 2017;46(12):1001–1007. (In German). doi: 10.1007/s00132-017-3482-7
97. Barret H, Laumonerie P, Delclaux S, et al. Revision total elbow arthroplasty with the semiconstrained Coonrad/Morrey prosthesis follow-up to 21 years. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103(7):618–628. doi: 10.2106/JBJS.20.00889

ОБ АВТОРАХ

*Игорь Геннадьевич Арсеньев, канд. мед. наук,
врач – травматолог-ортопед;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-8383>;
eLibrary SPIN: 8317-3709; e-mail: igo23602098@yandex.ru.

AUTHORS INFO

*Igor G. Arsen'ev, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist; address: 10, Priorova str., 127299,
Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-8383>;
eLibrary SPIN: 8317-3709; e-mail: igo23602098@yandex.ru.

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Гурген Абавенович Кесян, д-р мед. наук, профессор,
врач – травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1933-1822>;
eLibrary SPIN: 8960-7440; e-mail: kesyan.gurgen@yandex.ru.

Рашид Загидуллоевич Уразгильдеев, д-р мед. наук,
врач – травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2357-124X>;
eLibrary SPIN: 9269-5003; e-mail: rashid-uraz@rambler.ru.

Григорий Сергеевич Карапетян, канд. мед. наук,
врач – травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3172-0161>;
eLibrary SPIN: 6025-2377; e-mail: dr.karapetian@mail.ru.

Андрей Николаевич Левин, канд. мед. наук,
врач – травматолог-ортопед; eLibrary SPIN: 4598-8922;
e-mail: levin-cito@mail.ru.

Овсеп Гургенович Кесян, канд. мед. наук,
врач – травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4697-368X>;
eLibrary SPIN: 4258-3165; e-mail: offsep@yandex.ru.

Артем Анатольевич Шуйский,
врач – травматолог-ортопед, аспирант;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9028-3969>;
eLibrary SPIN: 6125-1792; e-mail: shuj-artyom@mail.ru.

Gurgen A. Kesyan, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1933-1822>;
eLibrary SPIN: 8960-7440; e-mail: kesyan.gurgen@yandex.ru.

Rashid Z. Urazgil'deev, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2357-124X>;
eLibrary SPIN: 9269-5003; e-mail: rashid-uraz@rambler.ru.

Grigoriy S. Karapetyan, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3172-0161>;
eLibrary SPIN: 6025-2377; e-mail: dr.karapetian@mail.ru.

Andrey N. Levin, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist; eLibrary SPIN: 4598-8922;
e-mail: levin-cito@mail.ru.

Ovsep G. Kesyan, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.),
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4697-368X>;
eLibrary SPIN: 4258-3165; e-mail: offsep@yandex.ru.

Artem A. Shuyskiy, MD, post-graduate student,
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9028-3969>;
eLibrary SPIN: 6125-1792; e-mail: shuj-artyom@mail.ru.