

Научная статья

УДК 616-089.873:617.58-77-035.2

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-2-165-174>

Клинико-статистический анализ состояния культи как элемент выявления противопоказаний к протезированию

А.В. Пепеляев✉, А.А. Скоблин

Центр инновационных технологий в ортопедии (ЦИТО), Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Вячеславович Пепеляев, a.pepelyaev@mail.ru

Аннотация

Введение. Ампутация конечностей приводит к серьезным физическим изъясам, снижающим качество жизни. Проблема осложнений после ампутации и протезирования остается актуальной в связи с увеличением числа людей, нуждающихся в протезах, вызванным как ростом числа сосудистых заболеваний, так и продолжающимися военными конфликтами.

Цель работы — выявление противопоказаний к протезированию на основе клинико-статистического анализа состояния культи.

Материалы и методы. Выполнен анализ медицинской документации 253 пациентов в возрасте от 18 до 85 лет с культями нижних конечностей (15 человек — с парными ампутациями, 238 — с односторонней). Причинами ампутаций нижних конечностей были минно-взрывные ранения, сосудистые и инфекционные патологии, травмы мирного времени, врожденные аномалии, остеомиелит, остеосаркома. Оценка состояния культи проведена в 2023 г. мультидисциплинарными командами на базах протезно-ортопедического предприятия, военных госпиталей и лечебно-профилактических учреждений. Культи пациентов обследовали рентгенологически и с применением ультразвуковой диагностики. Изготовлены 228 протезов (120 — для голени и 108 — для бедра), уровень овладения которыми оценивали с помощью стабилметрической платформы и реабилитационного комплекса.

Результаты. Установлены пороки культи, осложняющие протезирование: остеофиты, расположение опилов малоберцовой кости дистальнее опилов большеберцовой кости, выстояние опилов кости под кожей или рубцом, инородные тела мягких тканей, тугоподвижность рубцов, высокое расположение усеченных мышц. Протезирование было затруднено в 59 случаях (23,3 %), из которых 33 случая (56 %) имели абсолютные противопоказания.

Обсуждение. Исследование подтвердило значимость своевременной оценки и подготовки культи для эффективного протезирования. Внедрение современных технологий и методов реабилитации способствует улучшению качества жизни пациентов после ампутации. Выявлены основные проблемы, связанные с процессом первично-постоянного протезирования, включая жалобы пациентов на болевой синдром и психологические трудности. Результаты исследования подтверждают необходимость мультидисциплинарного подхода для успешного протезирования и реабилитации пациентов. Ампутация конечностей, вызванная как боевыми травмами, так и иными причинами, значительно влияет на качество жизни пациента, создавая серьезные физические ограничения.

Заключение. Абсолютным противопоказанием к протезированию является невозможность изготовления приёмной гильзы, позволяющей пациенту опираться на культю и полноценно пользоваться протезом. К относительным противопоказаниям относятся неправильный опилов большеберцовой кости, булавообразная или чрезмерно коническая культя, слишком короткая или слишком длинная культя, остеомиелит, длительно гранулирующая рана или язва, лигатурные свищи.

Ключевые слова: ампутация, культя, протезирование, реабилитация, мультидисциплинарный подход, цифровые технологии, клинический анализ, digital twins, визуализация мягких тканей, цифровая реабилитация

Для цитирования: Пепеляев А.В., Скоблин А.А. Клинико-статистический анализ состояния культи как элемент выявления противопоказаний к протезированию. *Гений ортопедии*. 2025;31(2):165-174. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-2-165-174.



Clinical and statistical stump characteristics for identifying contraindications to prosthesis

A.V. Pepeliaev✉, A.A. Skoblin

Center for Innovative Technologies in Orthopedics (CITO), Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Aleksandr V. Pepeliaev, a.pepelyaev@mail.ru

Abstract

Introduction Limb amputation impacts physical activity and quality of life. Complications of limb amputation and prosthesis are essential for individuals who are losing limbs from vascular diseases and in military casualties.

The **objective** was to identify contraindications to prosthesis based on clinical and statistical stump characteristics.

Material and methods Medical records of 253 lower limb amputees aged 18 to 85 years including 15 individuals with bilateral amputations and 238 with unilateral amputations caused by mine blast injuries, vascular diseases and infections, peacetime injuries, congenital anomalies, osteomyelitis, osteosarcoma. Assessment of the amputee was produced by multidisciplinary teams at the prosthetic orthopedic company, military hospitals, medical and preventive healthcare institutions in 2023. The patients' stumps were examined radiologically and with ultrasound. A total 228 prostheses were manufactured including 120 for tibia and 108 femur amputees. Stabilometric platform and a rehabilitation complex were used for suitable alignment of lower limb prostheses.

Results The stump defects that complicated prosthesis included osteophytes, the fibula cut located distally to the tibia cut, the bone cut protruding to under the skin or a scar, foreign bodies of soft tissues, stiff scars, high location of truncated muscles. Prosthesis was complicated in 59 cases (23.3 %), of which 33 patients (56 %) had absolute contraindications.

Discussion The findings indicated the importance of timely assessment and preparation of stumps for effective prosthesis. Modern technologies and rehabilitation methods help improve quality of life of amputees. Pain and psychological difficulties were the main problems associated with primary permanent prosthesis. The multidisciplinary approach appeared to be practical for successful prosthesis and rehabilitation of patients. Limb amputation caused by combat injuries and other reasons is associated with physical challenges affecting the patient's quality of life.

Conclusion A failure to maintain proper prosthetic socket fit is an absolute contraindication to prosthesis preventing the patient from prosthetic use after amputation. Inadequately cut tibia, club-shaped or excessively conical stump, a stump being too short or too long, osteomyelitis, impaired wound healing or ulcer, ligature fistulas are relative contraindications.

Keywords: amputation, stump, prosthesis, rehabilitation, multidisciplinary approach, digital technologies, clinical analysis, digital twins, soft tissue visualization, digital rehabilitation

For citation: Pepeliaev AV, Skoblin AA. Clinical and statistical stump characteristics for identifying contraindications to prosthesis. *Genij Ortopedii*. 2025;31(2):165-174. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-2-165-174.

ВВЕДЕНИЕ

Ампутация конечностей приводит к серьезным физическим изъяснам, которые снижают качество жизни большого числа людей во всем мире. По данным ВОЗ, на сегодняшний день насчитывается около 40 млн. людей с культями конечностей вследствие ампутации или врожденного недоразвития [1]. Рост числа сосудистых патологий и непрекращающиеся военные конфликты увеличивают число инвалидов, что, в свою очередь, требует улучшения методик протезирования культей конечностей.

Исследователи к основным причинам ампутаций нижних конечностей относят облитерирующий эндартериит, сахарный диабет (в том числе синдром диабетической стопы), онкопатологию, травмы (в том числе производственные, полученные в результате ДТП и катаклизмов), ранения при боевых действиях [2]. Среди причин ампутаций нижних конечностей также встречаются венозный, артериальный тромбоз нижних конечностей с развитием острой тромбоэмболии магистральных сосудов, как следствие несвоевременного лечения, ненадлежащего наблюдения пациентов или непонимание патогенеза возбудителя на начальном этапе пандемии COVID-19 [3]. Наличие хронической ишемии провоцирует нарушение гемостаза в скомпрометированных конечностях, что, соответственно, приводит к кратному увеличению проксимальных тромбозов и высоким ампутациям [4].

Довольно часто ампутацию сегмента конечности выполняют существенно проксимальнее уровня поражённой области, что вызвано потребностью хирурга завершить лечение быстро и одномоментно, не принимая во внимание топографо-анатомические уровни повреждения и функциональные изменения сохранившихся тканей. Зачастую высокие ампутации отрицательно сказываются на освоении протеза и качестве жизни молодых инвалидов [5]. При выполнении ампутации нижних конечностей стремятся к сохранению коленного сустава, играющего важную роль в биомеханике опорно-двигательного аппарата и проприоцептивной иннервации [6], что создаёт условия для оптимального протезирования [7].

Отсутствие сустава конечности вкупе с болевыми ощущениями в культе приводит к тому, что инвалиды могут дезадаптироваться в обществе: самостигматизация, возникновение чувства жалости к себе, отвержение своего телесного образа, когнитивное неприятие случившегося и, как итог, снижение мотивации пользоваться протезом [8].

С другой стороны, сохранение слишком коротких культей без вычленения в вышележащем суставе также может привести к осложнениям при протезировании, увеличивая или ухудшая период восстановления и адаптации, в связи с необходимостью более тщательной подгонки приёмной гильзы протеза [9].

Тем не менее, высокие ампутации выполняют и сегодня, в связи с чем необходимо подходить к вопросу восстановления таких пациентов подбором оптимальных конструкций протезов. Следует принимать во внимание особенности поражённой области при дефиците тканей и специфичность трансплантируемых участков кожи, которые по завершению свободной аутопластики в послеоперационном периоде становятся опорными площадками и в некоторых случаях порождают пороки и болезни сформированных культей. В вышеупомянутых ситуациях необходимо избегать подобных несоответствий, выполнять более высокую ампутацию и уменьшать нагрузку на пересаженную кожу [10].

Цель работы — выявление противопоказаний к протезированию на основе клинко-статистического анализа состояния культей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2023 г. на базе протезно-ортопедического предприятия АО «ЦИТО», военных госпиталей и лечебно-профилактических учреждений. В исследование включены данные 253 пациентов с культями нижних конечностей в возрасте от 18 до 85 лет, из них 15 пациентов имели парные ампутации (5,93 %), а 238 — односторонние ампутации (94,07 %).

В нашем исследовании к функциональным культям отнесено 209 случаев (78 %), 26 случаев (10 %) — к малофункциональным и 33 случаев (12 %) — к нефункциональным.

Тип исследования: клиническое наблюдательное.

Дизайн исследования: ретроспективный анализ медицинских данных и наблюдений.

Критерии включения: пациенты, прошедшие ампутацию нижних конечностей, находящиеся на этапе реабилитации и протезирования, выразившие согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения: пациенты с ампутациями верхних конечностей, пациенты с обострением сопутствующих заболеваний, которые могли бы помешать протезированию, или пациенты, у которых не удалось получить полный комплект медицинских документов.

Готовность пациентов к протезированию оценивали по наличию или отсутствию пороков и болезней культей [11].

Методика проведения измерений. Оценку состояния культей проводили мультидисциплинарной командой, включающей врачей травматологов-ортопедов, техников-протезистов и реабилитологов. Использовали данные медицинской документации (выписные эпикризы, карты стационарного больного, истории болезни, бланки заказов на изготовление протезов, анкеты) и результаты 135 представленных пациентами инструментальных исследований. Культю пациентов обследовали рентгенологически и с применением ультразвуковой диагностики. Тем не менее, не всех пациентов удалось включить в процесс снятия гипсового слепка и производства пробной приёмной гильзы, что было обусловлено факторами, препятствующими адаптации пациента к протезу. В ходе исследования пациентам изготовлено 228 протезов, из которых 120 — для голени и 108 — для бедра. Пациентов направляли на протезирование через 2–13 мес. после ампутации, в зависимости от объективных и субъективных факторов.

Этические принципы. Все пациенты проинформированы об условиях исследования и дали письменное согласие на участие. Исследование проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией.

Обработка данных. Данные анализировали для оценки распространенности пороков и болезней культей, их влияния на процесс протезирования и реабилитации.

Пороки и заболевания, затрагивающие протезируемую конечность, значительно снижают функциональность культи, усложняют процесс протезирования и увеличивают время, необходимое для реабилитации и подготовки усечённого участка к протезированию. Такие случаи относятся к категории осложнённых. Функциональность культи определяют ее состояние, подготовленность к протезированию, способность воспринимать механическое воздействие со стороны протеза. Таким образом, культю по функциональности разделены на три категории: функциональные, малофункциональные и нефункциональные, что дало возможность оценить готовность культей к протезированию и разработать дальнейшие стратегии реабилитации [12].

Уровень овладения протезом определяли с помощью стабилметрической платформы COBS с биологической обратной связью и реабилитационного комплекса Motek C-Mill. Инструктор ЛФК оценивал расстояние, пройденное пациентом в протезе, способность держать равновесие на платформе и справляться с тестами на инновационной сенсорной беговой дорожке. Кроме того, принимали во внимание пространственно-временные параметры, например, длину и ширину шага, учитывая разницу слева и справа (в метрах), а также динамические параметры, — ходьбу по меткам, Butterfly, Aggregated force, распределение веса при опоре на одну ногу, частоту шагов.

Целью лечения является улучшение симметрии между левым и правым шагом, а также улучшение характеристик силы реакции на опору во время ходьбы пациента по платформе. Выгружаемые сведения служат важным показателем выявления и коррекции патологической походки. Полученная информация важна для дальнейшего более точного отслеживания прогресса освоения протеза и формирования правильного двигательного стереотипа ходьбы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным медицинской документации, у 194 пациентов рана культи заживала первичным натяжением, швы сняты в срок (табл. 1). Также выявлены болезни культи, обусловленные присоединившейся инфекцией: длительно гранулирующая рана или язва, заживление раны вторичным натяжением, образование свищевого хода, остеомиелит. Установлены пороки культи, осложняющие протезирование: остеофиты, расположение опилов малоберцовой кости дистальнее опилов большеберцовой кости, выстояние опилов кости под кожей или рубцом, инородные тела мягких тканей, тугоподвижность рубцов, высокое расположение усечённых мышц.

Таблица 1

Клинические данные пациентов, полученные при оценке состояниях культей

Состояние	Количество случаев	
	абс.	%
Заживление раны первичным натяжением	194	76,6
Болезни культей (инфекция)	24	9,5
Пороки культей	20	7,9
Болезненные невромы	10	4,0
Неуточненная боль в культе	4	1,6
Неврит малоберцового нерва	1	0,4
Итого	253	100

Причинами ампутаций нижних конечностей были минно-взрывные ранения, травмы мирного времени, остеомиелит, остеосаркома (рис. 1). В двух случаях конечности были непригодны к протезированию по причине врождённого недоразвития, так как не являлись опорными, поэтому с целью формирования культи выполняли ампутации. Диагностированные в 76 случаях (30 %) диабет и атеросклероз приводили к развитию гангрены и последующей ампутации. Прогрессирующие тромбангииты, обли-

терирующие эндартерииты, эмболии и тромбозы магистральных артерий с развитием последующей критической ишемии конечности выявлены в 12 случаях (4,7 %). Эти данные подтверждают высокую значимость проблем, связанных с военными травмами и хроническими сосудистыми заболеваниями, в контексте ампутации конечностей, а также реабилитационного потенциала последних.

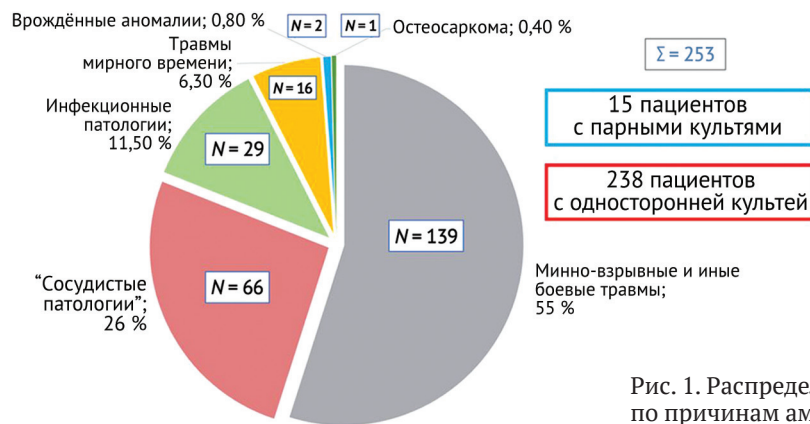


Рис. 1. Распределение пациентов по причинам ампутаций

Протезирование было затруднено в 59 случаях (23,3 %), из которых в 33 случаях (56 %) имелись абсолютные противопоказания, такие как пороки культи или инфекционные осложнения, требующие дополнительного лечения до начала протезирования (рис. 2).



Рис. 2. Распределение пациентов по частоте встречаемости противопоказаний

Из относительных противопоказаний у пациентов отмечали пороки культи, в том числе и после проведенной повторной ампутации, что на момент осмотра являлось абсолютным противопоказанием к протезированию и требовало проведения дополнительной диагностики и дальнейших лечебных манипуляций, в том числе реампутации.

Рентгенологические и ультразвуковые исследования позволили верифицировать пороки культи и обосновать необходимость выполнения реампутации. До обращения с целью протезирования в 42 случаях (16 %) реампутацию проводили однократно, в пяти случаях (2 %) повторные оперативные вмешательства на культиях нижних конечностей приходилось выполнять снова. После повторной ампутации в трех случаях (1 %) выявлены остеофиты, что потребовало оперативного лечения.

Согласно полученным данным, к абсолютным противопоказаниям к протезированию можно относить случаи, когда усилиями специалистов невозможно изготовить приёмную гильзу таким образом, чтобы в ней пациент мог опираться на культю и полноценно пользоваться протезом. Среди болезней культи к таким случаям относятся невромы культи нервов, болезненные остеофиты опилок костей в местах усечения конечностей. Среди встречающихся пороков — выстояние опилов кости под кожей или рубцом, более дистальное расположение уровня малоберцовой кости относительно большеберцовой, выстоящая культя кости без мышечного футляра с дефицитом покрывающих мягких тканей в области послеоперационного рубца культи, выраженный болевой синдром в области послеоперационной раны неустановленного генеза.

К относительным противопоказаниям можно отнести следующие пороки: неправильный опилов большеберцовой кости, булавовидная или чрезмерно коническая культя, чрезмерно короткая или слишком длинная культя и болезни, — остеомиелит, длительно гранулирующая рана или язва, лигатурные свищи. Последние могут являться препятствием к выдаче изделия и отсрочить освоение инвалидом протеза. Однако со временем, путём выполнения лечебно-восстановительных процедур, в том числе с применением реабилитационных комплексов и ЛФК, можно устранить осложняющий фактор или уменьшить его влияние.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для подготовки пациентов к первичному протезированию используют как консервативные, так и оперативные методы. Уже при первичном осмотре на протезном предприятии опытные ортопеды могут принять решение о необходимости проведения реампутации. Но, тем не менее, любое оперативное вмешательство — это риск для пациента, поэтому предварительно мы проводим консервативное лечение, включая лечебную физкультуру, массаж и воздействие физическими методами [13]. После осмотра 59 пациентов, имевших порочные культы и нуждавшихся в оперативной подготовке к протезированию, были выданы медико-технические заключения о необходимости выполнения хирургического лечения. В 29 % случаев (17 человек) операция была проведена. На момент проведения исследования не все пациенты дали добровольное согласие на хирургическое лечение.

Обращаясь к источникам времен Второй мировой войны, в частности к классификации П.А. Куприянова и Н.Н. Бурденко, мы рассматриваем разделение ампутаций на виды, систематизированные и подтвержденные современными научными работами, которые также подчеркивают важность разделения ампутаций по времени на первичные, вторичные, поздние и повторные ампутации (реампутации) для изучения клинических исходов. Эта классификация остается актуальной и сегодня, когда необходимость мультидисциплинарного подхода и своевременной диагностики остается решающей для снижения осложнений [14].

Основная идея работы подтверждается другими современными авторами, которые отмечают важность адекватного формирования культы при первичной ампутации для минимизации риска реампутаций и улучшения реабилитационных перспектив [15, 16].

Особое внимание заслуживают случаи минно-взрывных ранений, которые стали причиной ампутации у 55 % пациентов. Это подчеркивает актуальность проблемы военных травм и необходимость специальных подходов к лечению и реабилитации таких пациентов. Также важен факт, что 30 % ампутаций вызваны диабетом и атеросклерозом, что говорит о значимости профилактики и своевременного лечения хронических заболеваний [17]. При современных травмах кожные покровы конечностей часто повреждаются на большой площади, что акцентирует значимость сохранения максимальной длины поврежденных участков с помощью ранней кожной пластики, о чем говорится в классических руководствах [18] и остается актуальным, особенно в современных условиях минно-взрывных ранений, описанных в более поздних источниках [19]. Существующие принципы оперативного лечения при минно-взрывных ранениях предполагают предварительное удаление нежизнеспособных тканей поражённой нижней конечности в условиях полевого госпиталя с целью избежания угрозы жизни. Дальнейшая обработка и формирование культы происходит уже в условиях специализированного стационара [5].

От уровня ампутации и правильного формирования культы зависит то, как быстро пациент пройдет реабилитацию. Хирургическая техника ампутации определяется уровнем усечения конечности и анатомических особенностей сегмента. Уровень ампутации является краеугольным камнем дискуссий между хирургами и специалистами, занимающимися протезированием утраченных конечностей. На этапе предоперационного планирования выбранный уровень резекции не всегда совпадает с определённой интраоперационно демаркационной линией жизнеспособных тканей [2, 5, 6], что также может повлиять на вероятность развития пороков и болезней культей.

Литературные источники подтверждают, что отсроченная первичная ампутация позволяет минимизировать повреждение тканей и облегчить процесс реабилитации. При выполнении ампутации на уровне нежизнеспособных тканей следует избегать излишней резекции здоровых тканей. Хотя некоторые поврежденные ткани могут восстановить свою жизнеспособность после соответствующей терапии, нельзя исключить возможности развития вторичного некроза из-за локальной гипоксии и отека в послеоперационном периоде [14].

Иногда ссадины, трещины и раздражение кожных покровов могут возникать под влиянием давления протеза на культю. Крайне редко это может происходить при использовании протеза без силиконового чехла, препятствующего формированию кожных складок. В таких случаях возможно развитие воспалительных процессов, присоединение инфекции. Образованию инфильтратов и узлов на месте зон нагрузки на протез может способствовать наличие избытка кожи на культе. В то же время образовавшиеся узлы могут благоприятствовать формированию послеоперационных рубцов. Н.Н. Приоров рекомендовал обращаться к пластике кожи в исключительных случаях и по мере возможностей стараться избегать широких и длинных лоскутов, а при их наличии укреплять трансплантированную кожу путем гимнастики и самомассажа [20]. На сегодняшний день эти рекомендации не теряют своей актуальности [21].

Требования к культе сформулированы практически во всех руководствах по протезированию [10, 19] следующим образом: усечённая конечность должна быть как можно длиннее, покрыта неповреждённой кожей без язв, наминов, осаднений, фликтен, не должна быть чрезмерно конической или булавовид-

ной формы. Послеоперационный рубец должен быть подвижным, гладким, располагаться вне опорных зон приёмной гильзы, мышцы должны быть достаточно развиты. Ещё одним требованием является отсутствие невром, а костный опил должен быть горизонтальным, гладким, движения в суставах не ограничены [22, 23]. К культам голени предъявляют дополнительное требование, — формирование опила гребня большеберцовой кости под углом 45° к продольной оси.

Форма культей меняется из булавовидной в умеренно-коническую, изменяется натяжение тканей и кожи, в результате чего усиливаются болевые ощущения в местах локализации концевых невром и послеампутационных болезней кожи. В этих случаях применяют смягчающие вкладыши, силиконовые лайнеры с демпфирующими свойствами и ложементы, которые позволяют разгрузить триггерные болезненные точки контакта культы с гильзой. Предварительное использование силиконовых чехлов при первичном протезировании пациентам в среднем было рекомендовано на срок до двух недель.

Результаты данного исследования показывают, что состояние культей является критическим фактором успешности протезирования. У большинства пациентов (76,6 %) раны заживали первичным натяжением, что указывает на эффективность оперативного лечения. Тем не менее, почти четверть пациентов (23,3 %) сталкивалась с проблемами (инфекции, пороки культей и болевые невромы), которые усложняли протезирование. Полученные результаты согласуются с литературными данными о значении правильной хирургической техники и подготовки культы для успешного протезирования [24]. Например, пороки культей, такие как остеофиты и неправильное положение опилов костей, затрудняющие протезирование, выявлены в 7,9 % случаев. Это соответствует данным других авторов, которые также указывают на необходимость более тщательной подготовки и постоянного наблюдения за состоянием культы [25].

Несоблюдение этапов оперативного лечения, хирургических принципов выполнения ампутации, недостаточные диагностика и наблюдение в послеоперационном периоде могут вызывать образование болезней и пороков культей, развитие контрактур сохранившихся суставов. Это может быть обусловлено как последствиями оперативного лечения, так и неадекватным протезированием [15, 26].

Исследование подчеркивает важность подготовки культы для протезирования, что подтверждается другими работами [14, 26, 27]. Перед началом протезирования, учитывая антропометрические и статодинамические особенности пациентов, мы проводили мероприятия по предварительному формированию и подготовке культы: эластическое бинтование, использование компрессионного трикотажа, чехлов из полимерного материала, выполнение массажа, физиотерапевтических процедур и лечебной физкультуры. Пренебрежение подготовкой к протезированию также индуцирует процесс формирования проблемных культей.

Строгое соблюдение техники операции и послеоперационного ухода, а также привлечение специалистов на всех этапах лечения позволяют существенно сократить число нефункциональных или малофункциональных культей и повысить качество протезирования [15]. Следует иметь в виду, что относительно стабильная форма культы образуется приблизительно через 10–12 месяцев после ампутации. Формирование культы происходит в зависимости от сроков начала использования имеющегося протеза и активности его эксплуатации. Не стоит пренебрегать правилами бинтования конечностей, так как неправильное исполнение техники может приводить к появлению порочных булавовидных культей бедра и голени.

У пациентов, соблюдающих рекомендации по предварительному формированию культы, размеры культы значительно отличаются от размеров культы пациентов, не следующих предписаниям. После ампутации конечности происходит перестройка тканей и приспособление к новым анатомо-физиологическим особенностям, а именно: усечение мышц, лишение зон прикрепления сухожилий в дистальных отделах, обнажение костномозгового канала и изменение трофики. В процессе протезирования и дальнейшего использования протеза очень важно стремиться к соответствию объёмных размеров гильзы и культы, чтобы пациент мог начать пользоваться протезом. Вследствие динамического изменения объёма мягких тканей культы усечённой конечности, обусловленного мышечной атрофией и перераспределением нагрузки на опорные площадки, не всегда удаётся одномоментно на этапе изготовления и выдачи пробной приёмной гильзы протеза точно сопоставить размеры культы и приёмной гильзы. Часто возникает необходимость коррекции или замены пробной приёмной гильзы с поиском альтернативного силиконового лайнера не меньших размеров. Иногда при проведении протезирования, несмотря на неоднократные коррекции приёмной гильзы и смены системы крепления, в местах контакта приёмной гильзы с культей могут возникать осложнения, приводящие к повторным оперативным вмешательствам, требующим в дальнейшем ремонта (замены приёмной гильзы) протеза вплоть до полной его смены [19]. Трофические нарушения, травматизация мягких тканей при контакте с приёмной гильзой протеза замедляют реабилитацию и социализацию инвалида [28].

Изготовление идеальной гильзы — сложный процесс, который должен учитывать множество факторов, влияющих на долгосрочное использование, комфорт при эксплуатации и общую функциональность протеза [29]. Персонализированный подход в процессе производства протезов для пациентов с ампутациями конечностей является ключом к широкому внедрению технологии, которая должна быть доступной и удовлетворяющей потребности инвалида [30].

В этом контексте особую значимость приобретают цифровые технологии, включая концепцию цифровых двойников. Создание персонализированных цифровых моделей культей позволяет прогнозировать взаимодействие тканей с протезом, адаптировать конструкцию гильзы и повысить общую эффективность реабилитации. Современные методы — от количественной MPT (T2 mapping) до 3D-моделирования и биомеханических симуляций — находят применение в клинической практике. А. Gentili и соавт. [31] демонстрируют экономическую обоснованность этих решений. В условиях ограниченных бюджетов здравоохранения важно учитывать стоимость технологий и их вклад в восстановление трудоспособности пациентов, применяя модели оценки экономической эффективности (CEA, BIA, CBA).

Наше исследование также затрагивает проблему развития инфекционных и других гнойных осложнений, что препятствует успешному протезированию. Это согласуется с данными, представленными в работах, описывающих повышенные риски тромбозов и ампутаций при инфекциях, таких как COVID-19, что также демонстрирует важность тщательного послеоперационного наблюдения [3, 4]. Такие послеампутационные болезни культей также относятся к абсолютным противопоказаниям к протезированию. Согласно литературным данным, подтверждаемых настоящим исследованием, основными причинами их формирования являются игнорирование профилактической иммобилизации, лечебной физкультуры и эластического бинтования в послеоперационном периоде. Обсуждение представленных данных подчеркивает важность соблюдения хирургических и реабилитационных принципов при лечении пациентов с ампутациями, а также необходимость внедрения новых технологий в процесс протезирования. Клинические данные свидетельствуют о важности тщательной подготовки культи и правильного выбора протеза, что согласуется с международными исследованиями.

Несмотря на развитие протезирования за последние десятилетия, в некоторых случаях пациенты не пользуются выданными протезно-ортопедическими изделиями из-за дискомфорта при использовании протеза, что в основном происходит по причине несоответствием приёмной гильзы текущим размерам и особенностям культи ампутированной конечности [3, 16].

Ограничением данного исследования является отсутствие возможности наблюдения пациентов до поступления в протезно-ортопедическое предприятие, а также длительного наблюдения, что могло бы дать более полное представление о долгосрочной эффективности протезирования. Тем не менее, полученные данные подтверждают важность мультидисциплинарного подхода и персонализированной подготовки культи для успешного протезирования.

Учитывая вышесказанное, необходимо подчеркнуть важность междисциплинарного сотрудничества профессионалов, участвующих в оказании первичной специализированной медицинской помощи, и экспертов в области протезирования утраченных конечностей. Соотнесение целей ампутации и возможности протезирования достигается путём повышения компетенций в данных областях знаний, непрерывного обучения и профессиональной коммуникации. Научный фокус сегодня смещается в сторону преимущественно прогрессивных технологий, оставляя в тени необходимость детального рассмотрения актуальных проблем применения традиционных методов. Современные исследования подчеркивают важность использования высокотехнологичных методов биомеханического анализа и точной визуализации при оценке культей для предотвращения осложнений. Внедрение инновационных методов, таких как 3D-печать, CAD/CAM, роботизированные протезы и биомеханическая оценка, могут значительно улучшить процесс адаптации пациентов к протезам и реабилитации инвалида [32].

Следует отметить, что в условиях увеличения числа пациентов с утраченными конечностями совершенствуются и применяемые подходы к протезированию конечностей. Растущий опыт взаимодействия с инвалидами влечёт за собой необходимость улучшения имеющихся методик, как в военно-полевых условиях, так и в случаях оказания помощи гражданскому населению с усечёнными конечностями. Но также важно принимать во внимание экономическую целесообразность внедрения новых технологий с оценкой, которая позволит в рамках бюджета получить максимальную пользу для здоровья людей. Несмотря на растущий интерес к инвестированию в цифровые инструменты в здравоохранении, данные об их экономической эффективности остаются скудными и ограниченными [31]. Необходимы дальнейшие исследования, основанные на стандартизированном подходе, для методичного анализа инкрементных коэффициентов «затраты – эффективность», затраты и пользу для здоровья и диагностики, так как высокая стоимость этих технологий может быть препятствием для их широкого внедрения [30].

Однако подчеркнём, что для клиницистов имеет приоритет разработка количественных критериев и стандартизированных методов диагностики, что говорит о необходимости внедрения объективных шкал для улучшения оценки состояния культи и протеза, а также для снижения возможных ошибок при использовании современных технологий [23].

По нашим наблюдениям, повторные реампутации по причине развившегося болевого синдрома выполнены в пяти случаях (2 %). Иногда специалисты вынуждены рекомендовать проведение повторной ампутации без ярко выраженного болевого синдрома, но с имеющимися рентгенологическими данными наличия остеофитов, которые с большой долей вероятности в будущем могут привести к затруднению использования протезно-ортопедического изделия, вплоть до полного отказа от использования последнего. Среди исследуемых на инвазивное лечение соглашались не все, что может быть продиктовано возникновением психологических барьеров при осознании перспективы повторного переживания аналогичного опыта.

Несмотря на выявление у пациентов препятствий для дальнейшего протезирования, необходимо предпринимать всё возможное, чтобы изготавливаемые протезы даже в условиях атипичного протезирования были удобны в использовании, позволяли пострадавшим адаптироваться к новым обстоятельствам, возвращаться к привычному образу жизни и общественно полезному труду. Исследование вносит важный вклад в понимание проблематики реабилитации и протезирования пациентов с ампутациями и подтверждает необходимость дальнейшего изучения этой области. Результаты данного анализа подтверждают выводы ряда международных источников о важности правильного выбора приемной гильзы и тщательной подготовки культи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследуемой выборке пациентов большую часть представляют случаи, вызванные минно-взрывными травмами, второе место по частоте встречаемости занимают ампутационные культи у пациентов с сосудистыми патологиями. Исследование показало, что в 23 % случаев пороки и послеампутационные болезни значительно усложнили дальнейшее протезирование.

Абсолютным противопоказанием к протезированию является невозможность изготовления приёмной гильзы, позволяющей пациенту опираться на культю и полноценно пользоваться протезом. К относительным противопоказаниям можно отнести неправильный опи́л большеберцовой кости, булавовидную или чрезмерно коническую культю, слишком короткую или слишком длинную культю, остеомиелит, длительно гранулирующую рану или язву, лигатурные свищи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Исследование финансировалось за счёт внутренних ресурсов учреждения. Внешнего финансирования не привлекалось.

Этическая экспертиза. Этическая экспертиза проведена локальным комитетом по этике. Заключение о соответствии исследования этическим нормам получено до его начала.

Информированное согласие. Все пациенты, участвующие в исследовании, добровольно подписали информированное согласие на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hagberg K, Brånemark R. One hundred patients treated with osseointegrated transfemoral amputation prostheses--rehabilitation perspective. *J Rehabil Res Dev*. 2009;46(3):331-344.
2. Сепреев С.В. Ампутации нижних конечностей и протезирование. *Практическая медицина*. 2021;19(3):126-128. doi: 10.32000/2072-1757-2021-3-126-128.
3. Goldman IA, Ye K, Scheinfeld MH. Lower-extremity Arterial Thrombosis Associated with COVID-19 Is Characterized by Greater Thrombus Burden and Increased Rate of Amputation and Death. *Radiology*. 2020;297(2):E263-E269. doi: 10.1148/radiol.2020202348.
4. Lancaster EM, Wu B, Iannuzzi J, et al. Impact of the coronavirus disease 2019 pandemic on an academic vascular practice and a multidisciplinary limb preservation program. *J Vasc Surg*. 2020;72(6):1850-1855. doi: 10.1016/j.jvs.2020.08.132.
5. Пильников С.А. Лечение раненых с отрывами нижних конечностей при минно-взрывных ранениях: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2020:134. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010246484/. Ссылка активна на 18.11.2024.
6. Baumgartner R. Transtibial amputation. *Oper Orthop Traumatol*. 2011;23(4):280-288. (In German) doi: 10.1007/s00064-011-0040-z.
7. Бобров М.И., Живцов О.П., Самойлов Д.В. и др. Высокие ампутации нижних конечностей. Раны и раневые инфекции. *Журнал имени проф. Б.М. Костюченко*. 2019;6(3):6-23. doi: 10.25199/2408-9613-2019-6-3-6-23.
8. Маликова Л.А. Психологическая реабилитация лиц с ампутациями конечностей: теоретический обзор. *Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие*. 2018;6(2):343-360. doi: 10.23888/humJ201812343-360.
9. Гусев М.Г., Малыхин А.С., Щербина К.К., Современный метод биомеханической оценки рациональности изготовления приемных гильз протезов нижних конечностей. *Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2007;8(3):186-189.
10. Монахова М.И., Киракозов Л.Р., Смирнова Л.М. Назначение вида и конструкции протезов пациентам с частичной ампутацией стопы, используя технологию персонализированного синтеза протезов нижних конечностей. *Медицина и высокие технологии*. 2018;(2):50-56.

11. Суслев В.Г., Щербина К.К., Смирнова Л.М. и др. Медицинская технология раннего восстановления способности к самостоятельному передвижению после ампутации нижней конечности. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2019;21(2):101-109. doi: 10.17816/brmma25928.
12. Лаврова Д.И., Шишкин Б.В. Оценка нарушений функций ходьбы и стояния при ампутации стопы. *Медико-социальные проблемы инвалидности*. 2017;(1):44-47.
13. Курдыбайло С.Ф., Щербина К.К., Суслев В.Г. и др. *Повышение эффективности реабилитации инвалидов вследствие боевых действий и военной травмы, перенёсших ампутации конечностей*. СПб: Человек и его здоровье; 2006:86.
14. Мазаев М.С., Мальчевский В.А., Аксельров М.А., Данилова А.В. Общие принципы и технологии реабилитации пациентов с ампутационной культей бедра (обзор литературы). *Вятский медицинский вестник*. 2019;(3):84-91.
15. Баумгартнер Р., Ботта П. *Ампутация и протезирование нижних конечностей*. М.: Медицина, 2002:486.
16. Capsi-Morales P, Piazza C, Sjöberg L, et al. Functional assessment of current upper limb prostheses: An integrated clinical and technological perspective. *PLoS One*. 2023;18(8):e0289978. doi: 10.1371/journal.pone.0289978.
17. Чернядьев С.А., Погосян В.А., Фадин Б.В. Ампутации нижних конечностей. Клиническая и экспериментальная хирургия. *Журнал имени академика Б.В. Петровского*. 2022;10(2):54-59. doi: 10.33029/2308-1198-2022-10-2-54-59.
18. Кондрашин Н.И. *Руководство по протезированию*. М.: Медицина; 1988:542.
19. Greitemann V, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R. *Amputation and prosthetics*. Stuttgart: Thieme; 2016. doi:10.1055/b-003-128281.
20. Приоров Н.Н. Ампутации конечностей и протезы. М.: Медгиз; 1941:107.
21. Романов И.Н., Князева М.В., Сорокина О.А., Тюменков Ю.О. Особенности сестринского процесса в лечении пациентов с обширными ранами методом свободной кожной пластики. *Медицинская сестра*. 2020;22(2):13-16. doi: 10.29296/25879979-2020-02-04.
22. Gordon W, Balsamo L, Talbot M, et al. Amputation: Evaluation and Treatment. *Mil Med*. 2018;183(suppl_2):112-114. doi: 10.1093/milmed/usy075.
23. Осмоналиев И.Ж., Бильгильдеев М.Г., Эргашев Х.Х. и др. Шкалы оценки морфометрической готовности культы конечности к протезированию и технического состояния эксплуатируемого протеза. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2023;29(1):161-173. doi: 10.17816/vto114726.
24. Войновский Е.А., Пильников С.А., Ковалев А.С. и др. Причины пороков и болезней ампутационных культей нижних конечностей после минно-взрывной травмы. *Медицинский вестник МВД*. 2013;(2):20-30.
25. Сергеев С.В., Минасов Б.Ш., Риос Э.А. Ампутации конечностей и протезирование. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. 2019;1(4):39-41. doi: 10.36425/2658-6843-2019-4-39-41.
26. Выключок М.В. *Лучевая диагностика состояния культы бедра после минно-взрывных ранений: дис. ... канд. мед наук*. Обнинск, 2004:110. Доступно по: <http://www.dslib.net/luch-diagnostika/luchevaja-diagnostika-sostojaniya-kulti-bedra-posle-minno-vzryvnyh-ranenij.html>. Ссылка активна на 18.11.2024.
27. Васильев А.Ю., Егорова Е.А., Смысленова М.В. Лучевая диагностика изменений культей нижних конечностей при протезировании. *Современные технологии в медицине*. 2013;5(1):51-56.
28. Воротников А.А., Ключко С.В., Марков Н.Н. Порочные и проблемные культы нижних конечностей (частота встречаемости, причины образования). Возможности повышения клинической эффективности реабилитации инвалидов. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2010;(10):29-33.
29. Paterno L, Ibrahimi M, Gruppioni E, et al. Sockets for Limb Prostheses: A Review of Existing Technologies and Open Challenges. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2018;65(9):1996-2010. doi: 10.1109/TBME.2017.2775100.
30. Marino M, Pattni S, Greenberg M, et al. Access to prosthetic devices in developing countries: Pathways and challenges. In: *2015 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*. Seattle, WA, USA, 2015:45-51. doi: 10.1109/GHTC.2015.7343953.
31. Gentili A, Failla G, Melnyk A, et al. The cost-effectiveness of digital health interventions: A systematic review of the literature. *Front Public Health*. 2022;10:787135. doi: 10.3389/fpubh.2022.787135.
32. Ballit A, Mougharbel I, Ghaziri H, Dao TT. Fast soft tissue deformation and stump-socket interaction toward a computer-aided design system for lower limb prostheses. *IRBM*. 2020;(41):276-285. doi: 10.1016/j.irbm.2020.02.003.

Статья поступила 18.06.2024; одобрена после рецензирования 06.11.2024; принята к публикации 05.02.2025.

The article was submitted 18.06.2024; approved after reviewing 06.11.2024; accepted for publication 05.02.2025.

Информация об авторах:

Александр Вячеславович Пепеляев — аспирант, врач — травматолог-ортопед, a.pepelyaev@mail.ru;
Алексей Анатольевич Скоблин — доктор медицинских наук, заместитель генерального директора, skoblin@cito-pro.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5309-3357>.

Information about the authors:

Aleksandr V. Pepelyaev — postgraduate student, orthopaedic surgeon, a.pepelyaev@mail.ru;
Aleksei A. Skoblin — Doctor of Medical Sciences, Deputy General Director, skoblin@cito-pro.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5309-3357>.