

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАСТАРЕЛЫХ ЗАДНИХ ВЫВИХОВ ПЛЕЧА

DOI: 10.17691/stm2022.14.3.06

УДК 616.717.41–001.6–089.844.004.891.3

Поступила 05.02.2021 г.



Д.В. Павлов, к.м.н., врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения
Института травматологии и ортопедии Университетской клиники;

С.Б. Королев, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии
им. М.В. Колокольцева;

А.Ю. Копылов, к.м.н., врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения
Института травматологии и ортопедии Университетской клиники;

А.А. Зыкин, к.м.н., зав. травматолого-ортопедическим отделением Института травматологии
и ортопедии Университетской клиники;

Р.О. Горбатов, к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии
им. М.В. Колокольцева; руководитель лаборатории аддитивных технологий
Института травматологии и ортопедии Университетской клиники;

Т.В. Илларионова, младший научный сотрудник Института травматологии и ортопедии
Университетской клиники;

В.В. Горин, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения
Института травматологии и ортопедии Университетской клиники;

Р.В. Алыев, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения
Института травматологии и ортопедии Университетской клиники

Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1,
Н. Новгород, 603005

Цель исследования — оценить эффективность использования аддитивных технологий в оперативном лечении пациентов с остеохондральными дефектами суставной поверхности головки плечевой кости на фоне застарелого заднего вывиха плеча на основе сравнения клиничко-рентгенологических результатов с операцией Маклафлина.

Материалы и методы. Проведено проспективное рандомизированное клиническое исследование, в которое было включено 20 пациентов, проходивших в 2019–2021 гг. оперативное лечение в травматолого-ортопедическом отделении Института травматологии и ортопедии Университетской клиники Приволжского медицинского исследовательского университета по поводу застарелого заднего вывиха плеча. Все исследуемые в зависимости от вида оперативного вмешательства были разделены на две группы: пациентам 1-й группы (n=10) выполняли операцию Маклафлина; 2-й группы (n=10) — реконструкцию головки плечевой кости с использованием индивидуального имплантата, изготовленного при помощи аддитивных технологий (3D-печати). Для оценки постоперационных результатов всем пациентам через 6 мес после операции выполняли рентгенографию плечевого сустава в двух проекциях, КТ, ангулометрию, анкетирование по опросникам ВАШ, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH), American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score (ASES), Constant Shoulder Score (CSS), Shoulder Rating Questionnaire (SRQ) и по Опроснику ожиданий пациентов госпиталя специальной плечевой хирургии (Survey of Patient, SP).

Результаты. И операция Маклафлина, и реконструкция головки плечевой кости с использованием индивидуальных имплантатов, изготовленных при помощи аддитивных технологий 3D-печати, позволили увеличить объем движений в плечевом суставе, уменьшить болевой синдром и повысить качество жизни пациентов. В послеоперационном периоде в обеих группах отсутствовали инфекционные осложнения. Общий койко-день в 1-й группе составил 7 [5; 9] дней, во 2-й группе — 8 [6; 9] дней. В течение 6 мес после операции рецидива вывиха или прогрессирования остеоартроза плечевого сустава у пациентов обеих групп не наблюдалось. Результаты анкетирования по ASES, SP, SRQ, CSS, DASH и ВАШ в обеих группах показали статистически значимое улучшение всех показателей в послеоперационном периоде. Статистически значимых различий между группами по результатам ангулометрии и анкетирования не выявлено.

Заключение. Индивидуальные имплантаты, изготовленные с использованием аддитивных технологий, позволяют сократить продолжительность оперативного вмешательства в 1,3 раза и объем интраоперационной кровопотери — не менее чем в 1,5 раза по сравнению с операцией Маклафлина.

Ключевые слова: задний вывих головки плечевой кости; остеохондральное повреждение головки плечевой кости; обратное повреждение Хилла–Сакса; эндопротезирование плечевого сустава; 3D-печать; аддитивные технологии; операция Маклафлина.

Для контактов: Алыев Рамиль Валигович, e-mail: dr.aljev@mail.ru

Как цитировать: Pavlov D.V., Korolev S.B., Kopylov A.Yu., Zykin A.A., Gorbatov R.O., Illarionova T.V., Gorin V.V., Alyev R.V. Use of additive technologies in surgical treatment of chronic posterior dislocations of the shoulder. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2022; 14(3): 50, <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.3.06>

English

Use of Additive Technologies in Surgical Treatment of Chronic Posterior Dislocations of the Shoulder

D.V. Pavlov, MD, PhD, Traumatologist-Orthopedist, Traumatological and Orthopedic Department, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

S.B. Korolev, MD, DSc, Professor, Kolokoltsev Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery;

A.Yu. Kopylov, MD, PhD, Traumatologist-Orthopedist, Traumatological and Orthopedic Department, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

A.A. Zykin, MD, PhD, Head of the Traumatological and Orthopedic Department, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

R.O. Gorbatov, MD, PhD, Associate Professor, Kolokoltsev Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery; Head of the Laboratory of Additive Technologies, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

T.V. Illarionova, Junior Researcher, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

V.V. Gorin, Traumatologist-Orthopedist, Traumatological and Orthopedic Department, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic;

R.V. Alyev, Traumatologist-Orthopedist, Traumatological and Orthopedic Department, Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic

Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia

The aim of the study was to evaluate the efficiency of additive technologies in surgical treatment of patients with osteochondral defects of the humeral head articular surface against the background of chronic posterior dislocation of the shoulder by means of comparing clinical and radiological results with the McLaughlin procedure.

Materials and Methods. A prospective randomized comparative group clinical study was conducted, which included 20 patients who in 2019–2021 underwent surgical treatment of chronic posterior dislocation of the shoulder in the Traumatological and Orthopedic Department of the Institute of Traumatology and Orthopedics of the Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia). Depending on the type of surgery, all patients were divided into 2 groups: group 1 (n=10) was subject to McLaughlin procedure, whereas group 2 (n=10) — to reconstruction of the humeral head using a customized implant based on additive technologies (3D printing). To assess postoperative results, 6 months after the surgery all patients underwent the following procedures: X-ray imaging of the shoulder joint in two projections, CT scanning, and angulometry as well as provided their responses in line with the following questionnaires: Visual Analog Scale (VAS), Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH), American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score (ASES), Constant Shoulder Score (CSS), Shoulder Rating Questionnaire (SRQ), and the Hospital for Special Surgery Shoulder Surgery Expectations Survey (Survey of Patient, SP).

Results. Both the McLaughlin procedure and the reconstruction of the humeral head using a customized implant made using additive 3D printing technologies increased the range of motion in the shoulder joint, mitigated the pain syndrome and improved the patients' quality of life. During the postoperative period, there were no infectious complications in both groups. The total bed-day in group 1 was 7 [5; 9] days; in group 2, it was 8 [6; 9] days. There was no recurrence of dislocation or progression of osteoarthritis of the shoulder joint in patients in both groups during 6 months after the surgery. The ASES, SP, SRQ, CSS, DASH, and VAS questionnaires assessment for both groups showed a statistically significant improvement for all indicators in the postoperative period. There were no statistically significant differences found between the groups as to the results of angulometry and answering the questionnaires.

Conclusion. Customized implants made using additive technologies can shorten the surgery duration by 1.3 times, whereas the volume of intraoperative blood loss — by at least 1.5 times compared to the McLaughlin procedure.

Key words: posterior dislocation of the humerus head; osteochondral injury of the humerus head; reverse Hill–Sachs lesion; shoulder joint replacement arthroplasty; 3D printing; additive technologies; McLaughlin procedure.

Введение

Вывихи плеча являются одной из наиболее распространенных травм опорно-двигательного аппарата с частотой встречаемости 17 случаев на 100 000 насе-

ления в год [1]. Застарелые задние вывихи в структуре всех вывихов плеча составляют 23% [2]. Данная патология характеризуется наличием хронического болевого синдрома и выраженными нарушениями функции верхней конечности. Застарелым являет-

ся вывих плеча, который не был устранен в течение 3 нед [3]. Задние вывихи плеча в 60–70% случаев возникают у мужчин в возрасте от 20 до 50 лет [4]. Они в 65% случаев сопровождаются образованием костных дефектов проксимального отдела плечевой кости [5]. Кроме того, остеохондральные дефекты данной локализации диагностируются в 86% случаев при рецидивирующей нестабильности плеча (обратное поражение Хилла–Сакса) [6].

Размер остеохондрального дефекта головки плечевой кости при обратном поражении Хилла–Сакса является одним из наиболее важных факторов, влияющих на выбор тактики оперативного лечения. При небольших дефектах (до 25% суставной поверхности) рекомендуется выполнять модифицированную операцию Маклафлина — транспозицию малого бугорка с прикреплением сухожилия подлопаточной мышцы с фиксацией в импрессионный дефект головки плечевой кости. В случае умеренного и выраженного дефектов костной ткани (более 25% суставной поверхности) рекомендуется осуществлять свободную костную пластику аллотрансплантатом или эндопротезирование плечевого сустава [7].

С каждым годом отмечается увеличение количества пациентов, лечение которых осуществляется с использованием аддитивных технологий. 3D-печать позволяет изготавливать индивидуальные высокоточные имплантаты, которыми можно замещать костные дефекты любой формы, сложности и размера. Применение аддитивных технологий сокращает объем кровопотери, продолжительность операции и улучшает результаты лечения пациентов [8, 9].

Выбор наиболее подходящего варианта лечения данной патологии является сложным и многофакторным. Несмотря на актуальность проблемы, в доступных источниках литературы мы не обнаружили результатов сравнительных исследований оперативного лечения пациентов с костными дефектами головки плечевой кости на фоне застарелого вывиха плеча с использованием операции Маклафлина и индивидуальных имплантатов, изготовленных на 3D-принтере.

Цель исследования — оценить эффективность использования аддитивных технологий в оперативном лечении пациентов с остеохондральными дефектами суставной поверхности головки плечевой кости на фоне застарелого заднего вывиха плеча на основе сравнения клинко-рентгенологических результатов с операцией Маклафлина.

Материалы и методы

Проведено проспективное рандомизированное клиническое исследование, в которое было включено 20 пациентов (17 мужчин и 3 женщины), проходивших с 2019 по 2021 г. оперативное лечение по поводу застарелого заднего вывиха плеча в травматолого-ортопедическом отделении Института травматологии

и ортопедии Университетской клиники Приволжского исследовательского медицинского университета (Н. Новгород). Операции на правом плечевом суставе выполнены 14 больным, на левом — 6.

Основными жалобами у всех пациентов являлись наличие болевого синдрома, значительное ограничение движений в плечевом суставе, нарушение функций самообслуживания.

Критерии включения в исследование: застарелый задний вывих плеча в анамнезе, дефект головки плечевой кости размером от 10 до 45%, согласие пациента на участие в исследовании. Критерии исключения: возраст моложе 18 и старше 80 лет, артроз плечевого сустава III стадии, деформация гленоидальной впадины лопатки, признаки тяжелых сопутствующих заболеваний (гематологических, иммунологических, урогенитальных, эндокринных, психиатрических, сердечно-сосудистых, дерматовенерологических, неврологических и др.).

Все исследуемые в зависимости от вида оперативного вмешательства были разделены на две группы: пациентам 1-й группы (n=10) проводили операцию Маклафлина, 2-й группы (n=10) — реконструкцию головки плечевой кости с использованием индивидуального имплантата, изготовленного при помощи аддитивных технологий (3D-печати). Рандомизацию осуществляли методом последовательно пронумерованных конвертов. Дизайн исследования разработан в соответствии с международными рекомендациями CONSORT [10] (рис. 1).

Характеристика пациентов обеих групп представлена в табл. 1. Статистически значимых ($p>0,05$) различий между ними по возрасту, времени, прошедшему после травмы и операции, показателям ВАШ не выявлено.

Всем пациентам на этапе предоперационной подготовки и через 6 мес после операции выполняли ангулометрию и проводили анкетирование по опросникам ВАШ, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) [11], American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score (ASES) [12], Constant Shoulder Score (CSS) [13], Shoulder Rating Questionnaire (SRQ) [14] и Опроснику ожиданий пациентов госпиталя специальной плечевой хирургии (Survey of Patient, SP) [15].

Размер костного дефекта головки плечевой кости у пациентов 1-й и 2-й групп составил 28 ± 2 и $36\pm 4\%$ ($p<0,05$), что соответствует умеренным дефектам.

У всех больных до операции движения в плечевом суставе были ограничены (до $10\pm 5^\circ$) и сопровождались выраженным болевым синдромом, травмированная верхняя конечность была иммобилизована косыночной повязкой, сосудисто-неврологические нарушения отсутствовали. Объем движений в локтевом, лучезапястном суставе и суставах кисти у всех больных был в пределах нормы.

На этапе предоперационной подготовки и через 6 мес после операции всем пациентам выполняли ультразвуковую доплерографию сосудов верхних ко-

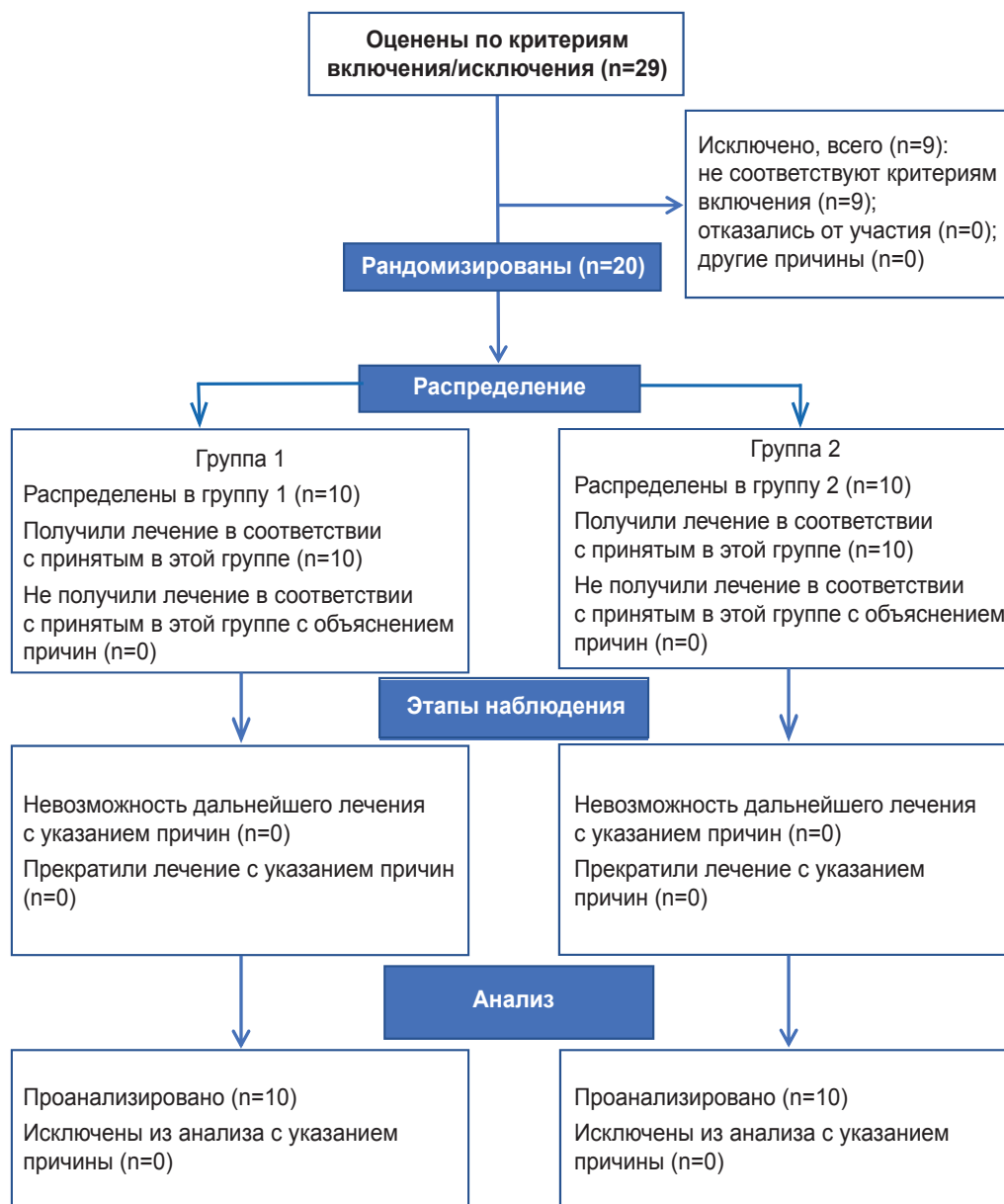


Рис. 1. Дизайн исследования

Таблица 1

Характеристика пациентов (Me [25; 75])

Показатель	1-я группа	2-я группа
Возраст, лет	51,5 [38; 65]	52,4 [33; 61]
Время после травмы, мес	4,1 [2; 9]	5,0 [3; 11]
Время после операции, мес	6,0 [4; 8]	6,0 [3; 9]
ВАШ до операции	8,0 [5; 10]	8,0 [4; 11]

нечностей, рентгенографию в двух проекциях и КТ плечевого сустава.

Индивидуальный имплантат изготавливали на 3D-принтере из титанового сплава по данным КТ плечевого сустава.

Операцию Маклафлина выполняли под комбинированной анестезией: блокада плечевого сплетения и ингаляционный эндотрахеальный наркоз. Пациента на операционный стол укладывали в положении полусидя («пляжное кресло»). Через межмышечный дельтопекторальный доступ выполняли остеотомию малого бугорка без отсечения от него сухожилия подлопаточной мышцы. Далее устраняли вывих плечевой кости, после чего полностью визуализировались ее головка и обратное повреждение Хилла–Сакса. После декортикации и остеоперфорации зоны импресии замещали дефект головки плечевой кости ауто трансплантатом малого бугорка с последующим его остеосинтезом двумя канюлированными винтами. Затем выполняли трансартикулярную фиксацию плечевого сустава спицами Киршнера.



Рис. 2. Замещение дефекта головки плечевой кости индивидуальным имплантатом:
 а — КТ правого плечевого сустава до операции; б — индивидуальный имплантат, изготовленный на 3D-принтере; в — рентгенограмма левого плечевого сустава после операции

Операцию с использованием индивидуально-го имплантата, изготовленного при помощи 3D-печати, осуществляли под комбинированной анестезией: блокада плечевого сплетения и ингаляционный эндотрахеальный наркоз. Пациента на операционный стол укладывали в положении полусидя («пляжное кресло»). Через межмышечный дельтопекторальный доступ проводили декортикацию малого бугорка с отсечением сухожилия подлопаточной мышцы. Затем устраняли вывих головки плечевой кости с релизом и мобилизацией плечевого сустава. После декортикации и остеоперфорации зоны импресии выполняли пластику костного дефекта головки плечевой кости индивидуальным имплантатом с последующей его фиксацией 2–3 винтами (рис. 2). Затем осуществляли рефиксацию подлопаточной мышцы и трансартикулярную фиксацию плечевого сустава спицами Киршнера.

В послеоперационном периоде всем пациентам выполняли иммобилизацию оперированной верхней конечности мягкой повязкой Дезо в течение 5–6 нед. Спицы удаляли через 4 нед после операции.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. От каждого пациента получено информированное согласие на участие.

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием программы Statistica 10.0. Характер распределения признаков оценивали по тестам на нормальность Шапиро–Уилка. Учитывая наличие несимметричного распределения, данные представляли в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей. Группы сравнивали с применением критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$ (с поправкой Бонферрони в случае множественных сравнений $p \leq 0,017$).

Результаты и обсуждение

На контрольном осмотре через 6 мес после операции по данным КТ и рентгенографии плечевого су-

става у всех пациентов 1-й и 2-й групп не выявлено признаков асептического некроза или нестабильности индивидуального имплантата.

В послеоперационном периоде у всех пациентов отсутствовали инфекционные осложнения. Раны зажили первичным натяжением, швы сняты на 14–16-е сутки. Общий койко-день в 1-й группе составил 7 [5; 9] дней, во 2-й группе — 8 [6; 9] дней. Статистически значимых различий по данному показателю не выявлено ($p > 0,05$).

Длительность операции у пациентов 1-й группы составила 100 [80; 120] мин, 2-й группы — в 1,3 раза меньше (75 [60; 90] мин) ($p < 0,05$). Уменьшение продолжительности оперативного вмешательства у пациентов при использовании аддитивных технологий по сравнению с операцией Маклафлина обусловлено прецизионным соответствием индивидуального имплантата параметрам костного дефекта, более быстрым его позиционированием.

Объем кровопотери у пациентов 1-й группы был в 2 раза выше, чем 2-й группы, и составил 200 [100; 250] мл, во 2-й группе — 100 [80; 120] мл соответственно ($p < 0,05$). Уменьшение кровопотери у больных при использовании индивидуального имплантата, по нашему мнению, обусловлено отсутствием необходимости в остеотомии малого бугорка, менее продолжительным оперативным вмешательством.

Рецидива вывиха или прогрессирования остеоартроза плечевого сустава в течение 6 мес у пациентов обеих групп не отмечено.

Показатели ангулометрии статистически значимо ($p < 0,05$) улучшились в послеоперационном периоде у всех пациентов. Однако при сравнении объема движений в плечевом суставе статистически значимых различий между двумя группами больных не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 2).

По результатам анкетирования пациентов по опросникам ASES, SP, SRQ, CSS, DASH и ВАШ в послеоперационном периоде наблюдалось статистически значимое ($p < 0,01$) улучшение всех показателей. Однако при сравнении полученных данных между двумя груп-

Таблица 2

Результаты ангулометрии, град (Ме [25; 75])

Движение	1-я группа	2-я группа
Сгибание	151 [150; 153]	145 [140; 150]
Отведение	151 [146; 153]	140 [120; 150]
Наружная ротация	25 [21; 35]	30 [25; 35]
Внутренняя ротация	80 [55; 90]	85 [77; 90]

Таблица 3

Результаты анкетирования пациентов до и после операции, баллы (Ме [25; 75])

Опросник	1-я группа		2-я группа	
	до операции	после операции	до операции	после операции
	1	2	3	4
ASES	23 [18; 26]	92 [84; 95]	28 [19; 35]	85 [48; 92]
SP	83 [82; 85]	70 [69; 73]	83 [83; 85]	68 [66; 75]
SRQ	31 [23; 39]	63 [62; 65]	25 [22; 30]	52 [40; 61]
CSS	28 [18; 33]	80 [67; 82]	23 [21; 29]	62 [48; 71]
DASH	73 [65; 77]	2 [2; 26]	71 [66; 80]	5 [3; 30]
БАШ	8 [8; 9]	1 [0; 3]	8 [7; 9]	0 [0; 0]

Примечание: $p_{1-2} < 0,017$; $p_{3-4} < 0,017$; $p_{2-4} > 0,017$.

пами больных (табл. 3) статистически значимых различий не обнаружено ($p > 0,05$).

Изучение современных отечественных и зарубежных публикаций не выявило исследований по оценке отдаленных результатов лечения пациентов после замещения костных дефектов головки плечевой кости на фоне застарелого заднего вывиха плеча индивидуальными имплантатами, изготовленными при помощи аддитивных технологий. Имеются данные о реконструкции с использованием аддитивных технологий дефекта плечевой кости и гленоидальной поверхности лопатки и о тотальном замещении плечевой кости у онкологических пациентов. Например, в своей работе Н. Ну с соавт. [16] приводят результаты использования индивидуальных имплантатов в сочетании с напечатанным на 3D-принтере гленоидным компонентом эндопротеза у пациентов после резекции плечевой кости по поводу опухолевого процесса. После операции у большинства больных отмечено значительное уменьшение болевого синдрома и улучшение качества их жизни.

Операция Маклафлина, как правило, применяется при небольших и умеренных дефектах головки плечевой кости. Она зарекомендовала себя как вмешательство с невысоким риском осложнений и хорошим функциональным результатом [7, 17]. Однако в послеоперационном периоде у большинства пациентов отмечается ограничение наружной ротации, что подтверждено и в нашем исследовании, и в публи-

кациях отечественных коллег. Например, в работе Е.А. Беляк с соавт. [7] представлены данные об оперативном лечении 7 пациентов с задними застарелыми вколоченными подвывихами плечевого сустава. Послеоперационные результаты у всех больных были оценены как хорошие и удовлетворительные. Наружная ротация в оперированном плечевом суставе составила $24 \pm 6^\circ$ [7], в нашем исследовании — $25 \pm 8^\circ$.

В группе пациентов с использованием имплантатов, изготовленных при помощи аддитивных технологий, дефекты головки плечевой кости были больше, чем у больных 1-й группы. Несмотря на это, показатели по результатам анкетирования в послеоперационном периоде статистически значимо не различались, что подтверждает клиническую эффективность применения аддитивных технологий даже при больших по объемам дефектах костной ткани. Однако для определения преимуществ данного метода оперативного лечения над традиционными требуются, безусловно, дополнительные сравнительные исследования на большем по объему выборках пациентов.

Таким образом, с развитием аддитивных технологий появилась возможность создания индивидуальных прецизионных имплантатов для замещения костных дефектов головки плечевой кости. Они позволяют достичь полного восстановления структуры и функции плечевого сустава с высоким соответствием объемным параметрам зоны повреждения.

Заключение

Реконструкция головки плечевой кости с использованием индивидуальных имплантатов, изготовленных при помощи аддитивных технологий, увеличивает объем движений в плечевом суставе, уменьшает болевой синдром и повышает качество жизни пациентов. Использование индивидуальных имплантатов, выполненных с помощью 3D-печати, позволяет сократить продолжительность оперативного вмешательства в 1,3 раза и объем интраоперационной кровопотери — в 2 раза по сравнению с операцией Маклафлина.

Финансирование исследования. Исследование выполнено в рамках государственного задания «Компьютерное моделирование и аддитивные технологии 3D-печати в персонализированном лечении пациентов с опухолевыми, дегенеративными и травматическими заболеваниями опорно-двигательного аппарата».

Конфликт интересов отсутствует.

Литература/References

1. Coyner K.J., Arciero R.A. Shoulder instability: anterior, posterior, multidirectional, arthroscopic versus open, bone block procedures. *Sports Med Arthrosc Rev* 2018; 26(4): 168–170, <https://doi.org/10.1097/jsa.0000000000000211>.
2. Толстых А.Л., Мохаммад А. Анализ вариантов повреждений структур плечевого сустава, сопровождающих трав-

матический вывих плеча. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2013; 6(3): 353–359.

Tolstykh A.L., Mokhamad A. Analysis of the options of the damaged structures of the shoulder joint, accompanying traumatic shoulder dislocation. *Vestnik eksperimental'noj i kliniceskoj hirurgii* 2013; 6(3): 353–359.

3. Агеев А.А., Игнатьев А.Г., Тютюнников А.В. Хирургическая тактика при лечении застарелого вывиха плеча. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук* 2006; 4: 20–24.

Ageyev A.A., Ignatjev A.G., Tutunnikov A.V. Surgical tactic of treatment of inveterate dislocation of shoulder. *Bulleten' Sibirskogo otdelenia Rossijskoj akademii medicinskih nauk* 2006; 4: 20–24.

4. López-Muñoz R. Posterior instability of the shoulder. *Acta Ortop Mex* 2019; 33(5): 337–345.

5. Itoi E. 'On-track' and 'off-track' shoulder lesions. *EFORT Open Rev* 2017; 2(8): 343–351, <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.170007>.

6. Brelín A., Dickens J.F. Posterior shoulder instability. *Sports Med Arthrosc Rev* 2017; 25(3): 136–143, <https://doi.org/10.1097/jsa.000000000000160>.

7. Беляк Е.А., Призов А.П., Лазко М.Ф., Григорьев И.В., Загородний Н.В., Лазко Ф.Л. Опыт применения модифицированной операции Маклафлина для лечения пациентов с застарелыми задними вколоченными подвывихами головки плечевой кости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова* 2017; 24(3): 46–50, <https://doi.org/10.17816/vto201724346-50>.

Belyak E.A., Prizov A.P., Lazko M.F., Grigor'ev I.V., Zagorodniy N.V., Lazko F.L. Experience in use of modified McLaughlin procedure for neglected locked posterior subluxation of the humeral head. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* 2017; 24(3): 46–50, <https://doi.org/10.17816/vto201724346-50>.

8. Hawi N., Bruns N., Razaiean S., Clausen J.D., Krettek C. 3D-Druck im Bereich der Schulterchirurgie. *Unfallchirurg* 2022; 125: 371–380, <https://doi.org/10.1007/s00113-022-01174-z>.

9. Citak M., Kochsiek L., Gehrke T., Haasper C., Suero E.M., Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive

defects. *Hip International* 2018; 28(3): 266–271, <https://doi.org/10.5301/hipint.5000561>.

10. Серeda А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России* 2019; 25(3): 165–184, <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184>.

Sereda A.P., Andrianova M.A. Study design guidelines. *Travmatologia i ortopedia Rossii* 2019; 25(3): 165–184, <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184>.

11. Gevorgyan A., Abrahamyan D.O., Yaghjyan G.V. Translation and cross-cultural adaptation of the Eastern Armenian and Russian versions of the disabilities of the arm, shoulder, and hand outcome measure. *J Hand Surg Am* 2006; 31(9): 1550–1551, <https://doi.org/10.1097/mrr.0b013e32830435b8>.

12. Michener L.A., McClure P.W., Sennett B.J. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: reliability, validity, and responsiveness. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11(6): 587–594, <https://doi.org/10.1067/mse.2002.127096>.

13. Roe Y., Soberg H.L., Bautz-Holter E., Ostensjo S. A systematic review of measures of shoulder pain and functioning using the International classification of functioning, disability and health (ICF). *BMC Musculoskelet Disord* 2013; 28: 73, <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-73>.

14. L'insalata J.C., Warren R.F., Cohen S.B., Altchek D.W., Peterson M.G. A self-administered questionnaire for assessment of symptoms and function of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79(5): 738–748.

15. Mancuso C.A., Altchek D.W., Craig E.V., Jones E.C., Robbins L., Warren R.F., Williams-Russo P. Patients' expectations of shoulder surgery. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11(6): 541–549, <https://doi.org/10.1067/mse.2002.126764>.

16. Hu H., Liu W., Zeng Q., Wang S., Zhang Z., Liu J., Zhang Y., Shao Z., Wang B. The personalized shoulder reconstruction assisted by 3D printing technology after resection of the proximal humerus tumours. *Cancer Manag Res* 2019; 11: 10665–10673, <https://doi.org/10.2147/cmar.s232051>.

17. Besnard M., Audebert S., Godenèche A. Arthroscopic McLaughlin procedure for treatment of posterior instability of the shoulder with an engaging reverse Hill–Sachs lesion. *Arthrosc Tech* 2019; 8(12): 1491–1494, <https://doi.org/10.1016/j.eats.2019.07.025>.