

© Team of authors, 2022 / © Коллектив авторов, 2022

The use of porous titanium nickelide implants for the formation of the eyeball locomotor stump after evisceration

E.N. Terletskaya¹, Yu.A. Medvedev², P.S. Petruk³

¹S.V. Belyaev Kuzbass Regional Clinical Hospital, Kemerovo, Russia

²A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Contacts: Pavel Sergeevich Petruk – e-mail: petruk_pavel@yahoo.com

Применение имплантатов из пористого никелида титана для формирования опорно-двигательной культы глазного яблока после эвисцерации

Е.Н. Терлецкая¹, Ю.А. Медведев², П.С. Петрук³

¹Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева, Кемерово, Россия

²ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава РА, Москва, Россия

³ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РА (Сеченовский университет), Москва, Россия

Контакты: Петрук Павел Сергеевич – e-mail: petruk_pavel@yahoo.com

使用多孔的镍化钛植入物在切除后形成的眼球运动残端

E.N. Terletskaya¹, Yu.A. Medvedev², P.S. Petruk³

¹S.V. Belyaev Kuzbass Regional Clinical Hospital, Kemerovo, Russia

²A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

通讯作者: Pavel Sergeevich Petruk – e-mail: petruk_pavel@yahoo.com

Doi: 10.25792/HN.2022.10.2.19–24

Introduction. Removal of the eyeball is a radical surgical manipulation and leads to a significant aesthetic defect in appearance. Compared with enucleation, eye evisceration using an orbital implant has a number of advantages. Ocular prosthetics is the main method of medical and social rehabilitation in patients of this category. The purpose of the study was to explore the possibility of using porous titanium nickelide implants to form the eyeball orbital stump in an in vivo experiment.

Material and methods. The experiment was performed on 30 animals (dogs) and included evisceration followed by the formation of the musculoskeletal eyeball/orbital stump. The eyeball orbital stump formation was carried out with an implant made of porous titanium nickelide of the TN-10 brand which was inserted into the scleral sac. The process of connective tissue ingrowth into the implant pores was investigated 10 days, 1, 3, 6, 9 months and 1 year after surgery. After these periods, the implants were extracted from the body, microscopic examination of the microsections/surfaces of the extracted objects and histological analysis of the implant adjacent tissues were performed. Results. Analysis of the obtained structures showed that loose connective tissue was already observed ten days after implantation in almost all pores. After 1–3 months, connective tissue and its compaction were observed in all the pores of the implant. In the period of 6 months – 1 year, the connective tissue in the pores along the entire thickness of the examined implants was characterized by the same density. At the 10th day after titanium nickelide implantation the eyeball tissues histological analysis showed a moderate inflammatory reaction and the formation of a capsule around the implant of loose-fibrous connective tissue. One month after the operation, the implant was covered with a mature connective tissue capsule, which was significantly compacted 3 months after implantation.

Conclusion. The use of an implant made of porous titanium nickelide, due to its frame properties and porous structure, ensures rapid fibrovascular tissue ingrowth of the implant, providing its stable fixation in surrounding tissues, stable shape of the eyeball stump, reduces the risk of exposure and implant rejection.

Key words: ophthalmologic surgical procedures, eye evisceration, orbital implant, titanium nickelide, nitinol

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding. There was no funding for this study.

For citation Terletskaya E.N., Medvedev Yu.A., Petruk P.S. The use of porous titanium nickelide implants for the formation of the eyeball locomotor stump after evisceration. Head and neck. Russian magazine = Head and neck. Russian Journal. 2022;10(2):19–24

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material - tables, drawings, photographs of patients.

Введение. Удаление глазного яблока является радикальным хирургическим вмешательством и приводит к значительному эстетическому дефекту внешности. По сравнению с энуклеацией эвисцерация глазного яблока с применением орбитального имплантата имеет ряд преимуществ. Глазное протезирование является основным методом медикосоциальной реабилитации пациентов данной категории. Цель данного исследования состояла в изучении возможности применения имплантатов из пористого никелида титана для формирования культи глазного яблока в эксперименте *in vivo*.

Материал и методы. Эксперимент был выполнен на 30 животных (собаках) и включал проведение эвисцерации с последующим формированием опорно-двигательной культи глазного яблока. Формирование культи глазного яблока проводили имплантатом из пористого никелида титана марки TN-10 путем имплантации его в склеральный мешок. Процесс врастания соединительной ткани в поры имплантата исследовали через 10 дней, 1, 3, 6, 9 месяцев и 1 год после оперативного вмешательства. По истечении указанных сроков образцы извлекали из организма и проводили микроскопическое исследование микрошлифов поверхностей извлеченных объектов и гистологическое исследование тканей, прилежащих к имплантату.

Результаты. Анализ полученных структур показал, что после имплантации уже к 10-му дню практически во всех порках наблюдали рыхлую соединительную ткань. Через 1–3 месяца соединительную ткань и ее уплотнение наблюдали во всех порках имплантата. В срок 6 месяцев – 1 год ткань в объеме пор характеризуется одинаковой плотностью по всей толщине исследуемого имплантата. Гистологическое исследование тканей глаза на 10-е сутки после имплантации никелида титана показало развитие умеренной воспалительной реакции и образование капсулы вокруг имплантата из нежно волокнистой соединительной ткани. Спустя 1 месяц после операции имплантат покрыт зрелой соединительнотканной капсулой, которая после 3 месяцев пребывания имплантата значительно уплотнялась.

Заключение. Использование имплантата из пористого никелида титана благодаря каркасным свойствам и пористой структуре обеспечивает быстрое прорастание имплантата фиброваскулярной тканью, что обеспечивает его прочную фиксацию в тканях, стабильную форму культи глазного яблока, снижает риск обнажения и отторжения имплантата.

Ключевые слова: офтальмологические хирургические манипуляции, эвисцерация глаза, орбитальный имплантат, никелид титана, нитинол

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Терлецкая Е.Н., Медведев Ю.А., Петрук П.С. Применение имплантатов из пористого никелида титана для формирования опорно-двигательной культи глазного яблока после эвисцерации. Голова и шея. Российский журнал = Head and neck. Russian Journal. 2022;10(2):19–24

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

导言：摘除眼球是一种根治性的外科手术，会导致外观上的重大缺陷。切除眼球是一种根治性的手术操作，会导致外观上的重大美学缺陷。与去核术相比，使用眼眶植入物的眼球切除术有很多优点。眼部修复术是该类患者医疗和社会康复的主要方法。本研究的目的是探索在体内实验中使用多孔镍化钛植入物来形成眼眶残缺的可能性。

材料和方法：实验在30只动物（狗）身上进行，包括开膛破肚，然后形成肌肉骨骼的眼眶残端。眼眶残端形成是用TN-10品牌的多孔镍化钛制成的植入物进行的，将其插入巩膜囊。术后10天、1、3、6、9个月和1年，调查了结缔组织在植入物孔隙中的生长过程。在这些时期之后，将植入物从体内取出，对取出的物体的微切面进行显微镜检查，并对植入物的邻近组织进行组织学分析。

结果：对所获结构的分析表明，在植入10天后，几乎所有的孔隙都已经观察到了松散的结缔组织。1–3个月，在种植体的所有孔隙中都观察到结缔组织及其压实。在6个月至1年的时间里，受检种植体的整个厚度的孔隙中的结缔组织具有相同的密度特征。在镍化钛植入后的第10天，眼球组织的组织学分析显示有中度的炎症反应，并在植入物周围形成了松散的纤维结缔组织囊。手术后一个月，植入物被成熟的结缔组织囊覆盖，植入3个月后，结缔组织囊被明显压实。

结论：使用多孔镍化钛制成的植入物，由于其框架特性和多孔结构，可确保植入物的纤维血管组织快速生长，提供其在周围组织中的稳定固定，稳定眼眶残端形状，减少暴露和植入物排斥的风险。

关键词：眼科手术程序，眼睛开裂，眼眶植入物，镍化钛，镍合金

利益冲突：作者声明，没有利益冲突。

资助：本研究没有任何资金。

引用: Terletskaia E.N., Medvedev Yu.A., Petruk P.S. The use of porous titanium nickelide implants for the formation of the eyeball locomotor stump after evisceration. Head and neck. Russian magazine = Head and neck. Russian Journal. 2022;10(2):19–24

作者对所提交数据的独创性和发表说明性材料—表格、图画、病人照片的可能性负责。

Введение

Удаление глазного яблока является радикальным хирургическим вмешательством и приводит к значительному эстетическому дефекту внешности [1, 2]. Существуют различные методики удаления глаза. По сравнению с энуклеацией, эвисцерация (эвисцерознуклеация) глазного яблока с применением орбитального имплантата обеспечивает большую подвижность опорно-двигательной культы, низкую частоту осложнений и лучший эстетический эффект последующего глазного протезирования [2–5].

Глазное протезирование является основным методом медико-социальной реабилитации пациентов после удаления глазного яблока. При этом необходимым условием достижения удовлетворительного функционально-эстетического эффекта протезирования является формирование полноценной опорно-двигательной культы, на которую помещается протез глазного яблока. Важно, чтобы с течением времени культя не изменяла своего объема вследствие миграции, рассасывания или отторжения имплантата [4, 6, 7].

В офтальмохирургии используются синтетические и биологические имплантаты для формирования опорно-двигательной культы. Однако биологические имплантаты подвергаются постепенному рассасыванию и не могут обеспечить достаточного объема культы глазного яблока [8] и нормального роста костей глазницы у детей [9]. Кроме того, использование донорских тканей в ходе пластических и реконструктивных операций связано с риском передачи возбудителей ряда заболеваний. Необходимость бактериального и вирусологического тестирования донорского материала требует соблюдения правил его консервации и хранения, создания сети тканевых банков, что значительно повышает стоимость лечения. Недостатками имплантации синтетических материалов являются обнажение и отторжение имплантатов, их деформация и в ряде случаев высокая цена [10, 11, 13–17].

Успешное использование в медицинской практике имплантатов, изготовленных из пористых проницаемых материалов на основе никелида титана, обусловлено, прежде всего, их биохимической и биомеханической совместимостью с тканями организма. Высокая биосовместимость таких материалов позволяет им длительно функционировать в организме, не отторгаясь, обеспечивать стабильную регенерацию клеток и надежную фиксацию путем образования и роста ткани в порах имплантата [18–20].

Целью данной работы является исследование возможности использования имплантатов из пористого никелида титана для формирования культы глазного яблока.

Материал и методы

Перспектива использования орбитального имплантата из пористого никелида титана изучена в эксперименте *in vivo* на 30 животных (собаках). Выбор животных для эксперимента

объяснялся тем, что собаки являются стандартным объектом биологических исследований, поскольку условия проведения хирургических вмешательств максимально приближены к реальным.

Обезболивание проводили внутривенным введением раствора тиопентала натрия в сочетании с местной инфильтрационной анестезией 2% раствором лидокаина гидрохлорида.

Техника операции. После проведения анестезии и санации конъюнктивальной полости производили паралимбальный разрез конъюнктивы, разделяли ткани в межмышечных пространствах, разрез склеры проводили в 1–2 мм от лимба, тупым путем удаляли внутренние оболочки единым конгломератом. Полость склеры промывали растворами перекиси водорода, хлоргексидина, выполняли меридиональные насечки склеры. Резецировали задний полюс склеры, производили невротомию, гемостаз. В полость склеры погружали орбитальный имплантат и ушивали П-образными швами лоскуты склеры попарно. Накладывали послойно непрерывные швы на тенонову капсулу, субконъюнктиву и конъюнктиву. Операцию завершали инъекцией антибиотика. Антибактериальную терапию проводили в течение 7 суток. Выведение животных из опыта осуществляли внутривенным введением 10% раствора лидокаина.

Для проведения исследований использовали пористый никелид титана со средним размером пор 230–440 мкм, пористостью 60–78% (рис. 1).

Процессы врастания соединительной ткани в поры имплантата исследовали через 10 дней, 1, 3, 6, 9 месяцев и 1 год после оперативного вмешательства. По истечении этих сроков образцы извлекали из организма и проводили детальное микроскопическое исследование микрошлифов поверхностей, извлеченных объектов на металлографическом микроскопе «Эпитип».

С целью проведения гистологического исследования тканей глаза в условиях имплантации никелида титана, исследуемый материал фиксировали в 10% растворе формалина, окрашивали гистологические срезы с использованием общих гистологических методик.

Результаты

В течение всего эксперимента у животных не наблюдали осложнений ни в месте имплантации, ни в общем состоянии организма. В течение первых 3 дней по выраженности гиперемии преобладала умеренная реакция тканей глаза, соответствующая объему оперативного вмешательства. В последующем макроскопических изменений со стороны слизистой оболочки отмечено не было. Разрез конъюнктивы зажил первичным натяжением. Конфигурация и глубина анофтальмической полости не менялись на протяжении всего времени эксперимента.

Процессы врастания соединительной ткани в поры имплантата исследовали через 10 дней, 1, 3, 6, 9 месяцев и 1 год после оперативного вмешательства. По истечении этих сроков образцы извлекали из организма и проводили детальное микроскопическое исследование микрошлифов поверхностей извле-

ченных объектов. Анализ полученных структур показал, что после имплантации между тканями и имплантатом наблюдалась непосредственная связь. Ткани прорастали в поры, заполняя их. Необходимо отметить, что процесс прорастания тканей в порах шел очень активно. Уже после 10 дней взаимодействия практически во всех порах наблюдали тканевые структуры, характерные для соединительной ткани (рис. 2 а). Ткань прилежала к стенкам пор, повторяя их рельеф. Контраст тканей в порах был неравномерным, ткань по своей структуре рыхлая, лишь отдельные участки были заполнены плотной тканью. При увеличении времени пребывания имплантата в организме до 1–3 месяцев наблюдали наличие и уплотнение тканевых структур во всех порах, контраст тканей становился более равномерным (рис. 2 б, в). Дальнейшее увеличение времени эксперимента приводило к образованию плотных тканей практически во всех порах. В срок 6 месяцев – 1 год ткань в объеме пор характеризуется одинаковой плотностью. Структура тканей в порах имплантата была полностью идентичной (рис. 2 г, д).

Для анализа глубины проникновения тканей в объем имплантата были подготовлены микрошлифы имплантата на разных его уровнях и сечениях. Изучение микроструктуры шлифов, приготовленных по всей толщине исследуемого имплантата, показало, что ткань прорастает на всю его глубину, заполняя все поры. Структура ткани в порах имплантата практически идентична по всей его глубине.

В задачи эксперимента входило также исследование реакции тканей глаза животных, связанной с пребыванием имплантата из никелида титана в полости склеры в различные сроки эксперимента. Исследование показало, что на 10-е сутки после имплантации никелида титана развивается умеренная воспалительная реакция с переходом в стадию формирования грануляционной ткани и появлением элементов лимфоидно-макрофагального типа. Спустя 1 месяц вокруг имплантата формируется капсула с элементами фибробластического ряда и группами коллагеновых волокон. Через 3 месяца после введения никелида титана коллагеновые волокна вокруг имплантата утрачивают упорядоченный ход и выглядят как участки «завихрений». Через 6 месяцев капсула вокруг имплантата истончается и уплотняется, к 1 году коллагеновые пучки сливаются в однородную плотную массу, напоминающую гиалиновый хрящ.

Результаты

Полученные результаты согласуются с данными отечественных и зарубежных авторов. Важнейшими критериями оценки орбитальных имплантатов является их химическая инертность, возможность тканевой колонизации, устойчивость к биодеструкции, простота стерилизации. В наибольшей степени указанным критериям соответствуют пористые небиологические имплантаты [21, 22]. Было доказано, что пористость материала и диаметр микропор влияют на скорость биоинтеграции имплантата [10, 23]. Диаметр микропор в коралловом ГАП равен 150–500 мкм, в синтетическом – 300–700 мкм, в полиэтилене (ПЭ) – 150–200 мкм, в политетрафторэтилене (ПТФЭ) – 100–250 мкм. Пористость указанных имплантатов составляет 45–50%. Таким образом, все перечисленные материалы создают условия для беспрепятственного врастания соединительной и костной ткани в имплантат [9].

Сравнивая глубину врастания новообразованной ткани в имплантат, необходимо подчеркнуть такое важное свойство материала, как гидрофильность, которая облегчает клеточную



Рис. 1. Микроструктура поверхности шлифа используемого имплантата из пористого никелида титана (X75)

Fig. 1. Microstructure of the microsection surface of the used implant made of porous titanium nickelide (X75)

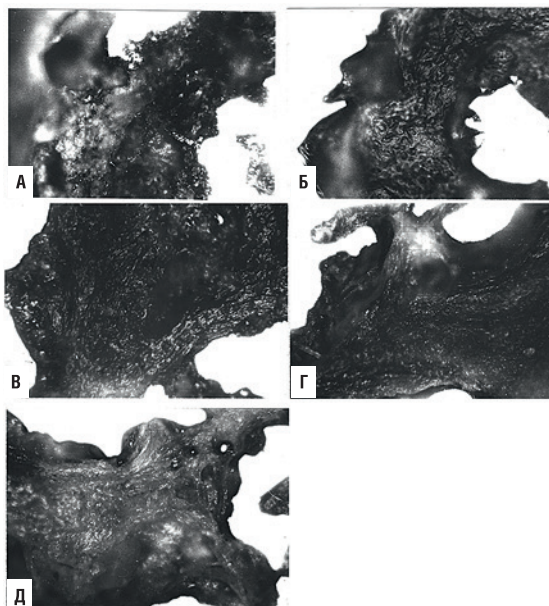


Рис. 2. Микроструктура поверхностей пористого никелида титана, проросшего тканью после имплантации для формирования культи глазного яблока на различных сроках (X270): а) 10 дней; б) 1 месяц; в) 3 месяца; г) 6 месяцев; д) 1 год.

Fig. 2. Microstructure of the surfaces of porous titanium nickelide filled with tissue after implantation to form the eyeball stump at different periods (X270): а) 10 days; б) 1 month; в) 3 months; г) 6 months; е) 1 year.

адгезию и обеспечивает колонизацию всей толщи имплантата, например из пористого никелида титана, гидроксипатита (ГАП) [15, 20].

Вкладыши из ПЭ и ПТФЭ из-за своей гидрофобности не в состоянии прорасти фиброваскулярную ткань вплоть до центра имплантата [17]. При этом максимальная глубина проникновения новообразованных сосудов составляет 3–4 мм [9]. Согласно данным I.A. Filatova и M.G. Kataev, при имплантации углеродного войлока фиброваскулярная ткань в состоянии достичь центра 20-миллиметрового вкладыша в срок 7–8 месяцев [24].

Тканевые реакции на имплантат из пористого никелида титана с формированием соединительнотканной капсулы и последующей ее инволюцией в отдаленные сроки характерны для

всех биосовместимых полимеров – монолитных силикона и тефлона, кораллового и синтетического ГАП, стеклоиономерного цемента [9].

Важным критерием оценки является легкость стерилизации. Имплантаты из пористого никелида титана стерилизуют автоклавированием [19]. Из-за низкой теплостойкости пористого ПЭ используют более сложные методы стерилизации (газовая и гамма – стерилизация). При этом гамма-стерилизация может нарушить структуру имплантата из пористого ПЭ [25]. В этом плане материалы, стерилизуемые паровым методом, в т.ч. ГАП и ПТФЭ, оказываются более подходящими для изготовления орбитальных имплантатов.

Заключение

Пористые проницаемые имплантаты на основе никелида титана являются перспективными для формирования культуры глазного яблока. Благодаря каркасным свойствам, пористой структуре и гидрофильности обеспечивается быстрое прорастание имплантата фиброваскулярной тканью, его прочная фиксация в тканях, стабильность формы и положения культуры глазного яблока, снижается риск обнажения и отторжения имплантата.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Gundorova P.A. *Tравмы глаза. Под общ. ред. Р.А. Гундоровой, В.В. Нероева, В.В. Кашишкова. М., 2014. 560 с.* [Gundorova R.A. *Travmy glaza. Pod obshch. red. R.A. Gundorovoi, V.V. Neroeva, V.V. Kashnikova. M., 2014. 560 p.* (In Russ.).]
- Филатова И.А., Мохаммад И.М. Модифицированная методика эвисцерации при буфтальме с использованием комбинации орбитальных имплантатов. *Рос. педиатрическая офтальмология. 2017;12(4):210–5.* [Filatova I.A. Mokhammad I.M. *The modified method for evisceration in the case of buphthalmos with the use of a combination of orbital implants. Rus. Pediatr. Ophthalmol. 2017;12(4):210–5. Doi: 10.18821/1993-1859-2017-12-4-210-215* (In Russ.).]
- Stephenson C.M., *Evisceration. In: Hornblass A., ed. Oculoplastics. Orbital Reconstr. Surg. 1990;2:1194–9. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.*
- Shah R.D., Singa R.M., Aakalu V.K., Setabutr P. *Evisceration and enucleation: a national survey of practice patterns in the United States. Ophthalm. Surg. Lasers Imaging. 2012;43(5):425–30.*
- Вериго Е.Н., Гундорова Р.А., Садовская Е.П. Сравнительная характеристика подвижности культуры и протеза в зависимости от метода удаления глазного яблока. *Рос. офтальмол. журн. 2012;5(2):14–9.* [Verigo E.N., Gundorova R.A., Sadovskaya E.P. *A comparative study of the stump and prosthesis mobility depending on the technique of eye enucleation. Rus. Ophthalmol. J. 2012;5(2):14–9.* (In Russ.).]
- Науменко Л.В., Малиновский Г.Ф., Красный С.А. и др. Использование аллотрансплантата из подкожно-жировой клетчатки с апоневрозом подошвы для формирования опорно-двигательной культуры при энуклеации. *Новости хирургии. 2021;29(2):191–7.* [Naumenko L.V., Malinovskii G.F., Krasnyi S.A., et al. *The use of allotransplant from the subcutaneous fat with plantar aponeurosis for the musculoskeletal stump formation during enucleation. Surg. News. 2021;29(2):191–7* (In Russ.).]
- Lieb W.A., Geeraets W.J. *Use of plastic materials in eye surgery; experimental and clinical studies on tissue tolerance of synthetic substances. Klin. Monbl. Augenheilkd Augenzarzl Fortbild. 1958;133(3):305–42. German. [PMID: 13599400].*
- Schmitzer S., Simionescu C., Alexandrescu C., Burcea M. *The anophthalmic socket-reconstruction options. J. Med. Life. 2014;7:23–9.*
- Астахов Ю.С. *Использование политетрафторэтиленовых имплантатов в офтальмохирургии. СПб., 2007. С. 11–118.* [Astakhov Yu.S. *Ispol'zovanie politetrafluoretilenovykh implantatov v oftal'mokhirurgii. SPb., 2007. P. 11–118.* (In Russ.).]
- Цурова Л.М., Милудин Е.С. Сравнительный анализ использования различных имплантатов для формирования постэнуклеационной опорно-двигательной культуры. *Вестн. Оренбургского государственного университета. 2014;12:334–7.* [Tsurova L.M., Milyudin E.S. *Comparative analysis of using different orbital implants to form postenucleational locomotor stump. Vestn. Orenburg State Univer. 2014;12:334–7.* (In Russ.).]
- Иволгина И.В. Особенности применения различных имплантатов для формирования опорно-двигательной культуры после энуклеации. *Вестн. тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015;20(3):577–80.* [Ivolgina I.V. *The peculiarities of the use of different implants in musculoskeletal stump formation after enucleation. Tambov Univer. Rep. Ser. Natural Techn. Sci. 2015;20(3):577–80.* (In Russ.).]
- Chalasanani R., Poole-Warren L., Conway R.M., Ben-Nissan B. *Porous orbital implants in enucleation: a systematic review. Surv. Ophthalmol. 2007; 52(2):145–55.*
- Wladis E.J., Aakalu V.K., Sobel R.K., et al. *Orbital implants in enucleation surgery: a report by the american academy of ophthalmology. Ophthalmol. 2018;125(2):311–7.*
- Shoatmanesh A., Pang N.K., Oestreicher J.H. *Complications of orbital implants: a review of 542 patients who have undergone orbital implantation and 275 subsequent PEG placements. Orbit. 2007;26(3):173–82.*
- Yoon J.S., Lew H., Kim S.J., Lee S.Y. *Exposure rate of hydroxyapatite orbital implants a 15-year experience of 802 cases. Ophthalmol. 2008;115(3):566–72.*
- Филатова И.А., Вериго Е.Н., Пряхина И.А. Удаление глаза: характер офтальмопатологии, клинические проявления механической травмы, сроки и методы операций. *Head and Neck/Голова и шея. Российское издание. Журн. Общероссийской общественной организации Федерации специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. 2014;3:30–5.* [Filatova I.A., Verigo E.N., Pryahina I.A. *Ophthalmectomy: characteristics of ophthalmic pathology, clinical manifestation of mechanical trauma, time constraints and methods of surgery. Head and Neck Rus. J. 2014;3:30–5* (In Russ.).]
- Груша Я.О., Федоров А.А., Баранов П.Ю. и др. Исследование пространственной структуры и биоинтегративных характеристик орбитальных пористых имплантационных материалов. *Вестн. офтальмологии. 2010;126(5):9–13.* [Grusha Ya.O., Fedorov A.A., Baranov P.Yu., et al. *Study of the three-dimensional structure and biointegrative characteristics of porous orbital implant materials. Vestn. Ophthalmol. 2010;126(5):9–1.* (In Russ.).]
- Итин В.И., Прибытков Г.А., Хиусов И.А. Имплантат – носитель клеточного материала из пористого проницаемого титана. *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. 2006;5(3):59–63.* [Itin V.I., Pribytkov G.A., Khlusov I.A., et al. *Implant-carrier of cells made of porous permeable titanium. Cell. Transplant. Tissue Engineer. 2006;5(3):59–63* (In Russ.).]
- Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Чекалкин Т.Л. и др. Медицинские материалы с памятью формы. Томск: НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы СФТИ при ТГУ, 2011. 533 с. ISBN 978-5-98589-044-0. [Gyunter V.E., Khodorenko V.N., Chekalkin T.L., et al. *Meditsinskii materialy s pamyat'yu formy. Tomsk: NII meditsinskikh materialov i implantatov s pamyat'yu formy SFTI pri TGU, 2011. 533 p.* (In Russ.).]
- Запужалов И.В., Гюнтер В.Э., Стеблюк А.А. и др. Имплантаты с памятью формы в офтальмологии. Томск: ООО «Научно-производственное предприятие «МИЦ», 2012. 189 с. [Zapuskalov I.V., Gyunter V.E., Steblyuk A.A., et al. *Implantaty s pamyat'yu formy v oftal'mologii. Tomsk: OOO "Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie "MITs", 2012. 189 p.* (In Russ.).]

21. Alwitary A., West S., King J., et al. Long-term follow-up of porous polyethylene spherical implants after enucleation and evisceration. *Ophthalm. Plast. Reconstr. Surg.* 2007;23(1):11–5.
22. Лузянина В.В., Егоров В.В., Смолякова Г.П. Изучение свойств имплантатов для пластики опорно-двигательной глазной культуры. *Вестн. ОГУ.* 2009;12:84–7. [Luzjanina V.V., Egorov V.V., Smoljakova G.P. *Izuchenie svojstv implantatov dlja plastiki oporno-dvigatel'noj glaznoj kul'ti. Vestn. Orenburg State Univer.* 2009;12:84–7. (In Russ.)].
23. Dzijubla T.D., Lowman A.M. Vascularization of PEG-grafted macroporous hydrogel sponges: a three-dimensional in vitro angiogenesis model using human microvascular endothelial cells. *J. Biomed. Mater. Res.* 2004;68(4):603–14.
24. Filatova I.A., Kataev M.G. Comparative characteristic of synthetic materials using for forming motion-support stump. *Rus. Ann. Ophthalmol.* 1996;112(3):33–5.
25. Hopper R.H., Engh C.A., Fowlkes L.B., Engh C.A. The pros and cons of polyethylene sterilization with gamma irradiation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004;(429):54–62. Doi: 10.1097/01.blo.0000150112.34736.82. [PMID: 15577466].

Поступила 11.01.22

Получены положительные рецензии 25.01.22

Принята в печать 30.01.22

Received 11.01.22

Positive reviews received 25.01.22

Accepted 30.01.22

Вклад авторов: Е.Н. Терлецкая, Ю.А. Медведев – концепция и дизайн исследования. Е.Н. Терлецкая, П.С. Петрук – сбор и обработка клинического материала. Е.Н. Терлецкая, П.С. Петрук – написание текста. Е.Н. Терлецкая, Ю.А. Медведев – редактирование текста.

Authors contribution: E.N. Terletskaia, Yu.A. Medvedev – concept and design of the study. E.N. Terletskaia, P.S. Petruk – collection and processing of clinical material. E.N. Terletskaia, P.S. Petruk – text writing. E.N. Terletskaia, Yu.A. Medvedev – text editing.

Информация об авторах:

Терлецкая Елена Николаевна – врач-офтальмолог, Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Белыева. Адрес: 650066, Кемеровская область, Кемерово, Октябрьский пр-т, д. 22; e-mail: elenaterlecka20980@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9414-3541>.

Медведев Юрий Алексеевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии ФПДО ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава РФ. Адрес: 127473, Москва, ул. Десятская, д. 20, стр. 1; e-mail: uamedvedev@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8465-7410>.

Петрук Павел Сергеевич – к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии им. акад. Н.Н. Бажанова Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РФ (Сеченовский университет). Адрес: 119991, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 4; e-mail: petruk_pavel@yahoo.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3686-2385>.

Information about the authors:

Terletskaia Elena Nikolaevna – MD, Ophthalmologist, S.V. Belyaev Kuzbass Regional Clinical Hospital. Address: 650066, Kemerovskaya oblast', Kemerovo, Oktiabr'skii prospect, 22; e-mail: elenaterlecka20980@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9414-3541>.

Medvedev Yuri Alekseevich – MD, Ph.D., Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery Faculty of Additional Postgraduate Education A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry. Address: 127473, Moscow, Delegatskaya St., 20, p. 1; e-mail: uamedvedev@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8465-7410>.

Petruk Pavel Sergeevich – MD, Ph.D., Associated professor, Department of Maxillofacial Surgery Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Address: 119991, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya str. 2–4\$ e-mail: petruk_pavel@yahoo.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3686-2385>.