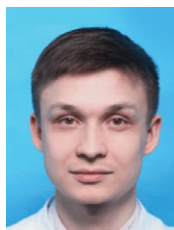


Использование метрического устройства, изготовленного методом 3D-печати, в проведении глубокой латеральной декомпрессии орбиты

Я.О. Груша^{1,2}К.В. Четкарев^{1,3}А.С. Колодина¹

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней им. М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова»
Минздрава России (Сеченовский университет)
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

³ Университетская клиника Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
Ломоносовский просп., 27 корп. 10, Москва, 119234, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(3):572–576

В статье представлены результаты применения метрического устройства, изготовленного методом 3D-печати, в проведении глубокой латеральной костной декомпрессии орбиты (ГЛКДО). Представлены клинические случаи стероидрезистентной формы эндокринной офтальмопатии (ЭОП), осложненной оптической нейропатией. Применение устройства для интраоперационной оценки глубины хирургического вмешательства при проведении ГЛКДО позволило выполнить близкий к максимально возможному объем остеодеструкции с сохранением тонкой кортикальной пластинки кости на границе со средней черепной ямкой.

Ключевые слова: эндокринная офтальмопатия, оптическая нейропатия, компьютерная томография, аддитивное производство, 3D-печать, декомпрессия орбиты

Для цитирования: Груша Я.О., Четкарев К.В., Колодина А.С. Использование метрического устройства, изготовленного методом 3D-печати, в проведении глубокой латеральной декомпрессии орбиты. *Офтальмология*. 2025;22(3):572–576. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-572-576>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



3D printing Metric Device in Deep Lateral Wall Decompression. Clinical Observations

Ya.O. Grusha^{1,2}, H.V. Chetkarev^{1,3}, A.S. Holodina¹

¹ M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

² M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
Trubetskaya str., 8, bld. 2, Moscow, 119991, Russian Federation

³ Lomonosov Moscow State University Hospital
Lomonosovsky Ave., 27, bld. 10, Moscow, 119234, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(3):572–576

There are the results of using a metrical device, manufactured using 3D printing, in performing deep lateral bone decompression of the orbit in the article. Clinical cases of the steroid-resistant form of Thyroid Eye Disease (TED) are presented, each of which was accompanied by optic neuropathy, exophthalmos, and decreased visual acuity. The device for intraoperative assessment of the depth of surgical intervention in EOP has proven to be an effective and safe tool, enhancing the efficacy of dLWD by increasing the volume of bone mass removed and reducing the potential risks of damaging the soft tissue structures of the orbit and the dura mater.

Keywords: optical neuropathy, exophthalmos, additive manufacturing, 3D printing, orbital decompression

For citation: Grusha Ya.O., Chetkarev H.V., Holodina A.S. 3D printing Metric Device in Deep Lateral Wall Decompression. Clinical Observations. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(3):572–576. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-572-576>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

Латеральная костная декомпрессия орбиты (ЛКДО) — операция, направленная на создание костного «окна» в латеральной стенке орбиты с целью увеличения орбитального объема, уменьшения величины экзофтальма, снижения внутриорбитального давления, снижения компрессии на зрительный нерв при эндокринной офтальмопатии (ЭОП) [1, 2]. При ЭОП, осложненной оптической нейропатией (ОН), рекомендовано проведение декомпрессии орбиты, включая максимально возможное удаление так называемого «мертвого пространства» наружной стенки орбиты [3, 4]. Подобный объем хирургического вмешательства может сопровождаться следующими интраоперационными осложнениями: тяжелым кровотечением, ликвореей, повреждением твердой мозговой оболочки, тканей головного мозга и т. д. [5]. В отсутствие интраоперационной навигации и интраоперационной компьютерной томографии (КТ) хирурги используют визуальную оценку глубины хирургического удаления «мертвого пространства», опираясь на свой клинический опыт, не имея инструмента, позволяющего точно во время операции оценить удаляемый объем костной ткани [6–9, 11–14].

В настоящее время для метрического понимания глубины хирургического вмешательства в предоперационном периоде производят линейное измерение расстояния между костными структурами, что не учитывает топографию структур орбиты и снижает точность интраоперационных измерений. Нами предложена методика глубокой ЛКДО с применением устройства для интраоперационной оценки глубины хирургического вмешательства [10].

Устройство моделировали при помощи САД-систем (Computer-aided design) на основе данных компьютерной томографии (КТ).

Моделируемое устройство состоит из следующих частей: фиксирующая часть, рабочая часть, расположенные на рабочей части: клин, срез и острие (рис. 1).

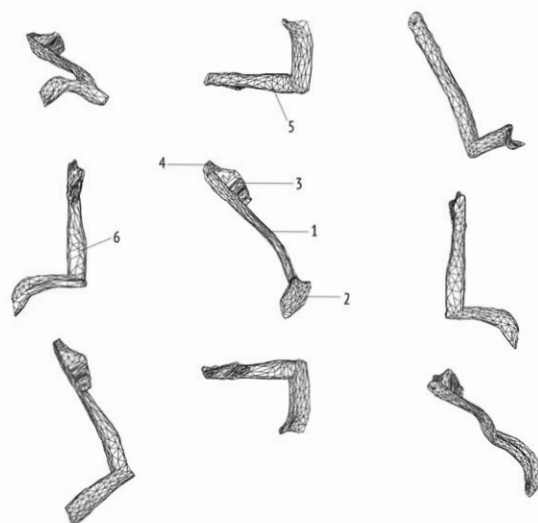


Рис. 1. Устройство в различных проекциях: 1 — рабочая часть, 2 — фиксирующая часть, 3 — клин, 4 — острие, 5 — наружная поверхность, 6 — внутренняя поверхность

Fig. 1. Schematic representation of the device at the modeling stage in various projections: 1 — working part of the device, 2 — fixing part of the device, 3 — wedge, 4 — tip, 5 — outer surface of the device, 6 — inner surface of the device

Ya.O. Grusha, H.V. Chetkarev, A.S. Holodina

Contact information: Chetkarev Kirill V. kvchetkarev@mail.ru

3D printing Metric Device in Deep Lateral Wall Decompression. Clinical Observations

При моделировании изделия учитываются следующие параметры (рис 1, 2): поверхность фиксирующей части, обращенной к поверхности кости, конгруэнтна поверхности латерального края орбиты и задает вектор направления рабочей части устройства. Толщина фиксирующей части может составлять от 0,2 до 5 мм и быть различной протяженности по латеральному краю орбиты с/без упора на верхнелатеральный угол края орбиты. Поверхность рабочей части модели, обращенной к поверхности кости, конгруэнтна орбитальной поверхности латеральной стенки орбиты. Толщина рабочей части может составлять от 0,5 до 5 мм, протяженность и ширина — варьировать. Рабочая часть заканчивается острием, служащим меткой предела глубины возможной остеодеструкции. Угол среза составляет от 10 до 60°, протяженность среза может варьировать, вершина среза — заужаться и соответствовать ширине рабочей части. Моделирование производилось «по поверхности» наружной стенки орбиты с созданием выступа в виде клина. Клин моделируется таким образом, чтобы была максимальная вовлеченность кости, исключая вхождение в среднюю черепную ямку. Толщина клина составляет от 0,2 до 2 мм, протяженность вдоль рабочей части — от 1 до 7 мм.

Следующим этапом изготавливали устройство методом аддитивного производства из биоинертного материала.

ЛКДО проводили в условиях интубационного наркоза. Транскутанно осуществляли доступ к наружной

стенке орбиты. Надкостницу височной и орбитальной поверхности отсепаровывали распатором от кости. Полнослойный разрез наружной стенки орбиты выполняли сагиттальной пилой параллельно ее краю, отступя 6 мм от него, от уровня скулолобного шва до уровня проекции нижней стенки орбиты. Второй полнослойный разрез скуловой кости производили под углом 45° от нижнего края первого разреза. Удаляли костный фрагмент наружной стенки орбиты по границе костных разрезов и переднего костного шва большого крыла клиновидной кости. Костными выкусывателями расширяли область остеотомии до «треугольника» клиновидной кости, резекцию которого осуществляли дрелью Stryker (Stryker, США) с бором режущей 4- и 3-мм кромкой. При возникновении кровотечения из губчатой кости его останавливали при помощи хирургического воска. Интраоперационно фиксирующую часть устройства накладывали изнутри на латеральный край орбиты (рис. 3, 4). Потенциальную возможную глубину остеодеструкции оценивали по величине выстояния острия над поверхностью кости, что определяется величиной глубины контакта «клин — кость». По окончании остеодеструкции вскрывали орбитальную надкостницу, позволяя орбитальной жировой клетчатке и наружной прямой мышце пролабировать через костное «окно» в сформированное дополнительное пространство. Мягкие ткани и кожу послойно сопоставляли (викрил 4/0, пролен 5/0) после установки вакуумного дренажа. Операцию завершали наложением давящей повязки на 1 сутки.

Применение устройства иллюстрируется следующими клиническими примерами.

Клинический случай 1. Пациент А., 55 лет, с диагнозом ЭОП с двух сторон, оптическая нейропатия слева. Анамнез: диагноз «тиреотоксический зоб» был выставлен более 15 лет назад, суммарная доза приема метилпреднизолона 7500 мг, в настоящий момент принимает L-тирозин 500 мг/день. Последние 5 месяцев наблюдаются признаки реактивации, прогрессирующее ухудшение зрения, дефекты полей зрения.

Обратился в ФГБНУ «НИИ глазных болезней им. М.М. Краснова» с жалобами на снижение остроты зрения, сужение полей зрения, двоение при взгляде вверх, сухость и покраснение глаз.

При обследовании: величина экзофтальма справа 22 мм, слева 23 мм, МКОЗ правого глаза 1,0, МКОЗ левого глаза 0,3, признаки снижения контрастной чувствительности слева. Данные компьютерной периметрии правого глаза MD = 0,6 dB, левого глаза MD = 14,5 dB. При оценке степени активности слева количество баллов по CAS = 3 балла. Ввиду стероидрезистентной формы ЭОП, отсутствия положительной динамики по ОН была проведена ЛКДО с использованием разработанного устройства.

Устройство было изготовлено на 3D фотополимерном принтере «Photon Mono 4K» из фотополимерной

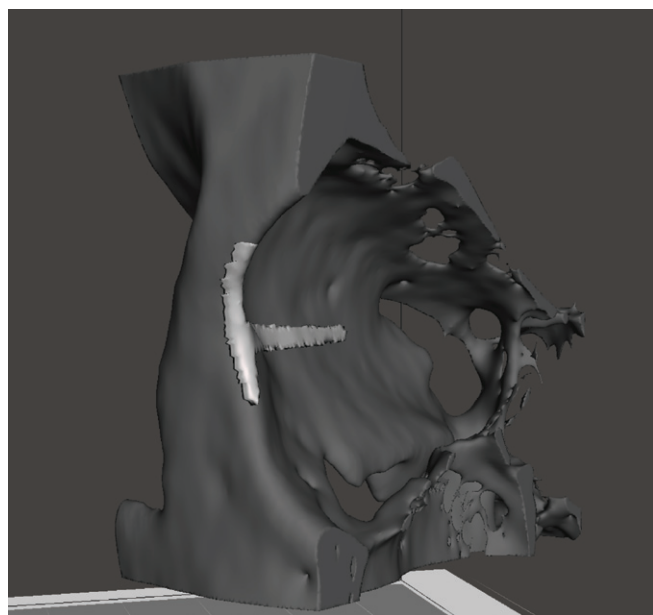


Рис. 2. Этап создания устройства на основе стереолитографического изображения правой орбиты. Вид спереди. Фиксирующая часть устройства располагается на внутренней поверхности края наружной стенки орбиты, рабочая часть конгруэнтна орбитальной поверхности

Fig. 2. Stage of creation of the device based on the stereolithographic image of the right orbit. Front view. The fixing part of the device is located on the inner surface of the edge of the outer wall of the orbit, the working part is congruent to the orbital surface

смола HARZ Labs DENTAL PEACH, сертифицированной для медицинского применения.

Во время операции после формирования костного окна ввели рабочую часть измерительного устройства по ходу латеральной стенки орбиты (рис. 3). Потенциальную глубину остеодеструкции «мертвого пространства» оценивали по величине выстояния острия над поверхностью кости. Через месяц после операции МКОЗ повысилась с 0,3 до 0,6, светочувствительность по данным компьютерной периметрии — с 14,5 до 3,2 dB, повысилась также контрастная чувствительность. Величина экзофтальма уменьшилась на 3 мм. По данным МСКТ остаточная толщина кортикальной пластинки составила 0,5 мм. Следующим этапом проводилась медиальная костная декомпрессия орбиты.

Таким образом, использование устройства позволило провести ГЛДКО с максимально возможным удалением кости и сохранением тонкой кортикальной пластинки на границе со средней черепной ямкой.

Клинический случай 2. Пациент Б., 47 лет, с диагнозом ЭОП с двух сторон, оптическая нейропатия справа. Анамнез: суммарная дозировка приема метилпреднизолона 11 500 мг, в настоящий момент принимает L-тирозин 1000 мг/день, без положительной динамики.

Обратился в ФГБНУ «НИИ глазных болезней им. М.М. Краснова» в связи со снижением остроты зрения, сужением полей зрения. При обследовании: величина экзофтальма справа 27 мм, слева 23 мм, максимально скорректированная острота зрения правого глаза 0,05, максимально скорректированная острота зрения левого глаза 0,7, признаки снижения контрастной чувствительности справа. Данные компьютерной периметрии правого глаза MD = 17,6 dB, левого глаза MD = 3,3 dB. При оценке степени активности количество баллов по CAS правого глаза = 5 баллов. Пациентке была проведена ГЛДКО.

Глубокую латеральную костную декомпрессию орбиты, так же как и в предыдущем случае, проводили с использованием разработанного устройства. Смоделированное устройство было изготовлено на 3D фотополимерном принтере «Photon Mono 4K» из фотополимерной смолы HARZ Labs DENTAL PEACH. Во время операции после формирования костного окна ввели рабочую часть измерительного устройства по ходу латеральной стенки орбиты (рис. 3). Потенциальную глубину остеодеструкции «мертвого пространства» оценивали по величине выстояния острия над поверхностью кости.

Через один месяц после операции МКОЗ повысилась с 0,05 до 0,4, светочувствительность по данным компьютерной периметрии — с 17,6 до 7,2 dB, повысилась контрастная чувствительность. Величина экзофтальма уменьшилась на 4 мм (рис. 4). По данным МСКТ толщина кортикальной пластинки в области воздействия составила 1,0 мм. Следующим этапом проводилась медиальная костная декомпрессия орбиты.

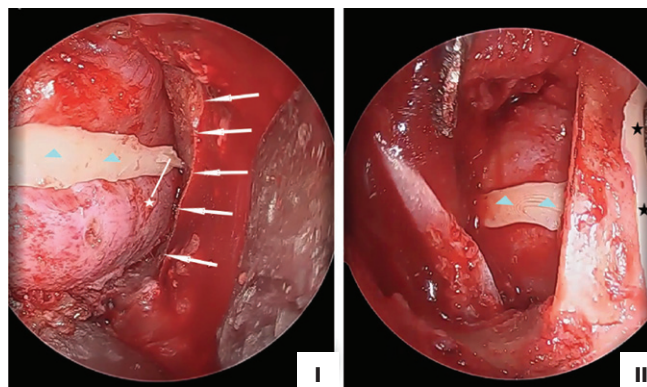


Рис. 3. Интраоперационные фотографии: I. Левая орбита пациента А. Рабочая часть устройства обозначена синими треугольниками, клин устройства — белой звездочкой, край остеотомии клиновидной кости — белыми стрелками; II. Правая орбита пациента Б. Рабочая часть устройства обозначена синими треугольниками, фиксирующая часть устройства — черными звездочками

Fig. 3. Intraoperative photographs: I. Patient A. The working part of the device is indicated by blue triangles, the wedge of the device is indicated by a white asterisk, the edge of the osteotomy of the sphenoid bone is indicated by white arrows; II. Patient B. The working part of the device is indicated by blue triangles, the fixing part of the device is indicated by black asterisks

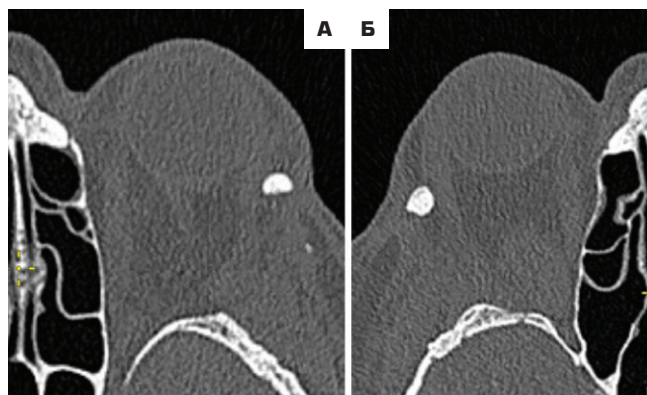


Рис. 4. НТ левой орбиты пациента А. и правой орбиты пациента Б. через один месяц после ГЛДКО, аксиальная проекция

Fig. 4. MSCT of patients A. and B. one month after DLWD, axial projection

Таким образом, использование предложенного устройства позволило модифицировать ГЛДКО с достижением близкого к максимально возможному удалению кости, исключая обнажение твердой мозговой оболочки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные ранее исследования показали, что резекция латеральной стенки орбиты в глубокой части позволяет добиться адекватного декомпрессионного эффекта для уменьшения величины экзофтальма без значимого смещения мышечного конуса и ограничения подвижности глаза, что обуславливает меньшую частоту усугубления процесса, двоения и косоглазия [15]. Резекция костной ткани в объеме, близком

к максимальному в области «треугольника» большого крыла клиновидной кости, в том числе с обнажением твердой мозговой оболочки, у части пациентов с оптической нейропатией позволяет добиться повышения остроты зрения, улучшения показателей периферического и цветового зрения, сопоставимого с результатами сбалансированной декомпрессии орбиты [16].

Предложенное нами измерительное устройство учитывает анатомию наружной стенки орбиты, что повышает точность интраоперационной оценки глубины остеодеструкции.

Нами представлены первые результаты применения устройства. Очевидно, что для оценки эффективности последнего необходимо больше количество операций. В представленных клинических случаях было достигнуто максимально глубокое удаление большого крыла

клиновидной кости в проекции так называемого «треугольника» до кортикальной пластинки, исключая необходимость обнажения твердой мозговой оболочки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устройство для интраоперационной оценки глубины хирургического вмешательства при проведении ГЛКДО позволило выполнить близкое к максимально возможному объему удаление кости с сохранением тонкой кортикальной пластинки на границе со средней черепной ямкой.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Груша Я.О. — концепция, сбор материалов, написание текста статьи, подготовка иллюстраций;

Четкарев К.В. — сбор материалов, написание текста статьи, подготовка иллюстраций;

Колодина А.С. — сбор материалов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Mehta P, Durrani OM. Outcome of deep lateral wall rim-sparing orbital decompression in thyroid-associated orbitopathy: a new technique and results of a case series. *Orbit*. 2011 Dec;30(6):265–268. doi: 10.3109/01676830.2011.603456.
- Груша ЯО, Кочетков ПА, Свириденко НЮ, Колодина АС, Дзамихов ИК. Костная декомпрессия орбиты при эндокринной офтальмопатии. *Вестник офтальмологии*. 2024;140(1):103–108. Grusha YaO, Kochetkov PA, Sviridenko NYu, Kolodina AS, Dzamikhov IK. Bony orbital decompression in thyroid eye disease. *Annals of Ophthalmology*. 2024;140(1):103–108 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2024140011103.
- Груша ЯО, Дзамихов ИК. Значение хирургической анатомии наружной стенки орбиты. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(5-2):289–292. Grusha YaO, Dzamikhov IK. The significance of surgical anatomy in lateral orbital wall decompression. *Annals of Ophthalmology*. 2022;138(5-2):289–292 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2022138052289.
- Груша ЯО, Исмаилова ДС, Кочетков ПА, Андреева НА. Оптическая нейропатия при эндокринной офтальмопатии: возможности хирургического лечения. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4-2):193–200. Grusha YaO, Ismailova DS, Kochetkov PA, Andreeva NA. Optic neuropathy in endocrine ophthalmopathy: possibilities of surgical treatment. *Annals of Ophthalmology*. 2020;136(4-2):193–200 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2020136042193.
- Груша ЯО, Кочетков ПА, Данилов СС, Дуванова ЕД, Свириденко НЮ. Осложнения трансназальной эндоскопической декомпрессии орбиты при эндокринной офтальмопатии. *Вестник офтальмологии*. 2023;139(3):63–68. Grusha YaO, Kochetkov PA, Danilov SS, Duvanova ED, Sviridenko NYu. Complications of transnasal endoscopic orbital decompression in endocrine ophthalmopathy // *Annals of Ophthalmology*. 2023;139(3):63–68 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202313903163.
- Груша ЯО, Исмаилова ДС, Кочетков ПА, Данилов СС. Возможности интраоперационной навигации в сбалансированной костной декомпрессии орбиты при эндокринной офтальмопатии (предварительное сообщение). *Вестник офтальмологии*. 2016;132(4):29–34. Grusha YaO, Ismailova DS, Kochetkov PA, Danilov SS. Potentials of intraoperative navigation during balanced orbital bony decompression in thyroid eye disease (preliminary results). *Russian Annals of Ophthalmology*. 2016;132(4):29–34 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2016132429-34.
- Груша ЯО, Колодина АС. Набор инструментов для интраоперационного измерения размеров дефекта костных стенок орбиты Патент RU 2743333, 17.02.2021. Grusha YaO, Kolodina AS. A set of tools for intraoperative measurement of the size of a defect in the bone walls of the orbit Patent RU 2743333, 17.02.2021 (In Russ.).
- Груша ЯО, Колодина АС. Способ глубокой костной декомпрессии орбиты при оптической нейропатии у пациентов с эндокринной офтальмопатией. Патент RU 2742799, 10.02.2021. Grusha YaO, Kolodina AS. Method of deep bone decompression of the orbit in optical neuropathy in patients with endocrine ophthalmopathy Patent RU 2742799, 10.02.2021 (In Russ.).
- Груша ЯО, Данилов СС. Устройство для измерения переднезаднего размера костного дефекта при латеральной костной декомпрессии орбиты. Патент RU 2799622, 07.07.2023. Grusha YaO, Danilov SS. Device for measuring the anteroposterior size of a bone defect in lateral bone decompression of the orbit. Patent RU 2799622, 07.07.2023 (In Russ.).
- Груша ЯО, Четкарев КВ, Колодина АС. Способ проведения глубокой латеральной костной декомпрессии орбиты. Патент RU 2826134, 04.09.2024. Grusha YaO, Chetkarev KV, Kolodina AS. Method of deep lateral bone decompression of the orbit Patent RU 2826134, 04.09.2024 (In Russ.).
- Goldberg RA, Weinberg DA, Shorr N, Wirta D. Maximal, three-wall, orbital decompression through a coronal approach. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1997 Oct;28(10):832–843.
- Goldberg RA, Hannani K, Toga AW. Microanatomy of the orbital apex. Computed tomography and microcryoplaning of soft and hard tissue. *Ophthalmology*. 1992 Sep;99(9):1447–1452. doi: 10.1016/s0161-6420(92)31785-3.
- Goldberg RA, Hwang MM, Garbutt MV, Shorr N. Orbital decompression for non-Graves' orbitopathy: a consideration of extended indications for decompression. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 1995 Dec;11(4):245–252; discussion 253.
- Cruz AAV, Equiterio BSN, Cunha BSA, Caetano FB, Souza RL. Deep lateral orbital decompression for Graves orbitopathy: a systematic review. *Int Ophthalmol*. 2021 May;41(5):1929–1947. doi: 10.1007/s10792-021-01722-3.
- Goldberg RA, Kim AJ, Kerivan KM. The lacrimal keyhole, orbital door jamb, and basin of the inferior orbital fissure. Three areas of deep bone in the lateral orbit. *Arch Ophthalmol*. 1998;116(12):1618–1624. doi: 10.1001/archophth.116.12.1618.
- Груша ЯО, Колодина АС, Кочетков ПА, Четкарев КВ, Свириденко НЮ. Результаты модифицированной латеральной костной декомпрессии орбиты с использованием ультразвуковой остеодеструкции. *Вестник офтальмологии*. 2025. В печати. Grusha YO, Kolodina AS, Kochetkov PA, Chetkarev KV, Sviridenko NY. The results of modified lateral wall decompression using ultrasound-guided osteodestruction. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2025 (In Russ.). In press.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Груша Ярослав Олегович
доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом орбитальной и глазной реконструктивно-пластической хирургии
<https://orcid.org/0000-0002-6461-8243>

Четкарев Кирилл Витальевич
младший научный сотрудник отдела орбитальной и глазной реконструктивно-пластической хирургии
<https://orcid.org/0009-0001-9448-6456>

Колодина Александра Сергеевна
младший научный сотрудник отдела орбитальной и глазной реконструктивно-пластической хирургии
<https://orcid.org/0000-0002-3158-3152>

ABOUT THE AUTHORS

Grusha Yaroslav O.
MD, Professor, Head of the Department of Orbital and Ocular Reconstructive Plastic Surgery
<https://orcid.org/0000-0002-6461-8243>

Chetkarev Kirill V.
junior researcher at the Department of Orbital and Ocular Reconstructive Plastic Surgery
<https://orcid.org/0009-0001-9448-6456>

Kolodina Alexandra S.
junior researcher, Department of Orbital and Ocular Reconstructive Plastic Surgery
<https://orcid.org/0000-0002-3158-3152>