

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2024.4.51>

## Волюметрические показатели глазницы при ее травматических повреждениях и деформациях до и после хирургического лечения

О.Н. Дудич, В.Л. Красильникова

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2024. – Том 23, №4. – С. 51-62.

## Volumetric indices of the orbit with its traumatic injuries and deformations before and after surgical treatment

O.N. Dudich, V.L. Krasilnikova

The Institute for Advanced Training & Retraining of Healthcare Personnel of the educational institution “Belarusian State Medical University”, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2024;23(4):51-62.

---

### Резюме.

Увеличение объема глазницы при ее переломах считается основной причиной развития тягостных состояний, таких как: энтофтальм, гипофтальм, диплопия и др. Поэтому предложено использовать изменения волюметрических параметров глазницы для оценки эффективности реконструкции ее костных стенок. В работе представлена оценка эффективности реконструкции глазницы по волюметрическим показателям, полученным с помощью разработанного программного средства автоматической обработки выходных файлов МСКТ глазницы до и после хирургической операции с использованием метода 3D моделирования и прототипирования. В исследование включили 205 пациентов с травмами глазницы, которые были прооперированы с использованием индивидуального орбитального имплантата 172 пациента и 33 пациента с использованием стандартных имплантатов. Использование МСКТ с рПС, технологии предоперационного планирования и предварительно изготовленного индивидуального имплантата обеспечило полное восстановление анатомии глазницы как в ранний период после травмы ( $V_{иг} 26,4 \text{ см}^3 - V_{рг} 26,6 \text{ см}^3$ ,  $p_{1,3}=0,47$ ), так и в отсроченный период ( $V_{иг} 26,5 \text{ см}^3 - V_{рг} 26,9 \text{ см}^3$ ,  $p_{1,3}=0,16$ ). Использование данной технологии у пациентов в поздний после травмы период позволило, хотя и не в полной мере, сблизить объёмы  $V_{рг} 27,7 \text{ см}^3$  и  $V_{иг} 26,9 \text{ см}^3$ ,  $p_{1,3}<0,001$ . Восстановление волюметрических параметров поврежденной глазницы до параметров здоровой глазницы позволило устранить или уменьшить степень тяжести энтофтальма у пациентов основной группы при всех типах перелома глазницы, полное устранение посттравматического энтофтальма ( $p<0,001$ ) было диагностировано у 71 (100%) пациента с изолированным и у 44 (100%) пациентов с сочетанным переломом.

*Ключевые слова:* глазница, травмы глазницы, энтофтальм, хирургическое лечение травм глазницы, орбитальные имплантаты, компьютерная томография.

### Abstract.

An increase in the volume of the orbit with its fractures is considered to be the main cause of the development of painful conditions such as enophthalmos, hypophthalmos, diplopia and others. Therefore it is proposed to use volumetric parameters changes of the orbit to assess the effectiveness of reconstruction of its bone walls. The research presents an assessment of the orbit reconstruction effectiveness based on volumetric indices obtained using the developed software for automatic processing of orbital MSCT output files before and after surgery using the 3D modeling and prototyping method. The study included 205 patients with orbital injuries who had been operated with the use of an individual orbital implant (172 patients) and 33 patients with the use of standard implants. The use of MSCT with the developed software tool, preoperative planning technology and a prefabricated individual implant ensured complete restoration of the orbital anatomy both in the early post-traumatic period ( $V_{intact} \text{ orbit } 26.4 \text{ cm}^3 - V_{reconstructed} \text{ orbit } 26.6 \text{ cm}^3$ ,  $p_{1,3}=0.47$ ) and in the late period ( $V_{intact} \text{ orbit } 26.5 \text{ cm}^3 - V_{reconstructed} \text{ orbit } 26.9 \text{ cm}^3$ ,  $p_{1,3}=0.16$ ). The use of this technology in patients

in the late post-traumatic period allowed, although not completely, to bring the volumes Vreconstructed orbit 27.7 cm<sup>3</sup> and Vintact orbit 26.9 cm<sup>3</sup> closer together,  $p_{1,3} < 0.001$ . Restoration of volumetric parameters of the damaged orbit to the parameters of a healthy orbit allowed to eliminate or reduce the severity of enophthalmos in patients of the main group with all types of the orbital fractures, complete elimination of post-traumatic enophthalmos ( $p < 0.001$ ) was diagnosed in 71 (100%) patients with isolated and in 44 (100%) patients with combined fractures.

*Keywords: orbit, orbital injuries, enophthalmos, surgical treatment of orbital injuries, orbital implants, computed tomography.*

## Введение

Перелом стенки глазницы обычно связан с травмой лица, которая может привести к эстетическим и функциональным нарушениям, таким как энофтальм, гипофтальм, диплопия, нарушение подвижности глаз и даже потери зрения. Известно, что распространенность переломов стенок глазницы составляет 18-50% от всех случаев краниомаксиллофациальной травмы [1, 2]. Безопасная, быстрая и точная реконструкция стенки глазницы имеет важное значение для восстановления нормальной функции и эстетики, но восстановление затруднено из-за ограниченного хирургического воздействия и сложных трехмерных (3D) анатомических структур. Кроме того, результат реконструкции непредсказуем из-за отека мягких тканей, нарушенных контуров стенки глазницы и сложности надлежащего позиционирования имплантата. Частота энофтальма после восстановления перелома глазницы традиционными методами колеблется от 8% до 72%, а частота послеоперационной диплопии составляет 7-85%. Также установлено, что частота повторных операций при переломах глазницы составляет 9-20%, что подтверждает необходимость разработки новых хирургических методов и точных манипуляций в глазнице, имеющих решающее значение для улучшения результатов хирургического вмешательства и снижения риска осложнений.

Эффект реконструкции стенки глазницы часто оценивается на основе улучшения энофтальма. Патогенетический механизм развития энофтальма связывают со следующими факторами: со взрывными переломами стенки глазницы, увеличением объема глазницы из-за смещения мягких тканей глазницы, некрозом и фиброзом мягких тканей глазницы, разрывом связки Локвуда [4, 5]. Среди этих причин увеличение объема глазницы считается основной причиной, и поэтому в ряде исследований предложено использовать именно объемы глазницы для оценки эффективности

реконструкции ее костных стенок [5, 6]. Однако эти исследования ограничены короткими периодами наблюдения. Кроме того, не рассмотрены такие аспекты, как тип орбитального имплантата, место перелома стенки глазницы, время, прошедшее между травмой и хирургическим вмешательством, а также не проведена количественная оценка эффекта реконструкции стенки глазницы. Кроме того, в большинстве исследований измерения объема глазницы проводились только до и после операции, и, таким образом, эффект поддержания реконструкции стенки глазницы не оценивался с течением времени. Данные аспекты легли в основу представленного исследования.

Цель исследования – оценить эффект реконструкции глазницы по волюметрическим показателям, полученным с помощью разработанного программного средства автоматической обработки выходных файлов мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) глазницы до и после хирургической операции с использованием метода 3D моделирования и прототипирования.

## Материал и методы

С 2012 по 2023 год проведено исследование, в которое были включены 205 пациентов с переломами глазницы. Разрешение на проведение исследования было дано Центром экспертиз и испытаний в здравоохранении МЗ РБ и подтверждено Этическим комитетом БелМАПО. Хирургическое лечение проводилось на базах: УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» г. Минска, УЗ «11-я городская клиническая больница», 432 Главного военного клинического медицинского центра Вооруженных Сил Республики Беларусь, УЗ «Гродненская университетская клиника».

В ходе проведенных работ было осуществлено внедрение в клиническую практику разработанного программного средства (рПС) автоматической обработки данных МСКТ пациентов на этапах

лечения и разработанной технологии реконструктивного хирургического лечения пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями глазницы с использованием индивидуального титанового имплантата, выполненного по технологии 3D моделирования и прототипирования.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие травмы глазницы в анамнезе; жалобы на наличие функциональных нарушений (диплопия) либо эстетических дефектов (энофтальм, гипофтальм); МСКТ-признаки перелома глазницы; способность пациента выполнять предписания врача и соблюдать схему исследования; согласие пациентов на участие в клинических исследованиях; отсутствие у пациентов тяжёлых сопутствующих заболеваний.

Для оценки эффективности реконструктивно-восстановительного лечения пациентов с травмами глазницы были сформированы две группы – основная и группа сравнения.

В основную группу вошло 172 пациента, которым устранение костного дефекта осуществлялось индивидуальным титановым имплантатом (ИИ), смоделированным в процессе виртуального предоперационного планирования с использованием трёхмерного моделирования (рис. 1).

Группу сравнения составили 33 пациента, у которых на начальных этапах диссертационных исследований для восстановления глазницы использовались титановые имплантаты стандартных размеров (СИ) (рис. 2).

Средний возраст пациентов основной группы составил 29,0 (25,0; 37,0) лет, в группе сравнения – 30,0 (23,0; 40,0) лет:  $p > 0,05$ . Гендерный со-

став был следующим: в основной группе мужчин 137 (80%), женщин 35 (20%); в группе сравнения мужчин 23 (70%), женщин 10 (30%). По соотношению численности мужчин к численности женщин в группах они оказались равнозначными:  $\chi^2 = 1,63$ ,  $p > 0,05$ .

Всем пациентам выполняли стандартный набор офтальмологических исследований: внешний осмотр глаза и прилегающих структур лицевого черепа, визометрию, биомикроскопию, оценку офтальмотонуса, состояния зрачков и зрачковых реакций, положения глазного яблока в орбите, оценку глазодвигательных расстройств. Количественно степень глазодвигательных расстройств и диплопии оценивали согласно рекомендациям J.H.Grant.

Степень дистопии определялась при проведении МСКТ глазницы с последующей обработкой данных в автоматическом режиме рПС: 0 – отсутствие смещения; I – смещение 1-2 мм; II – смещение 3-4 мм; III – смещение 5 мм и более.

Показанием к оперативному вмешательству являлись:

в ранний период (1-14 сутки после травмы) диплопия в функционально значимых направлениях зрения (вниз, прямо), перелом по типу клапана, наличие клинически значимых косметических дефектов в виде энофтальма, гипофтальма, обширные дефекты дна орбиты (более 2 см<sup>2</sup>) со смещением экстраокулярных тканей в верхнечелюстную пазуху (ВЧП); в отсроченный период (1-4 месяцев после травмы) – диплопия в функционально значимых направлениях зрения (вниз, прямо), наличие клинически значимого эноф-

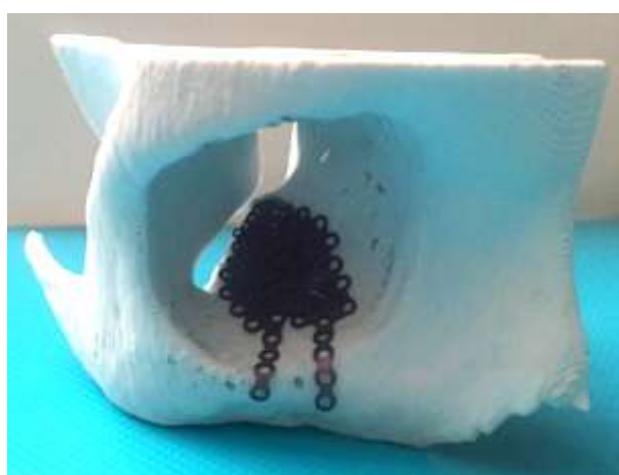


Рисунок 1 – Внешний вид индивидуального титанового имплантата и его положение над областью дефекта в прототипе глазницы

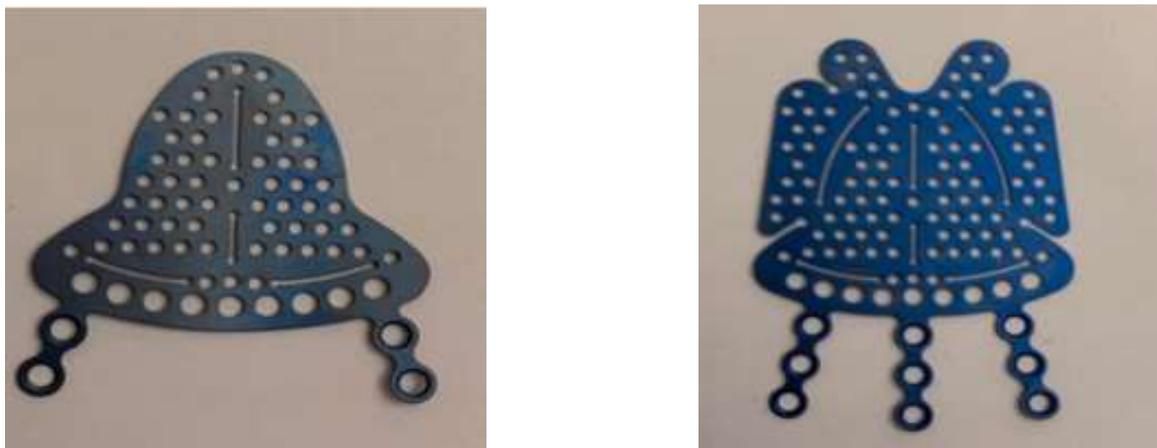


Рисунок 2 – Варианты стандартных имплантатов производства Meditech, Германия

тальма, обширные дефекты дна орбиты со смещением экстраокулярных тканей в ВЧП; в поздний период (5 и более месяцев после травмы) диплопия в функционально значимых направлениях зрения (вниз, прямо), выраженный косметический дефект.

Имплантат изготавливается согласно ТУ ВУ 100070211.049-201 «Имплантат для реконструкции костных структур глазницы с монтажным инструментом». Имплантат создается с использованием технологий трехмерного моделирования и прототипирования и предназначен для устранения повреждений костных структур орбиты с учетом индивидуальных особенностей перелома.

Хирургическая операция выполнялась одним хирургом согласно методу, основанному на использовании индивидуального имплантата: инструкция по применению «Метод реконструкции костных структур глазницы индивидуальным титановым имплантатом, изготовленным с использованием технологий трехмерного моделирования и прототипирования», рег. № 071-1116 от 25.12.2016. Патент на изобретение ВУ № 22331 «Способ реконструкции индивидуальным титановым имплантатом костных структур глазницы у пациентов с травматическими дефектами».

Важным аспектом хирургической практики является применение во время оперативного вмешательства масштабной модели глазницы пациента, реплицирующей костный дефицит в реальных размерах с интегрированным персонализированным имплантатом. Персонализированный имплантат проектирует врач-хирург на этапе предоперационного планирования, основываясь на данных МСКТ пациента и разработанном авторами программном обеспечении, учитывая

потенциальные зоны остеотомии для операций, выполняемых с отсрочкой после получения травмы. При адекватном выполнении указанных требований имплантат будет точно соответствовать геометрическим параметрам и конфигурации костного дефекта, а также анатомическим и топографическим характеристикам восстанавливаемой области глазницы. Имплантат устанавливается внутри глазницы так, чтобы область костного дефекта была надежно закрыта с запасом примерно 2,5-3 мм по периметру. В дизайне имплантата интегрированы перфорированные элементы для фиксации. Эти элементы формируются с учетом конгруэнтности изгиба к краям глазницы в точках предполагаемого закрепления. Для обеспечения лучшей визуализации процесса установки, точки крепления на кости предварительно маркируют на масштабной модели глазницы пациента.

Перед имплантацией, используя градуированное кольцо, врач-хирург наносит маркировку меридианов на имплантате, соответствующую отметкам на масштабной модели глазницы пациента. Имплантат размещают над дефектом, после чего осуществляют проверку расположения мягких тканей над его поверхностью. Оценка и коррекция положения имплантата проводятся с целью его точного совмещения с зоной дефекта. Конгруэнтность изгибов крепежных элементов имплантата и подглазничного края служит индикатором корректности его расположения в меридианах фиксации. После достижения оптимального положения имплантат фиксируют в орбите с помощью титановых винтов, проходящих через предусмотренные отверстия в крепежных элементах.

Наблюдение за пациентами продолжалось более 6 месяцев после операции.

## Результаты и обсуждение

Жалобы пациентов, их характер и количество являются существенным фактором при оценке его статуса до планируемой операции и при оценке ее эффективности. Однако субъективность жалоб не позволяет сделать их базовыми критериями для оценки эффективности новых методов лечения, новых изделий медицинского назначения. Поэтому именно объективные данные являются основными критериями оценки эффективности лечения пациентов.

Объективные данные о состоянии глазницы можно получить при проведении МСКТ с последующей обработкой данных в автоматическом режиме с помощью рПС, позволяющей оценить волюметрические показатели глазницы, взаимоотношения костных и мягкотканых структур глазницы до и после устранения дефекта, а также получить сведения о положении установленного имплантата и полноте устранения костного дефекта (рис. 3, 4).

Сравнительный анализ показателей объема глазницы у пациентов с различными типами по-

вреждений, для устранения которых использовались исследуемые типы имплантатов, представлен в таблицах 1 и 2.

Из данных, представленных в таблицах 1 (графа 2) и 2 (графа 5), следует, что до операции не наблюдалось значимых различий между объемами поврежденной глазницы ( $V_{пг}$ ) пациентов, входящих в основную группу и в группу сравнения: при изолированных переломах – 27,8 см<sup>3</sup> и 28,1 см<sup>3</sup> (U-test,  $p_{2,5}=1,00$ ); при сочетанных переломах – 31,7 см<sup>3</sup> и 30,1 см<sup>3</sup> (U-test,  $p_{2,5}=1,00$ ); при комбинированных переломах – 33,7 см<sup>3</sup> и 33,3 см<sup>3</sup> (U-test,  $p_{2,5}>0,05$ ).

Анализ внутригрупповых показателей волюметрии показал, что при изолированных повреждениях использование как индивидуального имплантата в основной группе, так и стандартного имплантата в группе сравнения приводило к уменьшению объема поврежденной глазницы. Однако только в основной группе данные изменения носили статистически достоверный характер:  $V_{пг} 27,8 \text{ см}^3 - V_{пг} 26,7 \text{ см}^3$ ,  $p_{2,3}<0,001$  (табл. 1). В группе сравнения наблюдаемые различия оказа-

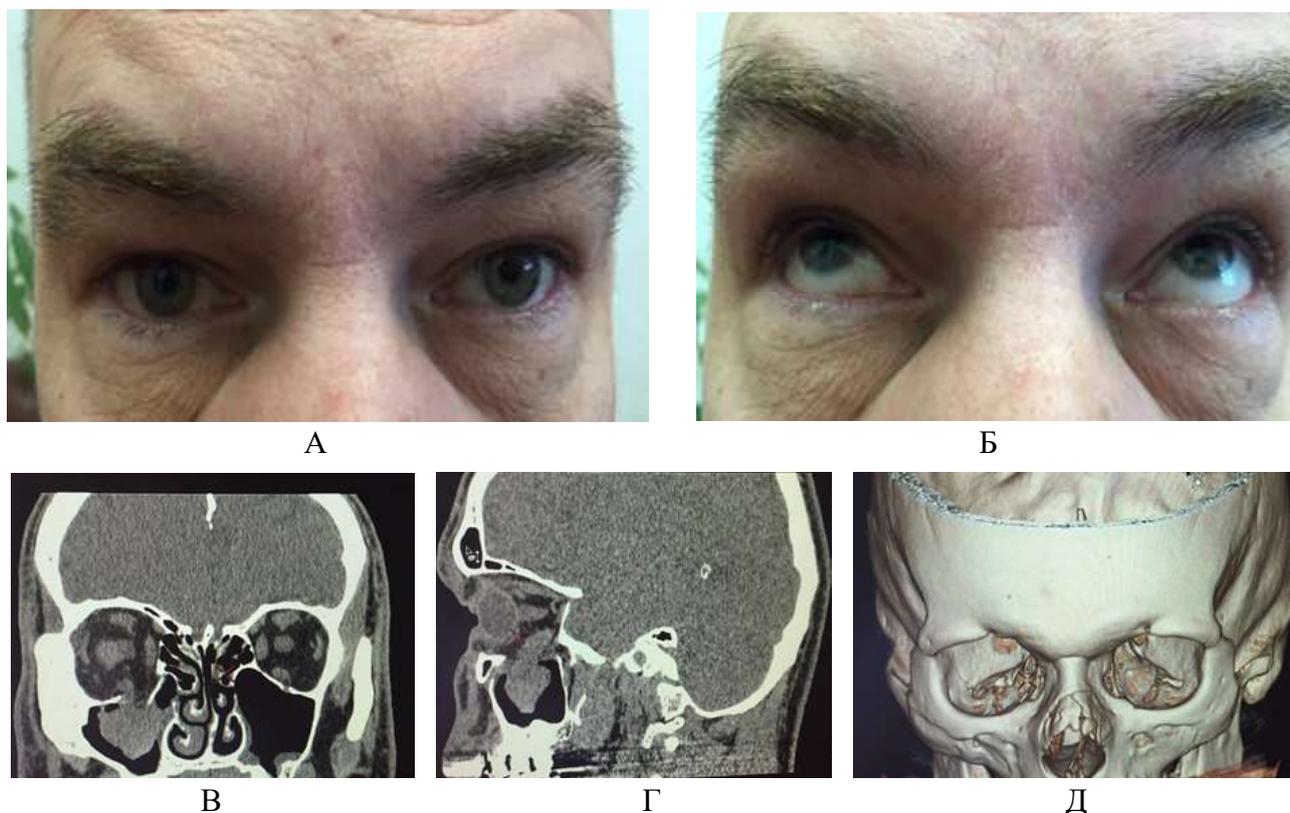
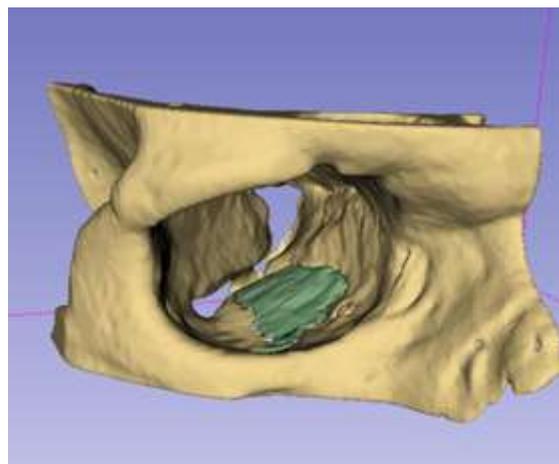


Рисунок 3 –Дооперационное обследование: А, Б – внешний вид пациента при поступлении; МСКТ+ пациента М. до операции: В – коронарная проекция, Г – сагиттальная проекция, Д – 3D реконструкция черепа.

Односторчатый (ореп-door) перелом нижней стенки правой глазницы (смещение костного отломка по вертикали, смещение ретробульбарной клетчатки и нижней прямой мышцы в ВЧП)



А



Б



В



Г



Д

Рисунок 4 – Послеоперационное состояние глазницы: А – 3D модель глазницы (зона перелома отмечена цветом), Б – прототип глазницы, положение индивидуального имплантата над зоной дефекта, ретенционные точки фиксации; МСКТ+ черепа после операции: В – коронарная проекция, Г – сагиттальная проекция, Д – 3D реконструкция черепа. Положение пластины – полное перекрытие костного дефекта

лись недостоверными:  $V_{пг} 28,1 \text{ см}^3 - V_{рг} 27,8 \text{ см}^3$ ,  $p_{5,6} > 0,05$  (табл. 2).

Применение индивидуального имплантата у пациентов основной группы с изолированным переломом позволило максимально восстановить объём повреждённой глазницы, что подтверждается отсутствием статистически значимых различий  $V_{иг} 26,4 \text{ см}^3$  и  $V_{рг} 26,7 \text{ см}^3$ ,  $p_{1,3} > 0,05$  (табл. 1). В группе сравнения полного восстановления объёма травмированной глазницы не произошло – выявлены статистически достоверные различия между усредненным объёмом интактных глазниц и реставрированных:  $V_{иг} 26,7 \text{ см}^3 - V_{рг} 27,8 \text{ см}^3$ ,  $p_{4,6} < 0,05$  (табл. 2).

Использование индивидуального имплантата у пациентов с сочетанным переломом глазницы привело к статистически достоверному уменьшению объёма поврежденной глазницы по сравнению с дооперационным уровнем:  $V_{пг} 31,7 \text{ см}^3 - V_{рг} 26,6 \text{ см}^3$ ,  $p_{2,3} < 0,001$  (табл. 1). В группе сравнения объём глазницы также умень-

шился, однако данные изменения не оказались статистически достоверными:  $V_{пг} 30,1 \text{ см}^3 - V_{рг} 28,8 \text{ см}^3$ ,  $p_{5,6} > 0,05$  (табл. 2). Применение индивидуального имплантата у пациентов основной группы с сочетанным переломом позволило максимально восстановить объём глазницы, что подтверждается отсутствием различий между  $V_{рг} 26,6 \text{ см}^3$  и  $V_{иг} 26,3 \text{ см}^3$ ,  $p_{1,3} > 0,05$  (табл. 1). В группе сравнения объём реставрированной глазницы также уменьшился, но не до уровня интактной – сохранились статистически достоверные различия между  $V_{рг} 28,8 \text{ см}^3$  и  $V_{иг} 26,9 \text{ см}^3$ ,  $p_{4,6} < 0,05$  (табл. 2).

Использование обоих типов имплантатов при комбинированном переломе позволило уменьшить объём поврежденной границы: в основной группе  $V_{пг} 33,7 \text{ см}^3 - V_{рг} 27,5 \text{ см}^3$ ,  $p_{2,3} < 0,001$  и в группе сравнения  $V_{пг} 33,3 \text{ см}^3 - V_{рг} 32,1 \text{ см}^3$ ,  $p_{5,6} < 0,001$ . В то же время при сравнении показателей  $V_{иг}$  и  $V_{рг}$  выявлено их статистически значимое различие как у пациентов основной, так и

Таблица 1 – Результаты волюметрии интактной глазницы (Vиг), поврежденной до операции (Vпг) и реставрированной после операции (Vрг) у пациентов основной группы с различным типом перелома

Тип перелома глазницы	Состояние глазниц, объем глазницы Me [25;75] (см <sup>3</sup> ), количество пациентов (n)			Статистическая значимость различий Utest W, p<0,05
	Vиг	Vпг	Vрг	
	1	2	3	
Изолированный	n=71 26,4 [25,8; 27,0]	n=71 27,8 [26,9; 28,7]	n=71 26,7 [25,8; 27,0]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> > 0,05 p <sub>2,3</sub> <0,001
Сочетанный	n=44 26,3 [25,8; 27,2]	n=44 31,7 [30,5;32,8]	n=44 26,6 [25,9;27,1]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> > 0,05 p <sub>2,3</sub> <0,001
Комбинированный	n= 57 26,8 [26,3; 27,5]	n=57 33,7 [32,2;34,7]	n=57 27,5 [ 26,8;28,0]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> <0,05 p <sub>2,3</sub> <0,001

Таблица 2 – Результаты волюметрии глазниц до операции и после операции у пациентов группы сравнения с различным типом перелома

Тип перелома глазницы	Состояние глазниц, объем глазницы Me [25;75] (см <sup>3</sup> ), количество пациентов (n)			Статистическая значимость различий Utest W, p<0,05
	Vиг	Vпг	Vрг	
	4	5	6	
Изолированный	n=8 26,7 [26,6;27,6]	n=8 28,1 [26,7;28,9]	n=8 27,8 [26,5;28,4]	p <sub>4,5</sub> <0,05 p <sub>4,6</sub> <0,05 p <sub>5,6</sub> > 0,05
Сочетанный	n=9 26,9 [26,5;27,6]	n=9 30,1 [29,3;31,2]	n=9 28,8 [28,5;29,5]	p <sub>4,5</sub> <0,01 p <sub>4,6</sub> <0,05 p <sub>5,6</sub> > 0,05
Комбинированный	n=16 26,7 [26,1;27,8]	n=16 33,3 [32,0;34,3 ]	n=16 32,1 [30,7;33,4]	p <sub>4,5</sub> <0,001 p <sub>4,6</sub> <0,001 p <sub>5,6</sub> <0,001

у пациентов группы сравнения – в обеих группах объемы реставрированной глазницы не уменьшились до уровня интактной: в основной Vиг 26,8 см<sup>3</sup> – Vрг 27,5 см<sup>3</sup>, p<sub>1,3</sub><0,05; в группе сравнения Vиг 26,7 см<sup>3</sup> – Vрг 32,1 см<sup>3</sup>, p<sub>5,6</sub><0,001.

Также был проведен анализ волюметрических показателей у пациентов с травмами глазницы на этапах наблюдения, в зависимости от сроков проведения реконструктивного лечения, таблицы 3 и 4.

Ранний период (1-14 сутки) после травмы является оптимальным для восстановления поврежденной глазницы, и использование индивидуального имплантата у пациентов основной группы привело практически к полному восстановлению объема глазницы, что подтверждалось отсутствием статистически достоверных различий между объемами реконструированной и ин-

тактной глазницы: Vиг 26,4 см<sup>3</sup> – Vрг 26,6 см<sup>3</sup>, p<sub>1,3</sub>=0,47 (табл. 3).

Использование стандартного имплантата у пациентов группы сравнения, оперированных в аналогичный период, также позволило уменьшить объём поврежденной глазницы, однако он не снизился до уровня интактной глазницы. Оставшиеся различия объемов реконструированной и интактной глазницы оказались статистически достоверными: Vиг 27,1 см<sup>3</sup> – Vрг 28,3 см<sup>3</sup>, p<sub>4,6</sub><0,01 (табл. 4).

Отсроченный период после травмы, часто называемый «серым», является сложным в плане восстановления анатомии глазницы, поскольку к этому времени уже имеются патологические сращения костных отломков, рубцовые деформации в ретробульбарном пространстве. Однако при этих обстоятельствах только при-

Таблица 3 – Результаты волюметрии глазниц у пациентов основной группы, оперированных в разные сроки после травмы

Сроки проведения операции после травмы	Состояние глазниц, объем глазницы Me [25;75] (см <sup>3</sup> ), количество пациентов n			Статистическая значимость различий Utest W, p<0,05
	Vиг	VПг	Vрг	
	1	2	3	
Ранний (1-14 сутки после травмы)	n=40 26,4 [26,0; 27,2]	n=40 28,9 [27,1; 29,9]	n=40 26,6 [25,8; 27,2]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> =0,47 p <sub>2,3</sub> <0,001
Отсроченный (1-4 месяца)	n=118 26,5 [25,9; 27,2]	n=118 30,9 [28,2;33,2]	n=118 26,9 [26,1;27,3]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>2,3</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> =0,16
Поздний (5 месяцев и более)	n=14 26,9 [26,1; 27,7]	n=14 34,3 [32,4;35,5]	n=14 27,7 [26,8;28,0]	p <sub>1,2</sub> <0,001 p <sub>2,3</sub> <0,001 p <sub>1,3</sub> <0,001

Таблица 4 – Результаты волюметрии глазниц у пациентов группы сравнения, оперированных в разные сроки после травмы

Сроки проведения операции после травмы	Состояние глазниц, объем глазницы Me [25;75] (см <sup>3</sup> ), количество пациентов n			Статистическая значимость различий Utest W, p<0,05
	Vиг	VПг	Vрг	
	4	5	6	
Ранний (1-14 сутки после травмы)	n=10 27,1 [26,5; 27,6]	n=10 29,2 [28,4; 31,2]	n=10 28,3 [27,8; 28,7]	p <sub>4,5</sub> <0,01 p <sub>5,6</sub> <0,05 p <sub>4,6</sub> <0,01
Отсроченный (1-4 месяца)	n=18 26,6 [26,0; 27,8]	n=18 30,4 [29,4;31,1]	n=18 30,3 [29,1;32,1]	p <sub>4,5</sub> <0,001 p <sub>4,6</sub> <0,001 p <sub>5,6</sub> <0,01
Поздний (5 месяцев и более)	n=5 27,0 [27,1;28,9]	n=5 34,6 [34,3;35,3]	n=5 33,7 [33,4;34,3]	p <sub>4,5</sub> <0,05 p <sub>5,6</sub> <0,05 p <sub>4,6</sub> <0,05

менение ИИ, изготовленного в процессе предоперационного планирования, позволило восстановить объем глазницы у пациентов и достичь отсутствия статистически достоверных различий между глазницами: Vиг 26,5 см<sup>3</sup> – Vрг 26,9 см<sup>3</sup>, p<sub>1,3</sub>=0,16. (табл. 3). В группе сравнения у пациентов имели место достоверные различия между Vиг 26,6 см<sup>3</sup> – Vрг 30,3 см<sup>3</sup>, p<sub>4,6</sub><0,001 (табл. 4).

В поздний период после травмы развитие устойчивых посттравматических деформаций у пациентов с травмами глазницы существенно ограничивает возможности хирургов по восстановлению анатомо-топографических соотношений костных структур глазницы. По этим причинам у пациентов основной группы в послеоперационный период сохранялись достоверные различия между Vиг 26,9 см<sup>3</sup> и Vрг 27,7 см<sup>3</sup>, p<sub>1,3</sub><0,001. В группе сравнения различия между

объёмами также носили достоверный характер: Vиг 27 см<sup>3</sup> – Vрг 33,7 см<sup>3</sup>, p<sub>4,6</sub><0,05.

Увеличенный объем травмированной глазницы и остаточное его увеличение относительно интактной после операции в пределах 1-6% не оказывают существенного влияния на расположение глазного яблока, нарушение которого может привести к энтофтальму, гипотофтальму, потере качества зрения.

Данные рПС позволили установить, что варианты значений уровня превышения объема травмированной глазницы относительно объема интактной у наблюдаемых пациентов обеих групп при всех типах перелома до операции располагались в границах от 1% до 36%. При изолированном переломе показатели превышения находились в границах от 1% до 14%, при сочетанном – от 7% до 31% и при комбинированных переломах – от 8% до 36%. Проведение

реконструктивной операции, как с применением индивидуального имплантата, так и стандартных по размерам и форме имплантатов, привело к существенному уменьшению объема травмированной глазницы, но в разной степени в зависимости от типа перелома и вида имплантата. В таблице 5 представлены данные определения уровня превышения и частоты вариант превышения у пациентов обеих групп до и после операции в зависимости от типа перелома. Варианты превышения подразделены на две группы: не превышающие клинически допустимый уровень в 6% и группу вариант со значениями 7% и более.

При изолированном переломе в основной группе превышение объема травмированной глазницы по сравнению с объемом интактной глазницы в пределах 6% до операции наблюда-

лось у 43 (61%) пациентов из 71, а в группе сравнения у всех 8 пациентов. В дооперационный период по данному показателю состояния глазницы пациенты группы сравнения были более благополучными. После выполненной реконструктивной операции с применением индивидуального имплантата уровень превышения объема травмированной глазницы в сравнении с интактной не превышал 6% у 69 (97%) пациентов группы и только у 2 пациентов превышение сохранилось на прежнем дооперационном уровне.

При сочетанном переломе у всех 44 пациентов основной группы и у всех 9 пациентов группы сравнения степень превышения объема травмированной глазницы по отношению к интактной перед операцией составляла 7% и более. По результатам реконструктивной операции с

Таблица 5 – Отношение объема травмированной глазницы и интактной у пациентов основной группы и группы сравнения до и после операции при изолированном, сочетанном и комбинированном переломе

Степень различия $\frac{V_{\text{пг}}}{V_{\text{иг}}} \cdot 100\%$	Группы и этапы наблюдения. Количество пациентов: n, %				Критерий «t»
	Основная группа, n=172		Группа сравнения, n=33		
	До операции	После операции	До операции	После операции	
	1	2	3	4	
<b>Изолированный перелом</b>					
1-6 %	n = 44 62%	n = 69 97%	n = 8 100%	n = 8 100%	
7 % и более	n = 27 38%	n = 2 3%	-	-	
<b>Сочетанный перелом</b>					
1-6 %	-	n = 44 100%	-	n = 6 67%	$t_{2,4} = 1,71$ $p_{2,4} > 0,05$
7 % и более	n = 44 100%	-	n = 9 100%	n = 3 33%	
<b>Комбинированный перелом</b>					
1-6 %	-	n = 49 86%	-	n = 1 6%	$t_{2,4} = 2,8$ $p_{2,4} > 0,05$
7 % и более	n = 57 100%	n = 8 14%	n = 16 100%	n = 15 94%	$t_{2,4} = 6,15$ $p_{2,4} < 0,001$
<b>Сочетанный перелом + Комбинированный перелом</b>					
1-6 %	-	n = 93 92%	-	n = 7 28%	$t_{2,4} = 3,72$ $p_{2,4} < 0,01$
7 % и более	n = 101 100%	n = 8 8%	n = 25 100%	n = 18 72%	$t_{2,4} = 4,48$ $p_{2,4} < 0,01$
<b>По всем типам перелома</b>					
1-6 %	n = 43 25%	n = 162 94%	n = 7 21%	n = 15 45%	$t_{2,4} = 3,77$ $p_{2,4} < 0,01$
7 % и более	n = 129 75%	n = 10 6%	n = 26 79%	n = 18 55%	$t_{2,4} = 5,83$ $p_{2,4} < 0,001$

использованием индивидуального имплантата клинически допустимое превышение объема травмированной глазницы наблюдалось у всех 44 пациентов основной группы – 100%, а в группе сравнения при использовании имплантатов стандартных размеров у 6 (67%) из 9 пациентов. Устранение данного последствия травмы у пациентов основной группы оказалось более полным, чем в группе сравнения, но в силу малочисленности выборки статистически недостоверным.

При комбинированном переломе, также, как и при сочетанном, у всех 57 пациентов основной группы и 16 пациентов группы сравнения до операции объем травмированной глазницы превышал объем интактной на 7% и более. В результате реконструктивной операции и использования индивидуального имплантата удалось нормализовать объемный показатель травмированной глазницы у 49 (86%) пациентов из 57 основной группы и только у 1 пациента из 16 группы сравнения. В зоне неблагополучия в основной группе сохранилось 8 (14%) пациентов, а в группе сравнения почти все – 15 из 16. Статистический анализ с высокой степенью достоверности ( $p_{2,4} < 0,001$ ) подтвердил клиническую очевидность эффективности разработанной технологии реконструктивной операции по устранению последствий травматического дефекта костной стенки глазницы и при комбинированном переломе.

Оценка степени тяжести энтофтальма до операции показала, что отсутствовали достоверные различия по данному критерию между основной группой пациентов и пациентами группы сравнения ( $\chi^2_{1,3} = 7,47$ ,  $p_{1,3} > 0,05$ ), что свидетельствует об однородности групп (табл. 6).

В послеоперационный период выявлены статистически достоверные различия между группами по степени тяжести энтофтальма ( $\chi^2_{2,4} = 89,85$ ,  $p_{2,4} < 0,001$ ), что было обусловлено снижением степени выраженности энтофтальма только у пациентов основной группы. После операции у пациентов основной группы, несмотря на снижение степени энтофтальма в целом, наблюдались достоверные различия по степени тяжести энтофтальма в зависимости от типа перелома ( $\chi^2 = 25,35$ ,  $p < 0,001$ ). В группе сравнения степень энтофтальма после операции не изменилась ( $\chi^2 = 37,44$ ,  $p < 0,001$ ).

Применение индивидуального имплантата позволило достоверно снизить степень тяжести энтофтальма у пациентов основной группы при всех типах перелома глазницы (табл. 7). Полное устранение посттравматического энтофтальма ( $p < 0,001$ ) было диагностировано у 71 (100%) пациента с изолированным и у 44 (100%) пациентов с сочетанным переломом. У 46 (81%) пациентов с комбинированным переломом глазницы также наблюдалось отсутствие энтофтальма ( $p < 0,001$ ). У 6 (10%) пациентов этой группы наблюдался остаточный энтофтальм I степени. Однако у 5 (9%) пациентов с комбинированным переломом была зафиксирована II степень энтофтальма, что было обусловлено как тяжестью повреждений, так и длительностью существования посттравматического процесса в глазнице.

В группе сравнения в послеоперационный период отсутствовали статистически достоверные изменения ( $p > 0,05$ ) по степени тяжести энтофтальма в сравнении с дооперационным состоянием. Сохранение исходной тяжести энтофтальма у пациентов группы сравнения после операции обусловлено как степенью тяжести посттравматического

Таблица 6 – Распределение пациентов исследуемых групп по степени тяжести энтофтальма до и после реконструктивного лечения

Степень энтофтальма	Группы пациентов, n, сроки наблюдения								Статистическая значимости различий Pearson $\chi^2$ , $p < 0,05$
	Основная, n=172				Сравнения, n=33				
	до операции		после операции		до операции		после операции		
	1		2		3		4		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
0 (0мм)	57	33,1	161	93,6	13	39,4	13	39,4	$\chi^2_{1,3} = 7,47$ $p_{1,3} > 0,05$ ;
I (1-2мм)	54	31,4	6	3,5	5	15,2	5	15,1	
II (3-4мм)	40	23,3	5	2,9	6	18,1	6	18,2	
III (5мм и >)	21	12,2	-	-	9	27,3	9	27,3	$\chi^2_{2,4} = 89,85$ , $p_{2,4} < 0,001$
Всего	172	100	172	100	33	100	33	100	

Таблица 7 – Распределение пациентов основной группы с различным типом перелома глазницы по степени тяжести энтофтальма до и после операции

Тип перелома	Сроки определения		Степень тяжести энтофтальма, количество пациентов n/%			
			0 (0мм)	I (1-2 мм)	II (3-4мм)	III (5 мм и >)
Изолированный n=71/100%	До операции	1	47/66	20/28	4/6	-/-
	После операции	2	71/100	-/-	-/-	-/-
Сочетанный n= 44/100%	До операции	3	11/25	22/50	10/23	1/2
	После операции	4	44/100	-/-	-/-	-/-
Комбинированный n=57/100%	До операции	5	-/-	12/19	26/46	20/35
	После операции	6	46/81	6/10	5/9	-/-
Sing Test p<0,05			P <sub>1,2</sub> <0,001, P <sub>3,4</sub> <0,001, P <sub>5,6</sub> <0,001			

процесса в глазнице, так и использованием стандартного имплантата, которым, несмотря на многократную подгонку формы, не удалось в полной мере перекрыть область деструкции заднего отдела медиальной стенки глазницы, повреждение которой и лежит в основе посттравматического энтофтальма у пациентов с сочетанными и комбинированными повреждениями.

### Заключение

1. Применение технологии виртуального планирования операции и индивидуального имплантата, созданного с учетом полученных данных МСКТ с последующей обработкой данных рПС, позволило в полной мере восстановить объем поврежденной глазницы у пациентов с изолированными и сочетанными повреждениями глазницы, о чем свидетельствует отсутствие статистически достоверных различий между объемами реконструированной и интактной глазницы. У пациентов с комбинированными повреждениями данная технология также способствовала существенному восстановлению объема поврежденной глазницы, приблизив его к значениям интактной.

2. Использование МСКТ с рПС, технологии предоперационного планирования и предварительно изготовленного индивидуального имплантата обеспечило полное восстановление анатомии глазницы как в ранний период после травмы (Vиг 26,4 см<sup>3</sup> – Vрг 26,6 см<sup>3</sup>, p=0,47), так и в отсроченный период (Vиг 26,5 см<sup>3</sup> – Vрг 26,9 см<sup>3</sup>, p=0,16). Использование данной технологии у пациентов в поздний после травмы период позволило, хотя и не в неполной мере, сблизить объёмы Vрг 27,7 см<sup>3</sup> и Vиг 26,9 см<sup>3</sup>, p<0,001.

3. Эффективность применения индивидуального имплантата по критерию нормализации объема травмированной глазницы можно оценить и

по всем трем типам перелома стенки глазницы суммарно. В дооперационный период количество пациентов обеих групп с допустимым пределом превышения в процентном отношении к общей численности группы было практически равным – 25% и 21%, а в результате операции в основной группе таких пациентов оказалось 162 (94%) из 172, более чем в 2 раза больше (p<0,01), чем в группе сравнения – 45%. Согласно результатам, полученным при выполнении МСКТ с рПС установлено, что жировая клетчатка, пролабируемая в ВЧП до операции была возвращена в анатомическое положение в полном объеме у всех пациентов, при использовании как индивидуального, так и стандартного имплантатов, несмотря то что применение последних не позволяет в полной мере восстановить объем поврежденной глазницы.

4. Восстановление волюметрических параметров поврежденной глазницы до параметров здоровой глазницы позволило устранить или уменьшить степень тяжести энтофтальма у пациентов основной группы при всех типах перелома глазницы, полное устранение посттравматического энтофтальма (p<0,001) было диагностировано у 71 (100%) пациента с изолированным и у 44 (100%) пациентов с сочетанным переломом.

### Литература

1. Современные аспекты клинической и судебно-медицинской диагностики травм орбиты / Л. К. Мошетова [и др.] // РМЖ. Клин. офтальмология. 2015. Т. 16, № 4. С. 211–215.
2. Chodankar, N. Classifications and Theories of Orbital Fractures: A Review of Literature / N. Chodankar, V. Dhupar, V. Vijay // J. Med. Res. Chronicles. 2023. Vol. 10, N 4. P. 248–260. doi: 10.26838/MEDRECH.2023.10.4.705
3. Predictability in orbital reconstruction: a human cadaver study. Part I: endoscopic-assisted orbital reconstruction / L. Dubois [et al.] / J. CranioMaxillofac. Surg. 2015 Dec. Vol. 43, N 10. P. 2034–2041.

4. Conservatively treated orbital blowout fractures: spontaneous radiologic improvement / S. M. Young [et al.] // *Ophthalmology*. 2018 Jun. Vol. 125, N 6. P. 938–944.
5. The influence of concomitant medial wall fracture on the results of orbital floor reconstruction / A. J. Ordon [et al.] // *J. Craniomaxillofac. Surg.* 2018 Apr. Vol. 46, N 4. P. 573–577.
6. Homer, N. Contemporary management of orbital blowout fractures / N. Homer, A. Huggins, V. D. Durairaj // *Curr. Opin. Otolaryngol. Head. Neck. Surg.* 2019 Aug. Vol. 27, N 4. P. 310–316.

*Поступила 12.07.2024 г.*

*Принята в печать 28.08.2024 г.*

### References

1. Moshetova LK, Romodanovskiy PO, Arzhimatova GSh, Andrianova AV, Kutrovskaya NYu, Chernakova GM. Modern aspects of clinical and forensic diagnostics of orbital injuries. *RMZh Klin Oftal'mologiya*. 2015;16(4):211-5. (In Russ.)
2. Chodankar N, Dhupar V, Vijay V. Classifications and Theories of Orbital Fractures: A Review of Literature. *J Med Res Chronicles*. 2023;10(4):248-60. doi: 10.26838/MEDRECH.2023.10.4.705
3. Dubois L, Jansen J, Schreurs R, Saeed P, Beenen L, Maal TJJ, et al. Predictability in orbital reconstruction: a human cadaver study. Part I: endoscopic-assisted orbital reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015 Dec;43(10):2034-41. doi: 10.1016/j.jcms.2015.07.019
4. Young SM, Kim YD, Kim SW, Jo HB, Lang SS, Cho K, et al. Conservatively treated orbital blowout fractures: spontaneous radiologic improvement. *Ophthalmology*. 2018 Jun;125(6):938-944. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.12.015
5. Ordon AJ, Kozakiewicz M, Wilczynski M, Loba P. The influence of concomitant medial wall fracture on the results of orbital floor reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018 Apr;46(4):573-7. doi: 10.1016/j.jcms.2018.01.005
6. Homer N, Huggins A, Durairaj VD. Contemporary management of orbital blowout fractures. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019 Aug;27(4):310-6. doi: 10.1097/MOO.0000000000000550

*Submitted 12.07.2024*

*Accepted 28.08.2024*

### Сведения об авторах:

О.Н. Дудич – к.м.н., доцент кафедры офтальмологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров в здравоохранении УО «Белорусский государственный медицинский университет», <https://orcid.org/0009-0004-6554-3230>,

e-mail: [oksana\\_s20@mail.tu](mailto:oksana_s20@mail.tu) – Дудич Оксана Николаевна;

В.Л. Красильникова – д.м.н., профессор кафедры офтальмологии, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров в здравоохранении УО «Белорусский государственный медицинский университет», <https://orcid.org/0000-0002-5852-2616>.

### Information about authors:

O.N. Dudich – Candidate of Medical Sciences, associate professor of the Chair of Ophthalmology, the Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Educational Institution “Belarusian State Medical University”, <https://orcid.org/0009-0004-6554-3230>,

e-mail: [oksana\\_s20@mail.tu](mailto:oksana_s20@mail.tu) – Oksana N. Dudich;

V.L. Krasilnikova – Doctor of Medical Sciences, professor of the Chair of Ophthalmology, the Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Educational Institution “Belarusian State Medical University”, <https://orcid.org/0000-0002-5852-2616>.