

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕМА ФИБРИНОЛИТИКА В ЛЕЧЕНИИ СУБРЕТИНАЛЬНЫХ ГЕМОМРАГИЙ

Р.Р.Файзрахманов^{1,2}, Э.Д. Босов^{1,2}, В.А. Богданова², И.И. Туманов³, Г.О. Карпов¹

¹ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России

²ИУВ ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава
России

³ООО КБ "Русь"

Реферат

Цель исследования. Разработка и клиническое применение программного обеспечения для индивидуального расчета объема инфузионного раствора фибринолитика для хирургического лечения субмакулярных кровоизлияний. Материал и методы. На основании обработки данных оптической когерентной томографии с применением трехмерной визуализации была разработана программа «3D volume calculator». В качестве витреоретинального вмешательства выполнялась двухпортовая 27G хирургия с контролируемым субретинальным введением рассчитанного раствора рекомбинантной проурокиназы через канюлю 38G и тампонадой гексафторэтаном на 20% от объема витреальной полости. Результаты. Разработанная программа позволяет произвести измерение объема субмакулярного кровоизлияния, а также рассчитывает индивидуализированное количество субретинального инфузионного раствора для достоверного смещения кровяного сгустка на периферию. Через 2 недели после хирургии субмакулярного кровоизлияния -полная дислокация наблюдалась в 40 случаях (93%). Заключение. На сегодняшний день малоинвазивная хирургия и персонализированный подход являются основополагающими направлениями в современной офтальмологии. Применение предложенной программы в клинической практике доказало свою эффективность в отношении морфологических и функциональных перспектив при лечении субмакулярных кровоизлияний.

Ключевые слова: субмакулярное кровоизлияние, программное обеспечение, расчет объема фибринолитика, малоинвазивная хирургия

SOFTWARE FOR INDIVIDUAL EVALUATION OF FIBRINOLYTIC VOLUME IN THE TREATMENT OF SUBRETINAL HEMORRHAGES

R.R. Fayzrakhmanov^{1,2}, E.D. Bosov^{1,2}, V.A. Bogdanova^{1,2}, I.I. Tumanov³, G.O. Karpov¹

¹ N.I. Pirogov National Medical Surgical Center

² Institute of Advanced Training of Physicians N.I. Pirogov National Medical Surgical Center

³LTD «KB Rus»

Purpose of the study. Development and clinical application of software for individual calculation of the volume of fibrinolytic infusion solution for surgical treatment of submacular hemorrhages. Material and methods. Based on the processing of optical coherence tomography data using three-dimensional visualization, the program "3D volume calculator" was developed. As a vitreoretinal intervention, a two-port 27G surgery was performed with controlled subretinal administration of a calculated recombinant prourokinase solution through a 38G cannula and hexafluoroethane tamponade at 20% of the volume of the vitreal cavity. Results. The developed program makes it possible to measure the volume of submacular hemorrhage, and also calculates an individualized amount of subretinal infusion solution for reliable displacement of the blood clot to the periphery. 2 weeks after surgery for submacular hemorrhage, complete dislocation was observed in 40 cases (93%). Conclusion. To date, minimally invasive surgery and a personalized approach are the fundamental directions in modern ophthalmology. The application of the proposed program in clinical practice has proven its effectiveness in relation to morphological and functional perspectives in the treatment of submacular hemorrhages.

Key words: submacular hemorrhage, software, calculation of fibrinolytic volume, minimally invasive surgery

Введение.

Субмакулярное кровоизлияние (СМК) является грозным осложнением ряда заболеваний, нередко ведущим к временной или необратимой утрате остроты зрения [1]. Скопление крови в субретинальном пространстве обуславливает целый ряд патологических процессов, способствующих нарушению нормальных морфофункциональных характеристик сетчатки [2]. В частности, описано токсическое воздействие железа, нарушение связей и метаболизма между сетчаткой и пигментным эпителием, а также механические повреждения фоторецепторного слоя [2]. Перечисленные патоморфологические особенности ведут к необратимым деструктивным изменениям, которые обуславливают низкие перспективы зрительных функций [3]. В большинстве случаев развитие геморрагий связано с

формированием неоваскуляризации на фоне возрастной макулярной дегенерации (ВМД) [4]. На данный момент имеется ряд подходов, включающих применение витреоретинальной хирургии (ВРХ), а также применение антивазопролиферативных препаратов для лечения СМК [5-7]. Однако до недавнего времени предложенные в хирургии методики не давали достаточно значимых морфофункциональных результатов [5-7]. Поиск новых малоинвазивных методов лечения субфовеальных геморрагий определен развитием необратимых деструктивных изменений ведущих к полной потере зрительных функций. Основной задачей, которая ставит перед собой хирургия, является полная дислокация кровяного сгустка из макулярной зоны сетчатки в периферические отделы. Одним из наиболее эффективных способов смещения кровоизлияния является субретинальное введение тканевого активатора плазминогена (ТАП) и газовоздушное тампонирование витреальной полости [8]. Имеется ряд научных работ, демонстрирующих хорошие анатомические и функциональные результаты при комбинировании фибринолитика, пневмодислокации и антивазопролиферативной терапии [6,8]. Предложены способы лечения СМК, обеспечивающие малоинвазивную альтернативу обширной ВРХ [9]. Однако, важно понимать, что для достижения максимальных морфофункциональных результатов, требуется индивидуальный расчет объема кровоизлияния и, как следствие, объема вводимого в субретинальное пространство инфузионного раствора. Необходим способ персонализированного вычисления объема вводимого препарата для достижения достоверной дислокации кровяного сгустка из центральных отделов сетчатки.

Цель исследования.

Разработка и клиническое применение программного обеспечения для индивидуального расчета объема инфузионного раствора фибринолитика для хирургического лечения субмакулярных кровоизлияний.

Материал и методы.

На основании обработки данных оптической когерентной томографии (ОКТ) с применением трехмерной визуализации была разработана программа «3D volume calculator». Программа предназначена для измерения объема кровоизлияния и индивидуального расчета инфузионного раствора для субретинального введения. Калибровка алгоритмов расчета объема раствора фибринолитика проводилась на основании данных ОКТ 43 пациентов (43 глаз) вне зависимости от размера СМК. Для начала работы с программой необходимо создать папку, содержащую 18 изображений исследования ОКТ в режиме Radial Lines. Важно, чтобы изображения были в порядке проведения исследования. Контур кровоизлияния должен быть четко виден, без разрывов и уместаться внутри исследуемой области, иначе объем лекарства может посчитаться неверно (рис.1). На экране не должно

быть лишних элементов такого же цвета, как и контур гематомы, иначе распознавание может произойти неправильно. Программа оповестит пользователя, если какой-то из параметров будет нарушен. Поддерживаемые форматы изображений: jpg, bmp, png.

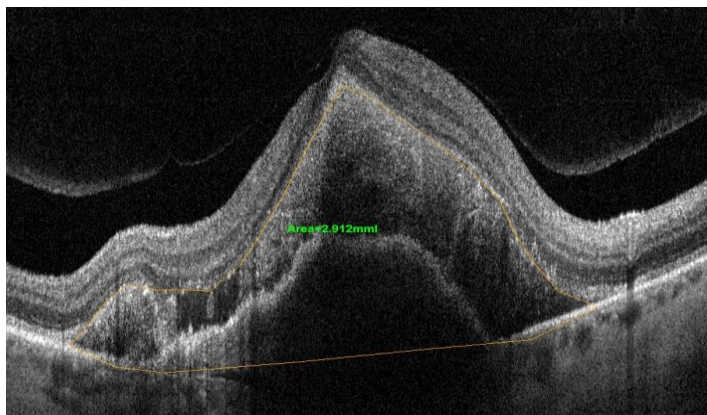


Рисунок 1. Обработанное изображение с выделенным контуром кровоизлияния

Figure 1. Processed image with selected hemorrhage contour

В результате программа обрисовывает контуры кровоизлияния, по средствам построения точек (рис.2). Особенностью работы с данной программой является наличие коэффициента аппроксимации. В процессе работы пользователь может снизить этот коэффициент, что способствует дорисовыванию меньшего числа промежуточных точек.

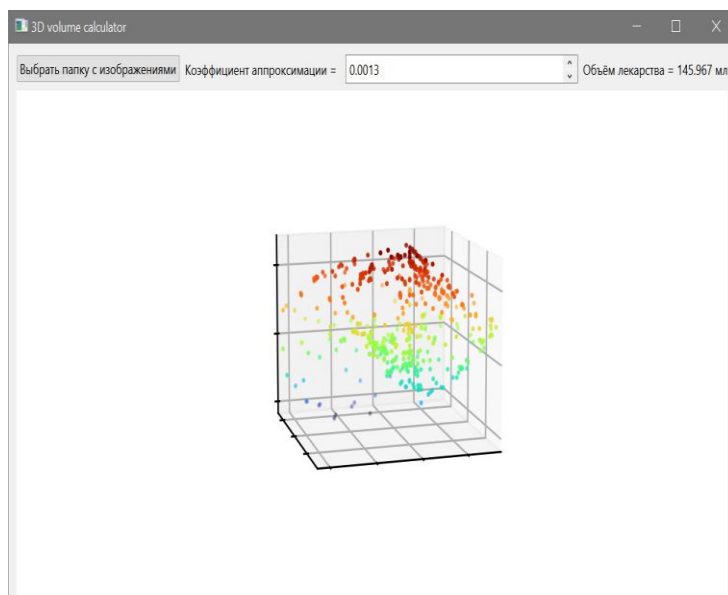


Рисунок 1. Трехмерное моделирование объема кровоизлияния по данным обработанных снимков ОКТ

Figure 1. Three-dimensional modeling of the volume of hemorrhage according to the processed images OCT

В программе заложена формула, которая подсчитывает результат в виде индивидуализированного объема инфузионного раствора для субретинального введения.

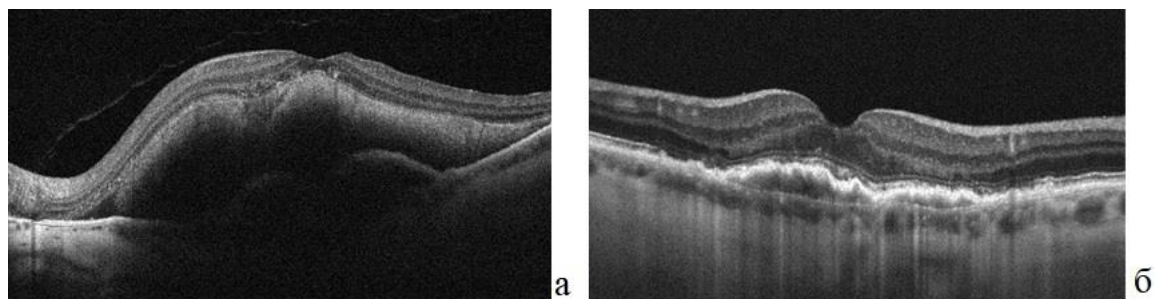
В качестве витреоретинального вмешательства выполнялась двухпортовая 27G хирургия с контролируемым субретинальным введением рассчитанного раствора рекомбинантной проурокиназы через канюлю 38G и тампонадой гексафторэтаном на 20% от объема витреальной полости [9]. Успешно проведенной дислокацией СМК считали смещение геморагий из зоны фовеолы в пределах радиуса 3 мм через 2 недели после витреоретинальной хирургии.

Результаты.

В результате проведения стандартных методик обследования, возможно определение таких параметров, как высота СМК – расстояние между пигментным эпителием сетчатки и внешним ядерным слоем в центре фовеа и в наивысшей точке геморрагической отслойки; центральная толщина сетчатки – расстояние между базальной и внутренней пограничной мембраной сетчатки в зоне фовеа; высота хориоидальной неоваскулярной мембраны. Кроме того, возможен расчет площади кровоизлияния по фундус-снимкам. Однако данные измерения не дают возможности достоверно сделать расчеты объема кровоизлияния в связи с разнообразием форм и размеров субретинальных геморагий. Разработанная программа была протестирована в хирургии массивных субмакулярных кровоизлияний на базе Центра Офтальмологии ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова». Через 2 недели после хирургии СМК полная дислокация сгустка наблюдалась в 40 случаях (93%) (рис.3).

Рисунок 1. Данные ОКТ до хирургического лечения СМК (а) и через 2 недели (б)

Figure 1. OCT data before surgical treatment of SMH (a) and after 2 weeks (b)



Остаток гема в макулярной зоне отмечен в 2 глазах с массивными СМК на фоне большого скопления гема под пигментным эпителием сетчатки. В 1 случае среднего по площади СМК был обнаружен рецидив кровоизлияния на фоне агрессивной формы

хориоидальной неоваскуляризации. Практическое применение данной методики демонстрирует полную дислокацию кровоизлияния, не затрагивая здоровые ткани при развитии индуцированной отслойки сетчатки. Нивелирование элевации тканей наблюдалось уже через 1-3 суток в зависимости от объема вводимого препарата.

Заключение.

На сегодняшний день малоинвазивная хирургия и персонализированный подход являются основополагающими направлениями в лечении субмакулярного кровоизлияния. Одной из методик, доказавшей свою состоятельность является применение комбинации субретинального введения фибринолитика, пневмодислокации и последующего использования антивазопролиферативной терапии [8,9]. Важно помнить, что одной из основных задач для достижения максимально возможных морфологических и функциональных перспектив является полное смещение относительно центральной зоны сетчатки субфовеолярного сгустка. Разработанная программа позволяет рассчитать объем фибринолитика для субретинального введения фибринолитика. Преимуществом данного подхода является учет индивидуальных параметров кровоизлияния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bopp S. Subretinale Blutungen. Spontanverlauf und Stadieneinteilung [Subretinal hemorrhage. Natural course and staging]. Ophthalmologe. 2012;Jul;109(7):635–43. German. <https://doi.org/10.1007/s00347-012-2563-6>
2. Файзрахманов Р.Р., Шишкин М.М., Босов Э.Д., Суханова А.В., Миронов А.В. Патоморфология субмакулярного кровоизлияния (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. – 2021. – Т. 17, № 1. С. 28–32).
3. Файзрахманов Р.Р., Босов Э.Д., Шишкин М.М., Воропаев В.Ю., Суханова А.В., Чехонин Е.С., Миронов А.В. Современные аспекты терапии субмакулярных кровоизлияний на фоне макулярной дегенерации. Вестник офтальмологии. 2022;138(2):87-93. <https://doi.org/10.17116/oftalma202213802187>
4. Kim JH, Chang YS, Kim JW, Kim CG. Characteristics of submacular hemorrhages in age-related macular degeneration. Optom Vis Sci 2017; (94): 556–63. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001066>
5. Yokoyama S, Kaga T, Kojima T, Orellana-Rios J, Smith RT, Ichikawa K. Treatment of old submacular hemorrhage by subretinal endoscopic surgery and intraoperative subretinal

endoscopic findings. Am J Ophthalmol Case Rep. 2022 Feb 4;25:101393. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2022.101393>.

6. Овчинникова А.Д., Миронов А.В., Дулгиеру Т.О. Хирургическое лечение массивных субмакулярных кровоизлияний при влажной форме возрастной макулодистрофии с автоматизированной субретинальной инъекцией // Офтальмохирургия. – 2020;4: 43–49. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-4-43-49>
7. Kim, J.H., Kim, C.G., Lee, D.W. et al. Intravitreal aflibercept for submacular hemorrhage secondary to neovascular age-related macular degeneration and polypoidal choroidal vasculopathy. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 258, 107–116 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04474-0>
8. Морфофункциональная результативность оперативного лечения субретинальных геморрагий / Э. Д. Босов, Р. Р. Файзрахманов, Г. О. Карпов, М. Е. Калинин, А. В. Миронов // Современные технологии в офтальмологии. – 2022. – № 1(41). – С. 23-27. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2022-1-23-27>.
9. Патент РФ на изобретение № 2788357/ 17.01.2023. Бюл. № 2. Файзрахманов Р.Р., Босов Э.Д., Карпов Г.О., Богданова В.А. Способ малоинвазивной коррекции субмакулярных кровоизлияний. [Patent RUS № 2788357/ 17.01.2023. Byul. № 2. Fayzrakhmanov RR., Bosov ED., Karpov GO., Bogdanova VA. Sposob maloinvazivnoi korrekcii submakulyarnih krovoizliyanii. (In Russ.)]