



ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА КТ-ПЕРФУЗИИ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ГЛИОБЛАСТОМ

А.В.Баландина¹, П.М.Зельтер², А.В.Капишников^{2*}, С.В.Козлов²,
А.В.Колсанов², С.С.Чаплыгин²

1. ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический диспансер», 443031, Российская Федерация, г. Самара, ул. Солнечная, д. 50
2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, Российская Федерация, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89

Резюме

Цель исследования. Разработать информационную технологию для расчета показателей перфузионной компьютерной томографии и оценить эффективность использования предложенной программы при дифференциальной диагностике продолженного роста глиобластомы и постлучевого некроза.

Пациенты и методы. Обследованы 53 пациента, проходившие лечение в Самарском клиническом онкологическом диспансере. Всем пациентам выполнялась КТ в режиме перфузионного исследования. Результаты применения программы сравнивались с данными, которые были вычислены на рабочей станции компьютерного томографа GE Discovery CT750 HD.

Результаты. Установлены достоверные различия в показателях перфузии CBV и CBF в группах с продолженным ростом и постлучевым некрозом, верифицированными с помощью биопсии. Параметры, вычисленные с помощью разработанной программы, достоверно не отличались от результатов, полученных на стандартной рабочей станции.

Заключение. Применение разработанной компьютерной программы для анализа КТ-перфузии не зависит от производителя оборудования, работает со стандартными DICOM-данными, что повышает доступность ценного диагностического метода. Полученные с помощью предложенной информационной технологии результаты позволяют дифференцировать продолженный рост глиобластомы от постлучевого некроза.

Ключевые слова:

перфузия головного мозга, система «Автоплан», компьютерная томография, лучевая терапия, глиобластома, информационные технологии

Оформление ссылки для цитирования статьи

Баландина А.В., Зельтер П.М., Капишников А.В., Козлов С.В., Колсанов А.В., Чаплыгин С.С. Информационная технология анализа КТ-перфузии в оценке эффективности лечения глиобластом. Исследования и практика в медицине. 2020; 7(3): 83–90. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-3-8>

Для корреспонденции

Капишников Александр Викторович – д.м.н., заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. Адрес: 443099, Российская Федерация, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89
E-mail: a.kapishnikov@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6858-372X>
SPIN: 6213-7455, AuthorID: 337215

Информация о финансировании. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Получено 27.02.2020, Рецензия (1) 22.04.2020, Рецензия (2) 26.06.2020, Принята к печати 14.09.2020

INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE ANALYSIS OF CT PERFUSION IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT FOR GLIOBLASTOMA

A.V.Balandina¹, P.M.Zelter², A.V.Kapishnikov^{2*}, S.V.Kozlov², A.V.Kolsanov², S.S.Chaplygin²

1. Samara Regional Clinical Oncology Dispensary,
50 Solnechnaya str., Samara 443031, Russian Federation
2. Samara State Medical University,
89 Chapaevskaya str., Samara 443099, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study. To develop an information technology for calculating perfusion computed tomography parameters and to evaluate the effectiveness of using the proposed program in the differential diagnosis of continued glioblastoma growth and post-radiation necrosis.

Materials and methods. We examined 53 patients who were treated at the Samara Clinical Oncological Dispensary. All patients underwent CT scan in perfusion mode. The results of using the program were compared with the data that were calculated on the workstation of the GE Discovery CT750 HD computed tomograph.

Results. Significant differences were found in CBV and CBF perfusion indices in groups with continued growth and post-radiation necrosis, verified by biopsy. The parameters calculated using the developed program did not differ significantly from the results obtained on a standard workstation.

Conclusion. The application of the developed computer program for the analysis of CT perfusion does not depend on the equipment manufacturer, works with standard DICOM data, which increases the availability of a valuable diagnostic method. The results obtained using the proposed information technology make it possible to differentiate the continued growth of glioblastoma from post-radiation necrosis.

Keywords:

brain perfusion, «Autoplan» system, computed tomography, radiotherapy, glioblastoma, information technology

For citation

Balandina A.V., Zelter P.M., Kapishnikov A.V., Kozlov S.V., Kolsanov A.V., Chaplygin S.S. Information technology for the analysis of CT perfusion in assessing the effectiveness of treatment for glioblastoma. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2020; 7(3): 83-90.
<https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-3-8>

For correspondence

Aleksandr V. Kapishnikov – Dr. Sci. (Med.), head of the department of radiation diagnostics and radiation therapy with the course of medical Informatics Samara State Medical University, Samara, Russian Federation.
Address: 89 Chapaevskaya str., Samara 443099, Russian Federation
E-mail: a.kapishnikov@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6858-372X>
SPIN: 6213-7455, AuthorID: 337215

Information about funding. No funding of this work has been held.

Conflict of interest. Authors report no conflict of interest.

Received 27.02.2020, Review (1) 22.04.2020, Review (2) 26.06.2020, Accepted 14.09.2020

Диагностика злокачественных опухолей головного мозга и их мониторинг является важной проблемой современной нейроонкологии. Ведущее место среди злокачественных новообразований головного мозга занимают глиомы. Они встречаются до 45% среди всех случаев интракраниальных опухолей. Среди глиом особое место занимает наиболее злокачественная форма — глиобластома головного мозга. Ее лечение комбинированное, осуществляется оно по единой схеме, применимо к пациентам всех возрастов. Вначале проводится хирургическое удаление новообразования, затем выполняется курс дистанционной гамма-терапии или мегавольтной рентгено-терапии [1, 2].

Подавление опухолевого ангиогенеза является одной из основных задач при лечении глиобластомы [3]. Однако стандартные методики томографической визуализации, даже с применением контрастирования, неспособны оценить этот процесс, ограничиваясь выявлением самого новообразования и нарушениями гематоэнцефалического барьера.

Исследование перфузии злокачественных опухолей головного мозга, напротив, позволяет получить информацию о капиллярной сети образования, гемодинамике и патофизиологических свойствах опухоли [4].

При перфузионной КТ прохождение контрастного вещества по сети капилляров отслеживается при помощи серии КТ-срезов. На основании данных об изменении плотности генерируется кривая зависимости плотности от времени. Такая кривая строится для проекций крупной внутричерепной артерии и вены, что обеспечивает выделение артериального и венозного компонента.

Перфузионная компьютерная томография головного мозга позволяет количественно определить показатели мозгового кровотока (объем мозгового кровотока, его скорость и среднее время транзита по капиллярной сети), что дает информацию о состоянии опухоли в процессе и сразу после проведенного лечения [5].

Перфузионная КТ широко применяется в ранней диагностике ишемических инсультов [6]. Оценка перфузии в очаге поражения и прилежащих тканях дает возможность судить об эффективности лечения глиобластомы и в ранние сроки выявить прогрессирование заболевания [7].

Но данная методика является дополнительной и в стандартное программное обеспечение компьютерного томографа приложение для КТ-перфузии, как правило, не входит, а при наличии перфузионного пакета программ его практическое использование будет ограничено доступностью специализированной рабочей станции. В тоже время получить изображения для извлечения перфузионных параметров

возможно практически на любом мультисрезовом аппарате со шприцем-инжектором. В связи с этим нами было принято решение о разработке информационной технологии для оценки перфузии головного мозга на основе данных компьютерной томографии.

Цель исследования: разработать информационную технологию для расчета показателей перфузионной компьютерной томографии и оценить эффективность использования предложенной программы при дифференциальной диагностике продолженного роста глиобластомы и постлучевого некроза.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проведено обследование 53 пациентов (31 мужчина и 22 женщины), проходивших лечение в Самарском клиническом онкологическом диспансере в 2017–2018 гг. с гистологически подтвержденным диагнозом глиобластомы G4, Средний возраст пациентов составил $51,7 \pm 8,4$ года.

Всем пациентам проводилось субтотальное удаление опухоли с последующей лучевой терапией. Облучение выполнялось на линейных ускорителях SL75–5, SLI PLUS, SLI PRECISE DIGITAL в режиме классического фракционирования (1,8–2 Гр за фракцию 1 раз в день); СОД 40 Грей. Для формирования полей облучения использовалось 3D-планирование в системах Xio и Monaco на основе КТ-топометрии.

В качестве референтного теста были использованы данные биопсии с использованием глиального фибриллярного протеина (GFAP) и S100. Пациенты были разделены на две группы — с продолженным ростом (29 пациентов) и с постлучевым некрозом (24 пациента).

Пациентам обследованных групп проводилась серия перфузионных исследований в динамике. Для оценки эффективности программы использованы результаты, полученные через 3 месяца после окончания лучевой терапии. Наряду с компьютерной томографией мониторинг эффективности лечения включал стандартное МРТ-исследование с контрастированием.

Для перфузионной компьютерной томографии вводилось 50 мл изоосмолярного неионного контрастного вещества «Омнипак-300» (GE HEALTHCARE) внутривенно с помощью автоматического инжектора со скоростью 4–5 мл/с. Сканирование проводилось на компьютерном томографе GE Discovery CT750 HD через 5 секунд после проведения инъекции (80 кВ; 400 мА). Толщина срезов по 5 мм. Эквивалентная доза облучения составила 2,0–3,4 мЗв.

При создании программы анализа КТ-перфузии использован язык C++ и программное обеспечение Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK). Разработан

алгоритм на основе деконволюционного анализа [8], обеспечивающий интерактивное получение перфузионных показателей мозгового кровотока. Программа использует входные данные в формате DICOM.

Предложенная информационная технология реа-

лизована в качестве программного модуля (плагина), подключаемого к системе «Автоплан». Этот многофункциональный аппаратно-программный комплекс создан для анализа медицинских диагностических изображений, предоперационного планирования

Таблица 1. Результаты расчета показателей перфузии на рабочей станции GE через 3 месяца после лучевой терапии
Table 1. The results of the calculation of perfusion indices on the workstation GE 3 months after radiotherapy

Показатели в зоне интереса / Indicators in the area of interest	<i>p</i>	Продолженный рост / Continued growth	Постлучевой некроз / Post-radiation necrosis
CBF, мл / 100 мл / мин / CBF, ml / 100 ml / min	0,002	89,30 ±6,55	24,28 ±2,38
CBV, мл / 1000 мл / CBV, ml / 1000 ml	0,003	80,69±3,15	21,97±1,17

Таблица 2. Результаты расчета показателей перфузии с помощью разработанной информационной технологии через 3 месяца после лучевой терапии
Table 2. results of calculation of perfusion indicators using the developed information technology after 3 months of radiation therapy

Показатели в зоне интереса / Indicators in the area of interest	<i>p</i>	Продолженный рост / Continued growth	Постлучевой некроз / Post-radiation necrosis
CBF, мл / 100 мл / мин / CBF, ml / 100 ml / min	0,001	88,10 ±3,51	23,31 ±2,45
CBV, мл / 1000 мл / CBV, ml / 1000 ml	0,002	81,75±2,33	22,07±1,09

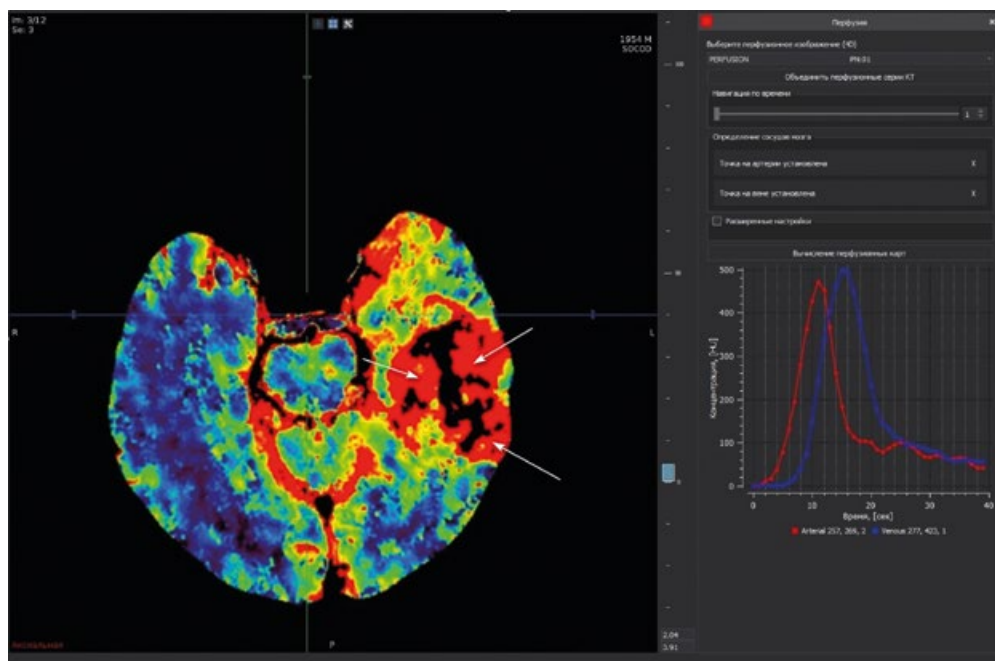


Рис. 1. Графический интерфейс разработанной программы оценки КТ-перфузии. Пациент С, 65 лет.

Справа – элементы управления программой и кинетические кривые трансфера контрастного вещества по артериальному (красная) и венозному (синяя) бассейнам. Кривые отражают динамику рентгеновской плотности в точке на срезе в просвете базилярной артерии и сагитального синуса для получения артериальной (входной) и венозной (выходной) функций. На перфузионной карте (слева) в левой височной доле определяется зона значительного повышения уровня CBV (стрелки).

Fig. 1. Graphical interface of the developed CT perfusion assessment program. Patient C, 65 years old.

On the right are performed the program controls and the kinetic curves of the contrast medium transfer through the arterial (red) and venous (blue) basins. The curves reflect the dynamics of X-ray density at a point on the section in the lumen of the basilar artery and sagittal sinus to obtain arterial (input) and venous (output) functions. On the perfusion map (left) in the left temporal lobe, a zone of significant increase in CBV level is determined (arrows).

и интраоперационной навигации в Институте инновационного развития СамГМУ [9].

На первом этапе работы программы перфузионные серии объединяются в одну, которая используется для анализа. Далее устанавливается артериальный маркер на базилярную артерию и венозный маркер на венозный синус. После построения кривых, отражающих изменения концентрации контрастного вещества и оценки их качества, возможна коррекция локализации маркеров. В результате математической обработки определяется объем крови, проходящий через единицу объема ткани мозга и выполняется построение цветных перфузионных карт.

Для оценки церебрального кровотока были выбраны следующие основные параметры. Церебральный объем крови (cerebral blood volume, CBV) — общий объем крови в выбранном участке мозговой ткани. Это понятие включает кровоток как в капиллярах, так и в более крупных сосудах — артериях, артериолах, венулах и венах. Данный показатель измеряется в миллилитрах крови на 100 г мозгового вещества (мл/100 г). Скорость церебрального кровотока (cerebral blood flow, CBF) — скорость прохождения определенного объема крови через заданный объем ткани мозга за единицу времени. CBF измеряется

в миллилитрах крови на 100 г мозгового вещества в минуту (мл/100 г/мин.).

Локальные значения CBV и CBF вычислялись с помощью инструмента для выбора зон интереса. В зоны интереса включали область патологического очага, ориентируясь на участки изменения перфузии на параметрических картах.

Оценка статистической значимости различий при сравнении двух выборок проведена с использованием критерия Манна-Уитни (Mann-Whitney U-test).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе данные перфузионной КТ пациентов обследованных групп обработаны на стандартной рабочей станции компьютерного томографа. Результаты расчета показателей CBV и CBF представлены в таблице 1.

Как следует из таблицы 1, и CB, и CBF резко отличаются в группах продолженного роста глиобластомы и постлучевого некроза. Пороговым значением CBF, установленным по среднеквадратическому отклонению, является 26,66 мл/100мл /мин, при превышении которого у пациента достоверно определялся продолженный рост. Для CBV этот показатель

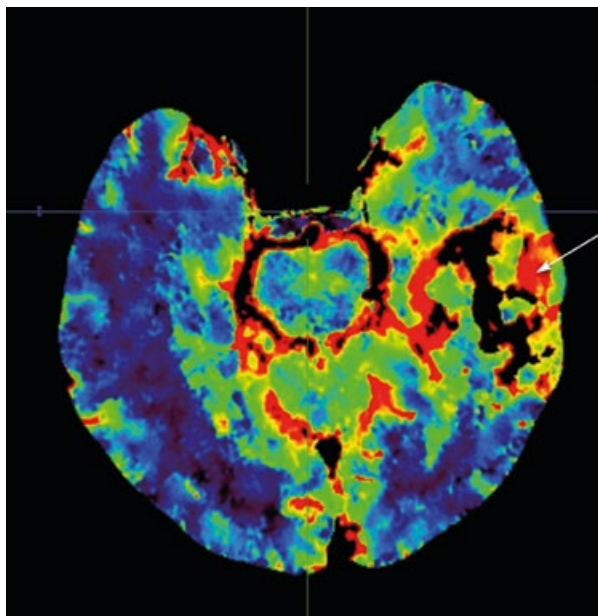


Рис. 2. Перфузионная карта CBF того же пациента полученная с помощью разработанной программы
В левой теменной доле определяется зона повышения скорости церебрального кровотока – продолженный рост опухоли (стрелка).

Fig. 2. Perfusion map CBF of the same patient is obtained using the developed program.
In the left parietal lobe, a zone of increased cerebral blood flow velocity is determined - continued tumor growth (arrow).

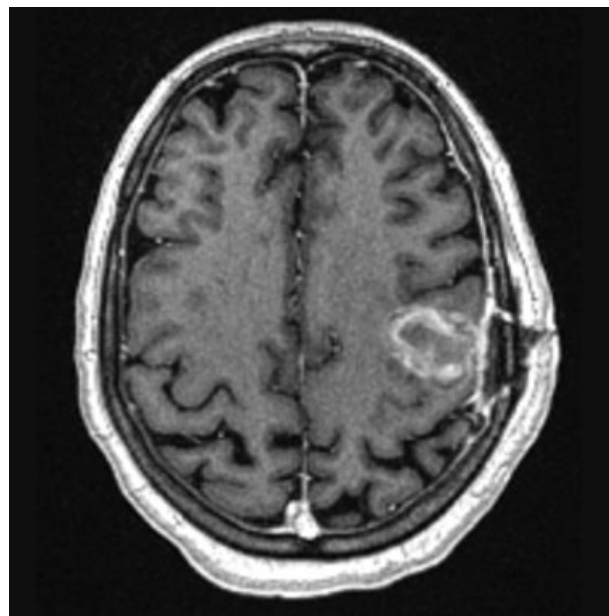


Рис. 3. МРТ головного мозга пациента М., 60 лет, через 3 месяца после курса лучевой терапии
В левой теменной доле определяется зона патологического контрастного усиления (преимущественно по периферии) с периокальным отеком и умеренно выраженным масс-эффектом.

Fig. 3. MRI of the brain of patient M., 60 years old, 3 months after the course of radiation therapy.
In the left parietal lobe, a zone of pathological contrast enhancement (mainly along the periphery) with perical edema and moderately pronounced mass effect is determined.

равен 23,14 мл/1000 мл. Эти данные подтверждают, что КТ-перфузия — это эффективный инструмент в постлучевом обследовании пациентов с опухолями головного мозга.

На втором этапе анализ перфузии был проведен с помощью разработанной информационной технологии, не требующей использования специализированной рабочей станции. Результаты представлены в таблице 2.

Сопоставление результатов, представленных в таблицах 1 и 2 показывает, что значения перфузионных параметров, полученных с помощью разработанной информационной технологии соответствуют результатам обработки на специализированной рабочей станции. Отсутствие значимых различий в показателях, определенных с помощью двух программных средств, подтверждается высоким значением p , равное 0,897 и 0,764 для CBF и CBV соответственно.

Анализ показателей перфузии, полученных с помощью предложенной информационной технологии, свидетельствует о достоверной дифференцировке группы пациентов с продолженным ростом от группы лиц с лучевым некрозом.

В качестве клинического примера использования предложенной информационной технологии построения перфузионных параметрических карт на рис. 1 и 2 представлены данные пациента с верифицированным продолженным ростом глиобластомы.

У пациентов без продолженного роста на цветных перфузионных картах наблюдалось снижение перфузии в зоне патологического очага или неизменный относительно здоровых тканей кровотоков. Эффективность распознавания постлучевого некроза с помощью разработанной программы иллюстрирует следующий клинический пример другого пациента (рис. 3 и 4). У данного пациента на перфузионных картах уровни CBV и CBF в регионе злокачественного новообразования ниже значений окружающего вещества головного мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная информационная технология позволяет оперативно получить изображения КТ-перфузии головного мозга, провести цветовое картирование кровотока и рассчитать перфузионные параметры. Преимуществом разработанной программы является ее способность выполнить обработку изображений на универсальном компьютере, используя запись томографического исследования в формате DICOM. Таким образом, существенно расширяется диапазон клинического применения ценного диагностического метода. Предложенная программа показала высокую эффективность в дифференциальном распознавании продолженного роста и постлучевого некроза у пациентов с глиобластомами.

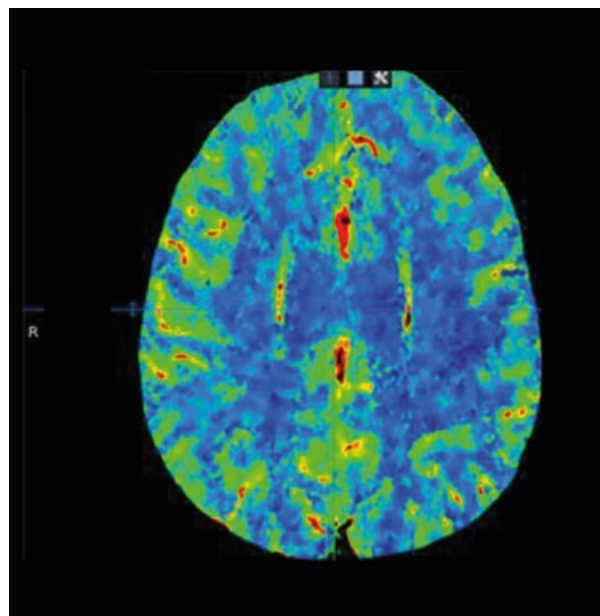
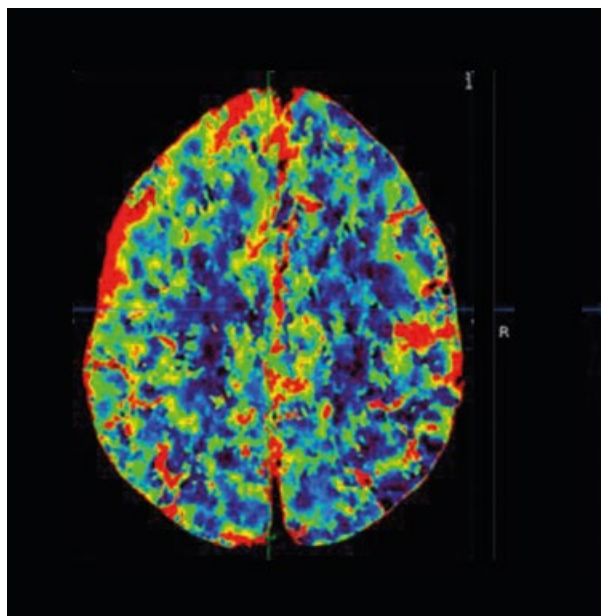


Рис. 4. Перфузионная карта CBV (слева) и CBF (справа) этого же пациента через 3 месяца после лучевой терапии. В левой теменной доле в зоне очага, обнаруженного при МРТ (рис. 3), гиперперфузии не наблюдается.

Fig. 4. Perfusion map of the same patient CBV (left) and CBF (right) of the same patient 3 months after radiotherapy. In the left parietal lobe in the area of the focus detected by MRI (fig. 3), hyperperfusion is not observed.

Участие авторов:

Баландина А.В. – сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи.
 Зельтер П.М. – концепция и дизайн исследования, написание текста, обработка материала.
 Капишников А.В. – научное редактирование.
 Козлов С.В. – научное редактирование.
 Колсанов А.В. – научное редактирование.
 Чаплыгин С.С. – техническое редактирование, оформление библиографии, подготовка иллюстраций.

Authors contribution:

Balandina A.V. – collection, analysis and interpretation of data, drafting of the article.
 Zelter P.M. – research concept and design, text writing, material processing.
 Kapishnikov A.V. – scientific editing.
 Kozlov S.V. – scientific editing.
 Kolsanov A.V. – scientific editing.
 Chaplygin S.S. – technical editing, bibliography design, illustrations preparation.

Список литературы

1. Луцук Р.А., Олюшин В.Е., Ростовцев Д.М., Кальменс В.Я., Маслова Л.Н., Кияшко С.С. и др. Ближайшие результаты повторных операций при продолженном росте злокачественных глиом. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л.Поленова. 2017;9(1):33–48.
2. Яковленко Ю.Г. Глиобластомы: современное состояние проблемы. Медицинский вестник Юга России. 2019;10(4):28–35. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2019-10-4-35>
3. Бывальцев В.А., Степанов И.А., Белых Е.Г., Яруллина А.И. Молекулярные аспекты ангиогенеза в глиобlastомах головного мозга. Вопросы онкологии. 2017; 63(1):19–27.
4. Onishi S, Kajiwaru Y, Takayasu T, Kolakshyapati M, Ishifuro M, Amatya VJ, et al. Perfusion Computed Tomography Parameters Are Useful for Differentiating Glioblastoma, Lymphoma, and Metastasis. World Neurosurg. 2018 Nov;119:e890–e897. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.291>
5. Griffith B, Jain R. Perfusion Imaging in Neuro-Oncology: Basic Techniques and Clinical Applications. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2016 Nov;24(4):765–779. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2016.07.004>

References

1. Lutsuk RA, Olyushin VE, Rostovtsev DM, Kal'mens VYa, Maslova LN, Kiyashko SS, et al. The short-term outcomes of reoperation of patients with recurrent high-grade gliomas. Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L.Polenov. 2017;9(1):33–48. (In Russian).
2. Yakovlenko Y.G. Glioblastoma: the current state of the problem Medical Herald of the South of Russia. 2019;10(4):28–35. (In Russian). <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2019-10-4-35>
3. Byvaltsev VA, Stepanov IA, Belykh EG, Yarullina AI. Molecular aspects of angiogenesis in brain glioblastomas. Journal of Oncology Issues. 2017;63(1):19–27. (In Russian).
4. Onishi S, Kajiwaru Y, Takayasu T, Kolakshyapati M, Ishifuro M, Amatya VJ, et al. Perfusion Computed Tomography Parameters Are Useful for Differentiating Glioblastoma, Lymphoma, and Metastasis. World Neurosurg. 2018 Nov;119:e890–e897. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.291>
5. Griffith B, Jain R. Perfusion Imaging in Neuro-Oncology: Basic Techniques and Clinical Applications. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2016 Nov;24(4):765–779. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2016.07.004>

6. Семенов С.Е., Хромов А.А., Портнов Ю.М. Нестеровский А.В. Исследование перфузии при нарушениях церебрального кровообращения. Часть I (История, основные постулаты и методы изучения). Обзор. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2016;(1):95–102. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2016-1-95-102>
7. Eilaghi A, Yeung T, d'Esterre C, Bauman G, Yartsev S, Easaw J, et al. Quantitative Perfusion and Permeability Biomarkers in Brain Cancer from Tomographic CT and MR Images. Biomark Cancer. 2016;8(Suppl 2):47–59. <https://doi.org/10.4137/BIC.S31801>
8. Li K, Chen G-H. Statistical properties of cerebral CT perfusion imaging systems. Part II. Deconvolution-based systems. Med Phys. 2019 Nov;46(11):4881–4897. <https://doi.org/10.1002/mp.13805>
9. Колсанов А.В., Зельтер П.М., Чаплыгин С.С., Капишников А.В. Трехмерное моделирование и навигация в клинической практике. С.: ООО «Полиграфический дом «ДСМ», 2019, 128 с.

6. Semenov SE, Portnov YuM, Khromov AA, Nesterovskii AV, Khromova AN, Semenov AS. The cerebral perfusion of circulation disturbances. Part I (History, the basic postulates and methods of research). Review. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2016;(1):95–102. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2016-1-95-102>
7. Eilaghi A, Yeung T, d'Esterre C, Bauman G, Yartsev S, Easaw J, et al. Quantitative Perfusion and Permeability Biomarkers in Brain Cancer from Tomographic CT and MR Images. Biomark Cancer. 2016;8(Suppl 2):47–59. <https://doi.org/10.4137/BIC.S31801>
8. Li K, Chen G-H. Statistical properties of cerebral CT perfusion imaging systems. Part II. Deconvolution-based systems. Med Phys. 2019 Nov;46(11):4881–4897. <https://doi.org/10.1002/mp.13805>
9. Kolsanov AV, Zelter PM, Chaplygin SS, Kapishnikov AV. Three-Dimensional modeling and navigation in clinical practice. Samara: DSM Printing house, 2019, 128 p.

Информация об авторах:

Баландина Анна Валерьевна – заведующая отделением компьютерной и магнитно-резонансной томографии ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический диспансер», г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8412-9300>, SPIN: 6586-7927, AuthorID: 1055213

Зельтер Павел Михайлович – к.м.н., ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-5942>, SPIN: 3678-3932, AuthorID: 757676

Капишников Александр Викторович* – д.м.н., заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6858-372X>, SPIN: 6213-7455, AuthorID: 337215

Козлов Сергей Васильевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой онкологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5480-961X>, SPIN: 2135-6401, AuthorID: 672131

Колсанов Александр Владимирович – д.м.н., профессор, профессор РАН, заведующий кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий, ректор ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-7090>, SPIN: 2028-6609, AuthorID: 681123

Чаплыгин Сергей Сергеевич – к.м.н., доцент, директор Института инновационного развития ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9027-6670>

Information about authors:

Anna V. Balandina – head of the department of computed tomography and magnetic resonance imaging Samara Regional Clinical Oncology Dispensary, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8412-9300>, SPIN: 6586-7927, AuthorID: 1055213

Pavel M. Zelter – Cand. Sci. (Med.), assistant of the department of radiation diagnostics and radiation therapy with the course of medical Informatics Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-5942>, SPIN: 3678-3932, AuthorID: 757676

Aleksandr V. Kapishnikov* – Dr. Sci. (Med.), head of the department of radiation diagnostics and radiation therapy with the course of medical Informatics Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6858-372X>, SPIN: 6213-7455, AuthorID: 337215

Sergey V. Kozlov – Dr. Sci. (Med.), professor, head of the oncology department Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5480-961X>, SPIN: 2135-6401, AuthorID: 672131

Alexander V. Kolsanov – Dr. Sci. (Med.), professor, professor of the Russian Academy of Sciences, head of the department of operative surgery and clinical anatomy with the course of innovative technologies, rector Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-7090>, SPIN: 2028-6609, AuthorID: 681123

Sergey S. Chaplygin – Cand. Sci. (Med.), associate professor, director of the Institute of innovative development Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9027-6670>, SPIN: 1573-0020, AuthorID: 602827