

DOI: 10.17650/2222-1468-2022-12-2-123-131



Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой и ^{18}F -холином при солитарных фиброзных опухолях оболочек головного мозга: краткий обзор литературы и клинические случаи

А.А. Оджарова, А.И. Пронин, Т.Г. Гаспарян, З.Х. Камолова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; Россия, 115478 Москва, Каширское шоссе, 24

Контакты: Замира Хусейнзода Камолова kam.zamira@gmail.com

Солитарные фиброзные опухоли оболочек головного мозга – это редкие злокачественные образования, которые могут метастазировать вне центральной нервной системы, что значительно сокращает продолжительность жизни пациентов. При этом метастазы иногда появляются в отдаленные сроки после радикального лечения первичной интракраниальной опухоли. Проведен анализ результатов позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой и ^{18}F -холином у 2 пациентов с различной дифференцировкой солитарных фиброзных опухолей. Представленные клинические случаи демонстрируют, что клинико-морфологические варианты данной патологии различаются по агрессивности и клиническому течению.

Ключевые слова: позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, солитарная фиброзная опухоль, ^{18}F -холин, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза

Для цитирования: Оджарова А.А., Пронин А.И., Гаспарян Т.Г., Камолова З.Х. Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой и ^{18}F -холином при солитарных фиброзных опухолях оболочек головного мозга: краткий обзор литературы и клинические случаи. Опухоли головы и шеи 2022; 12(2):123–31. DOI: 10.17650/2222-1468-2022-12-2-123-131

Positron emission tomography combined with computed tomography with ^{18}F -fluorodeoxyglucose and ^{18}F -choline in meningeal solitary fibrous tumors: short literature review sample and clinical cases

A.A. Odzharova, A.I. Pronin, T.G. Gasparyan, Z.Kh. Kamolova

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; Federation; 23 Kashirskoe Shosse, Moscow 115478, Russia

Contacts: Zamira Huseynzoda Kamolova kam.zamira@gmail.com

Solitary fibrous tumors of the cerebral membranes are rare brain tumors. Meningeal solitary fibrous tumors often metastasize outside the central nervous system, which significantly reduces the life expectancy of patients, while metastases can appear in a distant period after radical treatment of the primary intracranial tumor. The results of positron emission tomography combined with computed tomography with ^{18}F -fluorodeoxyglucose and ^{18}F -choline in 2 patients with different differentiation of solitary fibrous tumors were analyzed. The presented clinical cases demonstrate that clinical morphological variants of solitary fibrous tumors differ in aggressiveness and clinical course of the disease.

Key words: positron emission tomography combined, solitary fibrous tumor, hepatocellular carcinoma, ^{18}F -choline, ^{18}F -fluorodeoxyglucose

For citation: Odzharova A.A., Pronin A.I., Gasparian T.G., Kamolova Z.Kh. Positron emission tomography combined with computed tomography with ^{18}F -FDG and ^{18}F -choline in meningeal solitary fibrous tumors: short literature review sample and clinical cases. Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors 2022;12(2):123–31. (In Russ.). DOI: 10.17650/2222-1468-2022-12-2-123-131

Введение

Солитарная фиброзная опухоль (СФО) представляет собой мезенхимальное (мягкотканное) новообразование сосудистого генеза, которое развивается из перицитов Циммермана (клеток, окружающих капилляры) и может появиться в любом месте [1]. Ранее данная патология классифицировалась как гемангиоперицитомы. В последней международной классификации опухолей центральной нервной системы (ЦНС) Всемирной организации здравоохранения (2016) она относится к группе СФО мезенхимального происхождения [2].

Окончательный диагноз СФО устанавливается после иммуногистохимического исследования операционного материала. Для прогностических целей рекомендуется учитывать особенности ангиоархитектоники опухоли. Также важно учитывать критерий G (Grade) — степень морфологической злокачественности новообразования. Существуют несколько распространенных схем определения данного критерия: скандинавская система SSG (Scandinavian Sarcoma Group), американская система NCI (National Cancer Institute) и наиболее часто используемая в клинической практике французская система FNCLCC (Federation Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer) [3, 4].

Солитарная фиброзная опухоль встречается у пациентов любого возраста, в том числе у детей, независимо от пола. Как правило, она имеет доброкачественное течение, однако может рецидивировать через несколько лет или, несмотря на видимую зрелость составляющих ее клеток, давать метастазы. В связи с этим СФО следует рассматривать как потенциально злокачественную опухоль [5].

Чаще всего опухоль развивается в скелетных мышцах нижних конечностей (до 35 % случаев всех СФО), забрюшинном пространстве (до 25 % случаев). В 10 % случаев она может локализоваться в области шеи и головы. F.M. Enzinger и B.H. Smith исследовали данные 106 пациентов с СФО и выявили, что около 16 % всех опухолей локализовались в области головы и шеи [6].

Менингеальные СФО являются редкими опухолями оболочек головного мозга, встречаются в 2–4 % случаев всех образований оболочек мозга и составляют менее 1 % всех опухолей ЦНС [7]. В отличие от других менингеальных опухолей, СФО клинически характеризуется более коротким интервалом между начальными симптомами и постановкой диагноза (в среднем — 1–2 года). Менингеальные СФО часто метастазируют вне ЦНС, что значительно сокращает продолжитель-

ность жизни пациентов. Наиболее часто поражаются кости, легкие и печень. При этом метастазы могут появляться в отдаленные сроки после радикального лечения первичной интракраниальной опухоли [8].

Стандартным методом лечения СФО головного мозга является хирургическое вмешательство. При рецидивных и метастатических опухолях применяют различные терапевтические инструменты онкологии: лучевую терапию во всех модальностях, химиотерапию и таргетную терапию [9].

Диагностика солитарных фиброзных опухолей

На сегодняшний день «золотым стандартом» диагностики интракраниальных опухолей считается магнитно-резонансная томография (МРТ). Она позволяет выявить локализацию опухоли, ее взаимоотношение с окружающими анатомическими структурами, в том числе с сосудами. Различные методики МР-нейровизуализации и применение контрастного усиления предоставляют важную дополнительную информацию о возможных молекулярных изменениях внутри опухоли, а отсутствие лучевой нагрузки позволяет использовать МРТ для дальнейшего многократного мониторинга [10–12].

Еще одним методом, использующимся при мульти-модальном подходе к диагностике первичных опухолей головного мозга, является перфузионная компьютерная томография (ПКТ). Она успешно применяется в клинической практике у пациентов с различной патологией головного мозга и позволяет получать качественные данные, которые имеют большое диагностическое и прогностическое значение для ряда заболеваний головного мозга, а также помогают принять правильные клинические решения [13].

В настоящее время в нейрорадиологии большое внимание уделяется использованию методов ядерной медицины, благодаря которым можно изучать важнейшие биохимические процессы, лежащие в основе патогенеза опухолевого роста. Применение различных радиофармацевтических препаратов (РФП) дает возможность получать информацию о метаболизме глюкозы, транспорте различных аминокислот, жирных кислот, синтезе ДНК, мозговом кровотоке, пролиферации клеток, степени их гипоксии, метаболизме дофамина, ацетилхолина и других нейромедиаторов [14].

Наиболее распространенным РФП, используемым при проведении позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), в онкологии является ^{18}F -фтордезоксиглюкоза (^{18}F -ФДГ).

Данный препарат показал наибольшую эффективность при визуализации различных опухолей. Однако при интракраниальных опухолях ^{18}F -ФДГ не нашла широкого применения вследствие интенсивного физиологического накопления в головном мозге. В связи с этим при опухолях головного мозга чаще всего используют другие РФП [15, 16].

Одним из РФП, имеющим высокую диагностическую эффективность, является холин, меченный ^{11}C или ^{18}F . ^{18}F -фторхолин представляет собой меченый аналог холина и практически повторяет метаболичес-

кий путь последнего в организме. В основе активного накопления меченого холина в опухолевых клетках лежат высокий уровень транспорта холина в клетку посредством холинтрансфераз, а также высокие экспрессия и активность холинкиназы, с помощью которой происходит фосфорилирование холина и его дальнейшее превращение в фосфатидилхолин [17, 18], необходимый для формирования мембран клеток. В целом механизм накопления этого РФП в опухолях связан с высокой скоростью пролиферации и митотической активности злокачественных клеток. При ПЭТ-КТ

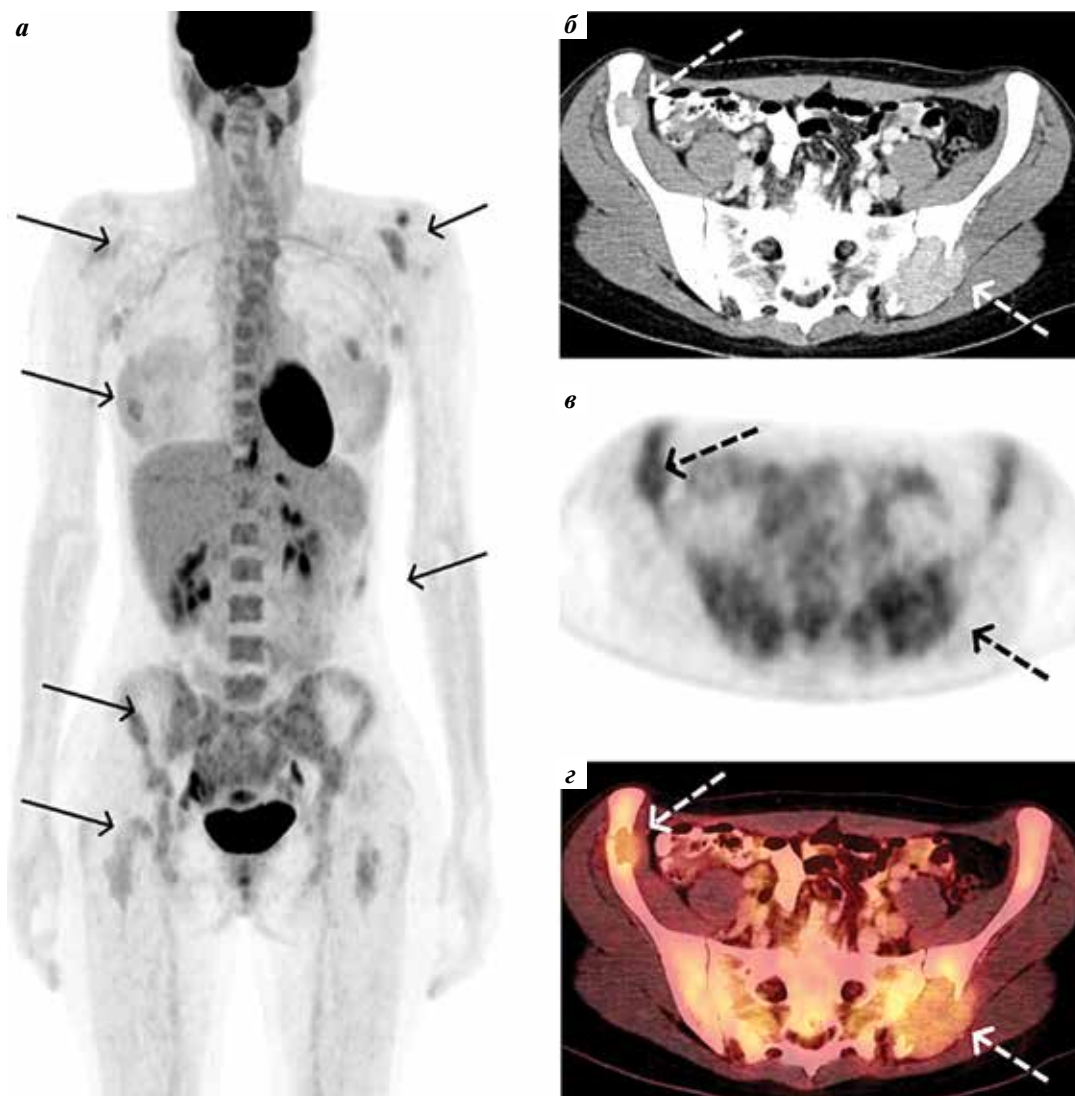


Рис 1. Пациентка О., 24 лет. Анапластическая солитарная фиброзная опухоль GIII (по классификации FNCLCC). Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), всего тела с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. На MIP-проекции ПЭТ (а) определяются очаги патологического накопления с невысокой метаболической активностью радиофармацевтического препарата (указаны стрелками), на аксиальных срезах КТ (б), ПЭТ (в) и ПЭТ-КТ (г) отмечаются наиболее крупные очаги деструкции в костях таза (указаны пунктирными стрелками)

Fig. 1. Female patient O., 24 years. Solitary anaplastic fibrous tumor, GIII (per the FNCLCC classification). Positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the whole body with ^{18}F -fluorodeoxyglucose. PET MIP projection (a) shows areas of pathological accumulation with low metabolic activity of the radiopharmaceutical agent (arrows); CT (b), PET (c) and PET/CT (d) axial sections show the largest destruction areas in the pelvic bones (dashed arrows)

головного мозга ^{18}F -холин имеет несомненное преимущество — он практически не пересекает неизменный гематоэнцефалический барьер, демонстрируя низкий уровень накопления в сером и белом веществе головного мозга. Эти свойства позволяют достичь высокого соотношения опухоль/нормальная ткань и, соответственно, обеспечивают четкую визуализацию интракраниальных опухолей.

Как известно, морфологически СФО характеризуется тем, что в ней наряду с образованием опухолевых кровеносных сосудов происходит пролиферация периваскулярных клеток, которые формируют особые структуры в виде муфт и клубков. Это приводит к увеличению общей поверхности опухолевой клетки. В свою очередь, увеличение количества компонентов клеточной мембраны приводит к повышению потребления холина, что и обуславливает высокий уровень накопления с ^{18}F -холина в СФО.

Клинические случаи

Представляем клинические наблюдения диагностической эффективности ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином у пациентов с СФО оболочек головного мозга.

Клинический случай 1

Пациентка О., 24 лет, диагноз «анapластическая СФО GIII (по классификации FNCLCC) оболочек левой височной области». Были проведены хирургическое лечение (частичное удаление опухоли) и дистанционная лучевая терапия на ложе и остаточную опухоль. При контрольном обследовании через 6 мес выявлено прогрессирование заболевания: рецидив в левой височной области, метаста-

тическое поражение костей, патологический перелом позвонка L_3 с болевым синдромом. Была выполнена биопсия опухоли подвздошной кости слева, гистологически подтвержден метастаз анapластической СФО в кость. Далее пациентке проведена ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ всего тела для оценки распространенности заболевания (рис. 1, 2).

Для выявления местного рецидива проведена ПЭТ-КТ головного мозга с ^{18}F -холином (см. рис. 2). С учетом ранее полученных результатов ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ (низкая метаболическая активность опухолевых очагов) было принято решение провести ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином в режиме «все тело» (рис. 3).

В ходе ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином выявлены высокие уровни накопления РФП как в рецидивной опухоли оболочек левой височной области, так и в костных метастазах. По результатам ПЭТ-КТ принято решение о вертебропластике позвонка L_3 , начата противоопухолевая, таргетная терапия, а также выполнена стереотаксическая лучевая терапия на аппарате «кибер-нож» на другие костные метастазы (позвонки C_6 , Th_6 , Th_7). Далее проведена вертебропластика позвонков Th_6 , Th_7 и в течение 5 мес продолжена таргетная терапия по прежней схеме.

При контрольном обследовании в диагностический алгоритм включена ПЭТ-КТ с ^{18}F -фторхолином для оценки эффективности терапии. В ходе исследования выявлено прогрессирование заболевания в виде увеличения размеров и опухолевой активности костных метастазов (рис. 4).

Клинический случай 2

Пациент Г., 36 лет, диагноз «СФО правой височной области GI (по классификации FNCLCC)». Из анамнеза: в связи с нарастающими головными болями по месту

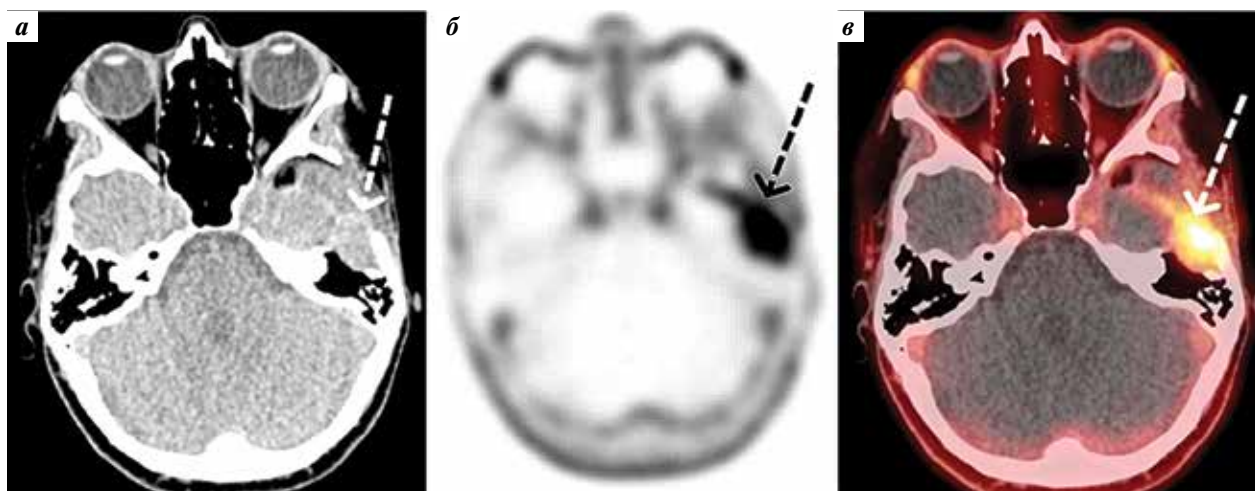


Рис. 2. Пациентка О., 24 лет. Анапластическая солитарная фиброзная опухоль GIII (по классификации FNCLCC). Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), головного мозга с ^{18}F -холином. На аксиальных срезах КТ (а) определяется рецидивное образование по оболочкам головного мозга слева, с интенсивным патологическим накоплением радиофармацевтического препарата при ПЭТ (б) и ПЭТ-КТ (в) (изменения указаны пунктирными стрелками)

Fig. 2. Female patient О., 24 years. Solitary anaplastic fibrous tumor, GIII (per the FNCLCC classification). Positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the brain with ^{18}F -choline. CT axial sections (a) show recurrent lesion in the cerebral dura on the left with intense pathological accumulation of the radiopharmaceutical agent on PET (б) and PET/CT (в) (dashed arrows)

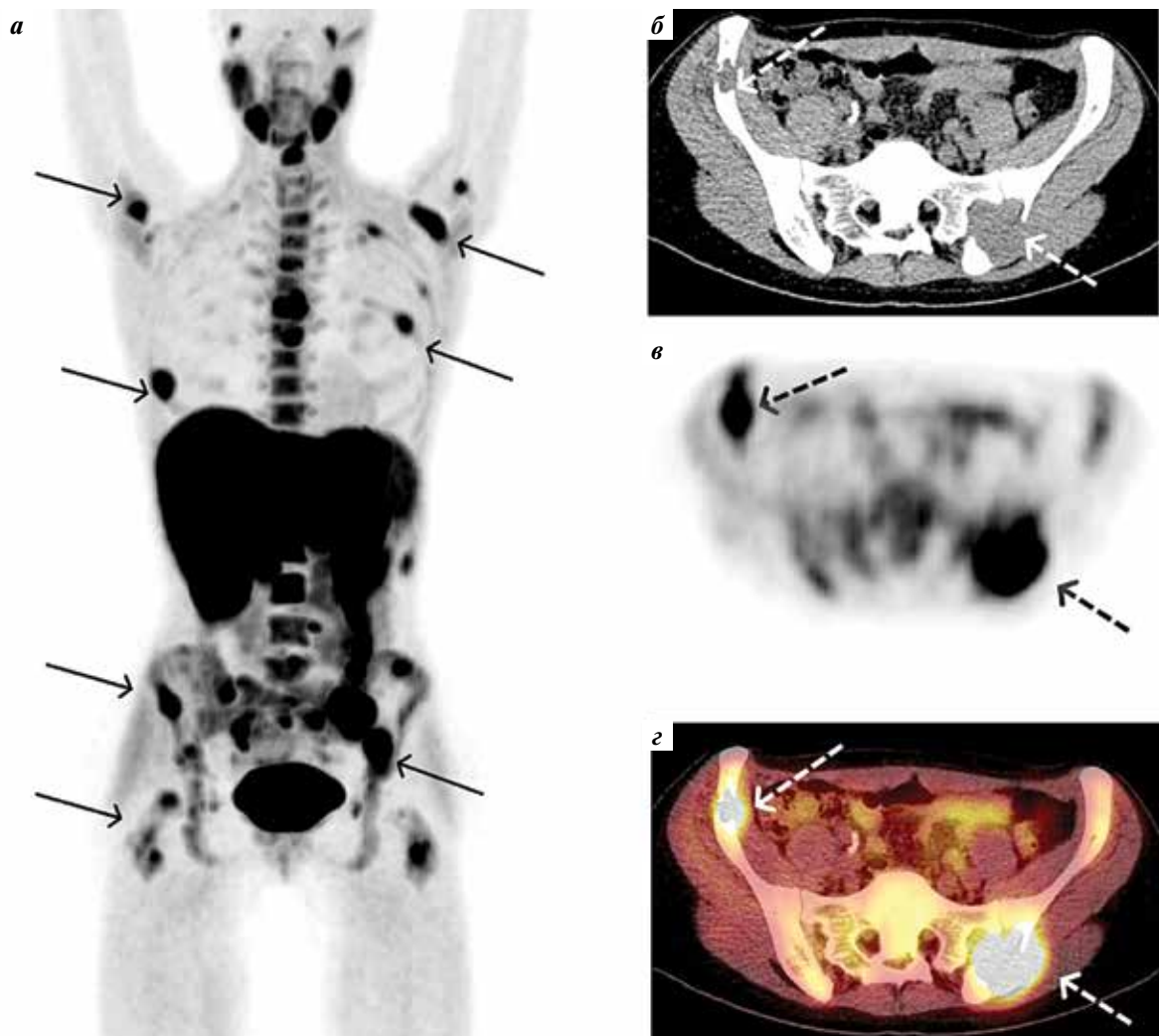


Рис. 3. Пациентка О., 24 лет. Анапластическая солитарная фиброзная опухоль GIII (по классификации FNCLCC). Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), всего тела с ^{18}F -холином. На MIP-проекции ПЭТ (а) определяются очаги патологического накопления с высокой фиксацией радиофармацевтического препарата (указаны стрелками), на аксиальных срезах КТ (б), ПЭТ (в) и ПЭТ-КТ (г) наблюдаются наиболее крупные очаги деструкции в костях таза (указаны пунктирными стрелками)

Fig. 3. Female patient O., 24 years. Solitary anaplastic fibrous tumor, GIII (per the FNCLCC classification). Positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the whole body with ^{18}F -choline. PET MIP projection (a) shows areas of pathological accumulation with high fixation of the radiopharmaceutical agent (arrows); CT (б), PET (в) and PET-CT (г) axial sections show the largest destruction areas in the pelvic bones (dashed arrows)

жительства больному проведена МРТ головного мозга, в ходе которой в правой височной области выявлено объемное образование размерами до 54×71 мм с признаками объемного воздействия на височный рог правого бокового, III желудочек и правую ножку мозга со смещением срединных структур справа налево до 7 мм. В рамках онкологического поиска для исключения метастатической природы образования выполнена ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ. По ее данным опухолевой ткани с гиперметаболической активностью РФЛП экстракраниально не обнаружено, а в образовании правой височной области выявлена зона гипометаболизма (рис. 5).

Дополнительно была проведена ПКТ опухоли, в ходе которой выявлено увеличение объема мозгового кровотока

(cerebral blood volume, CBV), а также определены среднее время транзита крови (mean transit time, MTT) и сосудистая проницаемость (flow extraction product, FEP) в сочетании с умеренным повышением объемной скорости кровотока (cerebral blood flow, CBF) (рис. 6).

С учетом результатов ПКТ для исключения СФО проведена дополнительная ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином. Выявлена высокая активность ^{18}F -холина в интракраниальном образовании в правой теменно-височной области (рис. 7).

Проведено хирургическое лечение — удаление опухоли *en-bloc*. Гистологические и иммуноморфологические признаки новообразования соответствуют СФО мягкой мозговой оболочки GI (по классификации FNCLCC).

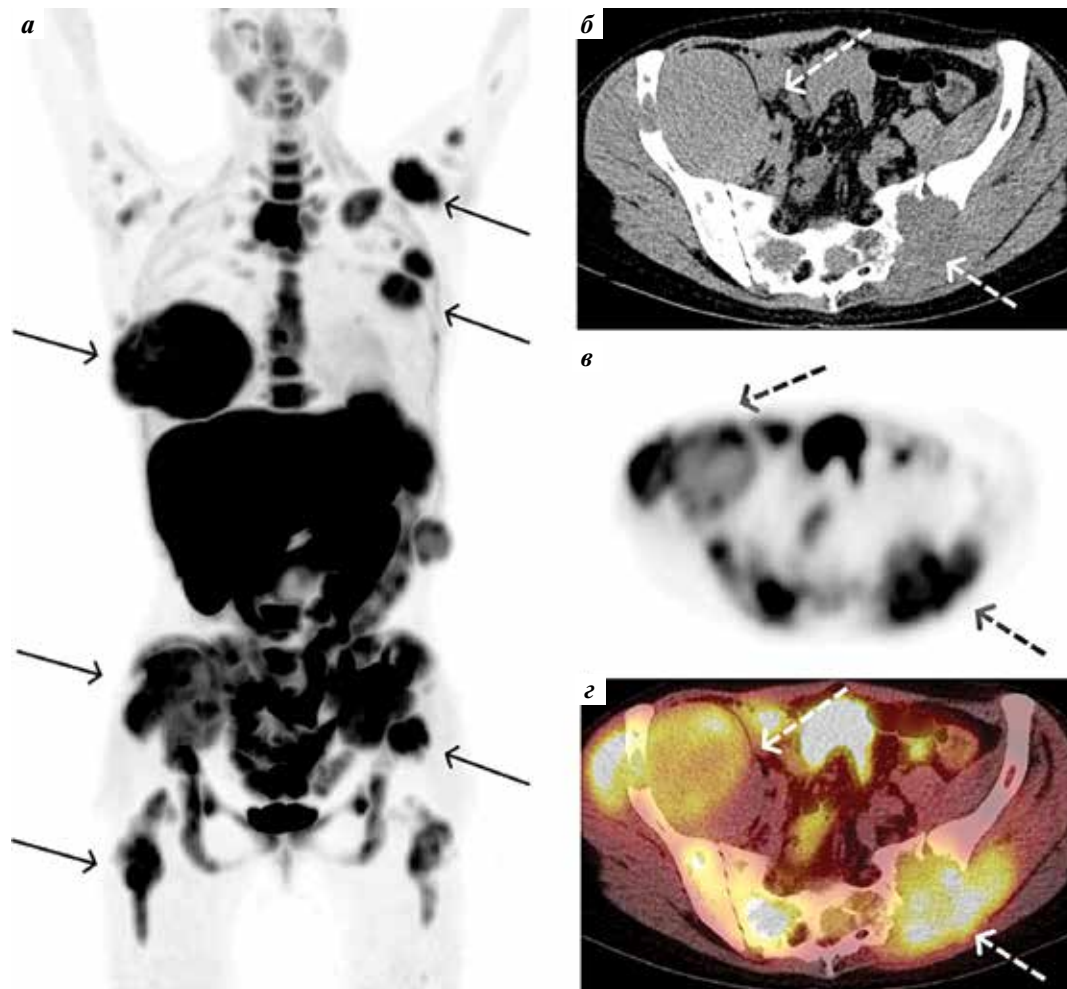


Рис. 4. Пациентка О., 24 лет. Анапластическая солитарная фиброзная опухоль GIII (по классификации FNCLCC). Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), всего тела с ^{18}F -холином в динамике. Определяется увеличение размеров и активности радиофармацевтического препарата (РФП) во всех метастазах. На МIP-проекции ПЭТ (а) визуализируются очаги патологического накопления с высокой активностью РФП (указаны стрелками), на аксиальных срезах КТ (б), ПЭТ (в) и ПЭТ-КТ (г) отмечаются наиболее крупные очаги деструкции в костях таза (указаны пунктирными стрелками)

Fig. 4. Female patient O., 24 years. Solitary anaplastic fibrous tumor, GIII (per the FNCLCC classification). Dynamic positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the whole body with ^{18}F -choline. Increased size and activity of the radiopharmaceutical agent (RPA) in all metastases is observed. PET MIP projection (a) shows areas of pathological accumulation with high activity of the RFA (arrows); CT (б), PET (в) and PET-CT (г) axial sections show the largest destruction areas in the pelvic bones (dashed arrows)

Представленные клинические случаи демонстрируют высокую диагностическую ценность ^{18}F -холина при СФО оболочек головного мозга (первичная опухоль, рецидив, метастазы).

Заключение

При делении СФО на доброкачественные, промежуточные и злокачественные основополагающее значение имеет иммуногистохимическое исследование опухоли с определением количества митозов в опухолевых клетках. Современная система FNCLCC построена на принципе качественно-полуколичественного анализа 3 гистологических параметров опухолевой ткани (дифференцировка, митотическая активность

и некроз) по 3-балльной шкале. Сумма балльных оценок соответствует одному из 3 уровней системы: GI, GII, GIII. Прогноз различен, зависит от степени злокачественности СФО и напрямую связан с оценкой местной и отдаленной распространенности. У пациентов с доброкачественными СФО после радикального удаления опухоли возможна пожизненная ремиссия. У больных с пограничными СФО часто наблюдаются местные рецидивы.

Пациенты со злокачественными СФО имеют неблагоприятный прогноз. С учетом высокого риска развития поздних рецидивов и метастазов больные с данной патологией всех типов нуждаются в пожизненном наблюдении онколога и регулярном обследовании.

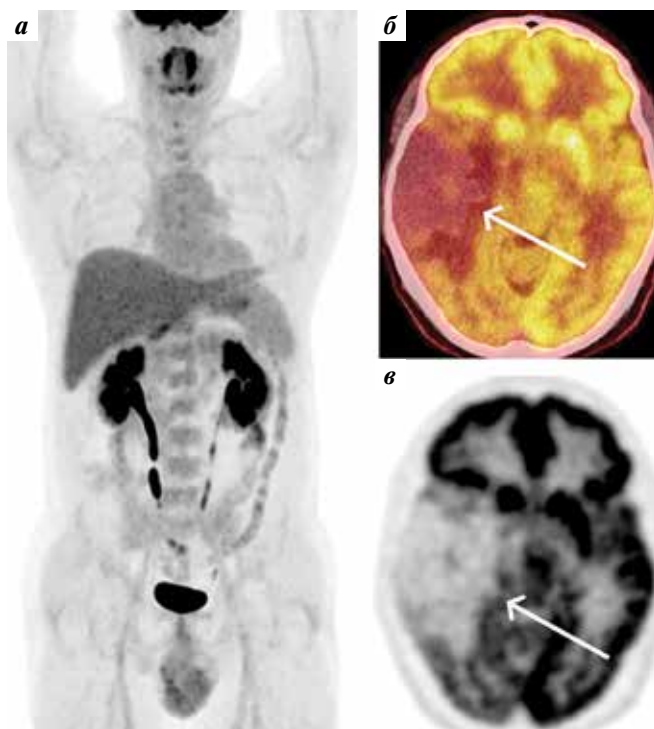


Рис. 5. Пациент Г., 36 лет. Солитарная фиброзная опухоль правой височной области. Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), всего тела с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. На МIP-проекции ПЭТ (а) экстракраниальные очаги патологического накопления радиофармацевтического препарата не определяются. На аксиальных срезах ПЭТ-КТ (б) и ПЭТ (в) в зоне образования визуализируется гипометаболический участок (указан стрелками)

Fig. 5. Male patient G., 36 years. Solitary fibrous tumor in the right temporal area. Positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the whole body with ^{18}F -fluorodeoxyglucose. PET MIP projection (a) shows no extracranial areas of accumulation of the radiopharmaceutical agent. PET-CT (b) and PET (c) axial sections in the tumor area show a hypometabolic area (arrows)

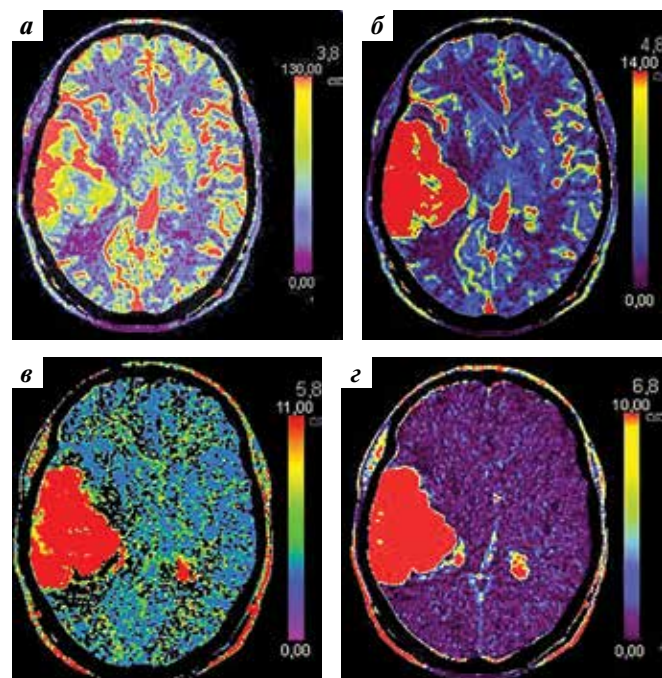


Рис. 6. Пациент Г., 36 лет. Солитарная фиброзная опухоль правой височной области. Перфузионная компьютерная томография головного мозга: а — объемная скорость мозгового кровотока (cerebral blood flow, CBF); б — объем мозгового кровотока (cerebral blood volume, CBV); в — среднее время транзита крови (mean transit time, MTT); г — сосудистая проницаемость (flow extraction product, FEP). Отмечается выраженное повышение объема мозгового кровотока, определены среднее время транзита крови и увеличение сосудистой проницаемости в образовании правой височной области в сочетании с высокими значениями скорости мозгового кровотока

Fig. 6. Male patient G., 36 years. Solitary fibrous tumor in the right temporal area. Perfusion computed tomography of the brain: a — cerebral blood flow (CBF); б — cerebral blood volume (CBV); в — mean transit time (MTT); г — flow extraction product (FEP). Pronounced increase in cerebral blood volume is observed, mean transit time and increased vascular permeability were measured in conjunction with high values of cerebral blood flow

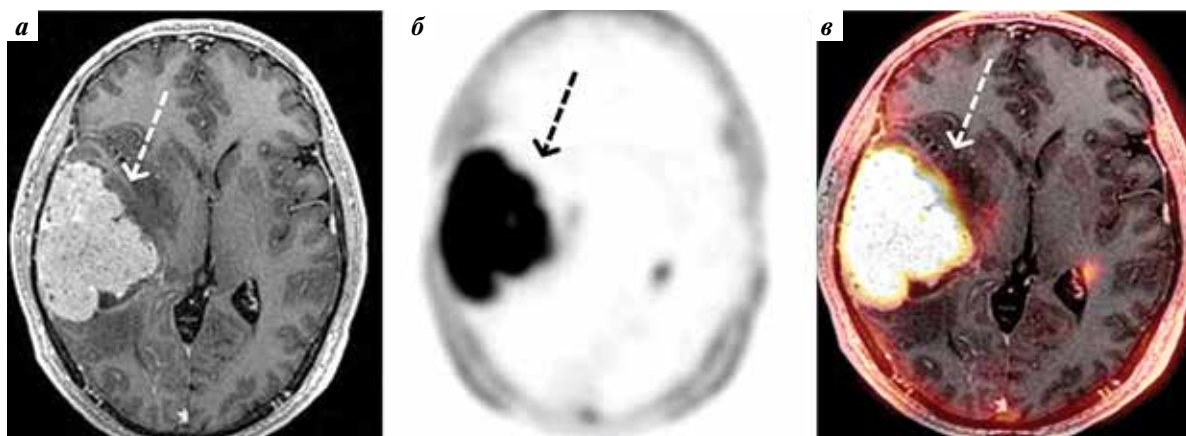


Рис. 7. Пациент Г., 36 лет. Солитарная фиброзная опухоль правой височной области. Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ), головного мозга с ^{18}F -холином. На аксиальных срезах КТ (а), ПЭТ (б) и ПЭТ-КТ (в) в зоне образования выявляется патологический очаг с интенсивным накоплением радиофармацевтического препарата (указан стрелками)

Fig. 7. Male patient G., 36 years. Solitary fibrous tumor in the right temporal area. Positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) of the brain with ^{18}F -choline. CT (a), PET (b) and PET/CT (c) axial sections in the tumor area show a pathological lesion with intense accumulation of the radiopharmaceutical agent (arrows)

Представленные клинические случаи демонстрируют, что клинко-морфологические варианты СФО различаются по агрессивности и клиническому течению. В частности, у пациентки О. опухоль соответствовала GIII, а у пациента Г. — GI. В описанных случаях СФО оболочек головного мозга ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином имела высокую диагностическую эффективность, что подтверж-

дается результатами зарубежных пилотных исследований. По нашему мнению, необходимы дальнейшие исследования, направленные на поиск критериев злокачественности на основе количественных показателей данных ПЭТ-КТ с ^{18}F -холином на диагностическом этапе обследования пациентов с СФО оболочек головного мозга.

Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S

1. Stout A.P., Murray M.R. Hemangiopericytoma. A vascular tumor featuring Zimmerman's pericytes. *Ann Surg* 1942;116(1):26–33. DOI: 10.1097/0000658-194207000-00004.
2. Louis D.N., Perry A., Reifenberger G. et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Acta Neuropathologica* 2016;131(6):803–20. DOI: 10.1007/s00401-016-1545-1.
3. Ouladan Sh., Trautmann M., Orouji E. et al. Differential diagnosis of solitary fibrous tumors: A study of 454 soft tissue tumors indicating the diagnostic value of nuclear STAT6 relocation and *ALDH1* expression combined with *in situ* proximity ligation assay. *Int J Oncol* 2015;46(6):2595–605. DOI: 10.3892/ijo.2015.2975.
4. Gold J.S., Antonescu C.R., Hajdu C. et al. Clinicopathologic correlates of solitary fibrous tumors. *Cancer* 2002;15;94(4):1057–68. DOI: 10.1002/cncr.10328.
5. Bruzzone A., Varaldo M., Ferrarazzo C. et al. Solitary fibrous tumor. *Rare Tumors* 2010;2(4):e64. DOI: 10.4081/rt.2010.e64.
6. Enzinger F.M., Smith B.H. Hemangiopericytoma. An analysis of 106 cases. *Hum Pathol* 1976;7(1):61–82. DOI: 10.1016/s0046-8177(76)80006-8.
7. Cardoso B.B., Moreira D.P., de Assis Fernandes Tavares F. Management of patients with hemangiopericytoma: case report and literature review. *Am J Health Res* 2019;7(2):24–30. DOI: 10.11648/j.ajhr.20190702.12.
8. Hayenga H.N., Bishop A.J., Wardak Z. et al. Intraspinal dissemination and local recurrence of an intracranial hemangiopericytoma. *World Neurosurg* 2019;123:68–75. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.173.
9. Феденко А.А., Бохян А.Ю., Горбунова В.А. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению сарком мягких тканей. Рекомендации Восточно-Европейской группы по изучению сарком. Злокачественные опухоли. 2020;10(3s2-1):296–305. [Fedenko A.A., Bokhyan A.Yu., Gorbunova V.A. et al. Practical recommendations for the drug treatment of soft tissue sarcomas. Recommendations of the Eastern European Sarcoma Study Group. *Malignant tumors* 2020;10(3s2-1):296–305. (In Russ.)]. DOI: 10.18027/2224-5057-2017-7-3s2-216-224.
10. Abd-Ellah M.K., Awad A.I., Ashraf A.M. et al. A review on brain tumor diagnosis from MRI images: practical implications, key achievements, and lessons learned. *Magn Reson Imaging* 2019;61:300–18. DOI: 10.1016/j.mri.2019.05.028.
11. Horská A., Barker P.B. Imaging of brain tumors: MR spectroscopy and metabolic imaging. *Neuroimaging Clin North Am* 2010;20(3):293–310. DOI: 10.1016/j.nic.2010.04.003.
12. Sawlani V., Patel M.D., Davies N. et al. Multiparametric MRI: practical approach and pictorial review of a useful tool in the evaluation of brain tumours and tumourlike lesions. *Insights Imaging* 2020;11(89):19. DOI: 10.1186/s13244-020-00888-1.
13. Пронин И.Н. Фадеева Л.М., Захарова Н.Е. и др. Перфузионная КТ: исследование мозговой гемодинамики в норме. Медицинская визуализация 2007;3:8–14. [Pronin I.N., Fadeeva L.M., Zaharova N.E. et al. Perfusion CT: the study of cerebral hemodynamics is normal. *Medicinskaya vizualizaciya* = Medical Imaging 2007;3:8–14. (In Russ.)].
14. Lövblad K.-O., Bouchez L., Altrichter S. PET-CT in neuroradiology. *Clin Transl Neurosci* 2019;3(2):13. DOI: 10.1177/2514183X19868147.
15. Lasocki A., Hicks R.J. How we read: the combined use of MRI and novel PET tracers for the characterisation and treatment planning of masses in neuro-oncology. *Cancer Imaging* 2019;19:57. DOI: 10.1186/s40644-019-0241-5.
16. Albert N.L., Weller M., Suchorska B. et al. Response assessment in neuro-oncology working group and European Association for Neuro-Oncology recommendations for the clinical use of PET imaging in gliomas. *Neuro Oncol* 2016;18(9):1199–208. DOI: 10.1093/neuonc/now058.
17. Hara T., Kosaka N., Kishi H. PET imaging of prostate cancer using carbon-11-choline. *J Nucl Med* 1998;39(6):990–5.
18. Gibellini F., Smith T.K. The Kennedy pathway-*De novo* synthesis of phosphatidylethanolamine and phosphatidylcholine. *IUBMB Life* 2010;62(6):414–428. DOI: 10.1002/iub.337.

Вклад авторов

А.А. Оджарова: анализ публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

А.И. Пронин: редактирование статьи;

Т.Г. Гаспарян: проведение хирургического лечения, редактирование статьи;

З.Х. Камолова: обзор научных публикаций по теме статьи.

Authors' contribution

A.A. Odzharova: analysis of publications on the topic of the article, article writing;

A.I. Pronin: article editing;

T.G. Gasparyan: surgical treatment, article editing;

Z.Kh. Kamolova: review of scientific publications on the topic of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.А. Оджарова / A.A. Odzharova: <https://orcid.org/0000-0003-3576-6156>

А.И. Пронин / A.I. Pronin: <https://orcid.org/0000-0003-1632-351X>

Т.Г. Гаспарян / T.G. Gasparyan: <https://orcid.org/0000-0003-0194-7645>

З.Х. Камолова / Z.Kh. Kamolova: <https://orcid.org/0000-0002-4376-3978>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was conducted without sponsorship.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The patients gave written informed consent to the publication of their data.

Статья поступила: 18.01.2022. **Принята к публикации:** 20.02.2022.

Article submitted: 18.01.2022. **Accepted for publication:** 20.02.2022.