

## МРТ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ СРЕДНЕЙ ЗОНЫ ЛИЦА У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

**ХОДЖИБЕКОВА ЮЛДУЗ МАРАТОВНА**, ORCID ID: 0000-0002-0058-5905, докт. мед. наук, профессор кафедры онкологии и медицинской радиологии, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, 100047, Ташкент, Яшнабадский район, улица Таракиёт, 103, e-mail: lolita\_yunusova@mail.ru

**ЮНУСОВА ЛАЛИТА РИНАТОВНА**, ORCID ID: 0000-0002-7807-9463, канд. мед. наук, доцент кафедры онкологии и медицинской радиологии, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, 100047, Ташкент, Яшнабадский район, улица Таракиёт, 103, e-mail: lolita\_yunusova@mail.ru

**АМОНУЛЛОЕВ РУСТАМ АЗИМЖОНОВИЧ**, ORCID ID: 0009-0006-6501-9273, докт. мед. наук, профессор, заведующий кафедрой детской челюстно-лицевой хирургии, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, 100047, Ташкент, Яшнабадский район, улица Таракиёт, 103, e-mail: lolita\_yunusova@mail.ru

**ИКРАМОВ ГАЙРАТ ОЛИМОВИЧ**, ORCID ID: 0000-0002-5772-8938, канд. мед. наук, доцент кафедры детской челюстно-лицевой хирургии, «Ташкентский государственный стоматологический институт», Узбекистан, 100047, Ташкент, Яшнабадский район, улица Таракиёт, 103, e-mail: lolita\_yunusova@mail.ru

**Реферат. Введение.** Рино-орбито-церебральный мукормикоз – это ангиоинвазивная инфекция, вызывается нитевидными грибами семейства Mucoraceae. Были предложены многочисленные факторы, определяющие развитие мукормикоза на фоне COVID-19. Предрасполагающие факторы включают неконтролируемый диабет, гематологические злокачественные новообразования, трансплантацию солидных органов и стволовых клеток, прием кортикостероидов и ослабленный иммунитет. **Целью исследования** явилось изучение признаков томографической визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза. **Материал и методы.** Проведено ретроспективное исследование результатов компьютерной и/или магнитно-резонансной томографии 120 пациентов, у которых был диагностирован мукормикоз, ассоциированный с COVID-19. **Результаты и обсуждение.** Результаты визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза, связанные с COVID-19, используя адаптированную упрощенную (трехэтапную) систему стадирования, которую можно легко применять в повседневной практике и которая помогает стандартизировать и улучшить коммуникацию между радиологами и клиницистами. Тяжесть заболевания варьирует от изолированного поражения придаточных пазух носа до обширного поражения головного мозга. Клинические исходы у пациентов с COVID-19 с рино-офтальмо-церебральным мукормикозом постепенно увеличиваются в зависимости от степени тяжести при визуализации. **Выводы.** Ранняя диагностика мукормикоза имеет решающее значение, поскольку визуализация играет ключевую роль в стадировании процесса заболевания и оценке вовлечения более глубоких структур, которые могут быть неочевидны клинически. Хотя полезны как компьютерная томография, так и магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная томография с контрастным усилением является предпочтительным исследованием, так как помогает определить степень распространенности заболевания, особенно в отношении глубокого распространения в челюстно-лицевую область и головной мозг.

**Ключевые слова:** мукормикоз, КТ, МРТ, COVID-19, остеомиелит.

**Для ссылки:** Ходжибекова Ю.М., Юнусова Л.Р., Амонуллоев Р.А., Икрамов Г.А. МРТ визуализация осложнений средней зоны лица у пациентов перенесших COVID-19 // Вестник современной клинической медицины. – 2023. – Т.16, Прил.2. – С.49-54. DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(suppl.2).49-54.

## MRI IMAGING OF MIDFACE COMPLICATIONS IN POST-COVID-19 PATIENTS

**KHODJIBEKOVA YULDUZ M.**, ORCID ID: 0000-0002-0058-5905, Dr. sc. med., Professor at the Department of Oncology and Medical Radiology, Tashkent State Dental Institute, 103 Maxtumkuli Street, Yashnabad District, 100047 Tashkent, Uzbekistan; tel.: +99-871-2302073

**YUNUSOVA LALITA R.**, ORCID ID: 0000-0002-7807-9463, PhD, Associate Professor at the Department of Oncology and Medical Radiology, Tashkent State Dental Institute, 103 Maxtumkuli Street, Yashnabad District, 100047 Tashkent, Uzbekistan; tel.: +99-871-2302073; e-mail: lolita\_yunusova@mail.ru

**AMONULLOEV RUSTAM A.**, ORCID ID: 0009-0006-6501-9273, Dr. sc. med., Professor, Head of the Department of Pediatric Maxillofacial Surgery, Tashkent State Dental Institute, 103 Maxtumkuli Street, Yashnabad District, 100047 Tashkent, Uzbekistan; tel.: +99-871-2302073

**IKRAMOV GAYRAT O.**, ORCID ID: 0000-0002-5772-8938, Cand. sc. med., Associate Professor at the Department of Pediatric Maxillofacial Surgery, 103 Maxtumkuli Street, Yashnabad District, 100047 Tashkent, Uzbekistan; tel.: +99-871-2302073

**Abstract. Introduction.** Rhino-orbito-cerebral mucormycosis is an angio-invasive infection caused by filamentous fungi of the Mucoraceae family. Numerous factors were proposed determining mucormycosis against the COVID-19 background. Predisposing factors include uncontrolled diabetes, hematological malignancies, transplantation of solid organs and stem cells, corticosteroids, and weakened immunity. **Aim** of the study was to investigate the tomographic signs of rhino-cerebral mucormycosis. **Materials and Methods.** A retrospective study of CT and/or MRI images of 120 patients was conducted, who have been diagnosed with COVID-19 associated with mucormycosis, based on histopathology and/or seeding. **Results and Discussion.** Imaging findings of rhino-orbito-cerebral mucormycosis associated with COVID-19 using an adapted simplified (three-stage) staging system that can be easily applied to everyday practice and helps standardize and improve communication between radiologists and clinicians. The severity

of the disease varies from isolated lesions of the paranasal sinuses to extensive brain damage. Clinical outcomes in patients with COVID-19 with rhino-orbito-cerebral mucormycosis gradually increase depending on the severity of imaging. **Conclusions.** Early diagnosis of mucormycosis is crucial because visualization is essential at staging the disease and assessing the involvement of deeper structures that may be clinically unmanifest. Although both CT and MRI are useful, contrast-enhanced MRI is the method of choice and helps determine the extent of the disease, especially with respect to the deep spread in the maxillofacial region and brain.

**Keywords:** COVID-19, MRI, CT, osteomyelitis, mucormycosis.

**For reference:** Khodjibekova YuM, Yunusova LR, Ammonulloev RA, Ikramov GA. MRI imaging of midface complications in post-COVID-19 patients. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine.* 2023; 16(Suppl.2):49-54. DOI:10.20969/VSKM.2023.16(suppl.2).49-54.

**В**ведение. COVID-19 имеет различные признаки и симптомы, но часто включает лихорадку, кашель, головную боль, гипоксию, тромбоэмболические нарушения, утомляемость, одышку, диарею, аносмию и агевзию [1,2].

Рино-орбито-церебральный мукормикоз (РОЦМ) приобрел масштабы эпидемии, вызвав новую проблему для здравоохранения Средней Азии. Рино-орбито-церебральный мукормикоз – это ангиоинвазивная инфекция, вызывается нитевидными грибами семейства *Mucogaseae*. Были предложены многочисленные факторы, определяющие рино-орбито-церебральный мукормикоз на фоне COVID-19. Предрасполагающие факторы включают неконтролируемый диабет, гематологические злокачественные новообразования, трансплантацию солидных органов и стволовых клеток, прием кортикостероидов и ослабленный иммунитет [3,4,5]. Во время пандемии COVID-19 в Центральной Азии значительно возросло число пациентов с мукормикозом. Сочетание нового тяжелого острого респираторного синдрома, вызванного коронавирусом 2, наряду с ранним и чрезмерным использованием стероидов/моноклональных антител и антибиотиков широкого спектра действия может быть основными факторами состояний, приводящих к нарушению иммунной регуляции [6,7]. Рино-орбито-церебральный мукормикоз преимущественно наблюдается у пациентов с диабетом/преддиабетом, у которых инфекция COVID-19 увеличивает риск осложнений и летальности. Патогенез развития мукормикоза при инфекции COVID-19 многофакторный. Клинические признаки включают заложенность носа, носовое кровотечение, выделения из носа, отек лица, лицевую и/или орбитальную боль, усиливающуюся головную боль, проптоз, внезапную потерю зрения, парестезию лица, внезапный птоз, диплопию, паралич лицевого нерва, лихорадку, паралич и очаговые судороги [8]. Раннее выявление и лечение имеют решающее значение для улучшения исхода, что подтверждается худшими клиническими исходами у пациентов с более высокими стадиями визуализации. Компьютерная томография (КТ) при рино-орбито-церебральном мукормикозе играет относительно меньшую роль по сравнению с магнитно-резонансной томографией (МРТ), которая в целом обладает лучшим разрешением мягких тканей для оценки распространения заболевания [9].

МРТ с контрастным усилением играет жизненно важную роль как в диагностике, так и в прогнозировании. Из-за превосходного пространственного

разрешения и контрастности мягких тканей МРТ является предпочтительным методом визуализации для оценки внутриорбитального расширения, расширения основания черепа, поражения менингеальной области, паренхимы головного мозга, периневральной и ангиоинвазивной инвазии [10,11]. Mazza и соавт. разработали наглядный обзор мукормикоза от начала до сосудистых осложнений, предложив трехступенчатую систему оценки степени поражения [4]. Таким образом, 3 стадии прогрессирующего вовлечения включают в себя: синоназальное, орбитальное и внутричерепное вовлечение [12]. В рамках этого межведомственного исследования мы намерены выделить признаки томографической визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза, которые связаны с COVID-19. В качестве вторичной конечной точки мы стремимся найти возможные ассоциации с другими клинико-демографическими переменными.

**Целью исследования** явилось изучение признаков томографической визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза.

**Материал и методы.** Мы провели ретроспективное исследование изображений компьютерной томографии и/или магнитно-резонансной томографии 120 пациентов, у которых был диагностирован COVID-19, ассоциированный с мукормикозом на основании гистопатологии и/или посева. Было получено разрешение учреждения на сбор изображений и основных клинических данных. Всем пациентам проведена компьютерная томография и/или магнитно-резонансная томография с контрастированием или без него, в зависимости от клинического состояния пациента и консенсусного решения команды лечащих врачей. Визуализация оценена и проведена опытными нейрорадиологами независимо друг от друга.

Пациенты либо имели активную инфекцию COVID-19, либо недавно вылечились от инфекции COVID-19 с интервалом в 3-30 дней. Случаи заболевания были объединены из 4 различных центров медицинской помощи в городе Ташкент (Узбекистан), во время второй волны COVID-19 в мае 2021 года. Помимо визуализации также были собраны другие важные клинические данные, включая статус диабета, прием стероидов или других иммуномодуляторов, дополнительный кислород, интервал между COVID-19 и диагностикой мукормикоза, лечение и исход. Была принята простая трехступенчатая система классификации, которая легла в основу нашей работы. Протокол исследования был одобрен

локальным этическим комитетом центра. От каждого участника было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Нами была использована трехступенчатая система классификации, предложенная Mazzali et al., для анализа лучевой визуализации при рино-офтальмо-церебральном мукормикозе (таблица 1).

Данные были собраны в электронной таблице Excel (Microsoft, Redmond, Washington, USA). Статистический анализ проводился с помощью программного обеспечения R (version 3.1.3; The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Непараметрический критерий Краскела–Уоллиса был использован для группового сравнения непрерывных переменных. Тест С2 использовался для порядковых переменных.

**Результаты и обсуждение.** В исследование было включено 120 случаев (средний возраст =55,1 года; соотношение мужчин и женщин: 67:53; стадия 1, n = 37; стадия 2, n =39; стадия 3, n = 44). В 71% случаев у пациентов был выявлен диабет (n = 85). Системные стероиды были назначены 59,1%

(n=71), в то время как 50% (n=60) пациентов получали дополнительный кислород. Большинство из них подверглись хирургическому вмешательству. Шестьдесят два испытуемых (51%) показали клиническое улучшение после терапии, в то время как 58 в конечном итоге скончались от болезни.

Не было отмечено статистически значимой разницы в средней продолжительности (в днях) между диагнозом COVID-19 и РОЦМ в 3 подгруппах пациентов, прошедших визуализацию (P=0,86). Непараметрический Критерий Краскела – Уоллиса не выявил значимой связи между употреблением стероидов (P=0,53), диабетом (P=0,74) или приемом кислородных добавок (P=0,12) с более высокими стадиями визуализации, также не было заметной связи между вышеупомянутыми переменными и клиническими исходами. Как и предполагалось, наблюдалась значительная корреляция более высоких стадий визуализации с плохими клиническими исходами (P=0,0003). В таблице 2 представлены результаты визуализации, а на рисунках 1,2 важные результаты визуализации соответственно.

Таблица 1

Стадии рино-офтальмо-церебрального мукормикоза

Table 1

**Proposed Staging of rhino-orbital-cerebral mucormycosis**

СТАДИИ РИНО-ОФТАЛЬМО-ЦЕРЕБРАЛЬНОГО МУКОРМИКОЗА	
<b>Стадия 1: Вовлечение придаточных пазух носа.</b>	<b>1A:</b> Поражение одной пазухи носа и прилегающей средней носовой раковины. <b>1B:</b> Поражение >1 прилегающей пазухи и/или носовой раковины <b>1C:</b> Двухстороннее поражение придаточных пазух носа
<b>Стадия 2: Вовлечение орбиты</b>	<b>2A:</b> Вовлечение только медиального и/или нижнего отделов орбиты. <b>2B:</b> Диффузное одностороннее поражение орбиты со зрительным нервом или/без него, носослезным протоком и поражением сосудов. <b>2C:</b> Двустороннее вовлечение орбиты.
<b>Стадия 3: Поражение центральной нервной системы</b>	<b>3A:</b> Вовлечение пахименингеальных оболочек, решетчатой пластинки, кавернозного синуса/пещеры Меккеля. <b>3B:</b> Поражение сосудов (инфаркт/ кровотечение)/ периневральное распространение и поражение основания черепа. <b>3C:</b> Лептоменингит, церебрит или образование абсцесса - очаговое или диффузное поражение - рино-офтальмо-церебральный мукормикоз

Таблица 2

Результаты визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза

Table 2

**Results of visualization of rhino-orbital-cerebral mucormycosis**

Ключевые признаки визуализации на МРТ при рино-офтальмо-церебральном мукормикозе	
Признак/Вовлеченная структура	Распространенность
Признак "черной носовой раковины"	120 (100%)
Воспаление придаточных пазух носа	120 (100%)
Вовлечение верхушки орбиты	48 (40%)
Ишемическая оптическая нейропатия	12 (10%)
Поражение основания черепа	25 (20.8%)
Поражение кавернозного синуса/пахименингеальной области	32 (26.6%)
Вовлечение пещеры Меккеля	26 (21.6%)
Лептоменингит	17 (14.1%)
Неинкапсулированный очаг инфекционного поражения мозга (церебрит)	12 (10%)
Внутричерепной абсцесс	5 (4.1%)
Периневральное распространение	29 (24.1%)
Ишемический инсульт	10 (8.3%)
Субарахноидальное кровоизлияние, разрыв аневризмы	28 (23.3%)
Распространение инфекционного процесса в ствол головного мозга	5 (4.1%)

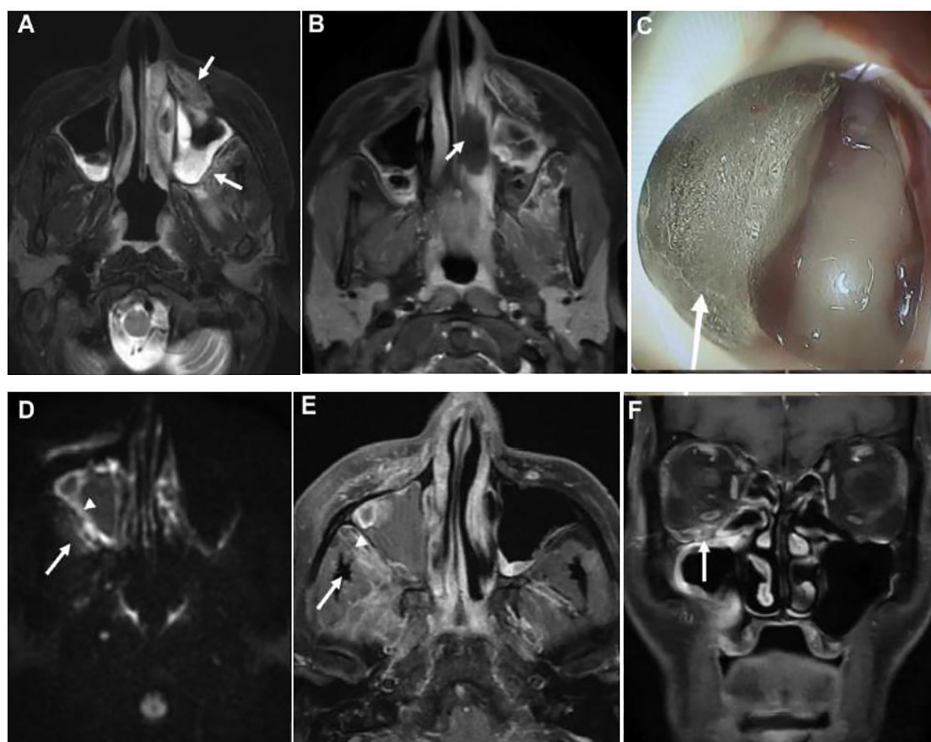


Рисунок 1. Ключевые особенности визуализации заболевания 1-й стадии.

- (А) Аксиальное Т2-взвешенное изображение с подавлением жира, показывающее ранние признаки 1-й стадии РОЦМ. (Б) Аксиальное Т1-взвешенное (fat-saturated) постконтрастное изображение - признак "черной носовой раковины". (С) Изображение при эндоскопии носа. (D) Диффузно взвешенное изображение. (E) Аксиальное Т1W (fat-saturated) постконтрастное изображение. (F) Коронарное Т1W (fat-saturated) постконтрастное изображение.

Figure 1. Key imaging features of stage 1 disease.

- (A) Axial T2-weighted fat-suppressed image showing early signs of stage 1 rhino-orbital-cerebral mucormycosis. (B) Axial T1-weighted (T1W) fat-saturated postcontrast image - "black turbinate" sign. (C) Nasal endoscopy image. (D) Axial diffusion-weighted image. (E) Axial T1W fat-saturated postcontrast image. (F) Coronal T1W fat-saturated postcontrast image.

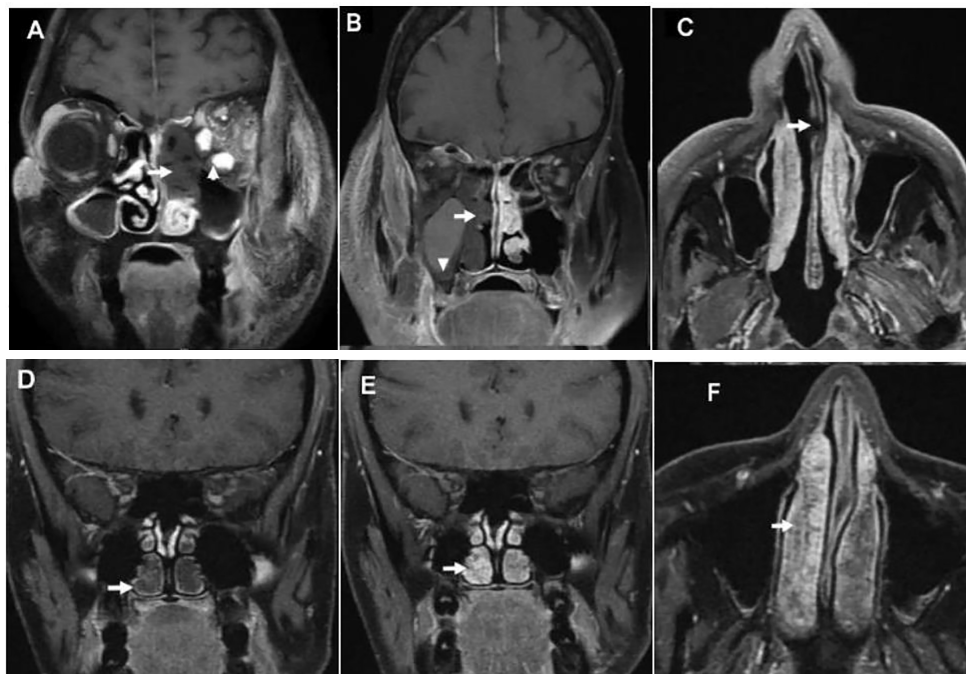


Рисунок 2. Основные особенности визуализации у 3 разных пациентов, демонстрирующие различную степень поражения носовой раковины и носовой перегородки. В верхнем ряду показано 3 типичные случаи проявления признака "черной носовой раковины" (А, В) и поражения носовой перегородки (С), а нижний ряд представляет гипертрофию носовой раковины у контрольных пациентов, не входящих в исследуемую когорту (D, E, F).

- Figure 2. Key imaging features in from 3 different patients showing varying degree of nasal turbinate and nasal septum involvement. The top row is showing 3 representative cases of the "black turbinate" sign (A, B) and nasal septal involvement (C), and the bottom row is representing benign turbinate hypertrophy from control patients outside the study cohort (D, E, F).

**Обсуждение.** В нашем исследовании развитию мукормикоза во всех случаях предшествовала коронавирусная инфекция. Результаты исследования можно резюмировать следующим образом: тяжесть заболевания варьировалась от изолированного поражения придаточных пазух носа до обширного поражения головного мозга. Тяжесть заболевания при визуализации показала корреляцию с клиническими исходами. Предполагаемые переменные, модифицирующие заболевание, такие как диабет и использование стероидов, которые были выявлены в предыдущих работах, были отмечены с аналогичным преобладанием в нашем исследовании [1,2]. Средний возраст пациентов был относительно высоким, с преобладанием мужчин. Демографические характеристики, о которых мы сообщаем с точки зрения возрастной группы и распределения по полу населения, участвующего в нашем исследовании, аналогичны тем, которые были отмечены в недавнем прошлом на индийском субконтиненте [3]. Не было отмечено никакой другой значимой связи между какими-либо клиническими переменными, стадиями визуализации и клиническими исходами. У 62 (51%) пациентов было проведено хирургическое лечение, 58 (49%) пациентов в конечном итоге скончались от своей болезни. Особенности визуализации, которые коррелируют с клиническими исходами, могут быть выяснены с помощью трехэтапной системы, адаптированной в исследовании для принятия взвешенных клинических решений. Следует отметить, что эта система также учитывает патогенетические механизмы, участвующие в прогрессировании [4]. На первой стадии заболевание характеризуется поражением полости носа и околоносовых пазух (таблица 1). Ранними признаками инвазивного синусита являются потеря жировых отложений в периантральной области и отсутствие гипертрофии носовых раковин, носовой перегородки и неба [5]. Отсутствие гипертрофии носовых раковин при контрастировании исследование называется признаком “черной носовой раковины” и указывает на инфаркт ткани [6]. Его следует отличать от доброкачественной гипертрофии носовой раковины, при которой наблюдается увеличение слизистой оболочки при немедленном сканировании с последующим постепенным полным увеличением на отсроченных изображениях [7]. Грибковые элементы в придаточных пазухах носа рассматриваются как гипоинтенсивность на T2 взвешанном изображении из-за железа и других минералов, в отличие от сигнала гиперинтенсивности о незначительном утолщении слизистой оболочки [8]. Крыловидно-небная ямка имеет обширные связи с глубокими отделами лица и придаточными пазухами носа, и ее вовлечение облегчает распространение на глубокие ткани шеи, глазницу и головной мозг. Вторичный кожный мукормикоз проявляется воспалительными изменениями в мягких тканях лица, которые наблюдаются в большинстве наших случаев. Едва заметные признаки костной эрозии могут быть видны на компьютерной томографии, но на ранней стадии заболевания это может быть совершенно нормально. При второй стадии вовлекается орбита, что приводит к рас-

пространению заболевания на глазничные мышцы и инфраорбитальную жировую клетчатку с образованием поднадкостничного абсцесса у некоторых пациентов. По мере прогрессирования заболевания появляются другие признаки, такие как утолщение оболочки зрительного нерва, может быть отмечено вовлечение верхушки орбиты и увеличенной верхней глазничной вены с тромбозом/без него. В случае потери зрения может наблюдаться ограничение диффузии зрительного нерва, что указывает на ишемию зрительного нерва, и это еще один показатель неблагоприятного исхода. Поражение основания черепа и центральной нервной системы указывает на третью стадию заболевания. Очаговое утолщение и увеличение пахименингеальной области, в основном затрагивающее переднюю и среднюю черепные ямки вдоль передне-нижней височной выпуклости и боковой стенки кавернозного синуса. Остеомиелит основания черепа проявляется отеком костного мозга и эрозиями костей. Периневральная инвазия, наблюдаемая в значительном количестве случаев в нашей исследуемой когорте, может быть недооцененной. Возможно распространение на нервы через *vasa nervorum*, и более поздние исследования показали высокое сродство тисог к рецептору эпителиального фактора роста и внеклеточным матриксам в базальных мембранах, в частности к специфическому ламинину и коллагену 4-го типа, которые в избытке содержатся в периферических нервах [9,10]. Периневральное распространение рассматривается как увеличение и переменное усиление черепно-мозговых нервов, особенно тройничного нерва, либо в цистернальной части, либо внутри отверстия или канала [11]. Заболевание также может распространяться непосредственно в переднюю черепную ямку через решетчатую пластинку. Поражение пещеры Меккеля отчетливо проявляется на T2-взвешенной визуализации в виде гипоинтенсивного или нечеткого сигнала. Изолированный паралич шестого черепного нерва при отсутствии других невропатий указывает на преобладающий инфекционный процесс основания черепа [12]. Большая вероятность неблагоприятных исходов, связанных с внутричерепным поражением, подразумевает, что необходимы тщательные усилия для выявления едва заметных признаков внутричерепного распространения на ранних стадиях заболевания, что может позволить своевременно начать соответствующее лечение.

**Выводы.** Результаты визуализации рино-офтальмо-церебрального мукормикоза, связанные с COVID-19, используя адаптированную упрощенную (трехэтапную) систему стадирования, которую можно легко применять в повседневной практике и которая помогает стандартизировать и улучшить коммуникацию между радиологами и клиницистами. Тяжесть заболевания варьирует от изолированного поражения придаточных пазух носа до обширного поражения головного мозга. Клинические исходы у пациентов с COVID-19 с РОЦМ постепенно увеличиваются в зависимости от степени тяжести при визуализации. Это быстро развивающаяся инфекция с высокой заболеваемостью и смертностью;

следовательно, ранняя диагностика РОЦМ имеет решающее значение, поскольку визуализация играет ключевую роль в стадировании процесса заболевания и оценке вовлечения более глубоких структур, которые могут быть неочевидны клинически. Хотя полезны как КТ, так и МРТ, МРТ с контрастным усилением является предпочтительным исследованием и помогает определить степень распространенности заболевания, особенно в отношении глубокого распространения челюстно-лицевую область, головной мозг.

**Прозрачность исследования.** Исследование не имело спонсорской поддержки. Автор несет полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

**Декларация о финансовых и других взаимоотношениях.** Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Юнусова Л.Р., Икрамов Г.О., Халманов Б.А., Суванов К.Ж. МСКТ диагностика остеомиелита верхней челюсти у пациентов перенесших COVID-19 // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т.15, вып.5. – С.81-85. [Yunusova LR, Ikramov GO, Halmanov BA, Suvonov KJ. MSKT diagnostika osteomielifita verhnej chelyusti u pacientov perenessih COVID-19 [MSCT diagnosis of osteomyelitis of the upper jaw, in patients who underwent COVID-19]. Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny [Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. 2022; (15)5:81-85. DOI:10.20969/VSKM.2022.15(5).81-85
2. Yunusova LR, Khodjibekova YuM. Visualization of complications of the middle zone of the person who underwent Covid-19. Pediatrics scientific and practical journal. 2021; 6: 25-31.
3. Mehta S, Pandey A. Rhino-orbital mucormycosis associated with COVID-19. Cureus. 2020;12. DOI: 10.7759/cureus.10726
4. Mazzai L, Anglani M, Giraudo C, et al. Imaging features of rhinocerebral mucormycosis: from onset to vascular complications. Acta Radiol. 2022;63:232-244. DOI: 10.1177/0284185120988828
5. Sarkar S, Gokhale T, Choudhury SS, Deb AK. COVID-19 and orbital mucormycosis. Indian J Ophthalmol. 2021;69:1002-1004. DOI: 10.4103/ijo.IJO\_3763\_20
6. Singh AK, Singh R, Joshi SR, Misra A. Mucormycosis in COVID-19: a systematic review of cases reported worldwide and in India. Diabetes Metab Syndr. 2021;15:102146. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.05.019
7. Safder S, Carpenter JS, Roberts TD, Bailey N. The "black turbinate" sign: an early MR imaging finding of nasal mucormycosis. Am J Neuroradiol. 2010;31:771-774. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1808>
8. Han Q, Escott EJ. The Black Turbinate Sign, A potential diagnostic pitfall: evaluation of the normal enhancement patterns of the nasal turbinates. Am J Neuroradiol. 2019;40:855-861. DOI: 10.3174/ajnr.A6037
9. Indiran V. "Guitar pick sign" on MRI. Indian J Ophthalmol. 2019;67:1737. DOI: 10.4103/ijo.IJO\_404\_19
10. Hassan MIA, Voigt K. Pathogenicity patterns of mucormycosis: epidemiology, interaction with immune cells and virulence factors. Med Mycol. 2019;57(suppl\_2):S245-S256. DOI: 10.1093/mmy/myz011
11. Parsi K, Itgampalli RK, Vittal R, Kumar A. Perineural spread of rhino-orbitocerebral mucormycosis caused by Apophysomyces elegans. Ann Indian Acad Neurol. 2013;16:414-417. DOI: 10.4103/0972-2327.116921
12. Shen G, Shen X, Pu W, et al. Imaging of cerebrovascular complications of infection. Quant Imaging Med Surg. 2018;8: 1039-1051. DOI: 10.21037/qims.2018.11.08