



Кабак С.Л.¹, Саврасова Н.А.², Мельниченко Ю.М.¹ ✉

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Медицинский центр «ЛОДЭ», Минск, Беларусь

Случаи чрезмерной пневматизации костей черепа

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование – Кабак С.Л.; концепция и дизайн исследования, сбор материала – Саврасова Н.А.; концепция и дизайн исследования, написание текста – Мельниченко Ю.М.

Подана: 25.05.2022

Принята: 12.09.2022

Контакты: mjm1980@yandex.by

Резюме

Цель работы – продемонстрировать рентгенологические диагностические критерии гиперпневматизации околоносовых пазух и височной кости. Данные конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) двух пациентов с амбулаторного лор-приема, полученные на аппарате ProMax®3D Mid (Planmeca Oy, Helsinki, Finland), были оценены в программе Planmeca Romexis. Степень пневматизации оценивалась с использованием комплекса рентгенологических параметров, включая распространенность воздухоносной полости в пределах границ соответствующей кости, а также ее протяженность относительно соседних анатомических структур. В литературе описано более 50 вариантов строения воздухоносных костей черепа, включая их гиперпневматизацию (Earwaker, 1993; Marino et al., 2020). Диагностирование гиперпневматизации сопряжено с определенными сложностями, так как у взрослого населения без видимой/верифицированной патологии линейные размеры и объемы лобной, верхнечелюстной и клиновидной пазух варьируют в широком диапазоне (Hettiarachchi et al., 2021; Metin-Gürsoy et al., 2020; Jaworek-Troć et al., 2021). Поэтому, кроме оценки размеров воздухоносной полости, следует учитывать и другие критерии. Описанные нами случаи характеризуются гиперпневматизацией одновременно нескольких воздухоносных костей черепа в сочетании с другими индивидуальными вариантами их строения. Полученная информация, в частности о взаимоотношениях увеличенных в размерах клиновидных пазух и ячеек решетчатой кости с внутренней сонной артерией и черепными нервами, представляет интерес для рентгенологов, оториноларингологов и челюстно-лицевых хирургов.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, лобная пазуха, клиновидная пазуха, решетчатые ячейки, гиперпневматизация

Kabak S.¹, Savrasova N.², Melnichenko Y.¹ ✉¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus² Medical Center "LODE", Minsk, Belarus

Cases of Skull Bones Hyperpneumatization

Conflict of interest: nothing to declare.**Authors' contribution:** the concept and design of the study, writing the text, editing – Kabak S.; the concept and design of the study, the collection of material – Savrasova N.; the concept and design of the study, writing the text – Melnichenko Y.

Submitted: 25.05.2022

Accepted: 12.09.2022

Contacts: mjm1980@yandex.by

Abstract

The purpose of the study was to demonstrate radiologic diagnostic findings of the paranasal sinuses and temporal bone hyperpneumatization. Cone-beam computed tomography (CBCT) data from two outpatient patients, obtained with the ProMax®3D Mid digital dental X-ray machine (Planmeca Oy, Helsinki, Finland), were evaluated in the Planmeca Romexis program. The degree of skull bones pneumatization was assessed using a set of parameters, including the extent of the air cavity within the boundaries of the corresponding bone, as well as its expansion relating to adjacent anatomical structures. More than 50 variants of the structure of the pneumatized skull bones, including their hyperpneumatization, have been described in the literature (Earwaker, 1993; Marino et al., 2020). Diagnosing hyperpneumatization is associated with certain difficulties, because in the adult population without visible/verified pathology, the linear dimensions and volume of the frontal, maxillary and sphenoid sinuses vary considerably (Hettiarachchi et al., 2021; Metin-Gürsoy et al., 2020; Jaworek-Troć et al., 2021). Therefore, in addition to assessing the size of the air space, other criteria should be considered. The described cases are characterized by simultaneous hyperpneumatization of several pneumatized skull bones in combination with other individual variants of their structure. The information obtained on the relationship of enlarged sphenoid sinuses and ethmoidal air cells with the internal carotid artery and cranial nerves, is of particular interest to radiologists and endoscopic surgeons.

Keywords: cone-beam computed tomography, frontal sinus, sphenoid sinus, ethmoidal cells, hyperpneumatization

■ ВВЕДЕНИЕ

Одним из крайних проявлений индивидуальной изменчивости воздухоносных костей черепа является чрезмерное увеличение размеров полостей, содержащих воздух. Аномальное увеличение объема околоносовой пазухи неизвестной этиологии без признаков локальной костной деструкции, гиперостоза или утолщения слизистой оболочки называется «pneumosinus dilatans» (PSD) [1]. Этот термин в 1918 году предложил Benjamins [2]. В классификации Urken et al. [3], касающейся лобной пазухи, описываются различия между терминами «гиперпневматизация лобной кости» (гиперсинус, hypersinus) и «pneumosinus dilatans». В первом случае распространение

воздухоносной полости не выходит за пределы анатомических границ соответствующей кости, тогда как во втором случае она заходит в соседние кости.

PSD – достаточно редкий вариант строения пазухи. По данным Moideen et al. [4], по состоянию на 2018 год в литературе было описано 134 случая, в которых одна или более околоносовых пазух были гиперпневматизированы. В 2021 году в базах данных научных публикаций содержатся 103 статьи со сведениями о 145 пациентах [5]. Чаще других за пределы нормальных границ выходят размеры лобных (48%) и клиновидных (43%) пазух [6]. В 70% случаев выявляется гиперпневматизация одной пазухи. По данным Ricci [6], PSD 2 пазух встречается в 10%, 4 – в 4%, а 3 – в 2% случаев. Pneumosinus dilatans multiplex – чрезмерное увеличение размеров всех придаточных пазух носа одновременно с гиперпневматизацией сосцевидных отростков [7].

PSD чаще всего обнаруживается у молодых мужчин в возрасте от 20 до 40 лет, но может встречаться у представителей обоих полов в любом возрасте [7]. Аномалия часто остается бессимптомной и обнаруживается случайно.

В статье описаны два редких случая увеличения протяженности лобной и клиновидной пазух, а также решетчатых ячеек в сочетании с гиперпневматизацией височной кости, выявленные с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ).

Рентгенологическое исследование было выполнено на аппарате ProMax®3D Mid (Planmeca Oy, Helsinki, Finland). Данные изучены в программе Planmeca Romexis. Получено одобрение комитета по биомедицинской этике УО «Белорусский государственный медицинский университет» на проведение исследования (протокол № 5 от 21.01.2021).

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

Данные истории болезни пациента

Пациент М. (50 лет) обратился к оториноларингологу с жалобами на сильную боль в области лобной и верхнечелюстной пазух с левой стороны, а также заложенность левого уха. Клинический диагноз: двусторонний фронтит, этмоидит, сфеноидит, левосторонний верхнечелюстной синусит.

Данные конусно-лучевой компьютерной томографии

Лобные пазухи распространяются на всем протяжении надглазничных краев. Их разделяет косо ориентированная перегородка (рис. 1а). Справа пазуха имеет ширину 40,7 мм, глубину (передне-задний размер) – 43,7 мм. Слева ее линейные размеры равны 43,2 мм и 41,5 мм соответственно. На сагиттальных сканах на значительном протяжении выявляется присутствие воздухоносной полости в глазничной части лобной кости (орбитальный карман).

Выявлен ряд особенностей строения решетчатого лабиринта. На фронтальных сканах в проекции лобных пазух обнаруживаются крупные надглазничные решетчатые клетки высотой 16,4 мм справа и 18,4 мм слева (рис. 1б). С двух сторон вдоль медиальной стенки верхнечелюстной пазухи книзу от глазничной пластинки решетчатого лабиринта выявляются клетки Галлера (подглазничные решетчатые ячейки) (рис. 1б), а также отмечается увеличение размеров левого решетчатого пузырька. С двух сторон присутствуют решетчато-верхнечелюстные пазухи (РВП). Они уменьшают передне-задний размер верхнечелюстных пазух на 18,1 мм справа и 16,4 мм

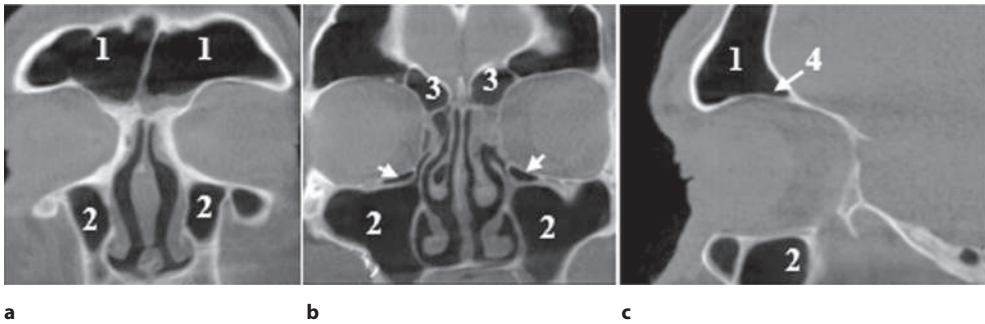


Рис. 1. Пациент М. КЛКТ, фронтальные (а, б) и сагиттальный (с) срезы: 1 – лобная пазуха; 2 – верхнечелюстная пазуха (клетки Галлера указаны стрелками); 3 – надглазничные решетчатые клетки; 4 – орбитальный карман лобной пазухи
Fig. 1. Patient M. CBCT, coronal (a, b) and sagittal (c) views: 1 – frontal sinus; 2 – maxillary sinus (Haller cells indicated by arrows); 3 – supraorbital ethmoidal cells; 4 – orbital recess of frontal sinus

слева. С левой стороны РВП имеет необычно большую протяженность – до альвеолярного отростка – и сообщается с верхнечелюстной пазухой (рис. 2). Выявлена очаговая гиперплазия слизистой оболочки (до 2,8 мм) преимущественно нижних и медиальных стенок ячеек правого решетчатого лабиринта. С левой стороны все решетчатые ячейки, за исключением отдельных передних ячеек, тотально выполнены патологическим содержимым – гиперплазированной слизистой оболочкой и жидкостью. Самая задняя решетчатая ячейка (сфеноэтмоидальная клетка Оноди) распространяется в верхнелатеральном направлении. Она находится в непосредственном контакте со зрительным нервом и гипофизарной ямкой.

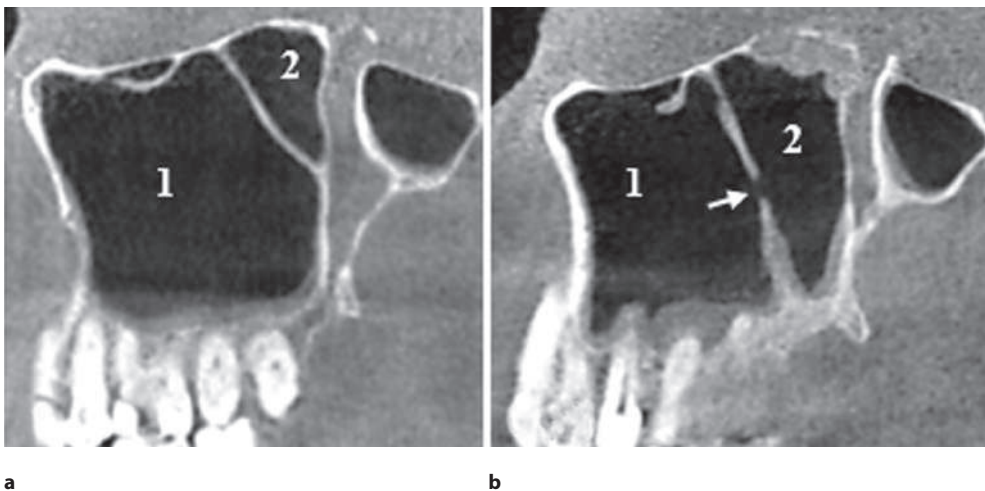


Рис. 2. Пациент М. КЛКТ, сагиттальные срезы справа (а) и слева (б): 1 – верхнечелюстная пазуха; 2 – решетчато-верхнечелюстная пазуха (сообщение с ВЧП указано стрелкой)
Fig. 2. Patient M. CBCT, sagittal views right (a) and left (b): 1 – maxillary sinus; 2 – ethmoidomaxillary sinus (communication with the maxillary sinus is indicated by the arrow)

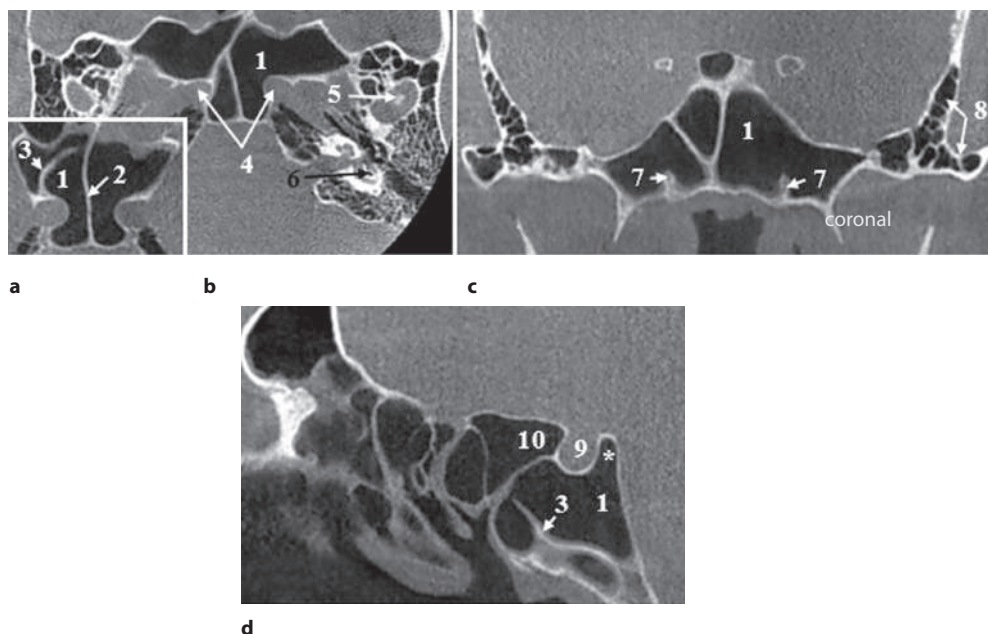


Рис. 3. Пациент М. КЛКТ, аксиальные (а, b), фронтальный (с) and сагиттальный (d) срезы. Пневматизация больших крыльев (воздухоносная полость распространяется кнаружи от линии, соединяющей круглое отверстие с крыловидным каналом) и основания крыловидного отростка. Двусторонняя протрузия крыловидных каналов. Дополнительная перегородка, ограничивающая фрагмент правой пазухи. Протрузия внутренних сонных артерий. Двусторонняя пневматизация височной кости. 1 – клиновидная пазуха; 2 – перегородка клиновидных пазух; 3 – дополнительная перегородка (септа); 4 – сонные каналы; 5 – верхняя поверхность суставной головки нижней челюсти; 6 – полукружные каналы; 7 – крыловидный (видиев) канал; 8 – пневматизация чешуйчатой части височной кости и скулового отростка; 9 – турецкое седло (* пневматизация спинки турецкого седла); 10 – клетка Оноди

Fig. 3. Patient M. CBCT, axial (a, b), coronal (c) and sagittal (d) views. Pneumatization of the greater wings of the sphenoid (air cavity extends outward of the line connecting foramen rotundum with the pterygoid canal) and the base of the pterygoid process. Bilateral protrusion of the pterygoid canals. Accessory septum, limiting a fragment of the right sphenoid sinus. Protrusion of the internal carotid arteries. Bilateral pneumatization of the temporal bone. 1 – sphenoid sinus; 2 – sphenoid septum; 3 – accessory septum; 4 – carotid canals; 5 – upper part of the condylar head of the mandible; 6 – semicircular canals; 7 – pterygoid (vidian) canal; 8 – pneumatization of the temporal squama and zygomatic process; 9 – sella turcica (* pneumatization of the dorsum sella); 10 – Onodi cell

Воздухоносная полость внутри клиновидной кости (постселлярный тип клиновидных пазух) имеет размеры: 68,4 мм (ширина) × 32,8 мм (высота) × 31,2 мм (глубина). Она распространяется в большие крылья клиновидной кости (кнаружи от линии, соединяющей круглое отверстие с крыловидным каналом), в спинку турецкого седла, основания крыловидных отростков, передние клиновидные отростки и задний правый клиновидный отросток. Внутри правой пазухи определяется дополнительная перегородка (септа), которая направляется кпереди в косо-горизонтальном направлении (рис. 3а, d). Выявляется двусторонняя протрузия внутренних сонных артерий внутрь пазухи (рис. 3b). Крыловидные каналы также выпячиваются в полость пазухи (рис. 3с) и фиксируются к ее стенке костной перемычкой. Соустья пазух с полостью носа непроходимы. Отмечается утолщение слизистой оболочки в области нижней

стенки пазухи (до 1,7 мм) справа и на передней и нижней стенке до 4,8 мм толщиной слева. Структура костных элементов без патологических изменений.

Выявлена двусторонняя тотальная пневматизация одновременно каменистой части височной кости, сосцевидного отростка, а также скулового отростка, суставного бугорка и дна верхнечелюстной ямки (рис. 3b, c). Наружный и внутренний слуховые проходы, структуры внутреннего и среднего уха, сосцевидные отростки без деструктивных изменений. Патологическое содержимое в полостях не определяется.

Линейные размеры верхнечелюстной пазухи в пределах нормальных значений: справа – 28,0 мм (глубина) × 36,0 мм (ширина) × 40,0 мм (высота) и слева – 38,0 мм (глубина) × 34,4 мм (ширина) × 40,4 мм (высота). Горизонтальный размер пазухи справа составляет 93,8% и слева – 90,5% от соответствующего размера глазницы соответственно. Выявлено дополнительное отверстие верхнечелюстной пазухи справа, а также ее сообщение с решетчато-верхнечелюстной пазухой слева. Правая пазуха без патологического содержимого, по нижней стенке имеется равномерное утолщение слизистой оболочки толщиной до 2,0 мм, компактные пластинки стенок прослеживаются на всем протяжении. С левой стороны выявлена гиперплазия слизистой оболочки (толщиной до 5,7 мм) в области дна пазухи, а также в области соустья с носовой полостью и в верхнезаднем отделе (рис. 2b).

Дно верхнечелюстной пазухи находится на 8 мм ниже дна носовой полости слева и справа. Крючковидные отростки хорошо выражены, дренаж справа сохранен, слева затруднен в связи с отеком слизистой оболочки.

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

Данные истории болезни пациента

Пациентка Б. (33 года) обратилась за консультацией к ортодонту с жалобами на хруст в височно-нижнечелюстных суставах (ВНЧС) в течение года. Клинический диагноз: синдром болевой дисфункции ВНЧС.

Данные конусно-лучевой компьютерной томографии

Лобные пазухи хорошо развиты. Линейные размеры пазух в пределах референсного диапазона. Правая пазуха распространяется в латеральную сторону от середины верхнего края глазницы, левая доходит до уровня его середины (рис. 4a).

В составе решетчатого лабиринта справа выявляется клетка Оноди (рис. 4b), которая прилежит к верхней стенке глазницы и находится в тесной связи с клиновидной пазухой.

Клиновидные пазухи распространяются за уровень спинки турецкого седла в базилярную часть затылочной кости (постселлярный тип, рис. 4c). Билатерально в нижних отделах синусов определяются дополнительные перегородки. С правой стороны перегородка ориентирована во фронтальной плоскости и расположена в передней трети пазухи. Слева одна перегородка находится в парасагитальной плоскости на всю высоту заднего отдела пазухи; вторая, косо ориентированная перегородка, лежит в ее заднебоковом отделе. Выявлены левосторонняя пневматизация большого крыла клиновидной кости – смещение боковой стенки пазухи за пределы линии, соединяющей круглое отверстие с крыловидным каналом, с образованием нижнебокового кармана, а также двусторонняя пневматизация малого крыла и переднего наклоненного отростка (рис. 4b). В связи с формированием нижнебокового кармана происходит протрузия

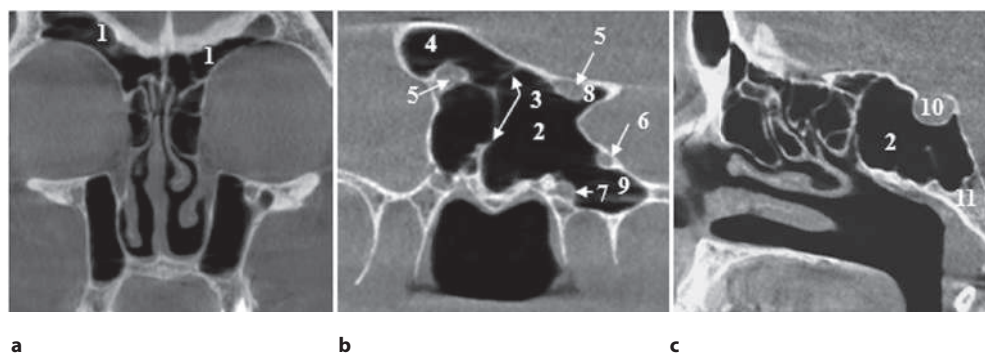


Рис. 4. Пациентка Б. КЛКТ, фронтальные (а, b) и сагиттальный (с) срезы: 1 – лобные пазухи; 2 – клиновидная пазуха; 3 – перегородка клиновидных пазух; 4 – клетка Оноди; 5 – протрузия зрительных каналов в полость клиновидных пазух; 6 – круглое отверстие (протрузия верхнечелюстного нерва); 7 – протрузия крыловидного канала в полость клиновидной пазухи; 8 – верхнебоковой карман; 9 – нижнебоковой карман; 10 – турецкое седло; 11 – базилярная часть затылочной кости

Fig. 4. Patient B. CBCT, coronal (a, b) and sagittal (c) views: 1 – frontal sinuses; 2 – sphenoid sinus; 3 – sphenoid septum; 4 – Onodi cell; 5 – protrusion of the optic canals into the sphenoid sinus; 6 – foramen rotundum (protrusion of maxillary nerve); 7 – protrusion of the pterygoid canal into the sphenoid sinus; 8 – posterolateral recess; 9 – anterolateral recess; 10 – sella turcica; 11 – basilar part of occipital bone

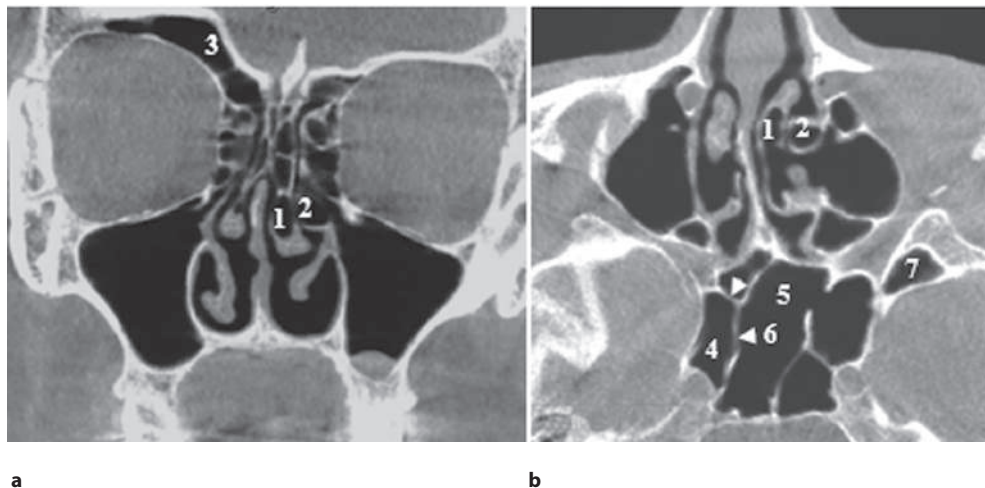


Рис. 5. Пациентка Б. КЛКТ, фронтальный (а) и аксиальный (б) срезы: 1 – буллезная гиперплазия левой средней носовой раковины; 2 – аэрированный левый крючковидный отросток; 3 – лобная пазуха; 4 – правая клиновидная пазуха; 5 – левая клиновидная пазуха; 6 – перегородка клиновидной пазухи (дополнительные перегородки обозначены стрелками); 7 – пневматизация основания большого крыла клиновидной кости слева

Fig. 5. Patient B. CBCT, coronal (a) and axial (b) views: 1 – left concha bullosa; 2 – aerated left uncinate process; 3 – frontal sinus; 4 – right sphenoid sinus; 5 – left sphenoid sinus; 6 – sphenoid septum (accessory septa indicated by arrows); 7 – pneumatization of the left greater wing

верхнечелюстного нерва в полость пазухи. В результате пневматизации переднего наклоненного отростка образуется верхнебоковой (зрительно-сонный) карман, и имеется выраженная протрузия зрительного канала в клетку Оноди справа и в полость пазухи слева.

На фронтальных сканах наблюдается пневматизация средней носовой раковины и крючковидного отростка слева (рис. 5). Размеры верхнечелюстной пазухи в пределах референсного диапазона. Ее дренаж сохранен с двух сторон. Отмечено пристеночное утолщение слизистой оболочки в области дна левой верхнечелюстной пазухи.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе описано более 50 вариантов строения воздухоносных костей черепа, включая их гиперпневматизацию [8, 9]. Диагностирование гиперпневматизации сопряжено с определенными сложностями, так как у взрослого населения без видимой/верифицированной патологии линейные размеры и объемы лобной, верхнечелюстной и клиновидной пазух варьируют в широком диапазоне [10]. Поэтому, кроме оценки размеров воздухоносной полости, следует учитывать и другие критерии.

Первый из описанных нами клинических случаев, в котором были выявлены гиперпневматизация лобной и клиновидной костей, чрезмерная пневматизация верхней челюсти, а также избыточное присутствие воздуха в височных костях, является примером *Pneumosinus dilatans multiplex* – крайне редкого варианта строения костей черепа. В базе данных медицинских и биологических публикаций Pubmed имеется всего четыре статьи с описанием таких случаев [11].

Одним из признаков гиперпневматизации лобной кости является большая протяженность лобной пазухи внутри ее глазничной части. За счет орбитального кармана передне-задний размер пазухи более чем в 3 раза превышает стандартное значение этого параметра. Кроме того, пазуха определяется на всем протяжении верхнего края глазницы. По классификации Štoković et al. [12] признаком лобной пазухи крупных размеров считается ее распространение одновременно на медиальную, центральную и латеральную трети надглазничного края.

Клиновидные пазухи обычно находятся в теле клиновидной кости, а их избыточная пневматизация сопровождается распространением полости в другие части кости [13]. Нами было обнаружено присутствие воздухоносной полости в больших крыльях клиновидной кости, в спинке турецкого седла, основании крыловидных отростков, передних и задних клиновидных отростках. Рентгенологическим признаком пневматизации большого крыла является смещение латеральной стенки клиновидной пазухи кнаружи от линии, соединяющей круглое отверстие и крыловидный канал [9].

Избыточная пневматизация клиновидной кости повышает риск эрозии костной ткани при идиопатической внутричерепной гипертензии и попадание в полость синуса спинномозговой жидкости [14].

На фоне увеличения размеров клиновидных пазух нами были выявлены другие аномалии их развития – протрузия сонных и крыловидных каналов, а также дополнительные перегородки. Подобные тесные взаимоотношения сосудов и нервов с клиновидной пазухой следует иметь в виду при планировании хирургических эндоскопических манипуляций для того, чтобы избежать потенциальных осложнений [14].

Размеры верхнечелюстных пазух пациента М. не выходили за пределы нормативных значений их протяженности [9]. Заключение о степени пневматизации верхней челюсти было сделано на основании сравнения размеров ее воздухоносной полости с размерами глазницы. В нашем случае вертикальный и горизонтальный размеры пазухи были $\geq 90\%$ соответствующих размеров глазницы, что, согласно Kalavagunta and Reddy [15], соответствует чрезмерной пневматизации умеренной степени выраженности.

Наличие клеток Галлера, Оноди и решетчато-верхнечелюстной пазухи можно рассматривать как гиперпневматизацию структур решетчатого лабиринта. Такие решетчатые ячейки на разном протяжении внедряются в соседние пазухи [8].

У пациента одновременно с двусторонней тотальной пневматизацией каменистой части височной кости и сосцевидного отростка выявлено присутствие воздухоносных ячеек в составе скулового отростка, суставного бугорка и дна верхнечелюстной ямки. Наличие дополнительных воздухоносных ячеек является признаком гиперпневматизации височной кости [16]. По данным литературы, присутствие воздухоносных полостей в области дна верхнечелюстной ямки, суставного бугорка и основания скулового отростка встречается в 52%, 12% и 5% наблюдений соответственно [17] и является вариантом нормы. Вместе с тем пневматические пространства, прилежащие к височно-нижнечелюстному суставу, представляют собой участки с минимальным сопротивлением механическому воздействию. Они могут служить местом перелома кости, а также быть потенциальным путем распространения различных патологических процессов в полость сустава [17].

Рядом исследований установлена положительная корреляционная связь степени пневматизации височной кости (сосцевидных ячеек) с увеличением объема клиновидных и решетчатых пазух [18]. Настоящее исследование подтверждает такую взаимосвязь.

В связи с отсутствием источников одонтогенной инфекции у пациента М. диагностирован риногенный левосторонний верхнечелюстной синусит, анатомическими предпосылками затяжного течения которого могут быть крупная клетка Галлера и большой решетчатый пузырек, нарушающие дренаж через решетчатую воронку.

Во втором из проанализированных нами случаев увеличение объема околоносовых пазух было менее выражено и не сопровождалось гиперпневматизацией височной кости. В лобных пазухах отсутствовали орбитальные карманы. Однако левая пазуха простиралась до середины верхней стенки глазницы. В клиновидной пазухе помимо левосторонней пневматизации большого крыла с протрузией верхнечелюстного нерва было выявлено билатеральное проникновение воздушной полости в малые крылья и передние наклоненные отростки с выпячиванием зрительного канала в клетку Оноди справа и в полость пазухи слева. При протрузии зрительного нерва высока вероятность его повреждения в результате эндоскопических хирургических манипуляций или как осложнение синусита. Инфицирование клиновидной пазухи может вызывать сдавление зрительного нерва, ведущее к его ишемии и венозному застою, что, в свою очередь, приводит к ухудшению зрения [19]. У пациентки выявлена пневматизация средней носовой раковины и крючковидного отростка слева – вариант анатомии полости носа, который рассматривается как предпосылка развития верхнечелюстного синусита [20]. Однако рентгенологические признаки патологического процесса в гайморовой пазухе отсутствовали.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны два редких случая увеличения размеров воздухоносных полостей одновременно в нескольких костях черепа. Выраженность пневматизации оценивалась с использованием комплекса рентгенологических параметров, включая оценку распространенности воздухоносной полости в пределах границ соответствующей кости, а также ее протяженность относительно соседних анатомических структур. Представленная информация, в частности о взаимоотношениях увеличенных в размерах клиновидных пазух и ячеек решетчатой кости с внутренней сонной артерией и черепными нервами, представляет интерес для рентгенологов, оториноларингологов и челюстно-лицевых хирургов. Кроме того, расширяются представления о крайних вариантах индивидуальной изменчивости околоносовых пазух, которые могут являться факторами, предрасполагающими к развитию синуситов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Gol'bin D., Cherekaev V. Variability and age-related features of the anatomy of the midline structures of the anterior skull base. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2018;82(1):102–110. doi: 10.17116/neiro2018821102-110
2. Danasagarane G., Bretonnier M., Tinois J., Proisy M., Riffaud L. Pneumosinus dilatans of the sphenoid and visual loss: when should the optic nerve be decompressed? *Child's Nervous System*. 2021;37(8):2677–2682. doi: 10.1007/s00381-020-04916-9
3. Urken M.L., Som P.M., Lawson W., Edelstein D., Weber A.L., Biller H.F. Abnormally large frontal sinus. II. Nomenclature, pathology, and symptoms. *Laryngoscope*. 1987;97:606–611.
4. Moideen S.P., Moideen C.P., Muaz S.M. Pneumosinus dilatans – a rare disorder of paranasal sinuses. *International Journal of Anatomy and Research*. 2018;6(1.3):5054–5056. doi: https://dx.doi.org/10.16965/ijar.2018.112
5. Sainudeen S., Asmi M., Pradeep M. Complex Pneumosinus Dilatans Frontalis and CSOM associated with Cranial Fibrous Dysplasia. *Journal of Radiology and Clinical Imaging*. 2021;4(3):113–124.
6. Ricci J.A. Pneumosinus Dilatans: Over 100 Years Without an Etiology. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2017;75(7):1519–1526. doi: 10.1016/j.joms.2017.02.010
7. Sweatman J., Beltechi R., Pneumosinus Dilatans: An exploration into the association between Arachnoid Cyst, Meningioma and the pathogenesis of Pneumosinus Dilatans. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2019;185:105462. doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105462
8. Earwaker J. Anatomic variants in sinonasal CT. *Radiographics*. 1993;13(2):381–415. doi: 10.1148/radiographics.13.2.8460226
9. Marino M.J., Riley C.A., Wu E.L., Weinstein J.E., Emerson N., McCoul E.D. Variability of paranasal sinus pneumatization in the absence of sinus disease. *Ochsner Journal*. 2020;20(2):170–175. doi: 10.31486/toj.19.0053
10. Hettiarachchi P.V.K.S., Gunathilake P.M.P.C., Jayasinghe R.M., Fonseka M.C., Bandara R.M.W.R., Nanayakkara C.D., Jayasinghe R.D. Linear and Volumetric Analysis of Maxillary Sinus Pneumatization in a Sri Lankan Population Using Cone Beam Computer Tomography. *BioMed Research International*. 2021;2021:6659085. doi: 10.1155/2021/6659085
11. Hwang K., Lee D.K., Lee C.J., Lee S.J. Pneumosinus dilatans multiplex, mental retardation, and facial deformity. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2000;11(5):487–490. doi: 10.1097/00001665-200011050-00008
12. Štoković N., Trkulja V., Čuković-Bagić I., Lauc T., Grgurević L. Anatomical variations of the frontal sinus and its relationship with the orbital cavity. *Clinical Anatomy*. 2018;31(4):576–582.
13. Carter L.C., Pfaffenbach A., Donley M. Hyperaeration of the sphenoid sinus: Cause for concern? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1999;88(4):506–510. doi: 10.1016/s1079-2104(99)70071-5
14. Cellina M., Gibelli D., Floridi C., Toluian T., Valenti Pittino C., Martinenghi C., Oliva G. Sphenoid sinuses: pneumatization and anatomical variants – what the radiologist needs to know and report to avoid intraoperative complications. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020;42(9):1013–1024. doi: 10.1007/s00276-020-02490-y
15. Kalavagunta S., Reddy K.T.V. Extensive maxillary sinus pneumatization. *Rhinology*. 2003;41(2):113–117.
16. AbdulAzeez M.M., Huber P.Z., Alsaadi S.B., Vladimir C.N.B., Salazar L.R.M., Hoz S.S. Cranio-cervical bone hyperpneumatization: An overview and illustrative case. *Journal of Acute Disease*. 2018;7(4):145–148. doi: 10.4103/2221-6189.241007
17. Shamsad M.P., Kamath G., Babshet M., Srikanth H.S., Doddamani L. Prevalence of temporal bone pneumatization in relation to temporomandibular joint – a computed tomographic study. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*. 2018;119(2):118–121. doi: 10.1016/j.jormas.2017.11.016
18. Kaplunova O., Chaplygina E., Dombrovsky V., Sukhanova O., Blinov I. The specific morphofunctional features of paranasal sinuses in men. *Russian Rhinology*. 2018;26(2):30–35. doi: 10.17116/rosrino201826230
19. Rahmati A., Ghafari R., AnjomShoa M. Normal Variations of Sphenoid Sinus and the Adjacent Structures Detected in Cone Beam Computed Tomography. *Journal of Dentistry (Shiraz)*. 2016;17(1):32–7.
20. Glaz'ev I., Piskunov I. The anatomical prerequisites for the development of odontogenic maxillary sinusitis. *Russian Rhinology*. 2017;25(3):35–41. doi: 10.17116/rosrino201725335-41