



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

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Медицинский центр «ЛОДЭ», Минск, Беларусь

Варианты пневматизации клиновидной кости по данным конусно-лучевой компьютерной томографии

Конфликт интересов: не заявлен.

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

Информированное согласие: авторы имеют подписанные информированные согласия пациентов на анонимное опубликование их данных в медицинском издании.

Подана: 17.05.2024

Принята: 22.10.2024

Контакты: mjm1980@yandex.by

Резюме

Введение. Пазуха клиновидной кости является наиболее изменчивой по размеру и форме околоносовой воздухоносной полостью, разделенной костной перегородкой на две обособленные половины (пазухи).

Цель. Проанализировать частоту встречаемости разных типов пазухи клиновидной кости, а также выявить особенности распространения воздухоносной полости за пределы тела клиновидной кости.

Материалы и методы. Проанализированы данные костно-лучевой компьютерной томографии 150 пациентов (60 мужчин и 90 женщин), обратившихся за стоматологической и лор-помощью в частный медицинский центр Минска с 2022 по 2024 г.

Результаты. Наиболее распространенный вариант пневматизации тела клиновидной кости в дорсальном направлении – постселлярный тип пазухи (66,7% человек). Пневматизация больших крыльев и/или крыловидных отростков клиновидной кости, латеральный карман выявлен у 56% пациентов с селлярным и постселлярным типами пазух. Протрузия зрительного, верхнечелюстного нервов и нерва крыловидного канала в пазуху обнаружена в 49,7%, 37,4% и 62% случаев соответственно. Гендерных отличий в частоте одно- и двусторонней протрузии нервов не обнаружено ($p > 0,05$). Внутренняя сонная артерия выступала в пазуху клиновидной кости в 46% наблюдений. При этом у мужчин преобладала двусторонняя протрузия артерии. Протрузия внутренней сонной артерии, верхнечелюстного нерва и нерва крыловидного канала чаще встречалась при наличии латерального кармана пазухи клиновидной кости ($p < 0,001$).

Заключение. Тип и степень пневматизации клиновидной кости следует оценивать на этапе планирования эндоскопического трансфеноидального доступа для выполнения нейрохирургических операций, что позволит избежать ятрогенного повреждения жизненно важных структур.

Ключевые слова: пазуха клиновидной кости, зрительный нерв, внутренняя сонная артерия, нерв крыловидного канала, верхнечелюстной нерв, конусно-лучевая компьютерная томография

Kabak S.¹, Melnichenko Y.¹ ✉, Savrasova N.², Karapetsian R.¹

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Medical Center "LODE", Minsk, Belarus

Variations of Sphenoid Bone Pneumatization According to Cone Beam Computed Tomography Data

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, data collection, text writing, editing – Kabak S.; study concept and design of the study, text writing – Melnichenko Y.; study concept and design, data collection – Savrasova N.; data processing, editing – Karapetsian R.

Informed consent: the authors obtained signed informed consents from patients for anonymous publication of their data in a medical journal.

Submitted: 17.05.2024

Accepted: 22.10.2024

Contacts: mjm1980@yandex.by

Abstract

Introduction. The sphenoid sinus is considered to be the most variable in size and shape paranasal air space, which is divided by a bony septum into two separate cavities (sinuses).

Purpose. To analyze the incidence of the different sphenoid pneumatization patterns.

Materials and methods. Cone beam computed tomography (CBCT) data from 150 patients received dental and ENT care at a private medical center in Minsk in 2022–2024, were evaluated.

Results. Among the posterior extensions the most common variant of sphenoid pneumatization was postcellar type (66.7% of patients). A lateral extension of sphenoid sinus into the greater wing of sphenoid and pterygoid process (lateral recess) was identified in 56% of patients with sellar and postsellar types of sinuses. Protrusions of the optic, maxillary and Vidian nerves into the sinus were revealed in 49.7%, 37.4% and 62% of cases, respectively. No gender differences were found in the incidence of unilateral and bilateral nerve protrusions ($p > 0.05$). The internal carotid artery protruded into the sphenoid sinus in 46% of cases. The bilateral artery protrusion was found more often in males. Protrusions of the internal carotid artery, maxillary nerve and Vidian nerve were more common in the presence of the lateral recess of the sphenoid sinus ($p < 0.001$).

Conclusion. Types and degrees of sphenoid pneumatization should be evaluated while planning endoscopic transsphenoidal access for neurosurgical surgeries to avoid iatrogenic damage to vital structures.

Keywords: sphenoid sinus, optic nerve, internal carotid artery, Vidian nerve, maxillary nerve, cone beam computed tomography

■ ВВЕДЕНИЕ

Пазуха клиновидной кости является наиболее изменчивой по размеру и форме околоносовой воздухоносной полостью, разделенной костной перегородкой на две обособленные половины (пазухи) [1]. Полость находится в теле клиновидной кости, которая занимает центральную часть средней черепной ямки. Устья пазух расположены на ее передней стенке. Они чаще всего локализируются на уровне верхней стенки верхнечелюстной пазухи и через клиновидно-решетчатое углубление сообщаются с верхним носовым ходом.

В зависимости от протяженности в передне-заднем направлении Hammer and Radberg [2] предложили выделять три типа пазухи: конхальный, преселлярный и селлярный. В последующем был добавлен постселлярный тип пазухи [3]. Указанные типы отражают динамику увеличения размеров пазухи в постнатальном онтогенезе. Чаще всего конхальный тип встречается у детей в возрасте от 3 до 10 лет [4]. В 10–12-летнем возрасте авторы редко обнаруживали конхальный тип пазухи клиновидной кости, а после 16–18 лет не встречали его вовсе. Преселлярный тип является доминирующим в возрастной группе 4–9 лет, а после 10–12 лет встречается преимущественно селлярный тип пазухи [5]. Fadda et al. [6] у лиц старше 18 лет (средний возраст $53,3 \pm 17,1$ года) чаще всего (58,7% случаев) идентифицировали селлярный тип пазухи и далее по мере убывания частоты встречаемости: преселлярный тип – 27,2%, конхальный тип – 8,5% и постселлярный тип – 5,6%.

Часто пневматизация клиновидной кости не ограничивается телом, а может распространяться в виде карманов в другие ее части [3, 7]. При расширении пазухи в латеральном направлении воздушная полость заходит в крыловидный отросток и/или большое крыло клиновидной кости с образованием латерального кармана [8]. При латеральном распространении воздушной полости возрастает частота протрузии в просвет пазухи расположенных рядом внутренней сонной артерии, зрительного и верхнечелюстного нервов, а также нерва крыловидного канала [9]. При дигисценции между этими структурами и воздухоносной полостью на некотором протяжении может отсутствовать костная стенка. По данным Fatihoglu et al. [10], протрузия сосудов и нервов в пазуху клиновидной кости статистически значимо выше при ее постселлярном типе.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать частоту встречаемости разных типов пазухи клиновидной кости, а также выявить особенности распространения воздухоносной полости за пределы тела клиновидной кости.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы данные костно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) 150 пациентов (60 мужчин и 90 женщин), обратившихся за стоматологической и лор-помощью в частный медицинский центр Минска с 2022 по 2024 г. Средний возраст $39,2 \pm 13,2$ года. Рентгенологическое исследование было выполнено на аппарате ProMax 3D Max (Planmeca Oy, Finland) в программе Planmeca Romexis. Исходя из проекции границ пазухи клиновидной кости относительно передней и задней стенок турецкого седла на сагиттальных КЛКТ-сканах идентифицировались четыре типа

пазухи [2, 11]. Конхальный (раковинный) тип – небольшая, заполненная воздухом полость, которая локализовалась кпереди от турецкого седла на некотором расстоянии от него; преселлярный тип – задняя стенка пазухи находилась на уровне передней стенки седла; селлярный тип – пазуха клиновидной кости находилась на уровне седла, но не выходила за уровень его задней стенки; постселлярный тип – пазуха / клетка Оноди распространялась за пределы турецкого седла назад.

Распространение воздухоносной полости в наклоненные отростки, спинку турецкого седла, большое крыло и крыловидный отросток (гиперпневматизация клиновидной кости) оценивалось на сагиттальных, коронарных и аксиальных сканах (рис. 1). Клетка Оноди идентифицировалась на коронарных и сагиттальных сканах как воздушная полость (задняя ячейка решетчатой кости), проникающая в пазуху клиновидной кости. Фиксировались случаи протрузии внутренней сонной артерии, зрительного нерва, верхнечелюстного нерва или нерва крыловидного канала, которые больше чем наполовину выступали в просвет пазухи клиновидной кости или клетки Оноди [12]. При этом от воздухоносной полости эти структуры были отделены тонкой костной стенкой.

При латеральной пневматизации граница пазухи находилась кнаружи от линии, соединяющей центры круглого отверстия и крыловидного канала на корональном скане (рис. 2А, В, линия aa). Пневматизация крыловидного отростка регистрировалась в тех случаях, когда воздухоносная полость не заходила за пределы вертикальной линии, проведенной через латеральную стенку круглого отверстия (рис. 2А, линия bb). При пневматизации крыловидного отростка и большого крыла клиновидной кости воздушная полость находилась латеральнее от круглого отверстия (рис. 2В).

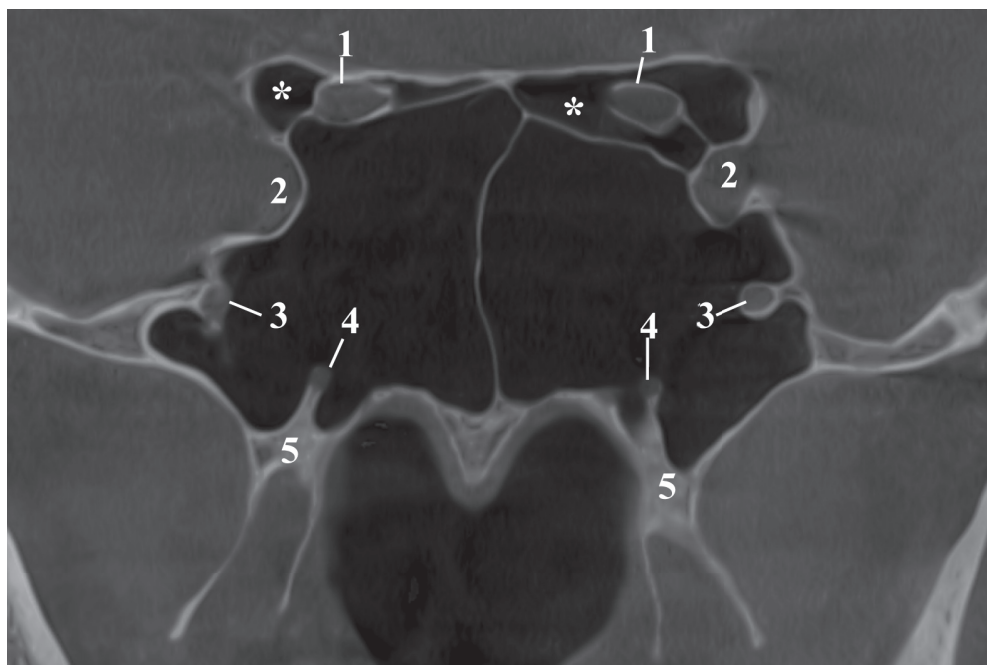
Результаты исследования представлены в виде абсолютных величин и процентного распределения. При сравнении качественных признаков использовался критерий соответствия Пирсона (метод χ^2) и критерий Фишера. Статистически значимым считался результат, если вероятность ошибки в отрицании нулевой гипотезы об отсутствии различий не превышала 5% ($p < 0,05$).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

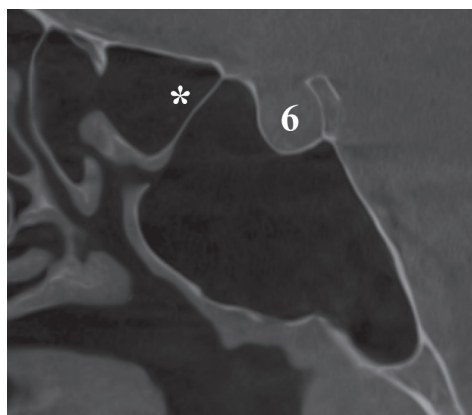
Пазухи клиновидной кости разной протяженности относительно стенок турецкого седла представлены на рис. 3. Конхальный тип пазухи был обнаружен у одного пациента. Ее задняя стенка располагалась кпереди от передней стенки турецкого седла на расстоянии 7,6 мм. При этом в тело клиновидной кости на большом протяжении заходили задние решетчатые ячейки (клетки Оноди, рис. 3А). Преселлярный (рис. 3В) и селлярный (рис. 3С) типы пазух были выявлены у 8 (5,3%) и 41 (27,3%) человека соответственно. Наиболее распространенным в проанализированной выборке оказался постселлярный тип пазухи (рис. 3Д), который был обнаружен у 100 пациентов (66,7%). Нами не обнаружено статистически значимых различий типа пазухи у мужчин и женщин ($p > 0,05$).

Присутствие воздуха в передних наклоненных отростках и спинке турецкого седла было выявлено у 61,3% и 25,3% пациентов соответственно. При этом не обнаружено статистически значимых гендерных различий в частоте встречаемости одно- или двусторонней завоздушенности этих структур ($p > 0,05$).

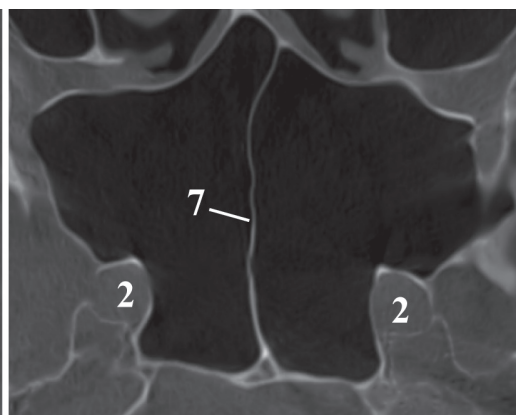
Частота наличия воздушных бухт в больших крыльях и/или крыловидных отростках приведена в табл. 1. Двустороннее распространение полости в эти структуры



A



B



C

Рис. 1. Пациентка Л., 29 лет. Гиперпневматизация клиновидной кости. Двусторонняя протрузия внутренней сонной артерии, верхнечелюстного нерва, нерва крыловидного канала в пазуху и зрительного нерва в клетки Оноди (*). КЛКТ, корональный (А), сагиттальный (В) и аксиальный (С) сканы: 1 – зрительный канал; 2 – внутренняя сонная артерия; 3 – круглое отверстие; 4 – крыловидный канал; 5 – крыловидный отросток; 6 – турецкое седло; 7 – перегородка пазухи клиновидной кости

Fig. 1. Patient L., 29 years old. Hyperpneumatization of the sphenoid bone. Bilateral protrusion of the internal carotid artery, maxillary nerve, and Vidian nerve into the sinus and optic nerve into the Onodi cells (*). CBCT, coronal (A), sagittal (B) and axial (C) scans: 1 – optic canal; 2 – internal carotid artery; 3 – foramen rotundum; 4 – pterygoid canal; 5 – pterygoid process; 6 – sella turcica; 7 – sphenoid sinus septum

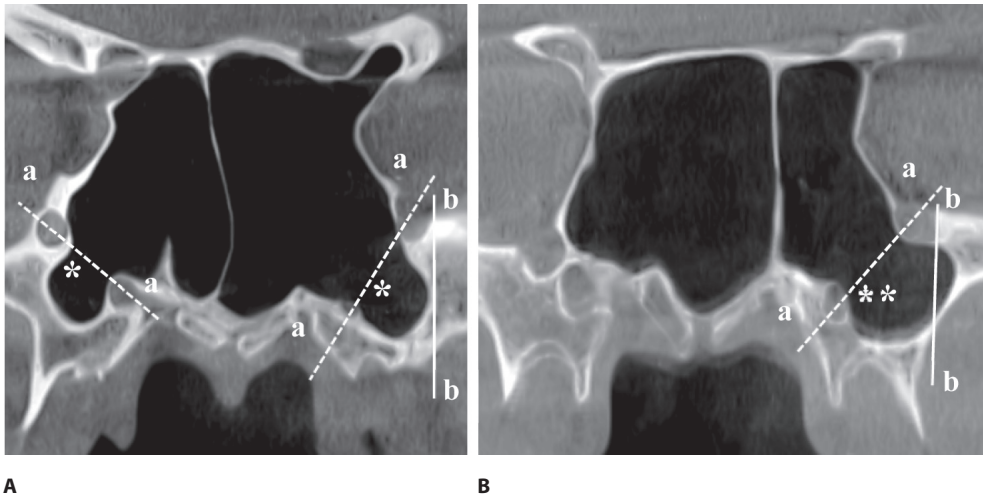


Рис. 2. Варианты латеральной пневматизации клиновидной кости. КЛКТ, корональные сканы. А – пациентка П., 35 лет. Двусторонняя пневматизация крыловидного отростка; В – пациентка Д., 40 лет. Левосторонняя пневматизация крыловидного отростка и большого крыла: aa – линия, соединяющая центры круглого отверстия и крыловидного канала; bb – вертикальная линия, проведенная через латеральную стенку круглого отверстия; * пневматизация крыловидного отростка; ** пневматизация крыловидного отростка и большого крыла
Fig. 2. Variants of lateral pneumatization of the sphenoid bone. CBCT, coronal scans. A – patient P., 35 years old. Bilateral pneumatization of the pterygoid process; B – patient D., 40 years old. Pneumatization of the pterygoid process and greater wing on the left side: aa – Vidian canal to foramen rotundum line; bb – vertical line drawn through the lateral wall of the foramen rotundum; * pneumatization of the pterygoid process; ** pneumatization of the pterygoid process and greater wing

встречалось чаще одностороннего. Не обнаружены гендерные особенности пневматизации вышеперечисленных частей клиновидной кости.

Частота встречаемости латеральных карманов зависит от типа пазухи (табл. 2). При увеличении степени пневматизации тела клиновидной кости в дорсальном направлении вероятность наличия кармана возрастала.

Клетки Оноди (рис. 3) были обнаружены у 20 (13,3%) пациентов, у 10 из них они располагались с двух сторон. Статистически значимых гендерных различий одностороннего или двустороннего наличия клеток Оноди не выявлено ($p > 0,05$). У 2 человек обнаружена двусторонняя протрузия зрительных нервов в клетки Оноди, еще у 2 пациентов зрительные нервы выступали в клетку Оноди с одной стороны (рис. 4А). В 2 случаях дистальная стенка клетки Оноди находилась кзади от задней стенки турецкого седла (рис. 4В).

Частота протрузии внутренней сонной артерии и нервов в пазуху клиновидной кости у мужчин и женщин представлена в табл. 3. Чаще всего у 93 (62%) человек встречались выбухания в пазуху нерва крыловидного канала. Статистически значимых различий частоты протрузии нервов и артерии в пазуху клиновидной кости у мужчин по сравнению с женщинами не выявлено, однако у мужчин достоверно чаще внутренние сонные артерии выступали в клиновидную пазуху с двух сторон

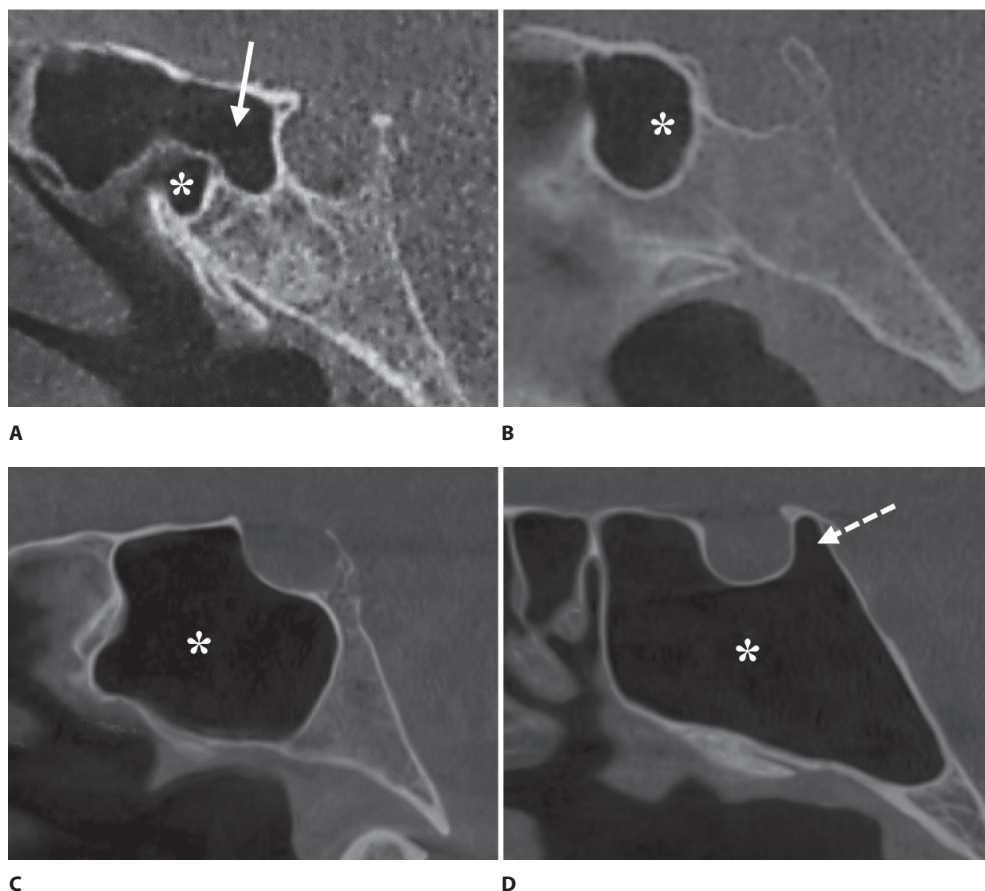


Рис. 3. Типы пазухи клиновидной кости: А – конхальный тип (клетка Оноди указана стрелкой); В – преселлярный тип; С – селлярный тип; D – постселлярный тип с пневматизацией спинки турецкого седла (пунктирная стрелка); * – пазуха клиновидной кости. КЛКТ, сагиттальные сканы
Fig. 3. Types of sphenoid sinus: A – conchal type (Onodi cell is indicated with arrow); B – precellar type; C – cellular type; D – postcellar type with pneumatization of the dorsum sella (dotted arrow); * – sphenoid sinus. CBCT, sagittal scans

($p < 0,05$). Выявлена статистически значимая зависимость протрузии зрительного нерва и пневматизации передних наклоненных отростков ($p < 0,001$).

Частота протрузии в пазуху клиновидной кости внутренней сонной артерии при ее преселлярном, селлярном и постселлярном типах представлена на рис. 5. Полученные данные свидетельствуют о том, что протяженность пазухи клиновидной кости в передне-заднем направлении коррелирует с частотой протрузии в ее просвет рядом расположенных сосудисто-нервных структур.

Частота протрузии внутренней сонной артерии, верхнечелюстного нерва и нерва крыловидного канала оказалась статистически значимо больше при наличии латерального кармана пазухи клиновидной кости ($p < 0,001$) (табл. 4).

Таблица 1
Частота встречаемости вариантов латеральной пневматизации
Table 1
Prevalence of lateral pneumatization patterns of sphenoid sinus

Пневматизация	Мужчины, N (%)	Женщины, N (%)	Клиновидные пазухи, n (%)
Крыловидного отростка			
Односторонняя	12 (20)	14 (15,6)	132 (44)
Двусторонняя	22 (36,7)	31 (34,4)	
Всего	34 (56,7)	45 (50)	
Крыловидного отростка и большого крыла			
Односторонняя	13 (21,7)	13 (14,4)	98 (32,7)
Двусторонняя	14 (23,3)	22 (24,4)	
Всего	27 (45)	35 (38,8)	
Крыловидного отростка и/или большого крыла отсутствует	26 (43,3)	45 (50)	168 (56)

Примечание: N – количество человек; n – количество пазух.

Таблица 2
Частота встречаемости латерального кармана в зависимости от типа пазухи
Table 2
Prevalence of lateral recess in relation to type of sphenoid sinus

Тип пазухи	Латеральный карман		
	Имеется, n (%)	Отсутствует, n (%)	Всего, n (%)
Преселлярный	0 (0)	8 (100)	8 (100)
Селлярный	18 (43,9)	23 (56,1)	41 (100)
Постселлярный	61 (61)	39 (39)	100 (100)

Примечание: n – количество пазух; p <0,001.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Сопоставление полученных в настоящем исследовании результатов с данными литературы о частоте встречаемости разных типов пазухи клиновидной кости, а также вариантов ее гиперпневматизации представлено в табл. 5.

Распространенность типов пазухи варьирует в широком диапазоне: конхальный тип – 0–18%, преселлярный тип – 1,2–46,7%, селлярный тип – 14,5–98,8%, постселлярный тип – 2–83,5% [13]. При постселлярном типе пазухи все ее линейные размеры (длина, ширина и высота) достоверно больше, чем в пазухах других типов [1]. В настоящем исследовании у 66,7% людей обнаружен постселлярный тип пазухи, при котором пневматизация распространялась кзади от турецкого седла.

Tomović et al. [14] не обнаружили возрастных, гендерных и этнических различий в распределении четырех основных типов пневматизации клиновидной кости между афроамериканцами, уроженцами Азии, латиноамериканцами и представителями европеоидной расы, проживающими в США. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что в когорте жителей Индии постселлярный тип пазухи встречается в 82,5% случаев [15], а на выборке, состоящей из жителей Италии, частота встречаемости

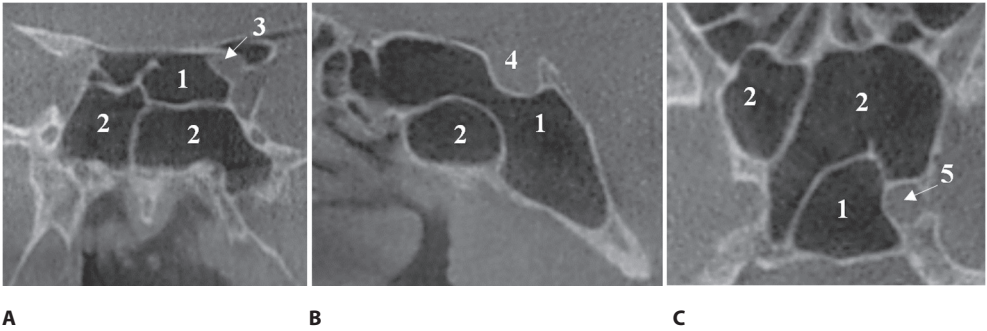


Рис. 4. Пациент М., 33 года. КЛКТ, корональный (А), сагиттальный (В) и аксиальный (С) сканы. Протрузия зрительного нерва и внутренней сонной артерии слева в клетку Оноди. Клетка Оноди, распространяющаяся кзади от турецкого седла: 1 – клетка Оноди; 2 – пазуха клиновидной кости; 3 – канал зрительного нерва; 4 – турецкое седло; 5 – внутренняя сонная артерия
Fig. 4. Patient M., 33 years old. CBCT, coronal (A), sagittal (B) and axial (C) scans. Protrusion of the optic nerve and internal carotid artery into the Onodi cell on the left side. Onodi cell extending posteriorly from the sella turcica: 1 – Onodi cell; 2 – sphenoid sinus; 3 – optic canal; 4 – sella turcica; 5 – internal carotid artery

Таблица 3
Частота протрузии нервов и внутренней сонной артерии в пазуху клиновидной кости
Table 3
Prevalence of neurovascular structures protrusion into the sphenoid sinus

Протрузия	Всего, N (%)	Мужчины, N (%)	Женщины, N (%)
Внутренней сонной артерии			
Односторонняя	15 (10)	4 (6,7)	11 (12,2)
Двусторонняя	54 (36)	29 (48,3)	25 (27,8)
Отсутствует	81 (54)	27 (45)	54 (60)
Зрительного нерва			
Односторонняя	19 (13,1)	6 (10)	13 (15,3)
Двусторонняя	53 (36,6)	25 (41,7)	28 (32,9)
Отсутствует	73 (50,3)	29 (48,3)	44 (51,8)
Верхнечелюстного нерва			
Односторонняя	28 (18,7)	12 (20)	16 (17,8)
Двусторонняя	28 (18,7)	12 (20)	16 (17,8)
Отсутствует	94 (62,6)	36 (60)	58 (64,4)
Нерва крыловидного канала			
Односторонняя	33 (22)	19 (31,7)	14 (15,6)
Двусторонняя	60 (40)	21 (35)	39 (43,3)
Отсутствует	57 (38)	20 (33,3)	37 (41,1)

Примечание: N – количество человек.

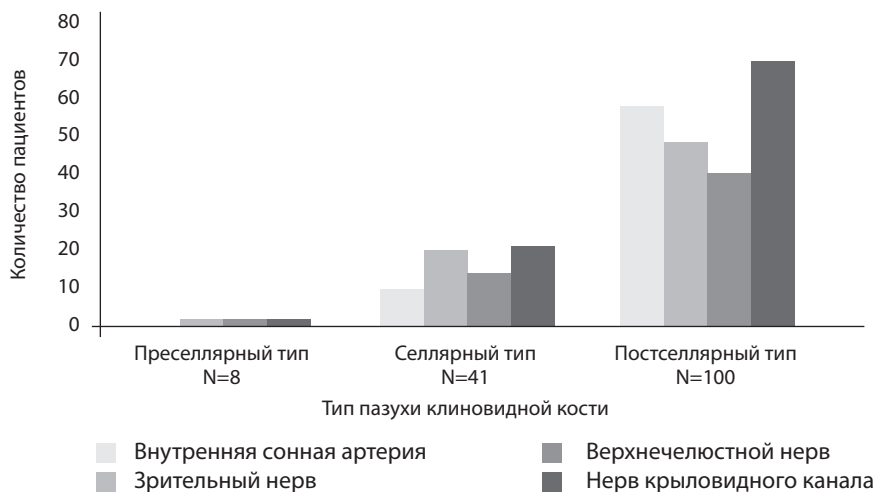


Рис. 5. Распределение частоты протрузии сосудов и нервов в пазуху клиновидной кости в зависимости от ее типа: N – количество пациентов с данным типом пазухи
Fig. 5. Distribution of the frequency of protrusion of neurovascular structures into the sphenoid sinus depending on its type: N – number of patients with this type of sinus

этого типа составила всего 5,6% [6]. В определенной степени это подтверждает тезис Tesfaye et al. [13] о том, что меньшие по объему пазухи более характерны для представителей белой расы и жителей азиатских стран.

По мнению Ю.И. Пиголкина и др. [16], степень пневматизации тела пазухи клиновидной кости не связана с половой принадлежностью людей. Определена умеренная отрицательная корреляция между возрастом и типом строения пазух [17]. В проведенном нами исследовании не обнаружено гендерных статистически значимых различий степени пневматизации клиновидной кости.

Таблица 4
Частота протрузии нервов и внутренней сонной артерии в пазуху клиновидной кости в зависимости от наличия латерального кармана
Table 4
Prevalence of protrusion of neurovascular structures into the sphenoid sinus in relation to the presence of lateral recess

Латеральный карман	Протрузия								
	внутренней сонной артерии, n (%)			верхнечелюстного нерва, n (%)			нерва крыловидного канала, n (%)		
	есть	нет	p	есть	нет	p	есть	нет	p
Имеется	92 (74,8)	40 (22,6)	<0,001	76 (90,5)	56 (25,9)	<0,001	123 (80,4)	9 (6,1)	<0,001
Отсутствует	31 (25,2)	137 (77,4)		8 (9,5)	160 (74,1)		30 (19,6)	138 (93,9)	
Всего	123 (100)	177 (100)		84 (100)	216 (100)		153 (100)	147 (100)	

Примечание: n – количество сторон.

По данным литературы [6, 19], протрузия внутренней сонной артерии в пазуху клиновидной кости встречается с частотой от 3,9% до 41,0%, протрузия зрительного нерва выявляется с частотой 2,8–35,6%. В проанализированной нами выборке протрузия внутренней сонной артерии и зрительного нерва обнаружена с большей частотой – в 46% и 49,7% случаев соответственно.

И.С. Пискунов и Е.Н. Чеглакова [7] наблюдали интерпозицию нерва крыловидного канала и верхнечелюстного нерва в пазуху клиновидной кости в 23,5% (47 случаев) и 17% (34 случая) соответственно. Нами получены данные о большей частоте протрузии вышеперечисленных нервов. Так, одно- или двустороннее выступание нерва крыловидного канала в пазуху обнаружено в 62% случаев. Протрузия верхнечелюстного нерва встречалась у 56 человек (37,4%). Зарегистрированная в литературе частота пневматизации передних наклоненных отростков варьирует от 4% до 26,3% пациентов [14, 25], в то время как в настоящем исследовании одно- или двусторонняя их пневматизация отмечена у 38,7% пациентов. В проанализированной выборке нами зафиксирована высокая частота пневматизации задних наклоненных отростков и спинки турецкого седла – 25,3% пациентов. Burulday et al. [26] установили статистически значимые гендерные отличия в пневматизации задних наклоненных отростков, обнаружив их у мужчин и женщин в 20,7% и 11,5% случаев. Авторы также отметили, что с возрастом степень пневматизации спинки турецкого седла снижается. Düz et al. [25] обнаружили, что пневматизация передних и задних наклоненных отростков клиновидной кости чаще встречается при постселлярном типе пазухи в 19,2% и 6,6% случаев соответственно.

Клетки Оноди представляют особый интерес во время эндоскопических операций из-за их тесной связи с каналом зрительного нерва и внутренней сонной артерией. Кроме того, при наличии клеток Оноди пазуха клиновидной кости расположена более медиально и/или ниже, чем обычно, в связи с чем естественное соустье пазухи клиновидной кости локализуется несколько выше, что необходимо учитывать при осуществлении эндоскопического доступа к ней. Данные литературы относительно частоты обнаружения такого анатомического варианта задних решетчатых ячеек варьируют в широких пределах от 16% до 65,3% пациентов [27]. Мы обнаружили клетки Оноди у 20 пациентов (13,3%). В 6 из 30 обнаруженных клеток Оноди наблюдалась протрузия в их просвет зрительного нерва (2,7% всех пациентов). Fadda et al. [27] отметили такой вариант расположения зрительного нерва в 18,3% изученных пациентов, что намного превышает полученные нами данные.

Гиперпневматизация пазухи клиновидной кости с распространением воздухоносной полости в спинку турецкого седла часто обнаруживается у пациентов с синдромом Клайнфельтера [28]. Гипераэрация пазухи встречается также при церебральной гемиатрофии, синдроме Дайка – Давыдова – Массона (Dyke – Davidoff – Masson) [29]. Это свидетельствует о генетическом детерминировании объема воздухоносной полости. Одним из возможных механизмов недоразвития пазухи считается нарушение развития сосудов в закладке тела клиновидной кости. Регионарный кровоток предопределяет трансформацию красного костного мозга в желтый костный мозг с последующей его инволюцией и образованием воздухоносной полости [30]. Аберрантный региональный кровоток вызывает остановку пневматизации кости при серповидно-клеточной анемии [31].

Таблица 5
Сравнительная характеристика степени пневматизации клиновидной кости у населения разных стран
Table 5
Comparative characteristics of sphenoid bone pneumatization degrees among populations of different countries

Авторы	Страна	Объем выборки, чел.	Конхальный тип, %	Преселлярный тип, %	Селлярный тип, %	Постселлярный тип, %	ППНО, %	ПС, %	ПКО, %	ПБК, %	КО, %
Tomovic et al. [14]	США	170	1,8	7,3	47,6	43,3			72,4 (ПКО + ПБК)		
Anusha et al. [18]	Малайзия	300	0,3	6,7	93,0		12,0				14,3
Rahmati et al. [11]	Иран	103	0,0	1,3	14,6	83,5	33,1		38,9		
Gibelli et al. [19]	Италия		0,0	8,0	77,3	14,7	20,3	32,9	39,6		
Dal Secchi et al. [12]	Бразилия	90	0,0	2,0	98,0		13,0		1,0	47,0	
Tawfik et al. [20]	Египет	500	3,3	0,0	96,8	0,0	8,9		9,3	31,8	18,0
Hiremath et al. [21]	Индия	500	0,0	1,2	98,8						
Refaat and Basha [22]	Турция	170	0,0	28,2	39,4	32,4					
Treviño-Gonzalez et al. [23]	Мексика	160	0,6	6,9	40	52,5	27,5	25,0	26,7	57,4	53,8
Fadda et al. [6]	Италия	230	8,5	27,2	58,7	5,6					
Sagar et al. [24]	Индия	114	5,2	26,3	68,4		26,3		26,3	12,3	
Собственные данные	Беларусь	150	0,7	5,3	27,3	66,7	61,3	25,3	44% (сторон); 52,7% (человек)	24% (сторон); 32,7% (человек)	10% (сторон); 13,3% (человек)

Примечания: КО – клетка Оноди; ПБК – пневматизация большого крыла; ПКО – пневматизация крыловидного отростка; ПС – пневматизация спинки турецкого седла; ППНО – пневматизация переднего наклоненного отростка (малое крыло).

Через пазуху клиновидной кости возможен хирургический эндоскопический доступ к содержимому передней и средней черепных ямок. Это предопределяет практическую значимость знания индивидуальных вариантов ее размеров и взаимоотношений с соседними структурами для минимизации возможных повреждений сосудов и нервов, связанных с хирургическими вмешательствами. Повреждение стенки внутренней сонной артерии встречается в 0,1–0,3% транссфеноидальных операций, а при расширенном эндоскопическом эндоназальном доступе частота такого ятрогенного осложнения достигает 5–9% [32]. Кроме того, при сфеноидите близость внутренней сонной артерии к пазухе рассматривается как причина септического тромбоза пещеристого синуса, в котором проходит этот сосуд [33]. При воспалении слизистой оболочки пазухи клиновидной кости из-за близости с каналом зрительного нерва может также развиваться острая ретробульбарная нейропатия [34].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью конусно-лучевой компьютерной томографии выявлена имеющая практическую значимость, сильно выраженная индивидуальная вариабельность строения пазухи клиновидной кости, включая разную степень пневматизации отдельных частей одноименной кости и взаимоотношения воздухоносной полости с расположенными рядом сосудами и нервами.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Schwerzmann M.C., Suter V.G.A., von Arx T. The anatomical variability of the sphenoid sinus in CBCT – a retrospective study. *Swiss Dent. J.* 2021;132(1). doi: 10.61872/sdj-2022-01-01. Online ahead of print.
- Hammer G., Rådberg C. The sphenoidal sinus. An anatomical and roentgenologic study with reference to transsphenoid hypophysectomy. *Acta Radiol.* 1961;56:401–422. doi: 10.3109/00016926109172836
- Gol'bin D.A., Cherekaev V.A. Variability and age-related features of the anatomy of the midline structures of the anterior skull base. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2018;82(1):102–110. (in Russian) doi: 10.17116/neiro2018821102-110
- Rennie C., Haffajee M.R., Satyapal K.S. The Morphology of the Sphenoid Air Sinus from Childhood to Early Adulthood (1 to 25 years) Utilizing 3D Reconstructed Images. *Int. J. Morphol.* 2017;35(4):1261–1269.
- Lee S., Fernandez J., Mirjalili S.A., et al. Pediatric paranasal sinuses – Development, growth, pathology, & functional endoscopic sinus surgery. *Clinical Anatomy.* 2022;35(6):745–761.
- Fadda G.L., Petrelli A., Urbanelli A., et al. Risky anatomical variations of sphenoid sinus and surrounding structures in endoscopic sinus surgery. *Head Face Med.* 2022;18(1):29. doi: 10.1186/s13005-022-00336-z
- Piskunov I.S., Cheglakova E.N. [The structure of the lateral and inferior walls of the sphenoid sinuses and their relationship with the surrounding anatomical structures according to X-ray computed tomography data]. *Russian Rhinology.* 2010;4:8–11. (in Russian)
- Vaezi A., Cardenas E., Pinheiro-Neto C., et al. Classification of Sphenoid Sinus Pneumatization: Relevance for Endoscopic Skull Base Surgery. *The Laryngoscope.* 2014;125(3):577–581. doi: 10.1002/lary.24989
- Treviño-Gonzalez J.L., Santos-Santillana K.M., Maldonado-Chapa F., et al. Neurovascular structures in the lateral recess of the sphenoid sinus. A computed tomography evaluation. *Neurocirugia (Astur: Engl. Ed.).* 2023;34(3):105–111. doi: 10.1016/j.neucie.2022.11.011
- Fatihoglu E., Aydin S., Karavas E., et al. The pneumatization of the sphenoid sinus, its variations and relations with surrounding neurovascular anatomic structures: A computerized tomography study. *Am. J. Otolaryngol.* 2021;42(4):102958. doi: 10.1016/j.amjoto.2021.102958
- Rahmati A., Ghafari R., Anjom Shoa M. Normal Variations of Sphenoid Sinus and the Adjacent Structures Detected in Cone Beam Computed Tomography. *J. Dent. (Shiraz).* 2016;17(1): 32–37.
- Dal Secchi M.M., Dolci R.L.L., Teixeira R., et al. An Analysis of Anatomic Variations of the Sphenoid Sinus and Its Relationship to the Internal Carotid Artery. *Int. Arch. Otorhinolaryngol.* 2018;22(2):161–166. doi: 10.1055/s-0037-1607336
- Tesfaye S., Hamba N., Gerbi A., et al. Radio-anatomic variability in sphenoid sinus pneumatization with its relationship to adjacent anatomical structures and their impact upon reduction of complications following endonasal transsphenoidal surgeries. *Translational Research in Anatomy.* 2021;24:100126. doi: 10.1016/j.tria.2021.100126
- Tomovic S., Esmaili A., Chan N.J., et al. High-resolution computed tomography analysis of variations of the sphenoid sinus. *J. Neurol. Surg. B Skull Base.* 2013 Apr;74(2):82–90. doi: 10.1055/s-0033-1333619
- Tavakoli M., Jafari-Pozve N., Aryanezhad S.S. Sphenoid Sinus Pneumatization Types and Correlation with Adjacent Neurovascular Structures Using Cone-Beam Computed Tomography. *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2023;75(3):2245–2250. doi: 10.1007/s12070-023-03796-0
- Pigolkin Yu.I., Garcia Corro M.A., Zolotenkova G.V. The age-dependent changes of sella turcica, frontal and sphenoid sinuses. *Forensic Medical Expertise.* 2016;59(6):48–53. doi: 10.17116/sudmed201659648-53 (in Russian)
- Zeleva O.V., Zelter P.M., Kolsanov A.V., et al. Anatomical peculiarities of the sphenoidal sinus based on computed tomography data: structural types and correlation with maxillary sinuses. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2021;29(1):13–20. doi:10.23888/PAVLOVJ202129113-20
- Anusha B., Baharudin A., Philip R., et al. Anatomical variants of surgically important landmarks in the sphenoid sinus: a radiologic study in Southeast Asian patients. *Surg. Radiol. Anat.* 2015;37(10):1183–90. doi: 10.1007/s00276-015-1494-8
- Gibelli D., Cellina M., Gibelli S., et al. Volumetric assessment of sphenoid sinuses through segmentation on CT scan. *Surg. Radiol. Anat.* 2018;40(2):193–198. doi: 10.1007/s00276-017-1949-1
- Tawfik A., El-Fattah A.M.A., Nour A.I., et al. Neurovascular Surgical Keys Related to Sphenoid Window: Radiologic Study of Egyptian's Sphenoid. *World Neurosurg.* 2018;116:e840–e849. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.113
- Hiremath S.B., Gautam A.A., Sheeja K., et al. Assessment of variations in sphenoid sinus pneumatization in Indian population: A multidetector computed tomography study. *Indian J. Radiol. Imaging.* 2018;28(3):273–279. doi: 10.4103/ijri.IJRI_70_18
- Refaat R., Basha M.A.A. The impact of sphenoid sinus pneumatization type on the protrusion and dehiscence of the adjacent neurovascular structures: A prospective MDCT imaging study. *Acad Radiol.* 2020;27(6):e132–e139. doi: 10.1016/j.acra.2019.09.005
- Treviño-Gonzalez J.L., Maldonado-Chapa F., Becerra-Jimenez J.A., et al. Sphenoid Sinus: Pneumatization and Septation Patterns in a Hispanic Population. *ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec.* 2021;83(5):362–371. doi: 10.1159/000514458
- Sagar S., Jahan S., Kashyap S.K. Prevalence of Anatomical Variations of Sphenoid Sinus and Its Adjacent Structures Pneumatization and Its Significance: A CT Scan Study. *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2023;75(4):2979–2989. doi: 10.1007/s12070-023-03879-y
- Düz E., Düz Ö., Gülsöy K.Y., et al. Evaluation of Anterior and Posterior Clinoid Process Pneumatization with Sphenoid Sinus Types. *Van Tip Dergisi.* 2023;30(4):439–445. doi: 10.5505/vtd.2023.69741
- Burulday V., Akgül M.H., Muluk N.B., et al. Evaluation of posterior clinoid process pneumatization by multidetector computed tomography. *Neurosurgical Review.* 2016;40(3):403–409. doi: 10.1007/s10143-016-0794-8

27. Fadda G.L., Urbanelli A., Petrelli A., et al. Type IV optic nerve and Onodi cell: is there a risk of injury during sphenoid sinus surgery? *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2024;44(1):36–41. doi: 10.14639/0392-100X-N2462
28. Kosowicz J., Rzymiski K. Radiological features of the skull in Klinefelter's syndrome and male hypogonadism. *Clinical Radiology.* 1975;26:371–378. doi:10.1016/s0009-9260(75)80081-x
29. Gökçe E., Beyhan M., Sade R. Radiological imaging findings of Dyke-Davidoff-Masson syndrome. *Acta Neurologica Belgica.* 2017;117(4):885–893. doi:10.1007/s13760-017-0778-7
30. Prabhu A.V., Branstetter B.F. The CT prevalence of arrested pneumatization of the sphenoid sinus in patients with sickle cell disease. *American Journal of Neuroradiology.* 2016;37(10):1916–1919. doi: 10.3174/ajnr.a4801
31. Yonetsu K., Watanabe M., Nakamura T. Age-related expansion and reduction in aeration of the sphenoid sinus: volume assessment by helical CT scanning. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000;21:179–182.
32. Cobzeanu B.M., Baldea V., Costan V.V., et al. Anatomical Variants of Internal Carotid Artery-Results from a Retrospective Study. *Medicina (Kaunas).* 2023;59(6):1057. doi: 10.3390/medicina59061057
33. Dolapsakis C., Kranidioti E., Katsila S., et al. Cavernous sinus thrombosis due to ipsilateral sphenoid sinusitis. *BMJ Case Rep.* 2019;12(1):e227302. doi: 10.1136/bcr-2018-227302
34. Chafale V.A., Lahoti S.A., Pandit A., et al. Retrobulbar optic neuropathy secondary to isolated sphenoid sinus disease. *J Neurosci Rural Pract.* 2015;6(2):238–40. doi: 10.4103/0976-3147.153233