

Мельниченко Ю.М., Кабак С.Л., Карапетян Г.М., Юшкевич Е.В.  
**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПАЗУХИ  
КЛИНОВИДНОЙ КОСТИ**

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Статья посвящена сравнительному анализу результатов ручного (на основе линейных размеров) и полуавтоматического (с использованием компьютерного анализа изображений) методов определения объема клиновидной пазухи. Показано, что ручной метод, не учитывающий её индивидуальные анатомические особенности, приводит к систематическому завышению объёмных показателей. Выявлено, что ошибка ручных измерений возрастает пропорционально увеличению сложности формы пазухи. Полуавтоматический метод предоставляет возможность не только определения размеров, но и параметров формы пазухи. Вместе с тем статистически значимых различий между результатами ручного и полуавтоматического методов не выявлено. Таким образом, несмотря на ограниченную точность, ручной метод остаётся приемлемым для оценки объема клиновидной пазухи в условиях отсутствия специализированного программного обеспечения.

**Ключевые слова:** клиновидная кость, пазуха клиновидной кости, объем, конусно-лучевая компьютерная томография.

Melnichenko Y.M., Kabak S.L., Karapetsian R.M., Yushkevich E.V.  
**AUTOMATED SYSTEM FOR DETERMINING THE VOLUME  
OF THE SPHENOID SINUS**

**Abstract.** The article presents a comparative analysis of the results obtained using manual (based on linear measurements) and semi-automatic (using computer image analysis) methods for determining the volume of the sphenoid sinus. It is demonstrated that the manual method, which does not account for individual anatomical variations in sinus shape, leads to systematic overestimation of volumetric parameters. The measurement error of the manual method was found to increase proportionally with the complexity of the sinus morphology. However, no statistically significant differences were observed between the results obtained by the manual and semi-automatic methods. Thus, despite its limited accuracy, the manual method remains acceptable for estimating sphenoid sinus volume when specialized software is unavailable.

**Keywords:** sphenoid bone, sphenoid sinus, volume, cone beam computed tomography.

**Актуальность.** Пазуха клиновидной кости – воздухоносная полость внутри ее тела. Она состоит из двух ассиметричных половин (левая и правая клиновидные пазухи), изменчивых по форме и размерам. Пневматизация клиновидной кости начинается в возрасте около двух лет, прогрессирует в переднезаднем направлении до пяти лет и достигает своего полного развития между пятнадцатью и тридцатью годами [1]. Пазухи окружены нейроваскулярными структурами, такими как гипофиз, внутренняя сонная артерия, зрительный и верхнечелюстной нервы, а также нерв крыловидного канала. По мере увеличения пневматизации эти структуры могут выступать в воздухоносную полость [2]. В связи с широким внедрением в практическое здравоохранение эндоскопических трансфеноидальных операций важное значение приобретает визуализация клиновидных пазух и детализация их строения на этапе планирования хирургического вмешательства. Кроме того,

измерение линейных размеров и объема воздухоносных полостей позволяет выявить индивидуальные особенности их строения в рамках проведения научных антропологических исследований.

По данным литературы объем пазухи клиновидной кости (ее двух половин) варьирует в широком диапазоне. В западном полушарии ее средний объем не превышает  $12 \text{ см}^3$ , а максимальный зарегистрированный объем – не более  $25 \text{ см}^3$  [3]. Большая изменчивость результатов зависит от метода расчета параметра, а также связана с расово-этническими особенностями проанализированных выборок.

**Цель:** провести сравнительный анализ результатов ручного (по линейным размерам) и полуавтоматического (компьютерный анализ изображений) методов определения объема клиновидной пазухи.

**Материал и методы.** Проанализированы данные КЛКТ-исследований 34 произвольно выбранных пациентов стоматологических и ЛОР-отделений медицинских центров г. Минска. Изменения толщины слизистой оболочки пазухи и присутствие в ее полости патологического содержимого не учитывались, поскольку они не затрудняли дифференцировку костных стенок.

На аксиальных КЛКТ-сканах (Рис. 1) ручным методом измерялись ширина отдельно каждой пазухи, максимальный горизонтальный размер обеих половин (а), а также их глубина, максимальный переднезадний размер (б). На сагиттальных сканах определялся максимальный вертикальный размер пазух, их максимальная высота (в).

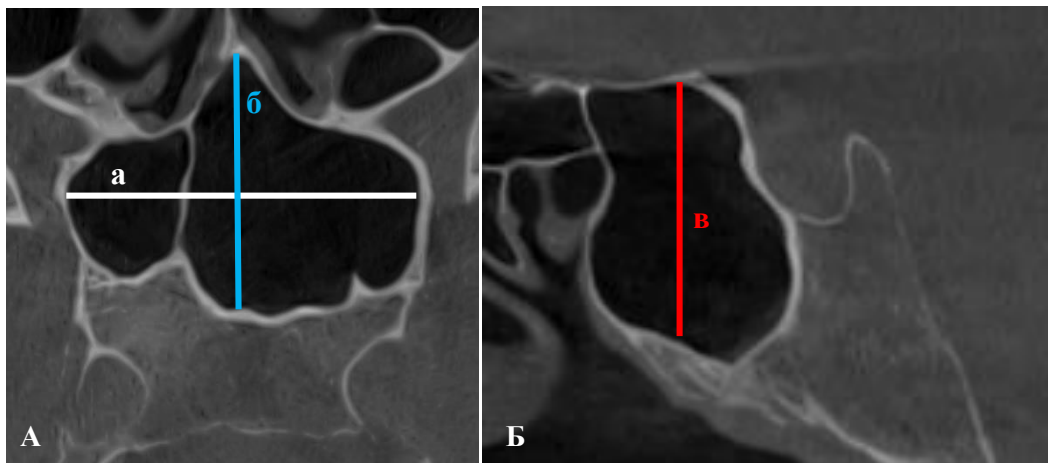


Рис.1. Методика измерения линейных параметров клиновидной пазухи.

а – максимальный горизонтальный размер левой и правой пазухи, б –  
максимальный переднезадний размер,  
в – максимальный вертикальный размер.

А – КЛКТ, аксиальный скан, Б – КЛКТ, сагиттальный скан

Объем воздухоносной полости (V) рассчитывался по формуле:

$$V=1/2 \times \text{высота} \times \text{глубина} \times \text{ширина}$$

3D-реконструкция в полуавтоматическом режиме, а также расчет объемов левой и правой клиновидных пазух осуществлялись с

использованием функций библиотеки VTK (Visualization Toolkit). Предварительно сегментировались участки клиновидных пазух, обнаруживаемые на КЛКТ-сканах. В полуавтоматическом режиме сегментация проводилась экспертом интерактивно.

Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ Statistica 10.0.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ агрегированных показателей приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Объем клиновидных пазух (V), полученный ручным и полуавтоматическим методами

Определяемый параметр	Ручной метод			Полуавтоматический метод		
	Левая V	Правая V	Полный V	Левая V	Правая V	Полный V
Среднее (см <sup>3</sup> )	6,5	6,4	13,9	6,0	5,5	11,6
Медиана (см <sup>3</sup> )	6,0	5,5	12,0	5,9	5,2	10,9
Min (см <sup>3</sup> )	0,7	1,0	3,4	1,1	1,1	3,5
Max (см <sup>3</sup> )	15,1	18,9	31,4	13,1	12,4	24,6
Станд. отклон.	4,3	3,8	6,6	3,5	2,8	4,8
Коэфф. вариации	65,7	59,8	48,5	58,3	50,6	41,0
R <sub>лев.</sub>	0,76					
R <sub>прав.</sub>	0,50					
R <sub>полн.</sub>	0,13					

*Примечание:* полный объем = сумма объемов правой и левой половин пазухи клиновидной кости

Во всех случаях допускаемое при ручном методе обобщение формы клиновидных пазух, не учитывающее индивидуальных особенностей их строения, приводит к стабильному завышению значений объёмных показателей. Разница полученных ручным методом средних значений объёма колеблется в диапазоне от 8 до 20 процентов. Максимальное различие проявляется для суммарного объёма левой и правой пазух. Характеризуемое коэффициентом вариации рассеяние полученных значений объёмов велико в обоих случаях, но при ручном способе оно на 9% выше. Тем не менее, полученная величина теста Манна-Уитни (P) при уровне значимости  $\alpha=0,05$  не позволяет сделать вывод о существенности обнаруженных различий.

С целью установления взаимосвязи между ошибкой ручного определения объема пазухи и вариабельностью её формы рассчитывалась разница между значениями объема, полученными вручную, и истинными (полученными с помощью полуавтоматического метода) значениями для каждой пазухи. Несмотря на значительную вариацию относительной ошибки измерений при использовании ручного метода, выявленный линейный тренд демонстрирует однозначное увеличение погрешности с возрастанием сложности анатомической формы воздухоносной полости.

Полуавтоматический метод предоставляет возможность не только определения размеров, но и параметров формы пазухи. При этом статистически значимых различий между результатами ручного и полуавтоматического методов измерения обнаружено не было. Таким образом, несмотря на ограниченную точность, ручной метод остаётся приемлемым для оценки объёма клиновидной пазухи в условиях отсутствия специализированного программного обеспечения.

### **Литература**

1. Morphometric variants of the paranasal sinuses in a Mexican population: expected changes according to age and gender / N. G. Jasso-Ramírez [et al.] // *Folia Morphol (Warsz)*. – 2023. – Vol. 82, № 2. – P. 339-345. – DOI: 10.5603/FM.a2022.0033.
2. Variations of sphenoid and related structures / A. Sirikci [et al.] // *European Radiology*. – 2000. – Vol. 10, № 5. – P. 844-848. – DOI: 10.1007/s003300051016.
3. Volumetric evaluation of the sphenoid sinus among different races in the Southeast Asian (SEA) population: a computerized tomography study / G. J. Tuang [et al.] // *International Journal of Medical Sciences Radiology*. – 2023. – Vol. 20, № 2. – P. 211-218. – DOI: 10.7150/ijms.68095.