

УДК 616-089: 616-073.75

## ВОЗМОЖНОСТИ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ХИРУРГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУР СРЕДНЕГО УХА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ СТРОЕНИЯ ВИСОЧНОЙ КОСТИ

*А. А. Зубарева, К. А. Никитин, М. А. Шавгулидзе, Е. А. Азовцева*

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

## CONE-BEAM CT OPPORTUNITIES IN THE ASSESSMENT OF SIGNIFICANT SURGICAL ANTHROPOMETRICAL INDICATORS OF MIDDLE EAR STRUCTURES IN DIFFERENT TYPES OF TEMPORAL BONE STRUCTURES

*A. A. Zubareva, K. A. Nikitin, M. A. Shavgulidze, E. A. Azovtseva*

First I. P. Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2014 г.

Мультиспиральная компьютерная томография (КТ) широко используется в практике отохирургов. С развитием конусно-лучевой КТ появилась возможность выполнения КТ с сопоставимой точностью и облегченным позиционированием, меньшей лучевой нагрузкой и получением первично трехмерного изображения. В настоящее время не разработан алгоритм анализа трехмерных томограмм височной кости в рамках предоперационной подготовки при вмешательствах на структурах среднего уха. Выполнен ретроспективный анализ 118 томограмм височных костей, выполненных на конусно-лучевом томографе, из которых для исследования отобраны 58 височных костей у 32 человек, каждая из которых была отнесена к одной из трех групп сравнения в зависимости от типа пневматизации. Структуры среднего уха были оценены качественно и количественно (глубина залегания антрума и сигмовидного синуса, размеры антрума, расстояние от антрума до сигмовидного синуса, наличие латеропозиции и предлежащего синуса, толщина костных стенок горизонтального полукружного канала, канала лицевого нерва около *aditus ad antrum* и расстояние между ними). Выявлены достоверные различия между антропометрическими показателями в зависимости от типа пневматизации и наличия воспалительных изменений в височной кости. Предложен алгоритм анализа трехмерных томограмм височных костей, который целесообразно использовать при предоперационной подготовке и выборе хирургического доступа к структурам среднего уха.

**Ключевые слова:** конусно-лучевая компьютерная томография, отит, височная кость.

Multislice computed tomography (MSCT) is widely used in ear surgery. With the development of cone-beam CT technology it's become possible to perform CT with comparable precision and facilitate positioning, lower radiation dose and getting primary three-dimensional image. Currently there is no algorithm of three-dimensional tomograms analysis of the temporal bone as part of preoperative preparation in middle ear surgery. A retrospective analysis of 118 temporal bones tomograms made on the cone-beam tomography was performed, from which 58 temporal bones from 32 individuals were selected for study, each of which was related to one of three comparison groups according to the type of pneumatization. Structures of the middle ear were evaluated qualitatively and quantitatively (the depth of the antrum and the sigmoid sinus, antrum size, distance from the antrum to the sigmoid sinus, the presence of lateroposition and prelying sinus, bone wall thickness of the horizontal semicircular canal, facial canal near the *aditus ad antrum*, and the distance between them). Significant differences were found between anthropometric measurements, depending on the type of pneumatization and the presence of inflammatory changes in the temporal bone. The algorithm of three-dimensional tomograms of temporal bones analysis is proposed, which should be used in preoperative preparation and choosing of surgical access to the structures of middle ear.

**Key words:** cone-beam computed tomography, otology, temporal bone.

**Введение.** Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) широко используется в практике отохирургов и является общепризнанным «золотым

стандартом» исследования височных костей [1]. Однако с активным развитием технологии конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) было по-

казано сопоставимое или лучшее разрешение при выполнении КЛКТ по сравнению с МСКТ. Это продемонстрировано в многочисленных исследованиях как на препаратах височных костей и целого черепа, так и на здоровых добровольцах и пациентах [1–10]. Также преимуществами КЛКТ являются: доза лучевой нагрузки по сравнению с МСКТ меньше в 4–5 раз; облегченное позиционирование за счет сокращения времени исследования и возможности с помощью программного обеспечения изменения плоскостей просмотра; получение первично трехмерного изображения и отсутствие необходимости 3D-реконструкции изображения; возможность выполнения интраоперационного исследования; меньшая стоимость исследования [1, 2, 8, 11]. Одним из наиболее существенных недостатков КЛКТ является низкая дифференцировка мягкотканых структур [7, 8]. Активно развивающимися направлениями в КЛКТ височной кости являются визуализация металлических имплантатов среднего и внутреннего уха за счет меньшего количества получаемых артефактов, интраоперационная КЛКТ височных костей, в том числе с использованием навигационных систем [8].

В изученной литературе по компьютерной томографии височной кости представлены алгоритмы ее анализа, широко освещена семиотика патологии височной кости, варианты укладки и позиционирования пациентов, а также протоколы исследования височной кости [1, 11–16]. На настоящее время не разработан алгоритм с количественным анализом конусно-лучевых томограмм височной кости перед оперативным вмешательством на ее структурах, в частности, на структурах среднего уха. Разработка алгоритма анализа височных костей перед оперативным вмешательством на структурах височной кости помогает в выборе хирургического доступа к структурам височной кости, более безопасному и контролируемому вмешательству на височной кости. Также представляется важным сравнить и количественно оценить особенности строения височной кости в зависимости от типа пневматизации и наличия признаков воспаления в ней, так как сравнительных количественных данных в литературе найдено не было.

**Материалы и методы исследования.** Проводился ретроспективный анализ томограмм височных костей, выполненных на томографе Galileos Comfort (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim Germany), программное обеспечение Galaxis. Параметры томографической съемки: 85 кВ, 4 мА, 28 мА/с, размер изотропного вокселя 0,15 мм, эффективная доза 70 мкЗв. За период с 8.05.2013 г. по 6.03.2014 г. в клинике оториноларингологии ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова было выполнено и проанализировано 118 КТ височных костей. Для исследования отобрано 58 височных костей у 32 человек. Позиционирование перед съемкой выполнялось по орбитомеатальной линии.

Отобранные томограммы височных костей были отнесены к одной из трех групп в зависимости от типа пневматизации височной кости и наличия рентгенологических признаков ее патологии: 1-я группа — пневматический тип строения височной кости (20 височных костей, 10 человек); 2-я группа — смешанный тип строения (21 височная кость, 11 человек); 3-я группа — склеротический или смешанный тип с признаками хронического воспаления среднего уха (17 костей, 11 человек).

Критерии отбора в 1-ю и 2-ю группы: отсутствие острой патологии, обострения хронической, отсутствие костно-деструктивных изменений, четкая визуализация всех исследуемых структур.

Томограммы анализировались в режиме «MPR/рентгенологического исследования» в трех плоскостях. Производилась качественная и количественная оценка структур каждой височной кости, значимых при выборе оперативного доступа и выполнении хирургических вмешательств на структурах среднего уха.

#### 1. Качественная оценка:

- тип пневматизации сосцевидного отростка;
- пневматизация антрума и барабанной полости;
- наличие/отсутствие костно-деструктивных изменений височной кости;
- состояние слуховых косточек и их взаиморасположение;

#### е. высота стояния луковички яремной вены.

#### 2. Количественные показатели:

- глубина залегания антрума;
- высота, глубина и длина антрума;
- глубина залегания сигмовидного синуса;
- расстояние от антрума до борозды сигмовидного синуса;
- толщина костной стенки между горизонтальным полукружным каналом и *aditus ad antrum*;
- толщина костной стенки между каналом лицевого нерва и *aditus ad antrum*;
- толщина костной стенки между каналом лицевого нерва и горизонтальным полукружным каналом;
- при сравнении глубины залегания антрума и сигмовидного синуса делался вывод о наличии лаг-теропозиции синуса.

**Результаты и их обсуждение.** При оценке использовался следующий алгоритм (вся оценка выполнялась в режиме «MPR/рентгенологического исследования»).

#### 1-й этап. Качественная оценка височной кости.

1. Тип пневматизации оценивался преимущественно во фронтальной плоскости с дополнительным контролем положения в аксиальной и сагиттальной плоскостях, одновременно отмечалось наличие костно-деструктивных изменений ячеек сосцевидного отростка, сохранность кортикальной пластинки сосцевидного отростка (рис. 1).

2. Далее для более точной ориентировки в структурах височной кости путем перемещения изображения

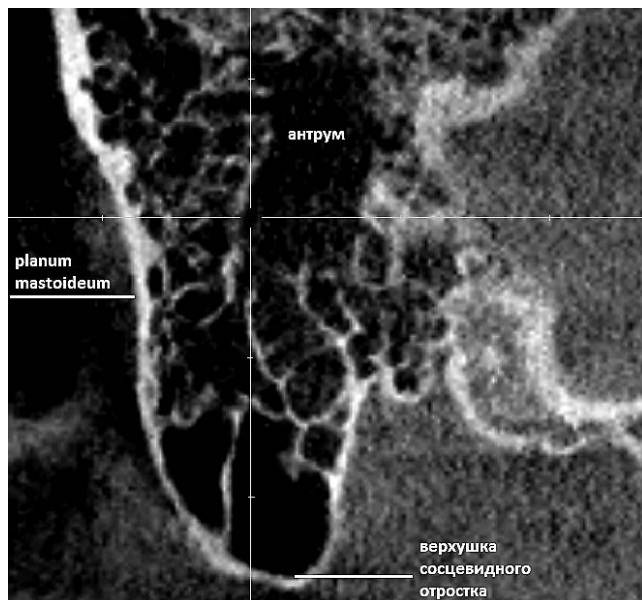


**Рис. 1.** Оценка пневматизации височной кости (фронтальная плоскость, контрастность 55%).

в аксиальной плоскости перекрестье устанавливалось в такое положение, при котором визуализировалось наковальне-молоточковое сочленение в области аттика, далее позади — вход в пещеру с обращенным к нему коротким отростком наковальни, позади которого визуализировался антрум. При этом наковальне-молоточковое сочленение напоминало по виду «рожок мороженого» (шарик — головка молоточка, рожек — тело и короткий отросток наковальни). Дополнительно при увеличении оценивались воздушность полостей в данной области, правильная ориентация короткого отростка наковальни, наковальне-молото-

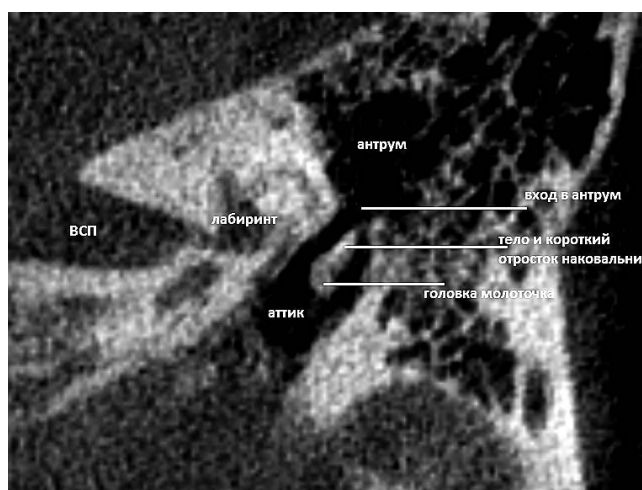


**Рис. 2.** Ориентир, оценка наковальне-молоточкового сочленения. Визуализация аттика, антрума, входа в пещеру (аксиальная плоскость, контрастность 62%). ВСП — внутренний слуховой проход.

точного сочленения, сохранность костных структур в данной области (рис. 2).

3. Перекрестье в аксиальной плоскости перемещалось вверх до визуализации четкой границы между телом наковальни и молоточком (рис. 3).

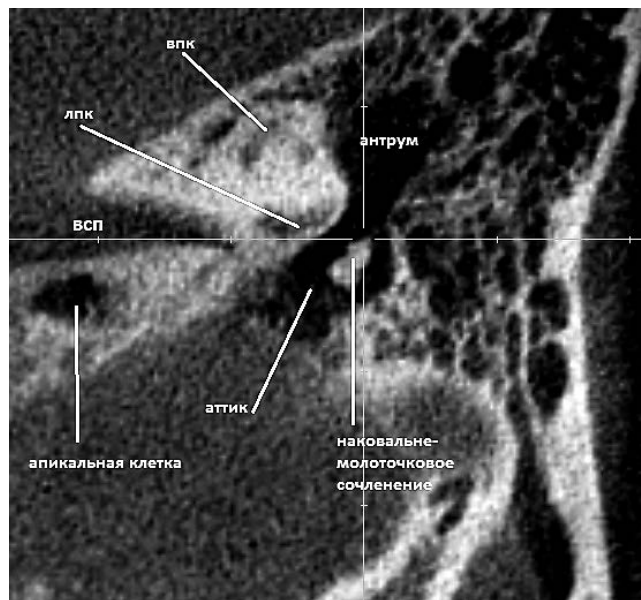


**Рис. 3.** Визуализация наковальне-молоточкового сочленения (аксиальная плоскость, контрастность 55%). ВСП — внутренний слуховой проход; ЛПК — латеральный полукружный канал; ВПК — верхний полукружный канал.

4. Перекрестье в аксиальной плоскости устанавливалось в области головки молоточка. И затем во фронтальной плоскости оценивалась сохранность костной структуры молоточка. При позиционировании пациента по орбитомеатальной линии визуализировались все отделы молоточка — головка, шейка, короткий отросток и рукоятка. По наклону рукоятки оценивалось положение барабанной перепонки в том случае, когда на томограмме барабанная перепонка не визуализировалась. Также оценивалась целостность скутума (рис. 4).

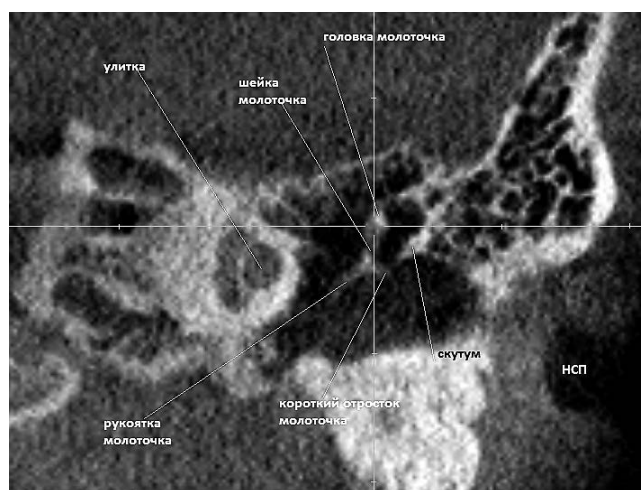


**Рис. 4.** Фронтальная плоскость, контрастность 50%. НСП — наружный слуховой проход.

5. Перекрестье в аксиальной плоскости перемещалось на тело наковальни и во фронтальной плоскости оценивались сохранность костной структуры тела и длинного отростка наковальни, наковальне-стремянное сочленение, и, если визуализировалось, стремечко, а также сохранность скутума (рис. 5).

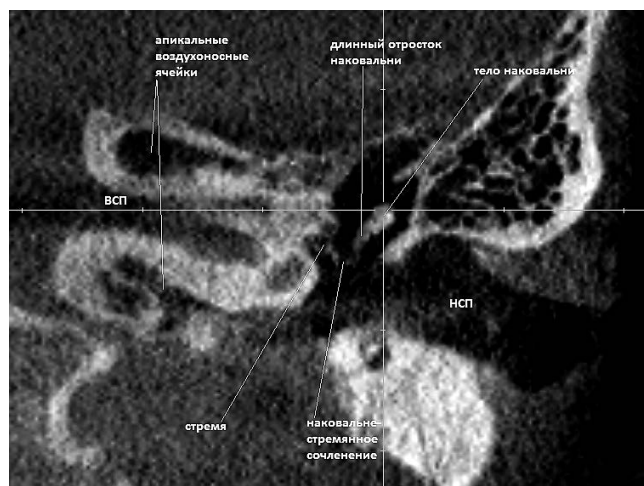


**Рис. 5.** Фронтальная плоскость, контрастность 62%. ВСП — внутренний слуховой проход; НСП — наружный слуховой проход.

6. Перекрестье во фронтальной плоскости устанавливалось на стремя и далее в аксиальной плоскости также оценивались его структуры (рис. 6).

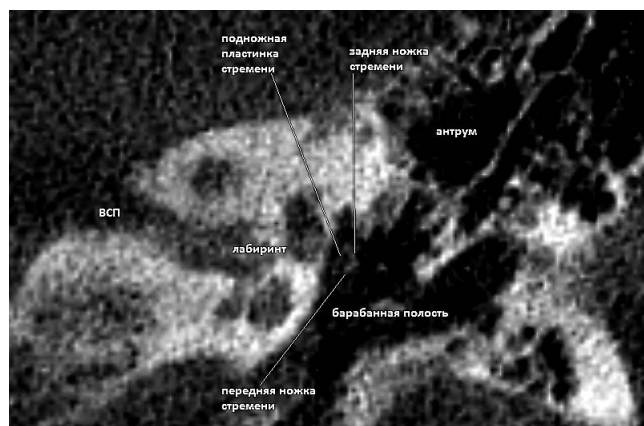


**Рис. 6.** Оценка стремени в аксиальной плоскости (аксиальная плоскость, контрастность 69%). ВСП — внутренний слуховой проход.

7. Следующим этапом была проведена оценка положения луковицы яремной вены, которая зачастую визуализировалась в сагиттальной плоскости при данном положении перекрестья (рис. 7). Для контроля точности определения ее положения необходимо перемещение в сагиттальной плоскости от латеральной стенки височной кости и наружного слухового прохода кнутри. При этом луковица яремной вены будет визуализироваться при перемещении снаружи кнутри — медиально, кзади и снизу относительно наружного слухового прохода, за каналом лицевого нерва в его мастоидальной части, книзу и кзади от гипотимпанума.

**2-й этап.** Измерение хирургически значимых антропометрических показателей среднего уха и близлежащих структур производилось с помощью инструмента «измерение расстояния» в миллиметрах.

1. Для измерения глубины залегания антрума, его длины, глубины (ширины) и высоты перекрестье устанавливалось в области антрума при выводе изоб-

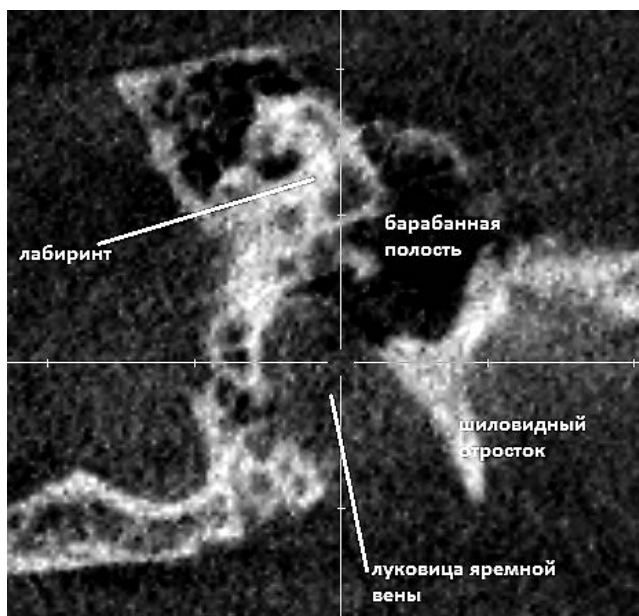


**Рис. 7.** Визуализация луковицы яремной вены (сагиттальная плоскость, контрастность 72%).

ражения томограммы в аксиальной плоскости в области наковальне-молоточкового сочленения аналогично пункту 2 первого этапа оценки. Далее в трех плоскостях производилось измерение вышеперечисленных параметров. В аксиальной плоскости визуализировалась длина и глубина (ширина) антрума (рис. 8, а). Во фронтальной плоскости — глубина залегания антрума, его высота и глубина (ширина) (рис. 8, б). В сагиттальной плоскости — высота антрума (рис. 8, в).

2. Далее в сагиттальной плоскости визуализировалась борозда сигмовидного синуса, которая располагалась позади барабанной полости, при перемещении перекрестья кнутри-кнаружи визуализировалось место с наименьшей толщиной стенки между сигмовидным синусом и антрумом, производилось измерение данного показателя (рис. 9).

3. Не перемещая перекрестье производилось измерение глубины залегания сигмовидного синуса во фронтальной плоскости (рис. 10).

4. Перекрестье устанавливалось в области входа в пещеру при положении № 2 первого этапа и одновременно в двух плоскостях: аксиальной (рис. 11, а) и фронтальной (рис. 11, б) — измеряется наименьшее расстояние между латеральным полукружным каналом и входом в пещеру.

5. Расстояние между входом в пещеру и каналом лицевого нерва и между последним и латеральным полукружным каналом измерялось под контролем положения перекрестья в области канала лицевого нерва в сагиттальной плоскости. В сагиттальной плоскости канал лицевого нерва визуализировался на протяжении мастоидальной части и второго колена (рис. 12, б). Во фронтальной плоскости — в поперечном срезе в области второго колена, в связи с чем требовался контроль в сагиттальной плоскости (рис. 12, а). Данный этап измерения предста-

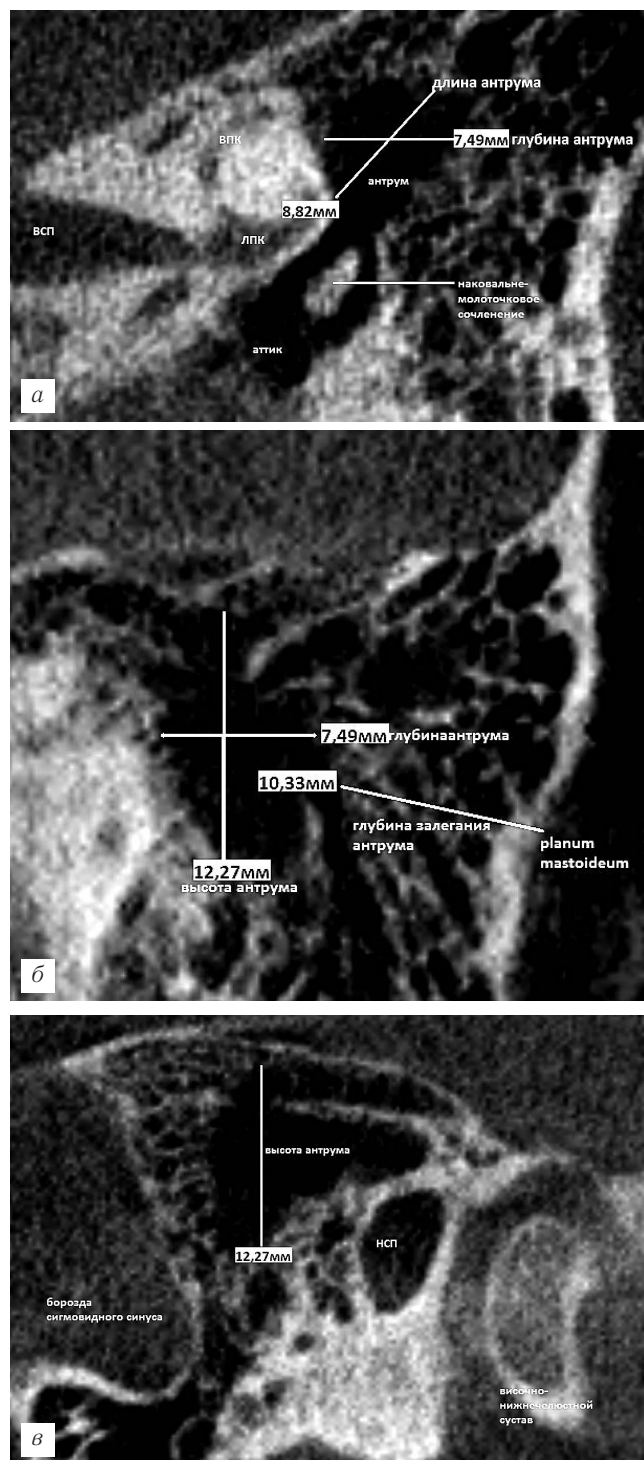


**Рис. 8.** Измерение длины и глубины антрума в аксиальной плоскости (аксиальная плоскость, контрастность 63%) (а); измерение высоты и глубины антрума, глубины залегания антрума во фронтальной плоскости (фронтальная плоскость, контрастность 63%) (б); измерение высоты антрума (сагиттальная плоскость, контрастность 63%) (в). ВСП — внутренний слуховой проход; ЛПК — латеральный полукружный канал; ВПК — верхний полукружный канал; НСП — наружный слуховой проход.

влял наибольшие трудности в связи с наличием перифациальных воздухоносных ячеек.

Представленные выше антропометрические измерения были выполнены во всех трех группах, проанализированы и статистически обработаны. Для оценки достоверности разницы по количественным показателям

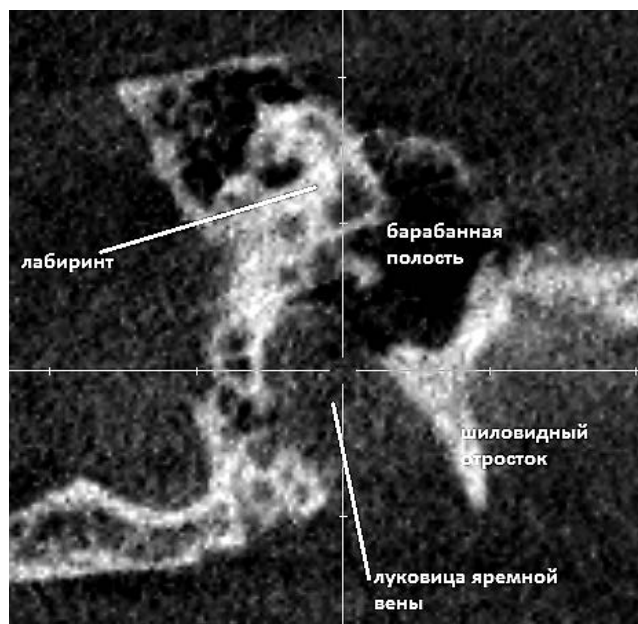


**Рис. 9.** Наименьшее расстояние между сигмовидным синусом и антрумом синуса (сагиттальная плоскость, контрастность 61%). НСП — наружный слуховой проход.

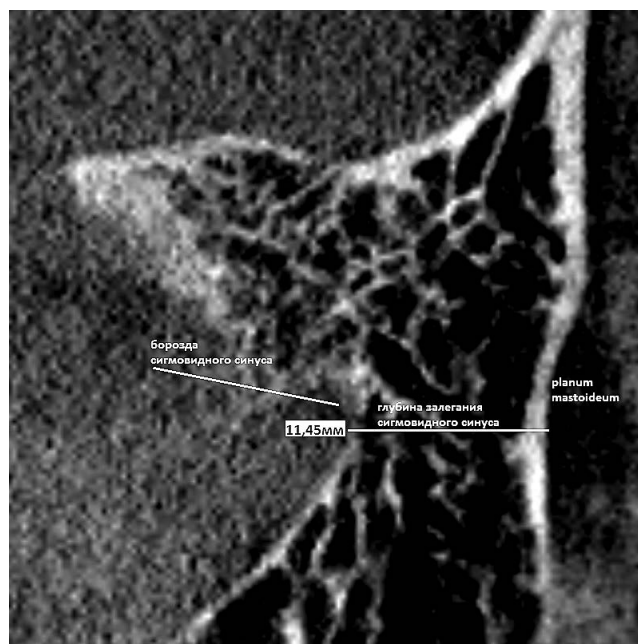


**Рис. 10.** Глубина залегания сигмовидного синуса (фронтальная плоскость, контрастность 61%).

телям между группами использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) (таблица).

Таким образом, при сравнении трех групп от 1-й к 3-й выявлено: уменьшение размеров антрума, более поверхностное залегание сигмовидного синуса, уменьшение толщины костной стенки горизонтального полукружного канала, уменьшение расстояния от горизонтального полукружного канала до канала лицевого нерва, увеличение толщины костной стенки лицевого нерва во втором колене — от 1-й группы к 3-й. Данные изменения, возможно, связаны с уменьшением количества воздухоносных ячеек и образованием более компактной костной ткани в височной кости.

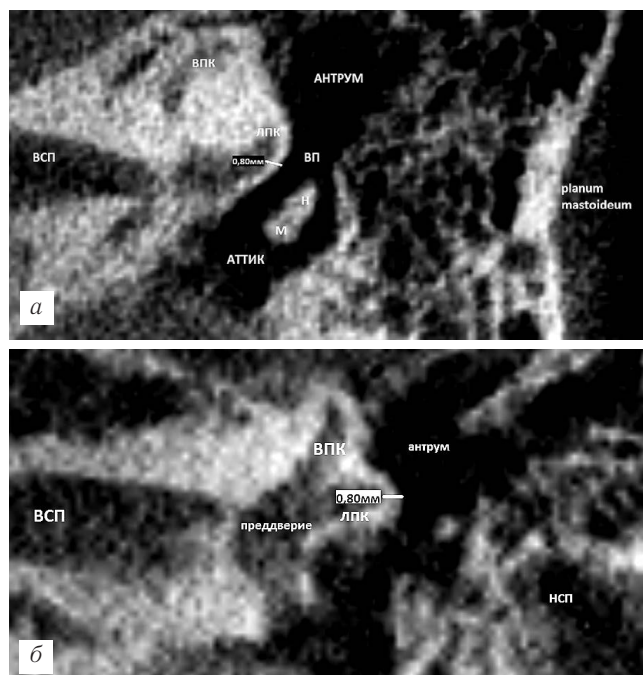


**Рис. 11.** Измерение наименьшего расстояния между латеральным полукружным каналом и входом в пещеру (аксиальная плоскость, контрастность 67%) (а); измерение наименьшего расстояния между латеральным полукружным каналом и входом в пещеру (фронтальная плоскость, контрастность 67%) (б). ВСП — внутренний слуховой проход; ЛПК — латеральный полукружный канал. ВПК — верхний полукружный канал. НСП — наружный слуховой проход; М — молоточек; Н — наковальня.

### Выводы.

1. Предложен алгоритм анализа трехмерных томограмм височных костей, который целесообразно использовать при предоперационной подготовке и выборе хирургического доступа к структурам среднего уха.

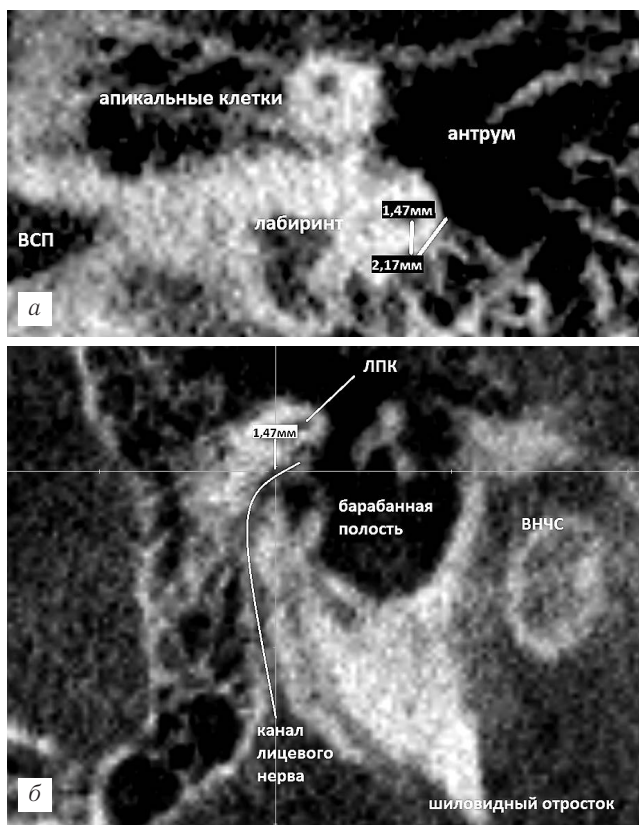


**Рис. 12.** Измерение наименьшего расстояния от канала лицевого нерва до входа в пещеру и наименьшего расстояния между каналом лицевого нерва и латеральным полукружным каналом (фронтальная плоскость, контрастность 82%) (а); контроль положения перекрестия в области канала лицевого нерва в сагиттальной плоскости и измерение расстояния между каналом лицевого нерва и латеральным полукружным каналом (контрастность 82%) (б). ВСП — внутренний слуховой проход; ЛПК — латеральный полукружный канал; ВЧС — височно-нижнечелюстной сустав.

Таблица

Достоверность разницы между оцененными показателями (однофакторный дисперсионный анализ)

| Группа | Глубина залегания антрума<br>p=0,52 | Глубина антрума<br>p=0,398 | Высота антрума<br>p=0,08 | Длина антрума<br>p=0,012 | Глубина залегания сигмовидного синуса<br>p=0,00024 | Расстояние                      |                                                              |                                                |                                                                             |
|--------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|        |                                     |                            |                          |                          |                                                    | от антрума до синуса<br>p=0,901 | от горизонтального полукружного канала до антрума<br>p=0,124 | от канала лицевого нерва до антрума<br>p=0,065 | от горизонтального полукружного канала до канала лицевого нерва<br>p=0,0268 |
| 1-я    | 10,6                                | 6,8                        | 11,5                     | 11,2                     | 11,5                                               | 4,6                             | 1,3                                                          | 1,9                                            | 1,4                                                                         |
| 2-я    | 9,8                                 | 6,2                        | 9,8                      | 9,5                      | 9,5                                                | 4,7                             | 1,3                                                          | 2,0                                            | 1,3                                                                         |
| 3-я    | 10,1                                | 6,4                        | 8,8                      | 8,8                      | 7,3                                                | 4,4                             | 1,0                                                          | 2,3                                            | 1,1                                                                         |

2. Выявлены достоверные различия между антропометрическими показателями в зависимости от ти-

па пневматизации и наличия воспалительных изменений в височной кости.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Саракуева А. Р. Совершенствование клиничко-лучевой диагностики воспалительных заболеваний среднего уха: автореф дис... канд. мед. наук / А. Р. Саракуева. — М., 2014. — 22 с.
2. Dalchow C. V. Digital volume tomography: radiologic examinations of the temporal bone / C. V. Dalchow et al. // Amer. J. of Roentgenol. — 2006. — Т. 186, № 2. — P. 416–423.
3. Dahmani-Causse M. Morphologic examination of the temporal bone by cone beam computed tomography: comparison with multi-

- slice helical computed tomography / M. Dahmani-Causse et al. // European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases. — 2011. — Т. 128, № 5. — С. 230–235.
4. Gupta R. et al. Experimental flat-panel high-spatial-resolution volume CT of the temporal bone / R. Gupta et al. // Amer. J. of Neuroradiol. — 2004. — Т. 25, № 8. — С. 1417–1424.
  5. Majdani O. Temporal Bone Imaging: Comparison of Flat Panel Volume CT and Multisection CT / O. Majdani, K. Thews, S. Bartling et al. // Am. J. Neuroradiol August. — 2009. — № 30. — P. 1419–1424, originally published online on April 15, 2009, 10.3174/ajnr.A1560.
  6. Komori M. Quality of Temporal Bone CT Images: A comparison of Flat Panel Cone Beam CT and Multi-slice CT / M. Komori, N. Yanagihara, Y. Hinohira et al. // Int. Adv. Otol. — 2012. — Vol. 8. — P. 57–62.
  7. Miracle A. C. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles / A. C. Miracle, S. K. Mukherji // Amer. J. of Neuroradiology. — 2009. — Т. 30, № 6. — С. 1088–1095.
  8. Miracle A. C. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications / A. C. Miracle, S. K. Mukherji // Amer. J. of Neuroradiology. — 2009. — Т. 30, № 7. — С. 1285–1292.
  9. Pein M. K. Visualization of subtle temporal bone structures. Comparison of cone beam CT and MDCT / M. K. Pein, S. Brandt, S. K. Plontke, S. Kösling // Radiologe. — 2014. — Vol. 54 (3). — P. 271–278.
  10. Peltonen L. I. Cone-beam computed tomography: a new method for imaging of the temporal bone / L. I. Peltonen et al. // Acta Radiologica. — 2009. — Т. 50, № 5. — С. 543–548.
  11. Карпищенко С. А. Цифровая объемная томография в оториноларингологии: практическое руководство / С. А. Карпищенко, А. А. Зубарева, М. А. Чибисова, М. А. Шавгулидзе. — СПб.: Диалог, 2011. — 72 с.
  12. Брызгалова С. В. Возможности рентгеновской компьютерной томографии в изучении строения височной кости и повышении эффективности диагностики воспалительных заболеваний среднего уха: автореф дис... канд. мед. наук / С. В. Брызгалова. — СПб., 2009. — 20 с.
  13. Дюннебир Э. А. Лучевая диагностика. Оториноларингология / Э. А. Дюннебир; пер. с англ. — М.: МЕДпресс-информ, 2013. — 360 с.
  14. Зеликович Е. И. Рентгеновская компьютерная томография височной кости в диагностике хронических заболеваний среднего уха: автореф. дис... д-ра мед. наук / Е. И. Зеликович. — М., 2005. — 37 с.
  15. Ильин С. Н. Компьютерная томография в диагностике заболеваний височных костей: руководство для врачей / С. Н. Ильин, О. В. Ноздревых. — СПб.: ПСП-Принт, 2010. — 115 с.
  16. Стратиева О. В. Клиническая анатомия уха: учебное пособие / О. В. Стратиева. — СПб.: СпецЛит, 2004. — 271 с.

Поступила в редакцию: 5.09.2014 г.

Контакт: Зубарева А. А., a.zubareva@bk.ru

#### Сведения об авторах:

Зубарева А. А. — д-р мед. наук, доцент кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, тел.: +7 921 322-83-53, a.zubareva@mail.ru;

Никитин К. А. — д-р мед. наук, профессор кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург;

Шавгулидзе М. А. — канд. мед. наук, ассистент кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, тел.: +7 911 224-96-55, soikomedplus@mail.ru;

Азовцева Е. А. — клинический ординатор кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, тел.: +7 911 256-64-18, lisolot@gmail.com.

### Дорогие друзья!

Впервые в Санкт-Петербурге пройдет Школа по нейрорадиологии Европейского общества радиологов:



**ESOR Galen Foundation Course 2015**  
**Neuroradiology**  
 June 25–27, Saint-Petersburg/Russia

Среди приглашенных лекторов проф. P. Parizel, P. Sundgren, P. Vilela, M. Thurnher, Y. Özsunar, S. Karampekios, L. Van den Hauwe, R. Gasparotti, M. Argyropoulou.

Россию представляют проф. И. Пронин, Н. Ананьева, Т. Трофимова.

Дополнительную информацию можно получить по e-mail: voschieva@gmail.com