

КОМПЬЮТЕРНАЯ КРАНИОМЕТРИЯ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ КРАНИОЛОГИИ

МАРЕЕВ О.В.², НИКОЛЕНКО В.Н.¹, АЛЕШКИНА О.Ю.³, МАРЕЕВ Г.О.², МАРКЕЕВА М.В.², ДАНИЛОВА Т.В.⁴, ФЕДОРОВ Р.В.⁴

COMPUTER CRANIOMETRY WITH THE HELP OF MODERN TECHNOLOGY IN MEDICAL CRANIOLOGY

MAREEV O.V., NIKOLENKO V.N., ALESHKINA O.U., MAREEV G.O., MARKEEVA M.V., DANILOVA T.V., FEDOROV R.V.

¹ГБОУ ВПО «Первый Московский Государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России», Москва; ²кафедра оториноларингологии (зав. кафедрой - профессор О.В. Мареев) ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России», Саратов; ³кафедра анатомии человека (зав. кафедрой - профессор О.Ю. Алешкина) ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России», Саратов; ⁴институт электронной техники и машиностроения (директор – профессор М.Б. Бровкова) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», Саратов.

Проводилось изучение линейных параметров и координатное расположение в пространстве структур решетчатой кости с помощью стандартной и компьютерной краниометрии. Измерялись длина и ширина решетчатой пластинки решетчатой кости, высота, ширина и длина решетчатых лабиринтов. Сравнительный анализ краниометрических данных, полученных разными методами, показал различия в десятые доли миллиметра, что свидетельствует о высокой информативности и достоверности компьютерной краниометрии.

Ключевые слова: краниометрия, решетчатый лабиринт, компьютерная томография

Studying of linear parameters and coordinate arrangement of ethmoid bone structures in space with the help of standard and computer craniometry has been performed. The length and width of the sieve plate, height, width and length of ethmoidal labyrinth have been measured. Comparative analysis of craniometric data, received by different technics, has shown the differences in tenths of millimeter. This gives evidence of high informational content and accuracy of computer craniometry.

Key words: craniometry, ethmoidal labyrinth, computer tomography

Введение. Одной из фундаментальных задач морфологии является изучение простран-

ственной организации биологических объектов, для чего широко используются стереоморфологические исследования. Сложившаяся в настоящее время междисциплинарная наука стереология применяет геометрико-статистические методики для получения информации о трехмерной форме и расположении в пространстве изучаемых объектов. Наиболее подходящими для пространственного изучения являются фиксированные, т.е. твердые структуры организмов – например, костно-мышечная система. Из органов человеческого тела череп и мозг в большей степени изучались с использованием пространственных координат [1]. Изучение пространственных соотношений черепа в медицинских и антропологических целях получило название краниометрии.

Для исследований в классической краниометрии применяется краниостереобазиометр [1], при помощи которого определяются расстояния от стандартных точек до каждой из трех плоскостей, тем самым определяя краниометрические параметры в строго заданной системе координат. Подобная методика стандартизирует подход к измерению структур черепа и позволяет провести дальнейшее сравнение и изучение полученных таким образом данных. Однако данный способ используется только для изучения черепа и затруднителен для исследования внутренних структур черепа, в частности околоносовых пазух. С целью получения доступа к необходимой точке при исследовании с помощью краниостереобазиометра придется применять сложные изогнутые щупы. Однако применение подобных щупов далеко не всегда помогает в достижении необходимой точки на черепе, обычно для доступа в такие места придется разрушить исследуемый череп. Количество черепов, имеющих в наличии исследователей относительно невелико, и ограничено коллекциями соответствующих университетов и институтов; имеющиеся в наличии черепа не отражают специфики антропологического состава на сегодняшний момент. Невозможно обычно провести на нативных черепах исследования по привязке анатомических предпосылок каких либо заболеваний (например, синуситов) к определенным

изменениям структур черепа, так как достоверно неизвестен полный анамнез.

Развитие функциональной эндоскопической ринохирургии требует от клиницистов точных знаний анатомических особенностей строения околоносовых пазух, что необходимо для профилактики повреждений интракраниальных и интраорбитальных структур, позволит наиболее адекватно подходить к вопросу об оперативном вмешательстве.

В настоящее время имеется возможность получать точные трехмерные прижизненные изображения черепа при помощи компьютерной томографии высокого разрешения. Однако обычное программное обеспечение томографов не позволяет устанавливать трехмерные модели в стандартные плоскости и, соответственно, определять координаты краниометрических точек и расстояния между ними в стандартной системе координат. Получить достоверные краниометрические параметры таким образом невозможно.

Нами предлагается оригинальная методика и соответствующее программное обеспечение для проведения стереотопометрических краниометрических исследований в виртуальном пространстве на основе компьютерных томограмм высокого разрешения – «компьютерная краниометрия».

Цель исследования - разработать методику проведения стереотопометрических исследований с использованием компьютерных томограмм высокого разрешения с установкой модели исследуемого черепа в стандартную систему координат и получить данные координатного расположения краниометрических точек и линейных размеров между точками при проведении стандартной и компьютерной краниометрии на примере структур решетчатой кости, после чего провести сравнительный анализ полученных различными методами краниометрических показателей.

Материал и методы исследования. Материалом исследования послужили 100 черепов взрослых людей зрелого возраста (18-65 лет) с различными формами черепа из краниологической коллекции кафедры анатомии человека Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского, а также 30 компьютерных рентгеновских томограмм (КТ) изучаемых черепов из краниологической коллекции, 200 КТ головы взрослых людей. Нами использовались КТ, полученные с помощью томографа ICAT, с разрешением 0.3 мм. Методом стереотопометрии определены расстояния краниометрических точек до основных плоскостей и расстояния между краниометрическими точками черепа: аурикулярная точка (au); точка базион (ba); глабелла (gl); назион (n); назоспинальная точка (ns); зигион (zy); альвеолярная точка (al); наиболее наружные точки

края грушевидного отверстия; латеральная точка переднего края решетчатой пластинки слева; латеральная точка переднего края решетчатой пластинки справа; латеральная точка заднего края решетчатой пластинки слева; латеральная точка заднего края решетчатой пластинки справа; g-or - продольный диаметр мозгового черепа; eu-eu - поперечный диаметр мозгового черепа; n-ba - длина основания черепа; au-au - ширина основания черепа; n-al - верхняя высота лица; zy-zy - ширина лица; n-ns - высота носа; ширина носа – расстояние между наиболее наружными краями грушевидного отверстия; линейные параметры решетчатых лабиринтов: длина – определялась длина средних носовых раковин по месту прикрепления; высота – расстояние от переднего и заднего краев решетчатой пластинки до середины средней носовой раковины; ширина – расстояние от наиболее выступающей точки глазничной пластинки решетчатой кости до медиального края средней носовой раковины; длина решетчатой пластинки – расстояние от двух точек, расположенных по срединной линии; ширина решетчатой пластинки – расстояния между боковыми краями на уровне передней и задней ее трети. Координаты краниометрических точек определялись с помощью краниостереобазиометра с точностью до $\pm 0,05$ мм по их проекциям на плоскости.

Компьютерная краниометрия проведена по разработанному нами способу который позволяет прижизненно проводить краниометрические исследования в виртуальном пространстве (рис. 1). Для проведения такого исследования вначале проводят компьютерную томографию высокого разрешения головы обследуемого. На этом этапе нами получен стандартный файл обмена медицинскими визуальными данными формата DICOM. В файле имеется заголовок, а также воксельное изображение головы обследуемого со всеми тканями и структурами. Воксельное представление имеет высокое разрешение и занимает значительное место, а также непригодно для дальнейшей работы, которая происходит с выделенной в нем поверхностью трехмерной модели. Поэтому далее получают полигональную трехмерную модель исследуемого черепа в формате 3DS из компьютерной томограммы с помощью компьютерной программы 3DDoctor (Able Software) или подобного режима в нашем программном обеспечении, реализующуюся с помощью способа «марширующих кубов». Порог отсечения мягких тканей при этом задается вручную. Затем полученная полигональная модель черепа загружается в разработанное нами программное обеспечение «Cranio». В этой программе мы можем нанести на череп необходимые краниометрические точки, при этом через определенные точки автоматиче-

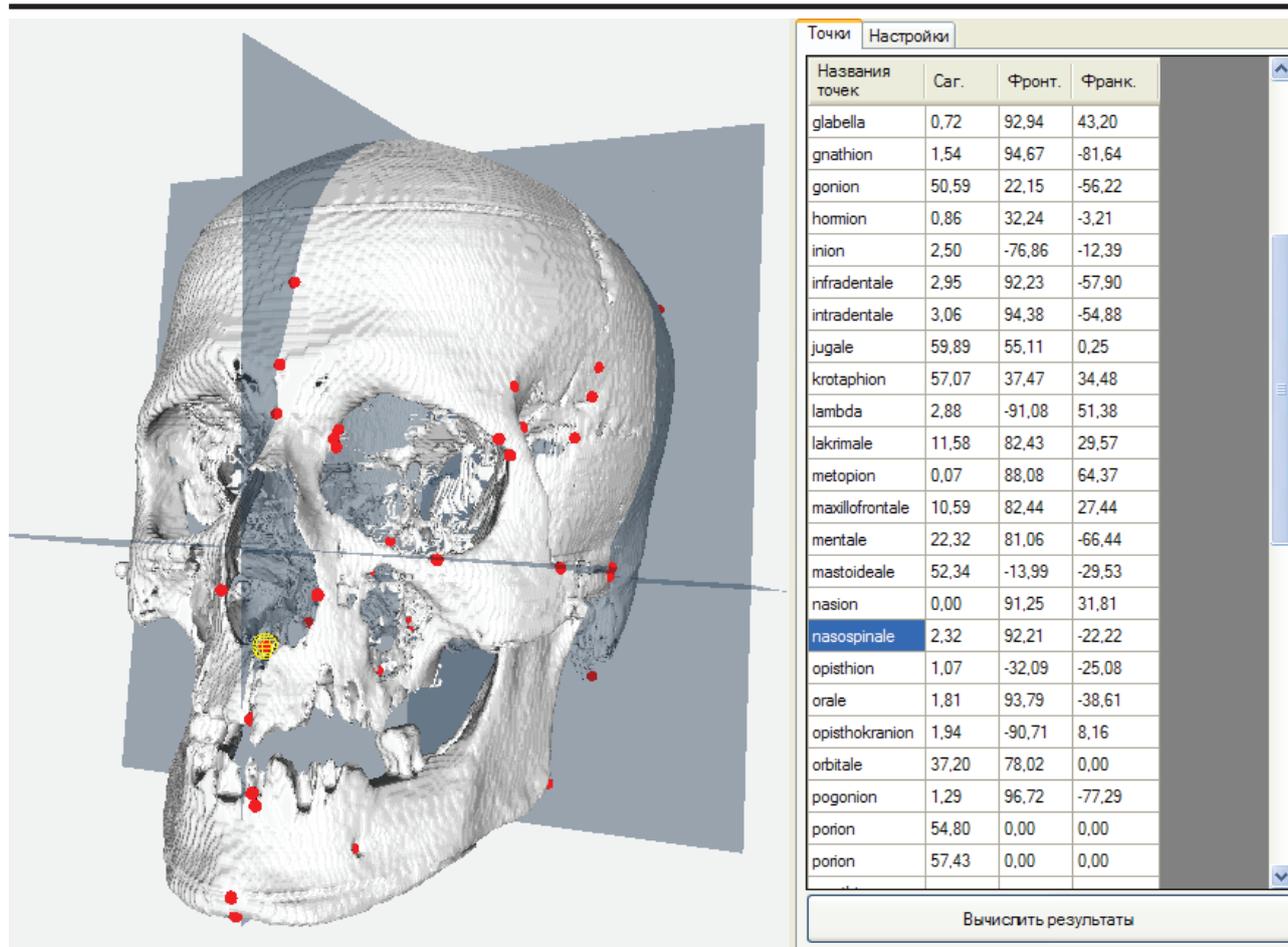


Рис. 1. Компьютерная крианиметрия

ски строятся координатные плоскости, принятые в антропологической и медицинской крианиметрии: 1) сагиттальная срединная плоскость, определяемая точками назиион, иниион и базион; 2) плоскость франкфуртской горизонтали, проводимая через левый и правый порионы и нижний край левой глазницы; 3) фронтальная ушная плоскость, которая проходит перпендикулярно двум предыдущим через оба пориона или середины наружных слуховых отверстий.

Исследователь в программе «Cranio» на трехмерную модель наносит три основные крианиметрические точки – нижний край левой орбиты (orbitale) и верхние точки наружных краев слуховых отверстий (porion), относительно которых программа строит франкфуртскую плоскость. Далее строят сагиттальную плоскость: определяют середину носолобного шва (nasion) и через нее проводят плоскость, перпендикулярную франкфуртской плоскости. Затем автоматически достраивается фронтальная плоскость через порионы, перпендикулярная двум построенным.

В программе имеется расширяемый список крианиметрических точек с возможностью редак-

тирования и добавления собственных точек при необходимости. После того как будет задана система координат установкой черепа в стандартные плоскости программа автоматически определит расстояния выставленных на поверхности черепа крианиметрических точек до плоскостей; полученные крианиметрические параметры можно будет сохранить и перенести для исследования в электронные базы данных.

Таким образом, после нанесения на поверхность черепа всех необходимых крианиметрических точек на изображение автоматически определяются расстояния от каждой точки до построенных плоскостей, линейные параметры изучаемых структур между крианиметрическими точками, угловые размеры между плоскостями, объемные размеры структур черепа. Полученные данные обрабатываются с помощью программ EXCEL, STATISTICA-6, -7.

На рис. 1 показано исследование черепа по предлагаемому способу.

Результаты исследования и их обсуждение. Нами получены данные координатного расположения крианиметрических точек и ли-

Таблица 1.

Линейные параметры черепа при стандартной и компьютерной краниометрии

| Показатели | Компьютерная краниометрия | Стандартная краниометрия | Критерий Стьюдента |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| zy-zy | 131,1±0,5мм | 130,5±0,5мм | p>0,05 |
| n-ba | 100,1±0,2мм | 99,5±0,2мм | p<0,01 |
| au-au | 128,1±0,3мм | 129,0±0,3мм | p<0,05 |
| n-ns | 51,2±0,5мм | 51,5±0,5мм | p>0,05 |
| Ширина носа | 25,7±0,2мм | 25,0±0,2мм | p<0,01 |
| Длина решетчатой пластинки | 22,5±0,4мм | 24,3±0,4мм | p<0,05 |
| Ширина решетчатой пластинки | 8,4±0,5мм | 8,1±0,5мм | p>0,05 |
| Длина решетчатого лабиринта | 41,2±0,3мм | 40,4±0,3мм | p<0,05 |
| Ширина решетчатого лабиринта | 13,4±0,7мм | 12,8±0,7мм | p>0,05 |
| Высота решетчатого лабиринта | 27,4±0,3мм | 28,2±0,3мм | p<0,05 |

нейные размеры между точками при проведении стандартной и компьютерной краниометрии на примере структур решетчатой кости, проведен сравнительный анализ полученных данных. Нами использовалась компьютерная прикладная программа «STATISTICA-6». Распределение параметров в изученной выборке не отличалось от нормального, поэтому для оценки достоверности различий между рядами вариант использовали параметрические критерии достоверности (критерий Стьюдента). Выявлены различия статистически достоверные по многим изучаемым признакам в пределах допустимого различия, разница их значений десятые доли миллиметра, что можно объяснить труднодоступностью данных образований для измерений на нативных препаратах черепов, отсутствием методики этих измерений, отсутствием инструментов, необходимых для их измерения, зачастую отсутствием целостности костных структур черепа, таких как глазничная и решетчатая пластинки решетчатой кости, слезные кости, носовые кости, носовые раковины. Кроме того, измерения проводились не на сагиттальных распилах черепов, что обуславливает получение не точных краниометрических данных полости носа.

В качестве примера приводим средние величины результатов измерения черепов предложенным способом и стандартным краниометрическим способом с помощью краниостереобазиометра (табл. 1 и 2):

При сравнительном анализе пространственного расположения координатных точек, линейных размеров на оригинальных препаратах черепов и на трехмерных моделях из КТ черепов живых людей получены достоверные различия в величинах от 0,3 мм до 12,0 мм.

Выводы. Таким образом, полученные дан-

ные по разработанной нами программе можно считать аналогом традиционной краниометрии, что позволяет проводить прижизненные стандартизированные краниометрические исследования с более высокой точностью и широко использовать полученные с их помощью результаты. Компьютерная краниометрия дает нам огромное поле для исследования, так как томографические исследования высокого разрешения становятся стандартами обследования больных в настоящее время. Подобные исследования более точные, чем классическая стереотопометрия, так как точность ограничена лишь разрешением томографа, а оно постоянно совершенствуется (стандартно 0.3 мм, однако на рынке уже появляются аппараты КТ, действующие с разрешением до 0.1 и даже 0.03 мм). Прижизненное исследование позволяет также иметь точный и полный анамнез и соответственно делать выводы об анатомических предпосылках к различным заболеваниям, а также репрезентативно отражает антропологический срез проживающего в данной местности населения, что важно для современных анатомо-антропологических исследований. Проведение компьютерной краниометрии удобней и быстрее, что создает комфорт для исследователя и позволяет значительно увеличить число обследованных им объектов.

Для достижения благоприятных результатов от оперативного лечения необходимы глубокое знание патофизиологии и хирургической анатомии в области вмешательства, детальное представление о взаиморасположении близлежащих структур с околоносовыми пазухами, чтобы получить максимальный эффект от интраназальной хирургии, избежать осложнений, сохранить анатомию пораженного органа для восстановления его функций. В литературе подобные исследования не

Таблица 2.

Координатные параметры краниометрических точек черепа при стандартной и компьютерной краниометрии

| Координатные точки | Компьютерная краниометрия | Стандартная краниометрия | Критерий Стьюдента |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| Au лев. сагитт. | 65,1±0,3мм | 64,2±0,3мм | p<0,05 |
| Au лев. фронт. | 0,09±0,4мм | 0 | p>0,05 |
| Au лев. франкф. | 2,9±0,4мм | 2,5±0,4мм | p>0,05 |
| Au прав. сагитт. | 64,4±0,2мм | 63,6±0,2мм | p<0,01 |
| Au прав. фронт. | 0,09±0,1мм | 0 | p>0,05 |
| Au прав. франкф. | 2,7±0,4мм | 2,5±0,4мм | p>0,05 |
| Al сагитт. | 0,5±0,3мм | 1,1±0,3мм | p>0,05 |
| Al фронт. | 97,8±0,2мм | 97,0±0,2мм | p<0,05 |
| Al франкф. | -38,5±0,8мм | -38,2±0,8мм | p>0,05 |
| Va сагитт. | 0 | 0 | 0 |
| Va фронт. | -2,2±0,4мм | -1,9±0,4мм | p>0,05 |
| Va франкф. | -19,1±0,7мм | -18,7±0,7мм | p>0,05 |
| Zu лев. сагитт. | 65,5 ±0,3мм | 66,4±0,3мм | p<0,05 |
| Zu лев. фронт. | 34,7±0,9мм | 34,5±0,9мм | p>0,05 |
| Zu лев. франкф. | 1,6±0,2мм | 1,0±0,2мм | p<0,05 |
| Zu прав. сагитт. | 64,9±0,3мм | 65,8±0,3мм | p<0,05 |
| Zu прав. фронт. | 34,1±0,2мм | 33,9±0,2мм | p<0,001 |
| Zu прав. франкф. | 1,9±0,5мм | 0,9±0,5мм | p<0,001 |
| N сагитт. | 0 | 0 | 0 |
| N фронт. | 88,8±0,1мм | 88,4±0,1мм | p<0,01 |
| N франкф. | 31,9±0,3мм | 32,7±0,3мм | p<0,05 |

встречаются, хотя ряд авторов занимался изучением морфологии околоносовых пазух, прогнозированием возможных анатомических вариантов строения с помощью краниометрии и КТ исследования (Тарасова Н.В., 1997; Гайворонский И.В., 2001; Неронов Р.В., 2001) [2,3,4]. Предлагаемый нами способ компьютерной краниометрии имеет значительные преимущества перед традиционными, и должен как можно шире использоваться в анатомии при антропометрических исследованиях, в оториноларингологии, нейрохирургии, офтальмологии, стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сперанский В.С., Зайченко А.И. Форма и конструкция черепа. - М.: Медицина, 1980. - 71-83 с.
2. Тарасова Н.В. Краниометрическое обоснование эндоназальных операций на решетчатом лабиринте: автореф. дис. канд. мед. наук. - Самара, 1997. - 16 с.
3. Гайворонский И.В., Забурчик Е.П., Гайворонский А.В., Неронов Р.В. Возможности математического моделирования формы и размеров решетчатого лабиринта// Морфология. - 2001.

- Т. 119, №3. - С. 86-89.

4. Неронов Р.В. Морфометрическая характеристика и прогнозирование, краниометрическое определение признаков решетчатого лабиринта: дис. канд. мед. наук. - Спб., 2001. - С. 160.

REFERENCES:

1. Speranskij V.S., Zajchenko A.I. Cranial form and construction. - Moscow: Medicine, 1980. - P. 71-83.
2. Tarasova N.V. Craniometric ground for endonasal operations of ethmoidal labyrinth: PhD abstract. - Samara, 1997. - 16 p.
3. Gajvoronskij I.V., Zaburchik E.P., Gajvoronskij A.V., Neronov R.V. Capacities of mathematical arrangement of form and the sizes of ethmoidal labyrinth // Morphology. - 2001. - V. 119, №3. - P. 86-89.
4. Neronov R.V. Morphometric characteristic and prognosing, craniometric detection of ethmoidal labyrinth signs: PhD dissertation. - Saint-Petersburg, 2001. - 160 p.

Авторская справка:

1. Мареев Олег Вадимович, заведующий

кафедрой оториноларингологии, доктор медицинских наук, профессор ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья 112, 8 (452) 52-55-03, e-mail: ovmareew@mail.ru.

2. Николенко Владимир Николаевич, проректор по научной и инновационной деятельности, доктор медицинских наук, профессор ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова». 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 1, 8 (495) 622-96-32.

3. Алешкина Ольга Юрьевна, заведующая кафедрой анатомии человека, доктор медицинских наук, профессор ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья 112, 8 (452) 66-98-72.

4. Мареев Глеб Олегович, доктор медицинских наук, доцент ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». 410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья 112, 8 (452) 52-55-03.

5. Маркеева Марина Викторовна, ассистент кафедры оториноларингологии ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского». 410064, г. Саратов, ул. Антонова 31, кв. 21, 8-927-125-33-75, e-mail: mmarina-2011@mail.ru.

6. Данилова Татьяна Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационной безопасности автоматизированных систем ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина». 410001, г. Саратов, ул. Огородная, д. 87»Б», кв.229, 8-927-224-60-76, e-mail: tvdan521@gmail.com.

7. Федоров Роман Вячеславович, студент 6 курса института электронной техники и машиностроения ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина». 410004, г. Саратов, 7й проезд Первомайского посёлка, д. 19/31, кв. 158, 8-927-147-91-42, e-mail: fedoroff-roman@mail.ru.