

ПРОГРАММА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕСПИРАТОРНОГО ОТДЕЛА ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА ЧЕЛОВЕКА

А.А. Евтеев

НИИ и Музей антропологии МГУ, Москва

Приводится краткая сводка критических замечаний по методике традиционных краниометрических программ [Алексеев, Дебец, 1964; Howells, 1989], анализирующих функциональные, адаптивные и онтогенетические аспекты изменчивости структуры черепа. Использование стандартной краниометрической программы признаков зачастую дает слишком общее или неполное представление о строении черепа, затрудняющее интерпретацию измерительных данных в биологическом контексте. Кроме того, признаки различных отделов черепа по стандартной краниометрической методике анализируются совместно, что для функциональных и онтогенетических исследований становится серьезным ограничением. Дана сводка краниометрических признаков, предлагавшихся отечественными и зарубежными авторами специально для упомянутых научных задач или для более подробного описания респираторного отдела черепа (носовые кости, лобные отростки верхнечелюстных костей, латеральная часть средней поверхности тела и скуловой отросток верхнечелюстной кости, носовая полость и параназальные синусы). Произведен отбор признаков для составления относительно компактной измерительной программы: 29 краниометрических точек и 48 линейных измерений. Часть из них предлагается автором впервые. Набор точек оставлен таким образом, чтобы его можно было успешно использовать и в качестве набора «меток» (landmarks) для анализа методами геометрической морфометрии (GMM).

Ключевые слова: краниометрическая методика; респираторный отдел черепа; функциональные исследования

УДК 572

Введение

Подробность описания того или иного отдела черепа увеличивается обычно тогда, когда ставится цель исследования функциональной изменчивости структуры [Лушик, 1992; Franciscus, 1995; Sardi et al., 2006; von Cramon-Taubadel, 2009], онтогенетических механизмов ее формирования [Сысак, 1960; Shea, 1977; Klingenberg et al., 2004] или криминалистической идентификации личности [Charles, 1930; Gill, 1984]. В этих работах их авторы зачастую отказываются от стандартных краниометрических признаков в пользу менее известных и вводят собственные дополнительные, разработанные специально для задач исследования.

Такого рода изыскания существенно отличаются по своим целям и задачам от тех работ, в которых проводится классификация популяций, построение расовых схем, анализ этногенетических процессов и т.п.

Традиционные краниометрические программы включают в себя признаки всех отделов черепа, отобранные по принципу их «дифференцирующей способности» [Бунак, 1927; Алексеев, Дебец, 1964; Алексеев, 1974; Howells, 1989; Harvati, Weaver, 2006]. В результате из 213 размеров и 70 углов «цюрихской школы» [Martin, 1928] и многих десятков дополнительных признаков, упоминаемых другими исследователями [Абиндер, 1960; Алексеев, Гохман, 1984; Беневоленская, 1991; Бахолдина, 2007; Charles, 1930; Woo, Morant, 1934; Gill, 1984; Howells, 1989; Franciscus, 2003; von Cramon-Taubadel, 2009] в отечественной и зарубежной [Алексеев, Дебец, 1964; Howells, 1989] науке постепенно сформировались «канонические» программы, во многом сходные друг с другом и заметно уступающие по числу точек и признаков «мариновской». Так, «бланк 1965 г.» содержит 73 признака и угла, система Howells [1989] – 57 (т.е. менее 20% существующих). В практике

краниометрических исследований сильна тенденция к дальнейшей редукции числа используемых признаков. Такой подход к составлению программы вполне оправдан, когда ставятся задачи классификации и выяснения взаимосвязей групп населения. Ряд исследователей убедительно показал, что увеличение числа признаков для того или иного отдела черепа в большинстве случаев не меняет принципиально картину дифференциации популяций [Абиндер, 1960; Беневоленская, 1991; Бахолдина, 2007; Franciscus, 1995]. Кроме того, несомненно, сформировавшиеся за долгие десятилетия практики исследований системы признаков и углов хорошо описывают череп, и успешно фиксируют многие закономерности его изменчивости.

Ситуация меняется при смещении научных задач в область функциональных и онтогенетических аспектов изменчивости, когда на первый план выходит не дифференцирующая способность признаков или их набора, а полнота описания интересующей исследователя структуры, получение всеобъемлющих сведений о ее размере и форме. В этом случае некоторые особенности «традиционных» краниометрических программ и использование общепринятой краниометрической методологии малоэффективны с точки зрения специальных целей исследования [Евтеев, 2010].

Во-первых, признаки различных отделов черепа в большинстве случаев используются вместе при проведении статистических анализов. У многих широко применяемых признаков исходная точка располагается на структурах одного отдела черепа, а конечная – на структурах другого (напр., 40, 48 Март.). При классификационном анализе это только подчеркивает межгрупповые отличия, но функциональный, как и онтогенетический подход может быть основан только на выделении и рассмотрении биологически обоснованных «модулей» черепа, т.е. структур, объединенных выполнением единой функции и/или сходством эмбрионального происхождения [Бунак, 1960; Moss, Young, 1960; Klingenberg et al., 2004; Bastir et al., 2006]. Изменчивость соседних модулей в этом случае превращается в статистический «шум». В качестве одного из таких модулей традиционно рассматривается респираторный отдел висцерокраниума [Луцик, 1992; Franciscus, 1995; Martinez Abadias et al., 2009; von Cramon-Taubadel, 2009].

Во-вторых, ряд наиболее распространенных и важных краниометрических признаков (напр., 1, 8, 45 Март.) являются эмпирическими, а значит, могут располагаться совершенно по-разному у морфологически отличающихся форм [см.: Павлинов, 2000; Zollikofer, De Leon, 2006] (рис. 1).

Прямые указания на это содержатся непосредственно в описаниях размеров [Алексеев, Дебец, 1964].

В-третьих, изменчивость многих признаков практически не поддается биологической интерпретации, так как складывается из размеров нескольких разнородных элементов черепа, имеющих различную динамику роста, генетическую регуляцию и т.д. Ярким примером является скуловая ширина (45 Март.), подвергнутая резкой критике В.В. Бунаком [Бунак, 1960, с. 104]. Величина данного размера зависит в той или иной мере от строения основания черепа, лицевого скелета, развития жевательной мускулатуры и др.

И, наконец, описание многих важных с функциональной или онтогенетической точки зрения морфологических структур (особенно труднодоступных, как, например, носовая полость) является фрагментарным и неполным. Описание других элементов (синусы верхнечелюстной кости) не предусмотрено вовсе. Эта тенденция еще сильнее выражена в кратких краниометрических программах, используемых на практике.

Основная задача данной публикации – дать краткий обзор измерительных методик, применявшихся и применяющихся для решения специфической научной задачи: подробного описания

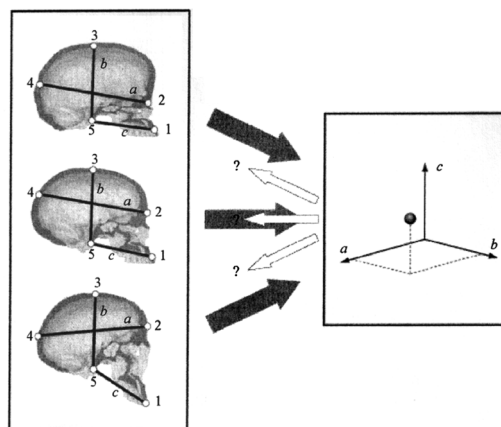


Рис. 1. «Измерения мы можем производить только между краниометрическими точками. Лежащие между ними костные образования, при полном тождестве размеров могут сильно различаться по своему контуру и строению, и в зависимости от этого те или иные участки черепа, или даже весь череп в целом, может иметь весьма различный вид» [Бунак, 1927, с. 20]. Это особенно характерно для «эмпирических» размеров

[цит. по: Zollikofer, De Leon, 2006, с. 94]

структур респираторного отдела черепа (носовых костей, лобных отростков верхнечелюстных костей, латеральной части средней поверхности тела и скулового отростка верхнечелюстной кости, носовой полости и параназальных синусов).

Основой выделения *респираторного отдела лицевого скелета* является функциональная взаимосвязь ряда структур, прямо или косвенно участвующих в дыхании: наружный костный нос, носовая полость, параназальные синусы. Другие элементы лицевого скелета (скуловые кости, альвеолярный отросток ВЧК, а также нижняя челюсть) напрямую связаны с другой важнейшей функцией спланхнокраниума – жевательной, и в процессе роста находятся под заметным влиянием механической нагрузки со стороны мускулатуры и дентитии. Эта «граница» между медиальными и нижнелатеральными элементами лицевого скелета отмечается очень часто в работах разных лет [Абиндер, 1960; Бунак, 1960; Shea, 1977; Hannam, Wood, 1989; O'Connor et al., 2005; Richmond et al., 2005; Herring, 2008; von Cramon-Taubadel, 2009] (рис. 2). Примеры работ, где респираторный отдел рассматривается как относительно самостоятельный объект исследования, многочисленны [Лущик, 1992; Charles, 1930; Shea, 1977; Franciscus, 1995, 2003; Churchill et al., 2004; Hall, 2005; Doorly et al., 2008; Schwartz et al., 2008; von Cramon-Taubadel, 2009; Yokley, 2009].

Предпосылки к формированию определенного набора измерительных признаков

В рамках статьи нет возможности перечислить все точки и признаки, когда-либо применявшиеся для измерения носовой области, да в этом и нет необходимости. Я ставил задачу сформировать из имеющегося разнообразия разумный по величине набор, дающий возможность описать морфологическую изменчивость структур респираторного отдела более подробно и более обоснованно с биологической точки зрения, чем это позволяют сделать общепринятые краниометрические программы.

Для каждого из разделов программы (см. ниже) сформулированы более конкретные принципы отбора признаков, изложенные в начале соответствующих разделов.

Значительная доля субъективизма в процессе отбора точек и признаков неизбежна, поэтому считаю нужным специально перечислить все использованные источники точек и признаков и адресовать к ним читателя: Бунак, 1960; Сысак, 1960; Алексеев, Дебец, 1964; Лущик, 1992; Бахолдина, Ковылин, 2005; Бахолдина, 2007; Martin, 1928; Charles, 1930; Woo, Morant, 1934; Gill, 1984; Howells, 1989; Franciscus, 1995, 2003; O'Higgins,

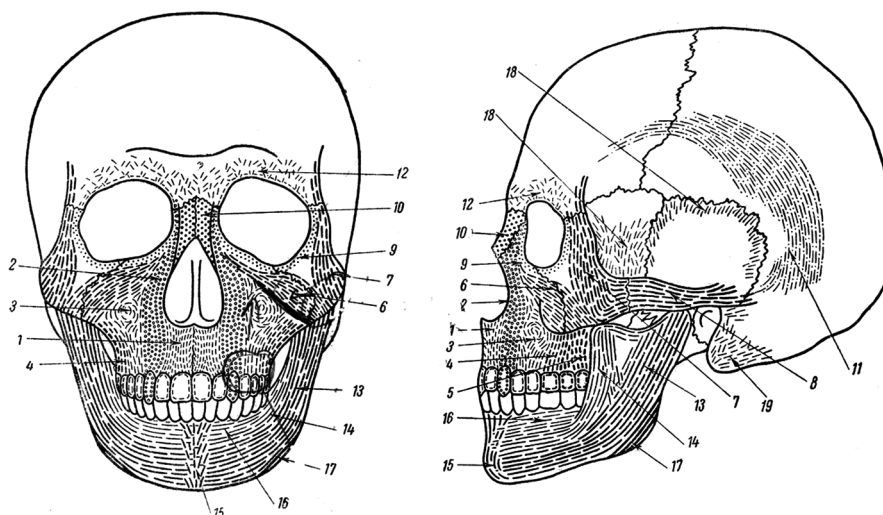


Рис. 2. «Линии расщепления» лицевого скелета человека. Протяженность линий примерно соответствует степени испытываемых тем или иным участком механических напряжений при жевательной нагрузке. Наиболее длинные линии характерны для нижней челюсти, скуловых костей, скулового отростка верхнечелюстной кости, альвеолярного отростка ВЧК. Медиальные структуры лицевого скелета испытывают лишь незначительные механические нагрузки. [цит. по: Бунак, 1960, с. 140–144]

Jones, 1998; Marquez, Laitman, 2008; von Cramon-Taubadel, 2009; Yokley, 2009.

В некоторых случаях я ввел *дополнительные точки*, поскольку не удалось найти аналогов в литературе – такие точки (а также давно известные, но не имеющие собственных названий) обозначены в программе заглавными буквами латинского алфавита. Многие точки фигурируют под двойным названием – традиционным и буквенным (напр., *nasomaxillare-A*). Это означает, что для известной точки предлагаются некоторые методические коррективы, суть которых излагается в комментариях в программе.

Предлагаемый обзор для удобства восприятия разделен на 5 разделов (см. ниже). Выделение разделов, разумеется, условно. Они тесно связаны между собой, многие признаки можно отнести к двум или более разделам. В каждом из разделов перечислению точек и измерительных признаков предшествует вводная «теоретическая» часть, где кратко излагается следующая информация:

1) Своеобразие данного элемента респираторного отдела с функциональной и онтогенетической точек зрения по сравнению с другими частями структуры;

2) В чем заключается недостаточность описания рассматриваемых структур в традиционных краниометрических программах [Алексеев, Дебеч, 1964; Howells, 1989] с точки зрения поставленных научных задач.

На основании этих данных формулируются конкретные критерии отбора признаков. Ряд точек определяется эмпирически, однако для некоторых измерений и использования в качестве «меток» (см. ниже) рекомендуется намечать их карандашом.

При анализе предлагаемых различными авторами краниометрических точек особое внимание уделено тому, насколько успешно они могут использоваться в качестве «меток» (landmarks) для геометрической морфометрии (GMM), возможности которой гораздо шире для решения задач в функциональных и онтогенетических исследованиях [Vidarsdottir et al., 2002; Klingenberg et al., 2004; Richmond et al., 2005; Bastir et al., 2006; Rae et al., 2006].

Для данного типа исследований любые линейные измерения по определению имеют следующие недостатки:

1) Нет данных о геометрической связи отдельных размеров, их взаимное пространственное расположение остается неизвестным [O'Higgins, Jones, 1998; Martinez-Abadías et al., 2007] (рис. 1).

2) Измерение производится между точками, а структуры, лежащие между точками, остаются без описания, и при равенстве размеров объекты могут выглядеть совершенно по-разному [Бунак, 1927; Павлинов, Микешина, 2002; Modern Morphometrics..., 2005; Zollikofer, De Leon, 2006; Martinez-Abadías et al., 2009] (рис. 1).

Большие надежды на преодоление этих недостатков возлагаются на сочетание различных методов трехмерной съемки краниологического материала и методов геометрической морфометрии [Modern morphometrics..., 2005; O'Higgins, Jones, 1998; доступное изложение теоретических основ GMM на русском языке см.: Павлинов, 2000; Павлинов, Микешина 2002] (рис. 3). Создан и продолжает развиваться богатый арсенал аналитического программного обеспечения для GMM [URL: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>; http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm; <http://hymns.fme.googlepages.com/resources> (дата обращения 28.04.2010)].

Программа измерительных признаков

I. Носовые кости. Несмотря на небольшие размеры, являются важной структурной частью лицевого скелета. С онтогенетической точки зрения они в значительной мере независимы от окружа-

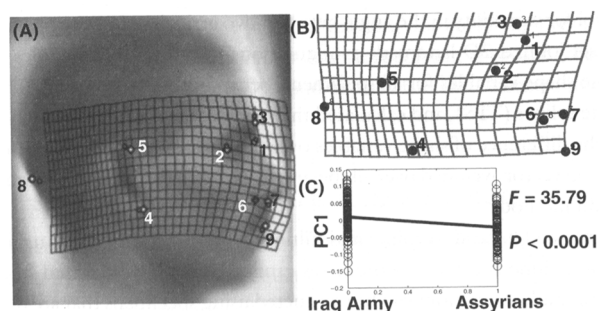


Рис. 3. Пример использования методов геометрической морфометрии для работы с фотоматериалами (солдаты армии Ирака различного этнического происхождения) [цит. по: Gharaibeh, 2005, с. 121].

На изображении ставятся «метки» (landmarks), соответствующие антропометрическим точкам (А). Далее анализируются различия объектов по взаимному расположению сразу всех используемых точек (В). Для методов ГММ разработаны аналоги всех многомерно-статистических методов, в данном случае применяется компонентный анализ (С)

ющих структур [Morris-Kay, Wilkie, 2005; Tapadia et al., 2005; Rice, 2008]. В носовых костях возможно «скольжение» краев костей относительно друг друга, что обеспечивает росту носовых костей дополнительную степень свободы [Rice, 2008]. Носовые кости – нетипичная часть лицевого скелета, так как рост их в значительной степени происходит на ранних стадиях онтогенеза, в том числе пренатально. У новорожденного наименьшая ширина носовых костей практически соответствует таковой у взрослых [Сысак, 1960]. Носовые кости также активно растут во время пубертатного ростового скачка, особенно у мужчин [Бунак, 1960; Сысак, 1960; Миклашевская и др., 1988].

Вероятно, именно перечисленные особенности онтогенеза обусловили удивительно высокую вариабельность формы носовых костей как в животном мире, так и в рамках вида *Homo sapiens*. В краниометрических системах, применяемых в зоологии, размеров носовых костей значительно больше, чем при измерении человеческого черепа [Павлинов, 2000; O'Higgins, 1998; Rae et al., 2006].

В отличие от других элементов лицевого скелета, носовые кости по размерам могут отличаться у разных людей (и даже в разных популяциях) не на проценты, а в разы [Алексеев, Гохман, 1984; Martin, 1928]. У современных приматов, как и у человека (рис. 4), наблюдается огромная внутрипопуляционная изменчивость, вплоть до образования дискретных вариантов [Martin, 1928, с. 945]. Интересно, что современный *Homo sapiens* –

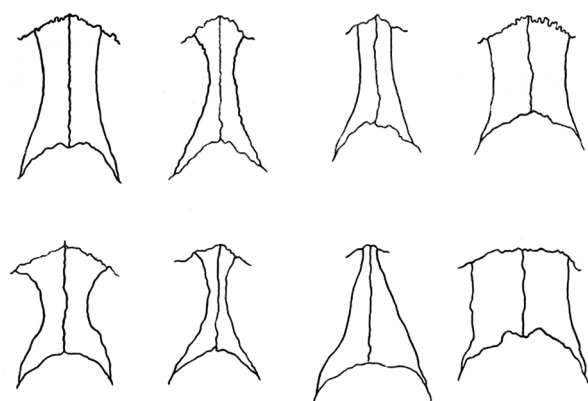


Рис. 4. Типы носовых костей человека по Мартину.

Верхний ряд – типичные расовые формы, нижний ряд – индивидуальные вариации [Martin, 1928, с. 943]. Варианты отличаются между собой не только развитием средней части, но и обоими концами костей, длиной, соотношением длины и ширины и т.д.

единственный вид *Hominoidea*, у которого носовые кости резко выступают над плоскостью лица [Бунак, 1960; Schwartz, Tattersall, 1996; Schwartz et al., 2008]. Не вызывает сомнений, что эти морфологические преобразования прямо или косвенно связаны с респираторной функцией лицевого скелета [Wolpoff, 1968; Glanville, 1969; Steegmann, 1970; Carey, Steegmann, 1981; Franciscus, 1995; Hall, 2005; Yokley, 2009]. Именно от формы наружного носа зависит объем вводимого за единицу времени воздуха, направление воздушных потоков и их распределение внутри носовой полости, влияющее на эффективность обработки вводимого воздуха [Churchill et al., 2004; Grüntzenmacher et al., 2005; Hall, 2005; Doorly et al., 2008].

На практике используется, по сути, лишь два размера, описывающих форму носовых костей: симметрическая ширина и высота. Удивительным выглядит неиспользование, за редким исключением [Балуева и др., 1988] размеров 56, 56(1), 56(2) Март., описывающих длину носовых костей [Martin, 1928, с. 943]. Для описания изменчивости проксимального и дистального отделов носовых костей в программе Мартина, как и в биометрической, также предусмотрены признаки: 57(2) – simiotic index и 57(3). Рассмотрение таблицы на с. 942 учебника Р.Мартина показывает, что широтные размеры носовых костей на трех уровнях варьируют в определенной мере независимо друг от друга, как и от длины костей.

Задача: сделать описание формы носовых костей комплексным, вновь включив в него продольные размеры и характеристики двух концов этих костей.

Точки (рис. 5, 6, 8): Nasomaxillare (A). Наиболее нижняя точка носовых костей (иначе – точка пересечения этого шва и края грушевидного отверстия) [Martin, 1928; Franciscus, 1995; название – по von Cramon-Taubadel, 2009]. Такое определение точки кажется не очень удачным, так как эта область подвержена посмертным разрушениям, а главное – сильно варьирует в зависимости от строения свободного края носовых костей. Возможно, правильнее использовать точку, отстоящую на 1–1.5 мм от точки пересечения носовых костей с краем грушевидного отверстия. **Rhinion (B).** «Точка на пересечении верхнего края грушевидного отверстия с межнососовым швом. Если верхний край грушевидного отверстия загибается вниз, следует брать на межнососовом шве наиболее выступающую точку» [Алексеев, Дебец, 1964]. **C.** Наиболее близкие друг к другу точки носовых костей, между которыми измеряется симметрическая ширина (57 Март.). Методические рекомендации по оп-

ределению точки – см.: Алексеев, Дебеч, 1964.

D. Точка, находящаяся на пересечении межносового шва и дуги, соединяющей точки C. Дуга проводится в плоскости, перпендикулярной межносовому и носовыхнечелюстным швам. **Nasion.** «... находится на пересечении медиальной плоскости с носо-лобным швом» [Алексеев, Дебеч, 1964]. **Infranasion.** Точка пересечения носолобного, носовыхнечелюстного и лобно-верхнечелюстного швов [Martin, 1928]. **E.** Точка на межносовом шве, находящаяся в плоскости, проведенной через точки *infranasion* и перпендикулярной носовыхнечелюстному и межносовому швам. Эта точка, в отличие от *nasion*, гомологична точкам B и D.

Измерительные признаки для носовых костей приведены в табл. 1.

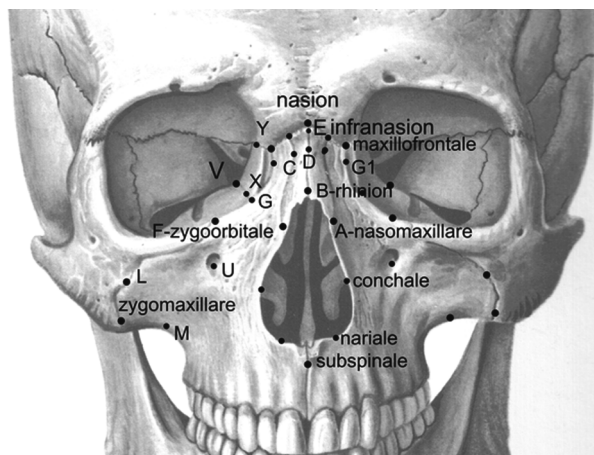


Рис. 5. Расположение точек (меток) программы, анфас. Рисунок черепа – цит.: Синельников, 1972, с. 50

Таблица 1. Измерительные признаки носовых костей

№	Расстояние между точками	Источник*	Проекционная высота до точки	Источник	Инструмент
1.1	Nasomaxillare – nasomaxillare	57(3). Март.**	Rhinion	ISIS (Franciscus, 1995)	Координатный циркуль
1.2	C-C	Симотическая ширина ***	D	Симотическая высота	То же
1.3	Infranasion-infranasion	57(2). Март.	E	Simiotic subtense Carey, Steegmann, 1981 (?)****	То же
1.4	Nasion – E				Штангенциркуль
1.5	Nasion-rhinion	56. Март.			То же
1.6	Infranasion – nasomaxillare	56(2). Март.			То же
1.7	Nasion – D				То же
1.8	Infranasion – C				То же
1.9	D-rhinion				То же
1.10	C-nasomaxillare				То же

Примечания: * – работы, в которых были введены признаки и их авторское название (номер). ** – Martin, 1928. *** – в тех случаях, когда признаки входят в стандартную программу, приводится только их название; более подробную информацию и методические указания [Алексеев, Дебеч, 1964]. **** – работа Carey и Steegmann [1981] построена на анализе данных Woo и Morant [1934], однако один из индексов называется иначе («simiotic») и, судя по описанию в тексте и приводимому рисунку, больше соответствует 1.3, чем 1.2 (собственно симотическим размерам)

2. *Лобные отростки верхнечелюстных костей.* Связаны тесными топографическими корреляциями с носовыми костями, но онтогенетически им неродственны [Dewey et al., 2005]. Об относительной независимости изменчивости двух структур свидетельствует невысокий коэффициент внутригрупповой корреляции дакриального и симотического индексов, 0,45 [Бунак, 1960]. Касательно функциональной роли лобных отростков можно упомянуть теорию, согласно которой большая высота глазницы связана с необходимостью размещения тканей, защищающих глазное яблоко от неблагоприятных внешних воздействий [Coop, 1962]. Высота же орбиты напрямую связана с высотой лобных отростков ВЧК. Представляется, что две составляющие костного носа нуждаются в самостоятельном рассмотрении, что позволит определить конкретные механизмы их взаимовлияния и степень независимой изменчивости.

В «бланке 1965 г.» для лобных отростков ВЧК предусмотрены четыре размера: дакриальные ширина и высота и максиллофронтальные ширина и высота. И те, и другие, однако, являются лишь косвенным показателем, так как включают в себя размеры носовых костей. Корректно разделить

изменчивость двух элементов – невозможно. В программе Мартина представление о высоте лобного отростка дает признак 48(5) – проекционная высота от *nasion* до нижнего края орбиты. Как и в случае с носовыми костями, отсутствуют показатели профилировки на других уровнях, помимо области соединения с лобной костью.

Задачи. 1) Разделение измерений лобного отростка и носовых костей для понимания их относительного вклада в изменчивость костного носа в целом; 2) Приведение в соответствие измерений двух элементов; 3) Введение дополнительных размеров, характеризующих высоту лобных отростков и профилировку на разных уровнях.

Точки (см.: рис 5, 6): **Zygoorbitale (F).** Точка пересечения скуловерхнечелюстного шва с нижним краем орбиты [Martin, 1928; название – цит. по: von Cramon-Taubadel, 2009, с. 182]. Положение точки *zygoorbitale* зависит от ростовых процессов скуловой кости и представляется во многом случайным. В отличие от нее, точка *F* определяется как точка пересечения нижнего края орбиты и перпендикуляра из центра подглазничного отверстия. Таким образом, она имеет более четкую анатомическую основу. **Maxillofrontale.** «Распола-

Таблица 2. Измерительные признаки лобных отростков верхнечелюстных костей

№	Расстояние между точками	Источник*	Проекционная высота, до точки	Источник	Инструмент
2.1	Zygoorbitale-zygoorbitale	45(3). Март.**	Nasomaxillare	Близко Sub. MOW (Woo, Morant, 1934) и NZS и MOBSR (Franciscus, 1995)***	Координатный циркуль
2.2	Zygoorbitale-nasomaxillare	ZINMS (Franciscus, 1995)	Самой глубокой	Близко ZINMSS (Franciscus, 1995)****	То же
2.3	G1-G1		С (правой)		То же
2.4	Maxillofrontale - maxillofrontale	Максиллофронтальная ширина *****	Infranasion		То же
2.5	Maxillofrontale – G				Штангенциркуль
2.6	G – zygoorbitale				То же
2.7	Maxillofrontale – zygoorbitale				То же

Примечания: * – работы, в которых были введены признаки и их авторское название (номер). ** – Martin, 1928. *** – все три эти измерения – на носовых костях. **** – ZINMSS измеряется до точки «alpha» [Gill, 1984]; Размеры 2.1 и 2.2 измеряются с правой стороны, или же с той, где лучше сохранность и легче локализовать точку *nasomaxillare*. ***** – в тех случаях, когда признаки входят в стандартную программу, приводится только их название; более подробную информацию и методические указания [Алексеев, Дебец, 1964]

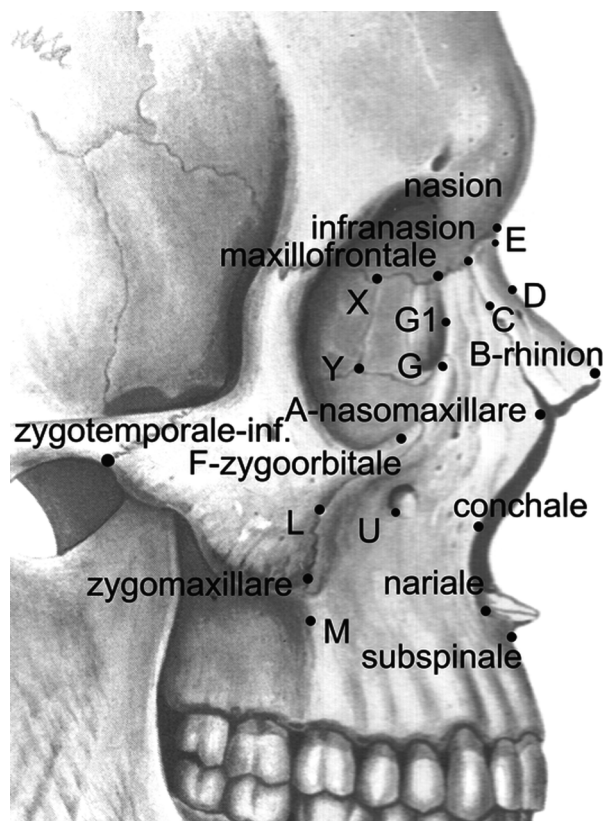


Рис. 6. Расположение точек (меток) программы, профиль. Рисунок черепа – цит. по: Синельников, 1972, с. 52

гается на пересечении внутреннего края орбиты с лобно-челюстным швом» [Алексеев, Дебеч, 1964]. **Г.** Точка пересечения касательной к нижнему краю слезной ямки с краем орбиты. Касательная проводится параллельно лобно-слезному и лобно-решетчатому швам. **G1.** Точка на уровне симметрической ширины, на пересечении линии, соединяющей точки **C** и **D** с медиальным краем орбиты.

Измерительные признаки для лобных отростков верхнечелюстных костей приведены в табл. 2.

3. *Латеральная часть передней поверхности тела и скуловой отросток верхнечелюстной кости.* Закономерности роста и развития латеральной части тела ВЧК заметно отличаются от структур, образующих грушевидное отверстие. Хорошо известно, что срединная часть лицевого скелета формируется гораздо быстрее латеральных элементов, а межгрупповая корреляция зигомаксиллярной ширины и ширины грушевидного отверстия – не выше средней [Бунак, 1960]. Ширина носа составляет примерно 2/3 взрослой величины уже у шестимесячного ребенка, а интенсивное увеличение средней ширины лица начинается лишь после прорезывания зубов, а затем

во время пубертатного скачка [Бунак, 1960; Сысак, 1960]. Разобщенность ростовых процессов двух частей передней поверхности тела ВЧК объясняется их различным эмбриональным происхождением [Morris-Kay, Wilkie, 2005; Tapadia et al., 2005], динамикой развития [Бунак, 1960], функциональным предназначением. Особенности строения грушевидного отверстия и носовой полости, заложенные в эмбриональном развитии, зачастую остаются неизменными в течение всего дальнейшего онтогенеза [Бунак, 1960; Сысак, 1960; Franciscus, 2003]. С функциональной точки зрения грушевидное отверстие является входом в носовую полость, и вариабельность его формы связана, прежде всего, с респираторной функцией [см., например, Wolpoff, 1968]. Латеральная часть тела и скуловой отростка ВЧК связаны больше с жевательной функцией, так как здесь происходит контакт с альвеолярным отростком и скуловой костью [Бунак, 1960; Richmond et al., 2005; Herring, 2008; von Cramon-Taubadel, 2009] (см. рис. 2). В связи с этим в антропологической литературе неоднократно высказывались гипотезы о связи вариаций строения ВЧК с типом питания или развитием жевательной мускулатуры [Shea, 1977; Hannam, Wood, 1989; Hernandez et al., 1997; Vidarsdottir et al., 2002; O'Connor et al., 2005; Harvati, Weaver, 2006]. Другой важный фактор – гормональное воздействие в период пубертатного ростового спурта (в первую очередь у мужчин), которое слабо затрагивает область грушевидного отверстия, но приводит к заметному увеличению высоты и ширины верхней челюсти [Рогинский, 1960; Сысак, 1960; Миклашевская и др., 1988; Vidarsdyttir et al., 2002; Bulygina et al., 2006]. Учитывая перечисленные факты, представляется важным разделить описание формы грушевидного отверстия и латеральных структур передней поверхности ВЧК.

В «бланке 1965 г.» используются два очень близких по смыслу признака: зигомаксиллярная ширина и средняя ширина лица (46. Март.). Однако измерение ширины передней поверхности тела ВЧК на уровне точек *zygomaxillare* дает только часть информации о ее широтном развитии, при этом значение ширины именно в этой области во многом связано с развитием костного рельефа данной области, а также, возможно, особенно подвержен воздействию механической нагрузки при жевании. Также в «бланке 1965 г.» отсутствуют признаки, напрямую характеризующие высоту латеральной части тела ВЧК.

Задачи: 1) Разделение описания области грушевидного отверстия и латеральной части тела ВЧК; 2) Введение дополнительных широтных из-

мерений передней поверхности тела ВЧК; 3) Введение высотных измерений переднелатеральной поверхности тела ВЧК.

Точки (см. рис. 5–8). **Zygotemporale (inferior)**. Самая нижняя точка височно-скулового шва [Howells, 1989; von Cramon-Taubadel, 2009]. **Conchale**. Точка пересечения crista conchalis и края грушевидного отверстия. **L**. Точка пересечения скуловерхнечелюстного шва с линией, соединяющей точки *conchale* и *zygotemporale (inferior)*. **Zygomaxillare (передняя)** – «...на пересечении скулочелюстного шва с верхней границей прикрепления жевательной мышцы». **Subspinale**. «Наиболее задняя точка межчелюстного шва, непосредственно под передней носовой остью» [последние две точки – Алексеев, Дебеч, 1964]. **M**. Центральная точка дуги, соединяющей точки зигомаксиллярную нижнюю и самую верхнюю точку альвеолы первого моляра (при взгляде на череп в анфас); в спорных случаях отмечать ближе зигомаксиллярной точке. В какой-то степени соответствует «Max maxillary curve» [von Cramon-Taubadel, 2009].

Измерительные признаки для латеральной части передней поверхности тела и скулового отростка верхнечелюстной кости приведены в табл. 3.

4. Носовая полость. Как правило, носовая полость подразделяется на три функциональных

отдела: 1) Преддверие, элементами которого на черепе можно считать нижнюю часть костного носа и края грушевидного отверстия; 2) внутренняя часть носовой полости; 3) область хоан, перехода к носоглотке [Churchill et al., 2004; Doorly et al., 2008; Hall, 2005; Marquez, Laitman, 2008; Grüntzenmacher et al., 2005; Schwartz et al., 2008]. Все эти разнородные структуры объединяются для выполнения единой функции: обработки вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Воздух, до момента достижения носоглотки, должен быть прогрет до температуры не менее 30° и насыщен водяными парами, в противном случае неизбежны термические травмы нежных тканей легких и переохлаждение организма изнутри. Кроме того, увлажнение воздуха необходимо для ускорения газообмена. Структуры носовой полости обеспечивают быстрое достижение вдыхаемым воздухом таких кондиций в самом широком диапазоне условий [см.: обзоры Franciscus, 1995; Yokley, 2009]. Не менее важен процесс выдыхания, во время которого может происходить очень эффективный возврат энергии и жидкости, затраченной ранее (до 50%). В условиях высокой температуры и влажности воздуха требуется достижение противоположной цели – максимально быстрой вентиляции для охлаждения организма [Yokley, 2009; Hall,

Таблица 3. Измерительные признаки латеральной части передней поверхности тела и скулового отростка верхнечелюстной кости

№	Расстояние между точками	Источник*	Проекционная высота, до точки	Источник	Инструмент
3.1	L-L		Conchale (правая)		Координатный циркуль
3.2	Zygomaxillare (передняя) – zygomaxillare (передняя)	Зигомаксиллярный угол, ширина **	Subspinale	Зигомаксиллярный угол, высота	То же
3.3	Zygomaxillare (передняя) – conchale		Самой глубокой	Близко глубине клыковой ямки	То же
3.4	Zygoorbitale – L				Штангенциркуль
3.5	L – zygomaxillare (передняя)				То же
3.6	Zygomaxillare (передняя) – M				То же
3.7	Zygoorbitale – M	Близко 48(4). Март.*** и “cheek height” (Howells, 1989)			То же

Примечания: * – работы, в которых были введены признаки и их авторское название (номер). ** – в тех случаях, когда признаки входят в стандартную программу, приводится только их название; более подробную информацию и методические указания см. Алексеев, Дебеч, 1964. *** – Martin, 1928

2005]. Также важной составляющей обработки воздуха является очистка его от загрязнителей.

Имеющиеся данные не оставляют сомнений в том, что изменчивость всех отделов носовой полости, напрямую связана с адаптацией к климатическим факторам. В классических работах была показана высокая положительная связь носового индекса (как на черепах, так и на живом населении) с абсолютной влажностью воздуха [среди множества работ – Charles, 1930; Wolpoff, 1968; Glanville, 1969; Shea, 1977; Yokley, 2009]. Составляющие индекс размеры характеризуют преддверие носовой полости, функции которого заключаются в ограничении скорости входящего и исходящего потоков воздуха и распределении этих потоков внутри носовой полости [Churchill et al., 2004; Grüntzenmacher et al., 2005; Doorly et al., 2008]. Тенденция к лепторинности обитателей высоких широт и платинности тропических групп прослеживается достаточно явно и *внутри* «больших» рас [Hernandez et al., 1997; von Cramon-Taubadel, 2009]. Большое число исследований посвящено вариациям стенок грушевидного отверстия у ископаемых гоминид, и эти исследования подтверждают высокую вариабельность и адаптивную значимость структуры [Franciscus, 2003; Schwartz et al., 2008].

Общая форма и размер носовой полости и ее внутренних структур чрезвычайно изменчивы. Межпопуляционные сравнения на представительном материале дают очень интересные результаты, но пока немногочисленны [см. Лущик, 1992; Churchill et al., 2004; Yokley, 2009]. По данным исследования Yokley [2009], соотношение площади стенок полости и ее объема резко отличается в группах американцев африканского и европейского происхождения. Носовая полость негров заметно больше по объему и «просторнее», что способствует ускоренной вентиляции. Это дополняется давно известными отличиями в ширине грушевидного отверстия, а также хоан [Yokley, 2009].

Размеры и форма хоан из всех отделов носовой полости исследованы в наименьшей степени [Лущик, 1992; Marquez, Laitman, 2008], характеризующие их признаки редко используются в краниометрических исследованиях. Тем не менее, это важная часть верхних воздухоносных путей, являющаяся «клапаном» при переходе от носовой полости к носоглотке. По данным Yokley [2009], из наружных измерений именно ширина хоан имеет максимальную корреляцию с показателями внутреннего строения носовой полости.

Мартиновская программа содержит достаточное количество признаков, характеризующих носовую полость, однако они редко применяются системно и комплексно [Лущик, 1992; Marquez,

Laitman, 2008; Franciscus, 1995, 2003; Yokley, 2009]. В большинстве случаев дело ограничивается измерением высоты и ширины носа. «Бланк 1965 г.» содержит эти два признака, а также размеры неба (62 и 63 Март.), которые иногда используются в качестве косвенной характеристики носовой полости [Wolpoff, 1968; Glanville, 1969; Marquez, Laitman, 2008]. Ширина носовой полости действительно тесно связана с ростовыми процессами в небном шве [Rice, 2008], однако неудачность размеров 62 и 63 заключается в том, что их исходные точки находятся на альвеолярном отростке.

Задачи: отбор и систематизация признаков, описывающих форму грушевидного отверстия и хоан, а также характеризующих широтные, высотные и продольные размеры носовой полости.

Точки (см. рис. 5–8). **Hormion.** «Лежит между краями сошника в медианной плоскости». **Staphylon.** «Точка на пересечении срединного небного шва с линией, соединяющей края задних вырезок неба». **Nasolaterale** – «Наиболее задняя (глубокая) точка на наружном крае грушевидного отверстия. Обычно находится в месте наибольшей его ширины» [все три точки – Алексеев, Дебец, 1964]. **Palatomaxillare.** Точка пересечения срединного и поперечного небных швов. **Palatomaxillare (lat).** Наиболее латеральная точка поперечного небного шва (в случае извилистой формы шва вблизи альвеолярного отростка прослеживается его общее направление). **Nariale.** Самая нижняя точка нижнего края носового отверстия. Отмечается с двух сторон. Последние три точки – по: von Cramon-Taubadel, 2009. **S.** Точка на пересечении шва небной кости и крыловидного отростка основной кости с линией, продолжающей направление *crista conchalis*. **U.** Точка на середине нижнего края *foramen infraorbitale*, как правило это наиболее глубокая точка края отверстия.

Измерительные признаки для носовой полости приведены в табл. 4.

5. Параназальные синусы. Рассматриваются синусы ВЧК и лабиринт решетчатой кости. Несмотря на большой интерес к этим структурам, восходящий к античным и средневековым авторам и активное изучение в последние годы, роль их остается до конца неясной, о чем свидетельствует и огромное количество предлагаемых для ее объяснения гипотез [Marquez, 2008]. Учитывая тематику данной статьи, вызывают особенный интерес функциональные теории, связанные с дыханием. Считается, что и верхнечелюстной, и особенно решетчатый синусы могут служить «теплоизоляторами», защищающими головной мозг от воздействия вдыхаемого воздуха, а при других обстоятельствах – способствующие его охлаждению. Также издавна предполагается, что синусы

Таблица 4. Измерительные признаки носовой полости

№	Расстояние между точками	Источник*	Инструмент
4.1	Nasion – hormion	NHL (Charles, 1930)	Толстотный или скользящий циркуль
4.2	Rhinion – hormion	INFL (Charles, 1930)	То же
4.3	Subspinale – palatomaxillare	Близко 62(1). Март. **	Скользящий циркуль
4.4	Palatomaxillare – staphylion	***	То же
4.5	Palatomaxillare (lat) – palatomaxillare (lat)		Штангенциркуль
4.6	Infranasion – nariale		Скользящий циркуль
4.7	Rhinion – nariale	Близко 55(1). Март.	То же
4.8	Conchale – conchale		Штангенциркуль
4.9	Nasolaterale-nasolaterale	54. Март.	То же
4.10	Nariale – nariale		То же
4.11	U – U, высота conchale над этой линией		Координатный циркуль
4.12	Nasomaxillare – conchale		Штангенциркуль
4.13	Conchale – nariale		То же
4.14	Hormion – staphylion	59. Март.	Скользящий циркуль
4.15	S – S	Близко 59(1). Март.	Штангенциркуль

Примечания: * – работы, в которых были введены признаки и их авторское название (номер). ** – Martin, 1928. *** – размер *subspinale-staphylion* (т.е. сумма 4.3 и 4.4) использовался Лушиком [1992] как показатель длины носовой полости. Также близко ANSSL [Franciscus, 1995]

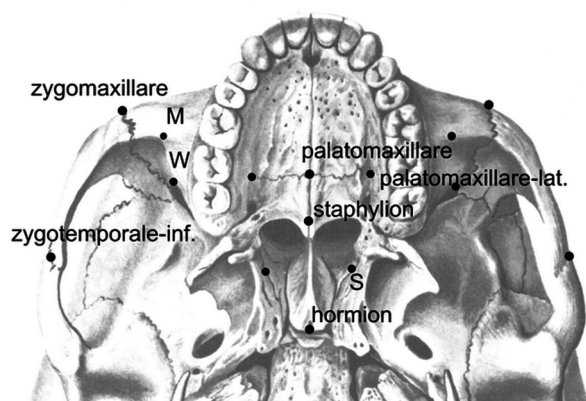


Рис. 7. Расположение точек (меток) программы, передняя часть основания черепа. Рисунок черепа – цит.: Синельников, 1972, с. 94

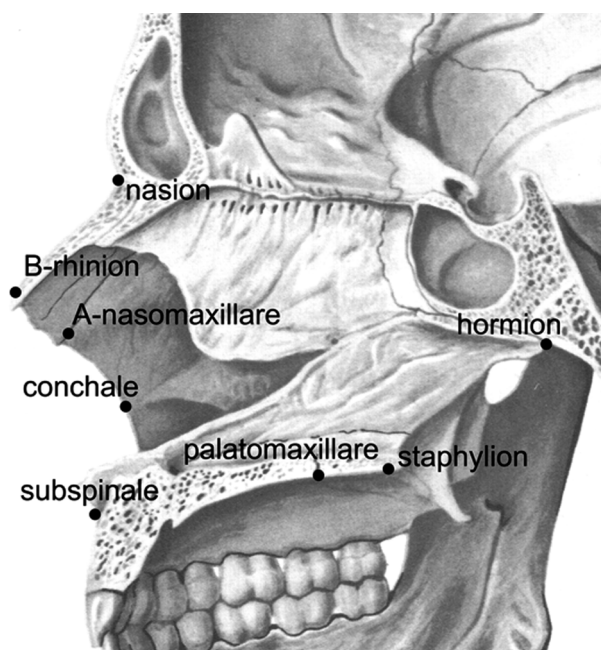


Рис. 8. Расположение точек (меток) программы, носовая полость, медианный срез. Рисунок черепа – цит.: Синельников, 1972, с. 92

участвуют в обогреве и увлажнении воздуха [Coop, 1962, критика этой гипотезы – Shea, 1977]. Целый ряд исследований показывает уменьшение их размера при усилении воздействия холодового стресса [Shea, 1977; Rae et al., 2006; Marquez, Laitman, 2008]. Размеры синусов ВЧК мало зависят от размеров зубов, но связаны с размерами и формой костного неба, а также общими размерами тела – эти корреляции, однако, не выходят за пределы средних [Korpe et al., 2005; Marquez, Laitman, 2008]. В целом, видимо, синусы ВЧК являются структурами с достаточно независимой изменчивостью. Есть версия о рудиментарном статусе пазух лицевого скелета, и близкая к ней «нефункциональная» – синусы заполняют пустое пространство между жевательной мускулатурой и стенкой носовой полости, и их размер зависит от обширности этого пространства, а значит связан с объемом носовой полости [Shea, 1977; Marquez, 2008]. В животном мире наблюдаются

самые разнообразные сочетания наличия/отсутствия тех или иных пазух. Строение синусов используется в систематике приматов, в том числе ископаемых, и считаются важным таксономическим признаком [Marquez, 2008]. Онтогенетический механизм формообразования (аппозиция-резорбция костной пластинки) заметно отличает синусы от других рассматриваемых здесь структур, растущих преимущественно в швах [Marquez, 2008; Rice, 2008]. Возможно, именно с этим связана огромная вариабельность синусов ВЧК – их размер у представителей одной популяции может отличаться в пять раз [Shea, 1977]. Решетчатый синус также крайне вариабелен по объему, форме и даже количеству воздухоносных ячеек, но функциональные аспекты этой изменчивости еще менее ясны [Marquez, 2008].

Для изучения пазух используется томография, рентген, гистологические методы, засыпание сыпучими наполнителями [Shea 1977; Korpe et al., 2005; Marquez, 2008; Marquez, Laitman, 2008], однако линейных измерений, напрямую характеризующих синусы ВЧК, в рассмотренной литературе обнаружено не было (косвенно характеризуют верхнюю стенку этого синуса 53 Март. и расстояние X из программы В.Ю. Бахолдиной [2007]). Ситуация с синусами решетчатой кости несколько лучше: в программе Р. Мартина есть ряд описывающих их признаков (см. табл. 5). Впрочем, в краниометрических работах все эти признаки используются крайне редко.

Задачи: введение наружных измерений (точек), характеризующих размеры и форму синусов ВЧК и синусов решетчатой кости.

Точки (см.: рис. 5, 6, 7, 9). **Sphenomaxillare (superior)**. Самая верхняя, латеральная точка соприкосновения ВЧК и *lamina lateralis* краповидного отростка основной кости [von Cramon-Taubadel, 2009]. **V**. Точка пересечения решетчато-верхнечелюстного шва и нижнего края нижней глазничной щели. Близко по смыслу *задней орбитальной точке* [Бунак, 1960], однако лежит несколько латеральнее. **W**. Наиболее нижняя точка переднего края нижней глазничной щели со стороны *fossa temporalis*. **X**. Точка пересечения слезно-верхнечелюстного, решетчато-верхнечелюстного и слезно-решетчатого швов. **Y**. Точка пересечения лобно-слезного, лобно-решетчатого и слезно-решетчатого швов. Последние две точки могут быть достаточно точно определены и при плохо сохранившейся глазничной пластинке решетчатой кости.

Измерительные признаки для параназальных синусов приведены в табл. 5.

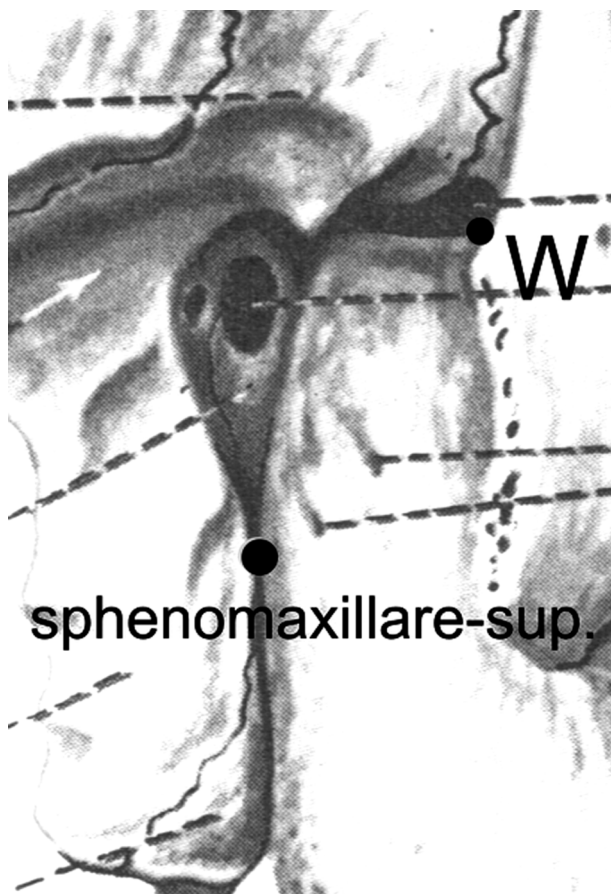


Рис. 9. Расположение точек (меток) программы, вид со стороны *fossa infratemporalis* и *fossa pterygopalatina*. Рисунок черепа – цит.: Синельников, 1972, с. 108

Таблица 5. Измерительные признаки параназальных синусов

№	Расстояние между точками	Источник*	Инструмент
5.1	Sphenomaxillare (superior) – U		Скользкий циркуль
5.2	U – M		То же
5.3	Zygoorbitale – V		Штангенциркуль
5.4	Sphenomaxillare (superior) – W		Скользкий циркуль
5.5	S – W **		То же
5.6	V – V		То же
5.7	X – X	Близко 49(2) Март.***	То же
5.8	Y – Y	Близко 49(1) Март.****	То же
5.9	X – Y	Близко 53(1) Март.	То же
5.10	X – V		Штангенциркуль

Примечания: * – работы, в которых были введены признаки и их авторское название (номер). ** – при измерении ножка циркуля вводится внутрь носовой полости, чтобы сохранить ровное положение инструмента. *** – Martin, 1928. **** – размеры 5.7 и 5.8 по смыслу соответствуют 49(2) и 49(1) по Мартину, но привязаны к конкретно локализованным точкам.

Заключение

Автор надеется, что публикация предложенной программы измерительных признаков лицевого отдела черепа поспособствует возникновению интереса к таким актуальным проблемам как анализ функциональной, анатомической изменчивости и онтогенеза структур черепа человека. На наш взгляд это направление находится в русле современных исследовательских задач в краниологии.

Благодарность

Работа выполнена частично в рамках проекта РГНФ (№09-01-00096а).

Библиография

Абиндер Н.А. Трансверзальная уплощенность лицевого скелета // Антропологический сборник II (ТИЭ. Новая серия. Т. L). М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 153–178.
Алексеев В.П. Происхождение народов Кавказа (краниологическое исследование). М., 1974.
Алексеев В.П., Гохман И.И. Антропология Азиатской части СССР. М., 1984.
Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия (методика антропологических исследований). М.: Наука, 1964.
Балуева Т.С., Веселовская Е.В., Лебединская Г.В., Пестряков А.П. Антропологические типы древнего населения на территории СССР. М., Наука, 1988.
Бахолдина В.Ю. Изменчивость и таксономическая структура признаков краниофациальной системы человека. М., 2007.

Бахолдина В.Ю., Ковылин В.А. Морфология параназальной области Homo heidelbergensis, Homo neanderthalensis и Homo sapiens // Научный альманах кафедры антропологии. Вып. 3. М., 2005. С. 172–199.

Беневоленская Ю.Д. Признаки черепного свода как маркеры различных уровней дифференциации рас // Новые коллекции и исследования по антропологии и археологии: (Сб. МАЭ. Т. 44). СПб., 1991. С. 126–152.
Бунак В.В. Crania Armenica. Исследование по антропологии Передней Азии. М., 1927.

Бунак В.В. Лицевой скелет и факторы, определяющие вариации его строения // Антропологический сборник II (ТИЭ. Новая серия. Т. L). М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 84–152.

Герасимова, М.М. Половой диморфизм метрических признаков нижней челюсти у человека // Антропологические исследования. Кн. 2. Новое в методике и методологии антропологических исследований (Мат. к серии «Народы и культуры». Вып. X). – М., 1992. С. 223–240.

Герасимова М.М., Суворова Н.А., Фризен С.Ю. Палеоантропологические материалы ранних алан с территории Северной Осетии-Алании (Приложение 2) // Габуев Т.А. Малашев В.Ю. Памятники ранних алан центральных районов Северного Кавказа. М., 2009. С. 324–340.
Дерябин В.Е. Курс лекций по многомерной биометрии для антропологов. М., 2008.

Евтеев, А.А. Население золотоордынского города Маджара по данным краниологии // Вестник антропологии. Вып. 10. М., 2003. С. 91–103.

Евтеев А.А. Недостатки мартиновской краниометрической программы и возможные пути их преодоления // Человек: его биологическая и социальная история: Тр. Междунар. конф., посвященной 80-летию академика РАН В.П. Алексеева (Четвертые Алексеевские чтения) / Отв. ред. Н.А. Дубова. М.: Одинцово, 2010. Т. 2. С. 140–145.

Луцки М.Н. Расовая и этно-территориальная изменчивость респираторного отдела лицевого скелета человека. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1992.

- Миклашевская Н.Н., Соловьева В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. М.: Изд-во МГУ, 1988.
- Павлинов И.Я. Геометрическая морфометрия черепа мышевидных грызунов (Mammalia, Rodentia): связь формы черепа с пищевой специализацией // Журнал общей биологии. 2000. Т. 61. № 6. С. 583–600.
- Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63. № 6. С. 473–493.
- Пестряков А.П., Григорьева О.М. Краниология автохтонного населения и проблема первоначального заселения Америки // Вестник антропологии. Вып. 17. М., 2009. С. 211–223.
- Рогинский Я.Я. К вопросу о возрастных изменениях расовых признаков у человека (в утреннем периоде и в детстве) // Антропологический сборник II (ТИЭ, Новая серия. Т. L). М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 3–28.
- Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. Т. 1. М., 1972.
- Сысак Н.С. Материалы для возрастной морфологии черепа человека // Антропологический сборник II (ТИЭ, Новая серия. Т. L). М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 29–41.
- Badawi-Fayad J., Cabanis E.-A. Three-Dimensional Procrustes Analysis of Modern Human Craniofacial Form // Anat. Rec., Part A. 2007. Vol. 290. P. 268–276.
- Bastir M., Rosas A., O'Higgins P. Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull // J. Anat. 2006. Vol. 209. N 5. P. 637–654.
- Bulygina E., Mitteroecker P., Aiello L. Ontogeny of Facial Dimorphism and Patterns of Individual Development Within One Human Population // Am. J. Phys. Anthropol. 2006. Vol. 131. P. 432–443.
- Carey J.W., Steegmann A.T. Human nasal protrusion, latitude, and climate // Am. J. Phys. Anthropol. 1981. Vol. 56. N 3. P. 313–319.
- Charles C.M. The *cavum nasi* of the American Negro // Am. J. Phys. Anthropol.. 1930. Vol. 14. P. 177–253.
- Churchill S.E., Shackelford L.L., Georgi J.N., Black M.T. Morphological variation and airflow dynamics in the human nose // Am. J. of Hum. Biol. 2004. Vol. 16. P. 625–638.
- Coon C.S. The Origin of Races. New York, 1962.
- Depew M.J., Simpson C.A., Morasso M., Rubenstein J.L.R. Reassessing the *Dlx* code: the genetic regulation of branchial arch skeletal pattern and development // J. Anat. 2005. Vol. 207. N 5. P. 501–561.
- Doorly D.J., Taylor D.J., Gambaruto A.M., Schroter R.C., Tolley N. Nasal architecture: form and flow // Philosophical Transactions of the Royal Society A. 2008. Vol. 366. P. 3225–3246.
- Franciscus, R.G. Later Pleistocene Nasofacial Variation in Western Eurasia and Africa and Modern Human Origins. Ph.D. Thesis, University of New Mexico. 1995.
- Franciscus R.G. Internal nasal floor configuration in Homo with special reference to the evolution of Neandertal facial form // J. of Hum. Evol. 2003. Vol. 44. P. 701–729.
- Gharaibeh W. Correcting for the Effect of Orientation in Geometric Morphometric Studies of Side-View Images of Human Head // Modern Morphometrics in Physical Anthropology / Ed. D.E. Slice. New York, 2005. P. 117–144.
- Gill G.W. A forensic test case for a new method of geographical race determination // Human Identification: Case Studies in Forensic Anthropology. Eds. T.A. Rathbun and J.E. Buikstra. Springfield, 1984. P. 329–339.
- Glanville E.V. Nasal Shape, Prognathism and Adaptation in Man // Am. J. Phys. Anthropol. 1969. Vol. 30. P. 29–38.
- Grüntzenmacher S., Robinson D.M., Lang C., Lebe E., Knappe U., Mlynski G. Investigations of the Influence of External Nose Deformities on Nasal Airflow // J. for Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery. 2005. Vol. 57, N 3. P. 154–159.
- Hall R.L. Energetics of Nose and Mouth Breathing, Body Size, Body Composition, and Nose Volume in Young Adult Males and Females // Am. J. Hum. Biol. 2005. Vol. 17. P. 321–330.
- Hannam A.G., Wood W.W. Relationships between the size and spatial morphology of human masseter and medial pterygoid muscles, the craniofacial skeleton, and jaw biomechanics // Am. J. Phys. Anthropol.. 1989. Vol. 80. P. 429–445.
- Harvati K., Weaver T.D. Human Cranial Anatomy and the Differential Preservation of Population History and Climate Signatures // Anat. Rec., Part A. 2006. Vol. 291A. P. 1225–1233.
- Hernandez M., Fox C.L., Garcia-Moro C. Fuegian Cranial Morphology: The Adaptation to a Cold, Harsh Environment // Am. J. Phys. Anthropol. 1997. Vol. 103. N 1. P. 103–117.
- Herring S.W. Mechanical Influences on Suture Development and Patency // In: Craniofacial Sutures: Development, Disease, and Treatment. Ed. D.P. Rice. (Frontiers of Oral Biology, Vol. 12). Basel, 2008. P. 41–56.
- Howells W.W. Skull shapes and the map. Peabody Mus. Pap. 79. 1989. P. 1–189.
- Klingenberg C.P., Leamy L.J., Cheverud J. M. Integration and Modularity of Quantitative Trait Locus Effects on Geometric Shape in the Mouse Mandible // Genetics. 2004. Vol. 166. P. 1909–1921.
- Koppe T., Nakatsukasa M., Yamanaka A. Implication of Craniofacial Morphology for the Pneumatization Pattern of the Human Alveolar Process // Acta Medica Lituanica. 2005. Vol. 12. P. 40–46.
- Marquez S. The Paranasal Sinuses: The Last Frontier in Craniofacial Biology // Anat. Rec. 2008. Vol. 291. P. 1350–1361.
- Marquez S., Laitman J.T. Climatic Effects on the Nasal Complex: A CT Imaging, Comparative Anatomical, and Morphometric Investigation of *Macaca mulatta* and *Macaca fascicularis* // Anat. Rec. 2008. Vol. 291. P. 1420–1445.
- Martin R. Lehrbuch der Anthropologie in Systematischer darstellung. 2-e Bd. Kraniaologie. Osteologie. Jena, 1928.
- Marthnez-Abadhas N., Esparza M., Sjøvold T., González-José R., Santos M., Hernández M. Heritability of human cranial dimensions: comparing the evolvability of different cranial regions // J. Anat. 2009. Vol. 214. N 1. P. 19–35.
- Modern Morphometrics in Physical Anthropology / Ed. Dennis E. Slice. New York, 2005.
- Morriss-Kay G.M., Wilkie A.O.M. Growth of the normal skull vault and its alteration in craniosynostosis: insights from human genetics and experimental studies // J. Anat. 2005. Vol. 207. I. 5. P. 637–653.
- Moss M.L., Young R.W. A functional approach to craniology. Am. J. Phys. Anthropol. 1960. Vol. 18. P. 281–291.
- O'Connor C.F., Franciscus R.G., Holton N.E. Bite force production capability and efficiency in Neandertals and modern humans. // Am. J. Phys. Anthropol. 2005. Vol. 127. P. 129–151.
- O'Higgins P., Jones N. Facial growth in *Cercocebus torquatus*: an application of three-dimensional geometric

morphometric techniques to the study of morphological variation // *J. Anat.* 1998. Vol. 193. P. 251–272.

Rae T.C., Vidarsdottir U.S., Jeffery N., Steegmann A.T. Developmental response to cold stress in cranial morphology of *Rattus*: implications for the interpretation of climatic adaptation in fossil hominins // *Proceedings of the Royal Society B*. 2006. Vol. 273. P. 2605–2610.

Rice D.P. Developmental Anatomy of Craniofacial Sutures // In: *Craniofacial Sutures: Development, Disease, and Treatment*. Ed. D.P. Rice. (Frontiers of Oral Biology, V.12). Basel, 2008. P. 1–21.

Richmond B.G., Wright B.W., Grosse I., Dechow P.C., Ross C.F., Spencer M.A., Strait D.S. Finite Element Analysis in Functional Morphology // *Anat. Rec., Part A*. 2005. Vol. 283A. P. 259–274.

Sardi M.L., Novellino P.S., Pucciarelli H.M. Craniofacial Morphology in the Argentine Center-West: Consequences of the Transition to Food Production // *Am. J. Phys. Anthropol.* 2006. Vol. 130. P. 333–343.

Schwartz J.H., Tattersall I., Teschler-Nicola M. Architecture of the Nasal Complex in Neanderthals: Comparison With Other Hominids and Phylogenetic Significance // *Anat. Rec.* 2008. Vol. 291. P. 1517–1534.

Shea B.T. Eskimo craniofacial morphology, cold stress and the maxillary sinus // *Am. J. Phys. Anthropol.* 1977. Vol. 47. N 2. P. 289–300.

Smith H.F., Terhune C.E., Lockwood C.A. Genetic, Geographic and Environmental Correlates of Human

Temporal Bone Variation // *Am. J. Phys. Anthropol.* 2007. Vol. 134. P. 312–322.

Tapadia M.D., Cordero D.R., Helms J.A. It's all in your head: new insights into craniofacial development and deformation // *J. Anat.* 2005. Vol. 207. N 5. P. 461–477.

Vidarsdottir U.S., O'Higgins P., Stringer C. A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton // *J. Anat.* 2002. Vol. 201. N 1. P. 211–229.

von Cramon-Taubadel N. Revisiting the homology hypothesis: the impact of phenotypic plasticity on the reconstruction of human population history from cranio-metric data // *J. Hum. Evol.* 2009. Vol. 57. P. 179–190.

Wolpoff M.H. Climatic Influence on the Skeletal Nasal Aperture // *Am. J. Phys. Anthropol.* 1968. Vol. 29. P. 405–423.

Woo T.L., Morant G.M. A Biomechanical Study of the «Flatness» of the Facial Skeleton in Man // *Biometrika*. Vol. 26. P. 196–250.

Yokley T.R. Ecogeographic variation in human nasal passages // *Am. J. Phys. Anthropol.* 2009. Vol. 138. N 1. P. 11–22.

Zollikofer C., De Leon M.P. Cranial Growth Models: Heterochrony, Heterotopy and the kinematics of ontogeny // In: *Neanderthals Revisited: New Approaches and Perspectives* / Eds. Eric Delson Ross, D. E. MacPhee. Springer Netherlands, 2006.

Контактная информация:

Евтеев А.А. E-mail: evteandr@gmail.com.

REVIEW OF CRANIOMETRICAL LANDMARKS AND MEASUREMENTS FOR FUNCTIONAL AND ONTOGENETIC RESEARCHES ON THE RESPIRATORY PART OF FACIAL SKELETON

A. A. Evteev

Institute and Museum of Anthropology, MSU, Moscow

First part of the article gives a brief review concerning methodological difficulties when «traditional» craniometric systems (e.g., Alexeev-Debets or Howells) are used in researches aimed to address either functional or ontogenetic aspects of craniofacial diversity. The most common critical notes found in literature regarding these systems are listed. «Traditional» craniometric systems often give too general and incomplete description of morphological structures from the biological point of view. At the next level of investigation, a tradition exists to analyze together measurements from different «modules» of the cranium: vault, basicranium, masticatory and respiratory parts of the facial skeleton. It is a serious constrain for both functional and ontogenetic studies. This is followed by a review of landmarks and measurements suggested and used by many investigators for special functional and ontogenetic researches on the nasofacial structures (including nasal bones, frontal and zygomatic processes of the maxilla, nasal cavity and paranasal sinuses) as well as for their more precise description. The review is not aimed to list all the landmarks and measurements existing in the vast literature on the subject but rather to come up with a relatively compact system of selected measurements. Just a small number of these landmarks and measurements is suggested by the author for the first time but most of them are well-known and are selected from several old and new publications. The system contains 29 landmarks, which can easily be used for analysis by GMM techniques and 48 linear measurements.

Key words: craniometric programs, respiratory function, facial skeleton