

# ДИМОРФИЗМ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ ЧЕЛОВЕКА: ОСТЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛА

М.К. Карапетян

*МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра антропологии, Москва*

*В литературе представлены модели для определения пола по первому и второму шейным позвонкам, но другие шейные позвонки в этом отношении ранее не исследовались. Настоящая статья посвящена разработке и тестированию остеометрических моделей для диагностики пола по шейным позвонкам человека. Всего исследовано 477 скелетов: европеоиды США (N=117) и Канады (N=102), афроамериканцы (N=61), жители Москвы, начало и середина XX в. (N=59), сельские жители Московской губернии, XVIII в. (N=108) и индивиды из раннесредневекового могильника с территории Северной Осетии (N=30). Проведен пошаговый дискриминантный анализ. Решения классифицировались по уровню вероятности в соответствии с рекомендациями В.Н. Звягина [Звягин с соавт. 1998]. В трех сериях из шести наиболее диморфным оказался С7. Общий процент верных решений по всем моделям в референтной выборке (европеоиды США, коллекция Терри) находится в пределах 79–92%. При тестировании моделей правильно классифицировались 71–92% индивидов. Модели мало эффективны в отношении мужчин афроамериканцев из коллекции Терри (точность 48–69%). Максимальная точность для этой группы была достигнута при использовании С6 и С7. Наибольшее число верных высоковероятных решений (67% по всем наблюдениям для  $P>0.95$ ) получено для модели, включающей размеры всех шейных позвонков. Модели для изолированных позвонков (С6 и С7) дают наименьшее число ошибок (0–0.5% для  $P>0.95$ ), но высокий процент неопределенных решений (40–43% для  $P<0.75$ ) и низкую частоту верных высоковероятных решений (10% для  $P>0.95$ ). Представленные модели могут найти применение в палеодемографии и в судебной медицине в качестве вспомогательного метода, особенно при анализе фрагментированных или разрозненных костных останков.*

*Ключевые слова: антропология, анатомия человека, шейные позвонки, палеодемография, судебная медицина, определение пола, межгрупповая изменчивость, дискриминантный анализ*

## Введение

Остеометрические методики для определения пола по скелетированным останкам считаются наиболее объективными и их применение возможно на изолированных костях [Rogers, Saunders, 1994]. В то же время они являются предметом критики, т.к. основываются на половом диморфизме, который может в значительной степени варьировать в зависимости от географического или временного происхождения той или иной популяции. В связи с этим, многие исследователи считают, что для географической или хронологической группы должна разрабатываться своя остеометрическая модель с определенным набором признаков [Iscan et al., 1994; Viciano et al., 2011]. Другие, напротив, считают, что модель должна строиться на выборке, в которой представлен максимальный спектр вариации. Таким образом, референтная выборка, на которой отрабатывается остеометри-

ческая модель, должна включать более одной популяции и более одного поколения мужчин и женщин [Albanese, 2003].

В научных исследованиях различаются и цели половозрастной диагностики. Так для палеодемографии важна общая эффективность применяемых методик, т.к. исследователю нужно определить половозрастной состав изучаемой серии в целом. В то время как для судебной медицины важнее оценить вероятность индивидуальных решений. В связи с этим, некоторые исследователи предлагают для своих методик способы расчета вероятности отнесения останков к одному из двух полов [Звягин, 1981; Albanese, 2003; Iscan et al., 1994].

Несмотря на то, что половой диморфизм многих костей скелета хорошо изучен, в отношении позвоночника вопрос отчасти нерешен. В некоторых, особенно судебно-медицинских контекстах, позвонки сохраняются достаточно хорошо [Wata-

maniuk, Rogers, 2010] и могут служить дополнительным источником информации. Остеометрические критерии для определения пола по шейным позвонкам ниже атланта и эпистрофея до настоящего времени не разрабатывались [Dubreuil-Chabardel, 1907, цит. по: Алексеев, 1966; Marino, 1995; Звягин с соавт., 2007; Wescott, 2000; Marlow, Pastor, 2011]. Общая эффективность представленных в литературе многомерных моделей по первому и второму шейным позвонкам в референтных выборках варьирует в пределах 75–86%. При тестировании на независимых выборках модели оказались эффективными в 60–87% случаев [Marino, 1995; Marlow, Pastor, 2011; Bethard, Seet, 2012]. Таким образом, их эффективность заметно уступает моделям для костей, непосредственно несущих морфологические признаки пола (например, более 90–95% по тазовым костям [Albanese, 2003]).

В настоящем исследовании поставлены две задачи: 1) разработать остеометрические модели для установления половой принадлежности по 1–7 шейным позвонкам и 2) протестировать эти модели на серии независимых выборок.

### Материалы и методы

Референтным материалом для разработки моделей послужила выборка европеоидов из коллекции Терри Национального музея естественной истории г. Вашингтон (далее в тексте – референтная серия). Подробное описание этой коллекции представлено в публикации американских исследователей [Hunt, Albanese, 2005]. У коллекции Терри есть существенные преимущества, делающие ее подходящей для таких исследований. К ним, помимо документированных данных о половой принадлежности, возрасте, длине тела и этническом происхождении, относятся отметки о причинах смерти, хорошая сохранность скелетов, а также сбалансированное соотношение полов. Помимо американцев, в коллекции встречаются иммигранты из европейских стран. Хронологический возраст основной части включенных в референтную серию индивидов не превышает 55 лет. До этого возраста дегенеративно-дистрофические (ДД) изменения позвонков слабо выражены. С возрастом тела позвонков могут деформироваться и половые различия искажаются. Пожилые индивиды, вошедшие в выборку, имели минимальные ДД изменения.

Для межгруппового тестирования разработанных методик были выбраны 5 остеологических

серий, три из которых сходны с референтной по ряду параметров (начало и середина XX в., в основном, бедные слои общества): выборка афроамериканцев из коллекции Терри, выборка канадцев из коллекции Грант Университета Торонто (Канада) и выборка москвичей середины XX в. из коллекции кафедры антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Коллекция Грант состоит в основном из мужчин старше 40 лет, многие из которых были бездомными или одинокими рабочими-мигрантами из Европы [Rogers, 1999]. Также как и Терри, она включает индивидов с документированными половозрастными данными. Коллекция кафедры антропологии таких сведений не имеет, более того, некоторые скелеты содержат кости разных индивидов. В результате, определение пола в таких случаях осуществлялось по стандартным морфологическим признакам таза, если наблюдалась полная конгруэнтность суставных поверхностей таза, крестца и пятого поясничного позвонка, и черепа, если затылочные мышечки были конгруэнтны суставным поверхностям атланта.

Две другие выборки собраны из остеологических коллекций НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Первая из них представлена костяками из сельского кладбища в Подмосковье (село Козино) [Евтеев, 2011]. Вторая состоит из небольшого числа индивидов из раннесредневекового могильника Мамисондон, расположенного на территории Северной Осетии [Албегова, 2010]. Половая принадлежность индивидов из этих выборок определялась по стандартному комплексу морфологических признаков на тазовых костях и черепе и сопоставлялась с заключениями А.А. Евтеева (неопубликованные данные по серии Козино) и А.П. Бужиловой и Н.Я. Березиной (могильник Мамисондон [Албегова, 2010]). В могильнике Мамисондон мужчины и женщины погребены в разных положениях, т.о. имелась возможность сопоставить остеоскопически определенный пол с положением погребенного. Данные о возрасте индивидов из серии Козино предоставлены А.А. Евтеевым (неопубликованные данные), для серии Мамисондон они заимствованы из литературы [Албегова, 2010].

В таблице 1 представлены основные характеристики исследуемых серий. Все анализируемые индивиды имели полностью сформированные позвонки с приросшими (не менее чем на 90%) кольцевыми валиками, без выраженных патологических изменений позвоночника. Данные о размерах бедренных костей по пяти сериям предоставили D.R. Hunt (серии Терри), И.М. Синева (серия кафедры антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова), А.А. Евтеев (серия Козино) и Н.Я. Березина (серия Мамисондон).

Таблица 1. Основная характеристика и численности исследуемых остеологических серий

Наименование серии	Далее сокращенно	Происхождение коллекции	Хронология	Пол	Численность		
					18–55 лет	>55 лет	Всего
Коллекция Терри (европеоиды)	Терри (Е)	Миссури, США	1924–1966 гг.	М	46	11	57
				Ж	49	11	60
Коллекция Терри (афроамериканцы)	Терри (АА)	Миссури, США	1932–1966 гг.	М	25	4	29
				Ж	29	3	32
Коллекция Грант (европеоиды)	Грант	Торонто, Канада	1931–1950 гг.	М	43	39	82
				Ж	10	10	20
Коллекция кафедры антропологии МГУ	КА	Москва	Середина XX века	М	47		47
				Ж	12		12
Козино, НИИ и Музей антропологии МГУ	КОЗ	Подмосковье (окр. Звенигорода)	XVIII век	М	63	7	70
				Ж	32	6	38
Мамисондон (Холм-1), НИИ и Музей антропологии МГУ	МAM	Северная Осетия-Алания	Раннее средневековье	М	21		21
				Ж	9		9

В работе рассмотрены следующие признаки:

Наибольшая передняя высота тел 2–7-го позвонков (ПВТмакс). Измеряется в области кпереди от полупунных отростков [Raxter et al., 2006]. На С2 измеряется с учетом зубовидного отростка как прямое расстояние между наиболее краниальной и каудальной точками по средней линии [Van Vark, 1975, цит. по: Звягин с соавт., 2007].

Наименьший сагиттальный диаметр зубовидного отростка (СДЗмин). Измеряется в наиболее узкой в переднезаднем направлении части основания зубовидного отростка.

Наибольший поперечный диаметр зубовидного отростка (ШЗмакс) [Van Vark, 1975, цит. по: Звягин с соавт., 2007].

Наибольший сагиттальный диаметр тел 2–7-го позвонков (СДТмакс). Расстояние между наиболее вентральной и дорзальной точками тела позвонка в сагиттальной плоскости. Если остеофиты мешают измерению, берется нижний или верхний (наибольший) сагиттальный диаметр без учета остеофитов.

Средняя ширина тел 3–7-го позвонков (ШТср). Измеряется между наиболее медиальными точками поперечных отверстий (размер рекомендован Е.Л. Воронцовой).

Общая ширина позвонка (ОШ). Наибольшее расстояние между вершинами поперечных отростков (аналог размера 1) [Джамолов, 1978].

Верхняя (СШв) и нижняя (СШн) суставная ширина. Наибольшее расстояние между верхними/нижними суставными поверхностями (аналог размеров 11 и 12) [Джамолов, 1978]. Краевые расстояния в расчет не принимаются.

Сагиттальный диаметр позвоночного отверстия (СДПО) [Алексеев, 1966]. На С1 и С2 измеряется снизу, на С3–С7 сверху.

Ширина позвоночного отверстия (ШПО) [Алексеев, 1966].

Все признаки измерялись штангенциркулем с точностью до 0.1 мм. Средняя ошибка исследователя всех признаков не превышала 0.1–0.2 мм (1.3%, вычислялась при двукратном измерении не менее 14 позвонков). Значения общей ширины позвонка ниже С3 были исключены из дискриминантного анализа, т.к. поперечные отростки на этих позвонках часто обламываются.

Данные анализировались в программе STATISTICA 8.0. Выборки сравнивались по t-критерию Стьюдента и критерию Манна-Уитни (при небольших численностях). Построение классификационных моделей осуществлялось посредством пошагового дискриминантного анализа с учетом рекомендаций [Дерябин, 2007]. Оценка вероятности (P) принадлежности индивидов мужскому или женскому полу проводилась по значению логистической функции, вычисляемой по разности между значениями дискриминантных функций для мужской (Dm) и женской (Df) совокупностей (Dm-Df) [Урбах, 1975; Звягин с соавт., 1998]. Согласно рекомендациям [Звягин с соавт., 1998] решения подразделялись следующим образом:

- $Dm-Df \geq 3.1 \rightarrow$  практически достоверно мужчина;
- $Dm-Df \leq -3.1 \rightarrow$  практически достоверно женщина ( $P > 0.95$ );
- $1.1 \leq Dm-Df < 3.1 \rightarrow$  вероятно мужчина;
- $-3.1 < Dm-Df \leq -1.1 \rightarrow$  вероятно женщина ( $0.75 \leq P \leq 0.95$ );
- $-1.1 < Dm-Df < 1.1 \rightarrow$  отказ от решения ( $P < 0.75$ ).

В последнем случае делать какие-либо определенные выводы о половой принадлежности исследуемого индивида нежелательно. При получении вероятного решения рекомендуется соотнести

**Таблица 2. Коэффициенты дискриминантных функций и результаты классификации по моделям С1-С2 и С1-С7. Референтная серия Терри (Е) и тестовые серии**

Признаки	Модель С1-С2		Модель С1-С7	
	Dm	Df	Dm	Df
ОШ(С1)	4.116	3.547	3.436	2.753
ШПО(С1)	0.011	0.474	-2.282	-1.606
НСШ(С1)			-4.781	-3.746
ПВТмакс(С2)	5.114	4.884		
ВСШ(С2)			8.199	6.801
ОШ(С3)			4.306	3.798
СДТмакс(С3)			10.257	9.227
ВСШ(С4)			4.645	4.248
ПВТмакс(С5)			9.415	8.555
ШТер(С5)			-3.874	-3.314
НСШ(С5)			-4.973	-4.295
ПВТмакс(С6)			-12.354	-10.849
СДПО(С6)			6.578	5.711
ПВТмакс(С7)			18.420	16.429
ШТер(С7)			-1.788	-1.248
Константа	-268.021	-228.699	-456.405	-380.155
% верных классификаций				
Серии	М	Ж	М	Ж
<b>Терри (Е)</b>	<b>88.5</b>	<b>89.1</b>	<b>91.3</b>	<b>93.6</b>
Терри (АА)	48.3	93.5	65.5	96.8
Грант	86.2	87.5	83.7	75.0(6/8)
КА	87.2	83.3(10/12)	89.5	81.8(9/11)
КОЗ	70.8	71.4(10/14)	88.9(8/9)	62.5(5/8)
МАМ	75.0(9/12)	100.0(5/5)	87.5(7/8)	100.0(5/5)

результаты с другими данными, возможно, с другой системой признаков.

Коэффициент полового диморфизма (ПД) рассчитывался по формуле [Borgognini Tarli, Repetto, 1986]:

$$\frac{\sum_i^N ((M_i - F_i) / M_i) (n_{i\sigma} + n_{i\varphi}) + \dots + ((M_N - F_N) / M_N) (n_{N\sigma} + n_{N\varphi})}{(n_{1\sigma} + n_{1\varphi}) + \dots + (n_{N\sigma} + n_{N\varphi})}$$

где  $M_N$  и  $F_N$  средние значения N-го признака в мужской и женской выборке соответственно,  $n_{N\sigma}$  и  $n_{N\varphi}$  – количество мужских и женских наблюдений по данному признаку.

### Результаты и обсуждение

При сравнении мужчин и женщин практически все исследуемые признаки были достоверно больше у мужчин. Итоговые уравнения дискриминантных функций представлены в таблицах 2 и 3. В первую модель в качестве входных данных

включались признаки атланта и эпистрофея. Полученная модель достаточно эффективна в пределах референтной выборки (89% верных решений). Во вторую модель вводились все исследуемые признаки на С1–С7. В референтной выборке эта модель демонстрирует наибольший процент верных решений (92%). Для двух моделей разница в эффективности классификации мужчин и женщин невелика (не более 2.3%).

Так как верхние шейные позвонки показывают большую вариацию при сравнении тестовых серий с референтной (табл. 4 и 5), мы посчитали нужным построить две отдельные дискриминантные модели для 6-го и 7-го шейных позвонков (соответственно, 3-я и 4-я). В пределах референтной серии эти модели оказались наименее точными (79–81% верных решений) и малоэффективными в отношении мужчин (разница между результатами по мужчинам и женщинам – 6–10%). Их эффективность находится в пределах значений, полученных для С1 и С2 другими авторами [Marino, 1995; Wescott, 2000; Bethard, Seet, 2012].

**Таблица 3. Коэффициенты дискриминантных функций и результаты классификации по моделям С6 и С7. Референтная серия Терри (Е) и тестовые серии**

Признаки	Модель С6		Модель С7	
	Dm	Df	Dm	Df
ПВТмакс	6.496	5.961	11.510	10.798
СДТмакс	9.815	9.105	9.565	9.023
ШТер	3.912	3.554	□	□
НСШ	□	□	1.381	1.257
СДПО	6.259	5.529	6.323	6.056
ШПО	4.647	5.015	□	□
Константа	-290.744	-260.891	-249.99	-220.77
% верных классификаций				
Серии	М	Ж	М	Ж
<b>Терри (Е)</b>	<b>78.6</b>	<b>84.2</b>	<b>73.7</b>	<b>83.3</b>
Терри (АА)	68.9	90.3	69.0	90.6
Грант	88.1	75.0	85.2	81.3
КА	73.3	100.0(11/11)	86.4	91.7(11/12)
КОЗ	85.3	81.5	82.4	92.9
МАМ	82.4	100.0(8/8)	89.5	88.9(8/9)

*Межгрупповое сравнение признаков и коэффициенты полового диморфизма*

Успешность любой остеометрической методики зависит от того, насколько размерные характеристики в исследуемых группах близки к таковым в референтной группе. Таким образом, интерес представляет сравнение тестовых выборок с выборкой европеоидов США. Дескриптивные статистики и результаты попарного межгруппового сравнения отдельно по мужчинам и женщинам представлены в табл. 4 и 5. В целях сокращения объема публикации, результаты даны только для признаков, вошедших в дискриминантные модели. Для сравнения представлены также данные по наибольшим длинам бедренных костей (F1) и длине тела, которая известна только для коллекции Терри.

При сопоставлении тестовых серий с референтной наиболее выделяются афроамериканцы, позвонки которых по большинству признаков меньше, чем у европеоидов США. Это согласуется с результатами других авторов [Lanier, 1939; Wescott, 2000]. Меньшие общие размеры позвонков афроамериканцев могут быть следствием различий в телосложении между двумя большими расам. Так известно, что афроамериканцы превосходят европеоидов США по относительной длине ноги, имея при этом относительно более короткое туловище [Хрисанфова, Перевозчиков, 2005; Jason, Taylor, 1995]. В наших сериях при близких значениях средней длины тела, длины бедренных костей у мужчин афроамериканцев достоверно больше, чем у европеоидов США

(табл. 4). В женской выборке афроамериканцев эта тенденция проявляется в меньшей степени: длины бедренных костей у них достоверно больше, чем у женщин европеоидов.

В других сериях различия между группами слабо выражены. Исключением являются мужчины из серии Грант, позвонки которых по ряду признаков относительно крупнее, и женщины из серии Мамисондон, позвонки которых оказываются наиболее грацильными из всех исследуемых европеоидных серий.

В табл. 6 представлены значения коэффициентов полового диморфизма в разных выборках. Видно, что во всех тестовых сериях уровень ПД выше, чем в референтной серии, максимальные значения получены для серии Мамисондон. Выборки несколько различаются в зависимости от того, какие шейные позвонки у них наиболее диморфные. В референтной серии различия по ПД между позвонкам минимальны, но наиболее диморфным является С6. В трех сериях из шести (Терри (АА), Грант, КОЗ) наиболее диморфным оказался С7. Атлант демонстрирует наибольшие значения ПД только в одной из серий (МАМ). Представленная вариабельность ПД может отчасти быть следствием разных объемов выборок. По-видимому, шейные позвонки обладают средним уровнем полового диморфизма близким к значениям, полученным для нескольких палеоантропологических серий с территории Европы по продольным размерам длинных трубчатых костей (ПД находится в пределах 5.83–9.37) и лицевой части черепа (4.37–7.35) [Borgognini Tarli, Repetto, 1986].

**Таблица 4. Описательные статистики и р-значения по результатам сравнения тестовых выборок с референтной выборкой для признаков, вошедших в дискриминантные модели (североамериканские выборки)**

Признаки	Терри (Е)						Терри (АА)						Грант						Сравнение с Терри (Е) (р-значения)													
	М			Ж			М			Ж			М			Ж			М			Ж			М			Ж				
	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD	М	Ж	SD		
ОШ(С1)	80.4	73.7	4.56	3.17	75.8	70.4	4.52	4.06	82.4	73.2	4.32	3.40	.00	.00	.02	.64	82.4	73.2	4.32	3.40	.00	.00	.02	.64	82.4	73.2	4.32	3.40	.00	.00	.02	.64
НСШ(С1)	47.4	44.8	2.83	2.48	45.4	42.3	2.40	2.46	48.6	44.9	2.47	2.89	.00	.00	.01	1.0	48.6	44.9	2.47	2.89	.00	.00	.01	1.0	48.6	44.9	2.47	2.89	.00	.00	.01	1.0
ШПО(С1)	29.5	28.6	2.75	1.92	27.3	27.2	1.89	2.46	30.4	28.4	2.10	3.06	.00	.00	.03	.75	30.4	28.4	2.10	3.06	.00	.00	.03	.75	30.4	28.4	2.10	3.06	.00	.00	.03	.75
ПВТмакс(С2)	39.8	37.0	2.56	1.96	37.6	35.0	2.10	2.42	40.0	36.0	2.24	1.73	.00	.00	.45	.05	40.0	36.0	2.24	1.73	.00	.00	.45	.05	40.0	36.0	2.24	1.73	.00	.00	.45	.05
ВСШ (С2)	47.0	44.3	2.67	2.34	45.6	42.5	2.33	2.33	48.0	44.2	2.34	2.55	.02	.00	.03	.92	48.0	44.2	2.34	2.55	.02	.00	.03	.92	48.0	44.2	2.34	2.55	.02	.00	.03	.92
СДТмакс(С3)	16.4	15.2	1.42	1.21	17.8	15.7	1.46	1.08	17.2	16.2	1.60	1.40	.00	.05	.00	.01	17.2	16.2	1.60	1.40	.00	.05	.00	.01	17.2	16.2	1.60	1.40	.00	.05	.00	.01
ОШ (С3)	54.1	50.3	2.90	2.44	52.1	47.7	3.71	2.21	55.0	50.8	3.79	2.31	.00	.00	.13	.41	55.0	50.8	3.79	2.31	.00	.00	.13	.41	55.0	50.8	3.79	2.31	.00	.00	.13	.41
ВСШ(С4)	51.2	48.6	2.64	2.76	50.0	47.0	3.08	2.55	52.4	49.2	3.25	2.51	.05	.01	.03	.43	52.4	49.2	3.25	2.51	.05	.01	.03	.43	52.4	49.2	3.25	2.51	.05	.01	.03	.43
ПВТмакс(С5)	13.4	12.5	1.20	0.90	12.6	11.9	1.15	0.87	13.6	12.0	0.98	0.81	.00	.00	.17	.06	13.6	12.0	0.98	0.81	.00	.00	.17	.06	13.6	12.0	0.98	0.81	.00	.00	.17	.06
ШТер(С5)	27.0	25.7	1.77	1.53	27.4	25.7	1.90	1.60	27.7	25.5	1.99	1.56	.31	.92	.04	.71	27.7	25.5	1.99	1.56	.31	.92	.04	.71	27.7	25.5	1.99	1.56	.31	.92	.04	.71
НСШ(С5)	53.9	51.5	3.59	3.07	53.7	50.4	2.77	2.90	54.9	51.6	5.62	2.96	.80	.07	.21	.94	54.9	51.6	5.62	2.96	.80	.07	.21	.94	54.9	51.6	5.62	2.96	.80	.07	.21	.94
ПВТмакс(С6)	13.5	12.6	1.09	0.96	12.7	12.0	0.98	1.02	13.6	12.3	1.10	0.94	.00	.00	.58	.26	13.6	12.3	1.10	0.94	.00	.00	.58	.26	13.6	12.3	1.10	0.94	.00	.00	.58	.26
СДТмакс(С6)	17.5	16.3	1.29	1.34	17.4	15.7	1.91	1.32	18.0	16.8	1.70	1.66	.80	.02	.03	.19	18.0	16.8	1.70	1.66	.80	.02	.03	.19	18.0	16.8	1.70	1.66	.80	.02	.03	.19
ШТер(С6)	28.7	27.4	1.78	1.63	29.8	27.4	1.72	1.52	30.0	27.1	3.32	1.86	.01	.98	.00	.66	30.0	27.1	3.32	1.86	.01	.98	.00	.66	30.0	27.1	3.32	1.86	.01	.98	.00	.66
ВСШ(С6)	53.1	50.5	3.67	2.98	52.9	49.6	2.79	3.02	54.1	50.8	3.49	3.47	.86	.17	.09	.66	54.1	50.8	3.49	3.47	.86	.17	.09	.66	54.1	50.8	3.49	3.47	.86	.17	.09	.66
СДПО(С6)	14.4	13.3	1.63	1.37	14.3	13.5	1.50	1.28	14.7	13.2	1.57	1.44	.78	.46	.20	.81	14.7	13.2	1.57	1.44	.78	.46	.20	.81	14.7	13.2	1.57	1.44	.78	.46	.20	.81
ПВТмакс(С7)	15.2	14.2	0.92	1.00	14.7	13.3	1.08	0.98	15.3	14.0	1.08	1.00	.04	.00	.32	.45	15.3	14.0	1.08	1.00	.04	.00	.32	.45	15.3	14.0	1.08	1.00	.04	.00	.32	.45
СДТмакс(С7)	17.1	16.0	1.34	1.18	17.0	15.3	1.77	1.29	17.7	16.2	1.39	1.30	.81	.01	.01	.68	17.7	16.2	1.39	1.30	.81	.01	.01	.68	17.7	16.2	1.39	1.30	.81	.01	.01	.68
ШТер(С7)	33.8	32.1	1.80	1.87	33.1	30.7	1.77	1.52	34.4	32.0	1.91	1.90	.07	.00	.07	.99	34.4	32.0	1.91	1.90	.07	.00	.07	.99	34.4	32.0	1.91	1.90	.07	.00	.07	.99
НСШ(С7)	50.2	46.9	4.32	3.55	47.7	45.9	5.14	3.95	50.7	46.1	4.68	3.39	.02	.24	.55	.50	50.7	46.1	4.68	3.39	.02	.24	.55	.50	50.7	46.1	4.68	3.39	.02	.24	.55	.50
СДПО(С7)	14.5	13.7	1.61	1.08	14.5	13.7	1.73	1.10	15.0	13.2	1.51	1.24	.99	.83	.05	.08	15.0	13.2	1.51	1.24	.99	.83	.05	.08	15.0	13.2	1.51	1.24	.99	.83	.05	.08
F1	455.6	430.8	27.32	22.9	479.9	438.6	27.5	26.2	458.0	410.8	22.7	28.6	.01	.26	.67	.01	458.0	410.8	22.7	28.6	.01	.26	.67	.01	458.0	410.8	22.7	28.6	.01	.26	.67	.01
Длина тела	1714	1647	77.9	70.0	1730	1621	71.1	77.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 5. Дискриптивные статистики и р-значения по результатам сравнения тестовых выборок с референтной выборкой для признаков, вошедших в дискриминантные модели (выборки с территории России)

Признаки	КА						КОЗ						МAM						Сравнение с Терри (Е) (р-значения)						
	М			SD			М			SD			М			SD			КА		КОЗ		МAM		
	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	М	Ж	М	Ж
ОШ(С1)	82.7	74.1	3.61	3.29	80.4	73.9	4.52	3.39	79.5	70.7	3.39	1.35	70.7	3.39	1.35	<b>.01</b>	.66	.94	.76	.46	<b>.02</b>				
НСШ(С1)	47.4	44.4	2.27	2.74	47.3	44.8	2.61	2.08	46.7	41.4	2.49	2.11	41.4	2.49	2.11	.98	.54	.96	.87	.29	<b>.00</b>				
ШПО(С1)	29.9	27.8	2.28	1.68	29.4	28.6	2.19	2.48	28.9	25.8	3.09	1.90	25.8	3.09	1.90	.46	.17	.84	.98	.62	<b>.00</b>				
ПВТмакс(С2)	39.7	36.3	2.65	1.99	39.6	35.9	1.97	1.63	39.3	35.7	2.26	1.57	35.7	2.26	1.57	1.0	.23	.74	.01	.54	.06				
ВСШ(С2)	46.8	44.0	2.50	2.12	46.8	44.5	2.17	1.52	46.8	42.2	2.46	1.60	42.2	2.46	1.60	.74	.69	.66	.63	.74	<b>.03</b>				
СДТмакс(С3)	16.3	14.3	1.22	0.70	17.0	15.2	1.31	1.14	17.2	15.6	1.40	1.18	15.6	1.40	1.18	.64	<b>.02</b>	.03	.90	.05	.20				
ОШ(С3)	56.0	49.5	2.70	2.62	55.9	51.4	2.79	2.96	55.0	49.3	2.51	1.57	49.3	2.51	1.57	<b>.00</b>	.39	<b>.01</b>	.09	.42	.14				
ВСШ(С4)	51.0	46.8	2.36	1.84	50.7	47.5	2.66	1.77	51.1	46.3	2.87	2.08	46.3	2.87	2.08	.67	<b>.04</b>	.29	.05	.91	<b>.01</b>				
ПВТмакс(С5)	13.4	12.1	0.99	0.85	13.5	12.1	0.95	0.76	13.2	11.7	0.90	0.58	11.7	0.90	0.58	.99	.18	.42	.07	.77	<b>.01</b>				
ШТер(С5)	26.5	25.4	2.05	1.69	27.1	25.5	1.56	1.34	27.7	25.4	1.21	1.31	25.4	1.21	1.31	.21	.63	.63	.55	.16	.32				
НСШ(С5)	53.8	49.0	2.60	1.48	54.3	50.9	3.10	1.87	54.4	48.9	1.83	1.88	48.9	1.83	1.88	.88	<b>.00</b>	.57	.36	.59	.05				
ПВТмакс(С6)	13.3	12.3	0.90	0.84	13.5	12.3	0.94	0.78	13.0	11.9	0.99	0.40	11.9	0.99	0.40	.41	.26	.91	.08	.33	<b>.01</b>				
СДТмакс(С6)	17.5	15.4	1.33	1.02	17.9	16.0	1.15	1.43	18.0	16.2	1.87	0.89	16.2	1.87	0.89	.93	<b>.02</b>	.13	.22	.29	.77				
ШТер(С6)	28.5	27.4	2.58	1.61	29.3	27.0	2.12	1.42	28.9	26.6	2.18	0.58	26.6	2.18	0.58	.61	.96	.13	.40	.69	.14				
ВСШ(С6)	53.1	48.3	2.63	1.53	53.9	50.1	2.62	1.78	53.8	49.0	2.21	1.79	49.0	2.21	1.79	.99	<b>.00</b>	.21	.63	.57	.34				
СДПО(С6)	14.3	13.6	1.08	1.11	13.9	13.5	1.46	0.82	13.3	13.3	1.29	1.47	13.3	1.29	1.47	.98	.52	.19	.37	<b>.03</b>	.75				
ПВТмакс(С7)	15.0	13.9	0.97	0.86	15.4	14.0	1.14	0.98	15.5	13.6	1.25	0.83	13.6	1.25	0.83	.49	.33	.16	.35	.15	.13				
СДТмакс(С7)	17.5	15.4	1.68	1.03	17.6	16.0	1.32	1.35	17.6	16.0	1.20	0.85	16.0	1.20	0.85	.13	.11	<b>.04</b>	.98	.23	.90				
ШТер(С7)	33.4	31.8	2.99	1.41	34.4	31.9	1.87	1.76	35.5	32.6	1.75	1.54	32.6	1.75	1.54	.40	.71	.10	.79	<b>.00</b>	.66				
НСШ(С7)	50.6	47.5	2.45	1.73	49.5	45.5	3.08	2.23	48.6	45.1	2.76	1.79	45.1	2.76	1.79	.62	.52	.27	.06	.25	.12				
СДПО(С7)	14.5	13.6	0.88	1.06	14.1	13.3	1.55	0.78	13.7	13.6	1.41	1.39	13.6	1.41	1.39	.88	.78	.19	.08	.10	.92				
F1	445.1	424.6	26.27	16.56	452.4	413.9	20.2	18.1	480.9	447.0	11.77	19.27	447.0	11.77	19.27	.33	.18	.57	<b>.00</b>	<b>.01</b>	.14				

**Таблица 6. Значения коэффициентов полового диморфизма (ПД) шейных позвонков (для сравнения даны значения ПД по наибольшим длинам бедренных костей)**

Значения полового диморфизма	Серии					
	Терри (Е)	Терри (АА)	Грант	КА	КОЗ	М
Внутривыборочный ПД по шейному отделу	5.4	6.0	7.5	7.5	6.5	7.9
Внутривыборочный ПД для С1	5.4	4.1	7.6	7.5	4.9	10.1
Внутривыборочный ПД С2	5.2	5.5	7.6	7.9	6.3	7.3
Внутривыборочный ПД С3	5.5	5.9	6.6	8.0	6.6	7.5
Внутривыборочный ПД С4	5.6	6.5	7.4	8.3	6.6	7.7
Внутривыборочный ПД С5	5.5	6.4	7.4	8.0	6.7	8.1
Внутривыборочный ПД С6	5.9	6.3	7.5	8.1	6.6	6.6
Внутривыборочный ПД С7	5.7	6.7	8.5	7.2	7.5	7.2
Внутривыборочный ПД для F1	5.4	8.6	10.3	4.6	8.5	7.0

Насколько можно судить по предварительному анализу, различия между группами европеоидного происхождения выражены не сильно и отличаются в сторону больших значений полового диморфизма в тестовых сериях относительно референтной. Таким образом, предлагаемые модели, разработанные на группе европеоидов США начала XX в. должны достаточно эффективно классифицировать мужчин и женщин во всех тестовых сериях, принадлежащих к европеоидной расе. Из-за относительно небольших размеров позвонков в серии мужчин афроамериканцев, эффективность их классификации должна быть минимальной, с более надежными результатами по моделям С6 и С7.

#### *Тестирование дискриминантных моделей*

Результаты классификации по тестовым сериям без учета уровня вероятности решений представлены в табл. 2 и 3. В данном случае классификация осуществлялась стандартным способом: по большему значению одной из двух дискриминантных функций. Модели оказались неэффективными применительно к выборке афроамериканцев (48–69% верных решений для мужской выборки при эффективности классификации женщин равной 90–97%). Первые две модели оказались менее эффективными в отношении тестовых серий в сравнении с референтной. Модель С7 оказалась наиболее удачной применительно ко всем тестовым сериям европеоидного происхождения: частота верных решений превышала 80% для обоих полов. Как и ожидалось, классификация мужчин афроамериканцев была более успешной, когда использовались модели С6 и С7 (69% верных решений). Для тестовых серий, общий процент успешной классификации по всем моделям варьирует в пределах 71–92%.

Результаты тестирования с учетом вероятностей решений представлены в табл. 7. На рис. 1 приведены частоты верных и ошибочных решений, попавших в вероятный и практически достоверный интервалы ( $P \geq 0.75$ ). Здесь исключены неопределенные решения ( $P < 0.75$ ). На графиках, малая доля женщин из серии Грант и КА связана с их малой долей в самих сериях.

Модель, содержащая размеры 1–7-го шейных позвонков, дает наибольший процент верных положительных (вероятных и практически достоверных) решений (рис. 1б) для всех без исключения выборок, а количество неопределенных решений для этой модели минимально (табл. 7). Тем не менее, в двух сериях из пяти (Грант и КОЗ) частота ошибок по этой модели также наиболее высокая. Скорее всего для этой модели наблюдается кумулятивный эффект, обусловленный введением в нее большого количества признаков, что приводит к большему расхождению между функциями  $D_m$  и  $D_f$ . Высокий процент ошибочных решений по женщинам из серии Козино может быть объяснен тем же эффектом, который возможно связан с ДД изменениями тел позвонков (в серии Козино присутствуют пожилые женщины). Вопрос о применимости модели С1–С7 на индивидах с ДД изменениями позвонков требует отдельного исследования. В серии Мамисондон модель С1–С7 наиболее эффективно разделяла мужчин и женщин (6 мужчин из 9 и все женщины классифицированы правильно с вероятностью более 0.95).

Модели для изолированных позвонков (С6 и С7) показывают обратную тенденцию. Доля ошибочных решений заметно ниже в сравнении с моделями С1–С2 и С1–С7. В сериях Терри (АА), Грант, КОЗ и МАМ она сведена к минимуму. Одновременно доля правильных положительных решений для большинства серий относительно мала и в основном складывается из решений, попавших в «вероятный» интервал (табл. 7). При классифи-



Таблица 7. Результаты классификации индивидов из референтной серии Терри (Е) и тестовых серий с учетом уровней вероятности решений

Серии	Количество верных решений				Количество неопределенных решений		Количество неверных решений			
	М		Ж		Мужчины	Женщины	М		Ж	
	Практически достоверное	Вероятное	Практически достоверное	Вероятное			Практически достоверное	Вероятное	Практически достоверное	Вероятное
<b>Модель С1-2</b>										
<b>Терри (Е)</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Терри (АА)	2	5	21	6	14	4	2	6	0	0
Грант	32	13	5	8	18	3	0	2	0	0
КА	17	14	3	3	7	6	0	1	0	0
КОЗ	6	7	4	6	11	2	0	1	0	2
МАМ	2	5	3	2	3	0	1	1	0	0
<b>Модель С1-С7</b>										
<b>Терри (Е)</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Терри (АА)	14	2	26	1	6	3	2	5	1	0
Грант	30	5	2	2	4	2	2	2	1	1
КА	31	1	7	2	5	0	0	1	0	2
КОЗ	6	1	2	3	0	0	0	1	1	2
МАМ	6	2	5	0	1	0	0	0	0	0
<b>Модель С6</b>										
<b>Терри (Е)</b>	<b>7</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Терри (АА)	1	11	4	17	15	9	0	2	0	1
Грант	11	38	1	6	17	9	0	1	0	0
КА	5	16	2	5	19	4	0	5	0	0
КОЗ	4	13	0	16	18	10	0	0	0	1
МАМ	1	8	0	6	7	2	0	1	0	0
<b>Модель С7</b>										
<b>Терри (Е)</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
Терри (АА)	1	8	7	18	16	7	1	3	0	0
Грант	10	34	1	7	29	7	0	1	0	0
КА	3	16	1	7	23	4	0	2	0	0
КОЗ	3	18	0	19	14	9	0	0	0	0
МАМ	1	7	8	0	11	2	0	0	0	0

кации мужчин афроамериканцев наиболее удачной оказалась модель С6, т.к. она дала минимальный процент ошибок, а доля верных положительных решений оказалась лишь немногим ниже величины, полученной для модели С1-С7. В серии Козино наилучшие результаты получены по модели С7. Последние две модели, по-видимому, дают более надежные результаты, но их применимость ограничена. Выводы по ним можно будет сделать лишь в небольшом проценте случаев.

Модель С1-С2 занимает промежуточное положение по частоте верных и ошибочных решений между моделями С1-С7 с одной стороны и С6 и С7 с другой. Она дает достаточно надежные результаты, но только в европеоидных группах. Диагностика пола в выборке мужчин афроамериканцев по этой модели не отличается от случайной (доля верных и ошибочных решений практически одинакова), что указывает на большие различия между сериями афроамериканцев и евро-

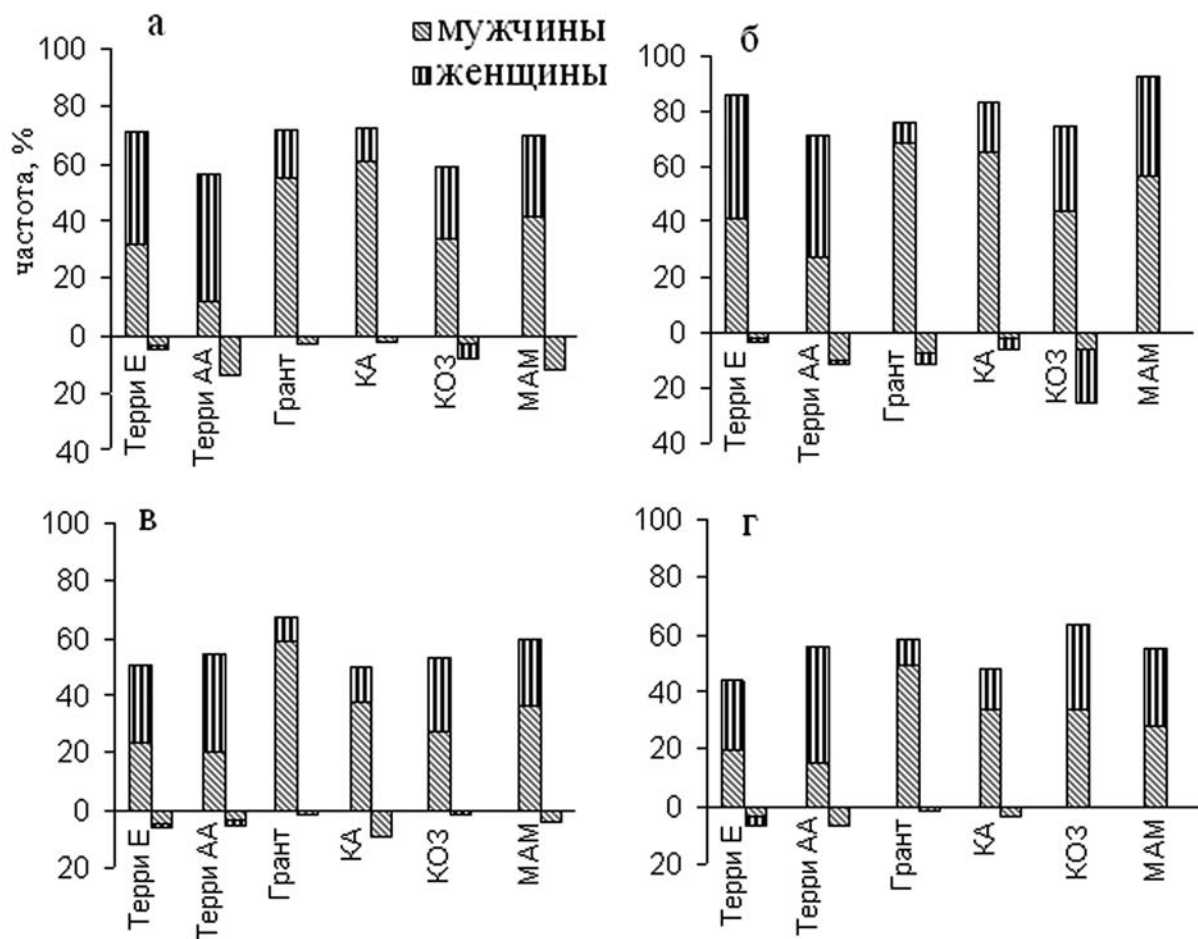


Рис. 1. Процент верных (верхние от оси X столбики) и ошибочных решений (нижние от оси X столбики), попавших в вероятный и практически достоверный интервал ( $P \geq 0.75$ ), в расчете на общее число индивидов в шести исследуемых сериях: а) модель C1-C2, б) модель C1-C7, в) модель C6, г) модель C7

пеоидов США по верхним шейным позвонкам в сравнении с нижними. Для серии Мамисондон эта модель оказалась недостаточно эффективной в отношении мужчин, несмотря на высокий ПД у C1 в этой выборке (табл. 6). Возможно, что изменчивость верхних шейных позвонков теснее связана с изменчивостью черепа, размеры которого обладают значительной межгрупповой вариацией [Звягин, 1981] и, соответственно, на межгрупповом уровне верхние шейные позвонки более вариабельны, чем нижние.

На рис. 2 показана зависимость между решениями дискриминантных функций и значениями апостериорных вероятностей для рассматриваемых моделей. Наблюдения взяты из всех исследуемых серий. Апостериорные вероятности рассчитываются в процессе дискриминантного анализа по расстоянию Махаланобиса и априорным вероятностям. Штриховыми линиями обозначены граничные значения, используемые при класси-

фикации решений на практически достоверные, вероятные и неопределенные. Данные графики могут непосредственно использоваться исследователями для оценки вероятностей своих решений при анализе останков неизвестного происхождения.

Если рассматривать результаты по всем выборкам одновременно (рис. 2б-г), то становятся очевидными вышеописанные тенденции в отношении моделей C1-C7, C6 и C7. Модель для C1-C2 оказывается наименее удачной применительно к мужчинам, т.к. нижняя (ошибочные решения) и верхняя (верные решения) части мужской кривой здесь несколько симметричны, и большой процент решений попадает в «неопределенный» интервал (рис. 2а).

В целом, женщины в большинстве случаев классифицируются более эффективно и для них характерен наименьший процент ошибок. Низкая эффективность моделей в отношении мужчин

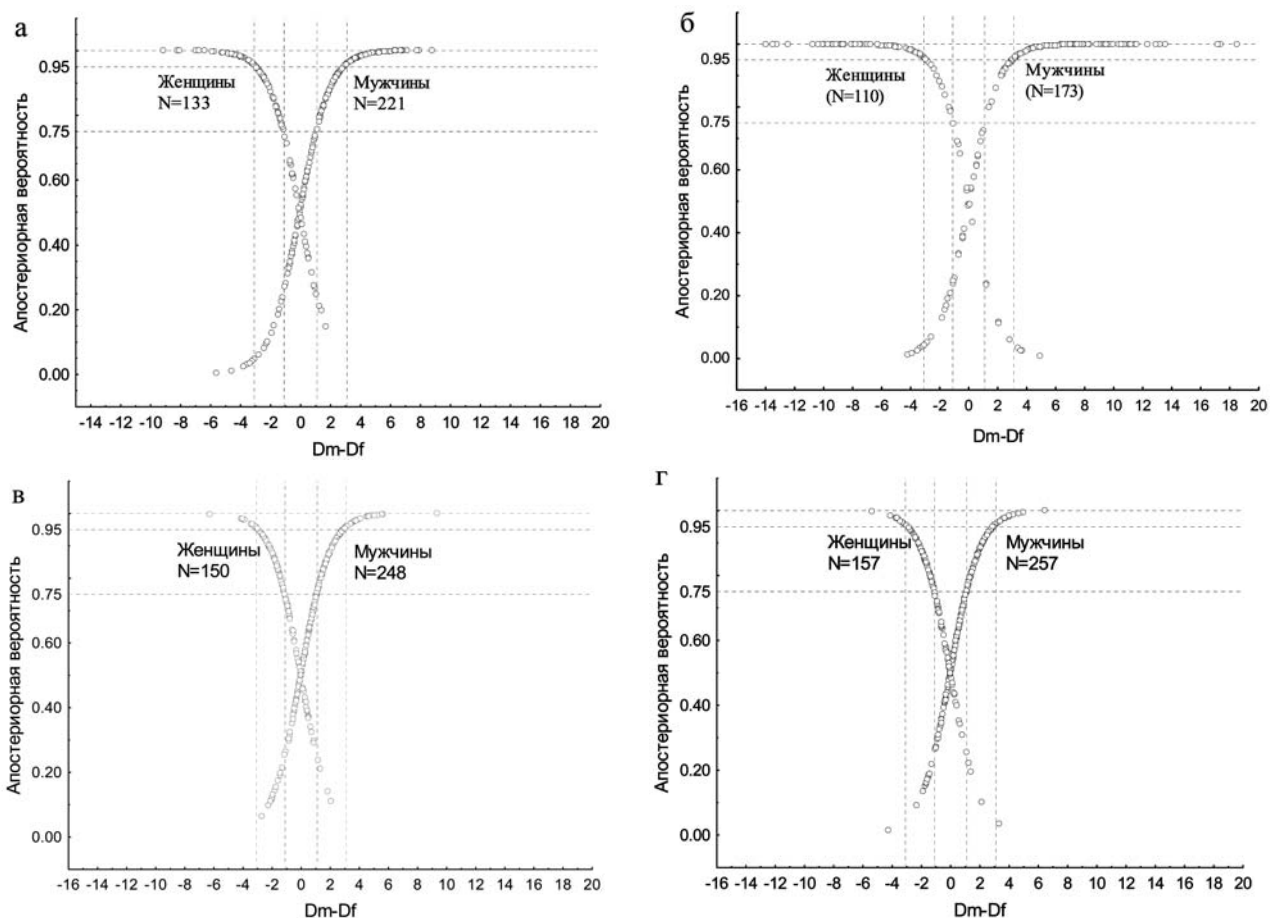


Рис. 2. Зависимость апостериорных вероятностей принадлежности индивидуальных наблюдений своему полу (мужскому или женскому) от значений дискриминантных функций (представлены как Dm-Df). Объединенная выборка. а) модель C1-C2, б) модель C1-C7, в) модель C6, г) модель C7

афроамериканцев скорее всего связана не с меньшими значениями ПД в этой серии, а с тем, что граница между мужчинами и женщинами здесь смещена в сторону меньших значений признаков. Нужно помнить, что в сериях КА, КОЗ, МАМ данные по остеометрическим моделям сопоставляются с «морфологическим», а не с фактическим полом. Таким образом, результаты тестирования в этих сериях могут быть несколько завышены или занижены.

### Заключение

Шейный отдел позвоночника обладает средним уровнем полового диморфизма, близким к значениям для продольных размеров длинных трубчатых костей и лицевой части черепа. В трех сериях из шести C7 оказался наиболее диморфным.

Разработаны и протестированы четыре остеометрические модели для C1-C2, C1-C7, C6 и C7.

В референтной выборке общая точность диагностики пола варьирует в пределах 79–92%, для тестовых выборок – в пределах 71–92%. При учете вероятностей решений, модель, включающая размеры всех шейных позвонков (C1-C7) дает максимальное количество практически достоверных результатов (67% по всем выборкам для  $P > 0.95$ ) и, следовательно, может быть информативной в судебно-медицинской практике, где важно получить высоковероятное решение. Для этой модели, при разнице между мужской и женской функцией, превышающей 5 по модулю, наблюдения классифицировались безошибочно. Относительно высокий процент ошибок для модели C1-C7 (3.2% для  $P > 0.95$ ) сочетается с низкой по сравнению с другими моделями частотой неопределенных решений (11%). Возможность применения этой модели на позвонках с выраженными инволютивными изменениями требует дальнейших исследований. Результаты по моделям C6 и, в особенности, C7 оказались наиболее надежными, т.к. они дают минимальный процент ошибок в

большинстве тестовых серий (0–0.5 для  $P > 0.95$ ). Тем не менее, доля неопределенных решений для этих моделей наиболее высокая (40–43%), а частота практически достоверных решений не превышает 10%. Модель С7 может найти применение в палеодемографических исследованиях, т.к. С7 легко локализуется в пределах позвоночника, а используемые в модели признаки демонстрируют хорошую сохранность. Модель С1–С2 занимает промежуточное положение между моделями С1–С7, с одной стороны, и С6 и С7, с другой, по частоте правильных высоковероятных решений (36% для  $P > 0.95$ ), ошибок (2% для  $P > 0.95$ ) и неопределенных решения (27%).

Использование представленных моделей на группах неевропеоидного происхождения не рекомендуется, т.к. различия в телосложении между большими расами могут сказываться на относительных размерах позвонков. Мужчины из выборки афроамериканцев классифицируются с минимальной эффективностью (48–69% верных решений при точности классификации женщин равной 90–97%). Таким образом, для территорий, характеризующихся смешанным расовым составом, требуется определенный подход к разработке остеометрических методик. Классификация мужчин из серии афроамериканцев коллекции Терри была наиболее эффективной при использовании моделей для С6 и С7, наименее эффективной – при использовании модели для С1–С2.

### Благодарности

Выражаю признательность д.и.н. А.П. Бужиловой и d.sc. D.J. Ortner, благодаря которым стало возможным посещение Национального музея естественной истории г. Вашингтон и работа с коллекцией Терри. Спасибо всем, кто так или иначе содействовал выполнению работы или предоставил свои данные по изученным коллекциям: И.М. Синевой, А.А. Евтееву, Н.Я. Березиной, А.В. Рассказовой, D.R. Hunt, S. Pfeiffer, K. Devid, а также сотрудникам краниологических фондов НИИ и Музея антропологии и кафедры антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Отдельная благодарность д.и.н. А.П. Бужиловой за ценные комментарии и д.м.н. В.Н. Звягину за советы. Исследование выполнено при поддержке гранта Смитсонского института.

### Библиография

- Албегова З.Х.* Раннесредневековый могильник Мамисондон: результаты археологического исследования 2007–2008 гг. в зоне строительства водохранилища Зарамагских ГЭС. М.: Институт археологии РАН, ТАУС, 2010. 492 с.
- Алексеев, В.П.* Остеометрия: методика антропологических исследований. М.: Наука, 1966. 251 с.
- Дерябин В.Е.* Решение задач обработки антропологических данных с использованием компьютера. М.: Биологический факультет МГУ, 2007. 79 с.
- Джамолов Д.Д.* Методические рекомендации об определении видовой, половой и возрастной принадлежности поясничных позвонков скелета взрослого человека. М., 1978. 29 с.
- Евтеев А.А.* Краниологическая серия XVIII века из некрополя села Козино (Московская область): внутригрупповая изменчивость и предварительные результаты межгруппового анализа // Археология Подмоскovie: материалы научного семинара. 2011. Вып. 7. С. 433–440.
- Звягин В.Н.* Судебно-медицинская идентификация личности по черепу. Дисс. ... д-ра мед. наук. М., 1981. 382 с.
- Звягин В.Н., Самоходская О.В., Иванов Н.В., Аль-Мамони Р.Д.* Критерии идентификации личности по черепу и прижизненной фотографии // Судебно-медицинская экспертиза, 1998. Т. 41(3). С. 48–55.
- Звягин В.Н., Галицкая О.И., Григорьева М.А.* Определение прижизненных соматических размеров тела человека при судебно-медицинской экспертизе скелетированных и сожженных останков. М.: Минздравсоцразвития РФ, 2007. 68 с.
- Урбах В.Ю.* Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М., 1975. 252 с.
- Хрисанфова Е.Л., Перевозчиков И.В.* Антропология: Учебник. 4-е изд. М.: Изд-во Московского университета. 2005. 400 с.
- Albanese J.* A metric method for sex determination using the hipbone and the femur // J. Forensic Sci., 2003. Vol. 48 (2). P. 263–273.
- Bethard J.D., Seet B.L.* Sex determination from the second cervical vertebra: a test of Wescott's method on a modern American sample // J. Forensic Sci., 2013. Vol. 58. P. 101–103.
- Borgognini Tarli S.M., Repetto E.* Methodological considerations on the study of sexual dimorphism in past human populations // Human Evol., 1986. Vol. 1 (1). P. 51–66.
- Jason D.R., Taylor K.* Estimation of stature from the length of the cervical, thoracic and lumbar segments of the spine in American Whites and Blacks // J. Forensic Sci., 1995. Vol. 40 (1). P. 59–62.
- Hunt D.R., Albanese J.* History and demographic composition of the Robert J. Terry anatomical collection // Am. J. Phys Anthropol., 2005. Vol. 127. P. 406–417.
- Iscan M.Y., Yoshino M., Kato S.* Sex determination from the tibia: standards for contemporary Japan // J. Forensic Sci., 1994. Vol. 39 (3). P. 785–792.
- Lanier R.R.* The presacral vertebrae of American White and Negro males // Am. J. Phys. Anthropol., 1939. Vol. 25 (3). P. 341–420.

Marino L.A. Sex Estimation Using the First Cervical Vertebra // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1995. Vol. 97. P. 127–133.

Marlow E.J., Pastor R.F. Sex determination using the second cervical vertebra - a test of the method // *J. Forensic Sci.*, 2011. Vol. 56 (1). P. 165–169.

Raxter M.H., Auerbach B.M., Ruff C.B. Revision of the Fully technique for estimating statures // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2006. Vol. 130. P. 374–384.

Rogers T.L. A Visual method of determining the sex of skeletal remain using the distal humerus // *J. Forensic Sci.*, 1999. Vol. 44 (1). P. 57–60.

Rogers T. and Saunders S. Accuracy of sex determination using morphological traits of the human pelvis // *J. Forensic Sci.*, 1994. Vol. 39 (4). P. 1047–1056.

Viciano J., Aleman I., D'Anastasio R.D., Capasso L., Botella M.C. Odontometric sex discrimination in the Herculaneum sample (79 AD, Naples, Italy), with application to juveniles // *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2011. Vol. 145. P. 97–106.

Watamaniuk S.L., Rogers T. Positive personal identification of human remains based on thoracic vertebral margin morphology // *J. Forensic Sci.*, 2010. Vol. 55 (2). P. 1162–1170.

Wescott D.J. Sex Variation in the Second Cervical Vertebra // *J. Forensic Sci.*, 2000. Vol. 45 (2). P. 462–466.

Контактная информация:

Карпетян Марина Кареновна: e-mail: marishkakar@hotmail.com.

## DIMORPHISM OF HUMAN CERVICAL VERTEBRAE: OSTEOMETRIC MODELS FOR SEX DETERMINATION

M.K. Karapetian

*Lomonosov Moscow State University, Biological faculty, Department of Anthropology, Moscow*

Several osteometric models have been published that use dimensions of the first and the second cervical vertebrae for sex determination. However, other cervical vertebrae were not studied in this respect. Accordingly, the aim of this article is to develop and test osteometric models for sex determination using human cervical vertebrae. Overall, 477 skeletons were studied: American Whites (N=117) and Blacks (N=61), Canadians (N=102) and Muscovites (N=59) of the early-middle XX century, as well as XVIII century countrymen from the Moscow region (N=108) and individuals from an Early Medieval cemetery located in the modern N. Ossetia (N=30). Discriminant analysis was used. Probabilities of belonging to either sex were calculated for each case and solutions to discriminant functions were classified according to V.N. Zvyagin into «almost certain» ( $P > 0.95$ ), «probable» ( $0.75 \leq P \leq 0.95$ ) and «uncertain» ( $P < 0.75$ ). C7 was the most sexually dimorphic cervical vertebra in three out of six samples. The percentage of correct classification for all models was between 79–92% in reference sample (American Whites, Terry collection) and 71–92% in test samples. Models were least effective for the sample of African American males (Terry collection, 48–69% of accuracy), and the maximum percentage of correct classification in this sample was achieved when C6 and C7 were used. A model that includes dimensions of all 7 cervical vertebrae gives the highest percentage of correctly classified individuals with the level of probability exceeding 0.95 (67% for all groups). Models for C6 and C7 give the lowest percentage of misclassification (0.0–0.5% for  $P > 0.95$ ), but the highest percentage of cases with uncertain sex (40–43% for  $P < 0.75$ ). For these models only 10% of cases were correctly classified with  $P > 0.95$ . The osteometric models may be useful in paleodemography and in forensic anthropology, especially for the analysis of fragmentary or scattered skeletal remains.

Keywords: anthropology, human anatomy, cervical vertebrae, paleodemography, forensic anthropology, sex determination, population variability, discriminant analysis