

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФОРМЫ ОСТИСТЫХ ОТРОСТКОВ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ У СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА ПО ОСТЕОЛОГИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ ЕВРОПЕОИДОВ XVIII–XX ВВ.

М.К. Карапетян

*Рассматривается влияние пола и географического происхождения на частоту встречаемости бифуркации остистых отростков шейных позвонков человека. Проведено сопоставление частот встречаемости признака в четырех остеологических сериях европеоидов, задействованы литературные данные. Показано, что бифуркация остистых отростков несколько чаще встречается на шейных позвонках мужчин в сравнении с женщинами. Подтверждена расоводиагностическая ценность признака для разделения групп европеоидного и экваториального происхождения при исследовании комплекса позвонков С3–С5.*

**Палеоантропология, морфология скелета человека, шейные позвонки, вариации строения позвоночника, географическая изменчивость.**

Форма остистых отростков шейных позвонков человека давно является предметом интереса анатомов, остеологов и палеоантропологов. Некоторые исследователи считали, что наклонное положение остистых отростков и их раздвоенность на конце маркирует характерный для человека шейный лордоз, что, однако, было оспорено Е.Н. Хрисанфовой [1978, с. 18]. Рядом исследований показано, что форма остистых отростков шейных позвонков у современного человека подвержена вариациям [Shore, 1931, 1933; Duray, 1999; Asvat, 2012].

По результатам исследования Г. Вон Эггелинга (цит. по: [Shore, 1931, p. 500]), у европейцев раздвоенность остистых отростков шейных позвонков определяется уже на хрящевой стадии развития плода, нередко раздвоенным бывает даже остистый отросток С7. В первой половине первого года жизни раздвоенность остистых отростков постепенно исчезает, вначале на уровне С7, а затем и у вышележащих позвонков. Согласно В.А. Миджзбергу [Mijnsberg, 1926], изучившему процесс эмбриогенеза остистых отростков у млекопитающих и приматов, развитие остистого отростка происходит из парных латеральных компонентов, образующихся в месте контакта половинок дуги позвонка, а также из позднее формирующегося срединного непарного компонента, объединяющего латеральные и сливающегося с ними. Соотношение развития латерального и срединного компонентов варьируется у разных животных. Латеральные компоненты могут быть гипертрофированы, а срединный — минимизирован, что в крайнем случае приводит к частичной обособленности первых и раздвоенности остистого отростка. Таким образом, раздвоенное состояние остистого отростка человека представляется приобретенной чертой, возникающей в ходе фило- и онтогенеза путем торможения его развития. Л.Р. Шор [Shore, 1931, p. 501] предполагает, что появление раздвоенного остистого отростка шейного позвонка сопровождало процесс уменьшения его длины и угла наклона в филогенезе.

Р. Оуэн первым обратил внимание на более редкую встречаемость раздвоенных остистых отростков шейных позвонков у представителей экваториальных групп в сравнении с европейцами (Owen, 1851. Цит. по: [Duray et al., 1999]), что подтвердилось при последующих исследованиях [Cunningham, 1886; Shore, 1931, 1933; Lanier, 1939; Duray et al., 1999; Asvat, 2012]. По данным из литературы, эти различия достоверны на уровне 3–6-го шейных позвонков [Duray et al., 1999; Asvat, 2012]. В последнее время проведены исследования, в которых оценивается возможность использования признака для определения расы [Duray et al., 1999; Asvat, 2012]. Например, С.М. Дюрей и соавторы выделили два позвонка — С3 и С4, по которым возможно разделение американцев европейского и африканского происхождения с точностью в 76 % [Duray et al., 1999, p. 937]. Соответственно необходимо более детальное исследование расово-диагностической ценности признака.

Очевидно, что встает вопрос о масштабах внутрирасовой вариабельности формы остистых отростков. Изменчивость признака в пределах европеоидной расы практически не изучена. Ис-

## Исследование изменчивости формы остистых отростков шейных позвонков...

ключением является работа Д.Р. Шора [Shore, 1931, p. 489], в которой проведено сопоставление северных и южных европейцев. Также практически не исследовано влияние фактора пола, хотя результаты С.М. Дюрея и соавторов указывают на возможное существование различий между полами [Duray et al., 1999, p. 939].

В соответствии с этим в настоящей работе поставлены следующие задачи:

1. Исследовать влияние фактора пола на частоту встречаемости раздвоенных остистых отростков шейных позвонков у человека.
2. Сопоставить частоту встречаемости признака в четырех территориально и хронологически различающихся группах европеоидов.
3. Обобщить доступные опубликованные данные по частоте встречаемости признака в больших расах человека и определить его расоводиагностическую ценность.

### Материал и методы

Материалом для исследования послужили четыре остеологические серии, являющиеся выборками:

- из анатомической коллекции кафедры антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова;
- анатомической коллекции Терри Национального музея естественной истории г. Вашингтона, США;
- анатомической коллекции Грант кафедры антропологии университета Торонто, Канада;
- археологической коллекции Козино НИИ и Музея антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Основные характеристики исследованных серий и численности представлены в табл. 1. С более подробным описанием коллекций и их историей можно ознакомиться в публикациях [Колодиева, 1991; Евтеев, 2011; Bedford et al., 1993; Hunt, Albanese, 2005]. В целом первые три серии представляют собой выборки европейцев начала — середины XX в. Среди них — выходцы из Западной Европы (коллекции Терри и Грант) и жители Москвы (коллекция кафедры антропологии МГУ). Четвертую серию (Козино) можно рассматривать как локальную сельскую группу русских из Звенигородского уезда Московской губернии XVIII в.

Таблица 1

### Основная характеристика и численность исследованных остеологических серий\*

Коллекция	Географическое происхождение	Хронология	Пол	Численность
Кафедры антропологии МГУ	г. Москва	50-е гг. XX в.	♂	63
			♀	13
Терри (европеоиды)	Штат Миссури, США	1924–1966 гг.	♂	70
			♀	66
Грант	г. Торонто, Канада	1931–1950 гг.	♂	78
			♀	20
Козино НИИ и МА МГУ	с. Козино, Одинцовский р-н Московской обл.	XVIII в.	♂	41
			♀	28

\* Все исследованные индивиды принадлежат к европеоидной расе.

Форма остистого отростка оценивалась при взгляде на позвонок сверху (*norma verticalis*). При этом использован критерий Л.Р. Шора [Shore, 1933, p. 425–426], согласно которому бифуркация констатировалась при наличии на конце остистого отростка заметного желобка глубиной более 1 мм (рис. 1).

Статистическая обработка данных и построение графиков проводились в программе STATISTICA (v. 8). Используются стандартные методы анализа дискретных признаков: подсчет частот, таблиц сопряженности, а также критерий  $\chi^2$ . В дополнение применен метод иерархического кластерного анализа с вычислением расстояний Эвклида по методу ближайшего соседа.

### Результаты исследования

Результат сравнения мужчин и женщин в пределах рассматриваемых групп указывает на то, что бифуркация на отдельных позвонках несколько реже встречается у женщин, чем у мужчин (табл. 2). Вариант, когда все остистые отростки на участке С3–С6 нераздвоены, в мужских выборках не встречался, а у женщин он присутствовал в 0,8 % случаев. Тем не менее различия в большинстве недостоверны. В исследованном нами материале статистически значимые различия обнаруживаются только на уровне С5 ( $p < 0,05$ ). В среднем различия между полами не-

велики, что дает возможность объединить выборки мужчин и женщин для увеличения их объема и дальнейшего сопоставления между собой.

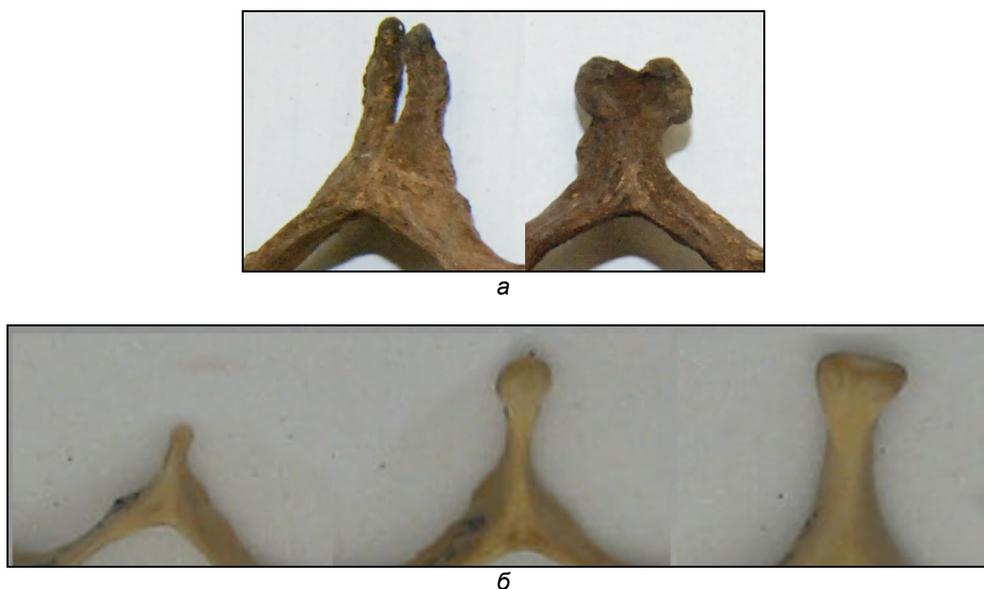


Рис. 1. Вариация формы остистых отростков шейных позвонков:  
а — бифуркация есть; б — бифуркации нет.

Таблица 2

**Влияние пола на частоту отсутствия бифуркации остистых отростков 3–7-го шейных позвонков (все серии)**

№ позвонка	Частота, %		$\chi^2$
	М	Ж	
С3	16,7	25,2	НД*
С4	6,9	7,9	НД
С5	4,5	11,1	5,6**
С6	36,1	38,6	НД
С7	99,6	99,2	НД
С3–С6	0,0	0,8	НД
N	282	162	—

\* НД — недостоверно.

\*\*  $p < 0,05$ .

При сравнении выборок по частотам встречаемости раздвоенных остистых отростков выявлены достоверные различия между группами только на уровне С3 ( $\chi^2 = 14,0$ ;  $p < 0,01$ ) из-за отсутствия в серии Козино нераздвоенных остистых отростков (рис. 2). В других выборках нераздвоенный остистый отросток на С3 встречался относительно часто (до 29 % случаев). Заметим, что наибольшая стабильность признака наблюдается на уровне С5 (рис. 2).

В табл. 3 собраны литературные данные по частотам встречаемости бифуркации остистых отростков 3–7-го шейных позвонков, а также собственные данные по частотам этого признака в четырех исследуемых группах. Для наглядности по данным, представленным в табл. 3, проведен кластерный анализ. Кластеризация выполнена по частотам для 3–5-го шейных позвонков, так как частоты для 6 и 7-го шейных позвонков известны не для всех групп.

Результаты кластерного анализа (рис. 3) свидетельствуют о реальности и систематичности расовых различий по обсуждаемому признаку. Выделяются два крупных надкластера, в один из которых попадают практически все группы, имеющие австрало-негроидное происхождение или негроидную примесь. В другой кластер попадают все группы европеоидного и часть групп монголоидного происхождения. Есть и исключения. Так, бушмены и огнеземельцы не попали ни в один из кластеров, однако объем этих выборок невелик (12–20 чел.), что не позволяет делать

## Исследование изменчивости формы остистых отростков шейных позвонков...

выводы в отношении закономерности выявленной тенденции для соответствующих групп. Эскимосы Аляски попали в один подкластер с группами австрало-негроидного происхождения из-за низкой у них частоты встречаемости бифуркации остистого отростка. Заметим, что объем выборки эскимосов, исследованной М. Ганнесс-Хеем [Gunness-Hey, 1980], достаточно велик (108 индивидов) и такой результат, скорее всего, не случаен.

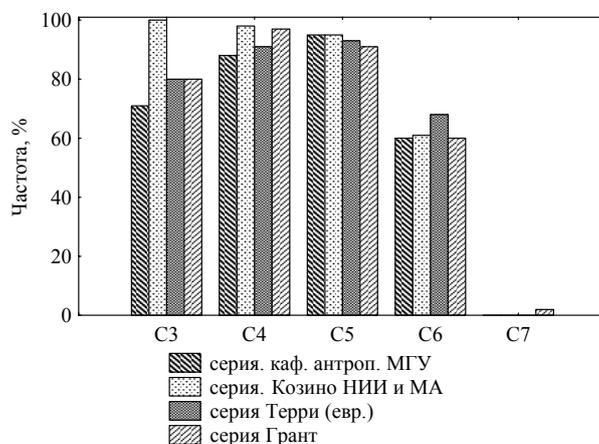


Рис. 2. Сравнение частот встречаемости раздвоенных остистых отростков 3–7-го шейных позвонков в четырех исследуемых выборках европеоидов.

Таблица 3

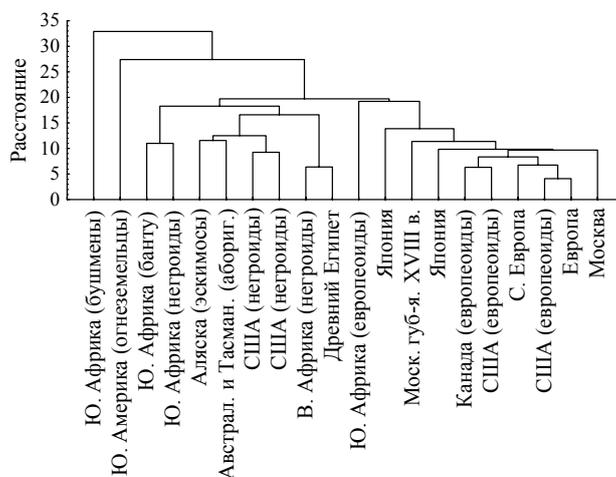
### Частоты встречаемости раздвоенных остистых отростков 3–7-го шейных позвонков в разных этнотерриториальных группах человека. Собственные и литературные данные

Выборка (географическое происхождение)	Встречаемость раздвоенных остистых отростков C3–C7, %					Источник данных
	C3	C4	C5	C6	C7	
Москва	71	88	95	60	0	Собственные данные
Московская губ., с. Козино (XVIII в.)	100	98	95	61	0	Собственные данные
Европа	91	91	95	71	0	Hasebe, 1913. Цит. по: [Lanier, 1939; Cunningham, 1886]
Сев. Европа	86	100	96	39	0	[Shore, 1933]
США (европеоиды)	89	94	97	55	0	[Lanier, 1939]
США (европеоиды)	80	91	93	68	0	Собственные данные
Канада (европеоиды)	80	97	91	60	2	Собственные данные
Ю. Африка (европеоиды)	59	79	83	42	2	[Asvat, 2012]
Древний Египет*	45	67	76	41	0	[Shore, 1933]
США (негроиды)	32	43	62	41	1	[Lanier, 1939]
США (негроиды)	33	50	68	47	5	[Duray et al., 1999]
Ю. Африка (негроиды)	22	28	36	18	0,4	[Asvat, 2012]
В. Африка (негроиды)	41	64	72	50	8	[Allbrook, 1955]
Ю. Африка (бушмены)	0	9	17	0	0	[Shore, 1931]
Ю. Африка (банту)	13	26	42	21	0	[Shore, 1931]
Австралия и Тасмания (аборигены)	30	40	50	—	—	[Cunningham, 1886]
Япония	95	91	86	34	0	Hasebe, 1913. Цит. по: [Lanier, 1939]
Япония	80	90	79	74	2	Mijsberg, 1927. Цит. по: [Lanier, 1939]
Аляска (эскимосы)	32	43	39	19	0	[Gunness-Hey, 1980]
Огненная Земля (аборигены)	35	90	65	20	10	Martin, 1928. Цит. по: [Lanier, 1939]

\* Коллекция Петри. Исследованные останки датированы временем до 3000 г. до н.э.

Непосредственное сопоставление по критерию  $\chi^2$  возможно лишь для некоторых выборок из табл. 3, так как не для всех известны данные о точном числе исследованных шейных позвонков. Соответственно помимо собственных данных в анализ включены три выборки европеоидного (Северная Европа [Shore, 1933], США [Lanier, 1939] и Южная Африка [Asvat, 2012]) и четыре выборки негроидного происхождения (США [Lanier, 1939; Duray et al., 1999] и Южная Африка [Shore, 1931; Asvat, 2012]). Данные Р.Л. Ланье по европеоидам США усреднены с нашими соб-

ственными по этой популяционной группе в силу отсутствия достоверных различий между двумя выборками. Таким же образом усреднены данные по негроидам США [Lanier, 1939; Duray et al., 1999] и негроидам Южной Африки [Shore, 1931; Asvat, 2012].



**Рис. 3.** Результаты кластерного анализа частот встречаемости раздвоенных остистых отростков 3–5-го шейных позвонков в разных этнотерриториальных группах человека (по данным из табл. 3).

Согласно результатам, вариабельность частоты встречаемости признака в пределах выборок европеоидной и негроидной расы достоверна (табл. 4). Причем в пределах европеоидных серий, как и в предыдущем анализе, наибольшая внутрирасовая стабильность признака наблюдается на уровне С5, а достоверная изменчивость в основном обусловлена включением в анализ серии Козино (для С3) и серии европеоидов Южной Африки (С3–С6). В последней выборке частота встречаемости раздвоенных остистых отростков шейных позвонков несколько снижена по сравнению с другими европеоидными сериями (см. табл. 3). Частоты встречаемости раздвоенных остистых отростков в выборках негроидов США близки к соответствующим частотам в выборке из Восточной Африки (табл. 3, рис. 3), которую мы не использовали в данном анализе. Соответственно при сопоставлении выборки негроидов США с выборкой негроидов Южной Африки выявляются достоверные различия по частоте встречаемости признака. В то же время следует сказать, что различия между объединенными сериями европеоидов и негроидов достоверны на самом высоком уровне значимости и на порядок превышают наблюдающиеся различия в пределах рас, что особенно характерно для 3–5-го шейных позвонков.

Таблица 4

**Сопоставление частот встречаемости раздвоенных форм остистых отростков шейных позвонков в выборках европеоидного и негроидного происхождения**

Вид анализа	N	Значения $\chi^2$				d.f.
		С3	С4	С5	С6	
Сопоставление шести выборок европеоидного происхождения (Россия, США, Сев. Европа, Ю. Африка)	509	35,5	26,8	12,6	33,2	5
Сопоставление двух выборок негроидного происхождения (США, Ю. Африка)	318	11,6	13,5	25,3	26,5	1
Сопоставление объединенной серии европеоидов и объединенной серии негроидов	827	191,4	264,8	182,3	54,3	1

**Обсуждение результатов**

Выявленные тенденции в изменчивости частот встречаемости бифуркации остистого отростка, отличающие мужчин и женщин одной группы, соответствуют литературным данным. В частности, С.М. Дюрей и соавторы также обнаружили чуть более редкую встречаемость бифуркации остистого отростка у женщин [Duray et al., 1999, p. 939]. В их случае достоверные различия наблюдались на уровне С3 и С4. Тем не менее авторы подчеркивают, что различия между расами превышают различия между полами [Duray et al., 1999, p. 939, 941].

Наши результаты указывают на существование некоторой вариабельности в частоте встречаемости признака на внутрирасовом уровне. Эти различия могут быть обусловлены генетическими

факторами. Так, низкая частота альтернативного варианта строения остистого отростка С3 (отсутствие бифуркации) в серии Козино и соответственно пониженная вариабельность в ней признака в сравнении с другими сериями может быть проявлением большей генетической однородности группы. С другой стороны, такой результат может быть следствием плохой сохранности материала, свойственной археологическим сериям. Так, нераздвоенные остистые отростки при небольшой их фрагментации могли представляться как разрушенные и данные о них не отмечались.

Низкая частота встречаемости раздвоенных остистых отростков шейных позвонков, по-видимому, является специфической для экваториальных групп чертой. Различия между европеоидными группами и группами австрало-негроидного происхождения довольно существенны. Относительно низкую частоту признака сохраняют группы африканского происхождения, имеющие европеоидную примесь. Так, негроиды США — группа, очевидно имеющая европеоидную примесь [Ли, 1978, с. 481–483], — демонстрируют частоты, приближающиеся к частотам у негроидов Восточной Африки.

Все же не исключено, что метисация влияет на частоту встречаемости разных морфологических форм остистых отростков шейных позвонков в дочерней популяции. Подобное мнение впервые было высказано Л.Р. Шором в отношении исследованной им выборки из Сардинии [Shore, 1933, p. 423]. Так, в этой выборке раздвоенность остистых отростков была менее выражена в сравнении с выборкой с территории Северной Европы. Л.Р. Шор предположил, что строение остистых отростков, наблюдавшееся в выборке из Сардинии, может отражать смешение между жителями Средиземноморья и банту. С другой стороны, выборка древних египтян, исследованная этим автором, по морфологическим характеристикам шейных позвонков обнаруживала черты, свойственные как европейцам, так и банту, что, по мнению Л.Р. Шора, могло быть следствием неоднородного состава популяции Египта [Shore, 1933, p. 442].

Частота встречаемости раздвоенных остистых отростков в группах японцев довольно высока и близка к таковой в европеоидных группах, однако монголоиды Америки демонстрируют некоторое своеобразие: у эскимосов Аляски эта частота понижена в сравнении с японцами и европейцами, а у аборигенов Огненной Земли снижена частота встречаемости бифуркации остистого отростка С3, С5 и С6 и несколько повышена — на уровне С7. Причины своеобразия монголоидов Америки остаются неясными: данные по выборкам монголоидного происхождения недостаточны и необходимо исследование дополнительных групп.

В чем причина столь резких различий в частотах встречаемости разных форм остистых отростков в группах европеоидного и экваториального происхождения, являются ли эти различия случайным следствием генетико-автоматических процессов, происходивших на начальных этапах формирования рас, связаны ли они с экологическими факторами или имеют функциональную значимость — все это остается неясным. Тем не менее нет сомнений, что форма остистого отростка шейного позвонка хотя бы отчасти обусловлена генетическими факторами. На это указывают резкие различия в частотах встречаемости разных вариантов признака в выборках американцев европейского и африканского происхождения, проживавших на одной территории в течение нескольких поколений и представляющих близкие социально-экономические слои [Lanier, 1939; Duray et al., 1999]. Генетические механизмы реализации различных форм остистых отростков у человека специально не изучались. Возможно, что здесь каким-то образом задействованы гены *Hox*, участвующие как в морфогенезе всего осевого скелета, так и в специализации отдельных его сегментов соответственно уровню локализации [Mallo et al., 2010]. Не исключено влияние целого комплекса других факторов. Например, недавние исследования показали участие белков PDGF и TGF $\beta$  в морфогенезе остистого отростка у мышей: при нарушении сигнальных путей, в которых были задействованы эти белки, происходило недоразвитие остистого отростка с формированием *spina bifida* [Wang, Serra, 2012].

### Заключение

Нами подтверждены выводы С.М. Дюрея и соавторов [Duray et al., 1999], что бифуркация остистых отростков шейных позвонков в среднем чаще встречается у мужчин, чем у женщин, хотя различия эти в большинстве случаев не достигают уровня статистической значимости.

Различия между четырьмя исследованными выборками по частоте рассматриваемого признака недостоверны на всех уровнях, за исключением уровня С3. В последнем случае выделяется серия XVIII в. Козино, для которой частота встречаемости раздвоенных остистых отростков

равна 100 %. Наибольшая внутрирасовая стабильность частоты встречаемости бифуркации обнаруживается для остистого отростка С5.

Все исследованные европеоидные серии характеризуются высокими частотами встречаемости раздвоенных остистых отростков шейных позвонков, если сравнивать их с группами австрало-негроидного происхождения. Соответственно признак бифуркации остистого отростка является диагностическим для разделения экваториальных групп и групп, имеющих европеоидное происхождение.

Предварительные данные указывают на высокую изменчивость признака в пределах монголоидной расы и некоторое своеобразие монголоидов Америки. Для лучшего понимания изменчивости формы остистых отростков шейных позвонков у современного человека необходимо исследование дополнительных выборок, представляющих этот антропологический тип.

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

*Евтеев А.А.* Краниологическая серия XVIII века из некрополя села Козино (Московская область): Внутригрупповая изменчивость и предварительные результаты межгруппового анализа // Археология Подмосквья: Материалы науч. семинара. 2011. № 7. С. 433–440.

*Колодиева М.А.* Массивность скелета как конституциональный признак у мужчин: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1991. 363 с.

*Ли Ч.* Введение в популяционную генетику. М.: Мир, 1978. 557 с.

*Хрусанцова Е.Н.* Эволюционная морфология скелета человека. М.: Изд-во МГУ, 1978. 218 с.

*Allbrook D.B.* The East African vertebral column; a study in racial variability // Amer. Journ. Phys. Anthropol. 1955. Vol. 13 (3). P. 489–513.

*Asvat R.* The configuration of cervical spinous processes in Black and White South African skeletal sample // Journ. Forensic Sci. 2012. Vol. 57(1)/ P. 176–181.

*Bedford M.E., Russell K.F., Lovejoy C.O., Meindl R.S., Simpson S.W., Stuart-Macadam P.L.* Test of multifactorial aging method using skeletons with known ages-at-death from the Grant collection // Amer. Journ. Phys. Anthropol. 1993. Vol. 91 (3). P. 287–297.

*Cunningham D.J.* The neural spines of the vertebrae as a race character // Journ. Anat. 1886. Vol. 20. P. 637–640.

*Duray S.M., Morter H.B., Smith F.J.* Morphological variation in cervical spinous processes: Potential application in forensic identification of race from the skeleton // Journ. Forensic Sci. 1999. Vol. 44(5). P. 937–944.

*Gunnness-Hey M.* The Koniag Eskimo presacral vertebral column: Variations, anomalies and pathologies // OSSA. 1980. Vol. 7. P. 99–118.

*Hunt D.R., Albanese J.* History and demographic composition of the Robert J. Terry anatomical collection // Amer. Journ. Phys. Anthropol. 2005. Vol. 127. P. 406–417.

*Lanier R.R.* The presacral vertebrae of American White and Negro males // Amer. Journ. Phys. Anthropol. 1939. Vol. 25 (3). P. 341–420.

*Mallo M., Wellik D.M., Deschamps J.* Hox genes and regional patterning of the vertebral body plan // Dev. Biol. 2010. Vol. 344 (1). P. 7–15.

*Mijsberg W.A.* On the development of the form of the vertebral spines in mammals, especially in Man // Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Amsterdam. 1926. Vol. 29. P. 603–610.

*Shore L.R.* A report on the spinous processes of the cervical vertebrae in native races of South Africa // Journ. Anat. 1931. Vol. 65. P. 206–238.

*Shore L.R.* A report on the spinous processes of the cervical vertebrae in a series of Egyptian skeletons // Journ. Anat. 1933. Vol. 67. P. 422–442.

*Wang Y., Serra S.* PDGF mediates TGF $\beta$ -induced migration during development of the spinous process // Dev Biol. 2012. Vol. 365 (1). P. 110–117.

Москва, НИИ и Музей антропологии  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
marishkakar@hotmail.com

*The paper considers the influence of sex and geographical origin upon the frequency of acanthae bifurcation in human cervical vertebrae. The author undertook the correlation of the frequency occurrences of this character in four osteological series of Caucasians, attracting literature data. It is shown that the bifurcation of acanthae was registered somewhat oftener with male cervical vertebrae compared with females. The paper justifies a race diagnostic value of this character for dividing groups of the Caucasian and equatorial origin under investigating the complex of C3–C5 vertebrae.*

**Paleoanthropology, morphology of human skeleton, cervical vertebrae, variants of vertebra structure, geographic variation.**