

СРАВНЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА (НА ПРИМЕРЕ АНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

С.Н. Зими́на, Н.Н. Гонча́рова, М.А. Негаше́ва

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

*Исследователи рассматривают уровень полового диморфизма по различным морфологическим признакам как биологическую характеристику вида. Вариативность его величины в разных популяциях приводит нас к изучению влияния экзогенных факторов на степень половых различий. В качестве меры степени полового диморфизма в современных антропологических работах используются различные индексы, которые плохо сравнимы между собой и отражают разные свойства признака. В данной статье сравнивается работоспособность некоторых наиболее часто встречающихся индексов полового диморфизма в антропологических исследованиях. Два из них – коэффициент полового диморфизма, или КПД, и *t*-критерий – схожи между собой и основаны на отношении разницы средних величин признаков в мужской и женской группах к дисперсиям признаков. Отличие их в том, что *t*-критерий зависит от объема выборки, поэтому его применение невозможно для сравнения разночисленных выборок. Два других изученных показателя – *D*-индекс и критерий Колмогорова-Смирнова (КС) – основаны на расчете максимальной разницы между интегральными кривыми распределения признаков. При этом *D*-индекс опирается на теоретическую модель распределения, а критерий КС использует эмпирические данные, что делает его более точным.*

По результатам исследования показано, что среди изученных индексов КПД является наиболее удобным показателем полового диморфизма. Важным биологическим аспектом половых различий морфологических характеристик оказывается изменчивость изучаемого признака внутри однородной по полу группы. В качестве дополнительной характеристики для изучения влияния этой изменчивости на степень полового диморфизма можно использовать показатель ΔCV , который рассчитывается как разница коэффициентов вариации.

Ключевые слова: физическая антропология, половой диморфизм, статистические индексы, различия полов, индекс Беннета

Введение

Степень полового диморфизма по различным соматическим признакам организма рассматривается исследователями как биологическая характеристика вида. Согласно широко распространённой теории В.А. Геодакяна половой диморфизм (ПД) по какому-либо признаку говорит о наличии давления среды на этот признак, а изменение с течением времени уровня ПД есть свидетельство эволюционных изменений. Более того, под давлением движущих сил эволюции мужской пол претерпевает изменения первым, как более реактивный [Геодакян, 2011]. В зарубежной литературе активно изучается влияние давления внешней среды

на степень половых различий по морфологическим признакам. Уже к середине 70-х гг. прошлого века сформировалась теория о большей устойчивости морфологических характеристик женского пола по сравнению с мужским при воздействии экологического и социального стресса. Разумеется, и женский организм подвергается изменениям, однако эти изменения не заходят за границы некоего коридора, или канала, определяемого нормой реакции, поэтому в литературе утвердился термин о канализированности изменений женских организмов в популяции при воздействии различных факторов. Мужчины оказываются в неблагоприятных условиях более «сенситивными» и менее защищенными [Stini, 1969, 1972; Wolanski, Kosparzak, 1976].

Благодаря связи половых различий с воздействием окружающей среды, степень полового диморфизма по морфологическим признакам может служить маркером экологического и социального стресса [Чижикова, Смирнова, 2003].

Несмотря на большую теоретическую изученность, большинство авторов основываются на очевидности этой гипотезы, хотя изменения половых различий под воздействием факторов окружающей среды можно показать, используя измерительные антропометрические данные. В последние годы появились отечественные и зарубежные работы, в которых авторы стремятся доказать или опровергнуть большую сенситивность мужского пола на основании анализа измерительных характеристик [Година, 1994; Дерябин, 1994; Федотова, Горбачева, 2015; Зимина с соавт., 2015; Buffa et al., 2001; Marini et al., 2005, 2007; Greil, Lange, 2007; Gorbacheva et al., 2014].

Цель данной работы – сравнить работоспособность пяти наиболее часто используемых в отечественной и зарубежной антропологической литературе показателей полового диморфизма.

Материалы и методы

Для примера расчета степени полового диморфизма с помощью различных показателей в работе использовалась группа юношей и девушек, студентов первого курса МГУ имени М.В. Ломоносова, обследованных по традиционной антропометрической программе, включающей 28 измерительных признаков телосложения. Данные были собраны в 2001–2004 гг. В группу вошли русские г. Москвы: 810 юношей и 911 девушек в возрасте от 17 до 18 лет. Все материалы были собраны с соблюдением правил биоэтики. В соответствии с законом о персональных данных материалы исследования были деперсонифицированы.

Было проанализировано пять способов оценки степени полового диморфизма. Первые два коэффициента полового диморфизма – КПД и t-критерий – схожи между собой и являются функциями от разницы средних величин и дисперсий признаков, а также учитывают численности групп [Marini et al., 1999; Дерябин, 2003; Zimina, Goncharova, 2014].

$$t = \frac{M_M - M_{ж}}{\sqrt{\frac{S_M^2}{N_M} + \frac{S_{ж}^2}{N_{ж}}}}, \quad \text{КПД} = \frac{M_M - M_{ж}}{\sqrt{\frac{S_M^2 * (N_M - 1) + S_{ж}^2 * (N_{ж} - 1)}{N_M + N_{ж} - 2}}}, \quad (1)$$

где S_M , $S_{ж}$ – среднеквадратические отклонения (СКО), M_M , $M_{ж}$ – средние, а N_M , $N_{ж}$ – численности в мужской и женской выборках соответственно (далее использованы эти же обозначения).

Еще два показателя – D-индекс и критерий Колмогорова-Смирнова (КС) – основаны на расчете максимальной разницы между интегральными кривыми распределения признаков. При этом D-индекс опирается на теоретическую модель распределения, а критерий КС использует эмпирические данные [Marini et al., 1999].

$$D = F_i(x_0 | M_M, S_M^2) - F_i(x_0 | M_{ж}, S_{ж}^2),$$

где $F_i(x_0 | M_x, S_x^2)$ – значение теоретической функции распределения в точке x_0 , со средней M_x и СКО – S_x . Точка x_0 определяется как точка пересечения мужской и женской дифференциальной функции распределения [более подробно см.: Bennet, 1981; Chakraborty, Majumber, 1982].

$$KC = \sup_x (F_{e,M} - F_{e,ж}) \quad (2)$$

где F_e – интегральная эмпирическая функция распределения [Колмогоров, 1974].

И последний протестированный способ оценки уровня полового диморфизма основан на разнице показателей коэффициентов вариации в мужской и женской группах [Cabras et al., 2006]. В нашей работе он обозначен как ΔCV :

$$\Delta CV = CV_M - CV_{ж} = \frac{S_M}{M_M} - \frac{S_{ж}}{M_{ж}}.$$

Существуют также и другие методы расчета степени ПД, например, основанные на простых индексах. О них будет сказано ниже, при обсуждении полученных результатов.

Результаты

В исследованную группу вошли студенты 17 лет (624 юноши и 656 девушек) и 18 лет (186 юношей и 255 девушек). Сравнение морфологических показателей в этих двух возрастных группах не дает статистически достоверных отличий. Это позволяет нам использовать искусственное разделение на возрастные группы для анализа математических особенностей показателей полового диморфизма, поскольку все различия будут связаны не с морфологическими особенностями, а с численностью групп.

Рассчитаны все пять выбранных показателей степени ПД по 28 антропометрическим признакам в группах 17-ти и 18-ти летних студентов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения индексов полового диморфизма в двух возрастных группах

Показатель ПД	КПД	t	D	КС	ΔCV*100	КПД	t	D	КС	ΔCV*100
Возраст	17 лет					18 лет				
Масса тела	1,16	19,64	-0,45	—	2,04	1,16	11,04	-0,44	—	0,36
Длина тела	1,97	35,15	-0,68	-0,69	-0,02	1,98	20,21	-0,67	-0,69	0,10
Длина корпуса	1,32	23,27	-0,50	-0,56	0,91	1,53	15,54	-0,55	-0,58	0,06
Длина туловища	0,82	14,54	-0,33	-0,36	0,92	1,01	10,38	-0,39	-0,43	-0,32
Длина руки	1,80	31,73	-0,63	-0,65	-0,29	1,97	20,05	-0,67	-0,68	-0,11
Длина ноги	1,63	28,83	-0,58	-0,59	-0,04	1,56	15,87	-0,56	-0,60	0,04
Диаметр плеч	1,94	34,44	-0,67	-0,71	0,42	2,09	20,68	-0,70	-0,74	1,06
Диаметр таза	0,40	7,11	-0,16	-0,15	0,29	0,31	3,35	-0,15	-0,19	-1,88
Обхват груди	0,66	11,77	-0,28	-0,31	1,53	0,84	8,57	-0,33	-0,39	0,32
Обхват талии	1,15	20,47	-0,44	-0,51	1,17	1,14	11,53	-0,43	-0,51	0,56
Обхват бедер	-0,04	-0,63	0,04	0,07	1,12	-0,05	-0,51	0,02	0,06	0,01
Обхват плеча	0,64	11,44	-0,25	-0,28	0,32	0,61	6,21	-0,24	-0,28	0,81
Обхват бедра	-0,15	-2,57	0,08	0,12	1,89	-0,26	-2,70	0,10	0,12	0,47
Обхват голени	0,55	9,70	-0,22	-0,22	0,81	0,46	4,77	-0,18	-0,23	-0,88
Локтевой диаметр	2,08	36,69	-0,70	-0,74	0,05	1,88	19,45	-0,65	-0,72	-0,97
Диаметр запястья	2,12	37,64	-0,71	-0,71	-0,67	2,24	22,73	-0,73	-0,74	-0,33
Диаметр колена	1,46	25,75	-0,54	-0,59	0,74	1,28	12,83	-0,48	-0,53	0,65
Диаметр лодыжки	2,01	35,44	-0,69	-0,69	0,13	2,11	21,36	-0,71	-0,71	-0,17
Жировая складка под лопаткой	-0,34	-6,07	0,14	0,24	5,26	-0,43	-4,53	0,18	0,26	1,63
Жировая складка плеча	-1,12	-19,80	0,43	0,54	18,64	-1,15	-11,68	0,43	0,55	22,48
Жировая складка предплечья	-0,55	-9,11	0,22	0,29	6,64	-0,72	-6,92	0,28	0,38	12,38
Жировая складка живота	-0,52	-9,07	0,21	0,35	21,84	-0,65	-6,59	0,26	0,41	17,71
Жировая складка бедра	-1,04	-16,92	0,40	0,52	23,80	-1,26	-12,20	0,47	0,60	27,34
Жировая складка голени	-0,64	-11,27	0,25	0,33	13,23	-0,94	-9,60	0,36	0,44	16,38

Примечания. ПД – половой диморфизм, КПД – коэффициент полового диморфизма, t – t-критерий Стьюдента, D – D-индекс Беннета, КС – критерий Колмогорова-Смирнова, ΔCV*100 – разница коэффициентов вариации, умноженная на 100.

Обсуждение

Для численной оценки изменчивости полового диморфизма необходимо рассчитать показатель половых различий. Часто встречающийся способ расчета такого показателя – различные соотношения средних арифметических величин признака у мужчин и женщин.

$$\text{Например, } Z = \frac{M_{\text{м}}}{M_{\text{ж}}} * 100\%;$$

$$\text{либо } Z = \frac{M_{\text{м}} - M_{\text{ж}}}{M_{\text{м}}} * 100\%,$$

где M – средняя величина признака [Lovich, Gibbons, 1992]. Но при таком подходе к расчету показателя диморфизма не учитывается влияние дисперсии признака внутри однородной по полу группы (далее – внутривариационная изменчивость).

Влияние дисперсии признака на показатель полового диморфизма может быть двояким. Во-первых, уменьшение дисперсии признака у обоих полов приводит к тому, что при той же разнице средних, происходит уменьшение зоны трансгрессии признаков, что увеличивает степень ПД [Marini et al., 1999, 2005; Zimina, Goncharova, 2014]. Во-вторых, именно различия в степени изменчивости признака у мужчин и женщин имеют ключевое значение при исследовании биологического аспекта полового диморфизма. Так, согласно гипотезе В.А. Геодакяна, на первой стадии изменения признака большая вариабельность его будет наблюдаться у мужчин, а на заключительной стадии – у женщин. Именно уменьшение вариабельности признака у женщин под воздействием неблагоприятных внешних условий говорит о большей канализированности процессов изменения соматических структур у женской части популяции [Stini, 1980; Wolf, Gray, 1980].

Сравнение показателей t и КПД

Коэффициент КПД построен как отношение разницы средних арифметических величин и усредненного среднего квадратического отклонения (см. формулу 1). При равенстве средних КПД равен нулю, при большем среднем значении признака у мужчин КПД принимает положительные, а при большем значении признака у женщин – отрицательные значения. Интерпретация этого коэффициента проста: он показывает разницу между средними значениями у мужчин и женщин в величинах среднего квадратического отклонения (СКО), что может быть удобно при анализе данных. Например, КПД по длине тела в группе семнадцатилетних студентов, равный 1,97, означает, что средняя величина признака у мужчин больше среднего значения у женщин почти на два усредненных СКО. Недостатком такого показателя степени полового диморфизма является усреднение СКО мужчин и женщин, что, как было сказано ранее, лишает возможности изучения некоторых биологических аспектов уровня полового диморфизма и может вести к уменьшению КПД.

Коэффициент t построен по аналогичному принципу, но имеет вид одновыборочного критерия Стьюдента в модификации Уэлча. При нормальном распределении исходных признаков t -критерий подчиняется закону распределения Стьюдента с известным числом степеней свободы [Шеффе, 1980]. Несмотря на то, что форма распределения коэффициента t известна, проверка гипотез о достоверности полученных значений невозможна.

При достаточно больших численностях выборок и при статистическом равенстве СКО в мужской и женской группах, два показателя КПД и t отличаются на коэффициент, зависящий от численностей:

$$t = \frac{КПД}{\sqrt{\frac{1}{N_M} + \frac{1}{N_{Ж}}}}.$$

Таким образом, очевидно, что показатель t зависит от численности выборок, и при увеличении численностей в 2 раза также будет увеличиваться в $\sqrt{2}$ раз. Но при равенстве других параметров выборки показатель уровня ПД не увеличивается.

Зависимость показателя t от численности выборок хорошо видна на результатах расчета различных коэффициентов ПД на примере двух групп студентов 17 и 18 лет (табл. 1). В среднем показатель t различается в 1,65 раза, а максимальные различия этих двух показателей полового диморфизма составляют 2,12 для диаметра таза, хотя средние и СКО практически не отличаются. Это свойство делает невозможным сравнение по

критерию t разных по объему выборок, его можно использовать только для сравнения степени полового диморфизма в одной выборке по разным признакам.

Сравнение показателей D и $КС$

Оба показателя степени ПД основаны на поиске максимальных различий между интегральными функциями распределения. Значения варьируют от -1 до 1 и интерпретируются как доля случаев, на которую будут максимально различаться частоты встречаемости у мужчин и женщин. Разница этих показателей в том, что показатель D опирается на теоретическую модель распределения, а $КС$ основан на эмпирической функции. У D -индекса есть один значительный недостаток – для его расчета необходимо знать формулу теоретической интегральной функции распределения. В антропологических исследованиях доказано, что признаки, связанные с развитием скелета, распределены по нормальному закону, а признаки, связанные с развитием мышц или жиротложением, такие как обхваты и жировые складки, имеют ярко выраженный асимметричный характер распределения, и подобрать теоретическую модель зачастую оказывается невозможным [Игнатьев, 1951; Основы прикладной антропологии, 2005]. На группах студентов МГУ нами показано, что длина тела и продольные скелетные размеры достоверно имеют нормальное распределение; в некоторых группах диаметр таза также хорошо описывается нормальной теоретической кривой. Распределения всех остальных признаков во всех группах достоверно отличаются от нормального (по критерию Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса, $p < 0,01$), и подобрать теоретическую модель, адекватно описывающую распределение признаков невозможно. На практике многие исследователи используют нормальную модель распределения для всех признаков. Так, например, К.А. Беннет [Bennet, 1981], а также исследователи, пользующиеся расчетом его коэффициента, всегда предполагают применение формулы Гауссовой кривой статистически достоверным [Marini et al., 1999]. Таким образом, расчет индекса D оказывается заведомо неточным, и его значения могут не соответствовать эмпирическим данным.

Расчет коэффициента $КС$ позволяет исправить недостаток теоретической модели за счет того, что опирается на эмпирические данные. При полном совпадении теоретической и эмпирической кривых D -индекс будет точно равен коэффициенту $КС$. Однако коэффициент Колмогорова-Смирнова

технически сложен для расчета. Практически все антропометрические показатели дискретны, а точность их измерения различна. Таким образом, для вычисления показателя КС необходимо брать не точную верхнюю грань (формула 2), а максимальную разницу кумулятивной функции по дискретным вариантам, шаг которой равен точности измерения конкретного признака. Формула (2) преобразуется в $КС = \max(F_{e,m} - F_{e,ж})$. Таким образом, для качественного расчета показателя необходима большая численность обследуемой выборки, чтобы избежать случайных различий в каждом дискретном варианте.

Из таблицы 1 видно, что для продольных размеров тела связь между показателями D и КС очень велика (коэффициент корреляции для этих признаков достигает 0,997, а максимальная разница значений не превышает 6% от усредненной по двум полам величины признака). В то же время, для показателей жировых складок, отличия достигают 0,15 для жировой складки на животе, что составляет практически 40% от усредненной величины признака.

Показатель ΔCV

Как уже неоднократно отмечалось, при изучении степени полового диморфизма немаловажную роль играют различия дисперсии признака в группе мужчин и женщин. Именно для сравнения половых различий с учетом этого параметра было предложено использование разницы коэффициентов вариации (ΔCV) в качестве показателя степени ПД. [Perissinotto et al., 2002; Marini et al., 2007]. Коэффициент вариации представляет собой отношение среднего квадратического отклонения признака к его средней величине, поэтому он является показателем удельной изменчивости признака. За счет этого возможно сопоставление

показателей полового диморфизма по разнокачественным признакам. Кроме того, для многих антропометрических признаков значения CV оказываются достаточно стабильными в разных популяциях. При использовании ΔCV в качестве показателя полового диморфизма необходимо подробно изучать причины полученных результатов, поскольку его связь с исходными значениями признака неочевидна.

Для интерпретации полученных значений необходимо учитывать несколько факторов. При нулевых значениях ΔCV очевидно, что коэффициенты вариации у мужчин и женщин оказались равными, но это отнюдь не означает отсутствие полового диморфизма по этому признаку. Вероятно, среднее значение и СКО для этого признака изменяются пропорционально, что приводит к равенству CV. Для большинства продольных скелетных размеров действительно можно наблюдать пропорциональное изменение среднего и СКО между полами, но при этом разница между средними значениями по этим признакам достаточно велика. Из таблицы 1 видно, что для всех продольных признаков ΔCV оказывается приблизительно равным нулю, а разница между средними значениями достигает двух величин СКО. В тех случаях, когда значения ΔCV оказываются отличным от нуля, необходимо установить причины таких значений. Это возможно по одной из двух причин: либо из-за большой разницы СКО, либо из-за различной степени варьирования признака у мужчин и женщин.

На рисунке 1 представлены кривые распределения длины тела и величины жировой складки на бедре у семнадцатилетних студентов. Для этих признаков КПД оказываются сходными, что обусловлено значительной разницей средних значений. При этом значения ΔCV для длины тела около нуля, а для жировой складки больше 20. Такая величина ΔCV по жировой складке связана

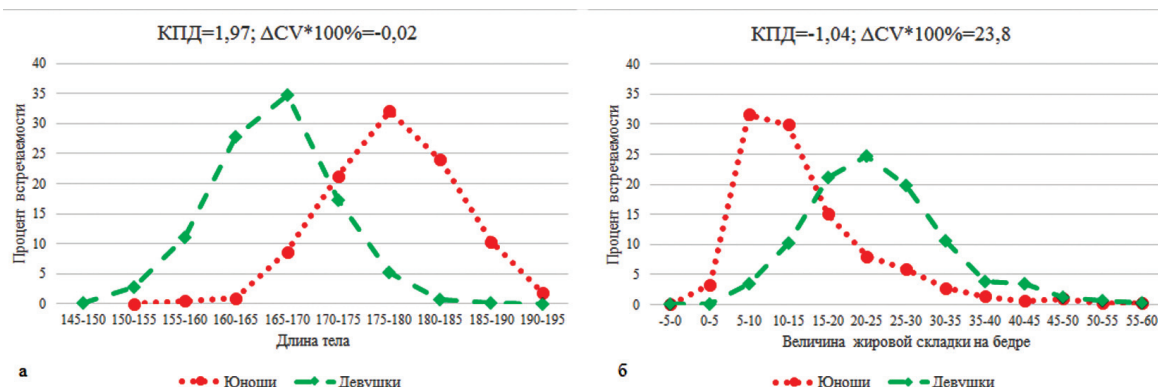


Рис. 1. Половой диморфизм по длине тела (а) и величине жировой складки на бедре (б) в группе семнадцатилетних студентов

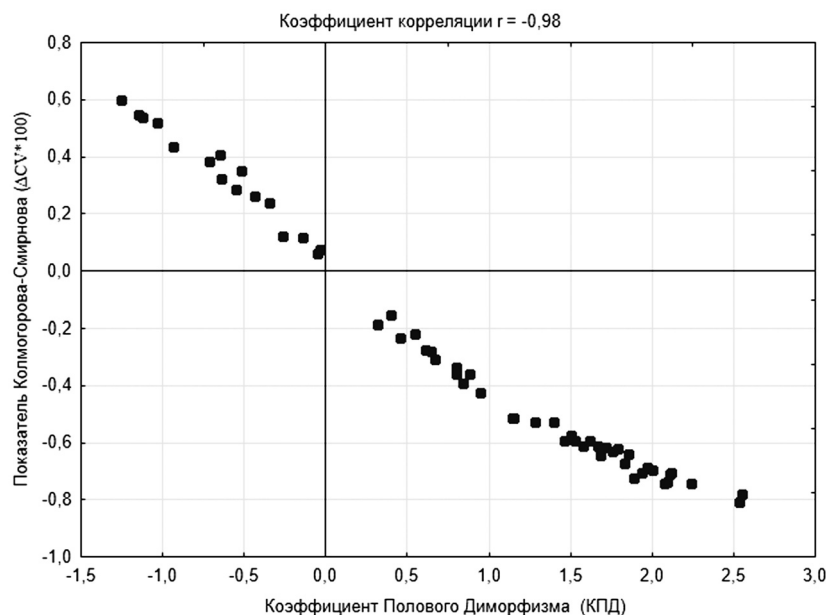


Рис. 2. Связь КПД и коэффициента КС в объединенной группе студентов

с различиями формы кривой распределения и отражает разницу в величине разброса значений у мужчин и женщин.

Таким образом, показатель ΔCV нельзя использовать как самостоятельный коэффициент полового диморфизма, но его можно рассматривать как дополнительный показатель для вычисления разницы изменчивости признака у мужчин и женщин.

Связь между изученными показателями

Так как математические основы расчета КПД и показателя t схожи, логично сравнить их работоспособность. Было показано, что при выборе между КПД и показателем t наиболее подходящим способом оценки полового диморфизма является КПД. Это связано с его независимостью от численности выборок. Можно утверждать также, что из двух показателей (D-индекса и коэффициента КС), имеющих общий принцип расчета, второй показатель лучше отражает вариации половых различий. Таким образом, из каждой пары изученных показателей выбран более надежный. Встает задача о возможности сравнения между двумя лучшими индексами. С математической точки зрения, КПД и коэффициент КС отражают разные аспекты кривых распределения. Но при анализе этих показателей в качестве индексов полового диморфизма они демонстрируют высокую степень связи. Так, коэффициент корреляции между ними как внутри одного возраста, так и для объединенной

группы студентов более 0,985. Из рисунка 2 видно, что связь между этими индексами очень тесная. При этом расчет КПД осуществляется значительно проще. Этот индекс можно вычислить с использованием только литературных данных о средних, СКО и численностях групп. Дополнительным преимуществом КПД служит его простая морфологическая интерпретация.

Связь первых четырех показателей и ΔCV оказывается гораздо более низкой и не превышает 0,71 в разных группах. Это еще раз подтверждает тот факт, что ΔCV выявляет другие биологические аспекты, нежели первые показатели, которые связаны в основном с расчетом разницы средних значений, но не отражают влияние внутриполовой дисперсии на степень полового диморфизма.

Заключение

В заключение можно сформулировать следующие выводы. Во-первых, показатель КПД наиболее точно отражает вариации степени полового диморфизма для разных признаков и максимально удобен для расчета и интерпретации. Во-вторых, для изучения степени полового диморфизма необходимо выбирать индексы, включающие в себя показатели изменчивости изучаемого признака, поскольку этот параметр является важной биологической составляющей ПД. В-третьих, показатель ΔCV можно использовать в качестве дополнительной характеристики для изучения влияния дисперсии

признака в мужской и женской подгруппе на степень ПД, однако этот показатель не может использоваться в качестве собственно характеристики полового диморфизма.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-06-03511 «Исследование феномена биосоциальной адаптации современной молодежи в условиях информационного общества начала XXI века соматическими, физиологическими и дерматоглифическими методами».

Библиография

- Геодакян В.А. Мужчина и женщина. Эволюционно-биологическое предназначение // Женщина в аспекте физической антропологии. М., 1994. С. 8–18.
- Геодакян С.В. Два пола. Зачем и почему? Эволюционная теория пола. М., 2011. С. 230.
- Година Е.З. Половой диморфизм и высокогорный стресс // Женщина в аспекте физической антропологии. М., 1994. С. 135–143.
- Дерябин В.Е. Половой диморфизм телосложения у взрослых // Женщина в аспекте физической антропологии. М., 1994. С. 41–51.
- Дерябин В.Е. Морфологическая типология телосложения мужчин и женщин. Деп. в ВИНТИ № 9-В 2003. М., 2003. 290 с.
- Зими́на С.Н., Гонча́рова Н.Н., Сали́вов И.И., Нега́шева М.А. Влияние биосоциальных факторов на уровень полового диморфизма в современных популяциях городского и сельского населения // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2015. № 2. С. 34–44.
- Игнатьев М.В. Вопросы построения антропологических стандартов // Теория и методы антропологической стандартизации применительно к массовому производству. М.: Изд-во Московского университета, 1951. С. 94–153.
- Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. М.: Наука, 1974. С. 120.
- Основы прикладной антропологии: Учебник для вузов / Под. ред. Е.Б. Кобляковой. СПб.: Информационно-издательский центр МГУДТ, 2005. 280 с.
- Федотова Т.К., Горбачева А.К. Этно-территориальное и временное разнообразие полового диморфизма размеров тела у новорожденных // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2015. № 4. С. 34–41.
- Чижикова Т.П., Смирнова Н.С. Возрастная динамика морфологии тела взрослых как результат средового влияния // Вопросы антропологии, 2003. Вып. 91. С. 111–127.
- Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М.: Наука, 1980. 512 с.
- Bennet K.A. On the expression of sexual dimorphism // Am. J. Phys. Anthropol., 1981. N 56. P. 59–61.
- Buffa R., Marini E., Floris G. Variation in sexual dimorphism

- in relation to physical activity // Am. J. Hum. Biol., 2001. N 13 (3). P. 341–348. DOI:10.1002/ajhb.1057.
- Cabras S., Mostallino G., Racugno W. A nonparametric bootstrap test for the equality of coefficients of variation // Communications in Statistics – Simulation and Computation, 2006. N 35. P. 715–726. DOI:10.1080/03610910600716829.
- Chakraborty R., Majumder P.A. On Bennet's measure of sex dimorphism // Am. J. Phys. Anthropol., 1982. N 59. P. 295–298.
- Gorbacheva A.K., Fedotova T.K., Sukhova A.V. Dynamics of the sexual dimorphism indices of body dimensions of children from birth to 17 years // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. N 3. P. 53–53.
- Greil H., Lange E. Sexual dimorphism from birth to age 60 in relation to the type of body shape // Anthropol. Anz., 2007. Vol. 65. N 1. P. 61–73.
- Lovich E.J., Gibbons J.W. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism // Growth Dev. Aging, 1992. N 56. P. 269–281.
- Marini E., Cabras S., Rebato S., Buffa R., Salces I., Borginini-Tarli S. Sex differences in skinfold variability across human populations and during the life cycle // Ann. Hum. Biol., 2007. N 34 (3). P. 377–392. DOI:10.1080/03014460701367942.
- Marini E., Racugno W., Borginini-Tarli S.M. Univariate estimates of sexual dimorphism: the effects of intrasexual variability // Am. J. Phys. Anthropol., 1999. Vol. 109 (4). P. 501–508.
- Marini E., Rebato E., Racugno W., Buffa R., Salces I., Borgognini-Tarli S.M. Dispersion dimorphism in human populations // Am. J. Phys. Anthropol., 2005 Jul; N 127 (3). P. 342–350. DOI:10.1002/ajpa.20134.
- Perissinotto E., Pisent C., Sergi G., Grigoletto F., Enzi G. Anthropometric measurements in the elderly: age and gender differences // Br. J. Nutr., 2002. N 87. P. 177–186.
- Stini W.A. Nutritional stress and growth: sex difference in adaptive response // Am. J. Phys. Anthropol., 1969. N 31 (3). P. 417–426. DOI:10.1002/ajpa.1330310316.
- Stini W.A. Reduced sexual dimorphism in upper arm muscle circumference associated with protein-deficient diet in South American population // Am. J. Phys. Anthropol., 1972. N 36. P. 341–352. DOI:10.1002/ajpa.1330360304.
- Stini W.A. Sexual dimorphism and nutrient reserves // Sexual dimorphism in Homo sapiens. A questions of size / Ed.: Hall R.L. New York: Prieger, 1980. P. 391–419.
- Wolanski N., Kosparzak E. Stature as a measure of effects, of environmental change // Current Anthropology, 1976. Vol. 17. N 3. P. 548–552.
- Wolf L.D., Gray J.P. A cross-cultural investigation into the sexual dimorphism of stature // Sexual dimorphism in Homo sapiens. A questions of size / Ed.: Hall R.L. New York: Prieger, 1980. P. 197–230.
- Zimina S. N., Goncharova N. N. The analysis of methods of gender dimorphism assessment by example of adult belarussian population // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2014. N 3. P. 102–102.

Контактная информация:

Зими́на Софья Николаевна: e-mail: sonishat@yandex.ru;
Гонча́рова Наталья Николаевна: e-mail: 1455008@gmail.com;
Нега́шева Марина Анатольевна: e-mail: negasheva@mail.ru.

VARIOUS INDICATORS OF SEXUAL DIMORPHISM AND THEIR EFFICIENCY IN ANTHROPOLOGICAL STUDIES

S.N. Zimina, N.N. Goncharova, M.A. Negasheva

Lomonosov Moscow State University, Department of Anthropology, Moscow

Researchers consider the level of sexual dimorphism of various morphological features to be a biological characteristic of a species. The variability of its value in different populations leads us to study the influence of exogenous factors on the degree of sex differences. In modern anthropological works various indices are used as a measure of the degree of sexual dimorphism. They are often difficult to compare and reflect different properties of the characteristic. This article analyzes the efficiency of some of the most frequently used indices of sexual dimorphism. These include the coefficient of sexual dimorphism (ID) and the t-test, which are similar to each other and are based on the ratio between the difference in the mean values of the characteristics in male and female groups and the variance of these characteristics. The other two studied indicators – the D-index and the Kolmogorov-Smirnov test (KS) – are based on calculating the maximum difference between the integral curves of the characteristics distribution. The D-index is based on a theoretical model of distribution, while the KS criterion uses empirical data, which makes it more accurate.

Our study showed that among the studied indices, the ID is the most convenient indicator of sexual dimorphism. An important biological aspect of sexual differences of morphological characteristics is the variability of the studied trait within a homogeneous group. As an additional characteristic, the indicator ΔCV can be used to study the effect of this variability on the degree of sexual dimorphism, which is calculated as the difference in the coefficients of variation.

Keywords: *physical anthropology, sexual dimorphism, statistical indices, sex differences, Bennett index*