

Т.А. Чикишева¹, Д.А. Завгородняя²

¹Институт археологии и этнографии СО РАН

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

E-mail: chikisheva@ngs.ru

Асимметрии на черепях ранних кочевников Тувы

Представлены результаты разработки и апробирования методики фиксирования асимметрий билатеральных анатомических признаков на черепе человека. Были обследованы краниологические серии, относящиеся к археологическим культурам раннего железного века Турано-Уюкской котловины – алдыбельской (Аржан-2 и Копто) и уюкско-саглынской (Догээ-Баары-2). Использован комплекс признаков, отражающих функционирование мышц шейного, спинного и лицевого отделов, особенности их иннервации и кровоснабжения. Предложен алгоритм применения статистических процедур для дифференцирования признаков с флуктуирующей (ФА) и направленной (НА) асимметрией. Полученные данные показали, что асимметрии одних и тех же признаков могут по-разному проявлять себя в разных группах, т.е. варьировать как ФА или НА. Обнаружены межгрупповые и гендерные различия интегрального индекса ФА.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, направленная асимметрия, Турано-Уюкская котловина, алдыбельская культура, уюкско-саглынская культура.

T.A. Chikisheva¹, D.A. Zavgorodnyaya²

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS

²Novosibirsk National Research State University

E-mail: chikisheva@ngs.ru

Asymmetries on the Skulls of the Early Nomads of Tuva

The results of designing and testing of the technique for recognition of the asymmetries of bilateral anatomical features on the human skull are presented. The craniological collections related to the archeological cultures of the early Iron Age of the Turano-Uyuk Basin – Aldybelskaya (Arzhan-2 and Kopto) and Uyuksko-Saglynskaya (Doge-Baary-2) – were studied. The study was based on a complex of features relevant to functioning of the muscles of the cervical, spinal and facial parts as well as the features of their innervation and blood supply. An algorithm for applying statistical procedures for differentiating characteristics with fluctuating (FA) and directed (DA) asymmetry is proposed. The analytical data showed that the asymmetries of the same characteristics can manifest themselves differently in various groups, i.e. vary as FA or DA. Intergroup and gender differences in the FA integral index were established.

Keywords: fluctuating asymmetry, directed asymmetry, Turano-Uyukskii basin, Aldybelskaya culture, Uyuksko-Saglynskaya culture.

Классическая краниометрическая программа, положенная в основу антропологических исследований, направленных на изучение расогенетической дифференциации древнего населения, предполагает исследование признаков, имеющих билатеральную представленность на черепе (размеры орбит, носового отверстия, скуловых костей и др.) по левой стороне тела. Все без исключения исследователи, проводящие измерения черепов замечают, что практически всегда присутствует

хотя бы небольшая разница в размерах признаков на левой и правой стороне, но для активной работы используют постулированный в самом начале формирования методики краниометрического обследования принцип. Он выполняет свои задачи, обеспечивая сопоставимость краниометрических данных, полученных всеми представителями антропологического сообщества.

Исследования показателей асимметрии на палеоантропологическом материале занимают опреде-

ленную нишу в науке, но в основном их объектом является плечевая кость, на которой легко выявляются маркеры право- и леворукости (см., напр.: [Тур, 2014; Auerbach, Ruff, 2006; Neumann, 1992; Plato, Wood, Norris, 1980; Steel, 2000; Steele, Mays, 1995]). Это связано с актуальностью разработки моделей мануальности у человека в эволюционном аспекте. Однако для кросскультурных сравнений комплекса показателей асимметрии плечевой кости недостаточно. Кроме того, использование только одного сегмента верхней конечности существенно снижает репрезентативность палеоантропологических серий, поскольку в древних погребениях далеко не всегда сохраняются комплектные верхние конечности.

Асимметрия – свойство всех живых организмов. Она подразделяется на направленную (НА), флуктуирующую (ФА) и антисимметрию (АН) [Van Valen, 1962]. Каждый тип асимметрии развивается под воздействием специфических для него факторов и может служить индикатором разных процессов. Для антропологических исследований наибольший интерес представляет ФА, которая отражает случайную изменчивость асимметрично развивающихся признаков у индивида и зависит главным образом от стрессогенных факторов окружающей (неадекватная диета, болезни, паразиты, эстремальный климат) [Шэнахан, 2016] и внутренней (уровни гормонов в пренатальный период онтогенеза) [Benderlioglu, 2010; Fink et al., 2004] среды.

НА детерминирована генетически [Kharlamova et al., 2010; Palmer, 2004]. У млекопитающих, и в наибольшей степени у человека, она встречается в форме латерализации конечностей (право- и леворукость) и коррелирует с функциональной асимметрией полушарий головного мозга [Брагина, Доброхотова, 1988]. АН исследуется мало, в основном у видов беспозвоночных животных.

На настоящий момент не существует единой методики исследования асимметрии у древнего населения. В данной работе мы попытались проанализировать информативность для антропологической характеристики популяций некоторых краниологических параметров билатеральной асимметрии человека.

Были обследованы краниологические серии раннего железного века, относящиеся к археологическим культурам Турано-Уюкской котловины – алдыбельской (Аржан-2 и Копто) и уюкско-саглынской (Догээ-Баары-2). Черепа из Аржана-2 и Копто были объединены в одну серию, численность которой составила 27 черепов взрослых индивидов (15 мужских и 12 женских). Объем серии из могильника Догээ-Баары-2 составил 27 черепов (18 мужских и 9 женских).

Измерения 22 билатеральных признаков проводились с помощью электронного штангенциркуля с точностью 0,01 мм. Параметры лицевого отдела (высота грушевидного отверстия, высота и две ширины орбиты (от максиллофронтальной точки и от дакриона), высота и ширина ветви, а также высота и толщина тела нижней челюсти) получены по стандартной краниометрической методике [Алексеев, Дебец, 1964]. Для структур основания черепа использовалась методика П.П. Руссо и Р.Л. Смита: получены расстояния от переднего края овального, острого отверстия и наружного отверстия каротидного канала до базиона и до глоточного бугорка [Russo, Smith, 2011]. Дополнительно были измерены расстояния от мышцелковых каналов до базиона и глоточного бугорка, взаимно перпендикулярные наибольшие диаметры *fossa jugularis*, *canalis caroticum externum* и *foramen ovale*. Все эти отверстия на основании черепа пропускают через себя сосуды, артерии, вены, отвечающие за кровоснабжение мозга, головы, лица, и нервы, возбуждающие лицевые и жевательные мышцы. Вполне закономерно предположить, что строение и размеры отверстий, через которые проходят эти структуры, могут влиять на морфологические и функциональные особенности костно-мышечного аппарата головы человека.

Статистический анализ данных проводился в программе STATISTICA for Windows 10.0. и включал три этапа: 1) тестирование на наличие ошибок измерения с целью их устранения; 2) проверка данных на наличие признаков с нефлуктуирующим характером распределения размеров сторон; 3) вычисление интегральных индексов ФА для каждого индивида по всем признакам, а на их основе для групп по каждому признаку и по всей совокупности признаков. Мы опирались на методические рекомендации по подходу к статистической обработке параметров билатеральной асимметрии у биологических объектов [Palmer, Strobek, 1986, 1992; Зорина, 2012] и на работы, где эти методы были применены в антропологических исследованиях [Прудникова, 2012; Березина, 2017; Özener, 2010, 2012].

Изучалось распределение показателя асимметрии (AS), рассчитанного по формуле: $AS = [(R-L)/(R+L)] * 100$, где – R и L размер признака на правой и левой стороне соответственно [Steele, Mays, 1995]. Поскольку статистической характеристикой ФА является нормальное распределение различий сторон с нулевым средним значением, более сложное их распределение допускает другие формы асимметрий. Так, НА отражает постоянное отклонение признака к большему развитию на одной стороне и ее статистической характеристикой явля-

ется нормальное распределение разниц между сторонами, но вокруг ненулевого среднего значения. При АН признак имеет большее значение то на одной, то на другой стороне билатеральной структуры. Статистической характеристикой этого типа асимметрии является бимодальное распределение различий сторон по отношению к нулю, а направленность различий не имеет значения.

Для анализа данных на нормальность распределения различий признаков был использован тест Шапиро-Уилка. Присутствие НА было вычислено двумя способами: с использованием t-критерия Стьюдента для зависимых выборок (для признаков с нормальным распределением вокруг ненулевого среднего значения) и критерия Уилкоксона (для признаков, показавших отличное от нормального распределение). За нулевую гипотезу было взято допущение равенства сторон, при значении $p \leq 0,05$, нулевая гипотеза отвергалась. Для проверки признаков на наличие АН были рассчитаны значения их эксцессов, значимыми считались $p \leq 0,02$. Сравнение показателей асимметрии в мужской и женской группах проводилось с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Статистический анализ на нормальность распределения индивидуальных значений показателей асимметрии в объединенной серии мужчин и женщин алдыбельской культуры выявил два признака с распределением, отличным от нормального, – толщину тела нижней челюсти и расстояние от медиального края каротидного канала до глоточного бугорка. Статистическое тестирование не обнаружило для этих признаков НА и АН. Вероятно, причиной нарушения нормальности распределения стал недостаточный для статистического анализа объем наблюдений. НА обнаружена для ширины орбиты от дакриона, высоты орбиты, продольного диаметра яремной вырезки, поперечного диаметра овального отверстия и расстояния от овального отверстия до базиона. Внутригрупповой сравнительный анализ показателей асимметрии этой серии не выявил достоверных различий между мужской и женской группой.

Статистический анализ на нормальность распределения показателей асимметрии в объединенной серии мужчин и женщин уюкско-саглынской культуры показал, что все признаки распределены нормально. Поэтому статистическое тестирование на наличие НА проводилось только с помощью t-критерия Стьюдента. Она была обнаружена для высоты орбиты, наименьшей ширины ветви нижней челюсти, продольного диаметра яремной вырезки, поперечного диаметра овального отвер-

стия и поперечного диаметра каротидного канала. Различия между мужскими и женскими группами достоверны по продольному диаметру яремной вырезки и расстоянию от овального отверстия до глоточного бугорка.

Межгрупповой анализ показателей асимметрии проводился на основе сравнений относительных коэффициентов асимметрии (РА) $RA = \sqrt{((R-L)^2)/(R+L)}/2$, с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Для объединенных серий мужчин и женщин различия выявлены по расстояниям от остистого отверстия до глоточного бугорка, от овального отверстия до базиона и по высоте орбиты. В обеих сериях асимметрия по высоте орбиты имеет направленный характер, а по расстоянию от остистого отверстия до глоточного бугорка – флуктуирующий. Расстояние от овального отверстия до базиона показало НА в группе Аржан-2 и Копто и флуктуирующую в группе Догээ-Баары-2. Сравнительный статистический анализ между мужчинами из двух серий выявил отличия по высоте ветви и тела нижней челюсти и расстоянию от остистого отверстия до глоточного бугорка. У женщин признаков, показывающих достоверные различия по РА, выявлено не было.

В качестве показателя межгрупповых различий ФА был использован ее интегральный индекс (ИФА). Он вычислялся как сумма средних по группам значений показателей абсолютной асимметрии (АА) $AA = (\sqrt{((R-L)^2})n$, где n – это количество признаков. ИФА составил: в суммарной (мужчины и женщины) серии алдыбельской культуры 0,6922, в мужской ее группе – 0,7954, в женской – 0,5631; в суммарной серии уюкско-саглынской культуры – 0,7096, в мужской – 0,6449, в женской – 0,8240.

В данной работе использован комплекс признаков, отражающих функционирование мышц шейного, спинного и лицевого отделов, особенности их иннервации и кровоснабжения. Полученные данные показали, что коэффициенты асимметрии одних и тех же признаков могут по-разному проявлять себя в разных группах – т.е. варьировать по законам ФА или НА. Поэтому тщательный внутригрупповой анализ показателей асимметрии для их разделения на типы является необходимым этапом работы, определяющим в дальнейшем корректную интерпретацию данных.

Различия интегрального показателя ФА не показали статистической достоверности в силу малочисленности серий, но, тем не менее, указали на определенную тенденцию. Так, более высокий интегральный индекс ФА, зафиксирован в суммарной серии черепов уюкско-саглынской культуры

и определяется его повышением в женской группе. У мужчин из Догээ-Баары-2 этот индекс понижается по сравнению с представителями предшествующей алдыбельской культуры. Вероятно, этот факт отражает ситуацию, при которой женщины на этапе развития уюкско-саглынской культуры испытывали более сильное давление стрессогенных факторов среды. Например, гендерные различия в обеспеченности пищевыми ресурсами были установлены по данным изучения Д.А. Завгородней патологического статуса зубной системы этой группы.

Список литературы

Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. – М.: Наука, 1964. – 128 с.

Березина Н.Я. Анализ показателей билатеральной асимметрии длинных костей конечностей раннесредневекового населения Северной Осетии (по материалам могильника Мамисондон) // Вестн. Мос. ун-та. Сер. 23: Антропология. – 2017. – № 3. – С. 104–113.

Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Медицина, 1988. – 240 с.

Зорина А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // Принципы экологии. – 2012. – № 3. – С. 24–47.

Прудникова А.С. Исследование флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков в антропологии: методические аспекты: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 2012. – 307 с.

Тур С.С. Билатеральная асимметрия длинных костей конечностей у скотоводов эпохи бронзы и раннего железа Горного Алтая // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2014. – № 3 (59). – С. 141–156.

Шэнахан К. Умный ген. Какая еда нужна нашей ДНК. – М.: Эксмо, 2016. – 387 с.

Auerbach B.M., Ruff Ch.B. Limb bone asymmetry: variability and commonality among modern humans // *J. of Hum. Evol.* – 2006. – Vol. 50. – P. 203–218.

Benderlioglu Z. Fluctuating asymmetry and steroid hormones: A review // *Symmetry*. – 2010. – N 2. – P. 541–553.

Fink B., Manning J.T., Neave N., Grammer K. Second to fourth digit ratio and facial asymmetry // *Evol. Hum. Behav.* – 2004. – Vol. 25. – P. 125–132.

Kharlamova A.V., Trut L.N., Chase K., Kukekova A.V., Lark K.G. Directional asymmetry in the limbs, skull and pelvis of the Silver Fox (*V. vulpes*) // *J. Morphol.* – 2010. – Vol. 271. – N 12. – P. 1501–1508.

Neumann S. Handness in comparison with the asymmetry of the upper extremities // *Zeitschrift fur Morfologie und Anthropologie*. – 1992. – Vol. 79, N 2. – P. 183–195.

Özener B. Fluctuating and Directional Asymmetry in Young Human Males: Effect of Heavy Working Condition and Socioeconomic Status // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2010. – N 143. – P. 112–120.

Özener B. Extreme behavioral lateralization and the remodeling of the distal humerus // *American Journal of Human Biology*. – 2012. – Vol. 24. – N 4. – P. 436–440.

Palmer A.R. Symmetry Breaking and the Evolution of Development // *Science*. – 2004. – Vol. 306. – P. 828–833.

Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. – 1986. – Vol. 17. – P. 391–421.

Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implication of non-normal distributions and power statistical tests // *Acta Zoologica Fennica*. – 1992. – N 191. – P. 57–72.

Plato C.C., Wood J.L., Norris A.H. Bilateral asymmetry in bone measurements of the hand and lateral hand dominance // *Am. J. of Physical anthropol.* – 1980. – Vol. 52, N 1. – P. 27–31.

Russo P.P., Smith R.L. Asymmetry of human skull base during growth // *Int. J. Morphol.* – 2011. – Vol. 29, N 3. – P. 1028–1032.

Steel J. Handedness in past human populations: Skeletal markers // *Laterality*. – 2000. – Vol. 5, N 3. – P. 193–220.

Steele J., Mays S. Handness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb // *Int. J. of Osteoarchaeology*. – 1995. – Vol. 5. – P. 39–49.

Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry // *Evolution*. – 1962. – Vol. 16, N 2. – P. 125–142.

References

Alekseev V.P., Debets G.F. Kраниometriya. Metodika antropologicheskikh issledovaniy. Moscow: Nauka, 1964, 128 p. (in Russ.).

Auerbach B.M., Ruff Ch.B. Limb bone asymmetry: variability and commonality among modern humans. In *Journal of Human Evolution*, 2006, vol. 50, pp. 203–218.

Benderlioglu Z. Fluctuating asymmetry and steroid hormones: A review. *Symmetry*, 2010, No. 2, pp. 541–553.

Berezina N.Ya. Analiz pokazatelei bilateral'noi asimmetrii dlinnykh kostei konechnostei rannesrednevekovogo naseleniya Severnoi Osetii (po materialam mogil'nika Mamisondon). In *Bulletin of Moscow University. Series 23: Anthropology*, 2017, No. 3, pp. 104–113 (in Russ.).

Bragina N.N., Dobrokhotova T.A. Funktsional'nye asimmetrii cheloveka. Moscow: Meditsina, 1988, 240 p. (in Russ.).

Fink B., Manning J.T., Neave N., Grammer K. Second to fourth digit ratio and facial asymmetry. *Evol. Hum. Behav.*, 2004, vol. 25, pp. 125–132.

Kharlamova A.V., Trut L.N., Chase K., Kukekova A.V., Lark K.G. Directional asymmetry in the limbs, skull and pelvis of the Silver Fox (*V. vulpes*). *J. Morphol.*, 2010, vol. 271, No. 12, pp. 1501–1508.

Neumann S. Handness in comparison with the asymmetry of the upper extremities. *Zeitschrift fur Morfologie und Anthropologie*, 1992, vol. 79, No. 2, pp. 183–195.

Özener B. Fluctuating and Directional Asymmetry in Young Human Males: Effect of Heavy Working Condition and Socioeconomic Status. *Am. J. of Physical Anthropology*, 2010, No. 143, pp. 112–120.

Özener B. Extreme behavioral lateralization and the remodeling of the distal humerus. *Am. J. of Human Biology*, 2012, vol. 24, No. 4, pp. 436–440.

Palmer A.R. Symmetry Breaking and the Evolution of Development. *Science*, 2004, vol. 306, pp. 828–833.

Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 1986, vol. 17, pp. 391–421.

Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implication of non-normal distributions and power statistical tests. *Acta Zoologica Fennica*, 1992, No. 191, pp. 57–72.

Plato C.C., Wood J.L., Norris A.H. Bilateral asymmetry in bone measurements of the hand and lateral hand dominance. *American Journal of Physical anthropology*, 1980, vol. 52, No. 1, pp. 27–31.

Prudnikova A.S. Issledovanie fluktuiruyushchei asimmetrii bilateral'nykh priznakov v antropologii: metodicheskie aspekty: cand. sc. (biology) dissertation abstract. Moscow, 2012, 307 p. (in Russ.).

Russo P.P., Smith R.L. Asymmetry of human skull base during growth. *Int. J. Morphol*, 2011, vol. 29, No. 3, pp. 1028–1032.

Shenakhan K. Umnyi gen. Kakaya eda nuzhna nashei DNK. Moscow: Eksmo, 2016, 387 p. (in Russ.).

Steel J. Handedness in past human populations: Skeletal markers. *Laterality*, 2000, vol. 5, No. 3, pp. 193–220.

Steele J., Mays S. Handness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb. *Int. J. of Osteoarchaeology*, 1995, vol. 5, pp. 39–49.

Tur S.S. Bilateral'naya asimmetriya dlinnykh kostei konechnostei u skotovodov epokhi bronzy i rannego zheleza Gornogo Altaya. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2014, No. 3 (59), pp. 141–156 (in Russ.).

Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 1962, vol. 16, No. 2, pp. 125–142.

Zorina A.A. Metody statisticheskogo analiza fluktuiruyushchei asimmetrii. In *Principles of Ecology*, 2012, No. 3, pp. 24–47 (in Russ.).