

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

А.С. Прудникова<sup>1</sup>, М.Л. Бутовская<sup>2</sup>, Е.В. Веселовская<sup>2</sup>, Е.З. Година<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва*

<sup>2</sup> *Институт этнологии и антропологии РАН, Москва*

<sup>3</sup> *НИИ и Музей антропологии МГУ, Москва*

*Введение:* Целью данного исследования является характеристика уровня флуктуирующей асимметрии (далее ФА) у спортсменов разных спортивных специализаций, а также у спортсменов имеющих различный уровень спортивных достижений. ФА связывают с нарушением стабильности развития организма, таким образом, ФА может являться показателем физического здоровья и адаптивного потенциала организма.

*Материалы и методы:* Размер выборки составил 212 юношей спортсменов и 156 девушек спортсменок. Для сравнения была исследована контрольная группа, состоящая из юношей и девушек того же возраста, не занимающихся профессиональным спортом (62 юноши и 75 девушек). Исследуемые морфологические признаки (промеры с левой и правой стороны): длины 2 и 4 пальцев, длина уха, ширины запястья, лодыжки и стопы. На первом этапе исследования спортсмены, занимающиеся различными видами спорта, были поделены на группы (в соответствии с тремя различными классификациями): 1) циклические, сложно-координационные, единоборства, спортивные игры; 2) циклические, ациклические и комбинированные; 3) симметричные, асимметричные и смешанные. На втором этапе работы исследовалась ФА у спортсменов, имеющих разный уровень спортивных достижений. При вычислении ФА для каждого признака проводился анализ на характер распределения его асимметрии, на наличие направленной асимметрии, антисимметрии и размер-зависимости.

*Результаты и обсуждение:* Отмечена тенденция к увеличению величины ФА у спортсменов в целом, по сравнению с участниками контрольной группы. Выявлено, что наименьшими показателями ФА обладают спортсмены-единоборцы и спортсмены, занимающиеся циклическими видами спорта. При исследовании ФА спортсменов различной спортивной квалификации, выяснилось, что спортсмены, имеющие высокие спортивные достижения (КСМ, МС и более) имеют меньший уровень ФА, причем у юношей эта тенденция выражена сильнее, чем у девушек.

*Выводы:* Усиление ФА, отмеченное для спортсменов в целом, по-видимому, отражает реакцию морфологических структур на высокие нагрузки характерные для профессионального спорта. Группы спортсменов специализирующиеся на единоборствах и на циклических видах спорта, обладают наименьшим показателем ФА и, следовательно, наиболее высокими адаптационными возможностями организма. У юношей показатель ФА у спортсменов высокой квалификации и контрольной группы значительно ниже, чем у юношей, имеющих меньшие спортивные достижения, что может говорить о более устойчивом онтогенезе и более высоких адаптивных возможностях успешных спортсменов.

*Ключевые слова:* антропология, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, спортсмены, классификация видов спорта, спортивные разряды, адаптация

## Введение

Флуктуирующая асимметрия (далее ФА) представляет собой незначительные случайные (ненаправленные) отклонения от строгой билатеральной симметрии тела [Van Valen, 1962; Palmer, Strobeck, 1986]. Считается, что ФА проявляется при нарушении стабильности развития организма (гомеостаза), а изменение последнего, в свою очередь, связано с действием на организм стрессующих факторов. Таким образом, ФА является своеобразным индикатором стрессового воздействия на организм. Следует отметить, что различия между сторонами при ФА не являются генетически детерминированным и не имеют самостоятельного адаптивного значения [Захаров, 1987]. Эти отличия являются показателем того, насколько строго онтогенетические процессы в организме идут в соответствии с общей наследственной программой организма, заданной генотипом. Таким образом, ФА может являться своеобразным показателем несовершенства развития или незавершенности процессов нормального онтогенеза у животных [Palmer, Strobeck, 2003]. В связи с этим, ФА может также являться показателем физического здоровья и адаптивного потенциала организма.

В результате многочисленных исследований было показано, что ФА охвачены практически все билатеральные структуры у самых разных видов живых организмов [Захаров, 1987]. Исследование ФА у растительных и животных организмов получило широкое практическое применение для оценки состояния и динамики экосистем, а также для определения степени загрязнения среды [Захаров и др., 2000]. Не обошло вниманием исследование этого уникального показателя и у человека. Приведем лишь несколько работ, иллюстрирующих исследование ФА по разным признакам человека. Так, в работе Печенкиной Е.А. с соавторами [Pechenkina et al., 2000] описано исследование ФА по дерматоглифическим признакам, а в работе Бардена Г. [Barden, 1980] по одонтологическим признакам. Но наибольшую популярность при исследовании ФА имеют морфологические признаки: ширины мышечков, длина и ширина уха, длины 2-5 пальцев рук [Livshits, Kobylanski, 1989; Gangestad, Thornhill, 1997; Manning et al., 1997].

Цель данной работы состоит в том, чтобы исследовать уровень ФА у спортсменов разных спортивных специализаций, а также у спортсменов, имеющих различный уровень спортивных достижений, и проанализировать возможные различия по ФА как показателя адаптивного потенциала у исследуемых групп.

## Материалы и методы

Для оценки ФА по морфологическим признакам использовался материал, собранный в ходе программы по исследованию морфофункциональных и психологических показателей студентов РГУФКиТа, имеющих различную спортивную специализацию, а также представителей юношеской сборной России по футболу и юношеской сборной России по дзюдо. Общий объем выборки спортсменов составляет 368 человек, из них 156 девушек и 212 юношей. Возрастной интервал испытуемых: 16–25 лет. Для сравнения с экспериментальной группой, была собрана контрольная группа соответствующего возраста, состоящая из людей, не имеющих значительных достижений в спорте: студентов МГУ им. Ломоносова и Учебно-научного центра социальной антропологии РГГУ, аспирантов различных институтов РАН.

Программа по исследованию ФА тела включала в себя следующие морфологические признаки: длины 2 и 4 пальцев на обеих руках по методике Дж. Меннинга – от внутреннего края базального гребня в основании до кончика пальца [Manning, 2002], длина уха, ширина запястья, ширины лодыжки и стопы. Данные по 2 и 4 пальцам и их соотношению более детально обсуждаются в нашей ранней работе [Бутовская, Веселовская, Прудникова, 2010; Бутовская и др., 2011]. Измерения мышечков проводились по методике, принятой в НИИ антропологии МГУ [Бунак, 1941]. Исследования проведены с учетом требований биоэтики. Большинство испытуемых являются представителями восточнославянских этнических групп: русских, белорусов и украинцев. Кроме того, в выборке также присутствует и небольшой процент представителей народов Кавказа – 5% в мужской выборке и 1% в женской.

Для анализа ФА у спортсменов разных спортивных специальностей мы использовали три схемы классификации видов спорта:

1) Классификация, которая включает виды спорта, отражающие специфику движений, а также структуру соревновательной и тренировочной деятельности. Данная классификация опирается на классификацию, описанную Л.П. Матвеевым [Матвеев, 1991], но мы разделили группу, содержащую спортсменов единоборцев вместе со спортсменами игровых видов спорта, на две отдельные соответствующие группы. Кроме того, выделилась небольшая группа, куда мы отнесли спортсменов, специализирующихся на многоборье и на комбинированных видах спорта. В результате мы получили следующие 6 групп: а) циклические (беговые дисциплины легкой атлетики, плавание,

гребля академическая, гребля на байдарках и каноэ, велосипедный спорт, скоростной бег на коньках, шорт-трек, лыжные гонки); б) скоростно-силовые (тяжелая атлетика, легкоатлетические прыжки и метания; прыжки на лыжах с трамплина); в) сложно-координационные (спортивная гимнастика, художественная гимнастика, прыжки в воду, стрельба стендовая, стрельба пулевая, стрельба из лука, синхронное плавание, фигурное катание, парусный спорт, гребной слалом, конный спорт, фристайл); г) единоборства (бокс, фехтование, борьба вольная, борьба греко-римская, дзюдо, таеквондо); д) спортивные игры (баскетбол, бадминтон, бейсбол, волейбол, гандбол, футбол, водное поло, хоккей с шайбой, хоккей на траве, настольный теннис, теннис, пляжный волейбол, керлинг); е) многоборья и комбинированные виды (современное пятиборье, легкоатлетические десятиборье и семиборье, триатлон, лыжное двоеборье, биатлон).

2) Классификация видов спорта, основанная на анализе структуры двигательных действий, в которой выделяются виды спорта с циклической, ациклической и комбинированной структурой движений. Для видов спорта с циклической структурой движений (плавание, гребля, скоростной бег на коньках и т.п.) характерно многократное повторение стереотипных циклов движений. Виды спорта с ациклической структурой движений (борьба, бокс, гимнастика, спортивные игры, тяжелая атлетика, стрельба и др.) характеризуются резким изменением характера двигательной активности. В видах с комбинированной структурой движений сочетается работа циклического и ациклического характера (многоборья, биатлон и др.) [Коц, 1986; Холодов, Кузнецов, 2000].

3) Классификация видов спорта по характеру их воздействия на связочно-мышечный и костно-суставный аппараты спортсмена, по степени участия тех или иных групп мышц в работе и особенностям спортивной рабочей позы при выполнении специфических физических упражнений избранного вида спорта на три группы: симметричные, асимметричные и смешанные виды спорта: Симметричные виды (спортивная гимнастика, конькобежный спорт, беговые виды легкой атлетики, лыжные гонки, плавание, тяжелая атлетика и др.); асимметричные виды спорта (бадминтон, баскетбол, бокс, метание, стрельба, настольный теннис, фехтование и др.); смешанные виды спорта (все виды борьбы, волейбол, многоборья, регби, ручной мяч, футбол, хоккей и др.) [Егоров, 1983].

В исследуемой выборке представлены спортсмены, имеющие 1, 2 спортивные разряды, КМС,

МС, ММК, ЗМС, а также небольшая группа спортсменов без разряда. В связи с небольшой численностью выборки в ходе анализа мы провели объединение спортсменов, имеющих более высокие спортивные достижения: КМС, МС, ММК, ЗМС в одну группу и спортсменов, имеющих на момент исследования 1, 2 разряд и ниже, во вторую группу.

После измерения признаков с правой и левой сторон тела, для каждого признака проводилось вычисление ФА, которое состоит из нескольких этапов:

- 1) Оценка характера распределения асимметрии признака (L-R) с помощью критериев Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса и критерия Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения признака обоснованно применение параметрических критериев, в случае ненормального распределения – непараметрических. Так как распределение асимметрии большинства признаков не подчиняется нормальному закону, мы в дальнейшем анализе применяем непараметрические критерии (Уилкоксона и Манна-Уитни) [Гелашвили и др., 2004].
- 2) Анализ группы на наличие направленной асимметрии, то есть типа асимметрии, при котором развитие признака на одной стороне тела существенно больше, чем на другой [Van Valen, 1962]. Для изучения направленности асимметрии признаков проводится сравнение данных, полученных с правой стороны тела, с данными, полученными с левой стороны тела, по каждому признаку, по непараметрическому критерию Уилкоксона. Если полученные различия в величине признака на левой и правой сторонах тела статистически не значимы ( $p > 0.05$ ), значит имеет место флуктуация асимметрии признака вокруг нулевого среднего, что является диагностическим признаком ФА. Если же полученные различия значимы ( $p < 0.05$ ), значит имеет место направленная асимметрия по этому признаку. В случае наличия направленной асимметрии в исследуемой группе делалась поправка: ко всем промерам с одной стороны прибавлялось (отнималось) соответствующее значение этого смещения [Гелашвили и др., 2004].
- 3) Выявление антисимметрии – большим развитием структуры то на одной, то на другой стороне тела. Антисимметрия проявляется в виде отрицательного эксцесса распределения различий между сторонами (L-R) либо (L-R)/(L+R)/2. Для выявления антисимметрии мы воспользовались табулированными критическими значениями эксцесса [Palmer, Strobeck,

2003]. Если превышения эмпирического значения эксцесса ( $k$ ) над критическим ( $k_{crit}$ ) не выявляется, можно считать, что антисимметрия у анализируемых признаков отсутствует. При этом индикатором антисимметрии служит только отрицательный эксцесс, в то время как положительный эксцесс указывает на генотипическую гетерогенность организмов выборки по стабильности развития и является нормой [Гелашвили и др., 2004].

- 4) Выявление размер-зависимости асимметрии признака от среднего размера признака с использованием непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена. В этом случае проверяется связь между абсолютными значениями асимметрии  $|L-R|$  и средним размером признака  $(L+R)/2$ . При наличии размер-зависимости следует пользоваться формулой с нормированием асимметрии на размер признака:  $|L-R|/[(L+R)/2]$  [Гелашвили и др., 2004].

- 5) Вычисление индекса ФА и общей ФА. Индекс ФА для каждого признака вычислялся по формуле:  $ФА = |L-R|/(R+L) \cdot 0.5$ . Значение общей ФА (суммарный показатель) рассчитывалось, как сумма абсолютных значений ФА каждого признака, т.е.:

$$\text{Общая ФА} = \sum |R-L|/(R+L) \cdot 0.5$$

Для сравнения полученных значений ФА мы используем непараметрический критерий Манна-Уитни, различия считались достоверными при  $p < 0.05$ . Статистическая обработка результатов проводилась на ПК с использованием статистической программы Statistica 6.0.

## Результаты

В первой части исследования проводится анализ ФА у спортсменов в целом и контрольной группы, а также у спортсменов, разделенных в группы по трем различным спортивным классификациям. Анализ на нормальность распределения асимметрии ( $L-R$ ) каждого признака показал, что асимметрия многих признаков имеет ненормальное распределение, следовательно, в дальнейшем анализе применение непараметрических методов является обоснованным. Для каждой исследуемой группы проводилось исследование на наличие направленной асимметрии с помощью критерия Уилкоксона, и в случае ее обнаружения была сделана соответствующая поправка. Антисимметрия по исследуемым признакам выявлена не была. Некоторые признаки (длина 2 и 4 паль-

цев, длина уха и ширина запястья) показали размер-зависимость, поэтому применение нормировки:  $|L-R|/[(L+R)/2]$  для вычисления ФА представляется вполне обоснованным. После проведенного анализа по каждому признаку стало возможным вычисление самого показателя ФА и анализа полученных данных. Полученные значения исследуемого параметра для каждого признака и общий показатель ФА приведены в табл. 1. По значениям общей ФА были построены диаграммы и проведено сравнение по непараметрическому критерию Манна-Уитни. При сравнении всей группы спортсменов и контрольной группы общая ФА у спортсменов превышает это значение у представителей контрольной группы (рис. 1а), причем это характерно как для юношей, так и для девушек. Но по критерию Манна-Уитни данные различия не достоверны (юноши:  $z=1.42$ ,  $p=0.1569$ ; девушки:  $z=-0.57$ ,  $p=0.5688$ ). При сравнении ФА по отдельным признакам (рис. 1б) мы видим, что у юношей по значениям: 2D, 4D, длина уха, ширина запястья и стопы различия незначительны и недостоверны (соответственно:  $z=0.95$ ,  $p=0.3439$ ;  $z=-0.06$ ,  $p=0.9521$ ;  $z=-0.57$ ,  $p=0.5703$ ;  $z=-1.09$ ,  $p=0.2775$ ;  $z=0.82$ ,  $p=0.4112$ ). ФА ширины лодыжки у спортсменов юношей достоверно выше, чем у юношей контрольной группы ( $z=1.97$ ,  $p=0.0493$ ). ФА ширины запястья девушек контрольной группы достоверно выше, чем у девушек спортсменок ( $z=2.57$ ,  $p=0.0101$ ), а по остальным признакам: 2D, 4D, длина уха, ширина лодыжки и стопы, различия незначительны и не достоверны (соответственно:  $z=-1.32$ ,  $p=0.1856$ ;  $z=0.63$ ,  $p=0.5296$ ;  $z=-0.86$ ,  $p=0.3887$ ;  $z=-0.90$ ,  $p=0.3699$ ;  $z=-1.14$ ,  $p=0.2518$ ).

Следующим этапом исследования было разделение спортсменов на группы в соответствии с первой классификацией, отражающей специфику движений и структуру соревновательной и тренировочной деятельности (рис. 2а), а также характеристика суммарного показателя ФА у полученных групп. Было установлено, что наименьшим показателем ФА, как у юношей, так и у девушек, характеризуются спортсмены, специализирующиеся в единоборствах, а наибольшим – в игровых видах спорта. У юношей эти различия достигают достоверных значений ( $z=-3.40$ ;  $p=0.0007$ ), а также достоверных значений достигают и различия у спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта, и юношей контрольной группы ( $z=2.88$ ;  $p=0.0039$ ). Представители сложно-координационных видов спорта превышают спортсменов единоборцев по уровню ФА, но эти различия проявляются лишь на уровне тенденции ( $z=1.78$ ;  $p=0.0754$ ). Девушки спортсменки, занимающиеся

Таблица 1. Значения ФА отдельных признаков и общего показателя ФА у спортсменов разных видов спорта и у представителей контрольной группы

Пол	Спортивная классификация	N, чел.	ФА органа						Общая ФА		
			2D	4D	Длина уха	Ширина запястья	Ширина лодыжки	Ширина стопы			
Юноши	По Л.П. Матвееву в собственной модификации	Циклические	36	0.022	0.016	0.018	0.020	0.021	0.024	0.120	
		Сложно-координационные	30	0.013	0.019	0.021	0.026	0.032	0.018	0.129	
		Единоборства	58	0.015	0.013	0.025	0.019	0.018	0.019	0.108	
		Спортивные игры	64	0.019	0.018	0.025	0.020	0.027	0.029	0.138	
	По структуре движений	Циклические	36	0.022	0.016	0.018	0.020	0.021	0.024	0.120	
		Ациклические	165	0.016	0.016	0.024	0.021	0.024	0.023	0.124	
	По Г.Е. Егорову	Симметричные	73	0.017	0.016	0.020	0.022	0.026	0.021	0.121	
		Асимметричные	35	0.018	0.015	0.022	0.023	0.030	0.022	0.130	
	Юноши	Смешанные	94	0.017	0.016	0.026	0.020	0.020	0.020	0.025	0.124
		Все спортсмены	212	0.018	0.016	0.023	0.021	0.024	0.022	0.123	
Контроль		62	0.016	0.015	0.023	0.023	0.017	0.021	0.115		
Все		274	0.017	0.015	0.023	0.021	0.022	0.022	0.121		
Левшiki	По Л.П. Матвееву в собственной модификации	Циклические	52	0.017	0.013	0.018	0.023	0.024	0.021	0.116	
		Сложно-координационные	60	0.019	0.012	0.027	0.021	0.031	0.019	0.129	
		Единоборства	11	0.017	0.015	0.016	0.018	0.019	0.020	0.104	
		Спортивные игры	23	0.023	0.021	0.025	0.025	0.026	0.021	0.141	
	По структуре движений	Циклические	52	0.017	0.013	0.018	0.023	0.024	0.021	0.116	
		Ациклические	101	0.019	0.016	0.025	0.022	0.030	0.019	0.131	
	По Г.Е. Егорову	Симметричные	113	0.018	0.014	0.023	0.022	0.028	0.019	0.125	
		Асимметричные	22	0.021	0.021	0.024	0.025	0.026	0.020	0.136	
	Левшiki	Смешанные	19	0.022	0.014	0.023	0.019	0.025	0.024	0.126	
		Все спортсмены	156	0.019	0.015	0.023	0.022	0.027	0.021	0.127	
Контроль		75	0.017	0.016	0.020	0.030	0.023	0.018	0.123		
Все		231	0.018	0.015	0.022	0.025	0.026	0.020	0.126		

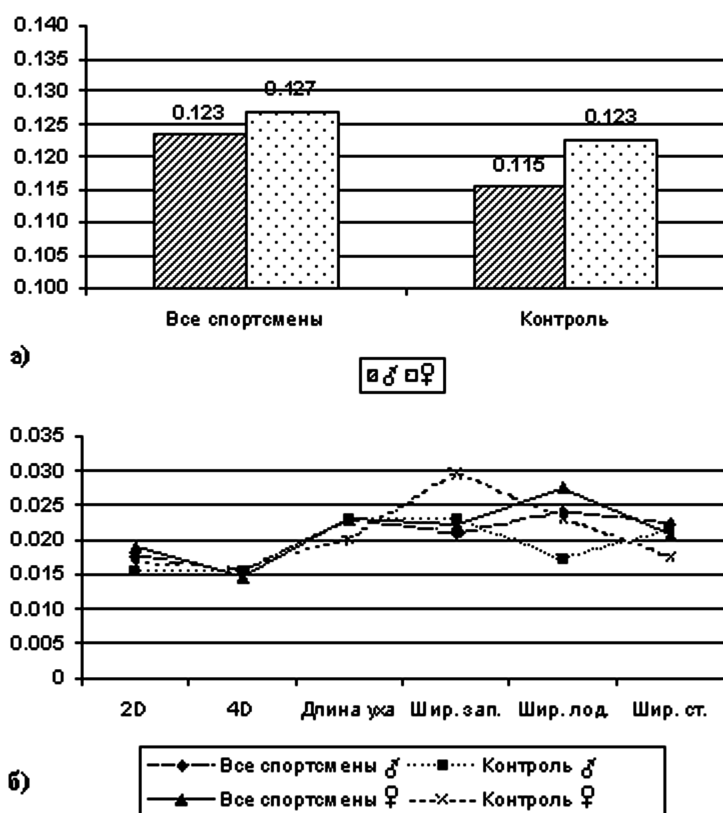


Рис. 1. Значения ФА у спортсменов и у представителей контрольной группы (юноши и девушки): а) значения общей ФА; б) значения ФА отдельных признаков: 2D и 4D – длина второго и четвертого пальцев, длина уха, «Шир. зап.» – ширина запястья, «Шир. лод.» – ширина лодыжки, «Шир. ст.» – ширина стопы

единоборствами, также имеют достоверно меньший уровень общей ФА по сравнению с девушками, специализирующимися в спортивных играх ( $z=-2.52$ ;  $p=0.0117$ ). Кроме того, общая ФА достоверно выше у девушек, занимающихся спортивными играми, по сравнению с девушками циклических видов спорта ( $z=-2.14$ ;  $p=0.0326$ ) и девушками из контрольной группы ( $z=-1.95$ ;  $p=0.0513$ ).

Далее мы проанализировали различия по общей ФА спортсменов, разделенных на группы в соответствии со второй классификацией, основанной на анализе структуры двигательных действий (рис. 2б). При этом наибольший показатель общей ФА оказался у спортсменов обоих полов, занимающихся ациклическими видами спорта, по сравнению со спортсменами циклических видов и представителями контрольной группы. А по другим двум группам у юношей циклических видов спорта уровень ФА выше, чем у юношей контрольной группы, в то время как у девушек мы наблюдаем обратный результат: ФА контрольной

группы выше, чем ФА девушек циклических видов спорта. Однако все полученные различия не достигают уровня достоверности.

На следующем этапе мы разделили исследуемую группу спортсменов на группы в соответствии с классификацией видов спорта по характеру их воздействия на опорно-двигательный аппарат (рис. 2в). Как и в случае первой классификации, уровень ФА у обоих полов разных спортивных групп носит схожий характер. Наибольшим уровнем ФА обладают спортсмены асимметричных видов спорта, а наименьшим участники контрольной группы. При этом у тех спортсменов, которые относятся к симметричной и смешанной группам, уровень ФА занимает промежуточные значения. Но по критерию Манна-Уитни уровня достоверности достигают только различия у спортсменов-юношей, специализирующихся на асимметричных видах спорта, и юношей контрольной группы ( $z=2.08$ ;  $p=0.0375$ ).

Во второй части работы исследуется ФА у спортсменов, разделенных в группы по спортивным достижениям (по спортивным разрядам). Перед тем как провести расчет ФА по полученным группам, необходимо еще раз охарактеризовать все признаки каждой группы на наличие «чистой» ФА. Так, характер распределения асимметрии ряда признаков отличается от нормального, что позволяет нам в дальнейшем анализе использовать непараметрические критерии. При наличии у признака направленной асимметрии проводилась соответствующая поправка. Антисимметрия у исследуемых признаков обнаружена не была. Размер-зависимость так же присутствует у некоторых групп, поэтому использование формулы  $(L-R)/(L+R)/2$  с нормированием асимметрии на размер признака представляется вполне обоснованным. Полученные результаты ФА отдельных признаков и общей ФА представлены в табл. 2.

Сначала мы проанализировали различия в значениях общей ФА по группам спортсменов, имеющих все спортивные разряды, спортсменов без разряда и участников контрольной группы (рис. 3а). В целом мы видим, что у юношей наибольшие показатели ФА наблюдаются у спортсменов 1 и 2 спортивных разрядов, минимальными значениями ФА обладают спортсмены высоких разрядов (МС и более) и представители контрольной группы. У девушек ситуация несколько иная: максимальные значения ФА представлены у спортсменок 1 разряда и КМС, а наименьшие у спортсменок высоких разрядов – МС. Группа, представленная спортсменами без разряда, показывающая наименьшие показатели ФА, представлена очень низкой численностью выборки и, вероятно, полученный результат связан именно с этим обстоятельством. Различия между полученными значениями ФА не достигают достоверных значений, что, вероятно, связано, опять же, с малой численностью полученных выборок. В связи с этим, мы объединили спортсменов без разряда, спортсменов 1 и 2 разрядов в одну группу, а спортсменов более высоких квалификаций КМС, МС и выше во вторую группу и провели вычисление ФА (рис. 3б). В результате, суммарный показатель ФА у группы юношей с невысокими разрядами значительно выше показателя ФА у спортсменов, имеющих высокие достижения в спорте, но эти различия не достоверны. Различия по величине ФА у юношей спортсменов низких разрядов и представителей контрольной группы близки к достоверным ( $z=-1.79$ ;  $p=0.0735$ ). Различия между исследуемыми группами у девушек выражены меньше и не достигают достоверных значений.

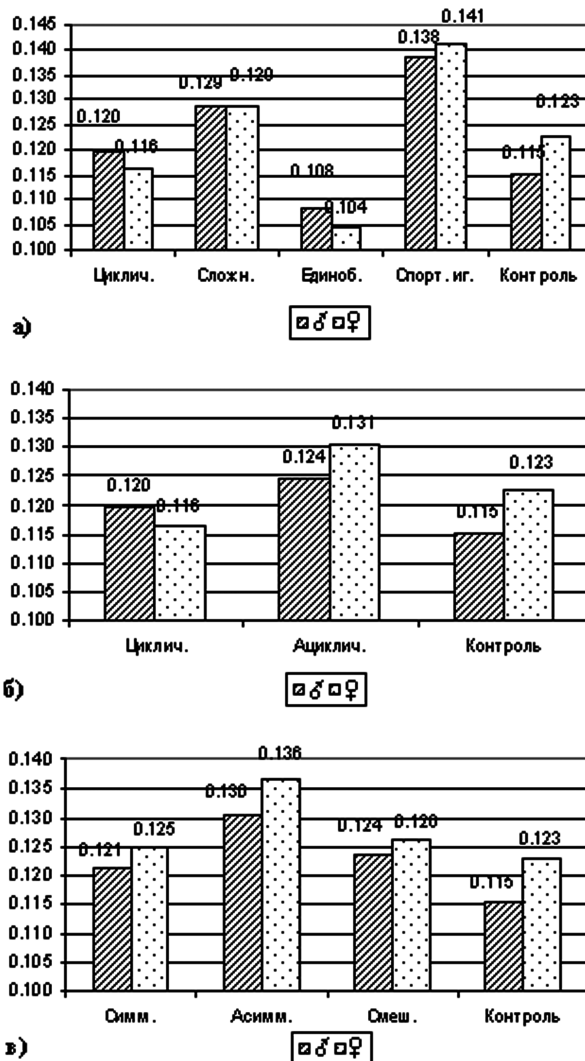


Рис. 2. Значения общей ФА у спортсменов разных видов спорта и у представителей контрольной группы: а) спортсмены объединены в группы в соответствии с модифицированной классификацией Л. П. Матвеева [Матвеев, 1991]. Виды спорта: циклические, сложно-координационные, единоборства, спортивные игры; б) спортсмены объединены в группы в соответствии с классификацией, основанной на анализе структуры двигательных действий [Коц, 1986; Холодов, Кузнецов, 2000]: циклические и ациклические; в) спортсмены объединены в группы в соответствии с характером воздействия видов спорта на опорно-двигательный аппарат [Егоров, 1983]: симметричные, асимметричные, смешанные

**Таблица 2. Значения ФА отдельных признаков и общего показателя ФА у спортсменов разных спортивных квалификаций и у представителей контрольной группы**

Пол	Спортивные разряды	N, чел.	ФА органа:						Общая ФА
			2D	4D	Длина уха	Ширина запястья	Ширина лодыжки	Ширина стопы	
Юноши	без разряда	12	0.012	0.012	0.023	0.020	0.021	0.028	0.116
	2 разряд	23	0.017	0.013	0.020	0.020	0.034	0.025	0.128
	1 разряд	63	0.019	0.016	0.020	0.022	0.023	0.025	0.126
	КМС	78	0.018	0.015	0.026	0.020	0.019	0.021	0.119
	МС, МСМК, ЗМС	36	0.015	0.017	0.023	0.019	0.026	0.016	0.117
	1, 2 разряд и без разряда	98	0.018	0.015	0.020	0.021	0.027	0.025	0.127
	КМС, МС, МСМК, ЗМС	114	0.017	0.016	0.025	0.020	0.021	0.020	0.118
	Все спортсмены	212	0.018	0.016	0.023	0.021	0.024	0.022	0.123
	Контроль	62	0.016	0.015	0.023	0.023	0.017	0.021	0.115
	Все	274	0.017	0.015	0.023	0.021	0.022	0.022	0.121
Девочки	без разряда	13	0.015	0.011	0.015	0.015	0.038	0.017	0.111
	2 разряд	26	0.015	0.014	0.023	0.022	0.029	0.020	0.123
	1 разряд	25	0.018	0.016	0.023	0.024	0.029	0.023	0.133
	КМС	55	0.022	0.014	0.024	0.023	0.025	0.020	0.128
	МС	37	0.018	0.015	0.025	0.022	0.023	0.019	0.121
	1, 2 разряд и без разряда	64	0.017	0.015	0.022	0.021	0.031	0.020	0.125
	КМС, МС	92	0.020	0.015	0.024	0.023	0.025	0.019	0.126
	Все спортсмены	156	0.019	0.015	0.023	0.022	0.027	0.021	0.127
	Контроль	75	0.017	0.016	0.020	0.030	0.023	0.018	0.123
	Все	231	0.018	0.015	0.022	0.025	0.026	0.020	0.126



## Обсуждение результатов

В результате анализа суммарного показателя ФА у общей группы спортсменов и у представителей контрольной группы выявляется общая для обоих полов тенденция к увеличению этого показателя у спортсменов. Возможно, что профессиональный спорт и сильные нагрузки на молодой развивающийся организм человека оказывают выраженное стрессирующее воздействие, следствием которого выступает нарушение баланса развития, проявляющееся в повышении уровня ФА. Следует отметить, что полученные различия прослеживаются на уровне тенденций, то есть, невзирая на наличие сильного стрессирующего воздействия на организм спортсмена, адаптационных возможностей его организма оказывается достаточно, чтобы противостоять этим вредным воздействиям. При анализе ФА по отдельным признакам мы видим, что наибольшему воздействию подвержены признаки, такие, как ширина лодыжки у юношей и ширина запястья у девушек, то есть, признаки, на которые приходится значительная часть физической нагрузки.

При исследовании ФА у спортсменов различных видов спорта бросается в глаза то обстоятельство, что циклические виды спорта и единоборства характеризуются наиболее низким уровнем ФА, а игровые виды спорта - наиболее высоким показателем ФА. Причем на этом фоне контрольная группа также отличается низким уровнем ФА. Вероятно, именно в группу спортсменов-единоборцев в результате спортивного отбора попадают спортсмены, обладающие наиболее высокой адаптационной устойчивостью к средовым воздействиям. При других способах классификации спортсменов наибольшим показателем ФА отличаются группы юношей и девушек ациклических и асимметричных видов спорта, что может также отражать специфику влияния на организм нагрузки, характерной для этих видов спорта. Следует отметить, что для представителей асимметричных видов спорта полученный результат не является проявлением асимметричной деятельности спортсменов, то есть большего развития органа одной стороны тела в результате асимметричности нагрузки. Такая асимметрия тела отразилась бы, в первую очередь, на уровне направленной асимметрии, которая была устранена введением соответствующей поправки для каждой группы спортсменов еще перед вычислением ФА. Тем не менее, возможно, что асимметричная нагрузка оказывает некоторое негативное воздействие на организм, что и отражается на повышении уровня ФА.

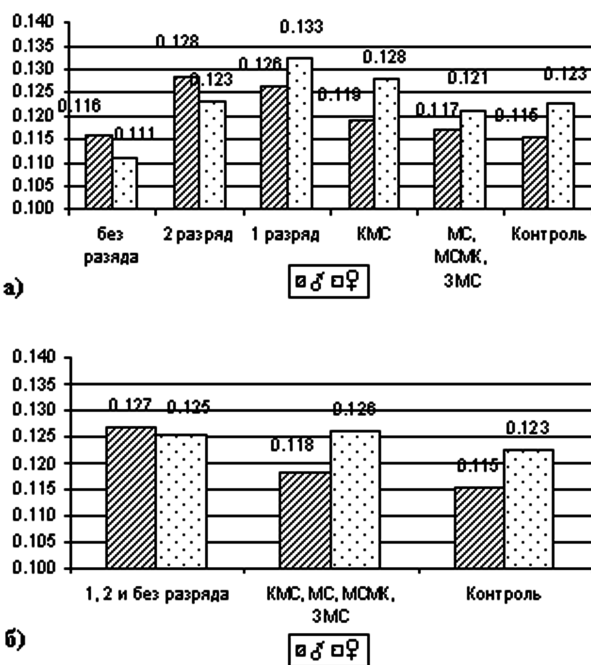


Рис. 3. Значения общей ФА у спортсменов, имеющих различную спортивную квалификацию и у представителей контрольной группы: а) спортсмены всех представленных спортивных квалификаций; б) спортсмены, сгруппированы в 2 группы по своим спортивным достижениям

При оценке ФА у спортсменов, имеющих различный уровень спортивных достижений, более четкая картина наблюдается у юношей: максимальные значения ФА имеют спортсмены более низкой квалификации (1 и 2-й разряды). При суммировании их в единую группу, со спортсменами без разряда, мы видим также превышение значения ФА по сравнению со спортсменами более высокой квалификации. Полученный результат свидетельствует о том, что юноши, достигшие высоких спортивных успехов, обладают более устойчивым адаптивным комплексом признаков, который поддерживает стабильность развития организма, несмотря на стрессирующее воздействие на организм высокой физической нагрузки. У девушек данная тенденция прослеживается менее четко, но все же спортсменки, обладающие наибольшей спортивной квалификацией, имеют наименьшие показатели ФА. Возможно, у девушек успешность в спорте менее связана с общими адаптационными способностями организма.

Для объяснения полученных результатов, мы обратились к работам исследователей гомеостаза развития. Так, еще в работах И. Лернера [Lerner, 1954] была высказана идея о том, что гетерозиготность обеспечивает более высокий морфогенетический гомеостаз по сравнению с гомозиготностью и тем самым повышает приспособленность организма. Так как ФА является показателем гомеостаза организма, следует предположить, что наиболее гетерозиготные, а, следовательно, наиболее приспособленные, адаптированные организмы будут обладать низкими значениями ФА организма. Так, например, в работах Г. Лившица и Е. Кобылянского при изучении ФА человека, было подтверждено, что уровень гетерозиготности отрицательно коррелирует с уровнем ФА организма [Livshits, Kobylansky, 1991]. В этой же работе было показано, что индивиды, страдающие от различных аномалий развития, обладали более высоким показателем ФА.

На первый взгляд, полученные нами в рамках данного исследования результаты могут показаться несколько противоречивыми. Казалось бы, что именно спортсмены должны обладать более высоким показателем приспособленности, а, следовательно, низким показателем ФА. Мы же видим обратную картину: усиление ФА в группе спортсменов. Усиление ФА, отмеченное для спортсменов в целом, вероятно, отражает реакцию морфологических структур на высокие нагрузки, характерные для профессионального спорта, но на этом фоне наиболее адаптированными оказываются представители единоборств и циклических видов спорта. Следовательно, можно предположить, что уже исходно для этих видов спорта отбираются индивиды, обладающие большей гетерозиготностью.

Ранее В.А. Спицын, ссылаясь на неопубликованные данные, уже указывал на возможную связь высоких спортивных достижений у спортсменов с более высоким уровнем гетерозиготности [Спицын, 2008]. А в работах О.Л. Курбатовой с соавторами по популяционно-генетическому исследованию космонавтов и испытателей, т.е. лиц устойчивых к экстремальным нагрузкам, отмечалось, что уровень гетерозиготности по большинству изученных локусов у космонавтов испытателей выше, чем у представителей контрольной группы [Курбатова и др., 2006; Курбатова, Победоносцева, 2008]. Наши данные по спортсменам, имеющим высокие спортивные достижения, дополняют и усиливают эти выводы с учетом индикаторов ФА: более низкая, по сравнению с менее успешными спортсменами ФА, служит индикатором их более высоких адаптивных возможностей

к стрессирующим нагрузкам профессионального спорта и, по-видимому, также указывает на их более высокую гетерозиготность.

## Выводы

- 1) Величина ФА у молодых людей, задействованных в профессиональном спорте, имеет тенденцию к увеличению по сравнению с величиной этого показателя у их ровесников, не занимающихся профессиональным спортом. Вероятно, это является результатом стрессирующего воздействия на молодой развивающийся организм высокой нагрузки, характерной для профессионального спорта. Это воздействие наиболее сильно отражается на признаках, испытывающих максимальное воздействие этой нагрузки.
- 2) Наименьшими показателями ФА обладают спортсмены, специализирующиеся в единоборствах, а также спортсмены, занимающиеся циклическими видами спорта. Вероятно, именно в эту группу попадают спортсмены, обладающие наиболее высокими адаптивными возможностями организма. Наибольшими показателями ФА при анализе различных спортивных групп обладают спортсмены игровых видов спорта, ациклических и асимметричных.
- 3) У юношей показатель ФА у спортсменов высокой квалификации и контрольной группы значительно ниже, чем у юношей, имеющих более низкие спортивные достижения, что может говорить о более устойчивом онтогенезе и более высоких адаптивных возможностях успешных спортсменов. У девушек подобная тенденция прослеживается менее четко, но, тем не менее, девушки, имеющие наибольшие спортивные достижения обладают наименьшим показателем ФА.

## Благодарность

Исследование осуществлено в рамках грантов РФФИ: № 10-06-00010-а, № 11-04-96565-р\_юг\_ц.

## Библиография

- Бунак В.В. Антропометрия. М., 1941. 368 с.
- Бутовская М.Л., Веселовская Е.В., Прудникова А.С. Модели биосоциальной адаптации человека и их реализация в условиях индустриального общества // Археология, этнография и антропология Евразии. 2010. Том 4, № 44. С. 143–154.
- Бутовская М.Л., Веселовская Е.В., Година Е.З., Третьяк А.В., Силаева Л.В. Морфофункциональные и личностные характеристики мужчин спортсменов как модель адаптивных комплексов в палеореконструкциях // Вестник Московского университета. Серия XXIII Антропология. 2011. № 2. С. 4–17.
- Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Логинов В.В., Епланова Г.В. Статистический анализ флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков разноцветной ящурки *Eremias arguta* // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Тольятти, 2001. Вып. 7. С. 45–59.
- Егоров Г.Е. Классификация видов спорта по характеру их влияния на опорно-двигательный аппарат спортсмена и некоторые рекомендации по рациональной ориентации детей в спорте. // В сб.: Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. Л., 1983. С. 105–107.
- Захаров В.М. Асимметрия животных. М., 1987. 216 с.
- Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
- Коц Я.М. Спортивная физиология. М., 1986. 240 с.
- Курбатова О.Л., Победоносцева Е.Ю., Прохорова В.Д., Холд О.Н., Есюков А.Н., Богомолов В.В., Воронков Ю.И., Филатова Л.М., Ларина О.Н., Сидоренко Л.А., Моргун В.В., Каспранский Р.Р., Алтухов Ю.П. Популяционно-генетическое исследование группы космонавтов и испытателей. Генетико-демографические показатели и иммуногенетические маркеры // Генетика. 2006. Т. 42, № 10. С. 1415–1425.
- Курбатова О.Л., Победоносцева Е.Ю. Генетико-демографические особенности группы лиц, устойчивых к экстремальным нагрузкам // Труды XVI международной конференции и дискуссионного научного клуба «Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии». Ялта-Гурзуф, 2008. С. 41–43.
- Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры, учебник для институтов физической культуры. М., 1991. 543 с.
- Спицын В.А. Экологическая генетика человека. М., 2008. 503 с.
- Холодов Ж.К., Кузнецов В.С. Теория и методика физического воспитания и спорта: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М., 2000. 480 с.
- Barden H.S. Fluctuating Asymmetry: A Measure of Developmental Instability in Down Syndrome // American Journal of Physical Anthropology, 1980. Vol. 52. N 2. P. 169–173.
- Gangestad S.W., Thornhill R. The evolutionary psychology of extrapair sex: The role of fluctuating asymmetry // Evolution and Human Behavior, 1997. Vol. 18. N 2. P. 69–88.
- Lerner I.M. Genetic homeostasis. L., 1954.
- Livshits G., Kobylanski E. Study of genetic variance in the fluctuating asymmetry of anthropometrical traits // Annals of Human Biology, 1989. Vol. 16. N 2. P. 121–129.
- Livshits G., Kobylanski E. Fluctuating asymmetry as a possible measure of developmental homeostasis in humans: a review // Human Biology, 1991. Vol. 63. N 4. P. 441–466.
- Manning J.T., Trivers R.L., Thornhill R., Singh D., Denman J., Eklo M.H., Anderton R.H. Ear Asymmetry and Left-Side Cradling // Evolution and Human Behavior, 1997. Vol. 18. N 5. P. 327–340.
- Manning J.T. Digit ratio: A pointer to fertility, behavior and health. NJ., 2002. 312 p.
- Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // Annual Review of Ecology and Systematics, 1986. Vol. 17. P. 391–421.
- Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analysis revisited // Developmental instability (DI): causes and consequences. NY., 2003. P. 279–319.
- Pechenkina E.A., Benfer R.A.Jr., Vershoubская G.G., Kozlov A.I. Genetic and environmental influence on the asymmetry of dermatoglyphic traits // American Journal of Physical Anthropology, 2000. Vol. 111, N 4. P. 531–543.
- Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry // Evolution, 1962. Vol. 16. N 2, P. 125–142.

## Контактная информация:

Прудникова Алеся Сергеевна: 119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН. Тел.: (495)135-21-11. E-mail: palesa@yandex.ru; Бутовская Марина Львовна: 119991, г. Москва, Ленинский просп. 32 а, Институт этнологии и антропологии РАН. Тел.: (495)426-88-73. E-mail: marina.butovskaya@gmail.com; Веселовская Елизавета Валентиновна: 119991, г. Москва, Ленинский просп. 32 а, Институт этнологии и антропологии РАН. Тел.: (495)124-34-10. E-mail: labrecon@yandex.ru; Година Елена Зиновьевна: 125009, Москва, ул. Моховая, 11, НИИ и Музей антропологии МГУ. Тел.: (495)-629-40-70. E-mail: godina@antropos.msu.ru.

## THE STUDY OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF MORPHOLOGICAL TRAITS IN ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

A.S. Prudnikova<sup>1</sup>, M.L. Butovskaya<sup>2</sup>, E.V. Veselovskaya<sup>2</sup>, E.Z. Godina<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *NI. Vavilov General Genetics Institute RAS, Moscow*

<sup>2</sup> *Institute of Ethnology and Anthropology, RAS, Moscow*

<sup>3</sup> *Institute and Museum of Anthropology, MSU, Moscow*

*Introduction: Body fluctuating asymmetry (further FA) in sportsmen, specializing in different sports and with different level of achievements is tested in this study. FA is associated with the disruption of the developmental stability of the body, consequently, FA could be an indicator of physical health and adaptive capacity of the organism.*

*Materials and Methods: Our sample consisted of 212 males and 156 females athletes. The control group was represented by males and females of the same age, who did not have any significant sport achievements (62 males and 75 females). The following morphological traits were used to calculate asymmetry indices (from the left and right sides): the lengths of 2nd and 4th fingers, the length of the ear, the width of the wrist, ankle and foot. In the first part of this study we collected data on athletes trained in different sports, and with different sportive achievements (according to three different classifications): 1) cyclic sports, complex coordination, martial art, game sports; 2) the cyclic, acyclic and combined groups; 3) symmetric, asymmetric and mixed groups. In the first part of the study we compared athletes with different levels of sports achievement. Before calculating the total FA we analyzed the distribution of asymmetry, the presence of directional asymmetry, antisymmetry and size-dependence for each trait.*

*Results and discussion: It was found that FA of sportsmen (as a group in general) was higher compared to control group. In addition, it was demonstrated that the lowest rates of FA within the group of sportsmen were exhibited by athletes, specialized in martial art and cyclic sports. It was also found that athletes with high athletic achievement (CSM, MS and more) have lower rates of FA. This trend was more pronounced in males than in female groups.*

*Conclusions: The increasing rates of FA, which we have noted for athletes, apparently, is the reaction of the morphological structures on the high physical stress connected with professional sports. Group of athletes, specializing in the martial arts and cyclic sports, has the lowest rate in the FA, therefore, individuals, who have chosen these types of sports, possess the highest adaptive capacities of the organism. Besides, the most successful athletes and the control group were the least asymmetrical. Consequently, we may suggest that these individuals are equipped with much stronger inborn adaptive predispositions for coping with environmental stressors.*

*Keywords: anthropology, fluctuating asymmetry, adaptation, different sports, athletes, developmental stability*