

Р.В. Тамбовцева и В.Ф. Воробьев

ВЕСОРОСТОВОЙ ИНДЕКС КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ДЕВОЧЕК 7–9 ЛЕТ

Лаборатория физиологии мышечной деятельности (руков. — проф. В.Д. Сонькин) Института возрастной физиологии РАО, Москва

Настоящая работа посвящена проверке возможности использования порядковых статистик для выделения конституциональных групп при массовых обследованиях детей в рамках мониторинга. Проведено обследование уровня физического развития 1383 девочек 7–9 лет, проживающих в г. Череповце. Определяли длину и массу тела, окружность грудной клетки, весоростовой индекс. В ходе статистической обработки полученных данных показано, что значения 25 и 75 перцентилей четко выявляют различия в характере распределения тотальных размеров тела у девочек лептосомного и эурисомного телосложения. В качестве информативного критерия для выделения крайних вариантов телосложения целесообразно использовать весоростовой индекс.

Ключевые слова: *лептосомное и эурисомное телосложение, весоростовой индекс.*

В настоящее время для выделения конституциональных групп используют многочисленные критерии [1, 6, 11]. Два фундаментальных показателя — длина и масса тела — могут быть легко и с достаточной точностью измерены у детей. Длина тела — основной показатель физического развития; она зависит от развития костной системы и тесно связана с темпом возрастного развития. Масса тела определяет прочность опорных структур и требования к мышечной системе. Согласно А.А. Малиновскому [6], в костной системе можно выделить две линии изменчивости — по степени питания кости и по степени гетерохронного роста. Важно, что эурисомная и лептосомные конституции выявляются в раннем детском возрасте, а различия в гетерохронном росте нарастают лишь в период созревания. Масса линейно связана с объемом тела. При изометрическом подобии последний будет изменяться как III степень изменения длины тела [5]. Следовательно, при расчете индекса эктоморфии по схеме J.E.L. Carter [12] можно абстрагироваться от реально существующей аллометрической зависимости между этими морфологическими показателями у представителей различных конституциональных групп и отметить, насколько реальный индивид отклоняется от идеальной геометрической модели. Изучение простых индексов у представителей различных соматических типов показало, что для каждого из них имеется только ему свойственная зона варьирования индексов. Ранее показана возможность разделения школьников по типам телосложения на основе весоростового индекса (ВРИ) [5]. Авторы установили, что для мальчиков и девочек определенного возраста граничные показатели ВРИ различны. Непосредственное использование граничных значений ВРИ, полученных при обследовании

московских школьников, для разделения детей, проживающих в Северно-Западном регионе, на группы по их телосложению не представляется возможным в связи с наличием естественного биологического популяционного разнообразия.

Полагаем, что разделение поло-возрастной группы на подгруппы возможно на основе расчета статистик ВРИ. К настоящему времени наиболее объективным считается оценка основных антропометрических данных непараметрическим методом [2]. Однако в статистическое определение нормы изначально не заложен физиологический смысл. Поэтому такое выделение групп достаточно условно. Тем не менее, выделение группы со средней выраженностью признака подводит к возможности объективно выделить подгруппы детей одного пола и возраста, отличающиеся друг от друга по величинам ВРИ. В 1-ю подгруппу будут входить 25% совокупности детей с низкими значениями ВРИ (нижний квартиль), во 2-ю — 50% детей со средними значениями ВРИ, в 3-ю подгруппу — дети с высокими значениями ВРИ (верхний квартиль). Необходимо выяснить, будут ли подгруппы девочек нижнего и верхнего квартиля одного возраста значимо отличаться друг от друга по ряду конституциональных признаков? Если это так, то можно использовать значения 25 и 75 перцентилей переменной ВРИ в качестве критерия для выделения подгрупп детей. Проверка возможности использования порядковых статистик, отсекающих четверти совокупности, для выделения конституциональных групп и послужила целью данного исследования.

Материал и методы. В рамках Общероссийского мониторинга и Городской целевой программы «Здоровый город» под патронажем Мэрии г. Череповца весной 2005 г. и осенью 2006 г. проведено обследование уровня физичес-

кого развития 1383 девочек младшего школьного возраста (7–9 лет).

Определяли длину и массу тела, окружность грудной клетки (ОГК). Оценку вида распределения изучаемых признаков проводили с помощью критерия Шапиро — Уилка [2, 4]. С помощью программных средств MS Excel рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение, проводили корреляционный анализ, аппроксимацию первичного поля корреляции, находили коэффициент детерминации. При сравнении количественных признаков в двух группах использовали критерий Манна–Уитни и Колмогорова–Смирнова. Проверку нулевой статистической гипотезы на основе этих критериев проводили средствами Statistica 6.0 [4]. Для оценки формы тела использовали индекс Брукша (как отношение ОГК к длине тела) [2].

Результаты исследования. На первом этапе статистического анализа была проведена оценка распределения изучаемых признаков. При использовании критерия нормальности Шапиро — Уилка не удалось отклонить нулевую гипотезу в отношении признака «длина тела» в выборках девочек 7, 8 и 9 лет (обследованных весной 2005 г.) Расчетное значение критерия Шапиро — Уилка при обследовании девочек 8 лет осенью 2006 г. составило 0,046. Распределение признака «длина тела» в нижнем и верхнем квартилях является нормальным на более высоком уровне значимости.

По результатам анализа на основе критерия Шапиро — Уилка установлено большее соответствие распределения признаков «масса тела» и «ОГК» закону нормального распределения в подгруппах с низким и высоким значением ВРИ по сравнению с распределением признака в соответствующей целой выборке (табл. 1).

Распределение признаков «масса тела» и «ОГК» у девочек нижних квартилей 7 и 8 лет, обследованных осенью 2006 г., не отличается от нормального распределения ($P > 0,05$). У девочек 8 лет нижнего квартиля, обследованных весной

2005 г., распределение признака «ОГК» можно считать нормальным при использовании менее строгого критерия уровня значимости — $P > 0,01$. Распределение признака «масса тела» у этих школьниц может быть признано нормальным на более высоком уровне значимости (см. табл. 1). Распределение изучаемых признаков в выборке девочек 9 лет ($n=95$), отличается от нормального. Ввиду малочисленности подгрупп девочек нижнего ($n=24$) и верхнего ($n=23$) квартилей оценку нормальности по тесту Шапиро — Уилка не проводили.

Анализ результатов мониторинга физического развития девочек 7 и 8 лет осенью 2006 г. показал, что распределение признаков «масса тела» и «ОГК» у девочек верхних квартилей отличается от нормального.

Распределение признаков «масса тела» и «ОГК» у девочек 8 лет верхнего квартиля, обследованных весной 2005 г., не отличается от нормального распределения (рассчитанные значения P больше критического значения 0,05).

Девочки нижних квартилей имеют значительно меньшую ОГК по сравнению с их сверстницами верхних кварт (табл. 2). Отличия между девочками этих подгрупп не зависят от длины тела. Об этом свидетельствуют значимые различия между девочками нижних и верхних квартилей по индексу Брукша.

Оценка вида зависимости между переменными длина и масса тела в нижних и верхних квартилях средствами программы Excel представлена в табл. 3.

Степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной функцией оценивается коэффициентом детерминации (R^2) [11]. Если есть несколько подходящих вариантов аппроксимирующих функций, выбирают функцию с наибольшим коэффициентом детерминации. Различия

Таблица 1

Оценка нормальности распределения признаков массы тела, окружности грудной клетки (ОГК) и ОГК, нормированной по длине тела (ОГК/длина) девочек 7–9 лет по результатам теста Шапиро–Уилка

Возраст, лет	Период обследования	Показатели	Вся выборка			Нижний квартиль			Верхний квартиль		
			n	W	P	n	W	P	n	W	P
7	Осень 2006 г.	Масса	615	0,926	<0,001	154	0,989	0,300	153	0,959	0,001
		ОГК	613	0,964	<0,001	153	0,983	0,062	153	0,970	0,002
		ОГК/длина	613	0,977	<0,001	153	0,992	0,495	153	0,976	0,010
8		Масса	472	0,911	<0,001	118	0,991	0,676	117	0,969	0,009
		ОГК	472	0,927	<0,001	118	0,986	0,278	117	0,962	0,002
		ОГК/длина	472	0,948	<0,001	118	0,986	0,254	117	0,967	0,005
8	Весна 2005 г.	Масса	201	0,934	<0,001	51	0,970	0,212	51	0,956	0,056
		ОГК	201	0,971	<0,001	51	0,948	0,026	51	0,962	0,106
		ОГК/длина	201	0,974	0,001	51	0,928	0,004	51	0,954	0,047

Примечание. n — количество обследованных девочек; w — расчетные значения критерия Шапиро — Уилка; P — уровень статистической значимости.

Таблица 2

Окружность грудной клетки и индекс Бругша у девочек нижних и верхних квартилей и результаты двухвыборочных тестов Манна–Уитни (U-тест) и Колмогорова–Смирнова (K–С-тест)

Показатели	Возраст, лет	Период обследования	Нижний квартиль				Верхний квартиль				U-тест, P	K-С-тест, P
			M	Me	25%	75%	M	Me	25%	75%		
Окружность грудной клетки	7	Осень 2006 г.	59,5	60,0	57,0	62,0	65,8	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
	8		60,0	60,0	58,0	62,0	66,7	66,0	62,0	70,0	<0,001	<0,001
	8	Весна 2005 г.	58,5	58,0	57,0	61,0	65,5	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
	9		60,3	60,0	58,0	61,0	71,1	70,0	67,0	75,0	<0,001	<0,001
Индекс Бругша	7	Осень 2006 г.	47,2	47,2	45,3	48,8	52,8	52,3	50,4	54,7	<0,001	<0,001
	8		46,7	46,5	45,1	48,4	52,5	52,5	50,0	54,2	<0,001	<0,001
	8	Весна 2005 г.	45,4	45,6	44,2	47,2	51,4	50,8	49,2	54,0	<0,001	<0,001
	9		45,4	44,5	43,6	46,2	53,4	53,0	50,9	55,1	<0,001	<0,001

Примечание. M — среднее арифметическое; Me — медиана.

Таблица 3

Результаты аппроксимации первичного поля корреляции показателей длина (x) — масса тела (y) девочек 7–9 лет нижних и верхних квартилей по весоростовому индексу

Возраст, лет	Период обследования	Квартиль	Линейная функция		Степенная функция	
			Эмпирическая формула	R ²	Эмпирическая формула	R ²
7	Осень 2006 г.	Нижний	$y=44,878x-34,287$	0,776	$y=12,35x^{2,534}$	0,785
		Верхний	$y=77,508x-66,893$	0,691	$y=14,48x^{3,221}$	0,719
8		Нижний	$y=44,325x-33,864$	0,784	$y=12,39x^{2,468}$	0,788
		Верхний	$y=81,096x-71,494$	0,788	$y=14,26x^{3,263}$	0,824
8	Весна 2005 г.	Нижний	$y=51,267x-42,919$	0,796	$y=11,09x^{2,882}$	0,789
		Верхний	$y=75,673x-65,88$	0,752	$y=13,93x^{3,195}$	0,769
9		Нижний	$y=53,176x-45,158$	0,905	$y=11,31x^{2,846}$	0,915
		Верхний	$y=85,692x-77,797$	0,830	$y=13,48x^{3,419}$	0,864

между коэффициентами детерминации линейной и степенной функцией невелики (см. табл. 3). Это связано с тем, что зависимость между этими тотальными размерами является корреляционной, а не функциональной. Каждому значению аргумента соответствует ряд распределения независимой переменной. Тем не менее, точность аппроксимации в каждом квартиле достаточно высока. Следовательно, при дальнейшем анализе можно использовать оба варианта зависимости: длина (x) и масса тела (y) — как линейную, так и степенную функцию. Схожий вывод можно сделать, осуществляя подбор эмпирических формул для установленных из опыта зависимостей между массой и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей, что подтверждает возможность использования математического аппарата прямолинейной корреляции для выявления скрытых закономерностей.

Рассмотрим особенности линейной корреляции между массой тела и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей. Оценка коэффициентов корреляции между признаками, распределение которых отличалось от нормального (см. табл.

1), проводилась после логарифмирования соответствующих данных по основанию натурального логарифма.

При оценке взаимосвязи между переменными «масса тела» и «ОГК» регистрируется высокая значимая корреляция по всем выборкам девочек 7–9 лет верхних квартилей, при сильной или средней силе связи (табл. 4). Корреляционные связи между этими переменными у девочек нижних квартилей 7–8 лет, обследованных осенью 2006 г., средней силы. У девочек нижних квартилей в 8 и 9 лет корреляционная зависимость между массой тела и ОГК не значима.

Масса тела и окружность грудной клетки находятся под влиянием третьей переменной — длины тела (табл. 4). Она значимо коррелирует как с массой тела, так и с ОГК. Из-за этого влияния корреляция между массой тела и окружностью грудной клетки может быть кажущейся. У девочек нижних квартилей при исключении влияния длины тела только в выборке девочек 7 лет выявлена слабая, но значимая зависимость между массой тела и ОГК. В трех других выборках девочек 8 и 9 лет нижних квартилей взаимосвязь этих

Таблица 4

Попарные и частные коэффициенты корреляции между переменными «масса тела» и «окружность грудной клетки» у девочек нижних и верхних квартилей

Возраст, лет	Период обследования	Нижний квартиль				Верхний квартиль			
		r	P	$r_{12.3}$	P	r	P	$r_{12.3}$	P
7	Осень 2006 г.	0,514	<0,01	0,169	0,037	0,795	<0,01	0,583	<0,01
8		0,585	<0,01	0,155	0,095	0,843	<0,01	0,654	<0,01
8	Весна 2005 г.	0,262	0,064	0,030	0,837	0,597	<0,001	0,446	0,001
9		0,315	0,134	0,274	0,206	0,830	<0,001	0,437	0,042

Примечание. r — коэффициент корреляции; $r_{12.3}$ — частный коэффициент корреляции между массой тела и окружностью грудной клетки при исключении влияния длины тела.

тотальных размеров незначима. У девочек верхних квартилей во всех выборках выявлена значимая корреляция между массой тела и ОГК.

Обсуждение полученных данных. По результатам попарного сравнения квартилей установлено, что не существует значимых различий по длине тела между девочками нижних и верхних квартилей. В то же время, девочки верхних квартилей значимо превосходят по массе тела своих сверстниц с низкими значениями ВРИ. И наоборот, девочки нижних квартилей имеют значимо меньшую ОГК по сравнению с их сверстницами верхних квартилей. Поэтому первые по типологии Бругша являются узкогрудыми, а вторые — широкогрудыми.

В процессе аппроксимации первичного поля корреляции показателей длина (x) — масса тела (y) девочек 7–9 лет нижних и верхних квартилей подтвердилось предположение о различиях в степенной зависимости между показателями «длина» и «масса тела» у девочек нижних и верхних квартилей. У девочек нижних квартилей показатель степени меньше 3, а у девочек верхних квартилей — больше 3. Выявлены различия между девочками по характеру взаимосвязей между массой тела и ОГК при исключении влияния третьей переменной — длины тела. Наличие значимой корреляции между этими соматометрическими данными показывает, что среди девочек верхнего квартиля увеличение массы тела приводит к увеличению ОГК. У девочек нижних квартилей корреляционная связь между массой тела и ОГК кажущаяся. При контроле за переменной «длина тела» частные коэффициенты корреляции между массой тела и ОГК оказываются у девочек нижних квартилей не значимыми или очень слабыми. Отсутствие корреляции при исключении влияния третьей переменной — длины тела у девочек нижних квартилей указывает на отсутствие однозначной тенденции к увеличению ОГК при увеличении массы тела.

Вероятно, эти различия связаны с различиями в функционировании системы дыхания в покое у узкостроенных девочек и их сверстниц плотного

телосложения. Ранее отмечено [5], что возрастание массы тела ведет к увеличению нагрузки на тоническую позную мускулатуру и ее антигравитационные функции. Как известно, для решения таких задач используются медленные, красные мышечные волокна, для которых характерна аэробная энергетика. Увеличение массы тела за счет жирового и костного компонентов неминуемо ведет к возрастанию нагрузки на мускулатуру туловища и нижних конечностей, обуславливает ее усиленное развитие. Большая доля кислородного ресурса оказывается задействованной на поддержание должного уровня базального метаболизма. Поэтому увеличение массы тела неминуемо ведет к тому, что развитие обычной двигательной (физической) мускулатуры конечностей проходит в основном за счет быстрых белых мышечных волокон с анаэробной энергетикой [5]. Если поддержание основного обмена у девочек верхних квартилей происходит при более высокой степени активации митохондриального пула организма в покое, то должна существовать большая зависимость основного обмена от параметров внешнего дыхания. Наличие значимой частной корреляции между массой тела и ОГК средней и умеренной силы подтверждает это предположение.

Кажущаяся корреляция между массой тела и ОГК у девочек нижних квартилей позволяет предположить, что необходимый уровень потребления кислорода у них может осуществляться за счет гибких связей между параметрами внешнего и тканевого дыхания, которые не требуют согласованных изменений на морфофункциональном уровне.

Ранее установлено, что период второго детства далеко не однороден [9]. Авторы оценивали телосложение детей по схеме В.Г. Штефко и А.Д. Островского [10] и выявили, что у девочек в интервале 7–8 лет устойчивость соматотипа резко снижается. Это может быть связано и с изменениями пропорций тела. Так, грудная клетка детей 6–14 лет еще не имеет законченной формы и, наряду с её ростом, продолжается процесс уплощения. Значительные годичные приросты длины грудной клетки, её поперечных и переднезадних диаметров

приходятся на 8 лет, а прирост обхватов грудной клетки — на 9 лет, как у мальчиков, так и у девочек [8]. Различия в распределении признаков ОГК и ОГК/длина у девочек разных квартилей в возрасте 7–9 лет, вероятно, связаны с относительными различиями в сроках формирования грудной клетки. Если руководствоваться положением, что генетически обусловлен темп онтогенеза, а телосложение определяется последним [3], то можно предположить, что отмеченные различия между девочками нижних и верхних квартилей связаны с врожденными особенностями физического развития.

Выявленные различия между основными тотальными размерами тела у девочек нижних и верхних квартилей, различные корреляционные взаимосвязи между изучаемыми показателями, предполагаемые различия в функционировании системы дыхания в покое позволяют сделать вывод о возможности использовать значения 25 и 75 перцентилей переменной «ВРИ» в качестве критерия для выделения конституциональных групп. Причем узкосложенные девочки 7–8 лет (нижние квартили) имеют лептосомное телосложение, а девочки плотного телосложения (верхние квартили) имеют эурисомное телосложение.

Можно предположить, что сезонные различия проявляются в меньшей однородности совокупности девочек нижнего квартиля весной по сравнению с осенью. И наоборот, совокупность девочек верхнего квартиля в возрасте 8 лет весной более однородна.

По характеру распределения изучаемых признаков можно сделать вывод, что девочки нижних квартилей в возрасте 7–8 лет и девочки верхних квартилей в возрасте 8–9 лет представляют собой однородные совокупности. Девочки верхних квартилей в возрасте 7–8 лет и девочки нижних квартилей в возрасте 8–9 лет не представляют собой однородные совокупности. Причиной таких различий может служить неравномерность темпов изменений тотальных размеров тела у девочек крайних групп. Необходимо учитывать, что выявленные различия в распределении изучаемых признаков у девочек 8 лет, обследованных в 2005 и 2006 гг., могут быть связаны с различиями в их календарном возрасте. Как отмечено выше, осенью 2006 г. были обследованы ученицы 1-х классов. Средний возраст первоклассниц на момент обследования был 92,64 мес (25 % — 91,08 мес; 75 % — 94,12 мес). Средний возраст девочек, обследованных в 2005 г., составил 95,48 мес (25 % — 93,03 мес; 75 % — 98,12 мес).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунак В.П. Антропометрия. Практический курс: Пособие для университетов. М., ГУПИ Наркомпроса РСФСР, 1941.

2. Вуколов В.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию. Операции по использованию пакетов. М., Форум, 2004.
3. Губа В.П. Возрастные основы формирования спортивных умений у детей в связи с начальной ориентацией в различные виды спорта: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1997.
4. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel. Практикум. СПб., Питер, 2003.
5. Изаак С.И., Панасюк Т.В. и Тамбовцева Р.В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. М., Изд-во ОРАГС, 2005.
6. Корниенко И.А., Тамбовцева Р.В. и Панасюк Т.В. Изменение компонентов массы тела и телосложения у мальчиков 7–17 лет. Морфология, 2003, т. 123, вып. 1, с. 76–79.
7. Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма. Труды Ин-та цитологии, гистологии и эмбриологии, 1948, т. 2, вып. 2, с. 26–32.
8. Морфофункциональное созревание основных физиологических систем организма детей дошкольного возраста. Под ред. М.В. Антроповой и М.М. Кольцовой. М., Педагогика, 1983.
9. Сонькин В.Д., Корниенко И.А. и Тамбовцева Р.В. Основные закономерности и типологические особенности роста и физического развития. Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. М, Образование от А до Я, 2000, с. 31–59.
10. Штефко В.Г. и Островский А.Д. Схема клинической диагностики конституциональных признаков. М., Л., Биомедгиз, 1928.
11. Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников — жителей крупного мегаполиса в последнее десятилетие: состояние, тенденции, прогноз: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2000.
12. Carter J.E.L. The Heath — Carter somatotype method. San Diego, San Diego State Univ., 1980.

Поступила в редакцию 17.10.07
Получена после доработки 03.09.08

WEIGHT-TO-HEIGHT INDEX AS A MORPHOLOGICAL CRITERION FOR DISTINGUISHING CONSTITUTIONAL GROUPS IN GIRLS AGED 7–9 YEARS

Tambovtseva R.V. and Vorobyov V.F.

This report explores the possibility of the application of weight-to-height index order statistics for the determination of constitutional groups in mass children examinations within the monitoring framework. The level of the physical development was studied in 1383 girls aged 7–9 years living in the city of Cherepovetz. Body length and mass were determined, as well as thorax circumference and weight-to-height index. The statistical processing of the results obtained has shown that the values of 25th and 75th percentiles clearly defined the differences in the mode of total body size distribution in the girls of leptosomal and auroisomal body build. Weight-to-height index may be used as an informative criterion to distinguish the extreme variants of the body build.

Key words: *leptosomal and auroisomal body build, weight-to-height index.*

Laboratory of Physiology of Muscular Activity, RAE Institute of Age Physiology, Moscow