

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕСО-РОСТОВОГО ИНДЕКСА КАК МОРФОЛОГИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КРАЙНИХ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ДЕВОЧЕК МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.В.Тамбовцева¹, В.Ф.Воробьев²

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Настоящая работа посвящена проверке возможности использования порядковых статистик для выделения конституциональных групп при массовых обследованиях детей в рамках мониторинга. Показано, что значения 25 и 75 перцентилей четко выявляют различия в характере распределения тотальных размеров тела у девочек лептосомного и эурисомного телосложений. В качестве информативного критерия для выделения крайних вариантов телосложения целесообразно использовать весо-ростовой индекс.

Ключевые слова: детский возраст, антропометрия конституциональные типы.

The study focuses on checking possible application of order statistics to determine constitutional groups during mass examination of monitored children. Values of 25 and 75 percentiles clearly reveal the differences in total body dimensions in the girls of leptosome and euerisome types. Weight-height index is recommended as criterion for determining extreme constitutional types.

Key words: children, anthropometry, constitutional types.

В настоящее время для выделения конституциональных групп используют многочисленные критерии [1,5,12]. Два фундаментальных показателя – длина и масса тела могут быть легко и с достаточной точностью измерены у детей. Длина тела основной показатель физического развития, которая 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 морфологии костной системы можно выделить две линии изменчивости – линия вариации по степени питания кости и линия вариации 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 он будет изменяться как третья степень изменения длины тела [4]. Следовательно, при расчете индекса эктоморфии по схеме J.E.L. Carter [13], мы абстрагируемся от реально существующей алломе-

Контакты: ¹ Р.В.Тамбовцева, д.б.н., проф., ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности, E-mail: ritta7@mail.ru

² В.Ф.Воробьев, к.б.н., доцент, Череповецкий университет, кафедра педагогики физической культуры

трической зависимости между этими морфологическими показателями у представителей различных конституциональных групп и отмечаем, насколько реальный индивид отклоняется от идеальной геометрической модели. Изучение простых индексов у представителей различных соматических типов показали, что для каждого соматического типа имеется только ему свойственная зона варьирования индексов. Ранее показана возможность разделения московских школьников по типам телосложения на основе весо-ростового индекса (ВРИ) [4]. 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 Северо-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 первую подгруппу будет входить четверть совокупности детей с низкими значениями ВРИ (нижний квартиль), во вторую – 50% детей со средними значениями ВРИ. В третью подгруппу будут входить дети с высокими значениями весо-ростового индекса (верхний квартиль). Необходимо ответить на вопрос, будут ли подгруппы девочек нижнего и верхнего квартиля одного возраста достоверно отличаться друг от друга по ряду конституциональных признаков? Если это так, то можно использовать значения 25 и 75 перцентилей переменной «весо-ростовой индекс» в качестве критерия для выделения подгрупп детей. Проверка возможности использования порядковых статистик, отсекающих четверти совокупности, для выделения конституциональных групп и послужила целью нашего исследования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках Общероссийского мониторинга была проведена оценка физического развития детей младшего школьного возраста г. Череповца. Определяли массу и длину тела, окружность грудной клетки (ОГК), весо-ростовой индекс (ВРИ). Обработка результатов осуществлялась средствами Excel и Statistica 6.0 [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе статистического анализа была проведена оценка распределения изучаемых признаков. При использовании критерия нормальности Шапиро-Уилка [2,3] не удастся отклонить H_0 в отношении признака «длина тела» в выборках девочки 7 лет, 8 и 9 лет (обследованных весной 2005 г.) Расчетные значения Шапиро-Уилка при обследовании девочек 8 лет осенью 2006 г. составило

0,046. Распределение признака длина тела в нижнем и верхнем квартилях, подчиняется закону нормального распределения на более высоком уровне значимости. Сходную закономерность – большее сходство с нормальным распределением, мы выявили при оценке распределения других тотальных размеров тела. По результатам анализа было установлено большее соответствие распределение 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).

Таблица 1

Оценка нормальности распределения признаков массы тела, окружность грудной клетки (ОГК) и ОГК нормированной по длине тела (ОГК/длина) девочек 7–9 лет по результатам теста Шапиро-Уилка (W) (2)

Показат.	выборка			Нижний квартиль			Верхний квартиль		
	n	W	p	n	W	p	n	W	p
девочки 7 лет (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
девочки 8 лет (осень 2006 г.)									
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
девочки 8 лет (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

При анализе данных обследования первоклассниц осенью 2006 г. установлено, что распределение признаков массы тела и ОГК у девочек верхних квартилей отличается от нормального. Распределение признаков масса тела и окружность грудной клетки у девочек верхних квартилей 7 и 8 лет, обследованных весной 2005 г., не отличается от нормального распределения. 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. Поэтому имеется формальное основание к использованию параметрических методов при проведении корреляционного анализа в этих подгруппах. Девочки верхних квартилей в возрасте 7–8 лет и девочки нижних квартилей в воз-

расте 8–9 лет не представляют собой однородные совокупности. Причиной таких различий может служить неравномерность темпов изменений тотальных размеров 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.

Ранее установлено, что период «второго детства» далеко неоднороден [5,7,8,9]. 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 изменением пропорций тела. Так, грудная клетка детей 6–14 лет еще не имеет законченной формы и наряду с ее ростом продолжается процесс уплощения. Значительные годовые приросты длины грудной клетки, ее поперечных и переднезадних диаметров приходится на 8 лет, а прирост обхватов грудной клетки на 9 лет, как у мальчиков, так и у девочек. Различия распределения признаков ОГК и ОГК/длина у девочек различных квартилей в возрасте 7–9 лет, вероятно, связаны с относительными различиями в сроках формирования грудной клетки.

Если руководствоваться положением, что темп онтогенеза генетически обусловлен, а телосложение определяется последним [7], то можно предположить, что отмеченные различия между девочками нижних и верхних квартилей связаны с врожденными особенностями физического развития.

Оценим вид зависимости между переменными длина и масса тела средствами программы Excel (табл.2). Степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной функции оценивается коэффициентом детерминации (R^2). Если есть несколько подходящих вариантов аппроксимирующих функций, выбирают функцию с большим коэффициентом детерминации. Как видим из таблицы 2, различия между коэффициентами детерминации линейной и степенной функцией невелики. Это связано с тем, что зависимость между этими тотальными размерами является корреляционной, а не функциональной. Каждому значению аргумента соответствует ряд распределения независимой переменной. Формально можно использовать математический аппарат линейной корреляции. В то же время подтвердилось предположение о различиях в степенной зависимости между показателями длина и масса тела у девочек нижних и верхних квартилей. У девочек нижнего квартиля показатель степени меньше 3, а у девочек верхнего квартиля – больше 3. Девочки нижних квартилей имеют достоверно меньше ОГК по сравнению с их сверстницами верхних квартилей ($P < 0,001$), поэтому первые по типологии Бругша [2] являются узкогрудными, а вторые – широкогрудными (табл.3). Следовательно, девочки нижних квартилей имеют лептосомное, а девочки верхних квартилей – эурисомное телосложение.

По результатам попарного сравнения квартилей нами установлено, что не существует достоверных различий по длине тела между девочками нижних и верхних квартилей. В то же время, девочки верхних квартилей достоверно превосходят своих сверстниц лептосомного телосложения по массе тела. Поэтому различия между девочками нижних и верхних квартилей по ОГК можно объяснить различиями по массе тела.

Таблица 2

Результаты аппроксимации первичного поля корреляции показателей длина (x), масса (y) девочек 7–9 лет нижних и верхних квартилей по ВРИ

Возраст	квартиль	Линейная функция		Степенная функция	
		Эмпирическая формула	R ²	Эмпирическая формула	R ²
7 лет*	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 лет*	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 лет**	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 лет**	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

Примечание: * – обследование осень 2006 г.; ** – обследование весна 2005 г.

Таблица 3

Статистики ОГК и индекса Бругша (2) девочек нижних и верхних квартилей, результаты двухвыборочных тестов (U-тест, К–С-тест) (2)

Возраст	Верхний квартиль				Нижний квартиль				U-тест p	К–С тест, p
	M	Me	25%	75%	M	Me	25%	75%		
Окружность грудной клетки										
7 лет*	59,5	60,0	57,0	62,0	65,8	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
8 лет*	60,0	60,0	58,0	62,0	66,7	66,0	62,0	70,0	<0,001	<0,001
8 лет**	58,5	58,0	57,0	57,0	65,5	65,0	62,0	69,0	<0,001	<0,001
9 лет**	60,3	60,0	58,0	58,0	71,1	70,0	67,0	75,0	<0,001	<0,001
Индекс Бругша										
7 лет*	47,2	47,2	45,3	48,8	52,8	52,3	50,4	54,7	<0,001	<0,001
8 лет*	46,7	46,5	45,1	48,4	52,5	52,5	50,0	54,2	<0,001	<0,001
8 лет**	45,4	45,6	44,2	47,2	51,4	50,8	49,2	54,0	<0,001	<0,001
9 лет**	45,4	44,5	43,6	46,2	53,4	53,0	50,9	55,1	<0,001	<0,001

Примечание: * – обследование осень 2006 г.; ** – обследование весна 2005 г.

Изучение взаимосвязей между естественными переменными позволяет выявить скрытые закономерности. Поскольку характер взаимосвязи тотальных размеров друг с другом практически близок к прямолинейной зависимости, для разработки методов оценки физического развития человека в настоящее время используется математический аппарат прямолинейной корреляции и регрессии. Тем не менее, оценка коэффициентов корреляции между признаками, распределение которых отличалось от нормального (табл.1) проводилось после логарифмирования соответствующих данных по основанию натурального логарифма. Рассмотрим особенности линейной корреляции между массой тела и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей. Показано, что при оценке взаимосвязи между переменными масса тела и ОГК регистрируются 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 нижнего квартиля 7–8 лет, обследованных осенью 2006 г., средней силы. У девочек нижнего квартиля в 8 и 9 лет корреляционная зависимость между массой тела и ОГК не достоверна. Корреляция между двумя переменными, в частности массой тела и ОГК может искажаться, так как они обе находятся под влиянием третьей переменной – длины тела. Выявлены различия между девочками нижних и верхних квартилей по характеру взаимосвязей между массой тела и ОГК при исключении влияния третьей переменной – длины тела (табл.4). Вероятно, это связано с различием функционирования системы дыхания в покое у девочек лептосомного и эурисомного телосложения. В литературе известно [4,5,9], что возрастание массы тела ведет к увеличению нагрузки на тоническую позную мускулатуру и ее антигравитационные функции. Для решения таких задач используются медленные, красные, аэробные мышечные волокна. Увеличение массы тела за счет жирового и костного компонентов неминуемо ведет к возрастанию нагрузки на мускулатуру туловища и нижних конечностей и обуславливает ее усиленное развитие. Большая доля кислородного ресурса оказывается задействованной на поддержание должного базального метаболизма. Поэтому увеличение массы тела ведет к тому, что развитие фазической мускулатуры конечностей проходит в основном за счет быстрых белых мышечных волокон с анаэробной энергетикой, не нуждающейся в кислороде. 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 достоверной частной корреляции между массой тела и ОГК средней и умеренной силы подтверждает это предположение (табл.3). У девочек нижних квартилей корреляционная связь между массой тела и ОГК кажущаяся. При контроле за переменной длины тела, частные коэффициенты корреляции у девочек нижних квартилей оказываются не достоверными или очень слабыми (табл.3). Отсутствие корреляции позволяет предположить, что необходимый уровень потребления кислорода у девочек лептосомного телосложения может осуществляться за счет гибких связей между параметрами внешнего и тканевого дыхания, которые не требуют согласованных изменений на морфофункциональном уровне. При сравнении

физической подготовленности девочек нижних и верхних квартилей с помощью известных критериев [2], позволяющий проверить гипотезу H_0 о равенстве средних и медиан, установлено, что девочки нижних квартилей достоверно превосходят своих сверстниц по ряду двигательных тестов.

Таблица 4

Попарные (r) и частные ($r_{12.3}$) коэффициенты корреляции между переменными: масса тела и ОГК у девочек нижних и верхних квартилей

Возраст	Нижний квартиль				Верхний квартиль			
	r	p	$r_{12.3}$	p	r	p	$r_{12.3}$	p
7 лет*	0,514	< 0,01	0,169	$p = ,037$	0,795	< 0,01	0,583	< 0,01
8 лет*	0,585	< 0,01	0,155	$p = ,095$	0,843	< 0,01	0,654	< 0,01
8 лет	0,262	$p = ,064$	0,030	$p = ,837$	0,597	<0,001	0,446	$p = ,001$
9 лет	0,315	$p = ,134$	0,274	$p = ,206$	0,830	<0,001	0,437	$p = ,042$

ВЫВОДЫ

1. Результаты нашего исследования показали, что для массовых обследований школьников в рамках мониторинга целесообразно использовать в качестве разделительного признака для выделения крайних конституциональных вариантов, статистики весо-ростового индекса, в частности значения 25 и 75 процентилей, которые четко показывают различия в характере распределения тотальных размеров тела у представителей лептосомного и эуризомного телосложения.

2. У девочек верхних и нижних квартилей характер взаимосвязей между массой тела и ОГК при исключении влияния третьей переменной – длины тела, обусловлен особенностью функционирования системы транспорта кислорода в покое.

3. Девочки нижнего квартиля (лептосомы) оказались более адаптивными к физическим нагрузкам. В этой связи интересно мнение Е.Н.Хрисанфовой [11] об астеноидном типе как эволюционно прогрессивном и социально более адапбельном.

4. Преимущество астеноидного типа может быть связано либо с большей устойчивостью к действию экзогенных факторов г. Череповца, либо с большим соответствием типологических особенностей развития этих девочек реальным возможностям системы физического воспитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.,Формум,2004.
3. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel. Практикум. Питер,СПб, 2003.
4. Изаак С.И., Панасюк Т.В., Тамбовцева Р.В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. Монография. М., Изд-во ОРАГС, 2005.
5. Корниенко И.А., Тамбовцева Р.В, Панасюк Т.В. Изменение компонентов массы тела и телосложения у мальчиков 7–17 лет. Морфология, 2003, т.123, вып.1, с.76–79.
6. Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма. Труды ин-та цитологии, гистологии и эмбриологии, 1948, т.2, вып.2, с.26–32.
7. Сонькин В.Д., Корниенко И.А., 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.
8. Тамбовцева Р.В., Жукова С.Г. Возрастные изменения соматотипа и компонентов массы тела девочек. Морфология, 2005, т.127, вып.1, с.48–51.
9. Фарбер Д.А., Корниенко И.А., Сонькин В.Д.. Физиология школьника. М., Педагогика, 1990.
10. Штефко В.Г., Островский А.Д. Схема клинической диагностики конституциональных признаков. М.,Л., Биомедгиз, 1928.
11. Хрисанфова Е.Н. Конституция и биохимическая индивидуальность человека. М., Изд-во МГУ, 1990.
12. Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последнее десятилетие: состояние, тенденции, прогноз: Автореф. дис. ... д–ра биол.наук. М., 2000.
13. Carter J.E.L. The Health – Carter somatotype method. San Diego, San Diego State Univ., 1980.