

© Коллектив авторов, 2008

Т.И. Сокольская, В.Б. Максименко, А.В. Гулин

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ТЕЛА НА ПРОЦЕССЫ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ДЕТСКОМ, ПОДРОСТКОВОМ И ЮНОШЕСКОМ ВОЗРАСТЕ

Липецкий государственный педагогический университет, Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко, МУЗ «Центральная городская клиническая больница г. Липецка», РФ

Соматометрическими методами изучена динамика роста, массы тела, тощей массы тела, жировой и мышечной тканей и их доли у 589 детей, подростков и юношей обоего пола. Возрастание содержания жира в пубертате и снижение в период юношества является соматометрическим критерием наступления данных возрастных периодов. На основе результатов корреляционного анализа рассматривается эндокринная и энергетическая функции жировой ткани в регуляции процессов увеличения массы тела и механическая функция мышечной ткани в прирастании длины тела.

Ключевые слова: длина тела, масса тела, тощая масса тела, жировая ткань, мышечная ткань.

Dynamics of body height and weight, lean body weight, adipose and muscular tissue parts were studied by somatometry in 589 children, adolescents and youngsters, both male and female. Increasing of adipose tissue part in puberty and decreasing in youth is somatometric criteria of these age periods borderlines. Endocrine and energetic function of adipose tissue in regulation of body weight increasing and mechanical function of muscular tissue in body height increasing are considered on the base of correlation analysis results.

Key words: body height, body weight, lean body weight, adipose tissue, muscular tissue.

В отличие от взрослых, состав организма в период роста существенно зависит от возраста. Динамика изменений основных компонентов тела у детей, подростков и юношей изучена достаточно подробно [1]. Установлены отчетливые половые различия в их составе. Так, ускорение физического развития (ФР) в пубертатный период происходит при одновременном увеличении тощей массы тела (ТМТ), мышечной (МТ) и жировой (ЖТ) тканей. По завершении полового созревания, дальнейшее нарастание массы тела происходит преимущественно за счет ТМТ и МТ, состоящих в основном из белков, тогда как масса ЖТ и ее доля в общей массе тела заметно снижаются [1–4]. При ожирении накопление жира у детей, подростков и юношей сопровождается достоверным увеличением длины тела (ДТ) и ТМТ [5]. Эти данные косвенно свидетельствуют о регулирующем влиянии компонентов тела на процессы роста в изучаемые возрастные периоды. В настоящее время имеются прямые указания на эндокринную функцию жира [6], что позволяет рассматривать процессы ФР организма с точки зрения взаиморегулирующего влияния тканей.

Цель исследования – на основе корреляционного анализа изучить влияние изменений состава

тела на динамику массы тела и ДТ в детском, подростковом и юношеском возрасте.

Изучение параметров ФР и состава тканей проводили у 589 детей, подростков, юношей и девушек г. Липецка в возрасте от 7 до 20 лет, среди них 302 представителя мужского пола, 287 – женского пола (табл. 1).

Оценка состава тканей основывалась на определении величин основных тканей (жировой, мышечной, тощей) и их доли в общей массе тела (проценты этих тканей).

Метод определения величины ЖТ у детей основан на подсчете процента ЖТ по толщине кожно-жировых складок (ТКЖС). Уравнения регрессии, по которым производили подсчет процента ЖТ, предложены М.Н. Slaughter (1988) [7]:

• *уравнения для мальчиков:* % жира = 1,21 (КС над трицепсом + КС под лопаткой) – 0,008 (КС над трицепсом + КС под лопаткой)² – 3,2;

% жира = 0,735 (КС над трицепсом + КС над икрой) + 1,0.

• *уравнения для девочек:* % жира = 1,33 (КС над трицепсом + КС под лопаткой) – 0,013 (КС над трицепсом + КС под лопаткой)² – 2,5;

% жира = 0,610 (КС над трицепсом + КС над икрой) + 5,1.

Контактная информация:

Сокольская Тамара Игоревна – канд. биол. наук, преподаватель каф. гуманитарных и естественно-научных дисциплин ЛФ ОРАГС

Адрес: 398050 г. Липецк, ул. Интернациональная, 3

Тел.: (4742) 27-39-48, E-mail: orags@admlr.lipetsk.ru

Статья поступила 05.09.08, принята к печати 10.06.09

Абсолютную МТ определяли по формуле Matiegka J. [8]: $MT=L \cdot r^2 \cdot k$, где МТ – абсолютная масса МТ (кг), L – ДТ (см), r^2 – среднее значение радиуса плеча (а), предплечья (б), бедра (в), голени (г) без подкожного жира и кожи (см), k – константа, равная 6,5.

Радиусы сегментов экстремитатов (r) рассчитывали по результатам измерения соответствующих обхватов с вычетом средней толщины подкожного жира:

$r = \text{сумма обхватов } a, б, в, г / 25,12$ – сумма ТКЖС a, б, в, г/100% .

Процентное содержание МТ к весу тела (%М): $\% МТ = МТ / \text{вес} \cdot 100\%$.

ТМТ вычисляли как разность массы тела и ЖТ: $ТМТ = \text{вес} (кг) - ЖТ (кг)$.

Процентное содержание ТМТ (% ТМТ): $\% ТМТ = ТМТ / \text{вес} (кг) \cdot 100\%$.

Статистическую обработку полученных результатов производили с помощью программы Microsoft Excel.

Динамика изменений состава тканей

В детском возрасте с 8 до 11 лет более значительная прибавка МТ наблюдается у девочек, а после 11 лет до конца юношеского периода – у мальчиков. После 18-летнего возраста у юношей отмечена тенденция к дальнейшему нарастанию данного показателя, а у девушек – к его уменьшению.

В детском возрасте у мальчиков содержание жира было стабильным, а у девочек с 8 до 10 лет отмечено его нарастание. 11-летний возраст оказался пороговым для развития ЖТ, когда ее содержание и доля были минимальными у обоих полов. В подростковом периоде масса жира поступательно увеличивалась вплоть до 15-летнего возраста у девушек и 16-летнего – у юношей, после чего в юношеском возрасте происходило резкое уменьшение массы ЖТ. В целом масса жира у представительниц женского пола была достоверно больше, чем у лиц мужского.

Таблица 1

Количество детей, подростков и юношей, включенных в исследование

Возраст, годы	Число обследованных	
	женский пол	мужской пол
7	16	18
8	19	22
9	17	32
10	16	15
11	30	31
12	10	10
13	10	10
14	18	22
15	32	29
16	16	20
17	22	22
18	30	20
19	28	27
20	23	24

Следовательно, у девочек ускоренное увеличение массы тела с 7 до 10 лет и с 11 до 15 лет сопровождалось параллельным возрастанием массы жира. Приостановка прироста массы тела в 11 и 16 лет происходила при прекращении увеличения количества жира (рис. 1). Начиная с 17-летнего возраста, нарастание массы тела происходило при заметном уменьшении массы жира. У мальчиков прибавка массы тела в детском возрасте не была связана с параллельным увеличением количества жира, тогда как в 8-летнем возрасте отмечена приостановка увеличения как массы тела, так и массы ЖТ. В пубертатном периоде возрастание массы тела сопровождалось нарастанием величины ЖТ (рис. 2).

Динамика изменений массы МТ и ТМТ совпадает с направленностью возрастания массы тела. В детском возрасте масса ЖТ у девочек составляла 12 кг, у мальчиков – 9 кг; ТМТ у девочек – 26 кг, у мальчиков – 29 кг; МТ у девочек – 14 кг, у мальчиков – 15 кг. Максимальная скорость прироста массы тела и его составляющих в пубертатном периоде наблюдалась при изменении их состава, когда возрастание доли ЖТ, которая в этом возрасте была максимальной, сопровождалось уменьшением процента ТМТ (рис. 3 и 4).

В подростковом возрасте масса ЖТ достигла максимального уровня: 15 кг – у мальчиков и 18 кг – у девочек; величины ТМТ – 50 кг у мальчиков и 37 кг – у девочек; МТ – 29 кг у мальчиков и 21 кг – у девочек. Дальнейшее увеличение компонентов тела, преимущественно состоящих из белков, в юношеском возрасте происходило на фоне уменьшения массы жира. Как видно на рис. 1 и 2, разнонаправленные изменения ТМТ, МТ, с одной стороны, и ЖТ с другой – происходили в 16 и 17 лет. В этом возрасте масса МТ превысила 30 кг у юношей и 25 кг у девушек, ТМТ – 50 кг у юношей и 40 кг у девушек, тогда как масса ЖТ у них уменьшалась до 10 кг. По достижении данного соотношения компонентов тела, характерного для юношеского возраста (18, 19 и 20 лет), изменения массы тела, ТМТ и МТ происходили параллельно с динамикой развития ЖТ.

Следовательно, избыток жира в детском и, особенно, подростковом возрасте необходим для стимулирования прироста массы тела. Необходимо отметить, что, несмотря на возрастное увеличение массы составляющих тела, их процентное содержание изменялось менее заметно. Так, в детском возрасте максимальная доля жира у девочек была около 30%, а у мальчиков – 24%; мышц – около 38% у обоих полов; ТМТ – около 75% у девочек и 80% у мальчиков. В подростковом возрасте максимальная доля жира превышала 30% у обоих полов; мышц – около 40%; ТМТ – около 80% у мальчиков и от 75 до 70% у девочек. В юношеском возрасте доля жира уменьшалась менее 20% у девочек и менее 15% – у мальчиков; мышц – увеличивалась до 50% у юношей и 48% – у девушек; ТМТ – до 87% у юношей и до 82% у девушек.

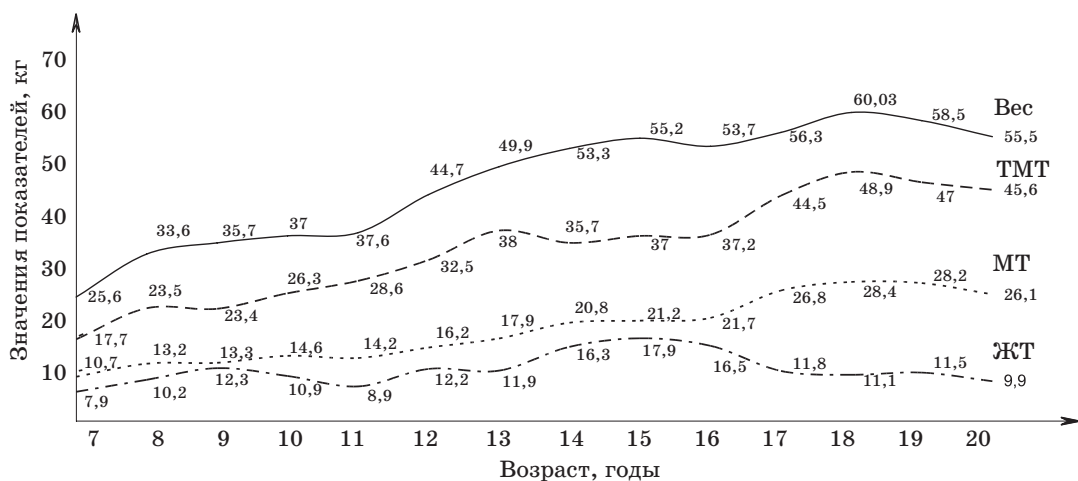


Рис. 1. Динамика изменений массы тела и его компонентов в детском, подростковом и юношеском возрасте у представительниц женского пола.

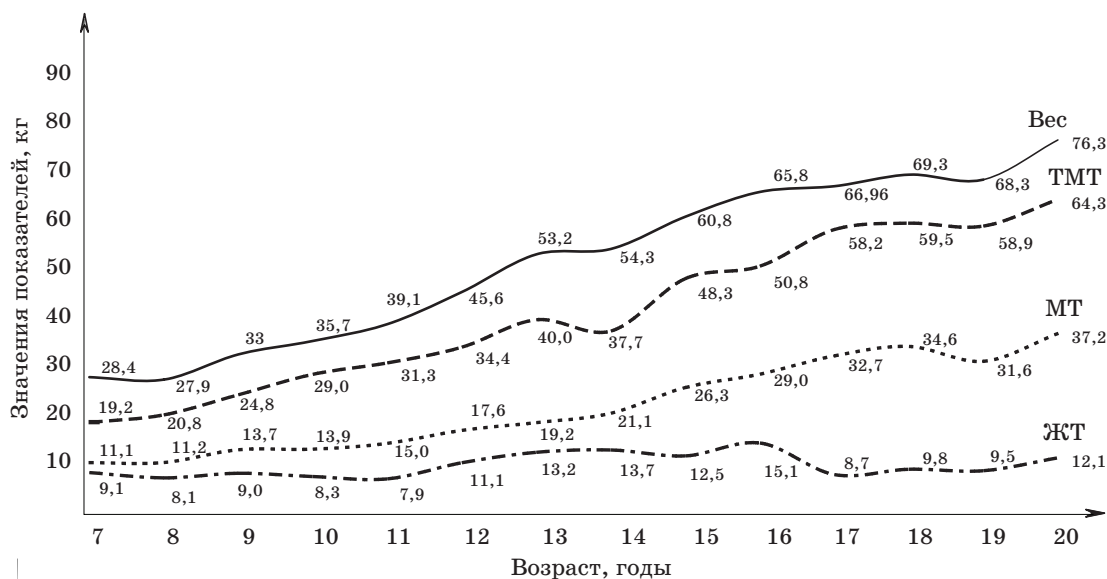


Рис. 2. Динамика изменений массы тела и его компонентов в детском, подростковом и юношеском возрасте у представителей мужского пола.

Следовательно, наиболее существенным отличием юношеского возраста от детского и подросткового является 1,5-кратное снижение уровня ЖТ и возрастание ТМТ, преимущественно за счет мышц.

В изучаемый период масса тела формируется преимущественно за счет компонентов, состоящих в основном из белков, тогда как от величины общего жира и его доли в теле зависит степень прироста массы тела. Диагностика указанных возрастных изменений состава тела может быть использована для определения окончания детства, наступления и окончания пубертата и начала юношества. Следует также констатировать, что в детском и подростковом возрасте прирост массы тела происходит на фоне увеличения массы жира, а в юношеском – при ее уменьшении. Можно предполагать, что в данные периоды ЖТ выполняет различные функции. На рис. 3 и 4 показано, что у девочек доля жира остается

повышенной на всем протяжении пубертата, а у мальчиков – только до 13 лет. По-видимому, у девочек жировая ткань участвует в процессах ФР преимущественно как эндокринный орган, продуцирующий эстрогены, тогда как у лиц мужского пола – как депо энергии, т.к. андрогены в адипоцитах не синтезируются, а только метаболизируются.

Корреляционный анализ изменений массы тела и массы тканей

Подсчет коэффициентов линейной корреляции продемонстрировал высокодостоверную положительную взаимосвязь между массой тела и его составляющими у лиц обоих полов в большинстве обследованных возрастов (табл. 2). Величины коэффициентов корреляции между массой тела и жира в пубертатном периоде были выше, чем в детстве и юношестве. Взаимосвязь массы тела с величиной ТМТ была противоположной по сравнению с ЖТ.

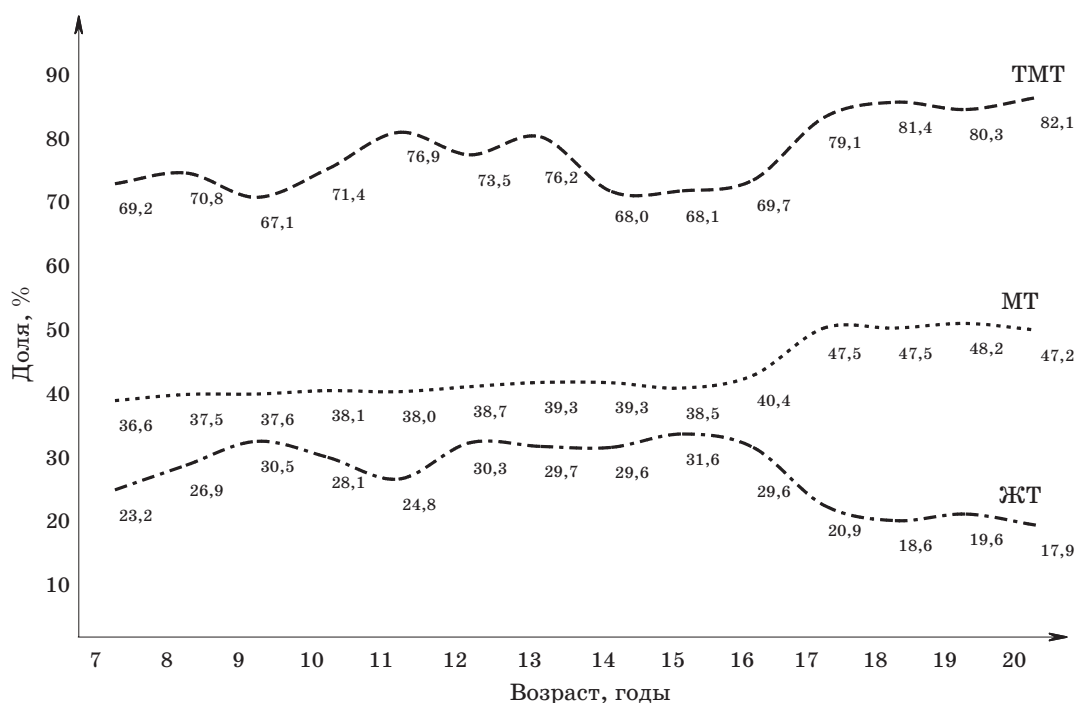


Рис. 3. Доля отдельных компонентов тела в детском, подростковом, юношеском возрасте у лиц женского пола.

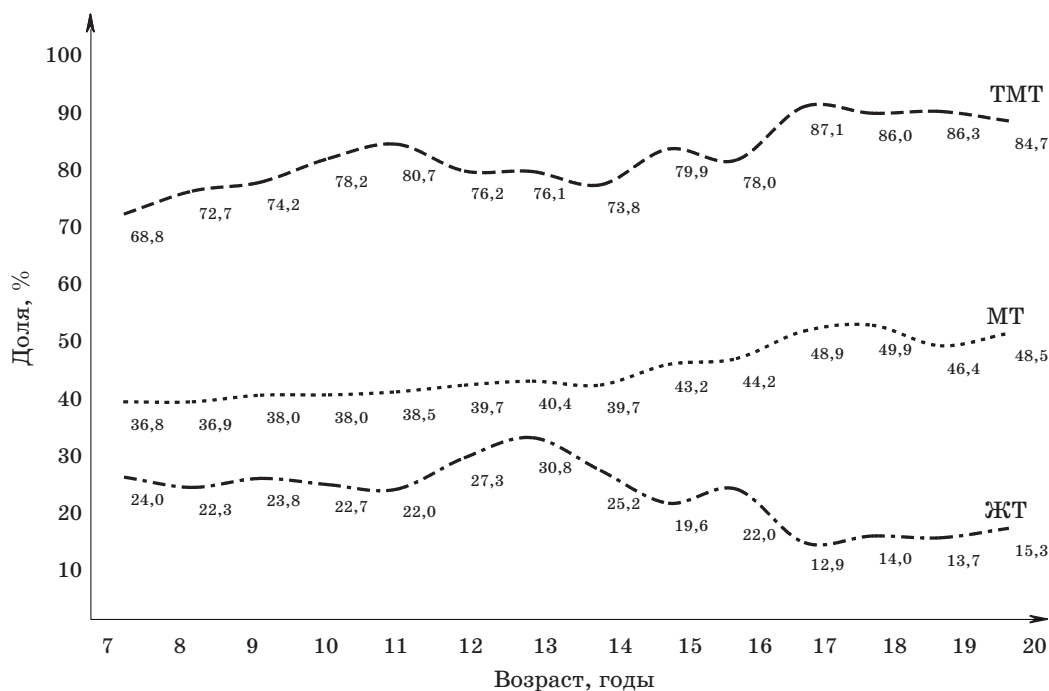


Рис. 4. Доля отдельных компонентов тела в детском, подростковом, юношеском возрасте у лиц мужского пола.

В тех редких случаях, когда корреляционная зависимость не была достоверной, проявлялась реципрокность связи массы тела и жира, с одной стороны, и массы тела и ТМТ, МТ с другой. Так, у девочек в 9-летнем возрасте при высокодостоверной положительной корреляции между массами тела и жира отсутствовала достоверная корреля-

ция массы тела с величинами МТ и ТМТ. В 13 лет достоверная положительная корреляция массы тела с ТМТ установлена при отсутствии достоверной связи массы тела с массой жира.

При определении степени взаимозависимости между массой тела и долей его компонентов достоверная положительная корреляция была установ-

Таблица 2

Корреляция массы тела с массой его компонентов

Возраст, годы	Коэффициент корреляции			
	n	масса жира	масса мышц	ТМТ
Лица женского пола				
7	16	0,479*	0,886**	0,692**
8	19	0,834**	0,877**	0,735**
9	17	0,811**	-0,324	0,469
10	16	0,737**	0,892**	0,656**
11	30	0,699**	0,839**	0,783**
12	10	0,833**	0,980**	0,522
13	10	0,309	0,579	0,704*
14	18	0,915**	0,779**	0,795**
15	32	0,904**	0,897**	0,652**
16	16	0,909**	0,877**	0,575*
17	22	0,796**	0,621**	0,944**
18	30	0,796**	0,687**	0,917**
19	28	0,522**	0,793**	0,949**
20	23	0,697**	0,787**	0,982**
Лица мужского пола				
7	18	0,789**	0,925**	0,574*
8	22	0,844**	0,860**	0,820**
9	32	0,714**	0,769**	0,707**
10	15	0,594*	0,856**	0,845**
11	31	0,682**	0,909**	0,775**
12	10	0,524	0,837**	0,724*
13	10	0,751*	0,885**	0,757*
14	22	0,664**	0,704**	0,575**
15	29	0,673**	0,892**	0,853**
16	20	0,772**	0,759**	0,497*
17	22	0,705**	0,706**	0,941**
18	20	0,470*	0,738**	0,862**
19	27	0,533**	0,645**	0,882**
20	24	0,862**	0,924**	0,938**

Здесь и в табл. 3, 4, 6 и 7: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

лена только с относительной величиной ЖТ (табл. 3). Причем у обоих полов эта тенденция проявлялась преимущественно в детском и подростковом возрасте. У юношей она была положительной в 17 и 20 лет. С относительной величиной МТ масса тела достоверно не была взаимосвязана у обоих полов. Достоверная отрицательная корреляция между массой тела и относительной величиной ТМТ была выявлена преимущественно в детском и подростковом возрасте.

В физиологическом смысле установленные взаимозависимости массы тела с относительной величиной его составляющих, по-видимому, указывают на то, что, чем значительнее доля жира в организме, тем больше масса тела. И, наоборот, чем значительнее относительная величина тощей массы, тем меньше масса тела, несмотря на то, что доля жира в несколько раз меньше, чем доля ТМТ. Относительная величина МТ не оказывает досто-

Таблица 3

Корреляция массы тела с относительной величиной массы его компонентов

Возраст, годы	Коэффициент корреляции			
	n	% ЖТ	% МТ	% ТМТ
Лица женского пола				
7	16	0,479	-0,013	-0,139
8	19	0,834**	-0,187	-0,609**
9	17	0,811**	-0,602	-0,569*
10	16	0,737**	-0,133	-0,451
11	30	0,699**	-0,427	-0,376
12	10	0,833**	-0,545	-0,599
13	10	0,309	0,300	0
14	18	0,599**	-0,190	-0,613**
15	32	0,701**	0,028	-0,670**
16	16	0,839**	-0,354	-0,784**
17	22	0,391	-0,063	-0,392
18	30	0,524	-0,046	-0,523
19	28	-0,042	-0,058	0,038
20	23	-0,162	-0,185	0,149
Лица мужского пола				
7	18	0,789**	0,006	-0,462*
8	22	0,844**	-0,027	-0,454*
9	32	0,714**	-0,359*	-0,429**
10	15	0,594*	-0,009	-0,240
11	31	0,682**	-0,117	-0,393
12	10	0,524	-0,189	-0,282
13	10	0,751*	-0,384	-0,501
14	22	0,415*	0,042	-0,611*
15	29	0,368*	0,049	-0,309**
16	20	0,651**	-0,082	-0,652**
17	22	0,494*	-0,278	-0,495*
18	20	0,209	0,093	-0,210
19	27	0,276	-0,022	-0,246
20	24	0,674**	0,320	-0,674**

верного влияние на формирование массы тела. Особенно заметны указанные влияния компонентов тела в детском и подростковом возрастах, когда доля жира достигает 30% у девочек и превышает 20% у мальчиков. В юношеском возрасте, когда уровень жира снижается у девушек менее 20%, а у юношей – менее 15%, его достоверное влияние на процессы формирования массы тела прекращается.

Для выяснения межтканевого взаимодействия в процессе роста организма определенное значение имеет подсчет коэффициентов линейной корреляции между массой жира и мышц (табл. 4). Установлено, что достоверная положительная взаимная зависимость между ними характерна для обоих полов. Однако у мальчиков общее число достоверных положительных коэффициентов было больше, чем у девочек, и они обнаруживались во все изученные возрастные периоды. У мальчиков взаимосвязь между МТ и ЖТ особенно заметной

была отмечена в подростковом и юношеском возрасте. В то же время у девочек достоверная положительная корреляция между ними обнаружена преимущественно в детском возрасте, тогда как в пубертатном периоде она практически отсутствовала.

Возможной причиной данных половых различий может быть разница в массе жира и мышц. Причем большее значение имеет масса не жира, а мышц. Если в пубертатном и юношеском периоде величина ЖТ у девушек увеличилась приблизительно на 6 кг, то у юношей – на 16 кг и превысила 30-килограммовый рубеж. У девушек в пубертатном и юношеском периодах жир является одним из основных источников гормонов (половых, инсулиноподобного фактора роста), стимулирующих синтез белка и нарастание массы мышц. Кроме того, являясь тканью-мишенью для половых гормонов, МТ развивается до такого уровня, чтобы обеспечивать их элиминацию из крови. Поэтому даже значительное увеличение массы жира не обеспечивает адекватного возрастания массы мышц вследствие недостаточной продукции гормонов с 12 до 18 лет. В 19–20 лет, с началом полноценного функционирования половых желез, масса жира уменьшается и появляется ее достоверная взаимосвязь с МТ. У мальчиков продукция тестостерона происходит в половых железах, а ЖТ только участвует в его обмене. Поэтому в пубертатном и юношеском периодах имеющаяся масса жира достаточна для обеспечения белок-синтетических процессов в МТ и элиминации гормонов из крови. Об этом свидетельствуют достоверные коэффициенты корреляции между массами мышц и жира с 11 до 20 лет.

В детском, подростковом и юношеском возрасте уровень развития тканей оказывает влияние на ДТ. Возрастные изменения ДТ характеризовались ее поступательным увеличением (табл. 5), причем у маль-

Таблица 4

Корреляция массы ЖТ и МТ в детском, подростковом и юношеском возрасте

Возраст, годы	Мужской пол		Женский пол	
	n	r	n	r
7	16	0,171	18	0,533*
8	19	0,641**	22	0,602**
9	17	0,425	32	0,481**
10	16	0,017	15	0,523*
11	30	0,499**	31	0,632**
12	10	0,833**	10	0,425
13	10	0,519	10	0,641*
14	18	0,584*	22	0,275
15	32	0,715**	29	0,329
16	16	0,718**	20	0,207
17	22	0,580**	22	0,388
18	30	0,783**	20	0,196
19	28	0,410*	27	0,471*
20	23	0,446*	24	0,761**

Таблица 5

Половые различия ДТ

Возраст, годы	Длина тела, см	
	женский пол	мужской пол
7	126±1,32	122,7±1,16
8	123,2±0,99	134,6±1,35
9	131,5±1,26	135,8±1,39
10	133,3±2,06	139,4±0,97
11	147,7±1,27	146,5±1,31
12	150,4±2,77	153,5±1,36
13	161,9±3,49	157,5±2,88
14	164,8±1,72	158,6±1,21
15	171,1±1,99	163,1±1,21
16	175,8±1,18	161,9±0,83
17	178,6±1,39	165,3±0,98
18	177,9±1,29	165,7±1,18
19	177,4±1,81	167,1±0,77
20	178,9±1,49	165,3±1,05

чиков этот процесс протекал с большей скоростью. С 8 лет до 11 лет девочки обгоняли в росте сверстников.

У девушек результаты корреляционного анализа свидетельствуют о том, что достоверная взаимная зависимость ДТ обнаружена с массой ТМТ и МТ, состоящих преимущественно из белков (табл. 6). При выражении результатов в виде относительной величины (%) достоверная положительная корреляция выявлялась только в 7- и 8-летнем возрасте (табл. 7). Показательно, что ДТ практически не коррелировала с величиной жира.

У мальчиков корреляционный анализ (табл. 6 и 7) продемонстрировал наличие достоверной положительной взаимной зависимости ДТ с ТМТ и МТ, тогда как с величиной ЖТ установлена достоверная положительная корреляция только в 8-, 9- и 14-летнем возрасте. Это может быть связано с тем, что рост тела обусловлен, главным образом, увеличением костной, хрящевой и мышечной тканей, которые являются преимущественно белковыми. Среди изученных компонентов тела только относительная величина мышц, выраженная в процентах, была достоверно связана с ростом у детей. Доля жира практически не влияла на ДТ в детском, подростковом и юношеском возрасте.

Отличительными признаками ФР детей, подростков и юношей в возрасте от 7 до 20 лет является не только поступательное нарастание массы тела, но и весьма заметное изменение массы его компонентов. При этом ТМТ и ее составляющая МТ последовательно увеличиваются с возрастом, тогда как масса ЖТ и ее доля ускоренно увеличиваются во время подросткового периода и с его завершением стремительно уменьшаются. Такое перераспределение тканей, происходящее при поступательном увеличении массы тела, имеет физиологическое значение в перестройке эндокринных механизмов. Гипотеза о необходимости достижения «критической массы тела» в 44–47 кг для регуляции деятельности половых желез [9, 10] в

Таблица 6

Корреляция ДТ с массой его компонентов

Возраст, годы	Коэффициент корреляции			
	n	масса ЖТ	масса МТ	ТМТ
Лица женского пола				
7	16	0,450	0,512*	0,417
8	19	0,206	0,492*	0,657**
9	17	0,079	-0,114	0,508**
10	16	0,033	0,510*	0,758**
11	30	0,083	0,331	0,829**
12	10	-0,157	0,003	0,512
13	10	-0,337	-0,021	0,836**
14	18	0,446*	0,418*	0,411
15	32	0,335	0,659**	0,694**
16	16	-0,013	0,188	0,317
17	22	0,107	0,352	0,605**
18	30	0,277	0,386	0,496*
19	28	0,114	0,422*	0,584**
20	23	0,365	0,751**	0,660**
Лица мужского пола				
7	16	0,301	0,352	0,452
8	19	0,428*	0,454*	0,675**
9	17	0,39*	0,460**	0,700**
10	16	0,167	0,563*	0,875**
11	30	0,038	0,459**	0,798**
12	10	-0,065	0,492	0,902**
13	10	0,491	0,692*	0,829**
14	18	0,470*	0,676**	0,568**
15	32	0,163	0,738**	0,855**
16	16	0,285	0,604**	0,553*
17	22	0,275	0,353	0,594**
18	30	0,338	0,704**	0,710**
19	28	0,069	0,214	0,574
20	23	0,428	0,602**	0,666**

определенной мере объясняет взаимосвязь изменений массы тела и тканевого состава в пубертатный период. Известно, что существует достоверная корреляция между индексом массы тела и наступлением полового созревания, причем сроки созревания до 10% могут быть модифицированы изменениями массы [11]. Наступление менархе вполне вероятно при достижении ИМТ не менее 16,9 кг/м², массы – 41,7 кг, ДТ – 151,4 см. В настоящем исследовании такая масса тела наблюдалась у девочек между 11 и 12 годами (с момента начала перестройки тканей).

Определенное значение для сроков полового созревания имеет масса ЖТ. Именно ее увеличение ускоряет наступление полового созревания у девочек [12]. Причем это происходит до стадии избыточной массы тела и ожирения первой степени. При большей же степени ожирения процессы созревания приостанавливаются [11]. Последнее объясняют тем, что при повышении доли жира в теле до 26% значительно увеличивается концентрация эстрогенов в крови, затрудняется формирование

обратной связи в системе гипофиз–гонады и нарушается адекватная продукция гонадотропинов.

Можно полагать, что ЖТ является дополнительным продуцентом эстрогенов, компенсирующим недостаточную функцию эндокринных желез у подростков. Степень ее участия в формировании пула эстрогенов тем выше, чем менее сформированы гонады. Этим, по-видимому, объясняется и индивидуальная выраженность увеличения ЖТ и продолжительности существования избыточного депо жира у девочек. У мальчиков ЖТ, повышая концентрацию эстрогенов в крови, активирует синтез глобулина, связывающего половые гормоны в печени, что приводит к уменьшению фракции биодоступного тестостерона и замедляет половое развитие подростков мужского пола [12]. Данное предположение объясняет половой диморфизм влияния избытка ЖТ, ускоряющий половое созревание у девочек и замедляющий – у мальчиков.

Эндокринной функцией ЖТ можно в определенной мере объяснить достоверную положитель-

Таблица 7

Корреляция ДТ с относительной величиной массы компонентов тканей тела

Возраст, годы	Коэффициент корреляции			
	n	% ЖТ	% МТ	% ТМТ
Лица женского пола				
7	16	0,450	0,512*	-0,230
8	19	0,206	0,492*	-0,037
9	17	0,079	-0,114	0,120
10	16	0,033	0,510*	0,209
11	30	0,083	0,331	0,186
12	10	-0,157	0,003	0,268
13	10	-0,337	-0,021	0,537
14	18	0,340	-0,029	-0,332
15	32	0,089	0,313	-0,069
16	16	-0,034	0,130	0,105
17	22	-0,194	0,039	0,193
18	30	0,094	0,113	-0,092
19	28	-0,245	-0,046	0,248
20	15	-0,198	0,243	0,193
Лица мужского пола				
7	18	0,301	0,352	-0,104
8	22	0,428*	0,454*	-0,137
9	32	0,390	0,460*	-0,134
10	15	0,167	0,563*	0,169
11	31	0,038	0,459*	0,238
12	10	-0,065	0,492*	0,300
13	10	0,491	0,692	-0,202
14	22	0,264	0,188	-0,431*
15	29	-0,168	0,203	0,153
16	20	0,337	0,106	-0,238
17	22	0,122	-0,150	-0,120
18	20	0,110	0,257	-0,110
19	12	-0,082	-0,169	0,106
20	24	0,251	0,267	-0,250

ную корреляцию массы тела с процентом ЖТ в детском и подростковом возрасте у обоих полов. По завершении пубертатного периода достоверной корреляции между ними не обнаруживалось. В то же время с процентом ТМТ в детском и подростковом возрасте установлена достоверная отрицательная взаимозависимость. Вероятно, при увеличении доли компонентов тела, состоящих преимущественно из белков, и соответствующем уменьшении доли жира, сопровождающемся снижением продукции гормонов, прирост массы тела приостанавливается.

ЖТ может участвовать в процессах роста организма как источник энергии. Так, у мальчиков в 10-, 11-, 15-, 17-летнем возрасте увеличение массы тела, ТМТ и МТ сопровождается уменьшением массы ЖТ, что может быть объяснено использованием ее с энергетической целью. У девочек в детском и подростковом возрасте увеличение массы тела также сопровождалось уменьшением массы ЖТ в 10, 11 и 13 лет. Известно, что в период ускоренного роста происходит уменьшение толщины кожно-жировых складок у мальчиков и у девочек, причем у мальчиков со снижением массы жира, происходящего на единицу площади тела, что связывают с возрастанием энергетических потребностей [14].

Ткани организма оказывают определенное влияние на ДТ. Данный эффект опосредуется через их действие на костную ткань. Проведенный корреляционный анализ показал, что ДТ достоверно коррелирует преимущественно с ТМТ, в состав которой входят кости скелета. Гораздо чаще достоверные коэффициенты корреляции были обнаружены у мальчиков. Причем у них для отдельных возрастов установлена прямая зависимость между ДТ и величиной ЖТ. Изучение значения ТМТ и ЖТ для плотности костей показало, что их величины достоверно положительно коррелируют с костной плотностью [13]. По данным литерату-

ры, установлено прямое стимулирующее влияние ЖТ на рост костей. Данный эффект жира особенно заметен при его избытке, что связывают с влиянием нескольких гормонов, продуцируемых адипоцитами. Несмотря на то, что возрастание концентрации сывроточного лептина и костной минерализации при увеличении массы ЖТ и массы тела в подростковом и юношеском возрасте происходят параллельно, значение данного гормона для развития костей не доказано [13]. Эстрогены, продуцируемые адипоцитами [14], являются негативным предиктором развития костной ткани, тогда как тестостерон и глобулин, связывающий половые гормоны, – позитивные предикторы размеров кортикальной кости [15]. При рассмотрении значения отдельных тканей в формировании костей показано, что, например, геометрия бедренной кости адаптирована к ТМТ и ДТ, а избыток веса и масса жира не имеют независимого эффекта на кость. Это согласуется с механической гипотезой, указывающей на то, что кость первично адаптирована к мышечным силовым воздействиям, а не к статической нагрузке, создаваемой массой тела [16].

Таким образом, в детском, подростковом и юношеском возрасте состав тела оказывает определенное влияние на основные показатели ФР – массу тела и его длину. Для возрастных изменений массы тела преимущественное значение имеют абсолютная и относительная величина ЖТ, несмотря на то, что ее доля значительно меньше, чем ТМТ. Рассмотрение динамики развития компонентов тела позволяет предположить, что увеличение массы жира у детей и подростков и ее уменьшение в юношеском возрасте обусловлены эндокринной функцией жира, более заметной у девочек. Реализация эндокринной функции жира больше сказывается на развитии мышц. В изученные возрастные периоды ДТ больше зависит от массы и доли ТМТ и МТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитюк Б.А., Чтецов В.П. Морфология человека. М.: изд-во Московского университета, 1983: 50–57.
2. Lee JM, Appugliese D, Kaciroti N et al. Weight status in young girls and the onset of puberty. *Pediatrics*. 2007; 119 (3): 624–630.
3. Guo SS, Chumlea WC, Roche AF, Siervogel RM. Age- and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: the Fels Longitudinal Study. *Int. J. Obes*. 1997; 21: 1167–1175.
4. Gasser T, Ziegler P, Kneip A et al. The dynamics of growth of weight, circumferences and skinfolds in distance, velocity and acceleration. *Ann. Hum. Biol.* 1993; 20: 239–259.
5. Forbes GB. Nutrition and growth. *J. Pediatr.* 1977; 91: 40–42.
6. Чубриева С.Ю., Глухов Н.В., Зайчик А.М. Жировая ткань как эндокринный регулятор (обзор литературы). *Вест. Санкт-Петербургского университета*. Сер. 11; 2008; вып. 1: 32–43.
7. Slaughter MN, Lohman TG, Boileau RA et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth: *Hum. Biol.* 1988; 60 (5): 709–723.
8. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am. J. of Phys. Anthropology*. 1921; 3: 223–230.
9. Богданова Е.А., Антипина Н.А., Долженко И.С. Роль массы тела в становлении менструального цикла. *Акуш. и гин.* 1984; 5: 48–50.
10. Frisch RE, Revelle R. Height and weight at menarche and a hypothesis of critical body weights and adolescent events. *Science*. 1970; 169 (943): 397–399.
11. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Чеботникова Т.В. и др. Половое развитие детей и подростков Московского региона: влияние ожирения. *Рус. мед. журнал. Эндокринология*. 2006; 14 (26): 1872–1877.
12. Wu T. Ethnic differences in the presence of secondary sex characteristics and menarche among us girls: The Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *Pediatrics*. 2002; 110 (4): 752–757.
13. Wang MC, Bachrach LK, Van Loan M et al. The relative contributions of lean tissue mass and fat mass to bone density in young women. *Bone*. 2005; 35 (4): 474–481.
14. Clark EM, Ness AR, Tobias JH, Von A. Longitudinal study of parents and children study team. Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2006; 91 (7): 2534–2541.
15. Lorentzon M, Swanson S, Andersson N et al. Free testosterone is a positive, whereas free estradiol is a negative predictor of cortical bone size in young Swedish men: The Good Study. *J. Bone Mineral. Res.* 2005; 20: 1331–1341.
16. Petit MA, Beck TJ, Shults J et al. Proximal femur bone geometry is appropriately adapted to lean mass in overweight children and adolescents. *Bone*. 2005; 36 (3): 568–576.