

УДК 616-071.3:577.121/.17:616-053.67-056:355.21

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ, МЕТАБОЛИЧЕСКИХ И ГОРМОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЗМА ЮНОШЕЙ ПРИЗЫВНОГО ВОЗРАСТА С ДЕФИЦИТОМ МАССЫ ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕМ

© 2022 г. Н. И. Михайлова¹, Б. Б. Пинхасов¹, *, М. Ю. Сорокин¹,
Ю. В. Лутов¹, В. Г. Селятицкая¹

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр
фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

*E-mail: bbpinkhasov@frcftm.ru

Поступила в редакцию 15.11.2021 г.

После доработки 08.04.2022 г.

Принята к публикации 05.05.2022 г.

Масса тела, являясь важным показателем здоровья и индикатором риска его нарушений, служит одним из критериев для отбора юношей при призыве на военную службу, которая во многом связана с повышенными уровнями физических и психоэмоциональных нагрузок. В этой связи необходимо сравнительное изучение механизмов влияния дефицита и избытка массы тела на состояние основных регуляторных систем организма и их эффекторных звеньев у юношей призывного возраста в сопоставлении с особенностями их физического развития. Цель настоящего исследования состояла в сравнительной оценке антропометрических, метаболических и гормональных характеристик организма юношей призывного возраста с дефицитом массы тела и ожирением. Проведенное исследование показало, что изменение массы тела в группах юношей с дефицитом массы тела (ДМТ) и ожирением (Ож) относительно юношей с нормальной массой тела (НМТ) ассоциировано преимущественно с жировым компонентом и в меньшей степени – с мышечным. У юношей с ДМТ был определен наиболее высокий уровень тестостерона в крови, а с Ож – наиболее низкий, в среднем соответствующий андрогенному дефициту. У юношей с Ож был выявлен метаболический синдром, проявляющийся абдоминальным ожирением, дислипидемиями и артериальной гипертензией, в основе патогенеза которого лежит гиперинсулинемия и сформированная на ее фоне инсулинорезистентность. У юношей с ДМТ преобладали компоненты эктоморфии, за которой следовали мезо- и эндоморфия, юноши с НМТ были более сбалансированы по выраженности компонентов, у них преобладала мезоморфия, за ней следовали экто- и эндоморфия, у юношей с ожирением преобладала эндоморфия, за которой следовали мезо- и эктоморфия. Исследование антропометрических и гормонально-метаболических особенностей у юношей с Ож, имеющих разные соматотипы, показало, что юноши с соматотипом эндоморфный мезоморф имеют параметры, практически не отличающиеся от таковых у юношей с ДМТ и НМТ. У юношей с ожирением и соматотипом мезоморфный эндоморф выявляется гипогонадизм и инсулинорезистентность, в связи с чем, они являются группой риска по развитию хронических неинфекционных заболеваний.

Ключевые слова: юноши, дефицит массы тела, ожирение, антропометрия, соматотип, гормонально-метаболические характеристики.

DOI: 10.31857/S0131164622700072

Физическое развитие растущего организма является одним из основных показателей здоровья [1–3]. Суммарно все антропометрические показатели, характеризующие определенные стороны физического развития, позволяют определить морфофенотип или соматотип человека [4], и создают представление о конституции человека, которая является индивидуальным маркером развития и функционального состояния организма [5, 6]. Конституция человека, в свою очередь, зави-

сит от взаимодействия генетических и разнообразных внешних факторов, и не только определяет форму тела и физический облик субъекта, но и связана с особенностями функциональной реактивности и резистентности организма, анатомическим строением внутренних органов, системой крови и т.д. [7, 8].

Одним из основных показателей физического развития является масса тела, которая во многом отражает индивидуальные конституциональные

характеристики организма. Данный показатель также может служить одним из важнейших индикаторов здоровья и факторов риска его нарушения [9]. Так, например, избыточная масса тела и ожирение у подростков и юношей в ряде случаев сопровождаются дислипидемией, гиперинсулинемией и инсулинорезистентностью, артериальной гипертензией, нарушениями репродуктивной функции и другими патологическими проявлениями [10, 11]. Дефицит массы тела ассоциирован с появлением признаков заболеваний костно-мышечной системы (сколиоз, плоскостопие), миопии, вегетососудистой дистонии, заболеваний органов пищеварения [12, 13].

Избыточное накопление или дефицит массы тела у юношей призывного возраста имеют существенное значение для прохождения врачебных комиссий при призыве на воинскую службу, поскольку изменение массы тела, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения относительно нормативных показателей, рассматривается в качестве фактора риска развития определенных заболеваний [14, 15]. При этом растущий поток информации, совершенствование военной техники, потребность в более глубоких знаниях требуют все больших усилий от будущих военнослужащих. От нормального физического развития, функционирования основных систем жизнеобеспечения призывников будет зависеть способность их организма сохранять устойчивость к экзогенным факторам, адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды.

В этой связи необходимо более глубокое сравнительное изучение механизмов влияния дефицита и избытка массы тела на состояние основных регуляторных систем организма и их эффекторных звеньев у юношей призывного возраста в сопоставлении с особенностями их физического развития.

Цель настоящего исследования состояла в сравнительной оценке антропометрических, метаболических и гормональных характеристик организма юношей призывного возраста с дефицитом массы тела и ожирением.

МЕТОДИКА

В исследование были включены 141 юноша призывного возраста (18–23 года), проходивших стационарное обследование в эндокринологическом и терапевтическом отделениях городской клинической больницы № 1 г. Новосибирска по направлению из военкомата. Исследование проводили в период осенней призывной кампании, проходившей в период 01.10.–30.11.2018 г. В зависимости от величины индекса массы тела (ИМТ) юноши были распределены на 3 группы: группа 1 – 41 юноша с дефицитом массы тела (ДМТ), ИМТ –

$17.1 \pm 0.82 \text{ кг/м}^2$, группа 2 (сравнения) – 55 юношей с нормальной массой тела (НМТ), ИМТ – $21.2 \pm 2.2 \text{ кг/м}^2$, группа 3 – 45 юношей с ожирением (Ож), ИМТ – $34.9 \pm 4.0 \text{ кг/м}^2$.

Проводили антропометрическое обследование, включающее измерение продольных и поперечных костных параметров, окружностей различных участков туловища и конечностей. Длину тела измеряли с использованием напольного медицинского ростомера с точностью измерения до 5 мм. Массу тела измеряли на медицинских весах с точностью измерения до 50 г. Продольные и поперечные костные диаметры (поперечные и сагитальный) измеряли с помощью толстотного циркуля (с точностью измерения до 1 мм). Толщину кожно-жировых складок измеряли калипером с pistolетной рукояткой и оттарированной пружиной для создания одинакового давления на обе стороны жировой складки (10 г на мм^2) с точностью измерения до 0.5 мм [16]. Окружности туловища и конечностей измеряли с применением сантиметровой ленты с точностью измерения до 5 мм. Оценивали относительное (Жир, %) и абсолютное содержание жировой ткани в организме (Жир, кг) методом биоимпедансометрии с применением двухэлектродного ручного анализатора фирмы “OMRON” BF 302 (Япония). Относительное содержание жировой ткани в организме также оценивали на основании измеренной толщины кожно-жировых складок по формуле *J.V.G.A. Durnin, J. Womersley* (1974), жировая масса тела (ЖМТ, %) = $495 / (1.1509 - 0.0715 \times \lg S_4) - 450$, где S_4 – сумма 4 кожно-жировых складок (СКЖС): на задней и передней поверхности плеча, под нижним углом лопатки и верхнеподвздошная складка [16]. Соматотипирование, основанное на расчете компонентов тела, проводили методом Хит-Картера [17, 18]. Для определения компонентов тела – эндоморфии, мезоморфии и эктоморфии, измеряли следующие антропометрические показатели: длину и массу тела, обхват напряженного плеча, обхват голени, поперечный диаметр дистального эпифиза плечевой и бедренной костей, толщины кожно-жировых складок под лопаткой, на плече сзади, над подвздошным гребнем и на голени. Для расчетов использовали предложенные формулы [17, 18].

Забор проб крови для исследования гормонально-метаболического профиля осуществляли в период с 8.30 до 9.00 ч натощак в процедурном кабинете эндокринологического отделения стационара.

Биохимические параметры – общий холестерин (ХС, референсные значения $<5.0 \text{ ммоль/л}$), триглицериды (ТГ, референсный интервал $0.5\text{--}1.7 \text{ ммоль/л}$), холестерин липопротеидов высокой плотности (ЛПВП, референсный интервал $0.9\text{--}1.55 \text{ ммоль/л}$), глюкоза (референсный интервал 3.5--

6.4 ммоль/л), аланинаминотрансфераза (АЛТ, референсные значения <50 Ед/л), аспартатаминотрансфераза (АСТ, референсные значения <50 Ед/л), креатинин (референсный интервал 44–115 мкмоль/л), общий белок (референсный интервал 65–85 г/л), альбумины (референсный интервал 35–52 г/л), мочевиная кислота (МК, референсный интервал 208–428 мкмоль/л) были измерены с использованием зарубежных коммерческих наборов (*BioCon*, Германия) ферментативными и колориметрическими методами на автоматическом биохимическом анализаторе “*Kon-elab 30i*” *Thermo Electron Corp.* (Финляндия). Содержание глюкозы определяли в крови с использованием ферментативного метода на анализаторе “*Photometer 5010*”, *Boehringer Mannheim* (Германия). Содержание гормонов в сыворотке крови определяли иммуноферментным методом с использованием отечественных коммерческих наборов фирмы “Алкор Био” на микропланшетном иммуноферментном анализаторе *Immuto-Chem 2100* (США): фолликулостимулирующего (ФСГ 1.31–13.58 МЕд/л) и лютеинизирующего (ЛГ 1.84–8.18 МЕд/л) гормонов, тиреотропного гормона (ТТГ 0.4–4.0 МЕд/л), дегидроэпиандростерон-сульфата (ДЭАС 2.71–11.4 мкмоль/л), общего тестостерона (12.1–38.3 нмоль/л), кортизола (150–660 нмоль/л).

Содержание иммунореактивного инсулина в сыворотке измеряли с использованием наборов *Monobind Inc.*, США; нормативные величины 0.7–9.0 мкЕд/мл. Рассчитывали индекс инсулинорезистентности *НОМА-IR* по формуле: [ИРИ (мкЕд/мл) × глюкоза натощак (ммоль/л)]/22.5; при величине индекса *НОМА-IR* > 2.77 устанавливали наличие инсулинорезистентности. Вычисляли индекс анаболизма (ИА) по формуле Л.В. Костиной и др. [19]: ИА = тестостерон/кортизол × 100%. В норме индекс анаболизма составляет более 3%, он отражает баланс между анаболическими и катаболическими процессами в организме.

Наличие основных компонентов метаболического синдрома (МС) – абдоминального ожирения (АО), артериальной гипертензии (АГ), гипергликемии (ГГ), гипертриглицеридемии (ГТГ) и гипохолестеринемии (ГАХС), устанавливали по критериям Консенсуса международных экспертов в областях эндокринологии и кардиологии (*JIS*) от 2009 г. [20].

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы “*Statistica 10.0*” (*StatSoft*, США). Результаты в таблицах и тексте представлены в виде средней арифметической величины показателя и стандартного отклонения ($M \pm SD$) или частоты случаев в %. Для оценки различий количественных признаков использовали непараметрические критерии: для множе-

ственного сравнения Крускала-Уоллиса и для парного сравнения Манна-Уитни; для характеристики зависимости параметров применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r). Минимальную вероятность справедливости нулевой гипотезы принимали при 5% уровне значимости ($p < 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ антропометрических показателей показал, что по продольным костным параметрам: рост (РСТ) и длина ноги (ДН) группы юношей не различались между собой. При этом с увеличением ИМТ отмечено достоверное увеличение поперечных костных параметров: плечевого диаметра (ПД), поперечного среднегрудного диаметра на выдохе (ПСГД), сагиттального диаметра грудной клетки (СДГК), а также тазогребневого и межвертельного диаметров (ТГД и МВД) (табл. 1). Помимо поперечных костных параметров в группах достоверно различались все обхватные показатели и толщина подкожной жировой клетчатки на туловище и конечностях (табл. 1). Изменение массы тела в группах юношей с ДМТ и ожирением относительно юношей с НМТ в меньшую и большую стороны соответственно происходило преимущественно за счет жирового компонента. Так, относительно юношей из группы 2 с НМТ, дефицит жировой ткани, рассчитанный по показателю Жир, %, в группе 1 составил – 58.3%, а ее избыток в группе 3 – 230.9%. Относительное содержание жировой массы, измеренное на основании калиперометрии (ЖМТ, %) было выше на 27.5% в группе юношей с ДМТ ($p < 0.001$) и ниже на 6% в группе юношей с ожирением в сравнении с величинами показателя, полученными методом биоимпеданса (Жир, %). Поэтому относительно юношей из группы 2 с НМТ, дефицит жировой ткани, рассчитанный по показателю ЖМТ, %, в группе 1 составил – 45.6%, а ее избыток в группе 3 – 222%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оба метода, использованные для определения относительного содержания жировой массы, дают сходные результаты и подтверждают вывод, что изменение массы тела в группах юношей с ДМТ и ожирением относительно юношей с НМТ происходило преимущественно за счет жирового компонента. При этом дефицит тощей массы тела (ТМТ) составил 14.8%, а ее избыток – 19.8%, у юношей в группах 1 и 3 соответственно.

Анализ метаболических показателей, характеризующих активность белкового, углеводного и жирового обменов, выявил наиболее высокий уровень белка и альбуминов у юношей с ДМТ. Уровень глюкозы крови в группах не различался, но из данных, представленных в табл. 2, видно,

Таблица 1. Сравнительная оценка антропометрических характеристик юношей в выделенных группах ($M \pm SD$)

Показатель	ДМТ	НМТ	Ожирение	<i>p</i>		
	<i>n</i> = 41	<i>n</i> = 55	<i>n</i> = 45			
группа	1	2	3	1–2	1–3	2–3
Возраст, лет	19.5 ± 1.6	18.5 ± 1.3	19.7 ± 2.1	0.025	0.887	0.047
Масса, кг	55.0 ± 4.9	67.5 ± 8.2	113.4 ± 13.9	0.000	0.000	0.000
Рост, см	179.1 ± 6.5	178.3 ± 6.0	180.2 ± 6.8	0.858	0.613	0.487
ИМТ, кг/м ²	17.1 ± 0.8	21.2 ± 2.2	34.9 ± 4.0	0.000	0.000	0.000
ДН, см	92.0 ± 5.4	91.3 ± 4.4	91.8 ± 4.9	0.438	0.778	0.652
ТИ, у. е.	1.95 ± 0.09	1.95 ± 0.06	1.96 ± 0.08	0.376	0.322	0.510
ПД, см	36.5 ± 2.7	39.7 ± 2.2	41.4 ± 2.5	0.000	0.000	0.072
ПСГД, см	25.9 ± 2.0	26.8 ± 1.6	34.9 ± 3.0	0.010	0.000	0.000
СДГК, см	17.5 ± 2.3	18.5 ± 1.7	26.5 ± 2.7	0.002	0.000	0.000
ТГД, см	23.4 ± 3.7	27.9 ± 2.3	29.2 ± 3.0	0.000	0.000	0.034
МВД, см	31.0 ± 2.2	32.3 ± 1.7	38.9 ± 3.8	0.000	0.000	0.000
ОГК, см	79.0 ± 4.4	83.1 ± 6.9	111.4 ± 6.3	0.000	0.000	0.000
ОТ, см	68.2 ± 3.1	73.2 ± 5.7	109.6 ± 9.1	0.000	0.000	0.000
ОБ, см	87.6 ± 3.6	92.5 ± 5.8	119.6 ± 8.0	0.000	0.000	0.000
ОТ/ОБ, у. е.	0.78 ± 0.04	0.80 ± 0.03	0.92 ± 0.07	0.099	0.000	0.000
ЖМТ, %	7.4 ± 2.6	13.6 ± 4.6	30.2 ± 4.1	0.000	0.000	0.000
Жир, %	5.8 ± 1.0	13.9 ± 8.4	32.1 ± 6.1	0.000	0.000	0.000
Жир, кг	3.2 ± 0.7	9.6 ± 4.4	35.8 ± 11.0	0.000	0.000	0.000
ТМТ, кг	49.3 ± 5.7	57.9 ± 5.0	69.4 ± 17.1	0.000	0.000	0.000

Примечание: ДМТ – дефицит массы тела, НМТ – нормальная масса тела, ИМТ – индекс массы тела, ДН – длина ноги, ТИ – трохантерный индекс, ПД – плечевой диаметр, ПСГД – поперечный среднегрудной диаметр, СДГК – сагиттальный диаметр грудной клетки, ТГД – тазобедренный диаметр, МВД – межvertebralный диаметр, ОГК – окружность грудной клетки, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, ЖМТ, % – относительное содержание жировой ткани в организме, рассчитанное по формуле *J.V.G.A. Durnin, J. Womersley* [16], ТМТ – тощая масса тела.

что поддержание нормального уровня глюкозы у юношей из группы 3 связано с компенсаторной гиперинсулинемией. Уровень инсулина у юношей из группы 3 был в 3.2 раза выше, чем у юношей из группы 1, и в 2.4 раза выше по сравнению с юношами из группы 2. В соответствии с этими результатами величина индекса *HOMA-IR* у юношей из группы 3 превышала пороговое значение 2.77 у. е. (табл. 2), что указывало на наличие у них выраженной инсулинорезистентности периферических тканей.

Среди показателей, характеризующих жировой обмен, можно отметить статистически значимое увеличение уровня общего холестерина и триглицеридов в сыворотке крови и снижение уровня холестерина ЛПВП у юношей группы 3 относительно юношей из групп 1 и 2. Уровень артериального давления (АД) у юношей из групп 1, 2 и 3 составил $116.7 \pm 8.2/72.6 \pm 6.2$ мм рт. ст., $117.6 \pm 6.2/73.2 \pm 4.9$ мм рт. ст. и $137.8 \pm 9.1/89.9 \pm 8.2$ мм рт. ст. ($p_{1-3} < 0.000$; $p_{2-3} < 0.000$ как для

систолического, так и для диастолического АД соответственно).

Полученные результаты позволяют говорить о том, что у юношей группы 3 с ожирением развивается МС, проявляющийся абдоминальным ожирением, дислипидемиями и артериальной гипертензией. Артериальная гипертензия как компонент МС была выявлена у 41 (91%) юноши из 3 группы, из них у 32 (71.1%) диагностирована I–II степень артериальной гипертензии. В итоге МС по критериям *JIS* был выявлен у 23 (51%) юношей группы 3 с ожирением. Результаты гормонально-метаболического обследования указывают на то, что в основе патогенеза МС у юношей с ожирением лежит гиперинсулинемия и сформированная на ее фоне инсулинорезистентность.

Уровни гормонов, участвующих в регуляции белкового, углеводно-жирового и энергетического обменов – кортизола и ТТГ, у юношей в выделенных группах не различались. Также не различались уровни ЛГ, ФСГ и андрогенов надпочечникового происхождения. При этом по мере

Таблица 2. Сравнительная оценка гормонально-метаболических характеристик юношей в выделенных группах ($M \pm SD$)

Показатель	ДМТ	НМТ	Ожирение	<i>p</i>		
	<i>n</i> = 41	<i>n</i> = 55	<i>n</i> = 45			
группа	1	2	3	1–2	1–3	2–3
Глюкоза, ммоль/л	5.3 ± 0.5	5.4 ± 0.2	5.4 ± 0.6	0.621	0.419	0.897
Общий белок, г/л	78.0 ± 3.7	76.1 ± 4.1	74.2 ± 10.6	0.419	0.011	0.557
Альбумины, г/л	49.4 ± 3.1	48.4 ± 3.3	47.0 ± 2.9	0.754	0.001	0.467
Креатинин, ммоль/л	85.1 ± 9.9	84.7 ± 7.4	86.1 ± 9.6	0.685	0.839	0.579
АЛТ, ед./л	17.4 ± 16.3	22.8 ± 21.6	32.7 ± 19.1	0.789	0.000	0.000
АСТ, ед./л	20.6 ± 7.3	20.5 ± 9.4	27.7 ± 10.7	0.851	0.000	0.009
ХС, ммоль/л	3.9 ± 0.7	4.0 ± 0.9	4.6 ± 1.3	0.927	0.001	0.007
ЛПВП, ммоль/л	1.3 ± 0.3	1.3 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.860	0.000	0.000
ТГ, ммоль/л	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.4	1.3 ± 0.5	0.745	0.000	0.000
МК, ммоль/л	320.7 ± 56.3	351.2 ± 54.5	438.6 ± 88.7	0.743	0.000	0.000
Инсулин, мкЕд/мл	6.3 ± 3.7	8.8 ± 3.1	20.2 ± 10.9	0.115	0.000	0.000
<i>HOMA-IR</i> , у. е.	1.5 ± 0.9	2.1 ± 0.9	4.9 ± 2.8	0.094	0.000	0.000
Кортизол, нмоль/л	579.9 ± 176.1	512.4 ± 131.7	525.6 ± 151.9	0.598	0.202	0.911
ТТГ, Мед/л	2.9 ± 1.6	2.6 ± 1.1	2.7 ± 1.3	0.705	0.689	0.951
ЛГ, Мед/л	3.9 ± 1.6	4.3 ± 1.7	3.8 ± 1.6	0.277	0.806	0.144
ФСГ, Мед/л	3.8 ± 2.3	3.1 ± 2.0	2.8 ± 1.3	0.429	0.150	0.727
Тестостерон, нмоль/мл	17.7 ± 5.7	14.2 ± 2.8	10.5 ± 4.1	0.003	0.000	0.001
ДЭАС, мкмоль/л	7.61 ± 3.08	7.57 ± 1.98	8.17 ± 3.52	0.916	0.456	0.349
Индекс анаболизма, %	3.2 ± 1.4	2.9 ± 0.7	2.2 ± 1.1	0.801	0.001	0.004

Примечание: ДМТ – дефицит массы тела, НМТ – нормальная масса тела, АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспарагинаминотрансфераза, ХС – общий холестерин, ЛПВП – холестерин липопротеинов высокой плотности, ТГ – триглицериды, МК – мочевая кислота, ТТГ – тиреотропный гормон, ЛГ – лютеинизирующий гормон, ФСГ – фолликулостимулирующий гормон, ДЭАС – дегидроэпиандростерон-сульфат.

увеличения ИМТ статистически значимо снижался уровень тестостерона. Наиболее высокий его уровень был выявлен у юношей с дефицитом массы тела, а наиболее низкий – у юношей с ожирением. У 30 (66.7%) юношей группы 3 с ожирением был определен андрогенный дефицит (уровень тестостерона менее 12.1 нмоль/л), из них у 16 (35.5%) юношей этой группы был выявлен лабораторный гипогонадизм (уровень тестостерона менее 8 нмоль/л) [21]. Снижение уровня тестостерона у юношей группы 3 с ожирением может быть связано с накоплением жировой ткани, в которой происходит превращение тестостерона в эстрадиол посредством фермента ароматазы [22]. Величина индекса анаболизма у юношей с ожирением также была ниже по сравнению с юношами с ДМТ и НМТ, что указывает на нарушение у них пластических процессов и хроническое напряжение систем адаптации организма к физическим нагрузкам [19].

Обсуждая полиэтиологическую природу состояний, связанных с дефицитом или избытком массы тела, исследователи часто обращаются к

конституциональной природе данных отклонений. Как ожирение, так и дефицит массы тела ассоциированы с определенными типами телосложения [7, 11, 12]. В табл. 3 показано количество случаев разных конституциональных соматотипов согласно используемой методики типирования Хит-Картера [17, 18] среди юношей в выделенных группах с ДМТ, НМТ и Ож.

Юноши с ДМТ были представлены в равных долях тремя соматотипами: мезоморфный эктоморф – 31.8%, сбалансированный эктоморф – 34.2%, эндоморфный эктоморф – 34.2% (табл. 3). Соотношение эктоморфии, мезоморфии и эндоморфии у юношей с ДМТ составило 5.94 ± 0.67 балла, 2.01 ± 1.19 балла и 1.55 ± 0.47 балла, соответственно.

Сравнительный анализ изученных антропометрических характеристик показал, что у юношей с ДМТ, имеющих соматотип мезоморфный эктоморф определены наиболее низкие показатели роста и длины ноги (174.5 ± 5.2 и 89.1 ± 3.9 см) относительно юношей, имеющих соматотипы

Таблица 3. Количество случаев разных соматотипов у юношей в выделенных группах

Тип телосложения	ДМТ	НМТ	Ожирение	Всего
Центральный		3		3
Сбалансированный мезоморф		5		5
Эктоморфный мезоморф		7		7
Мезоморф-экторморф		4		4
Мезоморфный эктоморф	13	10		23
Сбалансированный эктоморф	14	12		26
Эндоморфный эктоморф	14	2		16
Мезоморфный эндоморф		2	26	28
Мезоморф-эндоморф		0	12	12
Эндоморфный мезоморф		10	7	17
Всего	41	55	45	141

Примечание: ДМТ – дефицит массы тела, НМТ – нормальная масса тела.

сбалансированный эктоморф (178.9 ± 5.7 см, $p = 0.049$ и 92.7 ± 4.9 см, $p = 0.041$) и эндоморфный эктоморф (182.5 ± 6.6 см, $p = 0.010$ и 94.6 ± 5.7 см, $p = 0.006$). Среди гормонально-метаболических характеристик в выделенных подгруппах юношей с ДМТ достоверные изменения коснулись лишь уровня холестерина ЛПВП: наиболее низкий уровень был у юношей, имеющих соматотип мезоморфный эктоморф (1.12 ± 0.24 ммоль/л), в то время как в подгруппах с соматотипами сбалансированный эктоморф и эндоморфный эктоморф уровень ЛПВП составил 1.33 ± 0.19 и 1.38 ± 0.27 ммоль/л (в обоих случаях $p = 0.020$) соответственно.

Юноши с НМТ проявляли наибольшее разнообразие соматотипов – 8 вариантов, из которых наиболее часто встречались следующие: сбалансированный эктоморф 21.8%, мезоморфный эктоморф и эндоморфный мезоморф – по 18.2% (табл. 3). Соотношение эктоморфии, мезоморфии и эндоморфии у юношей с НМТ составило 3.55 ± 1.11 балла, 2.78 ± 0.19 балла и 4.43 ± 1.31 балла соответственно.

В группе юношей с Ож встречались три соматотипа (табл. 3), из них на долю мезоморфных эндоморфов приходилось 57.8% (подгруппа 1), мезоморф-эндоморфов – 26.7% (подгруппа 2) и эндоморфных мезоморфов – 15.5% (подгруппа 3). Соотношение эктоморфии, мезоморфии и эндоморфии у юношей с Ож составило 0.22 ± 0.21 балла, 6.83 ± 1.79 балла и 7.76 ± 1.051 балла соответственно.

Наибольшее количество достоверных различий антропометрических характеристик было выявлено между юношами из подгрупп 1 и 3, юноши из подгруппы 2 имели промежуточные показатели оцениваемых параметров. Юноши из подгруппы 1 имели больший рост, сагиттальный СГД, МВД, а также показатели, характеризую-

щие накопление жировой ткани, такие как: ОТ, СКЖС, абсолютное содержание жира; юноши из подгруппы 3 имели более низкий рост и более широкий ПД (табл. 4).

Анализ гормонально-метаболических показателей у юношей с Ож в исследуемых подгруппах показал, что наиболее значимые различия касались гормональных показателей, а именно уровня инсулина, а также центральных и периферических половых гормонов. Уровень инсулина и величина индекса инсулинорезистентности *НОМА* снижались в ряду подгрупп от 1 к 3. При этом наиболее низкий уровень тестостерона был выявлен у юношей из подгруппы 1, увеличиваясь к 2 и далее к 3 группам (табл. 5).

В подгруппах 1 и 2 юношей с Ож уровни ЛГ и ФСГ были выше относительно величин показателей у юношей из подгруппы 3 (табл. 5). Можно предположить, что эти изменения являются отражением компенсаторной реакции со стороны гипофизарного звена системы гипофиз – гонады и направлены на повышение уровня тестостерона. Несмотря на увеличенные уровни ФСГ и ЛГ, содержание тестостерона в крови юношей из подгруппы 1 составило всего 8.1 ± 2.4 нмоль/л, что соответствует андрогенному дефициту (менее 12.1 нмоль/л). Низкий уровень тестостерона у юношей с Ож 1 и 2 подгрупп может быть частично обусловлен наличием избыточной жировой ткани, в которой происходит превращение тестостерона в эстрадиол [22]. Действительно, у юношей с Ож из подгрупп 1 и 2 абсолютное количество жира статистически значимо выше относительно юношей из подгруппы 3 (табл. 4). При этом уровень тестостерона у юношей с Ож из подгруппы 3 с соматотипом эндоморфный мезоморф сравним с уровнями этого гормона у юношей с ДМТ и НМТ.

Можно предположить, что гормонально-метаболические показатели, находящиеся в пределах

Таблица 4. Сравнительная характеристика антропометрических показателей у юношей с ожирением, имеющих различные соматотипы ($M \pm SD$)

Показатель	Мезоморфный эндоморф	Мезоморф-эндоморф	Эндоморфный мезоморф	<i>p</i>		
	<i>n</i> = 26	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 7			
подгруппа	1	2	3	1–2	1–3	2–3
Возраст, лет	19.3 ± 1.4	19.5 ± 1.4	21.7 ± 3.7	0.690	0.226	0.298
Масса, кг	115.0 ± 13.2	110.2 ± 8.1	106.8 ± 14.1	0.416	0.146	0.497
Рост, см	181.7 ± 6.8	179.5 ± 6.5	174.9 ± 4.7	0.352	0.011	0.070
ИМТ, кг/м ²	34.8 ± 3.8	34.3 ± 3.2	34.9 ± 4.6	0.595	0.826	0.964
ДН, см	92.6 ± 5.2	91.1 ± 5.2	91.0 ± 2.9	0.406	0.441	0.892
ТИ, у. е.	1.97 ± 0.07	1.97 ± 0.08	1.94 ± 0.05	0.960	0.434	0.590
ПД, см	40.7 ± 2.5	42.0 ± 2.8	42.9 ± 1.7	0.197	0.038	0.558
ПСГД, см	37.0 ± 3.6	35.6 ± 1.5	36.4 ± 1.4	0.297	0.660	0.626
ССГД, см	26.9 ± 2.3	26.1 ± 4.0	25.4 ± 1.7	0.191	0.055	0.884
ТГД, см	29.3 ± 3.0	29.0 ± 2.7	29.1 ± 3.4	0.930	0.947	0.733
МВД, см	39.5 ± 3.9	38.8 ± 2.8	36.4 ± 4.0	0.634	0.082	0.242
ОГК, см	112.1 ± 7.0	110.3 ± 5.4	110.6 ± 4.8	0.274	0.301	0.591
ОТ, см	112.0 ± 8.5	106.9 ± 8.9	104.6 ± 8.8	0.070	0.064	0.415
ОБ, см	120.6 ± 8.5	118.5 ± 6.2	116.9 ± 8.4	0.352	0.234	0.618
ОТ/ОБ, у. е.	0.90 ± 0.05	0.89 ± 0.05	0.93 ± 0.08	0.163	0.159	0.684
СКЖС, мм	100.5 ± 20.7	95.1 ± 20.2	77.8 ± 17.3	0.231	0.020	0.103
Жир, %	31.9 ± 6.1	32.6 ± 6.9	32.5 ± 6.2	0.818	0.629	0.745
Жир, кг	37.0 ± 9.8	36.3 ± 9.3	32.9 ± 6.7	0.724	0.031	0.048
ТМТ, кг	77.9 ± 8.9	77.2 ± 12.0	75.9 ± 8.1	0.618	0.659	0.892

Примечание: СКЖС – сумма кожно-жировых складок. Остальные обозначения см. табл. 1.

нормативных референсных значений у юношей с соматотипом эндоморфный мезоморф ассоциированы с конституциональными особенностями, а именно с большей мышечной массой, характерной для мезоморфии, и относительно меньшим количеством жировой массы, характерным для эндоморфии [23]. Относительно более низкие значения индекса анаболизма у юношей с соматотипом мезоморфный эндоморф указывают на снижение у них активности пластических процессов и напряжение систем адаптации организма к внешним факторам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты обследования юношей призывного возраста с ДМТ позволяют говорить о том, что высокие значения уровня тестостерона и величины индекса анаболизма определяют у них высокий потенциал по набору как мышечной, так и ЖМТ до нормального уровня. В этой связи можно предполагать, что для большинства обследованных юношей с ДМТ оздоровление с использованием подходов к уве-

личению массы тела с применением богатых питательными веществами рационов будет иметь высокий позитивный эффект с целью рационального определения возможных военно-учетных специальностей с точки зрения физиологии этих юношей [14].

У юношей с ожирением выявлены значимые нарушения как клинических, так и гормонально-метаболических характеристик. У 23 из них (51%) выявлен МС, у 18 (40%) – дислипидемия, у 32 (71.1%) диагностирована I-II степень артериальной гипертензии, а у 11 (24%) диагностирована уже гипертоническая болезнь II степени, II стадии; у 30 (66.7%) – выявлен андрогенный дефицит, из них у 16 (35.5%) – гипогонадизм. Эти юноши являются группой риска по развитию большинства хронических неинфекционных заболеваний, в связи с чем, они нуждаются в проведении патогенетического лечения, связанного, прежде всего, с нормализацией гиперинсулинемии и инсулинорезистентности на фоне коррекции массы тела. Диетические мероприятия и физические нагрузки будут наиболее эффективны у юношей с ожирением, имеющих соматотип эндо-

Таблица 5. Сравнительная характеристика гормонально-метаболических показателей у юношей с ожирением, имеющих различные соматотипы ($M \pm SD$)

Показатель	Мезоморфный эндоморф	Мезоморф-эндоморф	Эндоморфный мезоморф	<i>p</i>		
	<i>n</i> = 26	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 7			
подгруппа	1	2	3	1–2	1–3	2–3
Глюкоза, ммоль/л	5.3 ± 0.6	5.5 ± 0.4	5.3 ± 0.3	0.352	0.965	0.258
Общий белок, г/л	75.9 ± 3.9	74.6 ± 3.5	76.5 ± 4.8	0.272	0.964	0.618
Альбумины, г/л	47.4 ± 2.9	46.7 ± 2.8	45.4 ± 3.3	0.765	0.291	0.365
Креатинин, ммоль/л	83.7 ± 7.5	87.6 ± 9.2	91.1 ± 15.0	0.178	0.428	0.892
АЛТ, ед./л	37.2 ± 22.1	28.7 ± 13.5	22.7 ± 10.1	0.232	0.086	0.239
АСТ, ед./л	30.7 ± 11.6	26.3 ± 7.6	18.6 ± 6.9	0.288	0.009	0.050
ХС, ммоль/л	4.6 ± 1.5	4.2 ± 0.7	4.9 ± 1.1	0.361	0.333	0.062
ЛПВП, ммоль/л	1.08 ± 0.27	1.12 ± 0.15	1.16 ± 0.20	0.245	0.234	0.618
ТГ, ммоль/л	1.2 ± 0.5	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.3	0.973	0.412	0.421
МК, ммоль/л	447.7 ± 104.3	433.9 ± 55.9	395.5 ± 70.3	0.973	0.186	0.063
Инсулин, мкЕд/мл	25.4 ± 21.2	21.0 ± 10.8	13.1 ± 4.8	0.638	0.041	0.065
<i>НОМА-IR</i> , у. е.	6.4 ± 6.2	5.2 ± 2.8	3.1 ± 1.2	0.845	0.106	0.129
Кортизол, нмоль/л	526.7 ± 126.8	490.1 ± 212.8	557.8 ± 141.7	0.288	0.860	0.441
ТТГ, МЕд/л	2.5 ± 1.2	2.9 ± 1.2	2.8 ± 1.2	0.303	0.532	0.841
ЛГ, МЕд/л	4.0 ± 1.7	3.9 ± 1.5	2.1 ± 1.0	0.981	0.085	0.068
ФСГ, МЕд/л	2.7 ± 1.4	3.3 ± 1.2	1.9 ± 0.7	0.155	0.213	0.012
Тестостерон, нмоль/мл	8.1 ± 2.4	13.6 ± 4.0	16.7 ± 4.6	0.000	0.000	0.258
ДЭАС, мкмоль/л	8.4 ± 4.3	7.9 ± 3.8	8.2 ± 3.9	0.544	0.338	0.242
Индекс анаболизма, %	1.7 ± 0.8	3.2 ± 1.3	2.8 ± 0.9	0.001	0.010	0.841

Примечание: см. табл. 2.

морфный мезоморф, у юношей с ожирением и соматотипами мезоморфный эндоморф и мезоморф-эндоморф, помимо коррекции диеты и физических нагрузок, необходима дополнительная медикаментозная коррекция ожирения.

Анализ результатов обследования юношей с Ож и разными соматотипами позволяет предполагать, что конституциональный фактор может быть ассоциирован с центральными гипофизарными механизмами становления и поддержания репродуктивной функции, однако это предположение требует дальнейших исследований.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины (Новосибирск).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных

рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа выполнена в рамках темы НИР с государственной регистрацией № 122032200241-5 с использованием оборудования ЦКП “Протеомный анализ”, поддержанного финансированием Минобрнауки России (соглашение № 075-15-2021-691).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журн. 2018. Т. 99. № 4. С. 698.
2. Изотова Л.Д. Современные взгляды на проблему оценки физического развития детей и подростков // Казанский медицинский журн. 2015. Т. 96. № 6. С. 1015.
3. Гаврюшин М.Ю. Современное состояние физического развития школьников Пензенского региона //

- Здравоохранение и образование в XXI в. 2017. Т. 19. № 6. С. 94.
4. Корнетов Н.А. Концепция клинической антропологии в медицине // Бюллетень сибирской медицины. 2008. Т. 7. № 1. С. 7.
 5. Колпаков В.В., Беспалова Т.В., Томилова Е.А. и др. Системный анализ индивидуально-типологических особенностей организма // Физиология человека. 2011. Т. 37. № 6. С. 111.
Kolpakov V.V., Tomilova E.A., Shtork T.E. et al. Systemic analysis: individual typological characteristics of the human body // Human Physiology. 2011. V. 37. № 6. P. 738.
 6. Хрисанфова Е.Н. Конституция и биохимическая индивидуальность. М.: Изд-во МГУ, 1990. 154 с.
 7. Васильев С.В. Основы возрастной и конституциональной антропологии. М.: Изд-во РОУ, 1996. 216 с.
 8. Еркудов В.О., Скрипченко Н.В., Заславский Д.В. и др. Значение конституциональных факторов в развитии дефицита и избытка массы тела у подростков // Вопросы практической педиатрии. 2019. Т. 14. № 4. С. 21.
 9. Михайлова С.В. Комплексная оценка состояния здоровья студенческой молодежи // Профилактическая и клиническая медицина. 2018. Т. 66. № 1. С. 23.
 10. Гончаров Н.П., Кацья Г.В., Вербовой А.Ф., Митрошина Е.В. Возрастные особенности гормонально-метаболического дисбаланса у юношей и взрослых мужчин с ожирением // Проблемы эндокринологии. 2015. Т. 61. № 3. С. 30.
 11. Корнев Н.М., Богмат Л.Ф., Никонова В.В. и др. Метаболические и гемодинамические особенности артериальной гипертензии у подростков в зависимости от массы тела // Артериальная гипертензия. 2015. Т. 39. № 1. С. 36.
 12. Катаева И.В., Шульга И.М., Безроднова С.М. Дефицит массы тела и патология органов пищеварения у юношей-подростков, подлежащих постановке на первичный воинский учет // Экология человека. 2008. № 3. С. 14.
 13. Калаева Г.Ю., Хохлова О.И., Деев И.А., Самойлова Ю.Г. Распространенность и клиническая характеристика дисплазии соединительной ткани у подростков // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14. № 5. С. 373.
 14. Козина Н.В., Соколова Н.Г. Адаптационный потенциал призывников срочной службы с дефицитом массы тела // Педиатрия. 2016. Т. 7. № 1. С. 173.
 15. Смирнова Г.А., Андриянов А.И. Интегральная характеристика статуса питания и функционального состояния молодых мужчин // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2015. № 2(50). С. 170.
 16. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технология и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с.
 17. Heath B.H., Carter J.E.L. A modified somatotype method // Am. J. Phys. Anthropol. 1967. V. 27. № 1. P. 57.
 18. Silva C.A.D., Mendesa D.S., Oliveira E. et al. Body-Shifter – software to determine and optimize an individual's somatotype // Procedia Technol. 2014. V. 16. № 6. P. 1456.
 19. Костина Л.В., Дудов Н.С., Осипова Т.А. Особенности адаптации нейро-эндокринной системы у спортсменов высокой квалификации при подготовке к ответственному старту // Вестник спортивной медицины России. 1999. Т. 24. № 3. С. 33.
 20. Alberti K.G.M.M., Eckel R.H., Grundy S.M. et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome/ A Joint Interim statement of the International Diabetes Federation taskforce on epidemiology and prevention; National Heart, Lung and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity // Circulation. 2009. V. 120. № 16. P. 1640.
 21. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Шестакова М.В. и др. Рекомендации по диагностике и лечению дефицита тестостерона (гипогонадизма) у мужчин с сахарным диабетом // Ожирение и метаболизм. 2017. Т. 14. № 4. С. 83.
 22. Dias J.P., Melvin D., Simonsick E.M. et al. Effects of aromatase inhibition vs. testosterone in older men with low testosterone: randomized-controlled trial // Andrology. 2016. V. 4. № 1. P. 33.
 23. Лутов Ю.В., Селятицкая В.Г., Епанчинцева Е.А., Рябиченко Т.И. Связь андрологического статуса подростков с антропометрическими и гормональными показателями // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 4. С. 124.
Lutov Y.V., Selyatitskaya V.G., Epanchintseva E.A., Ryabichenko T.I. Relationship between the andrological status of adolescents and the anthropometric and hormonal parameters // Human Physiology. 2014. V. 40. № 4. P. 463.

Comparative Assessment of Anthropometric, Metabolic and Hormonal Characteristics in Underweight and Obese Young Men of Military Age

N. I. Mikhaylova^a, B. B. Pinkhasov^{a, *}, M. Yu. Sorokin^a, Yu. V. Lutov^a, V. G. Selyatitskaya^a

^aFederal Research Center of Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

*E-mail: bbpinkhasov@frcftm.ru

Body weight is a well-known important indicator of health and risk of its disorders. It serves as one of the criteria for selecting young men for military service which is largely associated with increased level of physical and psycho-emotional stress. In this regard there is a need for comparative studies on mechanisms of defi-

cient and excessive body weight influence on main regulatory systems and their effector links in young men of military age matching it with their physical development features. The purpose of this study was to compare the anthropometric, metabolic and hormonal characteristics in underweight and obese young men of military age. The results of the study demonstrated that body weight changes in underweight (UW) and obese (Ob) young men relative to those with normal weight (NW) were associated mainly with the fat component and, to a lesser extent, with the muscle mass. Ob young men were diagnosed with metabolic syndrome manifested by abdominal obesity, dyslipidemia and hypertension pathogenetically associated with background hyperinsulinemia and the resulting insulin resistance. Among UW young men there were prevalent ectomorphic components followed by meso- and endomorphy, whereas young men with NW were more balanced in terms of the components expression with prevalence of mesomorphy followed by ecto- and endomorphy. Ob young men were predominantly characterized with endomorphy with less common meso- and endomorphy. The study of anthropometric and hormonal-metabolic features in Ob young men with different somatotypes showed that endomorphic mesomorph somatotype parameters do not practically differ from those in UW and NW young men. Ob young men with mesomorphic endomorph somatotype are commonly characterized with hypogonadism and insulin resistance that are associated with risk for the development of chronic non-infectious diseases.

Keywords: young men, underweight, obesity, anthropometry, somatotype, hormonal-metabolic features.