

DOI: <https://doi.org/10.51922/2074-5044.2023.3.58>

И. Н. Князев

## ВЛИЯНИЕ РОСТА СКЕЛЕТНО-МЫШЕЧНОЙ МАССЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА ЖЕЛЕЗА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ПО ПРИЗЫВУ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Ежегодно тысячи юношей призываются на срочную военную службу с различными статусами питания и физической подготовленностью. Адаптация военнослужащих к условиям военной службы происходит на трех уровнях: физиологическом, психологическом и социальном. Цель исследования – оценить динамику показателей структуры тела у военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев службы и определить влияние роста скелетно-мышечной массы на показатели обмена железа у военнослужащих при адаптации к условиям военной службы. В проспективном наблюдательном исследовании приняли участие 145 военнослужащих одной из воинских частей. Исследование проводилось с момента призыва на военную службу в 3 этапа с интервалом в 3 месяца с использованием четырехкомпонентной модели строения тела и четырехкомпонентной модели обмена железа. Массу жировых тканей и скелетно-мышечную массу определяли калиперометрически. Оценивались гематологические и биохимические показатели обмена железа. Установлены динамические изменения и типы роста скелетно-мышечной массы, а также изменения в показателях обмена железа. Масса тела военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев с момента призыва изменяется, но незначительно. В то же время в структуре тела военнослужащих по призыву происходят внутренние изменения за счет увеличения скелетно-мышечной массы и уменьшения массы жировых тканей. Определены типы роста скелетно-мышечной массы у военнослужащих. Под воздействием повышенных физических нагрузок происходит увеличение скелетно-мышечной массы и гемоглобинового фонда для обеспечения её кислородом, что приводит к уменьшению запасов железа, оцененных по сывороточному ферритину, а также появлению более выраженных признаков железодефицитного эритропоэза, которые находят отражение в снижении цветового и эритроцитарных показателей. Эти сочетанные изменения могут быть оценены как функциональный дефицит железа или дефицит железа без анемии.

**Ключевые слова:** военнослужащие по призыву, антропометрия, скелетно-мышечная масса, функциональный дефицит железа, железодефицитный эритропоэз.

I. N. Kniazev

## INFLUENCE OF THE SKELETAL MUSCLE MASS GROWTH ON IRON METABOLISM INDICATORS AMONG CONSCRIPTED SOLDIERS DURING THE PERIOD ADAPTATION TO THE SETTINGS OF MILITARY SERVICE

Thousands of young men are conscripted for military service with various nutritional status and physical fitness condition every year. The adaptation of conscripted soldiers to the factors of military service occurs at three levels: physiological, psychological and social. The purpose of the study was to assess the dynamic changes of body structure parameters in conscripted soldiers during 6 months of service by conscription and to determine the effect of skeletal muscle mass growth on iron metabolism during adaptation to military service conditions. A prospective observational study involved 145 conscripted soldiers from one of the military units after informed consent. The study was performed from the moment of conscription for military service in 3 stages with an interval of 3 months using a four-component model of body structure and a four-component model of iron metabolism. The skeletal muscle mass and adipose tissue mass and were determined caliperometrically. Hematological and biochemical parameters of iron metabolism were assessed. Dynamic changes and types of growth of the skeletal muscle mass, as well as changes in the parameters of iron metabolism have been obtained. The body weight

*of conscripted soldiers changes slightly within 6 months from the moment of conscription. At the same time internal changes occurred in the structure of the body of conscripted soldiers due to an increase in skeletal muscle mass and a decrease in the mass of adipose tissues. The types of skeletal muscle mass growth were determined among conscripted soldiers. There were an increase in skeletal muscle mass and hemoglobin fund to provide them oxygen by the influence of increased physical loading. It led to a decrease in iron stores, estimated by serum ferritin, and signs became more pronounced of iron deficiency erythropoiesis, which were determined in erythrocyte indexes. These combined changes can be assessed as functional iron deficiency or iron deficiency without anemia.*

**Key words:** *conscripted soldiers, anthropometry, musculoskeletal mass, skeletal muscle mass, functional iron deficiency, iron deficiency erythropoiesis.*

Обороноспособность государства во многом зависит от состояния здоровья военнослужащих по призыву. Ежегодно тысячи юношей призываются на срочную военную службу из семей с различными доходами и, соответственно, с различными статусами питания и физической подготовленностью. После призыва на военную службу юношам предстоит адаптироваться к новым условиям военной службы, отличным от их гражданской жизни: повышенные и длительные психофизические нагрузки, уставной порядок, новый режим труда и отдыха, необходимость освоить военную специальность, т.е. освоить новую модель поведения. Адаптация военнослужащих к условиям военной службы происходит на трех уровнях: физиологическом, психологическом и социальном. По мнению Мухаметжанова А. М., Смагулова Н. К. [5] и др. исследователей период первичной адаптации военнослужащих по призыву составляет от 4 до 6 месяцев.

Физическая работоспособность человека зависит не только от абсолютных и относительных величин скелетно-мышечной массы (далее – СММ) и массы жировых тканей (далее – МЖТ), но и от их сочетания между собой. Ранее нами было установлено, что масса тела военнослужащих в течение 6 месяцев с момента призыва изменяется незначительно. Однако в то же время происходят изменения в структуре тела военнослужащего, прежде всего за счет увеличения СММ и уменьшения МЖТ [3], что может оказывать влияние на обмен железа.

Обмен железа можно рассматривать как четырехкомпонентную систему, стоящую из гемоглобинового, мышечного, функционального и запасного фондов. Железо распределено в организме человека неравномерно между гемоглобиновым фондом (57,6%), мышечной тканью (27,9%), депо железа преимущественно в печени (7,8%) и красном костном мозге (5,8%) и ферментами других органов и тканей [2].

Наибольшее количество железа содержится в селезенке (в среднем 336 мкг/г), затем в легких (319 мкг/г) и печени (195 мкг/г). В других тканях концентрация железа значительно меньше (в мышцах 42 мкг/г, поджелудочной железе – 51 мкг/г). Высокое содержание железа в селезенке и легких связано с большим количеством крови в этих органах. Если исключить содержание железа в крови, имеющейся в органе, наибольшее количество железа содержится в мышцах (27,9%). Большую часть железа мышц составляет железо, входящее в состав ферритина (69,1% железа мышц), остальная часть входит в миоглобин (21,9%). В печени откладывается 7,8% железа организма, в основном в составе ферритина и гемосидерина [2].

Синтезируемый в различных органах и тканях ферритин в незначительных количествах выделяется в сыворотку, причем в физиологических условиях уровень сывороточного ферритина (СФ) коррелирует с запасами железа в организме: 1 мкг/л СФ в норме соответствует 8 мг депонированного железа [7]. Ферритин в норме имеется в плазме и практически почти во всех клетках организма, но основные ткани, в которых он содержится, – это печень и мышцы. В отличие от железа макрофагов железо, находящееся в паренхиматозных клетках, расходуется медленно. В опытах на крысах было установлено, что после введения меченого ферритина из гепатоцитов расходуется за сутки 4,3% железа, тогда как из макрофагов – до 70% [Hershko et al., 1974]. Cook с соавт. (1970) установили, что у здоровых людей за сутки из паренхиматозных клеток тратится 0,09 мг железа, а из макрофагов во много раз больше – 0,41 мг [2].

Интенсивная физическая нагрузка оказывает значительное влияние на обмен железа в организме предположительно за счет увеличения экспрессии гепсидина, что приводит к отрицательному балансу железа у лиц, подверженных интенсивным физическим нагрузкам.

кам (спортсменов) [12]. По этой причине лица, подверженные интенсивным физическим нагрузкам (спортсмены), имеют повышенный риск развития нарушений обмена железа особенно на фоне длительного недостаточного поступления с пищей.

В исследовании NHANES III [11] установлено, что у подростков мужского пола и юношей в возрасте с 13 до 21 возраста происходит увеличение содержания запасов железа в организме с 5 до 10 мг/кг. В тоже время в организме юношей происходит рост и развитие мышечной системы. Эти данные, позволяют предположить, что увеличение СММ у военнослужащих по призыву может сопровождаться уменьшением запасов железа вплоть до развития у них скрытого или явного дефицита. Кроме того, в доступной современной литературе отсутствует какая-либо информация о влиянии роста СММ на обмен железа у военнослужащих по призыву в период адаптации к условиям военной службы.

**Целью настоящего исследования** являлось оценить динамику показателей структуры тела у военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев службы и определить влияние роста скелетно-мышечной массы на показатели обмена железа у военнослужащих при адаптации к условиям военной службы.

#### **Задачи исследования:**

1. Определить общую и индивидуальную динамику СММ и МЖТ у военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев военной службы.
2. Классифицировать типы роста СММ у военнослужащих по призыву в условиях повышенных физических нагрузок, связанных с военной службой.
3. Оценить влияние роста СММ на параметры обмена железа у военнослужащих по призыву.

#### **Материалы и методы**

В проспективном наблюдательном исследовании приняли участие с письменного информированного согласия 145 военнослужащих одной из воинских частей Минского гарнизона. Исследование проводилось с момента призыва на военную службу в 3 этапа с интервалом в 3 месяца. Из исследования за период наблюдения по различным причинам выбыло 26 (17,9%) человек. Питание военнослужащих осуществлялось в соответствии с установленными нормами обеспечения продовольствием военнослужащих в Вооруженных Силах в мирное время. Оценку антропометрических параметров

проводили с использованием четырёхкомпонентной модели строения тела, состоящего из СММ, МЖТ, массы скелета и массы внутренних органов с остатком. При этом масса скелета и масса внутренних органов с остатком за столь непродолжительный период наблюдения принималась за относительно стабильную величину. В исследовании оценивались параметры: масса тела, индекс массы тела, длина тела. МЖТ и СММ определяли калиперометрически с использованием формул Матейки [14] с определением поверхности тела по формуле Дюбуа [4]. Калиперометрия является одним из первых простых, недорогих и сравнительно надежных методов, используемых для изучения состава тела *in vivo*, а разработанные на её основе прогнозирующие формулы для определения состава тела хорошо себя зарекомендовали для решения ряда практических задач спортивной, оздоровительной и клинической медицины. Темп абсолютного прироста показателя производили по формуле:  $X_1 - X_0$  (кг). Темп относительного прироста показателя производили по формуле:  $(X_1 - X_0) / X_0 \times 100$  (%).

Классификацию типов роста СММ в течение периода наблюдения осуществляли с использованием кластерного анализа [1]. Анализ типов реакций СММ осуществляли с позиций концепции адаптации тканей на стресс (Stress tissue adaptation) [15].

Состояние гемоглобинового фонда оценивали по показателям, полученным при помощи автоматического гематологического анализатора MINDRAY BC 1800 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., КНР): количество эритроцитов (RBC); гемоглобин (HGB); гематокрит (HCT); средний объем эритроцита (MCV); среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH); средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC); коэффициент вариации ширины распределения эритроцитов (RDW-CV); стандартное отклонение ширины распределения эритроцитов (RDW-SD). Рассчитывался цветовой показатель (ЦП).

Для оценки транспортного фонда определялись сывороточное железо (СЖ), общая железосвязывающая способность сыворотки (ОЖСС), латентная железосвязывающая способность сыворотки (ЛЖСС), трансферрин (ТФ) и его сатурация железом (СТФ), коэффициент насыщения трансферрина (КНТ).

Для оценки запасов железа использовался СФ. Для исключения влияния воспаления на уровень СФ в исследовании одновременно оценивался С-реактивный белок, СОЭ и другие показатели.

Показатели феррокинетики определялись колориметрическим (СЖ, ОЖСС) и турбидиметрическим (СФ, ТФ) методами в сыворотке крови (SPINREACT, Spaine).

Статическую обработку полученных результатов проводили при помощи пакета прикладных программ Statistica 10.0 (Statsoft, США). Количественные признаки анализировали на соответствие закону нормального распределения при помощи критерия Шапиро-Уилка. Данные представлены в виде:  $M \pm SD$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $SD$  – стандартное отклонение. Данные с распределением признака отличного от нормального – в виде  $Me (Q_{25}-Q_{75})$ , где  $Me$  – медиана (геометрическое среднее),  $(Q_{25}-Q_{75})$  – интерквартильный размах. Структура группы наблюдения представлена в виде  $n (\% [95\% \text{ ДИ}])$ , где  $n$  – абсолютное количество случаев,  $\%$  – относительное количество случаев (доля), ДИ – 95% доверительный интервал доли. Силу связи между показателями определяли при помощи параметрического корреляционного анализа Пирсона ( $r$ ) и непараметрического анализа Спирмена ( $s$ ). Сравнение связанных выборок осуществляли с использованием параметрического парного критерия Стьюдента ( $T$ ), если распределение количественного признака соответствовало нормальному. В случае, если распределение признака не соответствовало нормальному, использовался непараметрический статистический критерий Вилкоксона ( $W$ ) для связанных выборок. Межгрупповое сравнение средних осуществляли с помощью непараметрического статистического критерия Манна-Уитни ( $U$ ) или параметрического критерия Стьюдента ( $t$ ), а для сравнения частот (долей) использовался

Хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Критерием значимости в исследовании принят уровень вероятности ошибки первого рода менее 5% ( $p < 0,05$ ) [6].

### Результаты и их обсуждение

Для анализа динамики антропометрических показателей были использованы данные, полученные от 145 военнослужащих при призыве на военную службу, от 109 – через 3 месяца, от 118 – через 6 месяцев наблюдения. Медиана возраста составила 20 (19–22).

Медиана массы тела военнослужащих по призыву при призыве на военную службу составила 72,7 кг (64,4–78,7), а затем увеличилась на 1,9 кг (+2,6%) через 3 месяца наблюдения ( $W_{1-2} = 1,86; p = 0,06$ ), достигнув 74,6 кг (67,1–78,5). Через 6 месяцев службы в наблюдаемой группе медиана массы тела вернулась к исходному уровню 72,7 кг (67,0–78,1) соответственно.

Однако масса тела, как и ИМТ, имеет низкую информативность для некоторых категорий населения (спортсмены, рабочие физического труда), так как не учитывает соотношение СММ и МЖТ.

Медиана СММ в группе наблюдения при призыве на военную службу составила 36,5 (32,6–40,6) кг и непрерывно статистически значимо увеличивалась в течение всего периода наблюдения, составив через 3 и 6 месяца срочной службы 38,8 (35,5–42,1) кг [ $W_{1-2} = 5,30; p < 0,001$ ] и 39,5 (36,3–42,9) кг [ $W_{1-3} = 7,52; p < 0,001$ ] соответственно.

Относительное содержание СММ в группе наблюдения также статистически значимо [ $W_{1-3} = 8,97; p < 0,001$ ] увеличивалось в течение всего периода наблюдения и составила

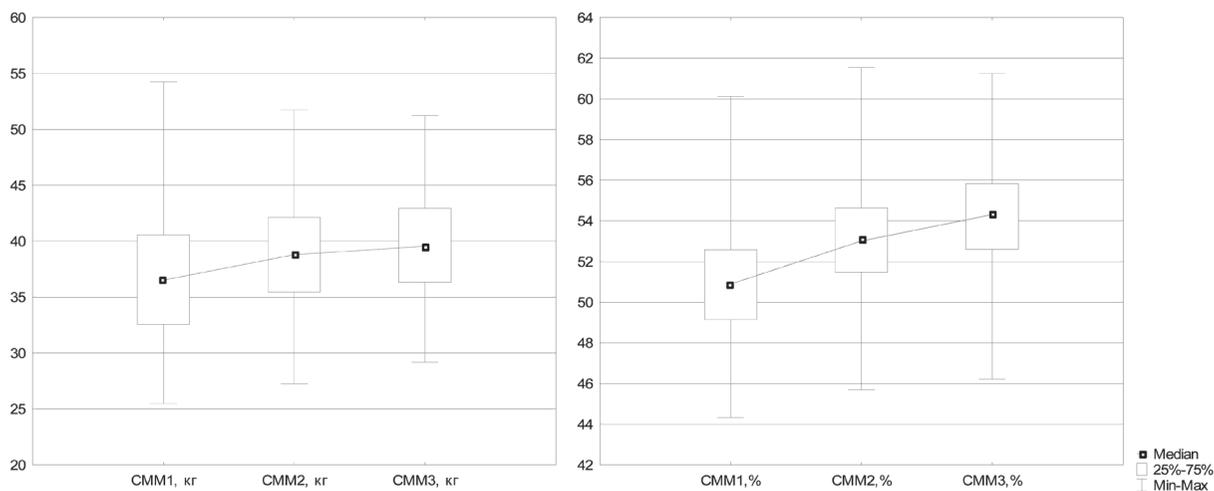


Рис. 1. Динамика СММ у военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев военной службы

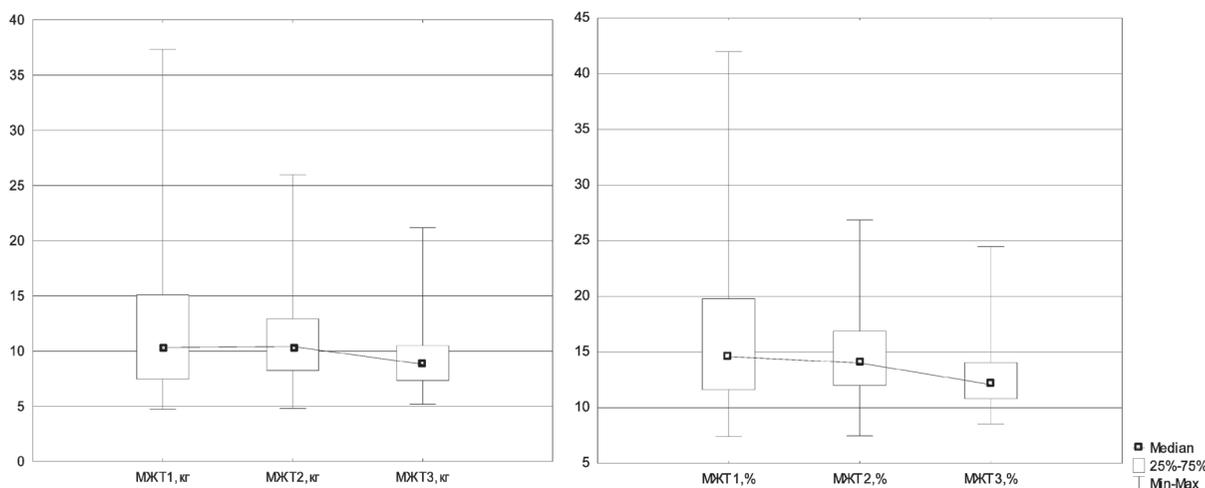


Рис. 2. Динамика МЖТ у военнослужащих по призыву в течение 6 месяцев военной службы

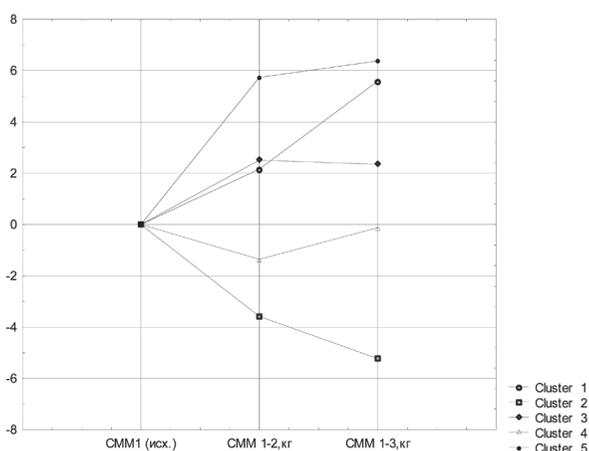


Рис. 3. Темп изменений СММ в каждой группе военнослужащих, кг

при призыве, через 3 и 6 месяцев военной службы 50,9 (49,1–52,6)%, 53,0 (51,5–54,7)% и 54,3 (52,6–55,8)% соответственно.

Медиана МЖТ в группе наблюдения при призыве на военную службу составила 10,3 (7,5–15,1) кг, через 3 месяца военной службы 10,4 (8,2–12,9) кг и статистически значимо уменьшилась через 6 месяцев, составив 8,8 (7,3–10,5) кг [ $W_{1-3} = 5,57; p < 0,001$ ].

Относительное содержание МЖТ в группе наблюдения также статистически значи-

мо [ $W_{1-3} = 8,97; p < 0,001$ ] уменьшалось в течение всего периода наблюдения 6 месяцев и составила при призыве, через 3 и 6 месяцев военной службы 14,6 (11,6–19,8)%, 14,0 (12,0–16,9)% и 12,1 (10,8–14,0)%.

Для определения типов реакций СММ были использованы данные, полученных от 89 военнослужащих, которые были обследованы на всех 3-х этапах исследования. В кластерном анализе использовались данные о темпе роста СММ (кг). Использовался режим, при котором выбирались наблюдения, максимизирующие начальные расстояния между кластерами.

При помощи иерархического кластерного анализа вся совокупность наблюдений в течение 6 месяцев была преобразована с использованием метода Варда в дендрограмму. После анализа дендрограммы было определено 5 основных типов реакций СММ у военнослужащих. При помощи кластеризации методом k – средних был получен график средних значений темпов изменения СММ у военнослужащих, относящихся к различным кластерам [1].

Таким образом были выявлены 5 типов роста СММ, из них 3 типа, характеризуются положительной динамикой (1 группа) и 2 отрицательной динамикой (2 группа) (см. рис. 3).

Описательная характеристика полученных групп указана в табл. 1.

Таблица 1. Динамика СММ в группе наблюдения в течение периода наблюдения,  $M \pm SD$

№ группы	№ кластера	Кол-во, n (% [95%ДИ])	При призыве, кг	3 месяца, кг	6 месяцев, кг
1	5	15 (16,9% [9,4–27,8])	37,7±3,4	+5,7±0,8	+6,4±1,5
2	1	18 (20,2% [12,0–32,0])	33,8±5,2	+2,2±1,4	+5,6±1,1
3	3	36 (40,5% [28,3–56,0])	36,6±4,3	+2,5±1,4	+2,3±1,1
4	4	15 (16,9% [9,4–27,8])	42,6±5,7	-1,4±1,1	-1,1±1,4
5	2	5 (5,6% [1,8–13,1])	43,6±6,3	-3,6±2,1	-5,2±1,1

Для анализа динамики показателей обмена железа были использованы данные, полученные от 145 военнослужащих при призыве на военную службу, от 109 – через 3 месяца, от 121 – через 6 месяцев наблюдения. Результаты наблюдения приведены в таблице 2.

Учитывая столь большую разбежку нижнего диапазона, нами использовалось значение СФ соответствующее 5% процентилю распределения у военнослужащих при призыве на военную службу, которое составило 40 мкг/л [6], что сопоставимо с нижними границами СФ

Таблица 2. Динамика показателей обмена железа у военнослужащих срочной службы

Показатель	При призыве (1)	3 месяца службы (2)	6 месяцев службы (3)	Уровень знач-ти (1-2)	Уровень знач-ти (1-3)
<b>Гемоглобиновый фонд</b>					
HGB, г/л	144,5±10,3	146,8±9,6	147,8±10,7	p < 0,05	p = 0,01
RBC*10 <sup>12</sup> /л	4,7±0,3	4,9±0,3	5,0±0,3	p < 0,001	p < 0,001
HCT, %	43,2 (41,3–45,0)	44,2 (42,4–45,6)	43,0 (41,2–44,7)	p < 0,01	P > 0,05
ЦП	0,92±0,04	0,90±0,03	0,89±0,04	p < 0,001	p < 0,001
MCV, фл	92,3±4,0	90,4±3,6	86,5±3,3	p < 0,001	p < 0,001
MCH, пг	30,6±1,5	30,0±1,3	29,7±1,4	p < 0,001	p < 0,001
MCHC, г/л	332,6±6,0	332,2±7,6	343,7±8,7	p > 0,05	p < 0,001
RDW-CV	13,0 (12,7–13,5)	13,4 (13,0–13,7)	13,2 (12,9–13,6)	p < 0,001	p < 0,05
RDW-SD, фл	45,2 (42,3–47,5)	45,2 (42,3–47,7)	43,3 (41,6–46,0)	p > 0,05	p < 0,001
<b>Транспортный фонд</b>					
СЖ, мкмоль/л	15,8 (10,6–21,0)	16,7 (13,0–22,9)	16,9 (11,8–22,0)	p < 0,05	p > 0,05
ОЖСС, мкмоль/л	57,0 (54,0–62,0)	59,0 (55,5–64,5)	60,0 (55,2–64,5)	p < 0,001	p < 0,001
ЛЖСС, мкмоль/л	41,3±8,5	41,5±9,7	43,3±10,5	p > 0,05	p > 0,05
ТФ, мг/дл	227,0 (197,0–270,0)	243,3 (202,0–275,0)	214,3 (191,8–248,9)	p > 0,05	p < 0,05
СТФ, %	25,8 (18,5–34,8)	28,7 (19,2–37,8)	29,8 (19,4–41,8)	p = 0,06	p < 0,05
КНТ, %	27,4 (18,5–35,3)	27,9 (20,8–37,2)	26,0 (20,2–37,5)	p > 0,05	p > 0,05
<b>Запасной фонд</b>					
СФ, мкг/л	111,0 (74,0–144,0)	93,5 (65,0–130,0)	65,9 (36,9–98,0)	p < 0,01	p < 0,001

В группе наблюдения установлены разнонаправленные изменения в гемоглобиновом фонде железа под воздействием повышенных физических нагрузок: уровень HGB и количество эритроцитов увеличиваются в течение 6 месяцев после призыва и в тоже время происходит снижение ЦП, MCV, MCH, что указывает на признаки железодефицитного эритропоэза.

В транспортном фонде показатели СЖ, ОЖСС, ЛЖСС и СТФ непрерывно увеличиваются в течение периода наблюдения, что указывает на повышенные требования периферических тканей и интенсификацию обмена между основными фондами железа.

В настоящее время лучшим индикатором дефицита железа считается СФ, который за период наблюдения снизился в среднем на 45,1 мкг/л (37,8%), что эквивалентно 360,8 мг запасов железа. Остается дискуссионным вопрос о нижней границе СФ для мужчин, которая по данным различных исследователей находится в интервале 30–50 мкг/л [7, 8, 10, 13, 16, 17]. Пациенты с железодефицитной анемией, подтвержденной использованием окрашиванием аспиратов красного костного мозга по Перлсу, имели сывороточный ферритин около 50 мкг/л [16].

для мужчин, определенных в других исследованиях. Количество военнослужащих срочной службы со сниженным депо железа СФ < 40 мкг/л (прелатентный дефицит железа) после призыва, через 3 и 6 месяцев службы составило 9 (6,3% [ДИ 2,9–12,0]), 12 (11,3% [ДИ 5,9–19,8]) ( $\chi^2_{1-2} = 1,63$ ; p > 0,05) и 35 (28,9% [ДИ 20,2–40,2]) ( $\chi^2_{1-3} = 16,96$ ; p < 0,001).

Также появляются военнослужащие с негативной динамикой HGB, у которых при призыве HGB был в пограничном диапазоне 130–135 г/л или более 135 г/л, а через 6 месяцев HGB уменьшился и составил < 130 г/л или находился в пограничном диапазоне HGB ≤ 135 г/л. Количество таких случаев составило 12 (10,0% [ДИ 5,1–17,3]).

При сравнительном анализе группы 1, в которой произошел рост СММ, и группы 0, в которой рост отсутствовал либо СММ уменьшилась, через 6 месяцев наблюдения были выявлены статистически значимые изменения HGB и СФ (см табл. 2). Остальные показатели обмена железа были без статистически значимых изменений.

Сравнительная характеристика средних значений показателей обмена железа через 6 месяцев наблюдения в группах 1 и 0 приведена в табл. 3.

Таблица 3 Сравнение показателей HGB и СФ в группах 1 и 0 через 6 месяцев наблюдения

Показатель	Группа 1 (n = 69)	Группа 0 (n = 20)	Значение стат. критерия	Уровень значимости
<b>Гемоглобиновый фонд</b>				
HGB, г/л	146,2±10,8	151,9±9,5	t = -2,14	p < 0,05
<b>Запасной фонд</b>				
СФ, мкг/л	58,8 (36,9–90,0)	93,0 (73,6–116,7)	U = -3,30	p < 0,001

При использовании параметрического корреляционного анализа Пирсона в общей группе наблюдения была установлена через 3 месяца наблюдения статистически значимая (p < 0,05) слабая положительная связь между СММ2 и HGB2 (r = 0,23), а также СММ2 и RBC2 (r = 0,24). При использовании непараметрического корреляционного анализа Спирмена в общей группе наблюдения была установлена статистически значимая (p < 0,05) умеренная положительная связь между СММ1 и СФ1 (s = 0,36) при призыве; слабая отрицательная связь между СФ2 и ЦП2 и МСН2 (s = -0,23 и s = -0,23 соответственно), а также между темпом прироста СММ1-3 и уровнем СФ3 через 6 месяцев (s = -0,23). То есть, чем выше ЦП2 и МСН2, тем ниже запасы железа; чем больше прирост СММ, тем меньше уровень запасов железа.

При этом в группе 0, в которой отсутствовал рост СММ, коэффициент корреляции Пирсона (p < 0,05) между СММ2 и HGB2 (HCT2) составил 0,48 (0,48), что может указывать на отсутствие конкуренции за запасы железа между мышечным фондом и гемоглобиновым фондом. Следует обратить внимание, что в группе 0 исходный уровень СММ был выше и статистически значимо отличался в сравнении с группой 1, однако за период наблюдения в 6 месяцев уровни СММ в наблюдаемых группах практически выровнялись за счет роста СММ в группе 1 и уменьшения в группе 0 (см. табл. 4).

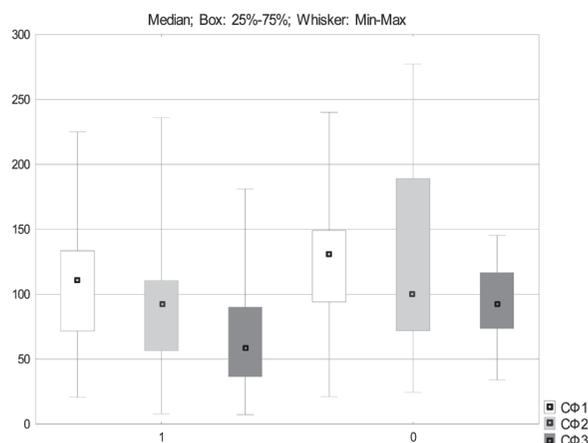


Рис. 4. Динамика СФ в группах 1 и 0 в течение 6 месяцев наблюдения, мкг/л

Таблица 4. Сравнение средних СММ в группах 1 и 0 в течение 6 месяцев с момента призыва

Показатель	Группа 1 (n = 69)	Группа 0 (n = 20)	Значение стат. критерия	Уровень знач-ти
<b>Мышечный фонд</b>				
СММ1, г/л	35,0±4,7	42,8±5,7	t = -6,33	p < 0,001
СММ2, г/л	38,1±4,6	40,9±5,5	t = -2,32	p < 0,05
СММ3, г/л	39,0±4,5	41,4±5,8	t = -1,98	p = 0,051

Таким образом, можно прийти к выводу, что в период адаптации к условиям военной службы в течение 6 месяцев с момента призыва в организме военнослужащих по призыву под воздействием повышенных физических нагрузок происходит увеличение СММ (мышечного фонда) и гемоглобинового фонда для обеспечения её кислородом, что закономерно приводит к уменьшению запасов железа, оценённых по сывороточному ферритину, а также становятся более выраженными признаки железодефицитного эритропоэза, находящие отражение в снижении ЦП и эритроцитарных показателях (МСН, МСV). Вышеприведенные сочетанные изменения могут быть оценены как функциональный дефицит железа или дефицит железа без анемии, а в ряде случаев может приводить к развитию железодефицитной анемии легкой степени тяжести с уровнем HGB < 130 г/л.

### Выводы

1. Медиана массы тела военнослужащих по призыву через 3 месяца с момента призыва на срочную военную службу увеличилась на 1,9 кг (+2,6%), а через 6 месяцев вернулась к исходному уровню. В то же время в структуре тела военнослужащих по призыву происходят внутренние изменения за счет увеличения скелетно-мышечной массы и уменьшения массы жировых тканей.

2. В исследовании установлены типы роста скелетно-мышечной массы у военнослужащих по призыву в период адаптации к условиям военной службы по призыву.

3. Под воздействием повышенных психофизических нагрузок у военнослужащих по призыву течение 6 месяцев с момента призыва

происходит увеличение скелетно-мышечной массы и гемоглобинового фонда для обеспечения её кислородом, что приводит к уменьшению запасов железа, оцененных по сывороточному ферритину, а также появлению более выраженных признаков железодефицитного эритропоэза, которые

находят отражение в снижении цветового и эритроцитарных показателей. Данные сочетанные изменения могут быть оценены как функциональный дефицит железа или дефицит железа без анемии, а в ряде случаев может приводить к железодефицитной анемии легкой степени тяжести.

### Литература

1. Буреева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП "STATISTICA" / Учеб. метод. материал по прогр. пов. квал. «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики» / Н.Н. Буреева. – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

2. Идельсон, Л.И. Гипохромные анемии / Л.И. Идельсон. – М. 1981. – 192 с.

3. Князев, И. Н. Типы реакций скелетно-мышечной массы и массы жировых тканей у военнослужащих по призыву в период адаптации к условиям военной службы / И.Н. Князев // Воен. медицина. – 2019. – № 1. – С. 93–100.

4. Мартиросов, Э.Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.

5. Особенности адаптации военнослужащих в процессе прохождения воинской службы / А.М. Мухаметжанов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6448>. – Дата доступа: 02.02.2023.

6. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва – М.: МедиаСфера, 2006. – 312 с.

7. Смирнова, Л.А. Дефицит железа: биология, критерии диагноза и эффективности терапии / Л.А. Смирнова // Медицинские новости. – 2013. – № 5. – С. 16–20.

### References

1. Bureeva, N.N. Mnogomernyj statisticheskiy analiz s ispol'zovaniem PPP "STATISTICA" / Ucheb.-metod. material po progr. pov. kval. «Primenenie programmnyh sredstv v nauchnyh issledovaniyah i prepodavanii matematiki i mekhaniki» / N.N. Bureeva. – Nizhniy Novgorod, 2007. – 112 s.

2. Idel'son, L.I. Gipohromnye anemii / L.I. Idel'son. – M. 1981. – 192 s.

3. Knyazev, I. N. Tipy reakcii skeletno-myshechnoj massy i massy zhirovyyh tkanej u voennosluzhashchih po prizyvu v period adaptacii k usloviyam voennoj sluzhby / I.N. Knyazev // Voен. medicina. – 2019. – № 1. – S. 93–100.

4. Martirosov, E.G. Tekhnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka / E.G. Martirosov, D.V. Nikolaev, S.G. Rudnev. – M.: Nauka, 2006. – 248 s.

5. Osobennosti adaptacii voennosluzhashchih v processe prohozhdeniya voinskoj sluzhby / A.M. Muhametzhанov [i dr.] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012. – N 3. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6448>. – Data dostupa: 02.02.2023.

6. Rebrova, O.Yu. Statisticheskiy analiz medicinskih dannyh. Primenenie paketa prikladnyh programm STATISTICA / O.Yu. Rebrova – M.: MediaSfera, 2006. – 312 s.

7. Smirnova, L.A. Deficit zheleza: biologiya, kriterii diagnoza i effektivnosti terapii / L.A. Smirnova // Medicinskiye novosti. – 2013. – № 5. – S. 16–20.

8. Camaschella, C. Iron-deficiency anemia / S. Camaschella // N Engl J Med. – 2015. – Vol. 372. – P. 1832–1843.

8. Camaschella, C. Iron-deficiency anemia / S. Camaschella // N Engl J Med. – 2015. – Vol. 372. – P. 1832–1843.

9. Du Bois, D. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916 / D. Du Bois, E.F. Du Bois // Nutrition. – 1989. – Vol. 5, № 5. – P. 303–311.

10. Ferric carboxymaltose in patients with heart failure and iron deficiency / SD Anker [et al.] // N Engl J Med. – 2009. – Vol. 361. – P. 2436–2448.

11. Iron Metabolism in Man / T. Bothwell [et al.]. – Oxford, England: Blackwell Scientific, 1979. – 576 p.

12. Latunde-Dada, G.O. Iron metabolism in athletes-achieving a gold standard / G.O. Latunde-Dada // Eur. J. Haematol. – 2013. – Vol. 90, № 1. – P. 10–15.

13. Lopez, A. Iron deficiency anaemia / A. Lopez [et al.] // Lancet. – 2016. – Vol. 387. – P. 907–916.

14. Matiegka, J. The testing of physical efficiency / J. Matiegka // Am. J. Phys. Anthropol. – 1921. – Vol. 4, № 3. – P. 223–230.

15. Mueller, M.J. Tissue Adaptation to Physical Stress: A Proposed «Physical Stress Theory» to Guide Physical Therapist Practice, Education, and Research / M.J. Mueller, K.S. Maluf // Physical Therapy – 2002. – Vol. 82, iss. 4. – P. 383–403.

16. Punnonen, K. Serum transferrin receptor and its ratio to serum ferritin in the diagnosis of iron deficiency / K. Punnonen, K. Irjala, A. Rajamäki // Blood. – 1997. – Vol. 89. – P. 1052–1057.

17. Soppi, E. Iron deficiency without anaemia – a clinical challenge / E. Soppi // Clin Case Rep. – 2018. – Vol. 6. – P. 1082–1086.

9. Du Bois, D. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916 / D. Du Bois, E.F. Du Bois // Nutrition. – 1989. – Vol. 5, № 5. – P. 303–311.

10. Ferric carboxymaltose in patients with heart failure and iron deficiency / SD Anker [et al.] // N Engl J Med. – 2009. – Vol. 361. – P. 2436–2448.

11. Iron Metabolism in Man / T. Bothwell [et al.]. – Oxford, England: Blackwell Scientific, 1979. – 576 p.

12. Latunde-Dada, G.O. Iron metabolism in athletes-achieving a gold standard / G.O. Latunde-Dada // Eur. J. Haematol. – 2013. – Vol. 90, № 1. – P. 10–15.

13. Lopez, A. Iron deficiency anaemia / A. Lopez [et al.] // Lancet. – 2016. – Vol. 387. – P. 907–916.

14. Matiegka, J. The testing of physical efficiency / J. Matiegka // Am. J. Phys. Anthropol. – 1921. – Vol. 4, № 3. – P. 223–230.

15. Mueller, M.J. Tissue Adaptation to Physical Stress: A Proposed «Physical Stress Theory» to Guide Physical Therapist Practice, Education, and Research / M.J. Mueller, K.S. Maluf // Physical Therapy – 2002. – Vol. 82, iss. 4. – P. 383–403.

16. Punnonen, K. Serum transferrin receptor and its ratio to serum ferritin in the diagnosis of iron deficiency / K. Punnonen, K. Irjala, A. Rajamäki // Blood. – 1997. – Vol. 89. – P. 1052–1057.

17. Soppi, E. Iron deficiency without anaemia – a clinical challenge / E. Soppi // Clin Case Rep. – 2018. – Vol. 6. – P. 1082–1086.

Поступила 12.02.2023 г.