

А.А. Никанорова, Н.А. Барашков, С.С. Находкин,
В.Г. Пшенникова, Н.Н. Готовцев, С.С. Кузьмина,
Н.Н. Сазонов, С.А. Федорова

УРОВЕНЬ ТЕСТОСТЕРОНА И ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В ЯКУТИИ

DOI 10.25789/YMJ.2021.76.14

УДК 577.17

Целью данного исследования являлась оценка уровней тестостерона в сыворотке крови в зависимости от индекса массы тела (ИМТ) у молодых мужчин в Якутии в возрасте от 18 до 28 лет. Обнаружено, что у мужчин с избыточной массой тела уровень тестостерона был значительно ниже по сравнению с теми, у кого был дефицит избыточной массы или она была в норме. Сравнительный анализ уровней тестостерона по общемировым данным подтвердил обратную корреляцию уровня тестостерона с ИМТ. Гетерогенность исследований была в пределах средней, что может свидетельствовать об отрицательной корреляции уровня тестостерона с ИМТ, вне зависимости от расовой и этнической принадлежности.

Ключевые слова: тестостерон, мужчины, дефицит массы тела, избыток массы тела, ожирение

The purpose of this study was to assess the levels of testosterone in the blood serum depending on the body mass index (BMI) in young men in Yakutia. It was found that in overweight individuals, testosterone levels were significantly lower, compared with those who had underweight or normal weight. A comparative analysis of testosterone levels according to global data confirmed the inverse correlation of testosterone levels with BMI. The heterogeneity of the studies was within the average heterogeneity, which may indicate a negative correlation of testosterone levels with BMI, regardless of race and ethnicity.

Keywords: testosterone, men, underweight, overweight, obesity.

Введение. В соответствии с заявлением Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), многие страны с низким и средним доходом на душу населения столкнулись одновременно сразу с несколькими формами неполноценного питания: недостаточное питание и переизбыток [9]. Недостаточное питание приводит к истощению, к задержке роста и к дефициту массы тела, а переизбыток – к энергетическому дисбалансу, в результате которого развивается ожирение [9]. Считается, что дефицит массы тела (в тексте часто используется синоним – вес) может приводить к остеопорозу [31], снижению иммунитета, мышечной слабости, поражению сердечно-сосудистой и нервной систем [10, 14]. Критический недостаток веса может стать причиной летального исхода вследствие крайнего истощения [15]. В свою очередь,

ожирение связывают с повышенным риском церебральной ишемии сердца, сахарным диабетом 2-го типа и репродуктивными нарушениями [11, 12].

В последние годы возросли показатели ожирения у мужчин, что может привести к долгосрочным последствиям для ряда гомеостатических процессов, включая репродуктивную функцию [25]. У мужчин ожирение негативно влияет на уровни тестостерона [23], на количество и качество сперматозоидов [24] и считается наиболее частой причиной мужского гипогонадизма [19]. При ожирении I степени у мужчин снижается общий тестостерон из-за резистентности к инсулину, что приводит к снижению уровня глобулина, связывающего половые гормоны [34]. Более тяжелое ожирение дополнительно связано со снижением уровня свободного тестостерона, из-за подавления стероидной гормонально-взаимосвязанной системы (ось гипоталамус-гипофиз-яички) [34]. При этом снижение тестостерона в крови само по себе приводит к увеличению ожирения, создавая самовоспроизводящийся цикл метаболических осложнений [16].

С другой стороны, в настоящее время очень мало исследований о проблемах недоедания и недостаточной массы тела у мужчин. В основном такие исследования касаются младенцев, детей (до 5 лет) и женщин репродуктивного возраста. В свою очередь, недостаточная масса тела связана не только с рядом заболеваний [14, 25,

31], но также является предиктором хронического дефицита энергии, который негативно влияет на трудоспособность людей [33]. Также мало исследований о влиянии недостаточного веса на репродуктивные гормоны у мужчин, в том числе и тестостерон. В основном такие исследования о влиянии дефицита веса на уровни тестостерона в крови проведены на выборках пожилых мужчин, в рамках терапии возрастного андрогенного дефицита [20, 21, 26].

В связи с этим **целью** данного исследования является оценка зависимости уровня тестостерона в сыворотке крови от индекса массы тела (дефицит веса, нормальный вес, избыточный вес) у здоровых молодых мужчин в Якутии, в возрасте от 18 до 28 лет, в сравнении с общемировыми данными.

Материалы и методы исследования. В настоящее исследование было включено 87 мужчин, средний возраст которых составил $20,15 \pm 2,15$ года. Все участники – якуты, которые были здоровы во время исследования и прошли анкетирование с указанием пола, национальности, возраста. Участники исследования не предъявляли жалобы на состояние здоровья и не состояли на диспансерном учете по хроническим заболеваниям. Все обследуемые дали письменное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных. Данная работа была одобрена локальным этическим комитетом по биомедицин-

ФГБНУ «Якутский НЦ комплексных медицинских проблем»: **НИКАНОРОВА Алена Афанасьевна** – м.н.с., nikanorova.alena@mail.ru, **БАРАШКОВ Николай Алексеевич** – к.б.н., в.н.с.-руковод. лаб., **ПШЕННИКОВА Вера Геннадиевна** – к.б.н., в.н.с.-руковод. лаб., **ГОТОВЦЕВ Ньургун Намумович** – н.с.; Институт естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова»: **НАХОДКИН Сергей Сергеевич** – н.с. НИЛ молекулярной биологии, **КУЗЬМИНА Саргылана Семеновна** – к.б.н., доцент, **САЗОНОВ Николай Никитич** – д.б.н., проф., **ФЕДОРОВА Сардана Аркадьевна** – д.б.н., зав. НИЛ.

ской этике при ЯНЦ КМП (г. Якутск, протокол № 16 от 13 декабря 2014 г.).

Антропометрические показатели (масса тела в килограммах, рост в сантиметрах) определяли для всех участников по стандартизованным методам. ИМТ рассчитывали делением массы тела на квадрат роста. Согласно классификации ВОЗ [37], выборка была подразделена на 3 группы по ИМТ: дефицит веса ($\leq 18,49$ кг/м²), нормальный вес ($18,5-24,99$ кг/м²), избыточный вес (≥ 25 кг/м²) и ожирение (≥ 30 кг/м²).

Анализ тестостерона в сыворотке крови. Венозная кровь для исследования забирали у всех участников утром после 12-часового голодания. Для определения уровня циркулирующего в крови тестостерона использовали иммуноферментный набор «СтероидИФА-тестостерон» (ООО «Компания Алкор Био», Российская Федерация). Концентрацию тестостерона в образцах измеряли при длине волны 450 нм в микротитровальном планшет-ридер VICTORX5 Multimode Plate Reader («Perkin Elmer Inc.», США).

Критерии поиска публикаций для проведения сравнительного анализа. Основной поиск подходящих исследований был проведен в электронных базах данных PubMed-Medline и eLibrary.Ru. Были использованы следующие строки поиска: "testosterone AND men OR young men AND body mass index OR BMI". Последний поиск был проведен 04.10.2021 г. Подробная информация о каждом включенном исследовании была собрана в предварительно разработанной форме. Таким образом, данные собирались следующим образом: первый автор, дата публикации, место проведения исследования, размер выборки, возраст участников, ИМТ (среднее значение), уровни тестостерона в сыворотке крови (среднее значение), методы измерения уровней тестостерона (иммуоэлектрохемилюминесценция – ЭХЛ, иммуноферментный анализ – ИФА, радиоиммунологический анализ – РИА). Методологическое качество включенных исследований оценивалось с помощью шкалы Ньюкасла-Оттавы. Всего в этой форме было задействовано 9 пунктов. Окончательные оценки статей в настоящем анализе варьировали от 6 до 9 пунктов. Сравнительный анализ проводили с использованием программного обеспечения The RevMan 5.3 («The Cochrane Collaboration», Великобритания). Разница уровней тестостерона в крови у лиц с ожирением и нормальной массой тела оценивалась с помощью общей обратной дисперсии.

Гетерогенность была оценена с помощью критерия Q на основе анализа χ^2 -квадрат и статистического критерия I^2 (значение $p < 0,10$ обозначало значимость). Критерии включения исследований в настоящий анализ были следующими: исследования должны были быть контролируруемыми, перекрестными, проспективными или клиническими, исследования должны были изучать уровни тестостерона в сыворотке крови у мужчин в возрасте от 18 до 30 лет с нормальным весом ($< 24,9$ кг/м²) и/или с избыточным весом и с ожирением (≥ 25 кг/м²). Критерии исключения были следующие: неконтролируемые исследования, отсутствие достаточной информации о концентрациях тестостерона, отсутствие данных об ИМТ, дублирующее исследование.

Поиск литературы и подходящие исследования. Поиск литературы в электронных базах данных выявил 110118 публикаций (PubMed-Medline – 106644 и eLibrary.Ru – 3474). После применения разных фильтров (воз-

раст выборки, пол, единица измерения тестостерона в крови) 109882 статей были исключены. Были рассмотрены полные тексты 198 статей, и это привело к исключению 186 статей. В итоге 12 публикаций [2, 3, 5-7, 13, 17, 18, 29, 30, 32, 35] соответствовали критериям включения и были включены в окончательный анализ (рис. 1).

Статистический анализ. Результаты анализировали с использованием компьютерной программы для статистической обработки данных Statistica 13.5 («TIBCO Software Inc.», США). Значения $p \leq 0,05$ считали статистически значимыми. Все результаты выражали как среднее значение ($\pm$) стандартное отклонение. Сравнительный анализ между тремя группами, стратифицированными по ИМТ, был произведен с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение. В настоящем исследовании средний уровень тестостерона в сыворотке крови у молодых мужчин (18-28 лет) составил

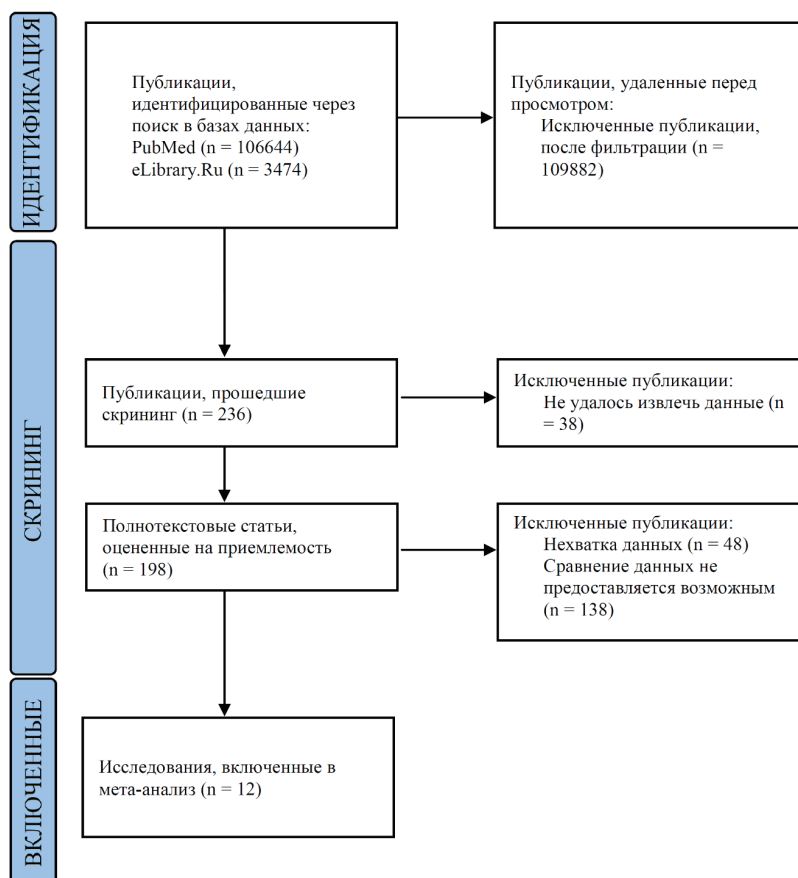


Рис. 1. Отбор публикаций для сравнительного анализа: Представление процесса, с помощью которого соответствующие исследования были извлечены из баз данных, отобраны или исключены. Предпочтительные моменты для представления результатов систематических обзоров и мета-анализов (PRISMA). (Смущается по: Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71)

Таблица 1

ИМТ и уровень тестостерона у молодых мужчин (n=87)

Параметры	Дефицит веса (n=11)	Нормальный вес (n=64)	Избыток веса (n=12)	Избыток веса и дефицит веса	Избыток веса и нормальный вес	Нормальный вес и дефицит веса
Возраст, лет	18,91±0,83	20,25±2,26	20,75±2,05	p=0,01	p=0,231	p=0,09
Рост, см	170,36±5,87	173,81±5,33	175,75±7,63	p=0,157	p=0,648	p=0,144
Вес, кг	50,45±3,42	67,25±7,51	83,25±10,13	p<0,01	p<0,01	p<0,01
ИМТ, кг/м ²	17,39±0,91	22,22±1,85	26,87±1,68	p<0,01	p<0,01	p<0,01
Тестостерон, нмоль/л	23,06±5,66	22,9±8,24	18,54±5,73	p=0,04	p=0,03	p=0,703

Примечание. Жирным выделены статистически достоверные различия.

22,47±7,75 нмоль/л. Ранее у якутов (18-25 лет) были определены уровни тестостерона в сыворотке крови, которые варьировали от 12 до 30 нмоль/л [1, 2, 4]. В целом результаты настоящего исследования согласуются с более ранними работами, в которых уровень тестостерона изучался в сопоставлении с некоторыми параметрами мужской фертильности (спермограмма) [1], с психоэмоциональным состоя-

нием у спортсменов в перерывах, во время соревновательного периода [4] и в зависимости от метаболических показателей [2].

В табл. 1 представлены антропометрические характеристики и уровень тестостерона в сыворотке крови для всей выборки (n=87). Оценка влияния ИМТ на уровень тестостерона показала, что в группе мужчин с избыточным весом средний уровень тестостерона

был статистически значимо ниже, чем в группе мужчин с дефицитом массы тела и с нормальным весом. Результаты настоящего исследования согласуются с исследованием Л.В. Осадчук и др., [2] где у мужчин с избыточным весом и с ожирением также был обнаружен пониженный уровень тестостерона.

Средние уровни тестостерона в группах мужчин с нормальным весом

Таблица 2

Публикации, включенные в сравнительный анализ

Авторы статьи и год публикации	Возраст	Методы определения уровня тестостерона	Место проведения исследования	n	ИМТ, кг/м ²	Тестостерон, нмоль/л
Подгруппа 1. Избыточный вес или ожирение						
Abolovich et al., 1999	22-30	РИА	Аргентина (г. Буэнос-Айрес)	10	25,8	18,74±5,55
Kehinde et al., 2004	20-29	РИА	Кувейт (г. Эль-Кувейт)	59	25	15,73±8,76
Gapstar et al., 2002	24-34	РИА	США (г. Бирмингем, г. Чикаго, г. Миннеаполис, г. Окленд)	482	25,8±4,7	22,55±6,94
Gapstar et al., 2002	24-34	РИА	США (г. Бирмингем, г. Чикаго, г. Миннеаполис, г. Окленд)	692	25±3,7	22,21±6,94
Velasco-Orjuela et al., 2018	21-28	ЭХЛ	Колумбия (г. Богота)	14	28,75±2,01	14,92±5,93
Roberts et al., 2013	20-23	ЭХЛ	США (г. Лос-Анджелес)	36	33,6 (31,2-34,7)	14,23±0,52
Попова и др., 2012	23-29	ИФА	Россия (г. Новосибирск)	28	27,3±0,2	15,71±1,01
Попова и др., 2012	24-29	ИФА	Россия (г. Новосибирск)	5	35,0±2	11,88±0,78
Данная работа	18-30	ИФА	Россия (г. Якутск)	12	26,87±1,68	19,28±5,9
Всего				1338		
Подгруппа 2. Нормальный вес						
Sarita Sanke et al., 2016	19-30	ИФА	Индия (г. Нью-Дели)	32	21,1±2,4	20,57±4,93
Wright et al., 1995	25-29	РИА	США (г. Роли)	16	24±1	23±2
Wright et al., 1995	26-28	РИА	США (г. Роли)	17	24±1	22±1
Осадчук и др., 2013	25-28	РИА	Россия (г. Сыктывкар)	39	22,8±0,2	25,85±1,21
Попова и др., 2012	23-24	ИФА	Россия (г. Новосибирск)	50	22,1±0,2	23,35±1,04
Осадчук и др., 2016	21-22	ИФА	Россия (г. Кемерово)	54	23,04±0,4	22,59±0,93
Luisetto et al., 1995	19-31	РИА	Италия (г. Падуа)	24	23±2,3	30,4±9,1
Pospisilová et al., 2012	23-34	РИА	Чехия (г. Прага)	232	22,5±2,79	18,5±6,05
Данная работа	18-30	ИФА	Россия (г. Якутск)	64	22,22±1,85	22,9±8,24
Всего				528		

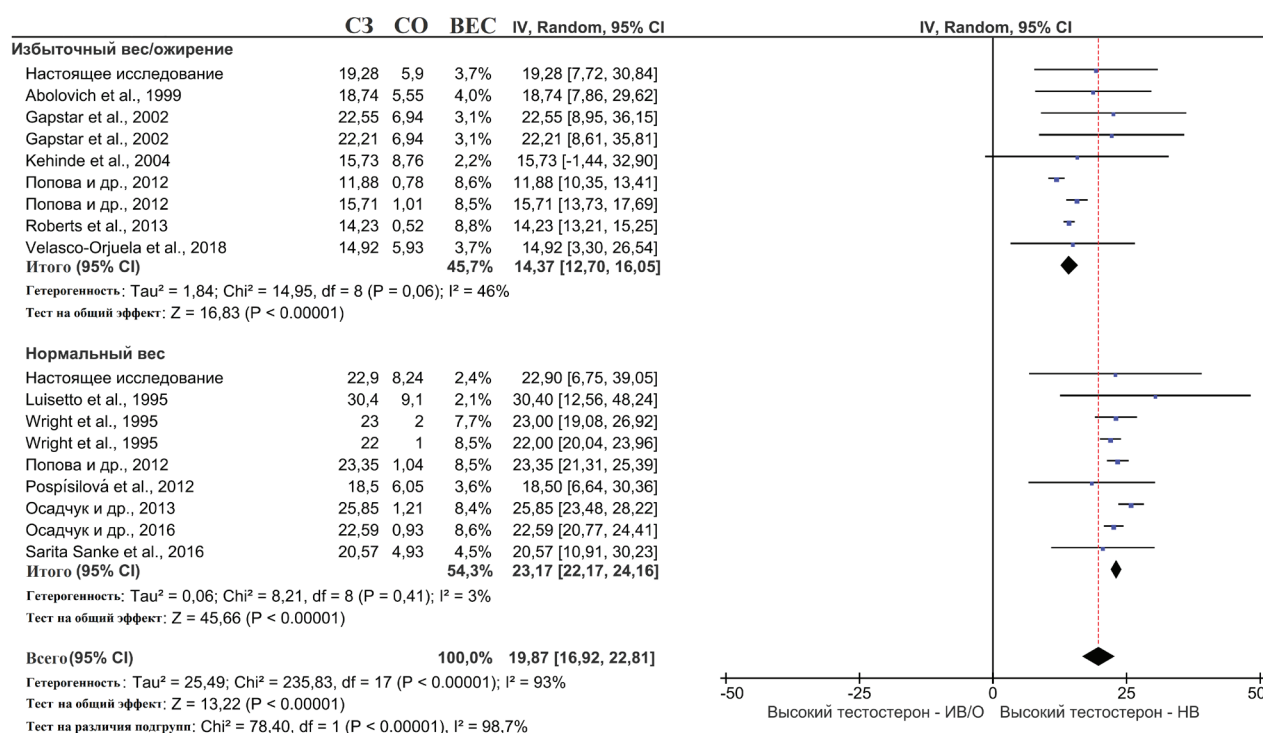


Рис. 2. Сравнительный анализ средних уровней тестостерона в сыворотке крови у мужчин с избыточной массой тела/ожирением и с нормальной массой (n=1866 мужчин, 18-30 лет): C3 - среднее значение, CO - стандартное отклонение, 95% CI - доверительный интервал

и дефицитом веса значимо не отличались друг от друга ($p=0,703$) (табл.1). В исследованиях, проведенных в США и Германии, у мужчин с нервной анорексией уровни тестостерона были ниже, чем у мужчин с нормальным весом [8, 28, 36]. Однако при нервной анорексии потеря веса может вызываться чрезмерными физическими и психическими нагрузками, что приводит к нарушению некоторых репродуктивных и эндокринных параметров [22]. Возможно, пониженные уровни тестостерона могут быть связаны с этими нарушениями. В настоящем исследовании молодые мужчины были относительно здоровы, и возможно, недостаточный вес у мужчин без повышенной физической активности не влияет значимо на уровни тестостерона в крови.

Несмотря на то, что разница в уровнях тестостерона в сыворотке крови у молодых мужчин достигала статистически значимых отличий ($p<0,05$), из-за небольшого объема выборки, эти отличия все же были на уровне погрешности. В связи с этим для экстраполяции данного утверждения мы провели дополнительные исследования по литературным данным о влиянии ИМТ на уровень тестостерона у 1866 мужчин из разных регионов мира в возрасте 18-30 лет. Подробные характеристики данных исследований приведены в табл. 2.

Сравнительный анализ уровней тестостерона у мужчин в зависимости от ИМТ выявил статистически значимые различия: в подгруппе «избыточный вес/ожирение» средний уровень тестостерона (14,37; ДИ: 12,7-16,05 нмоль/л) был значимо ниже, чем в подгруппе «нормальный вес» (23,17; ДИ: 22,17-24,16 нмоль/л) ($p<0,01$) (рис. 2). Данный анализ показал, что уровень тестостерона может зависеть от ИМТ: чем ниже ИМТ, тем выше уровень тестостерона. Гетерогенность исследований в подгруппе «избыточный вес/ожирение» составила $I^2=46\%$ (средняя), а в подгруппе «нормальный вес» - $I^2=3\%$ (неважная). Полученные результаты согласуются с предыдущими исследованиями [12, 23]. В более раннем мета-анализе [27] о влиянии расовых различий на концентрацию половых стероидных гормонов статистически значимые различия между чернокожими и белыми мужчинами были обнаружены в свободном тестостероне. Так, у чернокожих мужчин средний уровень свободного тестостерона был выше на 2,5-4,9%, чем у белых мужчин, авторы считают, что эти небольшие различия могут объясняться различиями в образе жизни и в антропометрии [27]. В настоящей работе различий в средних уровнях тестостерона у мужчин с нормальным весом из различных популяций мира (21-24 кг/м²) обнаружено

не было ($I^2=3\%$, неважная гетерогенность), что, возможно, свидетельствует об отсутствии зависимости уровня тестостерона от расовой и этнической принадлежности. Средняя гетерогенность у мужчин с избыточным весом и ожирением, возможно, связана с высокой вариацией средних значений ИМТ (от 25 до 33 кг/м²), что показывает сильную отрицательную корреляцию уровня тестостерона в крови в зависимости от ИМТ.

Выводы.

1. Установлено, что у молодых мужчин (18-28 лет) дефицит веса не влияет на уровень тестостерона в крови, на него больше влияют избыточный вес и ожирение. Так, нами было обнаружено, что в подгруппе мужчин с избыточным весом средний уровень тестостерона в сыворотке крови был значимо ниже по сравнению с подгруппами мужчин с нормальным весом и дефицитом веса, а в подгруппе мужчин с дефицитом веса средний уровень тестостерона значимо не отличался от подгруппы мужчин с нормальным весом.

2. Результаты сравнительного анализа средних уровней тестостерона у 1866 мужчин (18-30 лет) из разных регионов мира свидетельствуют об отрицательной корреляции уровня тестостерона с ИМТ, вне зависимости от расовой и этнической принадлежности.

Работа выполнена в рамках НИР ЯНЦ КМП «Изучение генетической структуры и груза наследственной патологии популяций Республики Саха (Якутия)» и госзадания Министерства науки и высшего образования РФ (FSRG-2020-0016).

Литература

1. Гормональный профиль и качество спермы у мужчин Восточной Сибири / Осадчук Л.В., Клещев М.А., Гуторова Н.В. [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. -2012: -67(3).
2. Hormonal profile and sperm quality in men of Eastern Siberia / Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Gutorova N.V. [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences. 2012: 67(3).
3. Изменение гормонального и метаболического статуса у мужчин этнической группы Коми с избыточной массой тела и ожирением / Осадчук Л.В., Гуторова Н.В., Людина А.Ю. [и др.] // Ожирение и метаболизм. -2013: -10(2).
4. Changes in hormonal and metabolic status in men of an ethnic group Komi with overweight and obesity / Osadchuk L.V., Gutorova N.V., Ludinina A.Y., [et al.] // Obesity and metabolism. -2013: -10(2).
5. Исследование показателей сперматогенеза и гормонального статуса у молодых мужчин Западной Сибири / Осадчук Л.В., Кузнецова Н.Н., Клещев М.А. [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. -2016. -4.
6. Study of spermatogenesis and hormonal status indicators in young men of Western Siberia / Osadchuk L.V., Kuznetsova N.N., Kleshchev M.A. [et al.] // Experimental and clinical urology. -2016. -4.
7. Оценка психоэмоционального состояния и уровня кортизола и тестостерона в предсоревновательный период у спортсменов Якутии / Охлопкова Е.Д., Алексеева З.Н., Ефремова С.Д. [и др.] // Якутский медицинский журнал. -2020: -2: -С. 37-40.
8. Assessment of the psychoemotional state and level of cortisol and testosterone in the pre-competition period in athletes of Yakutia / Okhlopkova E.D., Alekseeva Z.N., Efremova S.D. [et al.] // Yakut medical journal. -2020: -2: -С. 37-40.
9. Попова А.В. Связь ожирения с основными репродуктивными показателями у мужчин-жителей Новосибирска / А.В. Попова // Ожирение и метаболизм. -2012: 4(33).
10. Popova A.V. The relationship of obesity with the main reproductive indicators in male residents of Novosibirsk // Obesity and metabolism. -2012: 4(33).
11. A comparison of the hormonal profile of early androgenetic alopecia in men with the phenotypic equivalent of polycystic ovarian syndrome in women / Sanke S., Chander R., Jain A. [et al.] // JAMA dermatology. 2016: 152 (9): 986-991.
12. Acute effects of high-intensity interval, resistance or combined exercise protocols on testosterone-cortisol responses in inactive overweight individuals / Velasco-Orjuela G.P., Domínguez-Sánchez M.A. [et al.] // Physiology & behavior. 2018: 194: 401-409.
13. Andersen A.E., Wirth J.B., Strahlman E.R. Reversible weight-related increase in plasma testosterone during treatment of male and female patients with anorexia nervosa // International Journal of Eating Disorders. 1982: 1(2): 74-83.
14. Barker L.A., Gout B.S., Crowe T.C. Hospital malnutrition: prevalence, identification and impact on patients and the healthcare system // International journal of environmental research and public health. 2011: 8(2): 514-527.
15. Black R.E., Morris S.S., Bryce J. Where and Why are 10 Million Children Dying Every Year? // The Lancet. 2003: 361: 2226-34.
16. BMI in relation to sperm count: an updated systematic review and collaborative meta-analysis / Sermondade N., Faure C., Fezeu L. [et al.] // Human reproduction update. 2013: 19(3): 221-231.
17. Body mass index in relation to semen quality, sperm DNA integrity, and serum reproductive hormone levels among men attending an infertility clinic / Chavarro J.E., Toth T.L., Wright D.L. [et al.] // Fertil Steril. 2010: 93(7): 2222-2231.
18. Bone mass and mineral metabolism in Klinefelter's syndrome / Luisetto G., Mastrogiacomo I., Bonanni G. [et al.] // Osteoporosis international. 1995: 5(6): 455-461.
19. Chandra R.K., Kumari S. Nutrition and immunity: an overview // The Journal of nutrition. 1994: 124(8): 1433S-1435S.
20. Excess deaths associated with underweight, overweight and obesity / Flegal K.M., Graubard B.I., Williamson D.F. [et al.] // JAMA. 2005: 293: 1861-7.
21. Fui M.N.T., Dupuis P., Grossmann M. Lowered testosterone in male obesity: mechanisms, morbidity and management // Asian journal of andrology. 2014: 16(2): 223.
22. Greater secretion of growth hormone in black than in white men: possible factor in greater bone mineral density—a clinical research center study / Wright N.M., Renault J., Willi S. [et al.] // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 1995: 80(8): 2291-2297.
23. Hypothalamic-pituitary-testicular axis and seminal parameters in hyperthyroid males / Abalovich M., Levalle O., Hermes R. [et al.] // Thyroid. 1999: 9: 857-863.
24. Hypothalamic-pituitary-testicular axis disruptions in older men are differentially linked to age and modifiable risk factors: the European Male Aging Study / Wu F.C., Tajar A., Pye S.R. [et al.] // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2008: 93(7): 2737-2745.
25. Impact of body mass index, age and varicocele on reproductive hormone profile from elderly men / Yamaçake K.G.R., Cocuzza M., Torricelli F.C.M. [et al.] // International braz j urol. 2016: 42: 365-372.
26. Interrelationships of serum testosterone and free testosterone index with FFM and strength in aging men / Roy T.A., Blackman M.R., Harman S.M. // American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2002: 283(2): E284-E294.
27. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update / Mountjoy M., Sundgot-Borgen J.K., Burke L.M. [et al.] // British journal of sports medicine. 2018: 52(11): 687-697.
28. Low serum testosterone and sex-hormone-binding-globulin in massively obese men / Glass A.R., Swerdloff R.S., Bray G.A. [et al.] // J Clin Endocrinol Metab. 1977: 45: 1211-9.
29. Male obesity and alteration in sperm parameters / Hammoud A.O., Wilde N., Gibson M. [et al.] // Fertility and sterility. 2008: 90(6): 2222-2225.
30. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries / Black R.E., Victoria C.G., Walker S.P. [et al.] // The lancet. 2013: 382: 427-451.
31. Mechanical muscle function and lean body mass during supervised strength training and testosterone therapy in aging men with low-normal testosterone levels / Kvorning T., Christensen L.L., Madsen K. [et al.] // Journal of the American Geriatrics Society. 2013: 61(6): 957-962.
32. Racial variation in sex steroid hormone concentration in black and white men: a meta-analysis. / Richard A., Rohrmann S., Zhang L. [et al.] // Andrology. 2014: 3: 428-435.
33. Reduced serum testosterone and prolactin levels in male distance runners / Wheeler G.D., Wall S.R., Belcastro A.N. [et al.] // Jama. 1984: 252(4): 514-516.
34. Reference intervals for important serum sex steroid hormones, prostate-specific antigen, insulin-like growth factor-1 and IGF binding protein-3 concentration in a normal Kuwaiti adult male population / Kehinde E.O., Akanji A.O., Mojiminiyi O.A. [et al.] // Medical principles and practice. 2005: 14(5): 342-348.
35. Resistance training increases SHBG in overweight/obese, young men / Roberts C.K., Croymans D.M., Aziz N. [et al.] // Metabolism. 2013: 62(5): 725-733.
36. Ross P.D. Osteoporosis: frequency, consequences, and risk factors // Archives of internal medicine. 1996: 156(13): 1399-1411.
37. Serum androgen concentrations in young men: A longitudinal analysis of associations with age, obesity, and race: The CARDIA male hormone study / Gapstur S.M., Gann P.H., Kopp P. [et al.] // Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers. 2002: 11: 1041-1047.
38. Strauss J., Thomas D. Health, nutrition, and economic development // Journal of economic literature. 1998: 36(2): 766-817.
39. Testosterone therapy in men with androgen deficiency syndromes: an Endocrine Society clinical practice guideline / Bhasin S., Cunningham G.R., Hayes F.J. [et al.] // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2010: 95(6): 2536-2559.
40. The differences between aromatizable and non-aromatizable androgens in relation to body composition and metabolic syndrome risk factors in men / Pospíšilová H., Vaňková M., Hill M. [et al.] // The Journal of steroid biochemistry and molecular biology. 2012: 132(2): 105-111.
41. Wesselius C.L., Anderson G.A case study of a male with anorexia nervosa and low testosterone levels // The Journal of clinical psychiatry. 1982: 43(10): 428-429.
42. WHO. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry: Report of a World Health Organization (WHO) Expert Committee. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1995.