

Л.В. Осадчук, А.В. Осадчук

Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики  
Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирск, Российская Федерация

# Влияние ожирения и малоподвижного образа жизни на уровень тестостерона и основные показатели метаболического статуса молодых мужчин

**Обоснование.** Снижение мужского репродуктивного потенциала наблюдается в различных странах на протяжении последних десятилетий. Предполагается, что происходит это частично за счет влияния факторов индивидуального образа жизни, в частности избыточного питания и снижения физической активности, приводящих к ожирению. Однако влияние ожирения в сочетании с малой подвижностью или физически активным образом жизни на уровень репродуктивных гормонов и метаболический гомеостаз изучено недостаточно. **Цель исследования** — изучить эффекты ожирения в сочетании с малоподвижностью или физически активным образом жизни на уровень репродуктивных гормонов и основные показатели метаболического статуса у молодых мужчин. **Методы.** Молодым мужчинам-добровольцам (медиана возраста — 23 года,  $n = 295$ ) из общей популяции проводилась антропометрия, которая включала измерение роста и массы тела, окружности талии и бедер, оценку индекса массы тела (ИМТ), а также анонимное и добровольное анкетирование, содержащее вопросы относительно индивидуального образа жизни. Оценивалась концентрация лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов, тестостерона, эстрадиола и ингибина В, а также триглицеридов (ТГ), общего холестерина (ОХ), холестерина липопротеидов высокой (х-ЛПВП) и низкой (х-ЛПНП) плотности, глюкозы и мочевой кислоты в сыворотке крови. **Результаты.** Наиболее важные нарушения липидного обмена, наблюдаемые при избыточном весе и ожирении у молодых мужчин, включали увеличение уровня ТГ, ОХ, х-ЛПНП и снижение уровня х-ЛПВП. Избыточная масса тела и ожирение сопровождалось увеличением окружности талии и бедер, снижением уровня тестостерона и ингибина В в сыворотке крови, причем недостаток тестостерона усугублялся с ростом ИМТ, достигая при ожирении значений, характерных для гипогонадизма. У мужчин с ожирением, ведущих малоподвижный образ жизни, отмечены увеличение окружности талии, более низкий уровень тестостерона (медиана — 13,6 против 18,0 нмоль/л) и повышенный уровень глюкозы (медиана — 5,8 против 4,9 ммоль/л) по сравнению с мужчинами, страдающими ожирением, но ведущими физически активный образ жизни или предпочитающими спорт как вид отдыха. **Заключение.** У мужчин ожирение негативно влияет на уровень тестостерона и метаболический профиль, усиливает накопление висцерального жира, но физически активный образ жизни и занятия спортом способствуют повышению уровня тестостерона и нормализации метаболических показателей.

**Ключевые слова:** ожирение, физическая активность, гормональный и метаболический статус, тестостерон

**Для цитирования:** Осадчук Л.В., Осадчук А.В. Влияние ожирения и малоподвижного образа жизни на уровень тестостерона и основные показатели метаболического статуса молодых мужчин. *Вестник РАМН.* 2022;77(6):458–466. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2114>

## Обоснование

Для России, как и для большинства экономически развитых стран мира, серьезной проблемой является снижение численности населения, причем низкие показатели естественного прироста населения наблюдаются в странах с высоким качеством жизни [1]. Снижение рождаемости отмечается в большинстве европейских стран, включая Россию, где семьи, как правило, имеют одного или двух детей, что меньше, чем необходимо (2,2 ребенка) для простого воспроизводства населения. С другой стороны, повышается распространенность бесплодных браков: в Центральной или Восточной Европе они составляет 20%, в России на период до 2015 г. количество бесплодных супружеских пар составляло 16%, а частота мужского фактора бесплодия могла достигать 50% в зависимости от региона [1, 2].

Помимо социально-экономических причин, ведущее место в демографическом кризисе отводится снижению мужского репродуктивного здоровья. Считается установленным фактом тренд снижения мужского репродуктивного потенциала, который отмечается в различных странах на протяжении последних десяти-

летий [3]. Согласно нашему популяционному исследованию мужчин-добровольцев ( $n = 1236$ ), проживающих в Сибирском регионе России, 42,2% участников, не страдающих соматической патологией, характеризовались патозооспермией, что указывает на снижение мужской фертильности [4]. Предполагается, что снижение мужской фертильности может формироваться за счет влияния средовых (социальных) и генетических факторов. Быстро растущая в последние десятилетия частота мужского бесплодия и субфертильности указывает, что средовые факторы, включая индивидуальный образ жизни, могут вносить существенный вклад в снижение мужской фертильности [5]. Одни из наиболее часто обсуждаемых причин ухудшения репродуктивного здоровья мужчин — сниженный уровень физической активности и избыточное питание, приводящие к ожирению. Генетические факторы, хотя и предрасполагают к развитию ожирения [6], не могут объяснить быстрый рост ожирения в последние десятилетия. Именно изменения в физической активности и рационе питания мужчин находятся в центре внимания при объяснении негативной тенденции снижения мужской фертильности [7–9]. Уровень физической активности снижается,

а малоподвижный образ жизни (например, длительный просмотр телевизора или работа с компьютером) широко распространяется не только в экономически развитых странах, но и в странах с низким и средним уровнями дохода. Не только физическая активность, но и соблюдение сбалансированной диеты как основы здорового образа жизни способствует сохранению фертильности [10]. На сегодняшний день опубликован ряд работ по негативному влиянию ожирения и малоподвижного образа жизни на мужскую фертильность, включая уровень репродуктивных гормонов, однако представленные данные часто противоречивы, неоднозначны и неубедительны [7–9, 11, 12].

Избыточная масса тела и ожирение влияют на многие физиологические системы, включая обмен веществ и гормональный статус. Взаимосвязь ожирения и целого ряда заболеваний хорошо известна, более того, ожирение становится мишенью при профилактике мультиморбидности [13]. Известно, что ожирение существенно увеличивает риск сахарного диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, эндокринных и метаболических нарушений, апноэ во сне, остеоартрита, некоторых видов рака, а также ряда психологических проблем и повышает смертность, ассоциированную с этими заболеваниями [14]. Наиболее характерные нарушения липидного обмена, наблюдаемые при избыточном весе и ожирении, включают увеличение уровня триглицеридов, общего холестерина, холестерина липопротеинов низкой плотности и снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности [15–17]. Самое яркое проявление гормональных изменений у мужчин при избыточном весе и ожирении — снижение уровня общего тестостерона в сыворотке крови, причем подобная ассоциация наблюдается у мужчин

с ожирением вне зависимости от этнической принадлежности [16, 18, 19].

Физиологические изменения в мужской репродуктивной системе при гиподинамии, оказывающие негативное влияние на фертильность, остаются еще недостаточно изученными. Существующие исследования влияния гиподинамии на мужскую фертильность указывают на противоречивость и неоднозначность результатов, предполагая, что различия в дизайне исследования могли бы объяснить результаты. Вопрос о том, улучшают ли физические упражнения мужскую фертильность, включая гипоталамо-гипофизарно-тестикулярную систему, по-прежнему остается дискуссионным [5, 7–9, 11]. По отношению к российским популяциям опубликовано мало данных о влиянии физической активности образа жизни или гиподинамии у мужчин с избыточной массой тела на уровень репродуктивных гормонов как существенных компонентов мужской фертильности.

**Цель исследования** — изучение эффектов ожирения и малоподвижности на уровень репродуктивных гормонов и основные показатели метаболического статуса у молодых мужчин.

## Методы

### Дизайн исследования

Проведено двучетровое наблюдательное популяционное исследование.

### Критерии соответствия

Формирование выборки мужчин проводилось на основании единых критериев включения: возраст —

L.V. Osadchuk, A.V. Osadchuk

The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

## The Influence of Obesity and Sedentary Lifestyle on Testosterone Level and the Main Indicators of the Metabolic Status in Young Men

**Background.** It is considered an established fact that there is an adverse trend in the male reproductive potential, which has been observed in various countries over the past decades. It is assumed that it can be formed due to the influence of individual lifestyle factors, in particular, a decrease in the level of physical activity and excessive nutrition, leading to obesity. However, the effect of obesity combined with sedentary or physically active lifestyle on the reproductive hormone level and metabolic homeostasis has not been studied well. **Aims** — the aim of the work was to study the effects of obesity combined with sedentary or active physical lifestyle on the level of reproductive hormones and the main indicators of metabolic status of young men. **Methods.** In young male volunteers (median age — 23 years,  $n = 295$ ) from the general population, anthropometry was performed, which included body height and weight, waist and hip circumference, and body mass index (BMI); and they were also asked to fill out a questionnaire containing questions about individual lifestyle. In addition, serum concentrations of follicle stimulating and luteinizing hormones, testosterone, estradiol, inhibin B and triglycerides, total cholesterol, high and low density lipoprotein cholesterol, glucose, uric acid were evaluated. **Results.** The most important lipid metabolism disorders observed in overweight and obesity included an increase in triglycerides, total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol and a decrease in high-density lipoprotein cholesterol. Overweight and obesity in men was accompanied by an increase in waist and hip circumference, a decrease in the serum level of testosterone and inhibin B reaching in obese men the testosterone values characteristic for hypogonadism. Sedentary obese men had the increased waist circumference, lower testosterone level (median — 13.6 vs. 18.0 nmol/L), elevated glucose level (median — 5.8 vs. 4.9 mmol/L) compared to physically active obese men or those who prefer sports or physical recreation. **Conclusions.** In men, obesity negatively affects the serum level of testosterone and glucose, increases the accumulation of visceral fat, but a physically active lifestyle and sports give significant advantages to obese men, as it contributes to an increase in testosterone levels and normalization of metabolic parameters.

**Keywords:** obesity, physical activity, sedentary lifestyle, hormonal and metabolic status, testosterone

**For citation:** Osadchuk LV, Osadchuk AV. The Influence of Obesity and Sedentary Lifestyle on Testosterone Level and the Main Indicators of the Metabolic Status in Young Men. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2022;77(6):458–466. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2114>

18–40 лет, постоянное проживание в данной местности не менее 5 лет, отсутствие на момент исследования любых заболеваний в острой форме или хронических в фазе обострения, применение анаболиков и антибиотиков.

**Условия проведения**

В исследовании принимали участие молодые мужчины-добровольцы из городов Западной Сибири (Новосибирска и Кемерово). Как правило, участники считали себя здоровыми и ранее не обращались к врачам по поводу хронических заболеваний.

**Продолжительность исследования**

Обследование испытуемых лиц проводилось в осенние или весенние месяцы в период 2013–2014 гг.

**Описание медицинского вмешательства**

Обследование мужчин включало анкетирование, антропометрию и взятие образцов периферической крови. Мужчины заполняли анонимные анкеты, включающие вопросы о возрасте, месте рождения, национальности, профессии, характере труда, давали самооценку малоподвижности, указывали на занятия спортом или рекреационную физическую активность, отмечали службу в армии, курение и употребление алкоголя, перенесенные и текущие заболевания. Антропометрия состояла из измерения роста, массы тела, окружности талии и бедер, определения индекса массы тела (ИМТ) как основного антропометрического индикатора ожирения [14]. Малоподвижность участников исследования идентифицировалась как результат самооценки своего образа жизни в качестве малоподвижного или физически активного, имея в виду занятия спортом, физическую рекреацию или работу, связанную с физическим трудом. Образцы крови брали натощак из локтевой вены с 8 до 11 ч утра. Кровь центрифугировали в течение 15–20 мин при 1500 об./мин. Собранную сыворотку хранили при –40 °С до определения в ней гормонов и метаболитов. Результаты анкетных данных, антропометрических и биохимических измерений заносились в электронную базу данных.

**Исходы исследования**

**Основной исход исследования.** Основными результатами исследования служили антропометрические (масса тела, рост, окружности талии (ОТ) и бедер (ОБ)); гормональные (лютеинизирующий (ЛГ) и фолликулостимулирующий (ФСГ) гормоны, общий тестостерон (Т), эстрадиол (Е<sub>2</sub>) и ингибин В) и метаболические (триглицериды (ТГ), общий холестерин (ОХ), холестерин липопротеинов низкой плотности (х-ЛПНП), холестерин липопротеинов высокой плотности (х-ЛПВП), глюкоза, мочевая кислота) показатели. По всем указанным показателям сравнивались три стратифицированные группы с различным ИМТ, соответствующим норме, избыточному весу и ожирению. Для оценки влияния малоподвижности на перечисленные антропометрические, гормональные и метаболические показатели в каждой группе ИМТ сравнивались подгруппы мужчин с малоподвижностью и физически активным образом жизни.

**Анализ в подгруппах**

Из исследуемой выборки мужчин, согласно рекомендациям ВОЗ [14], были сформированы три группы: с нормальной массой тела —  $25 > \text{ИМТ} \geq 18,5 \text{ кг/м}^2$ ; с избыточной массой тела —  $30 > \text{ИМТ} \geq 25 \text{ кг/м}^2$  и с ожирением —  $\text{ИМТ} \geq 30 \text{ кг/м}^2$ . Сравнение трех групп

участников с нормальной или избыточной массой тела и ожирением позволило выявить влияние избыточной массы тела и ожирения на широкий спектр перечисленных выше антропометрических, гормональных и метаболических показателей. Затем в каждой группе ИМТ проводилось сравнение двух подгрупп: с малоподвижностью и физически активным образом жизни (занятия спортом, рекреационная физическая активность или работа, связанная с физическим трудом). Такое сравнение позволяет в каждой ИМТ-категории мужчин выявить влияние малоподвижности на все исследуемые параметры, причем особый интерес представляет категория мужчин с ожирением.

**Методы регистрации исходов**

Антропометрическое обследование проводили по стандартным методикам. Массу тела оценивали в килограммах, ОТ и ОБ — в сантиметрах. ИМТ как основной антропометрический индикатор ожирения рассчитывали по формуле:  $\text{Масса тела (кг)} / \text{Рост тела (м)}^2$  [14]. Концентрацию ЛГ, ФСГ, Т, Е<sub>2</sub> и ингибина В в сыворотке крови определяли иммуноферментным методом коммерческими наборами («Алкор Био», «Хема», Россия; Beckman Coulter, США) по прилагаемой инструкции. Концентрацию ТГ, ОХ, х-ЛПВП, глюкозы и мочевой кислоты в сыворотке крови определяли ферментативным колориметрическим методом в плащечной модификации коммерческими наборами («Вектор Бест», Россия) по прилагаемой инструкции. Уровень х-ЛПНП рассчитывали по формуле Фридевальда [20].

Диапазон референсных значений, полученный для нашей выборки здоровых мужчин в возрасте от 18 до 40 лет ( $25 > \text{ИМТ} \geq 18,5$ ), составил: ЛГ — 1,3–6,7 мМЕ/мл; ФСГ — 1,3–8,8 мМЕ/мл; Т — 11,7–38,2 нмоль/л; Е<sub>2</sub> — 0,10–0,35 нмоль/л; ингибин В — 75,3–333,8 пг/мл; ТГ — 0,3–2,0 ммоль/л; ОХ — 2,5–5,3 ммоль/л; х-ЛПВП — 0,7–1,9 ммоль/л; х-ЛПНП — 0,9–3,8 ммоль/л; глюкоза — 3,3–6,6 ммоль/л; МК — 196–464 мкмоль/л.

**Этическая экспертиза**

Все мужчины, включенные в исследование, подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Следует отметить, что представленная работа является небольшим, но самостоятельным фрагментом многолетнего, широкомасштабного и многопланового популяционного исследования мужской фертильности урбанизированного населения Российской Федерации, которое еще полностью не закончено. В связи с необходимостью публикации его отдельных частей этический комитет Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» одобрил исследование (протокол № 160 от 17 сентября 2020 г.).

**Статистический анализ**

**Принципы расчета размера выборки.** Размер выборки предварительно не рассчитывался.

**Методы статистического анализа данных.** Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета компьютерных программ Statistica 8.0. Для всех исследуемых показателей вычисляли медиану (25; 75), где (25; 75) — 25-й и 75-й перцентили. Проверку на нормальность распределения изучаемых параметров проводили при помощи теста Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллифорса. Поскольку большинство параметров не подчинялось нормальному распределению (ОТ, уровни ЛГ,



ФСГ, E<sub>2</sub>, ТГ, глюкозы), был проведен однофакторный дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса (Kruskal–Wallis ANOVA) для сравнения нескольких независимых групп, чтобы найти различия в антропометрических, метаболических и гормональных параметрах. В рамках дисперсионного анализа для попарного сравнения групп применяли тест Дункана (Duncan's test). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принят равным  $\leq 0,05$ .

## Результаты

### Объекты (участники) исследования

Общий размер выборки составлял 295 молодых мужчин-добровольцев из общей популяции городского населения, из них подавляющее большинство на момент исследования — студенты, аспиранты и сотрудники высших учебных заведений. Основная масса участников принадлежала к славянской этнической группе ( $n = 234$ ; 79,3%), остальные — к другим этническим группам ( $n = 7$ ; 2,3%) либо были потомками смешанных браков ( $n = 54$ ; 18,3%). Медианы возраста участников составила 23 года, а массы тела — 80 кг. Медиана ИМТ всей выборки — 25,0 кг/м<sup>2</sup>, причем 49,2% мужчин характеризовались нормальной массой тела, 40,6% — избыточной, а 10,2% — ожирением. Только 6,4% участников имели детей ( $1,2 \pm 0,1$  ребенка), 28,5% — курили ( $11,6 \pm 0,7$  сигареты/день), 77,6% употребляли алкоголь ( $0,8 \pm 0,1$  раз/нед). Медианы концентрации репродуктивных гормонов и метаболических показателей в периферической крови находились в пределах диапазона референсных значений, полученных на нашей популяционной выборке здоровых мужчин.

### Основные результаты исследования

**Влияние избыточной массы тела и ожирения на антропометрические, гормональные и метаболические показатели мужчин.** Антропометрические, гормональные и метаболические показатели молодых мужчин с различным ИМТ представлены в табл. 1. Антропометрические показатели (масса тела, ОТ и ОБ, ИМТ) достоверно отличались между всеми группами ИМТ, градуально и достоверно увеличиваясь от нормы к ожирению ( $p \leq 0,05$ ). Уровень ингибина В был достоверно снижен у групп с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с нормой ( $p \leq 0,05$ ). Наиболее впечатляющие гормональные различия получены по уровню тестостерона, когда снижение уровня гормона на 20,4% наблюдалось у группы с избыточной массой тела и на 42,2% — у группы с ожирением по сравнению с нормой ( $p \leq 0,05$ ). Уровни ТГ и ОХ достоверно отличались между всеми группами, градуально и достоверно увеличиваясь от нормы к ожирению ( $p \leq 0,05$ ). Уровни х-ЛПВП, х-ЛПНП, глюкозы и мочевой кислоты не отличались между группами с избыточной массой тела и ожирением, но у этих групп уровень х-ЛПВП был достоверно ниже, а х-ЛПНП, глюкозы и мочевой кислоты — достоверно выше по сравнению с нормой ( $p \leq 0,05$ ). Не было получено достоверных различий между группами с различным ИМТ по возрасту, росту, уровню ЛГ, ФСГ и эстрадиола. Кроме того, группы с различным ИМТ не различались по количеству курящих мужчин или по интенсивности курения, а также по количеству мужчин, употребляющих алкоголь, или по частоте его употребления (данные не представлены).

**Влияние малоподвижного образа жизни на антропометрические, гормональные и метаболические показатели у молодых мужчин.** Значения антропометрических, гормональных и метаболических показателей у подгрупп с малоподвижностью и физически активным образом жизни для каждой категории ИМТ (норма, избыточная масса тела и ожирение) представлены в табл. 2. У мужчин с нормальной и избыточной массой тела не выявлено достоверного влияния малоподвижности на все исследуемые показатели, кроме возраста и уровня ФСГ, причем уровни ФСГ оказались ниже у подгруппы с нормальной массой тела и малоподвижностью по сравнению с подгруппой с нормальной массой тела, но физически активным образом жизни (см. табл. 2). В то же время в подгруппе мужчин с ожирением и малоподвижностью отмечена тенденция к более высоким значениям ОТ ( $p = 0,061$ ) и уровня глюкозы ( $p = 0,088$ ) и достоверно более низкий уровень тестостерона по сравнению с подгруппой мужчин с ожирением, но с физически активным образом жизни ( $p \leq 0,05$ ). Кроме того, подгруппы с физически активным образом жизни и малоподвижностью в любой категории ИМТ не различались по количеству курящих мужчин или по интенсивности курения, а также по количеству мужчин, употребляющих алкоголь, или по частоте его употребления (данные не представлены).

### Нежелательные явления

Нежелательные явления в данном исследовании не оценивались.

## Обсуждение

### Резюме основного результата исследования

У молодых мужчин-добровольцев из общей популяции избыточная масса тела и ожирение ассоциированы с нарушениями липидного обмена, в частности с увеличением уровня триглицеридов, общего холестерина, холестерина липопротеидов низкой плотности и снижением уровня холестерина липопротеидов высокой плотности, а также с увеличением уровня глюкозы и мочевой кислоты в сыворотке крови. Наиболее важные гормональные изменения при избыточной массе тела и ожирении выражались в снижении уровня тестостерона и ингибина в сыворотке крови, причем дефицит тестостерона усиливался с ростом ИМТ. Мужчины с ожирением и малоподвижностью характеризовались снижением уровня тестостерона и тенденцией к повышению уровня глюкозы по сравнению с мужчинами с ожирением, но с физически активным поведением.

### Обсуждение основного результата исследования

Образ жизни существенно отражается на здоровье мужчин и их репродуктивных способностях. Одни из важнейших факторов образа жизни — избыточная масса тела и ожирение, которые затрагивают многие аспекты физиологии человека и признаются ключевыми факторами риска развития дислипидемии, атеросклероза, сердечно-сосудистой патологии, диабета 2 типа, остеоартрита и репродуктивных проблем [5, 8, 21–23]. Следует подчеркнуть, что в последние десятилетия в обществе формируется модель поведения, способствующая росту числа людей, страдающих избыточным весом. Она включает общее снижение физической активности, связанное с автоматизацией труда, широкое распространение транспортных средств, преимущественно личных автомоби-

Таблица 1. Демографические, антропометрические, гормональные и метаболические показатели у молодых мужчин с различным ИМТ

Показатель	Вся выборка (n = 295)	Норма (25 > ИМТ ≥ 18,5) (n = 145)	Избыточный вес (30 > ИМТ ≥ 25) (n = 120)	Ожирение (ИМТ ≥ 30) (n = 30)
Возраст, лет	23 (21–25)	23 (22–25)	23 (21–26)	23 (21–29)
Масса тела, кг	80 (71–87)	71 (65–76) <sup>a</sup>	85 (81–90) <sup>b</sup>	106 (101–113) <sup>c</sup>
Рост, см	179 (175–184)	179 (174–184)	180 (176–185)	181 (176–185)
ОТ, см	84 (79–91)	79 (76–83) <sup>a</sup>	89 (84–93) <sup>b</sup>	103 (98–108) <sup>c</sup>
ОБ, см	100 (110–117)	96 (91–99) <sup>a</sup>	105 (100–108) <sup>b</sup>	114 (110–117) <sup>c</sup>
ИМТ	25,0 (22,2–27,0)	22,1 (20,9–23,4) <sup>a</sup>	26,3 (25,6–27,7) <sup>b</sup>	32,3 (30,8–34,7) <sup>c</sup>
ЛГ, мМЕ/мл	3,2 (2,5–4,3)	3,0 (2,4–4,1)	3,5 (2,6–4,5)	3,0 (2,3–3,9)
ФСГ, мМЕ/мл	3,1 (2,0–4,3)	2,9 (1,9–4,1)	3,4 (2,2–4,7)	2,8 (1,8–3,9)
Тестостерон, нмоль/л	21,0 (15,9–26,9)	23,9 (19,0–28,5) <sup>a</sup>	19,3 (14,7–25,5) <sup>b</sup>	14,3 (11,7–18,9) <sup>c</sup>
Эстрадиол, нмоль/л	0,17 (0,13–0,22)	0,17 (0,13–0,21)	0,19 (0,14–0,23)	0,16 (0,14–0,23)
Ингибин, пг/мл	174,0 (136,3–227,7)	189,7 (153,8–248,6) <sup>a</sup>	165,9 (125,6–205,9) <sup>b</sup>	168,2 (103,7–201,4) <sup>b</sup>
Триглицериды, ммоль/л	0,9 (0,6–1,4)	0,8 (0,6–1,1) <sup>a</sup>	1,0 (0,7–1,5) <sup>b</sup>	1,6 (1,1–2,4) <sup>c</sup>
Общий холестерин, ммоль/л	3,9 (3,3–4,4)	3,6 (3,1–4,2) <sup>a</sup>	3,9 (3,4–4,6) <sup>b</sup>	4,4 (4,0–5,1) <sup>c</sup>
х-ЛПВП, ммоль/л	1,2 (1,0–1,4)	1,3 (1,0–1,5) <sup>a</sup>	1,1 (0,9–1,3) <sup>b</sup>	1,0 (0,9–1,3) <sup>b</sup>
х-ЛПНП, ммоль/л	2,1 (2,0–3,2)	2,0 (1,4–2,5) <sup>a</sup>	2,3 (1,7–2,9) <sup>b</sup>	2,4 (2,0–3,2) <sup>b</sup>
Глюкоза, ммоль/л	4,7 (4,2–5,2)	4,5 (4,0–5,1) <sup>a</sup>	4,7 (4,3–5,3) <sup>b</sup>	5,1 (4,6–5,8) <sup>b</sup>
Мочевая кислота, мкмоль/л	358 (308–408)	345 (299–383) <sup>a</sup>	381 (330–427) <sup>b</sup>	421 (308–514) <sup>b</sup>

Примечание. Данные представлены как медиана (25–75), где (25–75) – 25-й и 75-й перцентили; ОТ – окружность талии; ОБ – окружность бедер; ИМТ – индекс массы тела; ЛГ – лютеинизирующий гормон; ФСГ – фолликулостимулирующий гормон; х-ЛПНП – холестерин липопротеинов низкой плотности; х-ЛПВП – холестерин липопротеинов высокой плотности; а, б, с – значения показателя с различными суперскриптами, достоверно различаются между группами ИМТ (p ≤ 0,05).

Таблица 2. Влияние малоподвижности на антропометрические, гормональные и метаболические показатели у молодых мужчин с различным ИМТ

Показатель	Норма (25 > ИМТ > 18,5)		Избыточный вес (30 > ИМТ > 25)		Ожирение (ИМТ > 30)	
	Физическая активность (n = 80)	Малоподвижность (n = 65)	Физическая активность (n = 65)	Малоподвижность (n = 55)	Физическая активность (n = 14)	Малоподвижность (n = 16)
Возраст, лет	22 (22–24)	23 (22–26)* p = 0,030	23 (20–25)	23 (21–29)	22 (20–27)	24 (228–34)
Масса тела, кг	70 (64–76)	71 (67–75)	85 (81–89)	86 (80–92)	106 (102–113)	107 (95–113)
Рост, см	179 (173–184)	179 (175–183)	179 (175–182)	180 (176–185)	183 (181–186)	177 (172–183)* p = 0,027
ОТ, см	79 (76–84)	79 (76–83)	88 (83–93)	90 (85–94)	102 (97–103)	106 (102–111)+ p = 0,061
ОБ, см	96 (90–100)	95 (92–99)	105 (99–107)	104 (100–108)	114 (1101–117)	113 (111–117)
ИМТ	22,1 (20,8–23,4)	22,2 (21,0–23,3)	26,3 (25,7–27,7)	26,5 (25,5–27,8)	31,1 (30,5–34,0)	33,2 (31,2–34,8)
ЛГ, мМЕ/л	3,3 (2,4–4,3)	2,9 (2,2–3,7)	3,6 (2,9–4,5)	3,4 (2,3–4,6)	3,2 (2,6–5,1)	3,0 (2,3–3,6)
ФСГ, мМЕ/л	3,6 (2,2–4,5)	2,4 (1,8–3,4)* p = 0,010	3,0 (2,2–4,9)	3,6 (2,6–4,3)	2,5 (1,7–4,7)	2,8 (1,9–3,7)
Тестостерон, нмоль/л	24,1 (20,0–28,4)	22,9 (17,4–29,3)	20,6 (15,2–25,9)	17,8 (14,5–22,4)	18,0 (13,6–19,2)	13,6 (9,9–15,8)* p = 0,028
Эстрадиол, нмоль/л	0,16 (0,13–0,21)	0,17 (0,12–0,21)	0,19 (0,13–0,23)	0,19 (0,15–0,23)	0,18 (0,14–0,30)	0,16 (0,13–0,20)
Ингибин, пк/мл	194,8 (147,8–245,1)	182,7 (154,9–267,0)	165,0 (129,3–214,5)	167,5 (123,3–200,6)	137,5 (90,5–198,4)	171,5 (120,3–221,2)
Триглицериды, ммоль/л	0,8 (0,5–1,1)	0,8 (0,6–1,1)	1,0 (0,3–3,2)	1,0 (0,7–1,5)	1,6 (1,0–2,2)	2,0 (1,4–3,4)
Общий холестерин, ммоль/л	3,5 (3,1–4,2)	3,6 (3,1–4,1)	3,9 (3,5–4,5)	3,9 (3,4–4,7)	4,2 (3,8–5,2)	4,5 (4,1–5,0)
х-ЛПВП, ммоль/л	1,3 (1,0–1,5)	1,2 (1,0–1,4)	1,1 (1,0–1,3)	1,1 (0,9–1,3)	1,1 (0,9–1,2)	1,0 (0,8–1,3)
х-ЛПНП, ммоль/л	2,0 (1,4–2,6)	2,1 (1,5–2,4)	2,2 (1,7–2,8)	2,4 (1,6–3,1)	2,3 (2,0–3,3)	2,4 (2,1–3,0)
Глюкоза, ммоль/л	4,5 (4,1–5,0)	4,6 (3,9–5,1)	4,6 (4,3–5,24)	4,7 (4,4–5,3)	4,9 (4,7–5,2)	5,8 (4,5–6,5)+ p = 0,088
Мочевая кислота, мкмоль/л	343 (303–378)	351 (298–384)	380 (331–428)	386 (329–426)	392 (326–464)	443 (290–521)

Примечание. Данные представлены как медиана (25–75), где (25–75) — 25-й и 75-й перцентили; ОТ — окружность талии; ОБ — окружность бедер; ИМТ — индекс массы тела; ЛГ — лютеинизирующий гормон; ФСГ — фолликулостимулирующий гормон; х-ЛПВП — холестерин липопротеинов высокой плотности; х-ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности; \* — достоверность; + — тенденция различий между мужчинами с физической активностью и малоподвижностью в каждой группе ИМТ.

лей, популяризацию «фастфуда» (быстрого питания), содержащего большое количество рафинированных жиров и легко усваиваемых углеводов и сниженное количество волокон, а также высокий уровень стресса у людей, живущих в мегаполисах. Все перечисленное можно обозначить термином «синдром цивилизации».

Наши данные показывают, что у молодых мужчин с ожирением наблюдается существенное снижение уровня тестостерона в сыворотке крови, что подразумевает снижение гормональной активности семенников, близкое к гипогонадизму. Полученные данные подтверждают связь ожирения с гипогонадизмом у мужчин, которая установлена ранее [21–23]. Гормональные нарушения, в частности гипоандрогения, связывают с особенностью процессов, происходящих в висцеральной жировой ткани у мужчин, где происходит ароматизация андрогенов в эстрогены и продуцируется лептин, который угнетает продукцию тестостерона клетками Лейдига в семенниках. В свою очередь, гипогонадизм сопровождается снижением мышечной массы и способствует дальнейшему накоплению висцерального жира, замыкая порочный круг [21–23].

Частое репродуктивное последствие ожирения — эректильная дисфункция, которая имеет четкую связь с сопутствующими ожирению метаболическими и гормональными нарушениями [24]. В обзоре [23] указывается, что у 79% российских мужчин с ИМТ выше 25 кг/м<sup>2</sup> риск эректильной дисфункции наблюдается в 3 раза чаще, чем в общей популяции, а степень эректильной дисфункции у мужчин с ожирением выше, чем без ожирения. Наиболее тесную связь с ожирением имеет васкулогенная форма эректильной дисфункции по сравнению с ее другими формами. Связующим звеном между ожирением и эректильной дисфункцией является высокий уровень свободных жирных кислот и адипокинов в крови [23].

Установлена связь повышенного ИМТ со снижением мужской фертильности, что проявляется уменьшением концентрации и доли подвижных сперматозоидов в эякуляте, увеличением фрагментации ДНК сперматозоидов и изменением профиля репродуктивных гормонов [25, 26]. Наше предыдущее исследование также установило негативное влияние висцерального ожирения на показатели спермограммы у российских мужчин [19]. Однако некоторыми исследователями связь между ожирением и концентрацией, подвижностью или морфологией сперматозоидов не была подтверждена даже тогда, когда было найдено влияние избыточного веса и ожирения на уровень репродуктивных гормонов [21]. Основным механизмом снижения мужской фертильности при ожирении считается действие окислительного стресса на уровне микроокружения яичка вследствие жировых отложений в паховой области, приводящих к угнетению сперматогенеза из-за повышения температуры в мошонке [22]. Существует несколько исследований, которые установили, что повышение температуры мошонки наблюдается у водителей или при ношении тесного нижнего белья, что негативно влияло на качество спермы [27, 28], а экспериментальная транзиторная гипертермия мошонки обратимо снижала сперматогенез с вовлечением в этот процесс окислительного стресса [29]. Кроме того, показано, что снижение качества спермы может быть связано с сидячей работой и ожирением [30]. Авторы предполагают, что снижение качества спермы человека за последние десятилетия обусловлено изменением образа жизни, характеризующимся гиподинамией, высоким потреблением энергии и повышенной распространенностью ожирения.

В нашем исследовании половина мужчин (53,3%), страдающих ожирением, указала в анкете на малоподвижный образ жизни и отсутствие регулярных занятий спортом как одного из видов отдыха. Несмотря на субъективность самооценки малоподвижности, мы наблюдали снижение уровня тестостерона в сыворотке крови у тучных мужчин с малоподвижным образом жизни по сравнению с тучными мужчинами, ведущими физически активный образ жизни. Результаты нашего исследования согласуются с данными других авторов, установивших снижение уровня тестостерона, ЛГ и ФСГ у мужчин с малоподвижностью [7]. В частности, у молодых здоровых мужчин с малоподвижностью (средний возраст — 19 лет, ИМТ — в пределах нормы) уровень тестостерона был достоверно ниже по сравнению с аналогичной группой мужчин, но с активным образом жизни ( $6,49 \pm 0,80$  и  $7,68 \pm 0,77$  мкг/л, среднее  $\pm$  SD). Малоподвижность участников оценивалась субъективно по отсутствию физической нагрузки и занятий спортом в течение предыдущего года. Авторы считают, что причинами более высокого уровня тестостерона во время физической тренировки могут быть изменение уровня катехоламинов и простагландинов и повышение кровотока яичек, которые оказывают стимулирующее влияние на гипоталамо-гипофизарно-тестикулярную ось [7]. В другом исследовании у молодых мужчин (медиана возраста — 19,1 года), которые по многу часов смотрели телевизор, по мере увеличения периода времени, потраченного на просмотр телевизора, наблюдалось увеличение ИМТ и уровня фолликулостимулирующего гормона и снижение уровня тестостерона [11]. Временные интервалы телевизионных просмотров составляли 0,1–2,5; 2,6–5,0 и более 5,0 ч, и гормональные изменения наблюдались вне зависимости от физической активности участников. Авторы заключают, что малоподвижный образ жизни, обусловленный многочасовым просмотром телевизора, приводит к ухудшению функции семенников даже у физически активных мужчин. В работе Н. Kumagai et al. [31] у мужчин с избыточным весом и ожирением (ИМТ = 29,1) измеряли уровень тестостерона в сыворотке крови и количество шагов в день как индикатор высокой и низкой физической активности. После 12-недельного эксперимента уровень холестерина и триглицеридов в сыворотке крови достоверно снижался по сравнению с исходными значениями (холестерин —  $5,2 \pm 0,3$  и  $4,6 \pm 0,2$  ммоль/л; триглицериды —  $1,9 \pm 0,3$  и  $1,0 \pm 0,3$  ммоль/л соответственно), а уровень тестостерона увеличивался только в группе с высокой физической активностью по сравнению с группой с низкой физической активностью (12,5 и 15,0 нмоль/л соответственно). Эта и другие работы [9, 12, 32] подтверждают, что повышенная и регулярная физическая активность способна повышать уровень тестостерона в крови как у мужчин с нормальным ИМТ, так и при ожирении. Кроме того, данные указывают на то, что андрогены могут стимулировать физическую активность и адаптацию к силовым тренировкам у мужчин [32].

В последнее время все большее распространение приобретает точка зрения, что неблагоприятные тенденции в состоянии мужского репродуктивного здоровья в основном сопряжены с изменениями в индивидуальном образе жизни, который в индустриально развитых странах характеризуется преобладанием высококалорийного питания, несбалансированной диеты, гиподинамией, повышенного уровня социального стресса, связанного с урбанизацией, широким распространением курения сигарет и различ-



ных курительных смесей, злоупотреблением алкоголем, бесконтрольным приемом лекарств, использованием мобильных телефонов и ноутбуков как источников электромагнитного излучения [5, 7–12, 21, 22, 27]. Таким образом, изучение причин и механизмов ослабления мужской фертильности должно включать не только избыточную массу тела и гиподинамию, но и другие факторы риска в контексте их влияния на репродуктивное здоровье.

### Ограничения исследования

Преимущество нашего исследования состояло в том, что объектами изучения выступали молодые мужчины-добровольцы из общей популяции, которые не были отобраны по антропометрическим, гормональным или метаболическим показателям, поэтому наша исследуемая когорта была репрезентативна молодой части населения, что позволяет экстраполировать результаты на общую популяцию, в то время как в большинстве других исследований данной проблемы используются специально подобранные группы участников. Кроме того, наши участники были постоянными жителями двух сибирских городов, близких по экологическим и социокультурным параметрам. Во всех городах применялись одни и те же стандартизированный протокол исследования и анкета, а исследовательские группы были схожи по социальному статусу. Лабораторные анализы проводились одной и той же исследовательской группой с использованием одних и тех же реактивов.

Хотя результаты данного сравнительного исследования, которое включает «естественный эксперимент», позволяют судить о количественных изменениях гормонального и метаболического статуса у мужчин при избыточной массе тела и малоподвижности, тем не менее важно провести специальный («лабораторный») эксперимент. Для дополнительного подтверждения положительных эффектов физической активности на репродуктивное здоровье мужчин исследование должно включать более значительные по величине выборки и контролируемые показатели физической активности. Таким образом, в данном контексте настоящее исследование можно рассматривать как перспективное пилотное. Интервенционное исследование, в котором группа мужчин с ожирением, гиподинамией и ослабленным сперматогенезом будет подвергаться регулярной контролируемой физической нагрузке разной интенсивности и длительности, дало бы дополнительную информацию о том, что гиподинамия ослабляет мужскую фертильность, а изменение образа жизни (физическая активность) приводит к положительному результату.

Многие факторы современного образа жизни (ожирение, гиподинамия, курение, алкоголь и др.) могут оказывать негативное влияние на метаболический и эндокринный гомеостаз, что делает исследование этой проблемы актуальным как в фундаментальном, так и прикладном аспектах. Часто публикации по вышеупомянутым факторам образа жизни представляют конфликтующие данные,

интерпретация которых неоднозначна. Можно предположить, что если фактор индивидуального образа жизни имеет даже небольшой эффект, то комбинация нескольких негативных факторов может оказывать кумулятивный эффект и значительно усиливать негативное действие за счет специфического взаимодействия. Наше исследование проводилось без учета возможного взаимодействия с другими факторами индивидуального образа жизни. Очевидные преимущества будет иметь комплексное исследование ключевых факторов образа жизни, взаимное влияние которых на исследуемые показатели возможно оценить только на значительно большей выборке мужчин, чем в данной работе. С другой стороны, эффекты факторов образа жизни скорее всего будут проявляться при выраженном или длительном воздействии, поэтому важно исследовать их действие во временном аспекте, например учитывать длительность их действия. Ожирение и гиподинамия у мужчин, исследуемые в настоящей работе, относятся к числу потенциальных факторов риска ослабления репродуктивного здоровья, однако их негативное воздействие частично преодолевается, как предполагают наши результаты, физически активным образом жизни.

### Заключение

У молодых мужчин ожирение негативно влияет на уровень тестостерона, ингибина В, триглицеридов, холестерина, х-ЛПВП, х-ЛПНП, мочевой кислоты и глюкозы в сыворотке крови, но повышение уровня физической активности может способствовать улучшению метаболического и гормонального гомеостаза.

### Дополнительная информация

**Источник финансирования.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-15-00075-П).

**Конфликт интересов.** Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

**Участие авторов.** Л.В. Осадчук — проведение обследования участников, анкетирование участников, определение гормонов и метаболитов, написание и направление рукописи на публикацию; А.В. Осадчук — планирование исследования, статистический анализ полученных данных, написание и оформление рукописи. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Выражение признательности.** Выражаем благодарность и признательность андрологам Медицинского центра «Эргин» г. Кемерово Н.Н. Кузнецовой и М.В. Шамину, инженеру-исследователю ИЦиГ Н.В. Гуторовой за помощь в организации и проведении обследования мужчин.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аполихин О.И., Москалева Н.Г., Комарова В.А. Современная демографическая ситуация и проблемы улучшения репродуктивного здоровья населения России // *Экспериментальная и клиническая урология*. — 2015. — № 4. — С. 4–14. [Apolikhin OI, Moskaleva NG, Komarova VA. Contemporary demographic situation and problems of improving the reproductive health of Russian population. *Experimental and Clinical Urology*. 2015;4:4–14. (In Russ.)]
2. Лебедев Г.С., Голубев Н.А., Шадеркин И.А., и др. Мужское бесплодие в Российской Федерации: статистические данные за 2000–2018 годы // *Экспериментальная и клиническая урология*. — 2019. — № 4. — С. 4–12. [Lebedev GS, Golubev NA, Shaderkin IA, et al. Male infertility in the Russian Federation: statistical data for 2000–2018. *Experimental and Clinical Urology*. 2019;4:4–12. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2019-11-4-4-12>



3. Осадчук Л.В., Осадчук А.В. Популяционные исследования мужского репродуктивного потенциала: качество сперматозоидов как маркер репродуктивного здоровья // *Урология*. — 2020. — № 3. — С. 111–120. [Osadchuk LV, Osadchuk AV. Epidemiological studies of the male reproductive potential: sperm quality as a marker of reproductive health. *Urologiya*. 2020;3:111–120. (In Russ.)]. doi: <https://dx.doi.org/10.18565/urology.2020.3.111-120>
4. Osadchuk L, Shantanova L, Troev I, et al. Regional and ethnic differences in semen quality and reproductive hormone levels in Russia: a Siberian population-based cohort study of young men. *Andrology*. 2021;9(5):1512–1525. doi: <https://doi.org/10.1111/andr.13024>
5. Leisegang K, Dutta S. Do lifestyle practices impede male fertility? *Andrologia*. 2021;53(1):e13595. doi: <https://doi.org/10.1111/and.13595>
6. Crovesy L, Rosado EL. Interaction between genes involved in energy intake regulation and diet in obesity. *Nutrition*. 2019;67–68:110547. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.06.027>
7. Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto ME, García-Manso JM, et al. Physically active men show better semen parameters and hormone values than sedentary men. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(9):3267–3273. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2304-6>
8. Ibañez-Perez J, Santos-Zorroza B, Lopez-Lopez E, et al. An update on the implication of physical activity on semen quality: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gynecol Obstet*. 2019;299(4):901–921. doi: <https://doi.org/10.1007/s00404-019-05045-8>
9. Lavín-Pérez AM, Collado-Mateo D, Villafaina S, et al. The role of exercise to reduce the impact of diabetes in the seminal quality: a systematic review. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(2):159. doi: <https://doi.org/10.3390/medicina57020159>
10. Gaskins AJ, Chavarro JE. Diet and fertility: a review. *Am J Obstet Gynecol*. 2018;218(4):379–389. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.08.010>
11. Priskorn L, Jensen TK, Bang AK, et al. Is sedentary lifestyle associated with testicular function? A cross-sectional study of 1,210 men. *Am J Epidemiol*. 2016;184(4):284–294. doi: <https://doi.org/10.1093/aje/kwv338>
12. Minas A, Fernandes ACC, Maciel Júnior VL, et al. Influence of physical activity on male fertility. *Andrologia*. 2022;54(7):e14433. doi: <https://doi.org/10.1111/and.14433>
13. Kivimäki M, Strandberg T, Pentti J, et al. Body-mass index and risk of obesity-related complex multimorbidity: an observational multicohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2022;10(4):253–263. doi: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(22\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(22)00033-X)
14. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser. 2000;894:i–xii, 1–253.
15. Осадчук Л.В., Попова А.В., Туманик О.В., и др. Андрогенный дефицит у мужчин с избыточной массой тела и ожирением // *Проблемы репродукции*. — 2012. — № 4. — С. 76–79. [Osadchuk LV, Popova AV, Tumanik OV, et al. Androgens deficiency in men with overweight and obesity. *Russian Journal of Human Reproduction*. 2012;4:76–79. (In Russ.)]
16. Осадчук Л.В., Гуторова Н.В., Петрова П.Г., и др. Гормональный и метаболический статус у мужчин якутской этнической принадлежности с избыточной массой тела и ожирением // *Проблемы репродукции*. — 2014. — № 2. — С. 78–83. [Osadchuk LV, Gutorova NV, Petrova PG, et al. Hormonal and metabolic status in men of Yakut ethnic group with overweight and obesity. *Russian Journal of Human Reproduction*. 2014;2:78–83. (In Russ.)]
17. Hasan B, Nayfeh T, Alzuabi M, et al. Weight loss and serum lipids in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(12):dgaa673. doi: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa673>
18. Осадчук Л.В., Гуторова Н.В., Людинина А.Ю., и др. Изменение гормонального и метаболического статуса у мужчин этнической группы коми с избыточной массой тела и ожирением // *Ожирение и метаболизм*. — 2013. — Т. 10. — № 2. — С. 28–32. [Osadchuk LV, Gutorova NV, Ludinina AYU, et al. Changes in hormonal and metabolic status in men of an ethnic group Komi with overweight and obesity. *Obesity and metabolism*. 2013;10(2):28–32. (In Russ.)]. doi: <http://dx.doi.org/10.14341/2071-8713-4821>
19. Гуторова Н.В., Клешёв М.А., Типисова Е.В., и др. Влияние избыточной массы тела и ожирения на показатели спермограммы и уровень репродуктивных гормонов у мужского населения Европейского Севера России // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. — 2014. — Т. 157. — № 1. — С. 108–111. [Gutorova NV, Kleshchyov MA, Tipisova EV, et al. Effects of overweight and obesity on the spermogram values and levels of reproductive hormones in the male population of the European North of Russia. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2014;157(1):95–98. (In Russ.)]
20. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem*. 1972;18(6):499–502.
21. Aggerholm AS, Thulstrup AM, Toft G, et al. Is overweight a risk factor for reduced semen quality and altered serum sex hormone profile? *Fertil Steril*. 2008;90(3):619–626. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2007.07.1292>
22. Durairajanayagam D. Lifestyle causes of male infertility. *Arab J Urol*. 2018;16(1):10–20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.12.004>
23. Гамидов С.И., Шатылко Т.В., Гасанов Н.Г. Мужское здоровье и ожирение — диагностика и терапевтические подходы // *Ожирение и метаболизм*. — 2019. — Т. 16. — № 3. — С. 29–36. [Gamidov SI, Shatylo TV, Gasanov NG. Male health and obesity — diagnostic and therapeutic approach. *Obesity and metabolism*. 2019;16(3):29–36. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/omet10314>
24. Saad F, Grahl AS, Aversa A, et al. Effects of testosterone on erectile function: implications for the therapy of erectile dysfunction. *BJU Int*. 2007;99(5):988–992. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2007.06756.x>
25. Jensen TK, Andersson AM, Jørgensen N, et al. Body mass index in relation to semen quality and reproductive hormones among 1,558 Danish men. *Fertil Steril*. 2004;82(4):863–870. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2004.03.056>
26. Liu Y, Ding Z. Obesity, a serious etiologic factor for male subfertility in modern society. *Reproduction*. 2017;154(4):R123–R131. doi: <https://doi.org/10.1530/REP-17-0161>
27. Bujan L, Daudin M, Charlet JP, et al. Increase in scrotal temperature in car drivers. *Hum Reprod*. 2000;15(6):1355–1357. doi: <https://doi.org/10.1093/humrep/15.6.1355>
28. Mínguez-Alarcón L, Gaskins AJ, Chiu YH, et al. Type of underwear worn and markers of testicular function among men attending a fertility center. *Hum Reprod*. 2018;33(9):1749–1756. doi: <https://doi.org/10.1093/humrep/dey259>
29. Rao M, Zhao XL, Yang J, et al. Effect of transient scrotal hyperthermia on sperm parameters, seminal plasma biochemical markers, and oxidative stress in men. *Asian J Androl*. 2015;17(4):668–675. doi: <https://doi.org/10.4103/1008-682X.146967>
30. Magnusdottir EV, Thorsteinsson T, Thorsteinsdottir S, et al. Persistent organochlorines, sedentary occupation, obesity and human male subfertility. *Hum Reprod*. 2005;20(1):208–215. doi: <https://doi.org/10.1093/humrep/deh569>
31. Kumagai H, Zempo-Miyaki A, Yoshikawa T, et al. Increased physical activity has a greater effect than reduced energy intake on lifestyle modification-induced increases in testosterone. *J Clin Biochem Nutr*. 2016;58(1):84–89. doi: <https://doi.org/10.3164/jcbn.15-48>
32. Kraemer WJ, Ratamess NA, Hymer WC, et al. Growth hormone(s), testosterone, insulin-like growth factors, and cortisol: roles and integration for cellular development and growth with exercise. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:33. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00033>

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Осадчук Людмила Владимировна**, д.б.н., профессор [Ludmila V. Osadchuk, PhD in Biology, Professor]; адрес: 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д. 10 [address: 10, Lavrentiev Av., 630090, Novosibirsk, Russia]; e-mail: losadch@bionet.nsc.ru, SPIN-код: 2924-3468, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7597-9204>

**Осадчук Александр Владимирович**, к.б.н., доцент [Alexander V. Osadchuk, PhD in Biology, Assistant Professor]; e-mail: osadchuk@bionet.nsc.ru, SPIN-код: 4023-5070, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4210-7354>