



# Влияние спортивных нагрузок на работу эндокринной системы у мужчин

М.А. Берковская<sup>✉1</sup>, А.А. Эльмурзаева<sup>2</sup>, А.Л.-А. Эдаев<sup>1</sup>, Т.Ю. Селахов<sup>1</sup>, Х.М. Токаев<sup>1</sup>, И.Д. Гурова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», Грозный, Россия

## Аннотация

Эндокринная система участвует в регуляции большинства метаболических процессов в организме человека, что в норме обеспечивает поддержание оптимальной работы и гомеостаза различных органов и систем. Занятия спортом и разнообразные физические нагрузки оказывают влияние на регуляторную функцию эндокринных желез в виде последовательных фаз, при этом величина ответа зависит от интенсивности и длительности выполняемой нагрузки. Гормональная регуляция во время физической активности способствует адаптации функциональной активности сердечно-сосудистой системы, активации энергетических депо, поддержанию адекватной гидратации тканей. Физическая активность приводит к повышению продукции соматотропного гормона, инсулиноподобного фактора роста-1, общего и свободного тестостерона, что усиливает анаболические реакции организма. Важно понимать взаимосвязь и влияние физических нагрузок на работу эндокринной системы для разработки комплексов физических упражнений, реабилитации пациентов, изучения и лечения эндокринных нарушений. Влияние физических нагрузок на эндокринную систему женщин изучено в большей степени, чем мужчин, данные в отношении которых носят противоречивый характер. Настоящая статья посвящена обсуждению работы различных эндокринных органов и особенностей гормональной регуляции при спортивных нагрузках у мужчин.

**Ключевые слова:** эндокринная система, спорт, физическая нагрузка, тестостерон, соматотропин, инсулиноподобный фактор роста-1, кортизол

**Для цитирования:** Берковская М.А., Эльмурзаева А.А., Эдаев А.Л.-А., Селахов Т.Ю., Токаев Х.М., Гурова И.Д. Влияние спортивных нагрузок на работу эндокринной системы у мужчин. *Consilium Medicum*. 2024;26(4):263–268. DOI: 10.26442/20751753.2024.4.202697

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2024 г.

## REVIEW

# The impact of physical exercise on the endocrine system in men: A review

Marina A. Berkovskaya<sup>✉1</sup>, Asya A. Elmurzaeva<sup>2</sup>, Api L.-A. Edaev<sup>1</sup>, Timerlan Yu. Selakhov<sup>1</sup>, Habib M. Tokaev<sup>1</sup>, Irina D. Gurova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

## Abstract

The endocrine system regulates many functions of the human body to maintain optimal performance and homeostasis of various organs and systems. Playing sports and various physical activities changes the regulatory function of the endocrine organs in the form of successive phases, and the magnitude of the response depends on the intensity and duration of the physical stress exerted. Hormonal regulation during physical activity facilitates the adaptation of the functional activity of the cardiovascular system, the activation of energy depots, and the maintenance of adequate tissue hydration. Physical activity leads to an increase in the production of growth hormone, insulin-like growth factor-1, total and free testosterone, which enhances the anabolic reactions of the body. It is important to understand the relationship and impact of physical activity on the functioning of the endocrine system for the development of physical exercise's complexes, patient rehabilitation, research and treatment of endocrine disorders. The effect of physical activity on the endocrine system for women has been studied to a greater extent, in contrast to men, where the data is contradictory. Therefore, in this article we will highlight the features of various endocrine organs and hormones during sports activities in men.

**Keywords:** endocrine system, sport, physical activity, testosterone, somatotropin, insulin-like growth factor-1, cortisol

**For citation:** Berkovskaya MA, Elmurzaeva AA, Edaev ALA, Selakhov TYu, Tokaev HM, Gurova ID. The impact of physical exercise on the endocrine system in men: A review. *Consilium Medicum*. 2024;26(4):263–268. DOI: 10.26442/20751753.2024.4.202697

## Информация об авторах / Information about the authors

<sup>✉</sup>**Берковская Марина Ароновна** – канд. мед. наук, доц. каф. эндокринологии №1 Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: abaitamar@gmail.com; SPIN-код: 4251-7117

**Эльмурзаева Ася Акрамовна** – студентка ФГБОУ ВО «ЧГУ им. А.А. Кадырова»

**Эдаев Апи Лом-Алиевич** – студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

**Селахов Тимерлан Юсупович** – студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

<sup>✉</sup>**Marina A. Berkovskaya** – Cand. Sci. (Med.), Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: abaitamar@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4974-7765; SPIN code: 4251-7117

**Asya A. Elmurzaeva** – Student, Kadyrov Chechen State University

**Api L.-A. Edaev** – Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

**Timerlan Yu. Selakhov** – Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

## Введение

Эндокринная система участвует в регуляции работы органов и систем и большинства обменных процессов в организме человека. Так, гормоны осуществляют гуморальную регуляцию роста и развития организма, половой функции, обмена веществ и энергии, иммунных реакций и т.д. Исследования ряда авторов показали, что различная физическая активность также влияет на работу эндокринной системы, позволяя ей приспособлять организм человека под изменяющиеся условия [1]. Данные изменения могут иметь разную выраженность в зависимости от частоты и продолжительности физической активности. В частности, у лиц, занимающихся любительским спортом, и у профессиональных спортсменов изменения будут носить разный характер, поскольку в последнем случае из-за постоянных значительных физических нагрузок более выражена физиологическая адаптация эндокринной системы [2], позволяющая организму эффективно приспособляться к выполнению тех или иных физических нагрузок, уменьшая воздействие стрессового фактора и сводя к минимуму нагрузку до гомеостатических пределов [3].

Врачам и исследователям, занимающимся разработкой комплексов физических упражнений, реабилитацией пациентов, изучением и лечением эндокринных заболеваний, необходимо понимать взаимосвязь и влияние физических нагрузок на работу эндокринной системы.

При занятиях спортом интенсивная мышечная деятельность изменяет функционирование организма посредством нервно-гуморальной регуляции. Взаимодействие нервной и эндокринной систем происходит в первую очередь в гипоталамо-гипофизарной области, осуществляющей регуляторную функцию по отношению к периферическим эндокринным железам, которые, в свою очередь, влияют на соответствующие органы-мишени в организме [4]. Последующие изменения гормональной регуляции преследуют ряд целей. Наиболее важные из них – следующие: адаптировать функциональную активность сердечно-сосудистой системы, активировать энергетические депо, поддерживать адекватную гидратацию тканей. При этом физическая нагрузка играет роль стрессовой реакции, а реакция организма представляет собой ответ на возникший триггер [5].

Стоит выделить 3 нейроэндокринные оси, подвергающиеся изменениям при занятиях спортом. Это гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГН), гипоталамо-гипофизарно-гонадная ось и ось соматотропного гормона (СТГ) – инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1). Первая ось в большей степени отвечает за реакцию на возникновение стресса, а 2 и 3-я играют значительную роль в реакциях на занятие спортом [6, 7].

Влияние спорта на эндокринную и репродуктивную функции у женщин достаточно хорошо изучено и описано в литературе [8, 9], с одной стороны. С другой стороны, имеющиеся данные об особенностях работы эндокринной системы у спортсменов-мужчин ограничены и разрознены.

**Цель статьи** – систематизировать данные научных исследований о влиянии спортивных нагрузок на эндокринную систему у мужчин.

## ГГН и физические нагрузки

Начало спортивной тренировки связано с повышением активности симпатической нервной системы, которая происходит непосредственно до начала физической ак-

тивности, что связано с ожиданием стресса от последующего упражнения. Эта закономерность наиболее ярко выражена у людей на спортивных соревнованиях. Далее увеличение симпатoadренальной активности вызывается прямой стимуляцией двигательных центров головного мозга и афферентных импульсов от работающих мышц, приводит к высвобождению гормонов стресса (катехоламинов) из мозгового слоя надпочечников, что, в свою очередь, приводит к учащению и усилению частоты сердечных сокращений из-за улучшения проведения возбуждения по миокарду посредством ускорения продолжительности потенциала действия кардиомиоцитов за счет влияния на медленный канальцевый ток [10, 11]. Одновременно с этим ингибируется секреция инсулина и активируется синтез глюкагона.

В последующем данный эффект дополнительно усиливается за счет работы ГГН оси [7]. Происходит высвобождение тиреотропин-рилизинг-фактора, кортикотропин-рилизинг-фактора и соматотропин-рилизинг-фактора из гипоталамуса. Указанные гормоны, попадая в переднюю долю гипофиза, индуцируют высвобождение аденокортикотропного гормона (АКТГ), который, в свою очередь, стимулирует продукцию кортизола и андрогенов в коре надпочечников [7]. По данным исследований J. Yanovski и соавт., спустя 15–20 мин интенсивной тренировки выделяется кортизол [12]. Однако при продолжительных и повторяющихся физических нагрузках кортизол снижается. В эксперименте H. de Souza и соавт. исследовано влияние аэробной нагрузки средней и высокой интенсивности в течение 5 дней подряд: в 1-й день отмечалось небольшое повышение кортизола с 15,97 до 17,46 мкг/дл, а затем в течение 4 дней происходило его снижение до среднего уровня 8,39 мкг/дл. Кроме того, отмечено незначительное снижение гормона щитовидной железы тироксина с 1,31 до 1,14 [13]. В другом исследовании S. Walker и соавт. показано, что у мужчин молодого и пожилого возраста, постоянно занимающихся силовыми тренировками, базальный уровень кортизола в крови до и после тренировки практически не отличался [14].

Активация симпатoadренальной системы и ГГН при физических нагрузках также обуславливает снижение секреции инсулина и повышение секреции глюкагона [15]. I. Tabata и соавт. отмечено быстрое повышение уровня концентрации АКТГ и кортизола при падении глюкозы крови до уровня 3,3 ммоль/л. Однако данное снижение возможно только при высокоинтенсивных или продолжительных тренировках, что может быть связано с резко возрастающим потреблением глюкозы мышцами и возрастанием таких гормонов, как АКТГ и кортизол, что, в свою очередь, приводит к подавлению секреции инсулина и стимуляции секреции глюкагона [16].

Если занятие спортом продолжается, то нейрогуморальная регуляция переходит в следующую фазу. Благодаря работе гипоталамуса и гипофиза повышается секреция СТГ, антидиуретического гормона, пролактина и секреция гормонов периферическими эндокринными железами, подчиненными гипофизарной регуляции: тестостерон, тироксин, ИФР-1 [17, 18]. На данной стадии гормональной ответ регулируется на основе обратной связи и усиливается по мере увеличения продолжительности упражнений и возникающего энергопотребления, требующего мобилизации сил организма. Повышение терморегуляции при физической активности также играет важную роль в повышении активности гормональных реакций [19].

**Токаев Хабиб Мансурович** – студент ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

**Гурова Ирина Дмитриевна** – клин. ординатор ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет).  
E-mail: irina.gurova1004@gmail.com

**Habib M. Tokaev** – Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

**Irina D. Gurova** – Clinical Resident, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).  
E-mail: irina.gurova1004@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2040-0899

## Соматотропный гормон

В ряде исследований показано, что физическая нагрузка оказывает влияние на продукцию гормона роста (СТГ), секреция которого контролируется гипоталамусом посредством соматолиберина и соматостатина [19, 20]. СТГ синтезируется в передней доле гипофиза и оказывает действие в первую очередь через активацию синтеза своего медиатора – ИФР-1 [21].

СТГ ответственен за стимуляцию линейного роста (в детстве), а также влияет на все виды обмена веществ: углеводный (увеличивает запасы гликогена и продукцию глюкозы печенью), липидный (увеличивает липолиз и синтез кетоновых тел), белковый (увеличивает поглощение аминокислот и синтез белка). Наиболее значимыми эффектами гормона роста у взрослых являются анаболическое действие и улучшение усвояемости кальция и фосфора. Данный гормон в значительной степени секретируется во время сна (в первые 4 ч), при физических нагрузках, физическом и психологическом стрессе и при гипогликемии [22].

При выполнении одиночной интенсивной силовой нагрузки максимальная концентрация СТГ наблюдалась при большом объеме вовлеченных в работу мышц, большой величине нагрузки при выполнении упражнений и короткой продолжительности интервалов отдыха (менее 90 с) [23]. Концентрация СТГ положительно коррелирует с уровнем лактата [24]. В исследовании S. Walker и соавт. оказалось, что в отличие от женщин нетренированные мужчины были более восприимчивы к переутомлению при начале физических силовых тренировок, что приводило к повышению уровней лактата и гормона роста в крови. Данные различия между полами были менее выражены после 8-недельных силовых тренировок [25].

При аэробных нагрузках стимуляция секреции СТГ наблюдается уже через 15 мин и более ярко выражена, чем при силовых нагрузках или спринте, у молодых мужчин (18–25 лет) и мужчин среднего возраста (40–55 лет) [26].

По данным исследований, у женщин всех возрастов уровень СТГ более высокий и менее выражен волнообразный характер секреции, чем у мужчин сопоставимого возраста [27]. К тому же у мужчин с возрастом происходит снижение реакции СТГ на выполнение физической нагрузки. Это значит, что для поддержания оптимального уровня СТГ и, как следствие, поддержания мышечного объема и профилактики старческой саркопении мужчинам может потребоваться более высокая интенсивность упражнений [28].

В 2014 г. K. Ritsche и соавт. показано, что гормон роста, стимулированный физической нагрузкой, значительно сильнее повышался у людей с депривацией сна, чем у людей после достаточного сна и последующей физической нагрузки. Авторы отмечают, что физическая нагрузка после депривации сна приводила к более стабильному повышению содержания СТГ в течение 24 ч. Такой биологический эффект может привести к увеличению толерантности к глюкозе и даже росту и восстановлению мышц у людей, лишенных достаточного сна (студентов, спортсменов, врачей, медсестер, родителей новорожденных) [29].

Отмечается также, что повышение СТГ при силовых тренировках носит временный характер и длится от 15 до 30 мин [30]. Это может быть связано с тем, что СТГ обладает коротким периодом полураспада, что делает измерение ИФР-1 более значимым для клинических исследований [14].

## Инсулиноподобный фактор роста-1

ИФР-1 (соматомедин С) представляет собой полипептид, состоящий из 70 аминокислот. ИФР-1 является основным медиатором пре- и постнатального роста. Он вырабатывается преимущественно в печени и служит эн-

докринным (а также пара- и аутокринным) регулятором, опосредующим действие гормона роста в периферических тканях, таких как мышцы, хрящи, кости, почки, нервы, кожа, легкие и сама печень. Нужно отметить, что ИФР-1 более стабилен в крови, поэтому его определение используется для интегральной оценки секреции СТГ.

Как и в случае с гормоном роста, повышение ИФР-1 при физической нагрузке отмечается во многих исследованиях [31, 32]. ИФР-1 играет важную роль в развитии мышц и регуляции чувствительности к инсулину. Более того, в британском исследовании J. Lin и соавт. показали, что как низкие, так и высокие уровни циркулирующего ИФР-1 связаны с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний в общей популяции, что показывает важность мониторинга статуса данного гормона у пациентов, занимающихся спортом [33].

В нескольких исследованиях отмечается, что у мужчин высокоинтенсивные тренировки приводят к большему повышению ИФР-1 в крови, что сопровождается улучшением чувствительности к инсулину и ее суррогатных маркеров, например индекса оценки инсулинорезистентности по гомеостатической модели (НОМА1-IR) [33–35]. Известно, что расширение физической активности является необходимым и патогенетически обоснованным компонентом профилактики и комплексной терапии ожирения и сахарного диабета 2-го типа, что подтверждается многими исследованиями [36–38]. Так, F. Shabkhiz и соавт. в исследовании показали, что силовые тренировки на все группы мышц у мужчин старше 65 лет снижают инсулинорезистентность за счет увеличения мышечной массы [37]. Работа M. Petersen и соавт. демонстрирует, что высокоинтенсивные интервальные тренировки повышают чувствительность клеток к инсулину и способствуют улучшению показателей углеводного обмена у мужчин 40–65 лет с ожирением и сахарным диабетом 2-го типа [38].

Сказанное подтверждает, что гормональные изменения во время физической активности положительно влияют на состояние здоровья лиц разных возрастных групп.

## Ось «гипоталамус – гипофиз – гонады» и физические упражнения

Гипоталамо-гипофизарно-гонадная ось включает 3 органа нейроэндокринной регуляции человека: гипоталамус, гипофиз и половые железы, которые у женщин представлены яичниками, а мужчин – яичками. Данные органы участвуют не только в развитии и поддержании репродуктивной функции, но и в регуляции иммунной и скелетно-мышечной систем. Нейроны гипоталамуса секретируют гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ) из его медиальной базальной части, воронки и перивентрикулярной области. Данный гормон влияет на переднюю долю гипофиза, что способствует секреции фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и лютеинизирующего гормона (ЛГ) [39].

У женщин ФСГ стимулирует фолликулогенез и синтез эстрогенов. ЛГ необходим для овуляции, выработки андрогенов и поддержания желтого тела. У мужчин ФСГ стимулирует клетки Сертоли, способствуя сперматогенезу, а ЛГ влияет на клетки Лейдига, стимулируя выработку тестостерона [40].

У женщин при отсутствии физических нагрузок выделение ГнРГ варьирует в зависимости от фазы менструального цикла – каждые 15 мин в фолликулярной фазе и каждые 45 мин – в лютеинизирующей. У мужчин пики секреции ГнРГ реже – каждые 90 мин. При этом максимальная концентрация ГнРГ у обоих полов приходится на утро, снижается в течение дня и снова повышается во время сна, ночью. Важно отметить, что при физической нагрузке концентрации таких гормонов, как кортикотропин-рилизинг-гормон, лептин, адипонектин, инсулин и катехолами-

ны, также подвержены изменениям и модулируют высвобождение ГнРГ, что, в свою очередь, оказывает влияние на ФСГ и ЛГ [40].

### Тестостерон и физические нагрузки у мужчин

Тестостерон – основной андрогенный стероидный гормон, вырабатываемый семенниками мужчины. Многие функции андрогенов в организме опосредуются связыванием с андрогенным рецептором, модулирующим транскрипцию чувствительных генов [41].

Тестостерон, обладая анаболическим действием, играет важную роль в нервно-мышечной адаптации, наращивании и поддержании мышц, стимулируя рост мышечной массы и уменьшая жировые отложения [41]. Экзогенный тестостерон как при краткосрочном, так и долгосрочном применении способствует усилению степени гипертрофии волокон скелетных мышц мужчин за счет активации клеток-сателлитов и стимуляции роста миоядерных клеток для синтеза белка [42, 43]. F. Kadi также показал, что длительное применение экзогенного тестостерона увеличивает волокна с центрально расположенными мионуклеусами, что приводит к высокой регенеративной активности мышечной ткани [44].

Во многих исследованиях продемонстрировано, что физическая активность у мужчин значительно увеличивает уровни общего и свободного тестостерона. M. Grandys и соавт. провели исследование на ранее не тренировавшихся мужчинах и показали увеличение уровня тестостерона в сыворотке крови через 5 нед тренировок на велоэргометре [45]. Однако в исследованиях, изучающих уровень тестостерона у людей, занимающихся спортом длительно, единого мнения не получено.

L. Fitzgerald и соавт. наблюдали за профессиональными велосипедистами и показали высокие уровни тестостерона во время тренировок, в то время как другие исследователи не отмечали значимой динамики тестостерона, но наблюдалась положительная корреляция между тренировочным объемом и уровнем тестостерона [46–48]. Другие исследования, напротив, демонстрируют снижение уровня тестостерона у профессиональных спортсменов. Так, A. Tafuri и соавт. показали снижение тестостерона у бегунов после забега в 300 км и перепадом высоты в 16 тыс. км за 19 дней, также у данных испытуемых был снижен 17-β-эстрадиол. Следует отметить, что данные показатели возвращались к нормальным значениями в течение 10 дней после физической нагрузки [49].

В работе S. Walker и соавт. показано, что у мужчин и молодого, и пожилого возраста, постоянно занимающихся силовыми тренировками, уровень тестостерона после тренировки был повышен [14]. Данные результаты подтверждает также исследование А.А. Чернозуба, где в ответ на острую силовую нагрузку в процессе 3-месячных занятий тяжелыми силовыми упражнениями отмечено увеличение концентрации тестостерона в крови как не тренированных юношей, так и тренированных атлетов, при этом наблюдалась положительная динамика морфофункциональных показателей и параметров, характеризующих состав тела [50]. Однако известно, что с возрастанием концентрация свободного тестостерона снижается. В исследовании L. Di Luigi и соавт. показана высокая распространенность низкого уровня тестостерона у занимающихся спортом мужчин старше 50 лет [51], с одной стороны. С другой стороны, во многих исследованиях, изучавших уровень тестостерона у пожилых мужчин после силовых тренировок, наблюдалось значительное повышение его концентрации [45, 52].

Учитывая сказанное, стоит отметить особую важность расширения режима физической активности у мужчин среднего и пожилого возраста. Известно, что по всему миру 1 из 4 взрослых людей не поддерживает физическую

активность на рекомендованном уровне, что ассоциировано с повышением риска смерти [53]. Пожилые люди склонны к малоподвижному образу жизни, что часто приводит к развитию ожирения, которое, в свою очередь, ассоциировано с высоким сердечно-сосудистым риском [54, 55]. Многие исследования демонстрируют благоприятное влияние физических упражнений на снижение массы тела, сердечно-сосудистый риск и смертность у пожилых людей. Так, в исследовании L. Hopstock и соавт. обнаружено, что всего 2 одночасовых адаптированных тренировки в неделю привели к снижению массы тела у мужчин пожилого возраста [56]. W. Park и соавт. указывают, что комбинированные силовые и кардиотренировки у пожилых мужчин с ожирением приводят к существенному снижению массы тела, а также снижению кардиометаболических факторов риска [57].

Таким образом, можно отметить, что при силовых упражнениях в большинстве представленных исследований обнаружено увеличение тестостерона в отличие от длительных аэробных тренировок. Это может быть обусловлено существующей значительной вариабельностью базального уровня тестостерона и общего гормонального ответа на различные виды нагрузок. Важно также обозначить фактор перетренированности и снижения доступности энергии, что может быть связано со снижением выработки тестостерона. Перетренированностью считают чрезмерные нагрузки с недостаточным периодом восстановления, что наиболее часто наблюдается у профессиональных спортсменов, занимающихся длительными и аэробными видами спорта. Это подтверждается исследованием A. Hackney и соавт., где у спортсменов-мужчин с изнуряющими тренировками уровень тестостерона был ниже на 40–80% по сравнению с группой испытуемых без тренировок [58]. Стоит учитывать, что повышение выработки тестостерона во время физических нагрузок и оказываемые им анаболические эффекты положительно влияют на кардиометаболический прогноз, поэтому важно рекомендовать мужчинам среднего и пожилого возраста расширять уровень физической активности.

### Заключение

В данном обзоре мы систематизировали научные публикации о влиянии физической нагрузки на эндокринную функцию у мужчин. Обобщая представленные данные, мы выделили следующие основные закономерности.

Однократные силовые, так же как и тренировки на выносливость, чаще всего приводят к повышению уровня кортизола, однако регулярные физические нагрузки приводят к его снижению, отражая адаптацию оси ГПН к нагрузкам. Во всех случаях занятий спортом как у молодых, так и у пожилых мужчин происходит повышение СТГ и ИФР-1, особенно при высокоинтенсивных тренировках. Данные об изменениях концентрации тестостерона разнятся, однако можно отметить, что у пожилых мужчин уровень тестостерона ниже, но под воздействием физических нагрузок повышается. При длительных и интенсивных тренировках тестостерон может снижаться, особенно у профессиональных спортсменов на фоне перетренированности.

Физические упражнения значительно влияют на уровень всех обсуждаемых гормонов, поэтому описанные закономерности гормонального ответа на физическую активность могут представлять интерес при разработке упражнений для реабилитации пожилых пациентов и поддержания здоровья остальных возрастных групп мужчин.

Для дальнейшей разработки различных видов физических упражнений с учетом гормонального ответа в целях профилактики различных заболеваний, а также для лечения и реабилитации пациентов с эндокринными нарушениями необходимы дополнительные исследования.

**Раскрытие интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Disclosure of interest.** The authors declare that they have no competing interests.

**Вклад авторов.** Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

**Authors' contribution.** The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

**Funding source.** The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

## Литература/References

- Athanasios N, Bogdanis GC, Mastorakos G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023;24(2):251-66. DOI:10.1007/s11154-022-09758-1
- Duclos M, Tabarin A. Exercise and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis. *Front Horm Res.* 2016;47:12-26. DOI:10.1159/000445149
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al.; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59. DOI:10.1249/MSS.0b013e318213f3ef
- Hackney AC. Exercise as a stressor to the human neuroendocrine system. *Medicina (Kaunas).* 2006;42(10):788-97. PMID:17090977
- Kageyama K, Nemoto T. Molecular mechanisms underlying stress response and resilience. *Int J Mol Sci.* 2022;23(16):9007. DOI:10.3390/ijms23169007
- Leistner C, Menke A. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis and stress. *Handb Clin Neurol.* 2020;175:55-64. DOI:10.1016/B978-0-444-64123-6.00004-7
- Minas A, Fernandes ACC, Maciel Júnior VL, et al. Influence of physical activity on male fertility. *Andrologia.* 2022;54(7):e14433. DOI:10.1111/and.14433
- Friedenreich CM, Wang Q, Shaw E, et al. The effect of prescribed exercise volume on biomarkers of chronic stress in postmenopausal women: Results from the Breast Cancer and Exercise Trial in Alberta (BETA). *Prev Med Rep.* 2019;15:100960. DOI:10.1016/j.pmedr.2019.100960
- Banitalebi E, Faramarzi M, Bagheri L, Kazemi AR. Comparison of performing 12 weeks' resistance training before, after and/or in between aerobic exercise on the hormonal status of aged women: A randomized controlled trial. *Horm Mol Biol Clin Invest.* 2018;35(3). DOI:10.1515/hmbci-2018-0020
- Mueller PJ, Clifford PS, Crandall CG, et al. Integration of central and peripheral regulation of the circulation during exercise: Acute and chronic adaptations. *Compr Physiol.* 2017;8(1):103-51. DOI:10.1002/cphy.c160040
- Герасименко Д.К. Роль катехолиновых аминов в приспособительных реакциях сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам. *Вопросы науки и образования.* 2018;7(19):23-5 [Gerasimenko DK. Role of catecholamines in cardiovascular adaptive responses to exercise. *Issues of Science and Education.* 2018;7(19):23-5 (in Russian)].
- Yanovski JA, Yanovski SZ, Boyle AJ, et al. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity during exercise in African American and Caucasian women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000;85(8):2660-3. DOI:10.1210/jcem.85.8.6708
- de Souza HS, Jardim TV, Barroso WKS, et al. Hormonal assessment of participants in a long distance walk. *Diabetol Metab Syndr.* 2019;11:19. DOI:10.1186/s13098-019-0414-1
- Walker S, Santolamazza F, Kraemer W, Häkkinen K. Effects of prolonged hypertrophic resistance training on acute endocrine responses in young and older men. *J Aging Phys Act.* 2015;23(2):230-6. DOI:10.1123/japa.2013-0029
- Kim J, Saidel GM, Kirwan JP, Cabrera ME. Computational model of glucose homeostasis during exercise. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;2006:311-4. DOI:10.1109/IEMBS.2006.260736
- Tabata I, Ogita F, Miyachi M, Shibayama H. Effect of low blood glucose on plasma CRF, ACTH, and cortisol during prolonged physical exercise. *J Appl Physiol (1985).* 1991;71(5):1807-12. DOI:10.1152/jappl.1991.71.5.1807
- Демидова Т.Ю., Скуридина Д.В., Кочина А.С. Влияние физической активности на пролактин и гормоны щитовидной железы. *Академия медицины и спорта.* 2021;3(2):25-9 [Demidova TYu, Skuridina DV, Kochina AS. Effects of physical activity on prolactin and thyroid hormones. *Academy of Medicine and Sports.* 2021;2(3):25-9 (in Russian)]. DOI:10.15829/2712-7567-2021-34
- Hackney AC. Stress and the neuroendocrine system: The role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert Rev Endocrinol Metab.* 2006;1(6):783-92. DOI:10.1586/17446651.1.6.783
- Wright HE, Selkirk GA, McLellan TM. HPA and SAS responses to increasing core temperature during uncompensable exertional heat stress in trained and untrained males. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):987-97. DOI:10.1007/s00421-009-1294-0
- Currier BS, Mcleod JC, Banfield L, et al. Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2023;57(18):1211-20. DOI:10.1136/bjsports-2023-106807
- Malin SK, Rynders CA, Weltman JY, et al. Exercise intensity modulates glucose-stimulated insulin secretion when adjusted for adipose, liver and skeletal muscle insulin resistance. *PLoS One.* 2016;11(4):e0154063. DOI:10.1371/journal.pone.0154063
- Ботвинева Л.А., Корягина Ю.В. Физическая нагрузка и соматотропный гормон. *Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка.* 2022;3(3):11-6 [Botvineva LA, Koryagina YuV. Physical activity and somatotrophic hormone. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training.* 2022;3(3):11-6 (in Russian)]. DOI:10.51871/2782-6570\_2022\_01\_03\_2
- Kraemer WJ, Ratamess NA, Nindl BC. Recovery responses of testosterone, growth hormone, and IGF-1 after resistance exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(3):549-58. DOI:10.1152/jappphysiol.00599.2016
- Hackney AC, Lane AR. Exercise and the regulation of endocrine hormones. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:293-311. DOI:10.1016/bs.pmbts.2015.07.001
- Walker S, Häkkinen K, Virtanen R, et al. Acute neuromuscular and hormonal responses to 20 versus 40% velocity loss in males and females before and after 8 weeks of velocity-loss resistance training. *Exp Physiol.* 2022;107(9):1046-60. DOI:10.1113/EP090371
- Gilbert KL, Stokes KA, Hall GM, Thompson D. Growth hormone responses to 3 different exercise bouts in 18- to 25- and 40- to 50-year-old men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(4):706-12. DOI:10.1139/H08-034
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med.* 2005;35(10):841-51. DOI:10.2165/00007256-200535100-00002
- Arwert L, Roos JC, Lips P, et al. Effects of 10 years of growth hormone (GH) replacement therapy in adult GH-deficient men. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2005;63(3):310-6. DOI:10.1111/j.1365-2265.2005.02343.x
- Ritsche K, Nindl BC, Wideman L. Exercise-Induced growth hormone during acute sleep deprivation. *Physiol Rep.* 2014;2(10):e12166. DOI:10.14814/phy2.12166
- McGlory C, Phillips SM. Exercise and the Regulation of skeletal muscle hypertrophy. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:153-73. DOI:10.1016/bs.pmbts.2015.06.018
- West DW, Kujbida GW, Moore DR, et al. Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. *J Physiol.* 2009;587(Pt. 21):5239-47. DOI:10.1113/jphysiol.2009.177220
- West DW, Cotie LM, Mitchell CJ, et al. Resistance exercise order does not determine postexercise delivery of testosterone, growth hormone, and IGF-1 to skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013;38(2):220-6. DOI:10.1139/apnm-2012-0397
- Lin J, Yang L, Huang J, et al. Insulin-like growth factor 1 and risk of cardiovascular disease: Results from the UK biobank cohort study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2023;108(9):e850-60. DOI:10.1210/clinem/dgad105
- Li B, Feng L, Wu X, et al. Effects of different modes of exercise on skeletal muscle mass and function and IGF-1 signaling during early aging in mice. *J Exp Biol.* 2022;225(21):jeb244650. DOI:10.1242/jeb.244650
- Herbert P, Hayes LD, Sculthorpe NF, Grace FM. HIIT produces increases in muscle power and free testosterone in male masters athletes. *Endocr Connect.* 2017;6(7):430-6. DOI:10.1530/EC-17-0159
- Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, et al. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: A consensus statement from the American college of sports medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;54(2):353-68. DOI:10.1249/mss.0000000000002800
- Shabkhiz F, Khalafi M, Rosenkranz S, et al. Resistance training attenuates circulating FGF-21 and myostatin and improves insulin resistance in elderly men with and without type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled clinical trial. *Eur J Sport Sci.* 2021;21(4):636-45. DOI:10.1080/17461391.2020.1762755
- Petersen MH, de Almeida ME, Wentorf EK, et al. High-intensity interval training combining rowing and cycling efficiently improves insulin sensitivity, body composition and VO<sub>2</sub>max in men with obesity and type 2 diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022;13:1032235. DOI:10.3389/fendo.2022.1032235
- Schmidt KL, Macdougall-Shackleton EA, Soma KK, Macdougall-Shackleton SA. Developmental programming of the HPA and HPG axes by early-life stress in male and female song sparrows. *Gen Comp Endocrinol.* 2014;196:72-80. DOI:10.1016/j.ygcen.2013.11.014
- Cano Sokoloff N, Misra M, Ackerman KE. Exercise, training, and the hypothalamic-pituitary-gonadal axis in men and women. *Front Horm Res.* 2016;47:27-43. DOI:10.1159/000445154
- Wood RI, Stanton SJ. Testosterone and sport: current perspectives. *Horm Behav.* 2012;61(1):147-55. DOI:10.1016/j.yhbeh.2011.09.010

42. Hartgens F, Kuipers H. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes. *Sports Med.* 2004;34(8):513-54. DOI:10.2165/00007256-200434080-00003
43. West DW, Phillips SM. Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone. *Phys Sportsmed.* 2010;38(3):97-104. DOI:10.3810/psm.2010.10.1814
44. Kadi F. Cellular and molecular mechanisms responsible for the action of testosterone on human skeletal muscle. A basis for illegal performance enhancement. *Br J Pharmacol.* 2008;154(3):522-8. DOI:10.1038/bjp.2008.118
45. Grandys M, Majerczak J, Duda K, et al. Endurance training of moderate intensity increases testosterone concentration in young, healthy men. *Int J Sports Med.* 2009;30(7):489-95. DOI:10.1055/s-0029-1202340
46. Fitzgerald LZ, Robbins WA, Kesner JS, Xun L. Reproductive hormones and interleukin-6 in serious leisure male athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(11):3765-73. DOI:10.1007/s00421-012-2356-2
47. Saka T, Sofikerim M, Demirtas A, et al. Rigorous bicycling does not increase serum levels of total and free prostate-specific antigen (PSA), the free/total PSA ratio, gonadotropin levels, or uroflowmetric parameters. *Urology.* 2009;74(6):1325-30. DOI:10.1016/j.urology.2009.07.1219
48. Lucia A, Chicharro JL, Pérez M, et al. Reproductive function in male endurance athletes: Sperm analysis and hormonal profile. *J Appl Physiol (1985).* 1996;81(6):2627-36. DOI:10.1152/jappl.1996.81.6.2627
49. Tafuri A, Bondi D, Princiotta A, et al. Effects of physical activity at high altitude on hormonal profiles in foreign trekkers and indigenous Nepalese porters. *Adv Exp Med Biol.* 2021;1335:111-9. DOI:10.1007/5584\_2021\_627
50. Чернозуб А.А. Изменение содержания тестостерона в сыворотке крови у людей с различным уровнем тренированности в условиях силовой нагрузки. *Вестник Российской академии медицинских наук.* 2013;68(10):37-40 [Chernozub AA. Changing the content of testosterone in the blood of people of different level of fitness in terms of power load. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2013;68(10):37-40 (in Russian)].
51. Di Luigi L, Sgrò P, Fierro V, et al. Prevalence of undiagnosed testosterone deficiency in aging athletes: does exercise training influence the symptoms of male hypogonadism? *J Sex Med.* 2010;7(7):2591-601. DOI:10.1111/j.1743-6109.2009.01694.x
52. Ahtiainen JP, Nyman K, Huhtaniemi I, et al. Effects of resistance training on testosterone metabolism in younger and older men. *Exp Gerontol.* 2015;69:148-58. DOI:10.1016/j.exger.2015.06.010
53. World Health Organisation. Physical activity. 2022. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. Accessed: 26.03.2024.
54. Flegal KM, Kruszon-Moran D, Carroll MD, et al. Trends in obesity among adults in the United States, 2005 to 2014. *JAMA.* 2016;315(21):2284-91. DOI:10.1001/jama.2016.6458
55. Safar ME, Czernichow S, Blacher J. Obesity, arterial stiffness, and cardiovascular risk. *J Am Soc Nephrol.* 2006;17(4 Suppl. 2):S109-11. DOI:10.1681/ASN.2005121321
56. Hopstock LA, Deraas TS, Henriksen A, et al. Changes in adiposity, physical activity, cardiometabolic risk factors, diet, physical capacity and well-being in inactive women and men aged 57–74 years with obesity and cardiovascular risk – A 6-month complex lifestyle intervention with 6-month follow-up. *PLoS One.* 2021;16(8):e0256631. DOI:10.1371/journal.pone.0256631
57. Park W, Jung WS, Hong K, et al. Effects of moderate combined resistance- and aerobic-exercise for 12 weeks on body composition, cardiometabolic risk factors, blood pressure, arterial stiffness, and physical functions, among obese older men: A pilot study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(19):7233. DOI:10.3390/ijerph17197233
58. Hackney AC, Fahrner CL, Gullledge TP. Basal reproductive hormonal profiles are altered in endurance trained men. *J Sports Med Phys Fitness.* 1998;38(2):138-41. PMID:9763799

Статья поступила в редакцию / The article received: 25.03.2024

Статья принята к печати / The article approved for publication: 14.05.2024



OMNIDOCTOR.RU