

Взаимосвязь гормонального статуса с показателями эргоспирометрии у спортсменов, занимающихся зимними видами спорта

Л.Ю.Никитина¹, С.К.Соодаева², Т.В.Шашкова¹, Ю.А.Петровская¹, А.А.Ульянов¹, С.Ш.Гасымова¹, Е.Г.Гирьятович³, Е.А.Угорелова⁴, А.Ю.Тимченко¹, Ф.И.Петровский¹, А.Г.Чучалин²

¹Ханты-Мансийская государственная медицинская академия (ректор — проф. Ф.И.Петровский);

²Научно-исследовательский институт пульмонологии, Москва (директор — акад. РАМН, проф. А.Г.Чучалин);

³Югорский колледж-интернат олимпийского резерва, Ханты-Мансийск (директор — к.пед.н. В.В.Малышкин);

⁴Окружная клиническая больница, Ханты-Мансийск (главный врач — д.м.н. А.А.Добровольский)

Цель исследования — изучение взаимосвязи эргоспирометрических показателей с гормональным статусом атлетов. Обследованы 86 подростков и молодых взрослых, занимающихся зимними видами спорта (биатлонисты, лыжники, хоккеисты, сноубордисты), средний возраст — 20,8 года. Исследованы показатели эргоспирометрии («MasterScreen Pneumo», Jaeger, Германия) в стандартном 8-минутном тредмил-тесте. В образцах венозной крови определяли уровни тиреотропного гормона, тироксина свободного, кортизола, тестостерона. У спортсменов мужчин выявлены достоверно большие эргоспирометрические показатели тренированности. В группе спортсменов, не достигших анаэробного порога, уровень тестостерона был в два раза выше. Установлено, что уровень тестостерона — единственный показатель, оказывающий значительное влияние на распределение эргоспирометрических параметров у спортсменов и ассоциированный с физической производительностью.

Ключевые слова: атлеты, тестостерон, потребление кислорода, анаэробный порог, минутная вентиляция, кислородный пульс

The Relationship between Hormonal Status and Ergo-Spirometry Data in Winter Sports Athletes

L.Yu.Nikitina¹, S.K.Soodaeva², T.V.Shashkova¹, Yu.A.Petrovskaya¹, A.A.Ulyanov¹, S.Sh.Gasymova¹, E.G.Giryatovich³, E.A.Ugorelova⁴, A.Yu.Timchenko¹, F.I.Petrovskiy¹, A.G.Chuchalin²

¹Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Rector — Prof. F.I.Petrovskiy);

²Pulmonology Research Institute, Moscow (Director — Acad. of RAMS, Prof. A.G.Chuchalin);

³Ugra Sport Boarding College of the Olympic Reserve, Khanty-Mansiysk (Director — PhD V.V.Malyshkin);

⁴Regional Clinical Hospital, Khanty-Mansiysk (Chief Doctor — DMedSci A.A.Dobrovolskiy)

The aim of the study was to estimate the interconnection between cardiopulmonary exercise testing data and hormonal status of athletes. Adolescent and young adult winter sports athletes ($n = 86$), including biathlonists, skiers, ice-hockey players, snowboarders with middle age of 20,8 years old were examined. The cardiopulmonary exercise testing (MasterScreen Pneumo, Jaeger, Germany) was performed in a traditional 8-minute treadmill-test. Thyroid stimulating hormone, free thyroxin, cortisol, testosterone were examined in venous blood samples. The cardiopulmonary testing data, which characterize fitness, were significantly higher in males. In athletes, who did not reach the anaerobic threshold (AT), testosterone level was twice higher, than in those with estimated AT. The results of multiple stepwise regression analysis showed, that testosterone was the only one index, which influenced on the ergo-spirometry data distribution and associated with exercise performance in athletes.

Key words: athletes, testosterone, oxygen uptake, anaerobic threshold, minute ventilation, oxygen pulse

Для корреспонденции:

Соодаева Светлана Келдибековна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией клинической и экспериментальной биофизики НИИ пульмонологии

Адрес: 105077, Москва, 11-я Парковая ул., 32

Телефон: (495) 465-5264

E-mail: soodaeva@mail.ru

Статья поступила 21.05.2012, принята к печати 19.12.2012

Спорт высокого класса сопряжен с интенсивной физической нагрузкой и активным метаболизмом скелетной мускулатуры, ключевое влияние на который оказывает гормональный статус спортсмена [1]. В спортивной медицине особое внимание сфокусировано на оценке уровня тестостерона — андрогена, обладающего выраженным анаболическим и мускулинизирующим эффектом и во

многим определяющего физическую производительность [2, 3]. Тестостерон участвует в развитии скелетной мускулатуры и миокарда посредством стимуляции синтеза белковых структур миосимпласта и гладких миоцитов [4–6], способствует увеличению размеров и сократительной способности мышечных волокон [2, 4, 5].

Не менее значимый показатель гормонального статуса спортсмена — **уровень кортизола в крови, отражающий активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси** [2]. Его повышение является неспецифической реакцией организма на стрессовые ситуации, неизбежно возникающие в условиях соревновательного процесса, повторных интенсивных тренировочных нагрузок, и способно приводить в долгосрочном периоде к снижению показателей спортивной производительности [7].

Неотъемлемой частью обследования спортсменов служит оценка функции щитовидной железы (тиреотропный гормон, тироксин в крови), которая отражает темпы основного обмена и позволяет выявить субклинические формы гипотиреоза в условиях йоддефицитных регионов.

В рамках данной работы у элитных спортсменов выполнена оценка вышеописанных показателей гормонального статуса, а также исследована их взаимосвязь с данными эргоспирометрического обследования, характеризующими функциональное состояние дыхательной, сердечно-сосудистой системы, работу скелетной мускулатуры и спортивную производительность в целом [8].

Пациенты и методы

В исследование были включены 86 подростков и молодых взрослых, занимающихся зимними видами спорта (биатлонисты, лыжники, хоккеисты, сноубордисты), 57 лиц мужского пола и 29 — женского. Средний возраст испытуемых составил $20,8 \pm 5,8$ года. Исследованы показатели эргоспирометрии («Oxycop Mobile», Jaeger, Германия): максимальная минутная вентиляция — **VE max, максимальное потребление кислорода** — **VO₂ max**, в том числе на уровне анаэробного порога — **VO₂ (AT)**, максимальный кислородный пульс — **VO₂/HR max** и др. Определение анаэробного порога (AT) выполняли методом V-slope. Тестирование проводили в соответствии с рекомендациями Американского торакального общества (Guidelines for Methacholine and Exercise Challenge Testing-1999) с использованием тредмила [9]. Продолжительность стандартного теста составляла 8 мин, на протяжении 4 мин спортсмен достигал субмаксимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС), рассчитанной по формуле: $220 - \text{возраст (лет)}$. Далее в течение 4 мин **нагрузку поддерживали на уровне, необходимом для сохранения достигнутого уровня ЧСС**. У всех обследованных брали образцы венозной крови с определением ряда гормонов (ТТГ, свободные фракции тироксина, кортизола, тестостерона). Взятие проб осуществляли в утренние часы перед физической нагрузкой натощак (отсутствие приема пищи на протяжении не менее 8 ч). Образцы крови исследовали методом иммуноферментного анализа.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ «Statistica for Windows v. 6.0». Данные представлены в виде средних арифметических значений и среднеквадратичных отклонений ($M \pm \sigma$) или в виде средних и 95% доверительных интервалов. Для оценки раз-

личия средних в попарно несвязанных выборках применяли U-критерий Манна–Уитни, в связанных выборках — критерий Вилкоксона. Степень взаимосвязи между признаками оценивали, вычисляя коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Разницу значений считали значимой при $p < 0,05$. Использовали множественный пошаговый регрессионный анализ с включением независимых переменных.

Результаты исследования и их обсуждение

Средние значения исследованных показателей эргоспирометрии и уровней гормонов крови представлены в табл. 1.

В группе спортсменов мужского пола выявлены достоверно большие эргоспирометрические показатели тренированности (табл. 2). Следует отметить, что все исследованные показатели эргоспирометрии соответствовали нормальным значениям. При анализе гормонального статуса у двоих спортсменов зарегистрирован субклинический гипотиреоз (изолированное повышение ТТГ при нормальном уровне тироксина).

Анализ уровня гормонов крови продемонстрировал статистически значимые различия — у девушек по сравнению с юношами показатель кортизола был выше, а уровень свободного тестостерона — ожидаемо ниже (см. табл. 2). Показатели тестостерона и кортизола в обеих группах были в пределах референтных значений.

Доли спортсменов и спортсменок, достигших анаэробного порога, были сопоставимы (58 и 60% соответственно). Необходимо отметить, что в группе спортсменов, не достигших анаэробного порога, уровень тестостерона был в два раза выше, чем в группе, достигшей данного порога, — 38,1 и 16,2 нмоль/л соответственно, $p = 0,03$.

Выявлена также положительная взаимосвязь изученных эргоспирометрических показателей с уровнем гормонов крови (табл. 3).

При выполнении пошагового множественного регрессионного анализа с включением в качестве независимых переменных показателей ТТГ, Т4 свободного, кортизола и тестостерона выявлено, что уровень тестостерона крови — единственный фактор, оказывающий значимое влияние на дисперсию показателей эргоспирометрии у спортсменов.

В проведенном исследовании наибольший интерес представляют результаты сопоставления эргоспирометрических данных спортивной производительности и гормонального статуса спортсменов. Более высокие показатели **VO₂ max**, **VO₂/HR max**, **VE max** у мужчин были, безусловно, ожидаемы, так же как и высокий уровень тестостерона. Среднее значение уровня тестостерона спортсменов было на верхней границе нормы (27,4 нмоль/л при норме 8,4–28,7 нмоль/л), в группе

Таблица 1. Эргоспирометрические показатели и уровни гормонов крови у обследованных спортсменов

Показатель	Значение,
	$M \pm \sigma$
VE max, л/мин	120,2 ± 25,9
VO ₂ (AT), мл/мин	3248,2 ± 800,6
VO ₂ max, мл/мин	3442,6 ± 748,4
VO ₂ /HR max, мл/удар	21,2 ± 6,8
Тестостерон, нмоль/л	19,8 ± 14,5
ТТГ, мкМЕ/мл	2,3 ± 0,9
Тироксин свободный, нг/дл	1,3 ± 0,3
Кортизол, нг/мл	18,2 ± 2,8

Таблица 2. Показатели эргоспирометрии и уровня гормонов крови у спортсменов в зависимости от половой принадлежности

Показатель	Юноши, среднее (95% ДИ)	Девушки, среднее (95% ДИ)
VE max, л/мин	133,2 (126,6–139,9)	95,8 (90,8–100,7)*
VO ₂ (АТ), мл/мин	3649,0 (3395,1–3902,9)	2503,9 (2218,2–2789,5)*
VO ₂ max, мл/мин	3871,2 (3708,0–4034,4)	2641,3 (2513,3–2769,3)*
VO ₂ /HR max, мл/удар	23,8 (21,6–26,0)	15,9 (14,0–17,7)*
Кортизол, нг/мл	17,5 (16,4–18,6)	20,1 (17,8–22,4)**
Тестостерон, нмоль/л	27,4 (22,8–32,0)	1,9 (1,1–2,8)*

* — $p < 0,001$; ** — $p < 0,05$ при сравнении с соответствующим показателем группы юношей

Таблица 3. Корреляции показателей эргоспирометрии с тестостероном и свободным тироксином

Показатель эргоспирометрии	Гормон крови	r_s	p
VE max	Тестостерон	0,59	<0,01
VO ₂ max	Тестостерон	0,83	<0,001
VO ₂ max	Тироксин свободный	0,71	<0,002
VO ₂ /HR max	Тироксин свободный	0,56	<0,03

спортсменок показатель занимал промежуточное положение (1,9 нмоль/л при норме 0,48–4,45 нмоль/л). Достоверно больший уровень кортизола у обследованных спортсменок, приближенный к верхней границе нормы, может свидетельствовать о большей подверженности данной группы воздействию стрессовых факторов профессионального спорта (интенсивная нагрузка в условиях тренировки, физический и эмоциональный компоненты соревнований) [10, 11].

Значительно более высокие показатели уровня тестостерона в группе спортсменов, не достигших анаэробного порога, вероятно, связаны с тем, что спортсмены с высоким уровнем тестостерона обладают большими возможностями к выполнению нагрузки в условиях аэробного обмена, при котором

основным источником АТФ служит более энергетически эффективное расщепление гликогена с участием кислорода. Следовательно, для данной группы спортсменов характерны лучшая физическая производительность и оптимальный стереотип энергетического обмена, столь важного для аэробных видов спорта. Механизмы метаболического эффекта тестостерона в настоящее время еще недостаточно изучены [2].

В эксперименте на крысах был продемонстрирован краткосрочный стимулирующий эффект тестостерона на транспорт субстратов и метаболизм культивированных миофибрилл, а также установлено регулирующее воздействие на чувствительность тканей к инсулину [12]. Напротив, в исследовании В.Враун и соавт. не было выявлено каких-либо краткосрочных влияний тестостерона на энергообмен здоровых активных мужчин [13]. Изучение скорости потребления энергетических субстратов включало общую оценку темпов окисления глюкозы с помощью непрямой калориметрии, мониторинг гликемии, скорости потребления гликогена в мышцах. Как при ятрогенной супрессии тестостероном антагонистом гонадотропин-рилизинг-гормона (подкожные инъекции Cetritide 3 мг за 70–74, 46–50 и 20–26 ч до определения уровня тестостерона с целевым показателем менее 1 нг/мл), так и при ее увеличении (Androderm 5 мг в течение трех дней трансдермально) изучаемые показатели были сходными. Не выявлено статистически значимых отличий и в уровне инсулина, лактата и свободных жирных кислот в крови обследованных с различным уровнем тестостерона [13].

Тем не менее краткосрочные и долгосрочные эффекты гормона на физическую производительность не подлежат сомнению и достаточно хорошо освещены в современной литературе [2–5].

Приведенная на рисунке схема обосновывает полученную в работе положительную корреляцию уровня тестостерона крови с VE max и VO₂ max, так как этот гормон, вероятно, оказывает влияние на нейромышечный компонент легочной вентиляции. Кроме того, по данным множественного регрессионного анализа тестостерон является единственным показателем гормонального статуса среди определявшихся,



Рисунок. Влияние тестостерона и кортизола на нейромышечную систему и спортивную производительность [2].

который оказывает значительное влияние на дисперсию эргоспирометрических параметров у спортсменов и ассоциирован с физической производительностью. Стимулирующее влияние тестостерона на эргоспирометрические показатели также описано в исследовании D.P. White и соавт., в котором гормон назначали 12 мужчинам с документированным гипогонадизмом [14].

Необходимо также отметить положительную взаимосвязь тироксинемии с эргоспирометрическими показателями $VO_2 \max$ и $VO_2/HR \max$. Эти результаты можно объяснить способностью тиреоидных гормонов усиливать положительное хроно- и инотропное действие катехоламинов на миокард, что приводит к увеличению частоты сердечных сокращений, сократительной способности миокарда и в конечном итоге сердечного выброса [15]. Из формулы расчета VO_2 (по А.Е.Фик): $VO_2 = SV \times HR \times (A-V)O_2$, где SV — ударный объем; HR — частота сердечных сокращений; $(A-V)O_2$ — артериовенозная разница по кислороду, видно, что VO_2 , а следовательно, и кислородный пульс (VO_2/HR), изменяются прямо пропорционально ударному объему (SV).

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают наличие тесной взаимосвязи уровня тестостерона и тироксина крови у атлетов с основными эргоспирометрическими показателями, характеризующими спортивную производительность. Динамическое исследование показателей тестостерона и кортизола в спорте высоких достижений является важной характеристикой спортивной производительности и определяет эффективность тренировочного процесса.

Литература

- Smith D.J. A framework for understanding the training process leading to elite performance // *Sports Med.* 2003. V.33. P.1103–1126.
- Crewther B.T., Cook C., Cardinale M. et al. Two emerging concepts for elite athletes: the short-term effects of testosterone and cortisol on the neuromuscular system and the dose-response training role of these endogenous hormones // *Sports Med.* 2011. V.41(2). P.103–123.
- Aizawa K., Iemitsu M., Maeda S. et al. Endurance exercise training enhances local sex steroidogenesis in skeletal muscle // *Med Sci Sports Exerc.* 2011. V.43(11). P.2072–2080.
- Axell A.M., MacLean H.E., Plant D.R. et al. Continuous administration prevents skeletal muscle atrophy and enhances resistance to fatigue in orchidectomized male mice // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006. V.291(3). P.E506–E516.
- Ustunel I., Akkoyunlu G., Demir R. The effect of testosterone on gastrocnemius muscle fibres in growing and adult male and female rats: a histochemical, morphometric and ultrastructural study // *Anat Histol Embryol.* 2003. V.32(2). P.70–79.
- Altamirano F., Oyarce C., Silva P. et al. Testosterone induces cardiomyocyte hypertrophy through mammalian target of rapamycin complex 1 pathway // *J. Endocrinol.* 2009. V.202(2). P.299–307.
- Viru A., Viru M. Cortisol-essential adaptation hormone in exercise // *Int J Sports Med.* 2004. V.25(6). P.461–464.
- Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 4th ed. Philadelphia: USA, Lippincott Williams & Wilkins, 2005. 585 p.
- Crapo R.O., Casaburi R., Coates A.L. et al. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board of Directors, July 1999 // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2000. V.161(1). P.309–329.
- Skoluda N., Dettenborn L., Stalder T. et al. Elevated hair cortisol concentrations in endurance athletes // *Psychoneuroendocrinology.* 2012. V.37(5). P.611–617.
- Tsai L., Johansson C., Pousette A. et al. Cortisol and androgen concentrations in female and male elite endurance athletes in relation to physical activity // *Eur. J. Appl. Physiol.* 1991. V.63. P.308–311.
- Holmang A., Larsson B.M., Brzezinska Z. et al. Effects of short-term testosterone exposure on insulin sensitivity of muscles in female rats // *Am. J. Physiol.* 1992. V.262. P.E851–E855.
- Braun B., Gerson L., Hagobian T. et al. No effect of short-term testosterone manipulation on exercise substrate metabolism in men // *J. Appl. Physiol.* 2005. V.99. P.1930–1937.
- White D.P., Schneider B.K., Santen R.J. Influence of testosterone on ventilation and chemosensitivity in male subjects // *J. Appl. Physiol.* 1985. V.59(5). P.1452–1457.
- Pearce E.N. Diagnosis and management of thyrotoxicosis // *BMJ.* 2006. V.332. P.1369–1373.

Информация об авторах:

Никитина Лидия Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 39-0413
E-mail: lidiya_nikitina@mail.ru

Шашкова Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 39-0413
E-mail: smetanenko@mail.ru

Петровская Юлия Аманжоловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармакологии, клинической фармакологии с курсом аллергологии и клинической иммунологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 32-4588
E-mail: fedor_petrovsky@mail.ru

Ульянов Александр Александрович, ассистент кафедры фармакологии, клинической фармакологии с курсом аллергологии и клинической иммунологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 32-4588
E-mail: 01630@mail.ru

Гасимова Самира Шакировна, лаборант кафедры фармакологии, клинической фармакологии с курсом аллергологии и клинической иммунологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 32-4588
E-mail: samira_gasymova@mail.ru

Гирьятович Евгения Геннадьевна, кандидат педагогических наук, начальник отдела научно-методического обеспечения спортивной подготовки Югорского колледжа-интерната олимпийского резерва
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 31
Телефон: (3467) 36-1916
E-mail: giryatovich@list.ru

Угорелова Елена Анатольевна, заведующая лабораторией клинической биохимии и иммунологии, врач клинической лабораторной диагностики Окружной клинической больницы
Адрес: 628012, Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40
Телефон: (3467) 39-0154
E-mail: hospital@okbhmao.ru

Тимченко Анна Юрьевна, студентка лечебного факультета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 32-4588
E-mail: hmgmi2006@mail.ru

Петровский Федор Игоревич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии и клинической фармакологии с курсом иммунологии и аллергологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии
Адрес: 628007, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40
Телефон: (3467) 32-4588
E-mail: fedor_petrovsky@mail.ru

Чучалин Александр Григорьевич, академик РАМН, доктор медицинских наук, профессор, директор НИИ пульмонологии
Адрес: 105077, Москва, 11-я Парковая ул., 32
Телефон: (495) 465-5264
E-mail: chuchalin@hotmail.com