Дата публикации: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_4
УДК 612.43

Publication date: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_4
UDC 612.43

РОЛЬ ПРОЛАКТИНА В РЕГУЛЯЦИИ МЕТАБОЛИЗМА ЛИПИДОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

М.Е. Васильева[1,2], П.А. Королева[1], В.А. Кащенко[3], Е.Р. Бойко[4]
[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства», г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Институт биологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар, Россия
[3]Клиника высоких технологий «Белоостров», с.п. Юкковское, Ленинградская область, Россия
[4]Институт физиологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар, Россия

Аннотация. Исследование направлено на оценку влияния специфических спортивных нагрузок на гормонально-метаболические перестройки у высококвалифицированных спортсменов циклических и ациклических видов спорта и определение вклада пролактина в данные процессы. Корреляционный анализ свидетельствует о наличии системной отрицательной корреляции концентрации пролактина с атерогенными маркерами. Выраженная адаптация к интенсивным нагрузкам у профессиональных спортсменов, занимающихся спортом более 10 лет, реализуется в стабильных показателях липидного обмена и более низком уровне пролактина по сравнению с менее опытными спортсменами. Результаты исследования подтверждают, что регулярные высокоинтенсивные тренировки способствуют поддержанию гормонального баланса, снижая риск сердечно-сосудистых заболеваний через оптимизацию липидного профиля у спортсменов.

Ключевые слова: пролактин, липидный профиль, метаболизм липидов, спортсмены, интенсивные тренировки, адаптация.

EFFECT OF PROLACTIN ON LIPID METABOLISM REGULATION IN ELITE ATHLETES

M.E. Vasil'eva[1,2], P.A. Koroleva[1], V.A. Kashchenko[3], E.R. Bojko[4]
[1]Sokolov North-West District Research and Clinical Center, Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia
[2]Institute of Biology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
[3]Beloostrov High-Technology Clinic, Yukkovskoye Village, Leningrad Oblast, Russia
[4]Institute of Physiology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Abstract. The study aim was to evaluate the effect of specific sports loads on hormonal and metabolic adaptations in elite athletes of cyclic and acyclic sports and to determine the role of prolactin in these processes. The correlation analysis demonstrates a significant negative correlation between prolactin levels and atherogenic lipid parameters. Significant adaptation to high-intensity training in elite athletes with over 10 years of experience is reflected in stable lipid metabolism parameters and lower prolactin levels compared to less experienced athletes. The study findings confirm that regular high-intensity training promotes hormonal balance, reducing the risk of cardiovascular diseases through the optimization of lipid profiles in athletes.

Keywords: prolactin, lipid profile, lipid metabolism, athletes, high-intensity training, adaptation.

Введение. Пролактин представляет собой полипептидный гормон, синтезируемый преимущественно лактотрофными клетками передней доли гипофиза под действием различных эндогенных и экзогенных стимулов. Исследования последних десятилетий также подтвердили внегипофизарную секрецию пролактина [1-3]. Считается, что пролактин участвует в регуляции целого ряда биологических функций, основной из которых является стимулирование пролиферации и дифференцирования клеток молочной железы для обеспечения лактации [1, 4]. Его рецептор

(prolactin receptor, Prl-R) был обнаружен в органах репродуктивной и сердечно-сосудистой систем, структурах головного мозга, иммунных клетках, жировой ткани и коже. В данных и других тканях, число которых неуклонно растет, пролактин может действовать как фактор роста, нейротрансмиттер или иммунорегулятор, в полной мере реализуя свой плейотропный потенциал. Особенно интересен его эффект на липидный обмен, связанный с синтезом и мобилизацией липидов в ответ на интенсивные физические нагрузки у профессиональных спортсменов.

Регуляция гипофизарной секреции пролактина осуществляется посредством пролактин-ингибирующих факторов (ПИФ) и пролактин-рилизинг-факторов (ПРФ). Ключевая роль в нейроэндокринном контроле синтеза пролактина принадлежит дофамину, который транспортируется с кровотоком в переднюю долю гипофиза и воздействует на дофаминовые D2-рецепторы, что сопровождается ингибированием пролиферации лактотрофов и синтеза пролактина. Кроме того, в исследованиях подтверждено высвобождение пролактина на фоне активации рецепторов серотонина 5-HT1A и (или) 5-HT2A⁄2C [4-6]. Также установлено, что внегипофизарный синтез пролактина опосредован специфическими медиаторами и по механизмам регуляции в значительной степени отличается от гипофизарной выработки несмотря на связывание с одним рецептором.

Стимулирующее влияние стресса на секрецию пролактина было экспериментально установлено достаточно давно [7], и показано, что одним из факторов, способствующих повышению выработки пролактина у человека, являются физические нагрузки В процессе физических тренировок значительное внимание уделяется адаптивным реакциям метаболизма липидов на фоне роста уровней пролактина, особенно у спортсменов циклических видов спорта, таких как плавание и биатлон, и ациклических, таких как футбол [8-13]. Предпринимались попытки определить механизмы, регулирующие колебания уровня гормонов в крови спортсменов, в частности была высказана гипотеза об угнетении дофаминергической системы и (или) активации серотонинергических путей головного мозга в процессе спортивной тренировки по мере наступления утомления [9].

В числе механизмов повышения секреции пролактина у людей, занимающихся спортом, названа выработка ПРФ β-эндорфина, относящегося к группе опиоидных пептидов, известных своим влиянием на различные звенья эндокринной системы [11, 12]. Также обсуждается предположение, что пролактин в условиях физического стресса участвует в метаболической адаптации, опосредованной липолитическими процессами в жировой ткани, особенно у спортсменов, подверженных регулярным тренировкам высокой интенсивности [4, 8, 12]. При гиперпролактинемии активируются механизмы липолиза и липогенеза, которые важны для обеспечения энергетических потребностей организма спортсменов. Установлено в частности, что пролактин воздействует на адипоциты, стимулируя мобилизацию жирных кислот, что способствует эффективному использованию липидных резервов в процессе тренировок [3, 14, 15]. Однако остается открытым вопрос о возможных различиях в липидном обмене в зависимости от специфики спорта и фазы тренировочного цикла (подготовительный, соревновательный или восстановительный этап), что требует дополнительных исследований.

Обсуждается роль лактата в качестве серотонин-опосредованного триггера повышения уровня пролактина на фоне интенсивной физической нагрузки выше порога анаэробного обмена [10, 11], что было подтверждено в более поздних исследованиях [4, 16]. При этом авторы сходятся во мнении, что роль лактата в стимулировании продукции пролактина не является определяющей, и существуют другие факторы и медиаторы, способствующие высвобождению данного гормона. Так, установлено повышение секреции пролактина в результате выработки интерлейкина-6, воспалительного цитокина, оказывающего дозозависимое стимулирующее действие на гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, связанное с ответом организма на стрессовое воздействие в результате

микроповреждений мышечной ткани во время физической нагрузки [16-18]. Кроме того, синтез интерлейкина-6 сопровождается процессом термогенеза, а гипертермия, как было доказано ранее, является фактором, способствующим выработке пролактина [8, 10, 12, 19].

Особую актуальность получил вопрос физиологической значимости повышения уровня пролактина в свете подтвержденной исследованиями роли в обеспечении метаболического гомеостаза и регуляции синтеза ферментов и транспортеров, участвующих в метаболизме глюкозы и липидов. Более двух десятилетий назад экспериментально было обнаружено наличие рецептора Prl-R в бурой и белой жировой ткани некоторых биологических видов [20, 21], что позволило говорить о непосредственном влиянии пролактина на регуляцию метаболизма липидов. Кроме того, продукция пролактина была обнаружена в культурах адипоцитов на различных стадиях их дифференцирования [3, 14, 15]. Пролактин участвует в регуляции энергообмена, обеспечивая наряду с другими гормонами и механизмами баланс процессов липогенеза и липолиза в адипоцитах, что является важным элементом обеспечения метаболического гомеостаза.

Метаболическое действие пролактина в тканях-мишенях опосредованно рядом молекулярных механизмов, активирующих сигнальный путь Prl-R, а посредством регулирования метаболизма глюкозы и высвобождения инсулина и адипокинов пролактин участвует в формировании чувствительности организма к инсулину [1, 5, 20]. Вместе с тем гиперпролактинемия может сопровождаться нарушениями метаболического гомеостаза, что, в свою очередь, приводит к увеличению массы тела, развитию ожирения и метаболического синдрома со снижением толерантности к глюкозе и повышением уровня инсулина натощак [22, 23]. Однако такие метаболические нарушения наблюдаются преимущественно при патологических состояниях, например, на фоне пролактиномы. Пролактин, вырабатываемый при спортивных нагрузках, обладает адаптационными свойствами, что может приводить к нормализации липидного профиля у спортсменов [23].

Кроме того, у пациентов с патологическим повышением синтеза пролактина (на фоне пролактиномы) наблюдается отклонение показателей липидограммы от нормы при повышении значений общего холестерина, холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) и триглицеридов, при соответствующем снижении уровня холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), на основании чего было сделано предположение о наличии прямой корреляции между уровнем пролактина и показателями липидного спектра [23].

Физиологическая гиперпролактинемия, возникающая, например, во время интенсивной физической тренировки, носит по большей части адаптационный характер и сопровождается изменениями липидного обмена, обусловленными механизмами метаболической адаптации. При этом, если процессы, протекающие в период лактации – другого известного фактора стимуляции синтеза пролактина – широко представлены в опубликованной литературе [1, 3, 5, 20, 24], то вопрос взаимосвязи гиперпролактинемии и механизмов метаболизма липидов у профессиональных спортсменов изучен недостаточно. Вместе с тем литературные данные [25, 26] однозначно свидетельствуют, что выраженность процесса липолиза, реализуемого посредством целого ряда сигнальных путей адренергической и не адренергической регуляции, зависит от интенсивности физической нагрузки.

Известно липолитическое действие спортивных тренировок, в том числе реализуемое повышением показателей ЛПВП, снижением концентрации свободных кислот, ЛПНП и общего холестерина у спортсменов [27-29]. Во время тренировки происходит гидролиз триглицеридов с образованием свободных жирных кислот (биомаркера липидного обмена), попадающих в кровоток для обеспечения энергией работающих мышц. При этом повышается активность ферментов, участвующих в митохондриальном биогенезе и метаболизме свободных жирных кислот. Вместе с тем имеются работы, в которых показана обратная зависимость между показателями выработки свободных жирных кислот и триглицеридов и интенсивностью тренировочного процесса

[30]. Таким образом, вопрос о влиянии пролактина на липидный обмен и показатели клинической липидограммы остается открытым.

На основании указанных данных сформулирована гипотеза исследования: пролактин в условиях высокоинтенсивных тренировок способствует адаптационным изменениям липидного обмена, оказывая различное влияние в зависимости от специфики спортивной нагрузки.

Целью нашей работы было определить особенности влияния пролактина на гормонально-метаболические изменения у профессиональных спортсменов, учитывая специфику циклических и ациклических видов спорта.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова ФМБА» (г. Санкт-Петербург) в период с 21.08.2017 г. по 03.10.2023 г. (протокол ЛЭК № 2 от 27.02.2023 г.).

В исследовании принимали участие 114 профессиональных спортсменов мужского пола, которые предоставили информированное согласие на участие в исследовании и использование персональных данных. В исследование были включены спортсмены, занимающиеся биатлоном (n=22), греблей (n=41), плаванием (n=21) и футболом (n=30) в течение более 10 лет (n=78) или менее 10 лет (n=36). Средний возраст участников исследования составлял 20,04±4,05 года. Сорок два участника имели разряд кандидата в мастера спорта (КМС), 55 – разряд мастера спорта (МС), и 17 – мастера спорта международного класса (МСМК). В целях учета особенностей тренировочного процесса в выборку включены представители циклических (биатлон, гребля, плавание) и ациклического (футбол) видов спорта, которые отличаются по направленности физической нагрузки и режиму тренировки. Особое внимание уделено влиянию различных этапов тренировочного макроцикла (общеподготовительный, специально-подготовительный, соревновательный и восстановительный), поскольку они существенно влияют на гормонально-метаболический профиль спортсменов. В структуре тренировочного макроцикла 83 спортсмена находились на общеподготовительном этапе, 15 спортсменов – на специально-подготовительном этапе, 9 спортсменов на момент проведения исследования участвовали в соревнованиях, а остальные 7 спортсменов завершали восстановительный период. Перед проведением обследования спортсмены предоставили подписанное информированное согласие (протокол ЛЭК № 2 от 27.02.2023 г.).

В ходе исследования проводили регистрацию антропометрических данных участников, определяли количество тренировочных дней в неделю, количество и среднюю продолжительность тренировок. Исследование включало взятие образцов крови для определения концентрации пролактина и липидных маркеров крови (общий холестерин, ЛПВП, ЛПНП, триглицериды). По результатам определения концентрации липидных фракций вычисляли коэффициент атерогенности (КА) по формуле: КА = (общий холестерин – ЛПВП) / ЛПВП.

Для минимизации влияния циркадных ритмов на уровень гормонов образцы крови брали утром строго натощак с 7:00 до 9:00 часов. Последняя тренировка до взятия образцов крови состоялась накануне (в предыдущий день). Определение концентрации гормона выполняли методом иммуноферментного анализа с использованием анализатора Mindray CL-2000i (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Китай). Определение липидных маркеров крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе Beckman Coulter AU480 (Beckman Coulter, США).

Анализ и статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11. Для всех переменных были проведены тесты на нормальность распределения с использованием тестов Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Поскольку большинство показателей демонстрируют отклонения от нормального распределения, числовые значения параметров различных групп представлены в виде медианы и межквартильного размаха. Сопоставление двух групп по числовым шкалам осуществляли с помощью непараметрического критерия

Манна-Уитни. Сравнения трех и более групп по числовым показателям проводили на основе непараметрического критерия Краскела-Уоллиса. Статистическая значимость различий групп для бинарных и номинальных показателей осуществлялась с использованием метода χ^2 Пирсона. Корреляционный анализ осуществлялся при помощи непараметрической ранговой корреляции по Спирмену. Уровень статистической значимости был зафиксирован на уровне 0,05. Для оценки относительного разброса и описания однородности показателя применялся коэффициент вариации.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследовании принимали участие профессиональные спортсмены мужского пола, средний возраст участников составлял 20,04±4,05 года. Характеристики тренировочного процесса представлены в таблице 1.

Средний уровень пролактина в целом по обследованной группе спортсменов составил 207,74 мкЕд/мл при референсных значениях 58-475 мкЕд/мл. Минимальное значение 97,5 мкЕд/мл было отмечено у спортсмена 24 лет, занимающегося плаванием более 10 лет и имеющего разряд МСМК, а максимальное значение 512 мкЕд/мл – у спортсмена 18 лет из группы МС, занимающегося греблей (стаж занятий – более 10 лет). В целом наиболее высокая медиана значений концентрации данного гормона отмечена в группе биатлонистов (n=22) – 204,52 мкЕд/мл, а в группе, занимающейся футболом (n=30), зарегистрирована наиболее низкая медиана концентраций пролактина, составившая 172,08 мкЕд/мл (p=0,5211). При сравнении показателей концентрации в зависимости от спортивного разряда наиболее высокую медиану можно наблюдать в группе МС (n=55) – 199,10 мкЕд/мл, при этом у МСМК (n=17) значения концентрации пролактина были несколько ниже (медиана – 181,66 мкЕд/мл). Аналогичным образом уровень пролактина в крови пропорционально зависел от стажа занятий спортом: так, медиана значений концентрации в группе спортсменов, занимающихся менее 10 лет (n=36) достигла 204,67 мкЕд/мл, тогда как стаж профессиональных тренировок, составивший более 10 лет (n=78), сопровождался медианой 185,85 мкЕд/мл при отсутствии статистически значимой разницы между сравниваемыми группами (p=0,8334).

Таблица 1

Характеристики физической нагрузки у исследуемых спортсменов, Me [Q1; Q3]

Показатель	Вид спорта				P<
	Биатлон (n=22)	Гребля (n=41)	Плавание (n=21)	Футбол (n=30)	
Стаж занятия данным видом спорта, лет	12,00 [11,00; 13,00]	13,00 [11,00; 15,00]	14,00 [11,00; 17,00]	10,00 [8,25; 11,00]	0,0001
Количество тренировок в неделю, дней	10,00 [10,00; 12,00]	12,00 [10,00; 13,00]	10,00 [10,00; 10,00]	6,00 [6,00; 6,00]	0,0001
Средняя длительность тренировки, часов	2,50 [2,00; 2,50]	2,00 [2,00; 2,50]	2,00 [2,00; 2,00]	4,00 [2,25; 5,00]	0,0001

Показатели холестеринового блока липидограммы, зарегистрированные в ходе исследования, в целом соответствовали пределам нормы (табл. 2). Наиболее значимые различия обнаружены по показателю холестерина ЛПВП в группе «Плавание» по отношению к группе «Футбол» (в среднем на 0,2; p=0,0383), а также общего холестерина в группе «Плавание» по отношению к группе «Футбол» (в среднем на 0,8; p=0,0145).

Показано, что показатели триглицеридов (ТГ) в крови у профессиональных спортсменов различных дисциплин значимых межгрупповых различий (p=0,3971) не выявляли. В целом наиболее низкие значения ТГ зарегистрированы у футболистов (медиана – 0,60 ммоль/л), а наиболее высокие – у спортсменов, занимающихся биатлоном и плаванием (медиана – 0,80 ммоль/л). Эти показатели находятся в пределах нормы и соответствуют типичной метаболической

адаптации к интенсивным физическим нагрузкам.

Корреляционный анализ показателей пролактина и липидных маркеров (табл. 3) свидетельствует о наличии системной отрицательной корреляции с атерогенными маркерами и отсутствии таковой с показателем ЛПВП – антиатерогенного биохимического маркера. Отрицательная корреляция между уровнем пролактина и показателями общего холестерина и ЛПНП свидетельствует о положительном влиянии секреции пролактина на метаболизм холестерина у высококвалифицированных спортсменов.

Таблица 2

Показатели липидного профиля у квалифицированных спортсменов разных спортивных дисциплин, Me [Q1; Q3]

Показатель	Вид спорта				P<
	Биатлон (n=22)	Гребля (n=41)	Плавание (n=21)	Футбол (n=30)	
Холестерин общий, ммоль/л	4,55 [3,95; 4,97]	4,20 [3,80; 4,70]	4,70 [4,20; 5,10]	3,90 [3,60; 4,82]	0,0145
ЛПВП, ммоль/л	1,52 [1,34; 1,63]	1,49 [1,26; 1,65]	1,55 [1,25; 1,69]	1,31 [1,22; 1,40]	0,0383
ЛПНП, ммоль/л	2,60 [2,10; 2,92]	2,36 [2,01; 2,73]	2,80 [2,32; 3,15]	2,25 [2,00; 2,92]	0,0762
Триглицериды, ммоль/л	0,80 [0,60; 1,08]	0,70 [0,60; 1,10]	0,80 [0,60; 0,90]	0,60 [0,50; 0,80]	0,3971
Коэффициент атерогенности, усл. ед.	2,00 [1,58; 2,50]	1,90 [1,60; 2,40]	2,10 [1,81; 2,50]	2,11 [1,81; 2,66]	0,3648

Примечание: ЛПВП – липопротеиды высокой плотности, ЛПНП – липопротеиды низкой плотности.

Корреляционный анализ между концентрацией триглицеридов и уровнем пролактина продемонстрировал слабую незначимую положительную взаимосвязь (r=0,11) для всей выборки спортсменов. Однако значимые различия между видами спорта позволяют предположить, что характер взаимосвязей может варьировать в зависимости от специфики тренировочной нагрузки. Так, у биатлонистов наблюдалась умеренная положительная корреляция между уровнем ТГ и пролактина (r=0,43, p≤0,05), тогда как у футболистов отмечена слабая отрицательная связь (r=-0,25). Данные результаты свидетельствуют о возможной специфической роли тренировочного процесса в регуляции липидного обмена у спортсменов, поскольку нутриентный статус спортсменов, находящихся преимущественно на централизованном обеспечении, не может оказать такое влияние. Исследования, выполненные недавно, выявили существенную проблему в организации энергопотребления биатлонистов даже на уровне национальных сборных команд. В том числе проведенный анализ связи показателя доступности энергии у биатлонисток национальной сборной с уровнем свободного тестостерона показал значимое снижение гормона при низком значении доступности энергии, что в целом отражает особенности организации гормонально-метаболических процессов у представителей этого вида спорта [31-33].

Обнаруженная в исследовании положительная корреляция между пролактином и ТГ у биатлонистов требует дальнейшего изучения. Одним из возможных механизмов является влияние пролактина на липолиз и распределение энергии в условиях интенсивных аэробных нагрузок, что особенно характерно для биатлона. Отрицательная корреляция между пролактином и триглицеридами у футболистов может быть обусловлена спецификой их тренировок, включающих преимущественно анаэробные и интервальные нагрузки. Вопрос о влиянии пролактина на липидный обмен стал актуальным после обнаружения рецептора Prl-R в бурой и белой жировой ткани некоторых биологических видов, а также его выявления линии клеток человека LS14, способной к выработке пролактина и экспрессии его рецептора [14, 20, 21].

Таблица 3

Взаимосвязь показателей пролактина и липидных маркеров крови у высококвалифицированных спортсменов (коэффициенты корреляции Спирмена)

	Общие (у всех спортсменов)	Биатлон	Гребля	Плавание	Футбол
Холестерин общий	-0,27**	-0,14	-0,24	-0,82**	-0,17
Холестерин ЛПВП	-0,03	-0,06	0,17	-0,01	0,06
Триглицериды	0,11	0,43*	0,27	-0,07	-0,25
Холестерин ЛПНП	-0,33**	-0,26	-0,29	-0,81**	-0,17
Коэффициент атерогенности	-0,22*	-0,02	-0,17	-0,53*	-0,15

Примечание: * – статистическая значимость на уровне $p \leq 0,05$; ** – статистическая значимость на уровне $p \leq 0,01$; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности.

Вместе с тем результаты изучения данного влияния представляются весьма неоднозначными. Прежде всего, исследователи достаточно осторожны в оценках того, какова доля пролактина, вырабатываемого адипоцитами, в общем объеме пролактина в кровотоке, и высказывают предположение, что внегипофизарный пролактин по большей части остается в структуре внеклеточного матрикса [3]. Кроме того, результаты многочисленных исследований не позволяют сделать определенных выводов относительно действия синтезируемого пролактина на процессы липогенеза и липолиза. Так, в ранних исследованиях доказано, что пролактин посредством снижения активности липопротеинлипазы, подавляет механизмы липогенеза у лактирующих крыс [34], а также в эксплантатах подкожно-жировой клетчатки человека [35]. В более позднем исследовании также выяснилось, что в жировой ткани человека пролактин ингибирует липогенез путем снижения концентрации малонила-CoA, участвующего в синтезе жирных кислот, и экспрессии инсулинзависимого белка-переносчика глюкозы GLUT-4 [36]. Вместе с тем J.A. Le и соавт. подтвердили, что передача сигналов посредством Prl-R способствовала замедлению окисления жирных кислот, увеличению накопления жировой ткани и развитию ожирения у 6-месячных самцов мышей [37].

Повышение уровней общего холестерина, ЛПНП и триглицеридов, а также снижение уровня ЛПВП нередко фигурируют в исследованиях, посвященных изучению механизмов регуляции метаболизма у пациентов с пролактиномами – доброкачественными опухолями гипофиза, характеризующимися избыточной продукцией пролактина [23]. Наблюдая увеличение экспрессии рецептора Prl-R в процессе дифференцирования адипоцитов, авторы исследований делают вывод о прямом влиянии пролактина на липидный обмен [3, 14, 15, 20].

Вместе с тем представляется очевидным, что результаты исследований, проведенных при участии пациентов с патологической гиперпролактинемией, нельзя рассматривать применительно к популяции высококвалифицированных спортсменов. В основе процессов, отражающих корреляцию уровня пролактина и показателей липидного профиля у профессиональных спортсменов, лежат совершенно другие механизмы, не имеющие патологической природы. Известно, что в условиях физической нагрузки адипоциты вырабатывают различные провоспалительные и противовоспалительные адипокины [38, 39]. При этом пролактин может выступать в качестве регулятора синтеза таких адипокинов, как лептин, интерлейкин-6 и адипонектин [5, 20, 23], обеспечивая энергетический баланс, а также формирование чувствительности к инсулину и адекватного воспалительного ответа организма [3]. Однако данная гипотеза, отражающая один из возможных механизмов повышения синтеза пролактина при физической нагрузке, не позволяет объяснить отрицательную корреляцию между концентрацией пролактина и значениями липидных фракций. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования по поиску потенциальных основ формирования

зависимости показателей липидограммы от концентрации пролактина у лиц, профессионально занимающихся спортом.

В условиях интенсивных тренировок наблюдается целый ряд адаптационных, морфологических и функциональных изменений на уровне сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем, а также профиля липидов. Повышение ЛПВП и снижение ЛПНП могут служить маркерами адаптивного ответа организма на регулярные интенсивные физические нагрузки. Липолитические процессы, наблюдаемые у спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта, могут свидетельствовать о некоем компенсационном механизме, направленном на обеспечение баланса нарастающего снижения мышечного гликогена в процессе тренировок [30].

Тренировочный процесс сопровождается активацией целого ряда гормональных ответов, имеющих крайне важное значение для развития мышечной силы, роста и ремоделирования тканей мышц. При этом нейроэндокринная адаптация к долгосрочному физическому стрессу напрямую зависит от интенсивности физической нагрузки. В ходе исследования выявлено, что уровень пролактина коррелирует с количеством тренировочных дней в неделю и интенсивностью занятий (коэффициент корреляции Спирмена -0,24; $p \leq 0,05$), что подтверждает влияние режима тренировок на гормональный статус спортсменов.

В рамках интерпретации полученных нами результатов учитывались межвидовые различия, а также влияние цикличности тренировок и этапов годичного тренировочного цикла. Несмотря на то что различия в концентрации пролактина между спортсменами с опытом занятий спортом менее 10 лет и более 10 лет не достигли статистической значимости ($p=0,8334$), результаты проведенного исследования показывают, что выраженная адаптация к интенсивным нагрузкам у профессиональных спортсменов, занимающихся спортом более 10 лет, отражается в стабильных показателях липидного обмена и более низком уровне пролактина по сравнению с менее опытными спортсменами. Это может свидетельствовать о развитии устойчивых механизмов адаптации организма к хроническому физическому стрессу. Как отмечают G. Mastorakos и соавт., увеличение переносимости нагрузки при менее выраженной активации гипофизарно-надпочечниковой системы представляет собой один из многочисленных взаимосвязанных адаптационных механизмов [16]. Примечательно, что подобная адаптация развивается постепенно и связана с повышенной эффективностью липолитических процессов, поддерживающих энергетический баланс организма во время интенсивной физической активности. Снижение показателей общего холестерина и ЛПНП может говорить о защитной роли пролактина в поддержании метаболического гомеостаза в условиях стресса от тренировок.

Заключение. Таким образом, можно выделить несколько аспектов, характеризующих влияние пролактина на липидный метаболизм у высококвалифицированных спортсменов. Выраженное повышение концентрации гормона в условиях интенсивных физических нагрузок свидетельствует о его роли в процессах адаптации организма к физическому стрессу. При этом учет специфики спортивных дисциплин позволяет провести более детальную интерпретацию данных по липидному обмену и гормональной адаптации у представителей циклических и ациклических видов спорта. Обнаруженная корреляция между уровнем пролактина и липидным профилем при увеличении уровня ЛПВП, снижении общего холестерина и ЛПНП позволяет предположить, что пролактин также может служить маркером метаболической адаптации и обеспечивает защитный эффект в отношении сердечно-сосудистой системы спортсменов. Корреляция уровня пролактина с улучшением липидного профиля, в частности холестеринового профиля, что проявляется при повышении уровня ЛПВП, снижении общего холестерина и ЛПНП у высококвалифицированных спортсменов при длительном (более 10 лет) занятии спортом, служит отражением эффекта в отношении защиты сердечно-сосудистой системы спортсменов и снижения риска атеросклероза. При этом регулярные тренировки в течение длительного периода времени сопровождаются развитием

адаптации липидного метаболизма и снижением уровня пролактина. Это может свидетельствовать о более эффективной мобилизации энергетических ресурсов и повышении толерантности к физическим нагрузкам.

Результаты исследования подтверждают важность регулярных интенсивных тренировок для поддержания оптимального гормонального баланса и липидного профиля у профессиональных высококвалифицированных спортсменов, а также подчеркивают необходимость правильного планирования тренировочного процесса для достижения высокой производительности и оптимальных показателей здоровья.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bernard, V. Prolactin – a pleiotropic factor in health and disease / V. Bernard, J. Young, N. Binart // Nature Reviews. Endocrinology. – 2019. – Vol. 15. – No. 6. – P. 356-365. DOI: 10.1038/s41574-019-0194-6.
2. Marano, R.J. Minireview: Extrapituitary Prolactin: An Update on the Distribution, Regulation, and Functions / R.J. Marano, N. Ben-Jonathan // Molecular Endocrinology. – 2014. – Vol. 28. – No. 5. – P. 622-633. DOI: 10.1210/me.2013-1349.
3. Brandebourg, T. Adipocyte prolactin: regulation of release and putative functions / T. Brandebourg, E. Hugo, N. Ben-Jonathan // Diabetes, Obesity & Metabolism. – 2007. – Vol. 9. – No. 4. – P. 464-476. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2006.00671.x.
4. Rojas Vega, S. Influences of exercise and training on the circulating concentration of prolactin in humans / S. Rojas Vega, W. Hollmann, H.K. Strüder // Journal of Neuroendocrinology. – 2012. – Vol. 24. – No. 3. – P. 395-402. DOI: 10.1111/j.1365-2826.2011.02266.x.
5. Macotela, Y. Time for a New Perspective on Prolactin in Metabolism / Y. Macotela, J. Triebel, C. Clapp // Trends in Endocrinology & Metabolism. – 2020. – Vol. 31. – No. 4. – P. 276-286. DOI: 10.1016/j.tem.2020.01.004.
6. Fitzgerald, P. Prolactin and dopamine: what is the connection? A review article / P. Fitzgerald, T.G. Dinan // Journal of Psychopharmacology. – 2008. – Vol. 22. – No. 2 Suppl. – P. 12-19. DOI: 10.1177/0269216307087148.
7. Gala, R.R. The physiology and mechanisms of the stress-induced changes in prolactin secretion in the rat / R.R. Gala // Life Sciences. – 1990. – Vol. 46. – No. 20. – P. 1407-1420. DOI: 10.1016/0024-3205(90)90456-2.
8. Exercise-induced blood prolactin variations in trained adult males: a thermic stress more than an osmotic stress / G.R. Brisson, A. Audet [et al.] // Hormone Research. – 1986. – Vol. 23. – No. 4. – P. 200-206. DOI: 10.1159/000180324.
9. Comparison of pituitary responses to physical exercise in athletes and sedentary subjects / E. Rolandi, E. Reggiani, R. Franceschini [et al.] // Hormone Research. – 1985. – Vol. 21. – No. 4. – P. 209-213. DOI: 10.1159/000180050.
10. Plasma growth hormone and prolactin responses to graded levels of acute exercise and to a lactate infusion / A. Luger, B. Watschinger, P. Deuster [et al.] // Neuroendocrinology. – 1992. – Vol. 56. – No. 1. – P. 112-117. DOI: 10.1159/000126912.
11. The acute effects of exercise on prolactin and growth hormone secretion: comparison between sedentary women and women runners with normal and abnormal menstrual cycles / F.E. Chang, W.G. Dodds, M. Sullivan [et al.] // The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. – 1986. – Vol. 62. – No. 3. – P. 551-556. DOI:10.1210/jcem-62-3-551.
12. Plasma levels of beta-endorphin, prolactin and gonadotropins in male athletes after an international Nordic ski race / C. Mougin, M.T. Henriet [et al.] // European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. – 1988. – Vol. 57. – No. 4. – P. 425-429. DOI: 10.1007/BF00417988.
13. Nagel, D. Biochemical, hematological and endocrinological parameters during repeated intense short-term running in comparison to ultra-long-distance running / D. Nagel, D. Seiler, H. Franz // International Journal of Sports Medicine. – 1992. – Vol. 13. – No. 4. – P. 337-343. DOI: 10.1055/s-2007-1021277.
14. LS14: a novel human adipocyte cell line that produces prolactin / E.R. Hugo, T.D. Brandebourg [et al.] // Endocrinology. – 2006. – Vol. 147. – No. 1. – P. 306-313. DOI: 10.1210/en.2005-0989.
15. Zinger, M. Prolactin expression and secretion by human breast glandular and adipose tissue explants / M. Zinger, M. McFarland, N. Ben-Jonathan // The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. – 2003. – Vol. 88. – No. 2. – P. 689-696. DOI: 10.1210/jc.2002-021255.
16. Exercise and the stress system / G. Mastorakos, M. Pavlatou, E. Diamanti-Kandarakis, G.P. Chrousos // Hormones (Athens, Greece). – 2005. – Vol. 4. – No. 2. – P. 73-89.
17. Athanasiou, N. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise / N. Athanasiou, G.C. Bogdanis, G. Mastorakos // Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders. –

2023. – Vol. 24. – No. 2. – P. 251-266. DOI: 10.1007/s11154-022-09758-1.
18. Dohi, K. Exercise increases prolactin-receptor expression on human lymphocytes / K. Dohi, W.J. Kraemer, A.M. Mastro // Journal of Applied Physiology. – 2003. – Vol. 94. – No. 2. – P. 518-524. DOI: 10.1152/japplphysiol.00004.2002.
19. Vigas, M. Role of body temperature in exercise-induced growth hormone and prolactin release in non-trained and physically fit subjects / M. Vigas, J. Celko, J. Koska // Endocrine Regulations. – 2000. – Vol. 34. – No. 4. – P. 175-180.
20. Focus on prolactin as a metabolic hormone / N. Ben-Jonathan, E.R. Hugo, T.D. Brandebourg, C.R. LaPensee // Trends in endocrinology and metabolism: TEM. – 2006. – Vol. 17. – No. 3. – P. 110-116. DOI: 10.1016/j.tem.2006.02.005.
21. Prolactin (PRL) receptor gene expression in mouse adipose tissue: increases during lactation and in PRL-transgenic mice / C. Ling, G. Hellgren [et al.] // Endocrinology. – 2000. – Vol. 141. – No. 10. – P. 3564-3572. DOI: 10.1210/endo.141.10.7691.
22. A Century of Prolactin: Emerging Perspectives as a Metabolic Regulator / T. Wu, Y. Duan, J. Jiang [et al.] // Diabetes/Metabolism Research and Reviews. – 2024. – Vol. 40. – No. 6. – P. e3836. DOI: 10.1002/dmrr.3836.
23. Metabolic effects of prolactin / R. Pirchio, C. Graziadio, A. Colao [et al.] // Frontiers in Endocrinology. – 2022. – Vol. 13. – P. 1015520. DOI: 10.3389/fendo.2022.1015520.
24. Important Hormones Regulating Lipid Metabolism / D. Zhang, Y. Wei, Q. Huang [et al.] // Molecules. – 2022. – Vol. 27. – No. 20. – P. 7052. DOI: 10.3390/molecules27207052.
25. Adipose Tissue: Physiology to Metabolic Dysfunction / A.J. Richard, U. White, C.M. Elks, J.M. Stephens; ed. K.R. Feingold [et al.]. – South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc., 2000.
26. Dissecting adipose tissue lipolysis: molecular regulation and implications for metabolic disease / T.S. Nielsen, N. Jessen, J.O.L. Jørgensen [et al.] // J of Molecular Endocrinology. – 2014. – Vol. 52. – No. 3. – P. R199-222. DOI: 10.1530/JME-13-0277.
27. Comparison of Lipid and Lipoprotein Values of Wrestlers and Soccer Players / S. Çetin, C. Ece, M. Paksoy, H.N. Çetin // Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2020. – Vol. 17. – No. 2. – P. 172-176. DOI: 10.4274/tjps.galenos.2018.66934.
28. Lipid status of professional athletes / S. Barjaktarovic-Labović, V. Andrijević [et al.] // MD-Medical data. – 2015. – Vol. 7. – No. 1. – P. 21-25.
29. Koc, H. The comparison of blood lipid levels of athletes and sedentary college students / H. Koc. // Pakistan Journal of Medical Sciences Old Website. – 2011. – Vol. 27. – No. 3. DOI: 10.12669/pjms.273.635.
30. Blood metabolites during basketball competetions / N. Ben Abdelkrim, C. Castagna, S. El Fazaa [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2009. – Vol. 23. – No. 3. – P. 765-773. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a2d8fc.
31. Пилотное исследование показателя доступности энергии биатлонисток национальной сборной команды: современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. 23-24 апреля 2024 г. / А.Ю. Людинина, Е.А. Бушманова, А.Д. Филиппов, А.Е. Истомин. – Омск: СибГУФК, 2024. – С. 64-66. [in English] Lyudinina A.Yu., Bushmanova E.A., Filippov A.D., Istomin A.E. Pilot study of energy availability index in biathletes of the female national team. Current system of biathlete training: Materials of the XII All-Russian Scientific-Practical Conference. April 23-24, 2024 Omsk: Siberian State University of Physical Culture and Sports, 2024, pp. 64-66. (in Russ.)
32. Оценка доступности энергии у лыжников-гонщиков и биатлонистов национальных сборных команд: материалы XI Международного конгресса «Безопасный спорт–2024». 30-31 мая 2024 г. / А.Ю. Людинина, Е.А. Бушманова, А.Д. Филиппов, А.Е. Истомин, А.В. Нутрихин, Е.Р. Бойко. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 354-357. [in English] Lyudinina A.Yu., Bushmanova E.A., Filippov A.D., Istomin A.E., Nutrikhin A.V., Boyko E.R. Assessment of energy availability in cross-country skiers and biathletes of female national teams: Materials of the XI International Congress “Safe Sport-2024”. May 30-31, 2024, Saint Petersburg, 2024, pp. 354-357. (in Russ.)
33. Bushmanova, E.A. The Prevalence of Low Energy Availability in Cross-Country Skiers during the Annual Cycle / E.A. Bushmanova, A.Y. Lyudinina, E.R. Bojko // Nutrients. – 2024. – Vol. 16. – No. 14. – P. 2279. DOI: 10.3390/nu16142279.
34. The role of growth hormone, prolactin and insulin-like growth factors in the regulation of rat mammary gland and adipose tissue metabolism during lactation / M.C. Barber, R.A. Clegg [et al.] // The Journal of Endocrinology. – 1992. – Vol. 135. – No. 2. – P. 195-202. DOI: 10.1677/joe.0.1350195.
35. Identification of functional prolactin (PRL) receptor gene expression: PRL inhibits lipoprotein lipase activity in human white adipose tissue / C. Ling, L. Svensson, B. Odén [et al.] // The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. – 2003. – Vol. 88. – No. 4. – P. 1804-1808. DOI: 10.1210/jc.2002-021137.
36. Prolactin suppresses malonyl-CoA concentration in human adipose tissue / L.A. Nilsson, C. Roepstorff [et al.] // Hormone and Metabolic Research=Hormon- Und Stoffwechselforschung=

Hormones Et Metabolisme. – 2009. – Vol. 41. – No. 10. – P. 747-751. DOI: 10.1055/s-0029-1224181.
37. Prolactin activation of the long form of its cognate receptor causes increased visceral fat and obesity in male as shown in transgenic mice expressing only this receptor subtype / J.A. Le, H.M. Wilson, A. Shehu [et al.] // Hormone and metabolic research = Hormon- und Stoffwechselforschung = Hormones et metabolisme. – 2011. – Vol. 43. – No. 13. – P. 931-937. DOI: 10.1055/s-0031-1291182.
38. Effect of Exercise on Fatty Acid Metabolism and Adipokine Secretion in Adipose Tissue / A. Mika, F. Macaluso, R. Barone [et al] // Frontiers in Physiology. – 2019. – Vol. 10. – P. 26. DOI: 10.3389/fphys.2019.00026.
39. Carré, N. Prolactin and adipose tissue / N. Carré, N. Binart // Biochimie. – 2014. – Vol. 97. – P. 16-21. DOI: 10.1016/j.biochi.2013.09.023.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мария Евгеньевна Васильева – аспирант, Институт биологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар; врач-эндокринолог, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства», Санкт-Петербург, e-mail: Vasilevamaria28@gmail.com.
Полина Александровна Королева – врач спортивной медицины, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства», Санкт-Петербург, e-mail: Pkoroleva@mail.ru.
Виктор Анатольевич Кащенко – доктор медицинских наук, профессор, заместитель главного врача по хирургии Клиники высоких технологий «Белоостров»; заведующий кафедрой факультетской хирургии Санкт-Петербургского государственного университета; лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники; Санкт-Петербург, e-mail: surg122@yandex.ru.
Евгений Рафаилович Бойко – доктор медицинских наук, профессор, директор Института физиологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, e-mail: boiko60@inbox.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Maria E. Vasil'eva – Post-Graduate Student, Institute of Biology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar; Endocrinologist, Sokolov North-West District Research and Clinical Center, Federal Medical-Biological Agency of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: Vasilevamaria28@gmail.com.
Polina A. Koroleva – Sports Medicine Physician, Sokolov North-West District Research and Clinical Center, Federal Medical-Biological Agency of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: Pkoroleva@mail.ru.
Viktor A. Kashchenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Chief Doctor for Surgery, Beloostrov High-Technology Clinic; Head of Intermediate Level Surgery Department, St. Petersburg State University; winner of the Russian Federation Government Award in Science and Technology, Saint Petersburg, e-mail: surg122@yandex.ru.
Evgenij R. Bojko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Department of Environmental and Medical Physiology, Institute of Physiology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, e-mail: boiko60@inbox.ru.

Для цитирования: Роль пролактина в регуляции метаболизма липидов у высококвалифицированных спортсменов / М.Е. Васильева, П.А. Королева, В.А. Кащенко, Е.Р. Бойко // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_4

For citation: Vasil'eva M.E., Koroleva P.A., Kashchenko V.A., Bojko E.R. Effect of prolactin on lipid metabolism regulation in elite athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_4