

# ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

---

УДК 616.1/8-084:613.71

DOI: 10.17816/pmj38172-86

## МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА В ПОДДЕРЖАНИИ ЗДОРОВЬЯ И ПРОФИЛАКТИКЕ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*Б.В. Головской, М.Д. Берг, И.А. Булатова, Е.И. Воронова\*, Я.Б. Ховаева*

*Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия*

## MUSCULAR SYSTEM IN MAINTAINING HEALTH AND PREVENTING CHRONIC NON-INFECTIOUS DISEASES

*B.V. Golovskoy, M.D. Berg, I.A. Bulatova, E.I. Voronova\*, Ya.B. Khovaeva*

*E.A. Vagner Perm State Medical University, Russian Federation*

---

По данным ВОЗ, хронические неинфекционные заболевания являются ведущей причиной преждевременной смерти. В данном обзоре рассмотрены эволюция изучения и современные взгляды отечественных и зарубежных авторов на роль скелетных мышц в поддержании здоровья и профилактике хронических неинфекционных заболеваний. Дано представление о нервных и рефлекторных влияниях с работающих мышц как на отдельные органы, так и на организм в целом. Описана роль миокинов – специфических белков, вырабатываемых скелетными мышцами, способными оказывать значительное влияние на состояние многих органов и систем.

**Ключевые слова.** Хронические неинфекционные заболевания, мышечная система, кинезофилия, миокины, регуляция.

---

© Головской Б.В., Берг М.Д., Булатова И.А., Воронова Е.И., Ховаева Я.Б., 2021

тел. +7 (342) 236 86 21

e-mail: lizikvoronova@mail.ru

[Головской Б.В. – доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней и семейной медицины; Берг М.Д. – доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии; Булатова И.А. – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой нормальной физиологии; Воронова Е.И. (\*контактное лицо) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней и семейной медицины; Ховаева Я.Б. – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и семейной медицины].

© Golovskoy B.V., Berg M.D., Bulatova I. A., Voronova E.I., Khovaeva Ya.B., 2021

tel. +7 (342) 236 86 21

e-mail: lizikvoronova@mail.ru

[Golovskoy B.V. – MD, PhD, Professor, Department of Internal Medicine and Family Medicine; Berg M.D. – MD, PhD, Professor, Department of Normal Physiology; Bulatova I.A. – MD, PhD, Head of Department of Normal Physiology; Voronova E.I. (\*contact person) – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Internal Medicine and Family Medicine; Khovaeva Ya.B. – MD, PhD, Professor, Head of Department of Internal Medicine and Family Medicine].

Chronic non-infectious diseases are the leading cause of premature death according to the WHO data. This review considers the evolution of studying and modern views of domestic and foreign authors on the role of skeletal muscles in maintaining health and preventing chronic non-infectious diseases. An idea regarding the nervous and reflex influence from the working muscles on both individual organs and the body as a whole is presented. The role of myokines, specific proteins produced by skeletal muscles, capable of influencing the state of many organs and systems, is described.

**Keywords.** Chronic non-infectious diseases, muscular system, kinesophilia, myokines, regulation.

По данным статистического доклада ВОЗ (2017), каждый год в мире от хронических неинфекционных заболеваний умирают 40 млн человек, что составляет 70 % всех случаев смерти, при этом 17 млн из них происходят в возрасте до 70 лет и являются преждевременными. Отмечается, что факторами риска являются курение, низкий уровень физической активности, злоупотребление алкоголем и нездоровое питание [1]. M. Prado et al. [2] было показано, что лица с преобладанием мышечной массы над жировой имели наименьший риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. Это исследование позволяет понять факт снижения риска смерти у лиц с патологией сердца, при наличии повышенного индекса массы тела, обусловленного большей мышечной массой [2]. В докладе ВОЗ подчеркивается, что во многих странах люди все меньше и меньше заняты физической активностью. По данным ВОЗ 23 % взрослых и 81 % подростков, посещающих школу, испытывают недостаток мышечной активности [1].

Мышечная система играет важную роль в жизни человека. Она поддерживает позу и равновесие тела, ответственна за разнообразные локомоции (мимика, жесты, передвижение в пространстве, поведенческие реакции и др.). Мышечная система реализует основную биологическую потребность организма – кинезофилию [3]. Какую задачу возложила эволюция человека на мышечную систему, сформировав эту врожденную по-

требность в движении? Мышечная масса в норме составляет 30–50 % общей массы тела и помимо чисто двигательной функции выполняет важную регуляторную и защитную задачу по отношению к внутренним органам и гомеостазу внутренней среды. Скелетные мышцы, выполняя локомоторные действия, не только требуют четко координированной работы различных органов и систем, но и сами оказывают сложные влияния, обеспечивая нормальное функционирование организма. Механизм мышечных влияний двоякий. Во-первых, он связан с нервными и рефлекторными воздействиями [4], включая нейрогуморальную регуляцию с участием гипоталамо-гипофизарной системы [5] и, во-вторых, с гуморальными влияниями веществ, секретируемых мышцами [6].

Впервые информация о рефлекторных влияниях с работающих мышц на внутренние органы была получена В.И. Бельтюковым в исследованиях на лягушках, выполненных под руководством профессора М.Р. Могендовича [7]. В 1945 г. В.И. Бельтюков обнаружил рефлекторные влияния на сердце с рецепторов мышц, раздражая икроножную мышцу растяжением грузом и оценивая реакцию сердца лягушки по механо- и электрокардиограммам, кардиальный ответ наступал с интервалом 1–2 с. Рефлекторный механизм усиления и учащения работы сердца был подтвержден в опытах с перерезкой нервов и разрушением нервных центров. Опыты были распространены и на пищева-

рительную систему: при растяжении икроножной мышцы по данным гастрогаммы уменьшался ритм сокращений желудка, после прекращения проприоцептивных раздражений моторика желудка восстанавливалась. В опытах с денервацией также был подтвержден рефлекторный механизм влияния с мышц на перистальтику желудка. Выявленные рефлексы с проприорецепторов на работу сердца и желудка были названы авторами моторно-висцеральными, а приоритетность выявленного механизма была подтверждена публикациями [8–10].

В дальнейшем исследовались влияния с мышц на сосудистую систему разных регионов как у холоднокровных [11, 12], так и у теплокровных животных [13]. Был подтвержден рефлекторный механизм влияния с мышц на артериальное давление, вызванное повышением тонуса сосудов сопротивления. Оригинальное исследование сосудов мозга проведено Т.П. Дмитриевой [14, 15]. Она регистрировала у собак наряду с системным давлением некоторые показатели мозговой циркуляции. Было показано, что адекватное раздражение проприоцепторов мышц конечностей вызывает рефлекторно изменения мозговой циркуляции преимущественно прессорного характера. После денервации икроножной мышцы воздействия на нее не вызывали изменений в мозговом кровообращении.

Сосудистые реакции кожи у человека при динамической работе мышц предплечья, исследованные методами термометрии, оценкой скорости резорбции радиоактивного изотопа йода-131, а также по скорости уменьшения гистаминовой эритемы показали, что эффекты возникают не только в зоне работающей руки, но и в контрлатеральной, а рефлекторные влияния с мышц на потовые

железы реализуются не только в пределах соответствующего сегмента спинного мозга, но даже при небольшой силе раздражения проприоцепторов их влияние может приобретать межсегментарный и надсегментарный характер [16].

Влияние мышечной деятельности на пищеварительную систему изучалось в хронических опытах на собаках и в клинико-физиологических наблюдениях [17–19]. Экспериментально подтвержден рефлекторный механизм этих влияний, а наблюдение за моторикой желудка у фистульных больных показало, что напряжение рук изменяет перистальтику желудка, если желудок не денервирован [19].

В 1957 г. вышла монография профессора М.Р. Могендовича «Рефлекторное взаимодействие локомоторной и висцеральной систем» [4], в которой были обобщены результаты научной работы коллектива сотрудников по данной проблеме и проанализированы данные отечественных и зарубежных исследователей. Был обоснован рефлекторный механизм влияния с проприорецепторов на функциональное состояние сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и выделительной систем организма, а также тонизирующие влияния на функции коры головного мозга и лимбической системы. Для доказательства рефлекторной природы моторно-висцеральных рефлексов были использованы раздражение и выключение звеньев рефлекторной дуги: применяли разные виды раздражений рецепторов мышц (растяжение мышц, раздражение электрическим током, сгибание и разгибание в суставах, вибрация и др.), выключение афферентных волокон и задних корешков, раздражение и выключение нервных центров разных уровней.

Широко проводились исследования здоровых людей, спортсменов разных видов спорта и больных с патологией мозга при разных видах мышечных нагрузок. Состояние моторно-кардиальных и моторно-васкулярных рефлексов исследовалось у больных с различными видами патологии мозга: при кататонической и параноидной формах шизофрении, эпилептической болезни, у больных с последствиями мозгового инсульта [20, 21]. Нарушения в протекании этих рефлексов частично компенсировались после курса лечебной физкультуры, массажа и трудотерапии, улучшались также двигательные и когнитивные функции и эмоциональное состояние больных. Положительный эффект связывали с усилением кровоснабжения и улучшением трофики нейронов областей мозга, стимулируемых с проприоцепторов. Активация мозга при мышечной деятельности была названа М.Р. Могендовичем охранительным возбуждением [22], так как при этом улучшались функция межнейронных связей в нервных центрах и взаимодействие центров разных уровней, усиливался обмен веществ в нейронах в результате повышения притока кислорода и питательных веществ. Систематическая тренировка двигательного аппарата приводила к функциональной перестройке не только моторных, но и вегетативных центров, к нормализации корковой деятельности и моторно-висцеральных взаимоотношений. Эти процессы имеют общебиологическое значение как в эволюционном, так и в онтогенетическом аспектах. На основе теории моторно-висцеральной регуляции им была сформулирована также концепция кинезофилии, основной и самой постоянной потребности человека – потребности и влечения к движению как запрограммиро-

ванного общебиологического механизма развития мозга и организма в целом, наиболее выраженного в детстве и постепенно угасающего в процессе развития и старения организма. Моторно-висцеральные рефлексы – механизм, который можно использовать для противодействия возрастному снижению кинезофилии, а значит и старения организма. М.Р. Могендович рассматривал кинезофилию как мощный источник энергии, наследственно заложенный в мозге и проявляющийся как в сфере высшей нервной деятельности (поведении, психике), так и низшей нервной деятельности (межсистемное согласование функций органов). Он считал, что бодрствующий мозг обладает внутренним побудителем к движениям, действиям, а не только врожденными программами поведения, например пищедобывательными. Снижение двигательной активности при гипокинезии, невесомости и старении приводит к дефициту проприоцепции, ведущему к нарушению нервной трофики. Это относится и к коре больших полушарий, и к другим отделам центральной нервной системы, включая ретикулярную формацию и гипоталамус. Все эти центры стимулируются потоком проприоцептивных импульсов, чем обеспечивается активность моторики и вегетатики. В здоровом действующем организме структурная и функциональная организация центров моторной и вегетативно-трофической регуляции установлена на примат локомоторики (кинезофилию) [22].

В 60–70-е гг. XX в. многие физиологи стали относить физические нагрузки к стрессорным на основании того, что они активизируют гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему. Дальнейшие исследования показали, что физические на-

грузки, как и другие воздействия на организм, могут вызывать три типа реакций в зависимости от силы и длительности воздействия: реакции тренировки, активации и стресса [23]. При физических нагрузках малой и средней интенсивности и длительности наряду с сегментарными моторно-висцеральными рефлексамися возникают и надсегментарные вегетативные ответы, в том числе активирующие гипоталамо-гипофизарную систему и через неё – органы-мишени. Интенсивность активации зависит от степени вовлеченности мышечных рецепторов, стимулирующих не только вегетативные центры ретикулярной формации ствола мозга, но и лимбическую систему с её эфферентным звеном, представленным гипоталамо-гипофизарной и эрготропной системами. Эти ответы описываются как реакции тренировки и реакции активации. Они необходимы в том числе для усиления транспортно-метаболического обеспечения мышечной деятельности на системном уровне, то есть для усиления доставки кислорода и субстратов для метаболизма (глюкоза, жирные кислоты) с целью образования макроэргических соединений в работающих мышцах. Мышечная афферентация при физических нагрузках адресована, прежде всего, нервным центрам сердечно-сосудистой и дыхательной систем и активирует либо преимущественно региональные сосудистые реакции и сердце при локальных мышечных нагрузках, либо системные реакции кровообращения и дыхания при значительных локальных нагрузках или общих физических нагрузках, при этом ответная реакция физиологических систем дозозависимая, то есть пропорциональна величине мышечной нагрузки. Такой характер ответа наблюдается в зрелом возрасте, у детей механизмы

адаптации системных реакций кровообращения к величине локальных нагрузок еще не сформированы и развиваются в подростковый период онтогенеза [24, 25].

Таким образом, проприоцепция рефлекторно включает кислородтранспортное обеспечение работающих мышц для перехода к аэробному метаболизму через активацию сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а при определенной интенсивности и длительности физических нагрузок присоединяется нейрогуморальная регуляция системного метаболизма с участием тропных гормонов гипофиза и активация других функций организма, необходимых для жизнедеятельности в условиях высокой мышечной активности. Мышечная система является важной рефлексогенной зоной, которую организм использует для саморазвития и адаптации к различным внешним факторам не только висцеральных систем, но и мозга в целом. Это достигается благодаря обширным связям моторной коры с подкорковыми структурами, которые формировались на протяжении эволюции человека и созревают у отдельного индивидуума в процессе постнатального онтогенеза. Для поддержания в рабочем состоянии и совершенствования система нуждается в постоянном движении. Гипокинезия приводит к утрате или снижению функции этих связей, лежит в основе нарушений гомеостатического баланса и развития заболеваний.

Представления о роли мышц как регуляторов функций стала формироваться с начала нынешнего столетия, когда было выяснено, что работающая мышечная система является источником выработки разнообразных гуморальных веществ, которые объединяются понятием «миокины». В.К. Pedersen, автор концепции миокинов, определил миокины как специфические цитокины или другие

пептиды, которые продуцируются, экспрессируются и реализуют свои функции при непосредственном участии мышечных волокон [6]. Образование миокинов связывают с активацией в миоците белка PGC-1 $\alpha$  во время физических упражнений. Наряду с другими функциями, этот белок увеличивает продукцию и секрецию миокинов, которые через кровь воздействуют на состояние многих органов и систем: печени, поджелудочной железы, жировой ткани, эндотелия сосудов, иммунной системы. Кроме того, PGC-1 $\alpha$  подавляет активность транскрипционного ядерного фактора NF- $\kappa$ B, основного регулятора экспрессии провоспалительных генов, что объясняет важный защитный эффект физических нагрузок, связанный с профилактикой развития хронического неинфекционного воспаления [26].

В настоящее время выделено около 82 видов миокинов, их относят к категории мелких белков ( $\approx$  5–20 кДа) и протеогликанов [27]. Размеры, пространственная структура, активность и механизм образования определяют их дальнейшую роль. Одни миокины работают в самой клетке, изменяя, например, энергетический обмен. Другие, выйдя из мышечной клетки, могут, благодаря относительно небольшим размерам, передвигаться по межклеточным пространствам мышцы и транспортироваться к другим, соседним клеткам и в лимфатические и кровеносные капилляры. В зависимости от этого выделяют три вида регулирующих влияний миокинов: аутокринный (миокины управляют генетическим аппаратом самого миоцита), паракринный (окружающими мышцами клетками) и эндокринный (отдаленными органами). Местными (аутокринными и паракринными) эффектами обладают многие миокины (миостатин, интерлейкины IL-6, IL-7, IL-8, IL-15,

ЛИФ, BDNF и др.). В результате физических тренировок они способствуют физиологической, биохимической и структурной адаптации мышц к аэробным и анаэробным нагрузкам, модулируя генетический ядерный и митохондриальный аппараты мышц. Изменяется мышечный метаболизм, происходит адаптация внутриклеточных механизмов к повышению потребности в глюкозе и жирных кислотах при растущих физических нагрузках (IL-4, IL-6, IL-7, IL-15, BDNF). Некоторые миокины (миостатин, IL-15, IL-7, IL-8, CXCL1, BDNF, ЛИФ) способствуют перестройке и развитию мышечной ткани (миогенез, регенерация, гипертрофия, синтез сократительных белков), а также способствуют восстановлению и развитию двигательных нейронов как части нейромоторной единицы (LIF). Кроме того, они влияют на микроциркуляцию мышц, изменяют ангиогенез и функции эндотелия (IL-8, VEGF, FGFs, Metrnl) [28, 29], модулируют клеточный состав соединительной и костной тканей (IL-6, IGF-1, инсулиноподобный фактор роста 1, FGF-2, TGF- $\beta$ -1) [30, 31, 32].

Все эти влияния обеспечивают адаптацию мышц к нагрузкам и могут быть использованы для противодействия атрофии мышц в условиях гипокинезии и развития возрастной саркопении.

Эндокринные эффекты экспрессируемых мышцами миокинов связаны с тем, что благодаря небольшой молекулярной массе они диффундируют через межклеточное пространство и поступают в кровь, достигая с ней клеток-мишеней, от которых зависит адаптация мышечной системы к длительности и интенсивности нагрузок. Это прежде всего органы, необходимые для усиления системного метаболизма углеводов и жиров – печень, эндокринный аппарат поджелудочной железы,

жировые депо. Образовавшиеся энергетические субстраты (глюкоза, жирные кислоты) и вещества-регуляторы (инсулин) транспортируются к мышцам, обеспечивая растущие энергетические потребности работающих мышц. Для адаптации углеводного обмена в работающих мышцах к нарастающей нагрузке миокины модулируют в печени интенсивность гликогенолиза и глюконеогенеза, в том числе из молочной кислоты, поступающей от работающих мышц. Для усиления трансмембранного транспорта глюкозы в мышцы миокины стимулируют выработку инсулина поджелудочной железой и активируют работу транспортеров глюкозы, усиливая транспорт инсулина через плазматическую мембрану мышечных волокон. При интенсивной работе мышц они регулируют также выход жирных кислот из адипоцитов для извлечения энергии АТФ в митохондриях мышц.

На метаболизм жиров в самой мышечной ткани, а также на липолиз в адипоцитах с последующим использованием жирных кислот в работающих мышцах влияют IL-6 и IL-15 [33, 34]. В мышечной ткани IL-6 запускает каскады биохимических реакций, в результате чего мышечные клетки потребляют больше глюкозы и активно окисляют жирные кислоты, в жировой ткани усиливается липолиз, в печени – расщепление гликогена с образованием глюкозы, в поджелудочной железе – секреция инсулина [35]. В.К. Pedersen et al. [36] отмечено резкое снижение в крови у здоровых добровольцев уровней общего холестерина, аполипопротеина В и триглицеридов в течение 24 ч после введения IL-6. IL-15, выделяемый мышцей, вовлечен в регуляцию висцеральной жировой ткани. Прямой эффект IL-15 на жировую ткань заключается в ингибировании дифференцировки преадипоцитов, стимуляции ли-

полиза, ингибировании липогенеза и стимуляции секреции адипонектина [37, 38, 39].

Такие миокины, как иризин, Metrnl, FGF21 и BAIBA, переводя белый жир в бурый, снижают эндокринную активность жировой ткани [40]. Также Metrnl увеличивает расход энергии, толерантность к глюкозе при ожирении и диабете и ингибирует жировое воспаление [41]. FGF21 снижает уровень сахара и триглицеридов в крови, стимулируя в печени окисление жирных кислот и синтез гликогена, а в жировой ткани увеличивает потребление глюкозы [42].

Некоторые миокины влияют на функции мозга, модулируя интенсивность нейрогуморальной регуляции обмена веществ и энергии с участием гипоталамуса, его связей с гипофизом, улучшая работу нейронных сетей, управляющих организацией движения и взаимодействия с вегетативной регуляцией. Центральное действие миокинов, улучшающее когнитивные и двигательные функции мозга, управление обменом веществ и эмоциями связано с наличием рецепторов к ряду миокинов в нейронах гипоталамуса, со стимуляцией выработки нейротрофических факторов (например BDNF), с усилением нейрогенеза, и это всё наряду с рефлекторной активацией мозга и его кровоснабжения во время физических нагрузок [43, 44]. Предполагается, что именно увеличение церебрального кровотока является ведущим стимулятором для синтеза нейротрофинов и стимуляции работы мозга. Выявлен ряд миокинов, которые могут оказывать системное действие на сосуды при физических нагрузках – это IL-6, IL-8 [45], IL-15 [46], LIF [47], eNOS [48].

Таким образом, при движении совершенствуется вся система управления организмом. Побуждение к движению, запускаемое неокортексом, стимулирует мотонейро-

ны, нервно-мышечные синапсы и дальнейший механизм взаимодействия модуляторных и сократительных белков, а также его обеспечение энергией. Обратная связь от проприорецепторов сокращающихся мышц включает не только коррекцию управления двигательными центрами разных уровней, но и активирует вегетативные центры управления транспортным (система кровообращения, система дыхания) и метаболическим (гипоталамо-гипофизарная связь с органами-мишенями) обеспечением работающих мышц. Наряду с этим включается и гуморальная регуляция, в том числе через секрецию миокинов, которые действуют и на местном, и на системном уровне (регулируют функцию печени, поджелудочной железы, жировой ткани), и на уровне мозга. Таким путем обеспечивается сохранение двигательных и вегетативных функций, их развитие и адаптация к меняющимся условиям жизни, к уровню физической активности на протяжении онтогенеза. Адаптация происходит на всех этапах управления, повышается качество и точность управления, увеличиваются резервы транспортных систем (дыхательной, сердечно-сосудистой), повышается экономичность их работы, увеличивается эффективность энергетического обеспечения работающих мышц не только на уровне миоцитов, но и с участием печени, поджелудочной железы, жировой ткани.

Учитывая рефлекторные и гуморальные влияния с работающих мышц, можно говорить о существенных профилактических свойствах умеренных физических нагрузок на организм человека относительно целого ряда хронических неинфекционных заболеваний, в том числе болезней сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета 2-го типа, метаболического синдрома, дегенеративных заболеваний мозга.

Механизмы оздоравливающего и тренирующего воздействия физических нагрузок разнообразны, влияние миокинов, по видимому, не менее важно в норме и при патологии, чем рефлекторная и нейроэндокринная регуляция висцеральных функций, опосредованная центральной нервной и эндокринной системами по механизму моторно-висцеральной регуляции. Одним из важнейших звеньев патогенеза патологии, обусловленной гиподинамией и возрастным снижением мышечной массы, является в том числе недостаток миокинов, осуществляющих не только регуляцию жирового и углеводного обменов, но и обладающих противовоспалительным действием, подавляющих низкоуровневое воспаление. Противовоспалительное действие миокинов связывают, прежде всего, с IL-6, который подавляет образование ФНО- $\alpha$  и IL-1, а также действует как мощный активатор гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, а кортизол – конечное звено этой системы, оказывает противовоспалительное действие. В высоких концентрациях IL-6 стимулирует также секрецию соматотропного гормона и вазопрессина, но подавляет секрецию тиреотропного гормона и снижает уровень липидов в крови [49–52]. Введение IL-6 повышает в плазме уровень двух противовоспалительных цитокинов – IL-10 и рецепторного антагониста IL-1, а также кортизола, не влияя на базальный уровень ФНО- $\alpha$ . IL-10 является наиболее мощным противовоспалительным цитокином, ингибирующим Т-хелперы 1-го типа и ослабляющим экспрессию поверхностных рецепторов для ФНО- $\alpha$ . Рецепторный антагонист IL-1 способен связываться с рецептором для IL-1, ингибируя тем самым действие как IL-1 $\alpha$ , так и IL-1 $\beta$  [53, 54].



Снижение концентрации миостатина при физических нагрузках уменьшает накопление жира и улучшает метаболизм глюкозы, что открывает перспективу лечения ожирения и диабета [55]. IL-15, выделяемый мышцей, способствует снижению массы висцеральной жировой ткани. Прямой эффект IL-15 заключается в ингибировании дифференцировки преадипоцитов, стимуляции липолиза, ингибировании липогенеза и стимуляции секреции адипонектина [56, 57, 58]. Иризин, метеоринподобный белок Metrn1 и  $\beta$ -аминоизомасляная кислота (BAIBA) переводят белый жир в бурый, в котором жиры сгорают в процессе терморегуляции, а FGF21 стимулирует термогенез в клетках бурого жира и регулирует уровень инсулина при его избытке. С этими эффектами миокинов связывают положительное действие физических упражнений при «болезнях цивилизации» (метаболический синдром, сахарный диабет 2-го типа, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение).

### Выводы

Таким образом, можно сказать, что мышечная активность обеспечивает сохранение и совершенствование управления: движением во все возрастные периоды жизни человека, висцеральными функциями и гомеостазом внутренней среды, механизмами адаптации как к физическим нагрузкам разной сложности и тяжести, так и к другим сопряженным нагрузкам (эмоциональные, температурные и другие стрессы, десинхронозы), высшими когнитивными функциями, эмоциями и их взаимодействием, механизмами постнатального онтогенеза, включая период старения и старости, механизмами противодействия гипокинезии, гиподина-

мии, невесомости, а также профилактику развития болезней цивилизации, связанных с гиподинамией, снижением кинезофилии, при которых формируются нарушения жирового и углеводного обмена на фоне низкоуровневого хронического воспаления. И всё это входит в понятие «Движение – это жизнь».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВОЗ. Неинфекционные заболевания. World Health Organization. Available et: <https://www.who.int>.
2. *Carla M. Prado, Sarah A. Purcell, Carolyn Alish, Suzette L. Pereira, Nicolaas E. Deutz, Daren K. Heyland.* Implications of low muscle mass across the continuum of care: a narrative review. *Annals of Medicine* 2018; 50 (80): 542.
3. *Могендович М.Р.* Кинезофилия и моторно-висцеральная координация. Моторно-висцеральные координации и их нарушения. Пермь 1969; IX: 6–17.
4. *Могендович М.Р.* Рефлекторное взаимодействие локомоторной и висцеральной систем. Л.: Медгиз 1957; 365.
5. *Могендович М.Р.* О рефлекторной регуляции эндокринных органов. Вопросы нейроэндокринной патологии: матер. к седьмой научной конференции по проблемам нейроэндокринной патологии. Горький 1964; 61–62.
6. *Pedersen B.K.* Muscles and their myokines. *J Exptl Biol* 2011; 214 (12): 337–346.
7. *Бельтюков В.И.* Об отдаленных нервных влияниях на деятельность внутренних органов: автореф. ... дис. канд. биол. наук. Л. 1948.
8. *Бельтюков В.И.* О проприоцептивных влияниях на сердечную деятельность. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины* 1947; XXIII (4): 281–283.

9. *Бельтюков В.И., Могендович М.Р.* О проприоцептивных влияниях на внутренние органы. VII Всес. съезд физиологов, биохимиков. М.: Медгиз 1947; 256–257.
10. *Бельтюков В.И.* О влиянии проприоцептивных и субсенсорных тактильных раздражений на моторику желудка. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины 1947; XXIV (1): 47–49.
11. *Скачедуб Г.Е.* Материалы к физиологии внутренних анализаторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь 1954.
12. *Колычев В.П.* К вопросу о роли спинного мозга в афферентной части дуги моторно-висцеральных рефлексов. Сб. тез. и рефератов научных работ Пермского государственного медицинского института. Пермь 1958; 58–59.
13. *Колычев В.П.* О механизмах и путях проприоцептивной регуляции некоторых анимальных и вегетативных функций: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Пермь 1959.
14. *Дмитриева Т.П.* Влияние проприоцепции на некоторые показатели мозгового кровообращения. Патогенез, клиника, лечение и профилактика важнейших заболеваний. Волгоград 1963; 117–119.
15. *Дмитриева Т.П.* О проприоцептивных влияниях на мозговое кровообращение. Сб. моторно-висцеральные и позно-вегетативные рефлексы. Пермь 1965; VI: 32–34.
16. *Дацковский Б.М.* Влияние физических упражнений на вегетативные функции кожи и его механизм: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Донецк 1967.
17. *Скачедуб Г.Е.* О рефлекторном взаимодействии и особенностях возбудимости различных рецепторов. Труды Пермского гос. сельскохозяйственного института им. Прянишникова. Пермь 1954; IVX: 213–227.
18. *Маркин А.Г.* Влияние статических напряжений на эвакуаторную и моторную функцию желудка собак. Сб. тез. и рефератов научных работ Пермского государственного медицинского института. Пермь 1958; 86–87.
19. *Чуваев А.К.* Влияние статических мышечных напряжений на двигательную функцию пищеварительного тракта у человека. Моторно-висцеральные рефлексы в физиологии и клинике. Пермь 1960; II: 189–195.
20. *Старицын А.С.* Клинико-экспериментальное исследование локомоторной и висцеральной систем при шизофрении: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М. 1965.
21. *Дмитриев И.А.* Функциональное соотношение локомоторной и вегетативной систем при эпилепсии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М. 1968.
22. Моторно-висцеральные координации и их нарушения (клинико-физиологические очерки). Пермь 1969; 183.
23. *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А.* Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов н/Д. 1990; 224.
24. *Берг М.Д.* Формирование системных и местных компонентов регуляции транспортного обеспечения локальных нагрузок в онтогенезе человека. Успехи физиологических наук 1994; 25 (1): 61–64.
25. *Берг М.Д.* Транспортная функция системы кровообращения в постнатальном онтогенезе человека и механизмы её адаптации к динамическим локальным нагрузкам: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Казань 1997.
26. *Schnyder S., Handschin Ch.* Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 $\alpha$ , myokines and exercise. Bone 2015; 80: 115–125.
27. *Катилевич Л.В., Кабачкова А.В., Захарова А.Н. и др.* Секреторная функция скелетных мышц: механизмы продукции и физиологические эффекты миокинов. Успехи физиологических наук 2016; 47 (2): 7–26.

28. *Vlodavsky Cao R., Bråkenbielm E., Pawliuk R., Wariaro D., Post M. J., Wablberg E., Leboulch P., Cao Y.* Angiogenic synergism, vascular stability and improvement of hind-limb ischemia by a combination of PDGF-BB and FGF-2 (англ.). *Nature Med* 2003; 9 (5): 604–613.
29. *Wang P., Su TY, Guan J.F., Su D.F., Fan G.R., Miao C.Y.* Wisfatin (Adipocyte Metrnl), the resulting perivascular adipose tissue is a factor in the growth of smooth vascular muscles: the role of nicotinamidmonukleototeotide. *Cardiovasc Res* 2009; 81: 370–380.
30. *Bellido T., Jilka R.L., Boyce B.F., Girasole G., Broxmeyer H., Dahrymple S.A. et al.* Regulation of interleukin-6, osteoclastogenesis, and bone mass by androgens. The role of the androgen receptor. *J Clin Invest* 1995; 95: 2886–2895.
31. *Girasole G., Jilka R.L., Passeri G., Boswell S., Boder G., Williams D.C. et al.* 17 beta-estradiol inhibits interleukin-6 production by bone marrow-derived stromal cells and osteoblasts in vitro: a potential mechanism for the antiosteoporotic effect of estrogens. *J Clin Invest* 1992; 89: 883–891.
32. *Quinn L.S., Anderson B.G., Strait-Bodey L., Stroud A.M., Argilés J.M.* Oversecretion of interleukin-15 From Skeletal Muscle Reduces Adiposity. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009; 296 (1): E191-202.
33. *Quinn L.S., Anderson B.G.* Oversecretion of IL 15 by skeletal muscle reduces adiposity. *Amer J Physiol* 2009; 296 (1): 191–202.
34. *Ajuwon K.M., Spurlock M.E.* Direct regulation of lipolysis by interleukin-15 in primary pig adipocytes. *Amer J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004; 287 (3): 608–611.
35. *Pedersen B.K., Febrario M.A.* Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev* 2008; 88: 1309–1406.
36. *Pedersen B.K.* A Muscular Twist on the Fate of Fat. *N Engl J Med* 2012; 366: 1544–1545.
37. *Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al.* Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.
38. *Busquets S., Figueras M.T., Meijnsing S. et al.* Interleukin-15 decreases proteolysis in skeletal muscle: a direct effect. *J Int J Mol Med* 2005; 16 (3): 471–476.
39. *Quinn L.S., Anderson B.G., Drivdahl R.H. et al.* Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Exp Cell Res* 2002; 280 (1): 55–63.
40. *Bostrom P., Wu J., Jedrychowski M.P. et al.* A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 2012; 481 (7382): 463–468.
41. *Li Z.Y., Zheng S.L., Wang P., Xu T.Y., Guan Y.F., Zhang Y.J., Miao C.Y.* Subfatin is a novel adipokine and unlike Meteorin in adipose and brain expression. *CNS Neurosci Ther* 2014; 20: 344–354.
42. *Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al.* Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.
43. *Matthews V.B., Astrom M.B., Chan M.H.S. et al.* Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia* 2009; 52 (7): 1409–1418.
44. *Erickson K.I., Voss M.W., Prakash R.S., Basak C., Szabo A., Chaddock L., et al.* Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* 2011; 108: 3017–3022.

45. Pedersen B.K., Febbraio M.A. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol* 2012; 8: 457–465.

46. Tamura Y., Watanabe K., Kantani T. et al. Upregulation of circulating IL-15 by treadmill running in healthy individuals: is IL-15 an endocrine mediator of the beneficial effects of endurance exercise? *Endocr J* 2011; 58 (3): 211–215.

47. Broholm C., Laye M.J., Brandt C. et al. LIF is a contraction-induced myokine stimulating human myocyte proliferation. *J Appl Physiol* 2011; 111 (1): 251–259.

48. Cocks M., Shaw C.S., Shepherd S.O. et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. *J Physiol* 2013; 591 (3): 641–656.

49. Schindler R., Mancilla J., Endres S., Ghorbani R., Clark S.C., Dinarello C.A. Correlations and interactions in the production of interleukin-6 (IL-6), IL-1, and tumor necrosis factor (TNF) in human blood mononuclear cells: IL-6 suppresses IL-1 and TNF. *Blood* 1990; 75: 40–47.

50. Heinrich P.C., Castell J.V., Andus T. Interleukin-6 and the acute phase response. *Biochem J* 1990; 265: 621–636.

51. Lyson K., McCann S.M. The effect of interleukin-6 on pituitary hormone release in vivo and in vitro. *Neuroendocrinology* 1991; 54: 262–266.

52. Schmyder S., Handschin Ch. Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 $\alpha$ , myokines and exercise. *Bone* 2015; 80: 115–125.

53. Starkie R., Ostrowski S.R., Jauffred S. et al. Exercise and IL-6 infusion inhibit endotoxin-induced TNF- production in humans. *FASEB J* 2003; 17: 884–886.

54. Steensberg A., Fischer C.P., Keller C. et al. IL-6 enhances plasma IL-1 $\alpha$ , IL-10, and cortisol in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003; 285: E433–E437.

55. Lee S.J., Lee Y.S., Zimmers T.A., Soleimani A., Matzuk M.M., Tsuchida K. et al. Regulation of muscle mass by follistatin and activins. *Mol Endocrinol* 2010; 24 (10): 1998–2008.

56. Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al. Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.

57. Busquets S., Figueras M.T., Meijnsing S. et al. Interleukin-15 decreases proteolysis in skeletal muscle: a direct effect. *J Int J Mol Med* 2005; 16 (3): 471–476.

58. Quinn L.S., Anderson B.G., Drivdahl R.H. et al. Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Exp CellRes* 2002; 280 (1): 55–63.

## REFERENCES

1. VOZ. Non-Infectious Diseases. World Health Organization. Available at: <https://www.who.int>.

2. Carla M. Prado, Sarah A. Purcell, Carolyn Alish, Suzette L. Pereira, Nicolaas E. Deutz, Daren K. Heyland. Implications of low muscle mass across the continuum of care: a narrative review. *Annals of Medicine* 2018; 50 (8): 542.

3. Mogendovich M.R. Kinesophilia and motor-visceral coordination. *Perm'* 1969; IX: 6–17 (in Russian).

4. Mogendovich M.R. Reflex interaction of the locomotor and visceral systems. Leningrad: Medgiz 1957; 365 (in Russian).

5. Mogendovich M.R. Reflex regulation of endocrine organs. *Sb. Voprosy neuroendokrinnoy patologii. Mater. k sed'moy nauchnoy konferentsii po problemam neuroendokrinnoy patologii. Gor'kiy* 1964; 61–62 (in Russian)

6. Pedersen B.K. Muscles and their myokines. *J Exptl Biol* 2011; 214 (12): 337–346.

7. *Bel'tyukov V.I.* On distant neural influences on the activity of internal organs: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Leningrad 1948 (in Russian).

8. *Bel'tyukov V.I.* About proprioceptive effects on cardiac activity. *Byulleten' Eksperimental'noy biologii i meditsiny* 1947; XXIII (4): 281–283 (in Russian).

9. *Bel'tyukov V.I., Mogendovich M.R.* About proprioceptive influences on internal organs. VII Vses. S'ezd fiziologov, biokhimikov Moscow: Medgiz 1947; 256–257 (in Russian).

10. *Bel'tyukov V.I.* On the influence of proprioceptive and sub-sensory tactile stimuli on gastric motility. *Byulleten' Eksperimental'noy biologii i meditsiny* 1947; XXIV (1): 47–49 (in Russian).

11. *Skachedub G.E.* Materials for the physiology of internal analyzers: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Perm' 1954 (in Russian).

12. *Kolychev V.P.* On the question of the role of the spinal cord in the afferent part of the motor-visceral reflex arc. Sb. tez. I referatov nauchnykh rabot Permskogo gos. Meditsinskogo instituta. Perm' 1958; 58–59 (in Russian).

13. *Kolychev V.P.* On the mechanisms and ways of proprioceptive regulation of some animal and autonomic functions: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Perm' 1959 (in Russian).

14. *Dmitrieva T.P.* Influence of proprioception on some parameters of cerebral circulation. V kn. «Patogenez, klinika, lechenie i profilaktika vazhneyshikh zabolevaniy». Volgograd 1963; 117–119 (in Russian).

15. *Dmitrieva T.P.* About proprioceptive effects on cerebral circulation. Sb. motornovistseral'nye i pozno-vegetativnye refleksy. Perm' 1965; VI: 32–34 (in Russian).

16. *Datskovskiy B.M.* The influence of physical exercise on the vegetative functions of the skin and its mechanism: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Donetsk 1967 (in Russian).

17. *Skachedub G.E.* On reflex interaction and peculiarities of excitability of various recep-

tors. Tr. Permskogo gos. sel'skokhozyaystvennogo instituta im. Pryanishnikova. Perm' 1954; IVX: 213–227 (in Russian).

18. *Markin A.G.* The influence of static stress on the evacuation and motor function of the stomach of dogs. Sb. tez. i referatov nauchnykh rabot Permskogo gos. med. instituta. Perm' 1958; 86–87 (in Russian).

19. *Chuvaev A.K.* The influence of static muscle tension on the motor function of the digestive tract in humans. Sb. motornovistseral'nye refleksy v fiziologii i klinike. Perm' 1960; II: 189–195 (in Russian).

20. *Staritsyn A.S.* Clinical and experimental study of the locomotor and visceral systems in schizophrenia: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Moscow 1965 (in Russian).

21. *Dmitriev I.A.* The functional relationship of the locomotor and autonomic systems in epilepsy: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Moscow 1968 (in Russian).

22. Motor-visceral coordination and their disorders (kliniko-fiziologicheskie ocherki) Perm' 1969; 183 (in Russian).

23. *Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A.* Adaptive reactions and body resistance. Rostov-on-Don 1990; 224 (in Russian).

24. *Berg M.D.* Formation of systemic and local components of regulation of transport provision of local loads in human ontogenesis. Uspekhi fiziologicheskikh nauk 1994; 25 (1); 61–64 (in Russian).

25. *Berg M.D.* The transport function of the circulatory system in postnatal human ontogenesis and the mechanisms of its adaptation to dynamic local loads: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Kazan' 1997 (in Russian).

26. *Schnyder S., Handschin Ch.* Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 $\alpha$ , myokines and exercise. *Bone* 2015; 80: 115–125.

27. *Kapilevich L.V., Kabachkova A.V., Zakharova A.N. i dr.* Secretory function of skel-

etal muscles: mechanisms of production and physiological effects of myokines. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* 2016; 47 (2): 7–26 (in Russian).

28. *Vlodavsky Cao R., Bråkenbielm E., Pawliuk R., Wariaro D., Post M.J., Wahlberg E., Leboulch P., Cao Y.* Angiogenic synergism, vascular stability and improvement of hind-limb ischemia by a combination of PDGF-BB and FGF-2 (angl.). *Nature Med* 2003; 9 (5): 604–613.

29. *Wang P., Su T.Y., Guan J.F., Su D.F., Fan G.R., Miao C.Y.* Wisfatin (Adipocyte Metrnl), the resulting perivascular adipose tissue is a factor in the growth of smooth vascular muscles: the role of nicotinamidmonukleotoleotide. *Cardiovasc Res* 2009; 81: 370–380.

30. *Bellido T., Jilka R.L., Boyce B.F., Girasole G., Broxmeyer H., Dalrymple S.A. et al.* Regulation of interleukin-6, osteoclastogenesis, and bone mass by androgens. The role of the androgen receptor. *J Clin Invest* 1995; 95: 2886–2895.

31. *Girasole G., Jilka R.L., Passeri G., Boswell S., Boder G., Williams D.C. et al.* 17 beta-estradiol inhibits interleukin-6 production by bone marrow-derived stromal cells and osteoblasts in vitro: a potential mechanism for the antiosteoporotic effect of estrogens. *J Clin Invest* 1992; 89: 883–91.

32. *Quinn L.S., Anderson B.G., Strait-Bodey L., Stroud A.M., Argilés J.M.* Oversecretion of interleukin-15 From Skeletal Muscle Reduces Adiposity. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009; 296 (1): E191–202.

33. *Quinn L.S., Anderson B.G.* Oversecretion of IL 15 by skeletal muscle reduces adiposity. *Amer J Physiol* 2009; 296 (1): 191–202.

34. *Ajuwon K.M., Spurlock M.E.* Direct regulation of lipolysis by interleukin-15 in primary pig adipocytes. *Amer J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004; 287 (3): 608–611.

35. *Pedersen B.K., Febrario M.A.* Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev* 2008; 88: 1309–1406.

36. *Pedersen B.K.* A Muscular Twist on the Fate of Fat. *N Engl J Med* 2012; 366: 1544–1545.

37. *Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al.* Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.

38. *Busquets S., Figueras M.T., Meijising S. et al.* Interleukin-15 decreases proteolysis in skeletal muscle: a direct effect. *J Int J Mol Med* 2005; 16 (3): 471–476.

39. *Quinn L.S., Anderson B.G., Drivdahl R.H. et al.* Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Exp Cell Res* 2002; 280 (1): 55–63.

40. *Bostrom P., Wu J., Jedrychowski M.P. et al.* A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 2012; 481 (7382): 463–468.

41. *Li Z.Y., Zheng S.L., Wang P., Xu T.Y., Guan Y.F., Zhang Y.J., Miao C.Y.* Subfatin is a novel adipokine and unlike Meteorin in adipose and brain expression. *CNS Neurosci Ther* 2014; 20: 344–354.

42. *Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al.* Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.

43. *Matthews V.B., Astrom M.B., Chan M.H.S. et al.* Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia* 2009; 52 (7): 1409–1418.

44. *Erickson K.I., Voss M.W., Prakash R.S., Basak C., Szabo A., Chaddock L. et al.* Exercise training increases size of hippocampus and im-

proves memory. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* 2011; 108: 3017–3022.

45. Pedersen B.K., Febbraio M.A. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol* 2012; 8: 457–465.

46. Tamura Y., Watanabe K., Kantani T. et al. Upregulation of circulating IL-15 by treadmill running in healthy individuals: is IL-15 an endocrine mediator of the beneficial effects of endurance exercise? *Endocr J* 2011; 58 (3): 211–215.

47. Broholm C., Laye M.J., Brandt C. et al. LIF is a contraction-induced myokine stimulating human myocyte proliferation. *J Appl Physiol* 2011; 111 (1): 251–259.

48. Cocks M., Shaw C.S., Shepherd S.O. et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. *J Physiol* 2013; 591 (3): 641–656.

49. Schindler R., Mancilla J., Endres S., Ghorbani R., Clark S.C., Dinarello C.A. Correlations and interactions in the production of interleukin-6 (IL-6), IL-1, and tumor necrosis factor (TNF) in human blood mononuclear cells: IL-6 suppresses IL-1 and TNF. *Blood* 1990; 75: 40–47.

50. Heinrich P.C., Castell J.V., Andus T. Interleukin-6 and the acute phase response. *Biochem J* 1990; 265: 621–36.

51. Lyson K., McCann S.M. The effect of interleukin-6 on pituitary hormone release in vivo and in vitro. *Neuroendocrinology* 1991; 54: 262–266.

52. Schmyder S., Handschin Ch. Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 $\alpha$ , myokines and exercise. *Bone* 2015; 80: 115–125.

53. Starkie R., Ostrowski S.R., Jauffred S. et al. Exercise and IL-6 infusion inhibit endotoxin-induced TNF-production in humans. *FASEB J* 2003; 17: 884–886.

54. Steensberg A., Fischer C.P., Keller C. et al. IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003; 285: E433–E437.

55. Lee S.J., Lee Y.S., Zimmers T.A., Soleimani A., Matzuk M.M., Tsuchida K. et al. Regulation of muscle mass by follistatin and activins. *Mol Endocrinol* 2010; 24 (10): 1998–2008.

56. Carbo N., Lopez-Soriano J., Costelli P. et al. Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: a potential role in body weight control. *JMB* 2001; 1526 (1): 17–24.

57. Busquets S., Figueras M.T., Meijsing S. et al. Interleukin-15 decreases proteolysis in skeletal muscle: a direct effect. *J Int J Mol Med* 2005; 16 (3): 471–476.

58. Quinn L.S., Anderson B.G., Drivdahl R.H. et al. Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Exp Cell Res* 2002; 280 (1): 55–63.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Материал поступил в редакцию 19.11.2020