

© Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б., 2023

УДК 616-092

Пальцын А.А.^{1,2}, Свиридкина Н.Б.¹

Движение и мышление

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

125315, Москва, Россия, ул. Балтийская, д. 8;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,

123993, Москва, Россия, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

Мозг – мышление управляет активностью мышц, всеми видами движений тела. Постоянный и достаточный объем двигательной и когнитивной (связанной и несвязанной с движением) активности – обязательное условие сохранения физического (двигательного) и когнитивного здоровья. Таким образом, для того, чтобы человек успешно двигался и разумно мыслил следует на протяжении всей жизни сочетать оба вида активности на высоком, но не разрушительном уровне, с обязательным учетом возрастных изменений когниции и моторики. Чем гармоничнее будет сочетание – тем успешнее по качеству и продолжительности жизни будет организм.

Ключевые слова: когниция; сознание; физические нагрузки; фитнес; глутамат; физкультура

Для цитирования: Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б. Движение и мышление. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2023; 67(1): 110-116.

DOI: 10.25557/0031-2991.2023.01.110-116

Участие авторов: концепция и дизайн исследования, написание текста – Пальцын А.А.; сбор, обработка материала, редактирование – Свиридкина Н.Б.. Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все авторы.

Для корреспонденции: Пальцын Александр Александрович, e-mail: lrrp@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 14.07.2022

Принята к печати 26.01.2023

Опубликована 17.03.2023

Paltsyn A.A.^{1,2}, Sviridkina N.B.¹

Movement and thinking

¹Institute of General Pathology and Pathophysiology,

Baltiyskaya St. 8, Moscow, 125315, Russian Federation;

²Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,

Barrikadnaya St, 2/1, Bldg. 1, Moscow, 125993, Russian Federation

The brain, i.e., thinking, controls the muscle activity and all kinds of body movements. Constant and sufficient motor and cognitive (movement-related and -unrelated) activity is a prerequisite for maintaining physical (motor) and cognitive health. Thus, for a person, in order to move successfully and think rationally, both types of activity should be combined throughout life at a high, but not destructive level, with an obligatory consideration of age-related changes in cognition and motor skills. The more harmonious the combination is, the more successful the body will be in terms of the quality of life and life expectancy.

Keywords: cognition; consciousness; physical exercise; fitness; glutamate; physical fitness

For citation: Paltsyn A.A., Sviridkina N.B. Movement and thinking. *Pathological physiology and experimental therapy. Patologicheskaya fiziologiya i eksperimentalnaya terapiya.* 2023; 67(1): 110-116.

DOI: 10.25557/0031-2991.2023.01.110-116

Author's contribution: study concept and design, text writing – Paltsyn A.A.; material collection, editing – Sviridkina N.B. Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all authors.

For correspondence: Aleksandr A. Paltsyn, e-mail @mail.ru

Financing. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare there is no conflict of interest.

Receiving 14.07.2022

Accepting 26.01.2023

Publishing 17.03.2023

Введение

Движение и мышление слова многозначные. Мы имеем в виду и обсуждаем лишь малую область этой обширной темы: активность мышц, её неровную регуляцию и некоторые двигательные и когнитивные результаты взаимодействия мышц и мозга.

О старении населения Земли сегодня знают все и знают, что оно будет продолжаться как следствие увеличения продолжительности жизни. Однако, в этой сфере не всё благополучно и медицинское вмешательство необходимо. Медицина должна уменьшить распространение и тяжесть болезней старости, сдвинуть их в более поздний возраст. Современное старение — это не только увеличение возраста и доли старых в структуре населения, но и возрастание среди старых процента когнитивно недостаточных и физически слабых. Сегодня обсуждаются и применяются несколько способов противодействия этой тенденции. Например, неинвазивной стимуляцией мозга: транскраниальной электрической стимуляцией (ТЭС) и транскраниальной магнитной стимуляцией (ТМС) [1].

Авторы обзора представили результаты литературного поиска, указывающие на принципиальную *возможность* исправления воздействиями ТЭС и ТМС ментальной и физической деградации -- нарушений речи.

Регулярные аэробные нагрузки, в среднем и пожилом возрасте, могут обеспечить защиту мозга от возрастного когнитивного снижения, профилактику и лечение гипертонической болезни [2]. Авторы подчеркивают необходимость индивидуализации программ физических нагрузок. Их продолжительность и интенсивность не должны превышать возможности индивида-пациента, но в этой рамке должны быть близки к максимуму.

Китайско-американский коллектив опубликовал результаты метаанализа 17 исследований с 9949 участниками [3] показавшего, что малая скорость ходьбы в значительной степени связана с повышенным риском снижения когнитивных функций и развитием деменции у пожилых людей.

Определив влияние скорости ходьбы на когнитивные функции, тот же коллектив занялся анализом литературы по связи походки с развитием инсульта [4]. Рассмотрены 2229 случаев инсульта. Сделан вывод, что вероятность инсульта обратно пропорциональна скорости ходьбы.

Быстрая походка — 5,6 км/час снижает риск инсульта на 44%, а на каждый 1 км/ч увеличения скорости ходьбы риск инсульта понижается на 13%.

Когнитивные нарушения при медленной ходьбе сочетались с сокращением объема гиппокампа в правом полушарии [5]. Для снижения риска возрастных когнитивных изменений, «сдвигания» их в более поздний возраст Rosso с соавторами предложили усложненный стиль походки: рекомендована быстрая ходьба и/или ходьба с двойной задачей, иными словами, усиление когнитивной составляющей ходьбы [6]. Ускоренная походка и ходьба с двойной задачей замедляли развитие возрастной когнитивной недостаточности. Быстрая ходьба и ходьба с двумя задачами могут явиться простыми и эффективными способами предотвращения или, по крайней мере, хронологической задержки снижения когнитивных функций у пожилых людей.

Анализом 2229 случаев инсульта со средним возрастом больных 63.6 года, средним сроком постинсультного наблюдения 8 лет, определили группы медленно ходящих — 1.6 км/час и быстро ходящих — 5.6 км/час. У последних риск инсульта был на 44% ниже. Констатировали по сути прямую связь вероятности инсульта со скоростью ходьбы, а также снижение заболеваемости на 13% с увеличением скорости ходьбы на 1 км/час [4].

Характерные для саркопении трудности движения часто сочетаются с когнитивными ограничениями. В исследовании [7] было 1175 участников, со средним возрастом 80.9 года, 77% женщин. Нередко саркопения сочеталась с болезнью Альцгеймера или умеренной когнитивной недостаточностью. Мышечная недостаточность проявлялась, в основном, утратой силы (кисти), а не массы мышц. Срок наблюдения 5,6 года. Более выраженная саркопения на старте наблюдения часто сочеталась с последующим развитием болезни Альцгеймера и ускорением когнитивной деградации. Авторы заключают, что мышечная функция (точнее, её недостаточность), а не мышечная масса предрасполагает к развитию болезни Альцгеймера, умеренным когнитивным нарушениям и снижению физической силы.

Литература о связи движение-когниция огромна. Ради популярности ссылаемся на публикацию широко известного учреждения — клиники Майо [8]. Определяли могут ли физические нагрузки препятствовать развитию деменции у пожилых (>70 лет, в среднем 81 год) людей с умеренными когнитивными нарушениями в начале исследования (280 участников исследования, 165 мужчин, средний срок наблюдений — 3 года). Проведен регрессионный анализ результатов исследования с поправкой на пол, образование, сопутствующие заболевания, депрессию. В исследованном контингенте физические нагрузки умеренной интенсивности в среднем возрасте существенно уменьша-

ли (устраняли, сдвигали в поздний возраст) риск деменции. Нагрузки средней интенсивности в позднем возрасте также подавляли проявления деменции. Резюме: физическая активность в старости задерживает проявления умеренной когнитивной недостаточности.

Авторы бразильско-австралийского исследования с 2040 участниками доложили, что среди двигательных людей деменция (умеренные когнитивные нарушения) развивалась в 9 раз реже в сравнении с пассивными [9]. Метаанализ таких клинических результатов был осуществлен Chuui Ma с сотрудниками [10]. В 13 рандомизированных клинических исследованиях с 514 участниками они нашли, что физические нагрузки благоприятно изменяют концентрации BDNF, других факторов роста, цитокинов. Концентрации стимуляторов и нейропротекторов — увеличиваются, блокаторов и проинфламаторных веществ — снижаются. Такими событиями авторы объясняют молекулярный механизм когнитивных улучшений достигаемых физическими нагрузками. Исследования показывают эффективность этого механизма. Так даже при умеренной физической активности снижается риск всех видов деменции. У людей 80 лет и старше с умеренной или интенсивной двигательной нагрузкой снижался риск развития всех видов деменции равно или даже значительно, чем в выборках более молодых (50-69 лет), но физически пассивных лиц [11]. Аэробные нагрузки сохраняют и даже увеличивают размер гиппокампа, снижающийся у физически пассивных сверстников, повышают содержание BDNF в сыворотке и улучшают пространственную память [12]. Сила сжатия кисти — многократно проверенный, простой и широко используемый, интегральный показатель общего состояния здоровья, который теперь многими и резонно воспринимается как индекс риска психических заболеваний и нейродегенерации у пожилых людей [13].

В статье Rongtao Jiang и соавт. [13] сообщается об исследовании более 40 000 участников контингента британского биобанка. Изучалась связь силы кисти с показателями здоровья. Обнаружили, что большая сила кисти рук была связана с лучшим когнитивным статусом, высокой удовлетворенностью жизнью, субъективным благополучием, отсутствием симптомов депрессии и тревоги. При контроле многих демографических, антропометрических и социально-экономических факторов, здоровье и даже финансовая удовлетворенность были прямо связаны с силой кисти. Например, исследования в популяционном масштабе выявили устойчивую связь между максимальной силой кисти и выполнением когнитивных задач по вербальному мышлению, времени реакции и рабочей па-

мяти как у населения в целом, так и у людей с шизофренией, биполярным расстройством или депрессией. Вполне разумным представляется использование силы кисти для диагностики и контроля терапевтических эффектов. Результаты биобанка выявили выраженную прямую связь между большей силой кисти и увеличением объема серого вещества, особенно в подкорковых областях и височной коре. В целом, используя для убедительности крупнейший доступный в настоящее время набор данных (более 40000) можно и нужно в качестве эффективного способа сохранения здоровья и эмоционального комфорта на протяжении всей жизни развивать и поддерживать силу мышц предплечья.

Люди с ментальными болезнями часто бывают физически слабее представителей генеральной популяции и характеризуются укороченной сравнительно с последними продолжительностью жизни. Причем, укорочение не вследствие ментальной болезни, а от других причин, например, сердечно-сосудистой патологии. Частой причиной такого положения является малоподвижный образ жизни, постоянное физическое «нездоровье», неизбежное при таком образе жизни, уже вследствие малой концентрации миокинов в крови.

Международный коллектив (14 авторов из 5 стран) исследовал связь силы мышц кисти с деменцией и обусловленной деменцией смертностью [14]. Масштаб исследования уникальный — 466 830 участников со средним периодом наблюдений за каждым — 9 лет. Анализировали 4087 случаев деменции и 1309 смертей. «Малая сила хвата» оказалась статистически значимо связанной с высоким риском развития деменции и смертности от неё ($p < 0.001$). Деменция и смертность существенно не зависели от множества других факторов, умоглядно могущих повлиять на заболеваемость и смертность. У людей со слабыми кистями повышались частота развития сердечно-сосудистых, респираторных болезней, рака и общей смертности. «Слабый хват» воплотился в весомый предиктор развития болезни Альцгеймера. Авторы определили, что снижение силы кисти на 5 кг повышает на 14% риск развития деменции от любых причин и на 17% риск смерти от деменции.

Перейдем от медицинского значения «хвата» к здравоохранительной роли физических нагрузок вообще. Есть серьезные основания признать, что многовековая мечта всех народов о панацее в большой степени не мечта, а отражение объективной реальности — существования и широкой известности способа профилактики и лечения, если не «всех болезней», то большинства. Эта панацея называется движением, физическими нагрузками. В. Pedersen и В. Saltin в сво-

ей статье-монографии [15] показали, что миокины, выделяемые в кровь работающими мышцами – химический посредник благотворного действия физических нагрузок на структуру и функцию без преувеличения всех органов и систем организма, важнейший профилактический и лечебный фактор большинства современных «незаразных» пандемий. Наиболее популярный миокин – нейротрофический фактор мозга – BDNF. Он, хотя и фактор мозга, всё же истинный миокин, поскольку [16]. Matthews с сотрудниками [17]. выяснили, что у местного, мышцами созданного BDNF, есть и местная, мышечная задача – регенерация и дифференцировка миобластов [18].

Гораздо длиннее известный сегодня список местных функций, выполняемых тем BDNF, который синтезируется при физических нагрузках в мозге. Роль и значение BDNF обусловлены его связью с серотонинэргической системой мозга и, следовательно, участием в регуляции многих состояний и форм поведения: гомеостаза глюкозы и липидного метаболизма, сна и бодрствования, настроения, способности к физическим нагрузкам, агрессивности, сексуальности, стресс устойчивости, нейроэндокринной регуляции, склонности-устойчивости к депрессии и суициду. BDNF оказывает выраженное стимулирующее влияние на нейропластичность и нейрогенез. Наиболее высокие концентрации BDNF находят в неокортексе, гиппокампе, мозжечке, миндалине [19].

Интересны результаты шведско-американского коллектива ученых, сравнившего содержание BDNF в сыворотке здоровых 70-летних людей (58% женщин) после 35-минутной физической или когнитивной нагрузки. Все занятия повышали содержание BDNF, но двигательная нагрузка значительно больше других [20].

Задачи, созданной мышечной работой BDNF, в мозге многочисленны. Например, он играет ключевую роль в обучении и памяти. В рандомизированном исследовании [21] пожилых людей (средний возраст 67,6 года) обнаружено, что аэробные нагрузки в течение года увеличили объем гиппокампа на 2%. Тогда как без нагрузок он уменьшается за это время на 1-2%. У тренирующихся повышалось содержание BDNF в сыворотке, улучшалась память. Результаты этой работы снискали большую популярность (785 цитирований к 11.08.19) и развитие, в котором нам кажется интересной статья из Магдебурга [22]. Авторы сравнили нейропластические эффекты двух видов физической активности (спорт и танцы) одинаковых по продолжительности сеанса у людей в возрасте 63-80 лет. Срок тренинга – 18 месяцев. В обеих группах отмечено улучшение внимания и вербальной памяти.

Однако, у танцоров было выше содержание BDNF в плазме, объем прецентральной извилины и парагиппокампальной извилины. В спортивной группе изменения этих объемов либо отсутствовали, либо не были статистически значимыми. Авторы объясняют результат тем, что у танцоров физическая нагрузка совмещалась с когнитивной. На наш взгляд, эмоциональность музыки и психологической поддержки занятия мощно усиливали когнитивную составляющую танца. В танцевальном исследовании греческих авторов [23] 130 человек старше 60 лет (средний возраст 67) танцевали в течение 32 недель 2 раза в неделю по 75 мин. Перед началом и после окончания исследования участники прошли испытания во многих двигательных тестах и показали существенное улучшение силы, гибкости, ловкости, баланса. И, что очень важно, у пожилых людей улучшалось самочувствие, повышались самостоятельность, самооценка.

Физические нагрузки (кардиореспираторный фитнес от умеренной до высокой интенсивности) у мужчин и женщин снижают уровень смертности от сердечно-сосудистых заболеваний независимо от возраста, телосложения, курения и других риск-факторов. В том числе нагрузки снижают наряду с ограничением питания [24] риск смерти, обусловленный ожирением. Для совершенствования терапии данные фитнеса должны включаться в традиционные показатели клинических исследований наряду с артериальным давлением и химией крови [25].

Duck-chul Lee и соавт. [26] считают данные кардиореспираторного фитнеса наиболее точными показателями развития болезни и вероятно риска смерти по сравнению с другими (традиционными) риск-факторами (гипертонической болезнью, диабетом, курением, тучностью). Фитнес повышает инсулин-чувствительность, нормализует липидный профиль крови, улучшает телосложение, ослабляет интенсивность воспаления, снижает артериальное давление.

Органичность связи движения с мышлением проявляется в частом использовании людьми жестов для того, чтобы усилить впечатление, подчеркнуть, «иллюстрировать» важные по мнению рассказчика особенности сюжета [25]. Нервная система управляет работой мышц, обеспечивает их связь с головным и спинным мозгом. Короткие веретеновидные клетки гладких мышц образуют пластины. Сокращаются они медленно и ритмично, подчиняясь сигналам вегетативной нервной системы. Медленные и длительные их сокращения происходят произвольно, без непосредственной зависимости от сознания и желания человека. Мышечное волокно поперечно-полосатых мышц представ-

ляет собой многоядерную клетку. Мышечное сокращение — реакция мышечных клеток на воздействие нейромедиатора ацетилхолина — биологически активного химического вещества, посредством которого осуществляется передача электрохимического импульса от нервной клетки.

Глутаминовая кислота (глутамат) — главный возбуждающий нейромедиатор в нервной системе позвоночных и посредник в интересующей нас связи: мышление—движение [27]. Глутамат является наиболее распространенной аминокислотой в мозге участвует в нескольких метаболических путях. При избыточном возбуждении клетки могут гибнуть в процессе, который сейчас называют «эксайтотоксичностью». Такое действие обусловлено наличием глутаматных рецепторов на поверхности клеток головного мозга. Мощные системы поглощения (переносчиков глутамата) предотвращают чрезмерную активацию этих рецепторов, непрерывно удаляя глутамат из внеклеточной жидкости головного мозга. Кроме того, гематоэнцефалический барьер защищает мозг от глутамата крови. Самые высокие концентрации глутамата обнаруживаются в синаптических везикулах нервных окончаний, откуда он может высвободиться путем экзоцитоза. Фактически, глутамат является основным возбуждающим нейротрансмиттером в центральной нервной системе млекопитающих. Однако потребовалось много времени, чтобы понять это. За пределами сообщества ученых-биомедиков глутамат, наиболее известный как «глутамат натрия» — представляет собой натриевую соль глутаминовой кислоты: белое кристаллическое вещество, используемое в качестве усилителя вкуса или/и аромата в пищевых продуктах. В этой роли он особенно популярен в Китае. Сегодня нередко он маскирует присутствие некачественных компонентов пищи. Конечно, не аромат является причиной огромного научного интереса к глутамату. Причина в том, что глутамат — главный возбуждающий трансммиттер в мозге. Глутамат-рецептор экспрессируется на мембране нейронов и возбуждается фактором (глутаматом) внеклеточной жидкости. Поскольку во внеклеточном пространстве нет ферментов, способных расщеплять глутамат, низкие внеклеточные концентрации требуют поглощения клетками. Это поглощение катализируется семейством транспортных белков, расположенных на клеточной поверхности как астроцитов, так и нейронов. Глутамат является основным медиатором возбуждающих сигналов, пластичности нервной системы, включая элиминацию клеток. Он должен присутствовать в нужных концентрациях в нужных местах в нужное время и удаляться со скоростью, избав-

ляющей от перенасыщения. Из этого следует, что концентрация регулируется очень тонко и клетки должны иметь адекватную чувствительность к глутамату. Точнее, к нормальным концентрациям глутамата в мозге. Избыточная активация рецепторов глутамата, подобно повышению его концентрации, может губить нейроны — процесс, называемый эксайтотоксичностью [28].

Одна из главных проблем современной медицины — продление срока когнитивного и физического благополучия. Для развития теории и практического совершенствования связи движение-мышление важно определить оптимальное сочетание физических и когнитивных нагрузок. Прежде всего, для пожилых людей как группы риска. F. Gheysen и соавт. [29] провели анализ 41 публикации по данной теме, рассматривая влияние обособленных или сочетанных когнитивных и физических упражнений. Физические нагрузки улучшали когнитивные показатели пожилых людей, но слабее, чем при сочетании физических нагрузок с когнитивными. Когнитивные показатели при последовательном добавлении к когнитивным нагрузкам физических тренировок существенно не менялись. При синхронном проведении когнитивных и физических тренировок когнитивные показатели достоверно улучшались. Умеренные когнитивные нарушения у человека до старта тренировок не отменяли положительного действия когнитивных тренировок [30]. Врачи клиники Mayo исследовали 2060 когнитивно нормальных мужчин и женщин в возрасте ≥ 70 лет. Физическая активность с 50 лет до поступления в клинику определялась опросом. Физические нагрузки малой интенсивности до поступления в клинику обеспечивали лучшее сохранение памяти, сравнительно с физически пассивным поведением до клиники ($p=0.004$). Большая физическая активность в прошлом сочеталась со свободной, грамотной речью, заметной общей культурой, лучшим сохранением внимания.

Современные рекомендации [31] по продлению возраста физически и когнитивно благополучной старости предлагают в качестве программы-минимум 150 минут аэробной нагрузки умеренной интенсивности в неделю (по 30 мин 5 дней) или 60 минут еженедельных нагрузок высокой интенсивности (по 20 мин 3 дня). Как способ не только сохранения, но даже улучшения когнитивных/исполнительных функций авторы предлагают комплекс силовых (resistance) упражнений для верхних и нижних конечностей. С усилием 60–80% от личного максимума, частотой нагрузок 2 дня в неделю с максимально возможным для исполнителя числом повторений. Авторы подчеркивают, что для неподготовленных и слабых все указанные величины должны разумно снижаться.

Следует иметь в виду, что создание рекомендаций по образу жизни должно учитывать и быстрое сегодня изменение внешней среды влияющее даже на молодые, легче приспособляющиеся к изменениям (пластичные) организмы [32].

В заключение о высших возможностях и достижениях человека и человечества в синтезе движения и мышления. Высший результат соединения движения и мышления -- это музыка. Формально и в точном значении слова, она создается движением, но адресована мышлению и воспринимается им. Например – фортепиано. Невыразимые словами красота, изящество, оригинальность мысли, чувств в произведениях Рахманинова, Чайковского, Шопена, Моцарта, Листа создаются, как представляется слушателю, «невозможными» по скорости, точности, разнообразности, чувственности, трепетности движений пальцев исполнителя. Изобретением музыки и инструментов человек компенсировал недостаточную, как он понял после изобретения музыки, выразительность речи. Стал выражать то, что словами выразить нельзя. Роскошно обогатил то, что мы называем душой, – мир своих чувств, настроений, желаний возможностью сообщать это другим людям.

Литература

(п.п. 2–15; 17–23; 25–31 см. References)

1. Попыванова А.В., Корякина М.А., Помелова Е.Д., Илюкина Н.А., Агранович О.Е., Шестакова А.Н., Благовещенский Е.Д. Возможность повышения эффективности коррекции двигательных навыков и когнитивных функций с помощью неинвазивной стимуляции мозга. *Журнал ВНД*. 2022; 72(5): 3–42.
16. Пальцын А.А. Миокины. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2020; 64(1): 135–41. DOI: 10.25557/0031-2991.2020.01.135-141
24. Фефелова Ю.А., Мурашев Б.Ю. Влияние ограничения калорийности питания на процессы старения и развитие нейродегенеративных заболеваний. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2022; 66(3): 166–76.
32. Панкова Н.Б. Повышение величины систолического артериального давления у подростков за период с 2004 по 2020 годы при регистрации в учебное время. *Патогенез*. 2022; 20(2): 45–54.

References

1. Popivanova A.V., Koryakina M.A., Pomelova E.D., Ilyukina N.A., Agranovich O.E., Shestakova A.N., et al. The possibility of improving the effectiveness of correction of motor skills and cognitive functions using non-invasive brain stimulation. *Zhurnal VND*. 2022; 72(5): 623–42.
2. Peila R., White L.R., Masaki K., Petrovitch H., Launer L.J. Reducing the risk of dementia: efficacy of long-term treatment of hypertension. *Stroke*. 2006; 37(5): 1165–70.
3. Minghui Quan, Pengcheng Xun, Cheng Chen, Ju Wen, Yiyu Wang et al. Walking pace and the risk of cognitive decline and dementia in

- elderly populations: a meta-analysis of prospective cohort studies. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2017; 72(2): 266–70.
4. Minghui Quan, Pengcheng Xun, Ru Wang, Ka He, Peijie Chen. Walking pace and the risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *J Sport Health Sci*. 2020; 9(6): 521–9.
5. Rosso A.L., Verghese J., Metti A.L., Boudreau R.M., Aizenstein H.J., Kritchevsky S., et al. Slowing gait and risk for cognitive impairment: The hippocampus as a shared neural substrate. *Neurology*. 2017; 89: 336–42.
6. Andrea L. Rosso, Andrea L. Metti, Kimberly Faulkner, Mark Redfern, Kristine Yaffe, Lenore Launer, et al. Complex walking tasks and risk for cognitive decline in high functioning older adults. *J Alzheimers Dis*. 2019; 71(s1): S65–S73.
7. Michal S. Beeri, Sue E. Leurgans, Osvaldo Delbono, David A. Bennett, Aron S. Buchman. Sarcopenia is associated with incident Alzheimer's dementia, mild cognitive impairment, and cognitive decline. *J Am Geriatr Soc*. 2021; 69(7): 1826–35.
8. Janina Krell-Roesch, Nathanael T. Feder, Rosebud O. Roberts, Michelle M. Mielke, Teresa J. Christianson et al. Leisure-time physical activity and the risk of incident dementia: the mayo clinic study of aging. *J Alzheimers Dis*. 2018; 63(1): 149–55.
9. Natan Feter, Samuel C Dumith, Emily C Smith, Larissa L da Cunha, Júlia Cassuriaga, Jayne S Leite et al. Physical activity attenuates the risk for dementia associated with aging in older adults with mild cognitive impairment. Findings from a population-based cohort study. *J Psychiatr Res*. 2021; Sep; 141:1–8.
10. Chuyi Ma ,Miaoran Lin , Jiahui Gao , Shurui Xu , Li Huang , Jingfang Zhu et al. The impact of physical activity on blood inflammatory cytokines and neuroprotective factors in individuals with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Aging Clin Exp Res*. 2022; Jul;34(7):1471-1484.
11. Feter N., Dumith S.C., Smith E.C., da Cunha L.L., Cassuriaga J., Leite J.S., et al. Physical activity attenuates the risk for dementia associated with aging in older adults with mild cognitive impairment. Findings from a population-based cohort study. *J. Psychiatr. Res*. 2021; 141: 1–8.
12. 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. USA*. 2011; 108: 3017–22.
13. Rongtao Jiang, Margaret L. Westwater, Stephanie Noble, Matthew Rosenblatt, Wei Dai, Shile Qi et al. Associations between grip strength, brain structure, and mental health in > 40,000 participants from the UK Biobank. *BMC Med*. 2022; 20: 286.
14. Irene Esteban Cornejo, Frederick K. Ho, Fanny Petermann Rocha, Donald M. Lyall, David Martinez Gomez, Verónica Cabanas Sánchez et al. Handgrip strength and all-cause dementia incidence and mortality: findings from the UK Biobank prospective cohort study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022; 13(3): 1514–25.
15. Pedersen B.K., Saltin B. Exercise's medicine – evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25 Suppl. 3: 1–72.
16. Paltsyn A.A. Myokines. *Patologicheskaya fiziologiya I eksperimentalnaya terapiya*. 2020; 64(1): 135–41. DOI: 10.25557/0031-2991.2020.01.135-141
17. Matthews V.B., Astrom M.B., Chan M.H., Bruce C.R., Krabbe K.S., Prelovsek O. 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 1409–14183522.

18. Clow C., Jasmin B.J. Brain-derived neurotrophic factor regulates satellite cell differentiation and skeletal muscle regeneration. *Mol. Biol. Cell.* 2010; 21: 2182–90.
19. Benarroch E.E. Brain-derived neurotrophic factor: Regulation, effects, and potential clinical relevance. *Neurology.* 2015; 84: 1693–704.
20. Hakansson K., Ledreux A., Daffner K., Terjestam Y., Bergman P., Carlsson R., et al. BDNF Responses in healthy older persons to 35 minutes of physical exercise, cognitive training, and mindfulness: associations with working memory function. *J Alzheimers Dis.* 2017; 55(2): 645–65.
21. 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. USA.* 2011; 108; **3017–227**.
22. Müller P., Rehfeld K., Schmicker M., Hökelmann A., Dordevic M., Lessmann V., et al. Evolution of neuroplasticity in response to physical activity in old age: the case for dancing. *Front Aging Neurosci.* 2017; Mar14; 9: 56.
23. Douka S., Zilidou V.I., Lilou O., Manou V. Traditional dance improves the physical fitness and well-being of the elderly. *Front Aging Neurosci.* 2019; Apr5; 11:75.
24. Fefelova Yu.A., Murashev B.Yu. The effect of calorie restriction on the aging process and the development of neurodegenerative diseases. *Patologicheskaya fiziologiya I eksperimentalnaya terapiya.* 2022; 66(3): 166–76.
25. Duck-chul Lee, Enrique G Artero, Xuemei Sui and Steven N Blair. Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol.* 2010 Nov; 24(4 suppl.): 27–35.
26. Autumn B. Hostetter & Martha W. Alibali. Gesture as simulated action: Revisiting the framework. *Psychonomic Bulletin & Review.* 2019; vol. 26: 721–52.
27. Zhou Y., Danbolt N.C. Glutamate as a neurotransmitter in the healthy brain. *J Neural Transm (Vienna).* 2014; 121(8): 799–817.
28. Hertz L. The glutamate-glutamine (GABA) cycle: importance of late postnatal development and potential reciprocal interactions between biosynthesis and degradation. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2013; 4: 59.
29. Freja Gheysen, Louise Poppe, Ann De Smet, Stephan Swinnen, Greet Cardon, Ilse De Bourdeaudhuij, et al. Physical activity to improve cognition in older adults: can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects? A systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018; 15: 63.
30. Janina Krell-Roesch, Jeremy A. Syrjanen, Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Bettina Barisch-Fritz, Klaus Boes, et al. Physical activity and trajectory of cognitive change in older persons: mayo clinic study of aging. *J. Alzheimers Dis.* 2021; 79(1): 377–88.
31. Neva J. Kirk-Sanchez1, Ellen L. McGough. Physical exercise and cognitive performance in the elderly: current perspectives. *Clin Interv Aging.* 2014; 9: 51–62.
32. Pankova N.B. Increase in systolic blood pressure in adolescents for the period from 2004 to 2020 when registering during school hours. *Pathogenez.* 2022; 20(2): 45–54.

Сведения об авторах:

Пальцын Александр Александрович, доктор биол. наук, проф., лауреат Государственной премии СССР, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИОПП; проф. каф. общей патологии и патофизиологии ФГБОУ ДПО РМАНПО;
Свиридкина Надежда Борисовна, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИОПП.