

Влияние физической нагрузки на обменные процессы у пациентов с метаболическим синдромом (лекция)

Профессор И.В. Мисникова, к.м.н. Ю.А. Ковалева

ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», Москва

РЕЗЮМЕ

В современном мире условия жизни человека таковы, что время, которое он проводит физически активно, уменьшается. Получены доказательства того, что сидячий образ жизни ведет к увеличению распространенности в популяции ожирения, считается фактором риска развития различных хронических заболеваний, метаболических нарушений. Физические упражнения способствуют улучшению обмена веществ, кардиопротекции, снижению инсулинорезистентности, а также ведут к улучшению окислительной способности и общего состояния здоровья. Механизмом, посредством которого физические упражнения оказывают благотворное влияние на метаболизм мышц и всего организма, возможно, является участие в регуляции катаболических и анаболических процессов в зависимости от энергетических потребностей, а также улучшение митохондриальной функции посредством активации митохондриального биогенеза и ремоделирования, увеличения плотности митохондрий и их жизнеспособности. Рассматриваются виды физической активности, проводится оценка ее уровня. Делается вывод о том, что регулярная физическая активность, включающая аэробные и анаэробные физические упражнения, должна быть неотъемлемым компонентом профилактики и лечения метаболических нарушений, в т. ч. метаболического синдрома.

Ключевые слова: физическая активность, метаболизм, митохондрии, метаболический синдром, АТФ.

Для цитирования: Мисникова И.В., Ковалева Ю.А. Влияние физической нагрузки на обменные процессы у пациентов с метаболическим синдромом (лекция) // РМЖ. 2018. № 1 (I). С. 8–11.

ABSTRACT

Influence of physical activity on the metabolic processes in patients with metabolic syndrome (lecture)

I.V. Misnikova, Yu.A. Kovaleva

Moscow Regional Research and Clinical Institute named after M.F. Vladimirovskiy, Moscow

In the modern world, the conditions of human life lead to reducing the time of physical activity of a person. It has been proved, that sedentary lifestyle results in an increased obesity among population, it is also considered to be a risk factor for the development of various chronic diseases and metabolic disorders. Physical exercises help to improve metabolism and cardioprotection, reduce insulin resistance, and lead to a better oxidative ability and overall health. Physical exercises improve the metabolism in muscles and in the whole organism. This may be due to their participation in the regulation of catabolic and anabolic processes depending on energy needs, as well as the improvement of mitochondrial function by activating mitochondrial biogenesis and remodeling, increasing the density of mitochondria and their viability. The types of physical activity are considered, the level of physical activity is assessed. It is concluded, that regular physical activity, including aerobic and anaerobic exercises, should be an integral component of the prevention and treatment of metabolic disorders, including metabolic syndrome.

Key words: physical activity, metabolism, mitochondria, metabolic syndrome, ATP

For citation: Misnikova I.V., Kovaleva Yu.A. Influence of physical activity on the metabolic processes in patients with metabolic syndrome (lecture) // RMJ. 2018. № 1 (I). P. 8–11.

СНИЖЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАК ПРИЧИНА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Физическая активность является неотъемлемым компонентом поддержания метаболического здоровья. Положительное влияние регулярных физических упражнений заключается в целом комплексе процессов, отражающихся на обмене веществ, в т. ч. гомеостазе липидов и углеводов, а также поддержании мышечной массы. Условия жизни человека, особенно в больших городах, иногда особенности профессиональной деятельности таковы, что время, которое человек проводит физически активно, уменьшается, и, на-

оборот, увеличивается время, проведенное за компьютером в офисе или дома, либо перед телевизором. Получены доказательства того, что сидячий образ жизни ведет к увеличению распространенности в популяции ожирения, а также считается фактором риска развития различных хронических заболеваний, в т. ч. метаболических нарушений [1]. Так, в исследовании NIH-AARP Diet and Health Study [2], в котором приняли участие 240 819 человек в возрасте 50–71 год, оценивалось влияние общего времени, проведенного сидя, и физической нагрузки умеренной интенсивности на смертность. Было показано, что время, проведенное за телевизором (≥ 7 ч

по сравнению с <1 ч/день), ассоциировано с большим риском смерти от всех причин (HR: 1,61; 95% ДИ: 1,47–1,76), сердечно-сосудистой смертностью (HR: 1,85; 95% ДИ: 1,56–2,20) и раком (HR: 1,22; 95% ДИ: 1,06–1,40). При этом даже включение в распорядок дня физической активности умеренной интенсивности (>7 ч/нед.) не давало преимуществ в отношении риска смерти от всех причин (HR: 1,47; 95% ДИ: 1,20–1,79) и сердечно-сосудистой смертности (HR: 2,00; 95% ДИ: 1,33–3,00) по сравнению с теми, кто проводил <1 ч/день за просмотром телепередач. Возможно, увеличение рисков смертности во время длительного нахождения в положении сидя связано с тем, что уменьшение сокращений скелетных мышц может приводить к снижению активности липопротеинлипазы – фермента, гидролизующего жиры липопротеинов, и к уменьшению клиренса триглицеридов, что приводит к развитию центрального ожирения, повышению уровня триглицеридов. Отмечено, что сокращение времени, проведенного в положении сидя, в большей степени усиливает активность липопротеинлипазы, чем включение в распорядок дня тренировок без сокращения времени сидя [3]. Влияние на углеводный обмен может осуществляться через снижение стимулированной секреции инсулина, развитием инсулинорезистентности вследствие снижения содержания GLUT-4, который является переносчиком глюкозы в мышцах.

В исследовании, проведенном в Австралии с участием 222 497 человек (621 695 человеко-лет), изучалась взаимосвязь времени, проведенного сидя, и смертности от всех причин. Было показано, что риск смертности от всех причин увеличивался пропорционально времени, проведенному в положении сидя (от 4 до 8 ч, от 8 до 11 ч, более 11 ч), в сравнении с теми, кто проводил в сидячем положении менее 4 ч: 1,02 (95% ДИ: 0,95–1,09), 1,15 (1,06–1,25) и 1,40 (1,27–1,55) соответственно [4].

Физические упражнения способствуют улучшению обмена веществ, кардиопротекции, снижению инсулинорезистентности, а также ведут к улучшению окислительной способности и общего состояния здоровья [5, 6]. Недостаток физической активности с возрастом может провоцировать быстрое снижение мышечной массы и развитие саркопении (снижение силы, функциональной способности и объема мышц), а саркопения является независимым фактором риска неблагоприятных исходов, таких как инвалидность, ухудшение качества жизни и смертность [7, 8]. Комбинируя различные виды физической активности, можно не только снизить избыточный вес, но и замедлить потерю мышечной массы, возникающую как с увеличением возраста, так и вследствие различных заболеваний.

Регулярные физические упражнения способствуют улучшению *физической формы*, которая включает в себя подготовленность сердечно-сосудистой и дыхательной системы – так называемый кардиореспираторный резерв; а также силу, выносливость, мощность, чувство равновесия, координацию движений, реакцию, быстроту. По данным D.C. Lee et al. отмечено, что низкий кардиореспираторный резерв по сравнению с высоким резервом ассоциирован с увеличением риска смерти (рис. 1) [9].

Важным показателем состояния физической формы является соотношение жировой и мышечной массы. При выборе вида физической активности следует учитывать состояние физической формы по всем параметрам для ее гармоничного улучшения.



Рис. 1. Риск смерти в зависимости от кардиореспираторного резерва

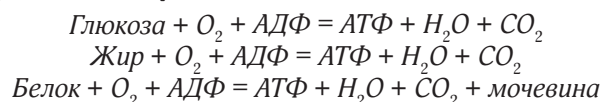
Влияние физической активности на митохондриальную функцию

Одним из важных факторов, участвующих в поддержании энергетического гомеостаза, является функционирование митохондрий. Дисфункция митохондрий приводит к нарушению производства активных форм кислорода, запускает катаболические сигнальные пути, способствующие активации процессов атрофии мышц. Механизмом, посредством которого физические упражнения оказывают благотворное влияние на метаболизм мышц и всего организма, возможно, является участие в регуляции катаболических и анаболических процессов в зависимости от энергетических потребностей, а также улучшение митохондриальной функции посредством активации митохондриального биогенеза и ремоделирования, увеличения плотности митохондрий и их жизнеспособности.

Виды физической активности

К понятию «физическая активность», с одной стороны, относится любое движение, производимое скелетной мускулатурой, в результате которого затрачивается энергия. С другой стороны – это физические упражнения и тренировка, улучшающие состояние кардиореспираторной системы, направленные на повышение прочности, силы, массы скелетных мышц, а также функциональных возможностей организма, т. е. способствующие улучшению физической формы [10].

Среди основных типов физических нагрузок принято выделять аэробные и анаэробные нагрузки. *Аэробный механизм* осуществляется вследствие образования аденозинтрифосфата (АТФ) в митохондриях скелетных мышц путем окислительного фосфорилирования. Субстратом для этого пути являются глюкоза, жирные кислоты, белок. На 1 молекулу глюкозы образуются 38 молекул АТФ. Ресинтез АТФ в этом случае осуществляется при участии поступающего в организм кислорода.



Образующаяся энергия полностью покрывает энерготраты во время физических нагрузок, и при достаточном количестве кислорода они могут выполняться в течение длительного времени.

К аэробным физическим нагрузкам относятся плавание, бег, танцы, езда на велосипеде, активные игры. Это динамические нагрузки низкой или средней интенсивности, имеющие повторяющийся характер. Используя аэробную

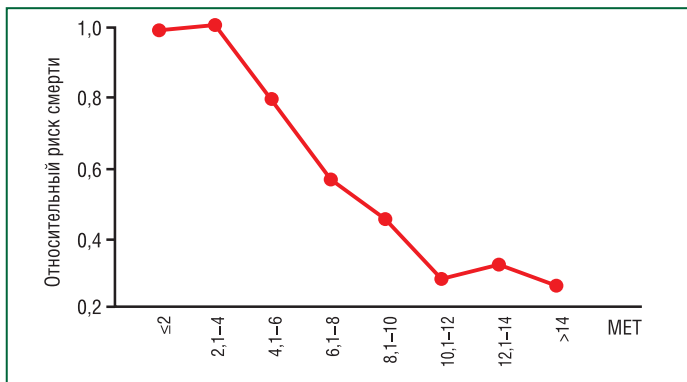


Рис. 2. Уровень смертности в зависимости от метаболического эквивалента (энергетических потребностей организма)

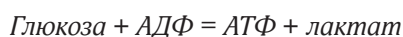
нагрузку, можно добиться уменьшения объема висцерального жира вследствие увеличения липолиза, преимущественно в абдоминальной области, увеличения суточной секреции гормона роста, который стимулирует жировую ткань через чувствительную к гормону липазу, а также опосредованно повышает чувствительность к инсулину. Так как висцеральная жировая ткань больше коррелирует с уровнем триглицеридов, артериальным давлением и инсулинорезистентностью по сравнению с общим содержанием жира [11], то выполнение аэробных упражнений может способствовать снижению риска метаболических нарушений.

Анаэробный путь осуществляется без участия кислорода, и субстратом для него являются АТФ, креатинфосфат, гликоген или глюкоза. Ресинтез АТФ в этом случае может осуществляться различными путями. Возможными вариантами восполнения запасов АТФ являются:

Креатинфосфокиназный механизм:



Гликолитический механизм:



Миокиназный механизм (резервный):



Анаэробные нагрузки характеризуются высокой интенсивностью и кратковременностью. Во время анаэробной физической работы уменьшается доставка кислорода к мышцам, а ресинтез АТФ осуществляется с помощью анаэробных механизмов. На 1 молекулу глюкозы образуются 2 молекулы АТФ. Посредством включения в тренировку анаэробных нагрузок, таких как бег на короткие дистанции, поднятие тяжестей, можно способствовать увеличению объема мышечной массы и силы, а также уменьшить проявление саркопении.

Анаэробные физические нагрузки могут способствовать отрицательному энергетическому балансу и вести к изменению распределения жира в организме. Так как анаэробные нагрузки влияют на увеличение мышечной массы, это, в свою очередь, может способствовать улучшению метаболического контроля и увеличению скорости метаболизма в покое.

В целом только небольшое число различных вариантов физической нагрузки можно отнести к какому-то определенному типу, т. е. только к аэробному или только к анаэробному. Большинство видов физической активности, как правило, включают и аэробный, и анаэробный механизмы, и можно говорить лишь о преобладании одного из компонентов. При этом комбинация аэробных

и анаэробных упражнений приводит к более выраженному снижению массы тела за счет потери жировой ткани при сохранении мышечной массы по сравнению с изолированной аэробной или анаэробной активностью.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Уровень физической активности можно оценить посредством ее интенсивности, которая может быть как абсолютной, так и относительной [10].

Абсолютная интенсивность для аэробной нагрузки – это необходимый для осуществления этой нагрузки расход энергии, который можно измерить в метаболических эквивалентах (MET – Metabolic Equivalent Task). Один MET – это расход энергии человека, находящегося в покое, в условиях основного обмена, который сопровождается поглощением кислорода около 3,5 мл в минуту на 1 кг массы тела ($\text{млO}_2/\text{кг}/\text{мин}$) $\times 3,5$). Число MET во время нагрузки показывает, во сколько раз возрастает потребление кислорода относительно его уровня в покое. Преимущество использования MET заключается в том, что этот показатель не зависит от массы тела. В настоящее время принято выделять 4 категории абсолютной интенсивности: положение сидя – $\leq 1,5$ MET, легкая интенсивность – 1,6–2,9 MET, умеренная интенсивность – 3,0–5,9 MET и значительная интенсивность – $\geq 6,0$ MET [12]. Таким образом, умеренно активный человек сжигает в 3–6 раз больше калорий, а высокоактивный человек – более чем в 6 раз больше по сравнению с человеком в состоянии покоя. При этом увеличение абсолютной интенсивности (большее значение MET) коррелирует со значительным снижением относительного риска смерти (рис. 2) [13].

Относительная интенсивность характеризует усилия, с которыми выполняется та или иная нагрузка. Относительную интенсивность аэробной нагрузки можно выразить как процент аэробной мощности (VO_2max) или процент максимальной частоты сердечных сокращений. Она также может быть охарактеризована индивидуальным восприятием физической нагрузки как очень легкой, легкой, средней, тяжелой, очень тяжелой или максимальной [10].

VO_2max , или максимальный уровень потребления кислорода, обозначает предельную способность человеческого организма вырабатывать энергию посредством аэробного пути во время выполнения физических упражнений высокой интенсивности. Большее значение VO_2max свидетельствует о большей выносливости и физической работоспособности и зависит от производительности сердца и артериовенозной разницы насыщения крови кислородом.

$$\text{VO}_2\text{max} = Q(A - B),$$

где VO_2max – максимальный уровень потребления кислорода, л/мин, Q – минутный объем крови, л/мин, (A–B) – артериовенозная разность насыщения крови кислородом, $\text{мл O}_2/100$ мл крови.

Максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧСС max} = 220 - \text{возраст (в годах)}$$

Для оценки интенсивности физической нагрузки можно использовать показатель порога анаэробного обмена (ПАНО), или лактатный порог, – это уровень интенсивности нагрузки, при котором концентрация лактата в крови начинает резко повышаться, т. к. скорость его образования превышает скорость утилизации [14]. ПАНО характеризует

соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения, ему соответствует 85% от максимальной ЧСС или 75% от максимального потребления кислорода [15].

Определить ПАНО возможно, используя прямые и непрямые методы. К прямым методам относят определение лактата в крови на разных этапах нагрузки с построением лактатной кривой. В лактатной кривой выделяют два выраженных подъема. Первый – так называемый аэробный порог характеризуется повышением уровня лактата на 0,5–1 ммоль/л от исходного. Второй – лактатный порог определяется увеличением содержания лактата >4 ммоль/л, он и характеризует величину ПАНО. Кроме того, прямым методом определения ПАНО является расчет дыхательного коэффициента, т. е. изменения содержания газов (кислорода и углекислого газа) в выдыхаемом воздухе. Анаэробным порогом является увеличение дыхательного коэффициента >1.

К непрямым методам относят тест Конкони, основанный на зависимости между ЧСС и скоростью передвижения. Во время теста выполняется непрерывный бег общей продолжительностью 10–12 мин на дистанцию 2400–3200 м с постепенным увеличением скорости через каждые 200 м, так, чтобы каждый последующий 200-метровый отрезок преодолевался на 2 с быстрее предыдущего. По окончании каждого 200-метрового отрезка фиксируются ЧСС и время. Тест продолжается до тех пор, пока скорость больше не может быть увеличена, а частота пульса возрастает до 180–200 ударов в минуту. Полученные данные сводятся в таблицу, строится график зависимости ЧСС (ось Y) от скорости передвижения (ось X). Точка перегиба на графике соответствует анаэробному порогу (рис. 3) [16].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Согласно имеющимся руководствам по физической активности при метаболических нарушениях, их основными принципами являются регулярность и умеренная интенсивность. Рекомендуются как минимум 30-минутная физическая активность средней интенсивности в день. Однако предпочтение отдается 60-минутной ходьбе средней интенсивности в сочетании с другими видами деятельности [17]. Необходимо включать 10–15-минутные периоды физической активности с использованием простого тренажерного оборудования либо без него, а также избегать положения сидя в свободное время [18]. 30-минутная физическая активность, достигнутая в течение 3-х 10-минутных сеансов, за сутки эквивалентна расходу энергии 1500 ккал в неделю. Расширение физической активности как по интенсивности, так и по продолжительности должно быть постепенным (на 5 мин/сеанс/неделю), начиная с упражнений низкой интенсивности (<3 MET) [19]. Так, следует добавлять по 500 шагов с 3-дневными интервалами до целевого значения 10 000–12 000 шагов в день. Особенно важным это является для пациентов с низкой исходной степенью физической активности (<150 мин в неделю) и ведущих сидячий образ жизни [20].

Для того чтобы в результате физических упражнений повысить чувствительность к инсулину, необходимо, чтобы длительность их была не менее 30 мин в день в большинстве дней недели, т. е. их положительное влияние на инсулинорезистентность проявляется в течение 24–48 ч и исчезает в течение 3–5 дней [21]. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, для снижения риска хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет 2-го типа и неко-

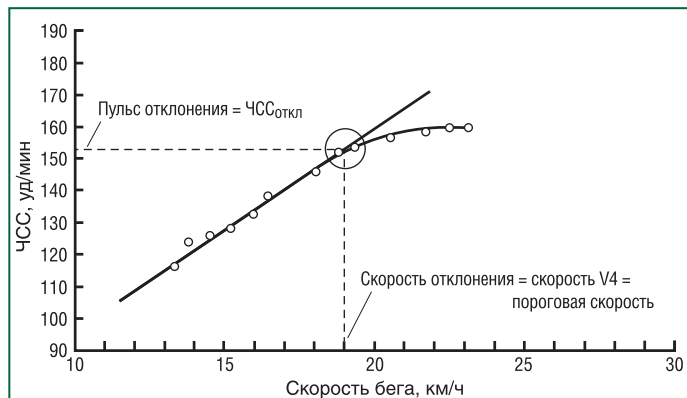


Рис. 3. Определение анаэробного порога по методу Конкони

торые виды рака, необходимо по крайней мере 150 мин аэробной физической активности в течение недели [22]. Оптимальным считается сочетание анаэробных и аэробных упражнений, которое позволяет добиться более существенного снижения массы тела и жировой массы при сохранении тощей массы в сравнении с изолированными аэробными или анаэробными упражнениями [23]. Кроме того, регулярные упражнения повышают чувствительность к инсулину, снижают уровень триглицеридов, сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность [24].

В том случае, если в течение дня человек много времени проводит в положении сидя, необходимо как можно чаще делать перерывы с активной физической нагрузкой, что может способствовать улучшению ряда метаболических показателей. Так, в исследовании с участием 168 человек, средний возраст которых составил 53,4 года, изучалось влияние перерывов (положение стоя, ходьба) при сидячем образе жизни на ряд метаболических показателей (глюкоза плазмы натощак, 2-часовая глюкоза плазмы, уровень триглицеридов, холестерина ЛПВП), а также массы тела, окружности талии и артериального давления. Было показано, что независимо от общего времени нахождения в положении сидя и времени физической активности средней и сильной интенсивности увеличение перерывов в продолжительном сидении благотворно влияло на окружность талии ($\beta = -0,16$; 95% ДИ: от $-0,31$ до $-0,02$, $p = 0,026$), ИМТ ($\beta = -0,19$; 95% ДИ: от $-0,35$ до $-0,02$, $p = 0,026$), триглицериды ($\beta = -0,18$; 95% ДИ: от $-0,34$ до $-0,02$, $p = 0,029$) и 2-часовую глюкозу плазмы ($\beta = -0,18$; 95% ДИ: от $-0,34$ до $-0,02$, $p = 0,025$), где β (95% ДИ) – стандартизированный коэффициент регрессии [25].

Перераспределение 2–2,5 ч времени в сутки, проводимого сидя, на время, проводимое стоя, у лиц с ожирением приводит к увеличению энергозатрат на ~300–350 ккал или ~10–20%, что потенциально может способствовать потере веса на 15 кг в течение года [26].

Таким образом, регулярная физическая активность, включающая аэробные и анаэробные физические упражнения, должна быть неотъемлемым компонентом профилактики и лечения метаболических нарушений, в т. ч. метаболического синдрома. Необходимость расширения физической активности обусловлена имеющимися на сегодняшний день тенденциями: с одной стороны, к избыточному потреблению калорий и, соответственно, к положительному энергетическому балансу, с другой – склонностью к сидячему образу жизни [27].

Список литературы Вы можете найти на сайте <http://www.rmj.ru>