

ТРЕДМИЛ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Бабушкин И.Е.¹, Бубликов Д.С.¹, Кудеярова Т.В.¹, Дуруда Н.В.¹, Гатаулина О.В.¹, Демина Е.И.¹

¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Барнаул, e-mail: bublikov.dim@yandex.ru

В представленной обзорной статье обосновывается возможность и необходимость использования тредмила в качестве тренажера при восстановительном лечении больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. В частности – перенесших острые сосудистые катастрофы – острый коронарный синдром, инфаркт миокарда. Нами было проанализировано 4 174 источника литературы из реферативных баз данных. Исследование построено по принципам PICO. Представлены данные по тренировкам пациентов с хронической ишемической болезнью сердца, формула расчета мощности нагрузки на мышцы, приводятся 5 особенностей биомеханики ходьбы и функции сердечно-сосудистой системы при ходьбе на бегущей дорожке. Обосновывается основное противопоказание для тренировок на тредмиле – ограничение хронотропного резерва миокарда и принцип адресности физических нагрузок. Обоснованы 9 возможных программ дозированной ходьбы на бегущей дорожке при использовании их в реабилитации у пациентов, перенесших инфаркт миокарда, с ишемической болезнью сердца и постинфарктным кардиосклерозом. Данные программы применимы на амбулаторно-поликлиническом этапе ведения пациентов и могут быть использованы в учреждениях здравоохранения первичного звена и в оздоровительных учреждениях под наблюдением врача.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, ишемическая болезнь сердца, реабилитация, тредмил, физические тренировки.

TREADMILL IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES

Babushkin I.E.¹, Bublikov D.S.¹, Kudeyarova T.V.¹, Duruda N.V.¹, Gataulina O.V.¹, Demina E.I.¹

¹Altay State Medical University, Barnaul, e-mail: bublikov.dim@yandex.ru

In the presented review article, the possibility and necessity of using treadmill as a simulator in the rehabilitation treatment of patients with cardiovascular diseases is substantiated. In particular, those who underwent acute vascular catastrophes-acute coronary syndrome, myocardial infarction. We analyzed 4,174 sources of literature from abstract databases. The study is based on the principles of PICO. Data on the training of patients with chronic coronary heart disease, the formula for calculating the power of the load on the muscles are presented, five features of walk biomechanics and the functions of the cardiovascular system are shown when walking on a treadmill. The main contraindication for training on treadmill - the limitation of the chronotropic reserve of the myocardium and the principle of targeted physical activity is substantiated. 9 possible programs of dosed walking on a treadmill have been substantiated when using them in rehabilitation in patients who underwent myocardial infarction, with ischemic heart disease and postinfarction cardiosclerosis. These programs are applicable to outpatient and outpatient management of patients and can be used in primary health care facilities and in health facilities under the supervision of a doctor.

Keywords: cardiovascular diseases, coronary heart disease, rehabilitation, treadmill, physical training.

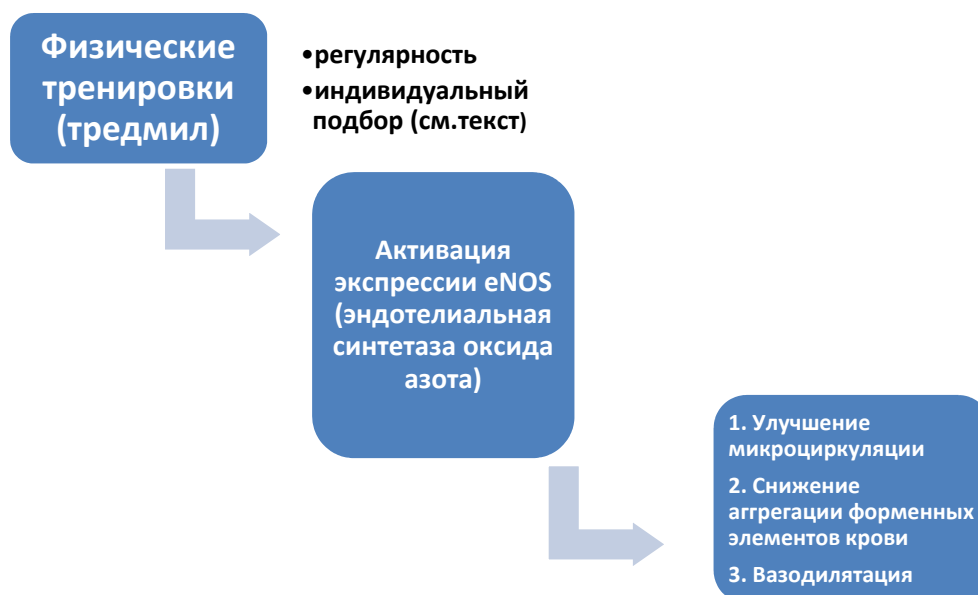
Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в России остается высокой как по общим, так и по стандартизованным показателям. В значительной степени сердечно-сосудистая смертность вызвана развивающимся вследствие психосоматических, поведенческих и классических факторов риска атеросклерозом коронарных артерий и состояниями, возникающими вследствие него [1,2]. Это обуславливает необходимость решения ряда проблем, возникающих при реабилитации данной категории больных [3,4].

У пациентов с ИБС рекомендуется комплексный подход к снижению риска, интегрированный в программу всеобъемлющей кардиологической реабилитации [5].

Материалы и методы. Нами проведен обзор литературы по применению тредмила в восстановительном лечении больных с ССЗ. Общее количество проанализированных статей – 4 174. Для поиска использовались базы данных Pubmed, Scopus, Elibrary. Исследование проводилось согласно рекомендациям для подготовки систематических обзоров и мета-анализов (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines, PRISMA). Стратегия поиска информации – «лечение». Также производилось выделение в вопросе составных частей по формуле ПВСИ (PICO) [6].

Кардиологическая реабилитация обычно предлагается после инфаркта миокарда (ИМ) или недавно проведенного коронарного вмешательства, хотя ее следует предусматривать у всех пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), в том числе лиц с хронической стенокардией напряжения. Кардиологическая реабилитация, основанная на физических тренировках, является эффективной в снижении общей и сердечно-сосудистой смертности и уровня госпитализаций [7], общую частоту развития ИМ или проведения реваскуляризации, особенно на этапе длительного наблюдения [8]. Имеющиеся данные также свидетельствуют, что физические тренировки способствуют коррекции массы тела, уровня гемостазиологических и гемореологических нарушений и изменений микроциркуляции [9-11].

А как было показано нами ранее на примере пациентов с ревматоидным артритом, относимых экспертами к категории очень высокого сердечно-сосудистого риска [12], коррекция микроциркуляторных [13,14] и гемореологических нарушений [15] приводит не только к повышению качества жизни пациентов, но и к снижению воспалительного фона (рисунок), что в полной мере может быть экстраполировано на категорию пациентов с кардиоваскулярной патологией, так как парадигма атеросклероза как воспалительного заболевания на сегодняшний день является неоспоримой [16].



Вклад дозированных тренировок на тредмиле в коррекцию микроциркуляторных, вазорегуляторных и гемореологических изменений у пациентов

Перед тем, как рекомендовать тот или иной вид физической активности, врач должен получить результаты нагрузочного теста с определением функциональных возможностей пациента [17]. Очень полезно сопоставлять максимальное число сердечных сокращений (ЧСС) во время нагрузочного теста с ЧСС при повседневных физических нагрузках [18]. Особенно важна информация о дозированных физических нагрузках лицам, восстанавливающим двигательную активность после ИМ. В постинфарктном периоде проводимая специалистами физическая реабилитация безопасна [7].

Проба с ходьбой (тредмил-тест) более физиологична и чаще используется для верификации функционального класса пациентов с ИБС. Велоэргометрия требует от пациента, как минимум, начальных навыков езды на велосипеде, труднее выполняется пожилыми пациентами и при сопутствующем ожирении [19].

Соответственно, дозированная ходьба является наиболее физиологичным способом первичной и вторичной профилактики атеросклероза и восстановительного лечения больных с ССЗ. Широкое использование ее на местности с различными градусами уклона встречает ряд трудностей, большей частью связанных с климатическими условиями и необходимостью контроля функции сердечно-сосудистой системы во время нагрузки. В связи с этим особый интерес представляет возможность осуществления тренировок на тредмиле, который позволяет более оперативно варьировать скорость ходьбы и угол подъема дорожки с одновременным мониторингом функции сердечно-сосудистой системы, что создает все условия для максимально адекватной, индивидуализированной физической нагрузки [19].

Кроме того, в изученной нами литературе широко обсуждается кардиопротективный

[20-23], нейропротективный [24-27] эффекты тредмила, а также потенциальные возможности его использования при ревматических заболеваниях [28,29], ожирении [30], сердечной недостаточности [31,32], хронической обструктивной болезни легких [33].

С вхождением в широкое использование гаджетов, как показывает Dybus, A. с соавт., 2017 [34], врачебный контроль за пациентом во время тредмила, как и сам тредмил, могут с успехом заменить шагомеры на смартфонах, позволяющие рассчитать не только количество шагов за сутки, но и нагрузку в Ватт.

Однако использование тредмила в качестве тренажера предполагает решение ряда проблем, связанных с особенностями ходьбы по пересеченной местности, которые не могут быть автоматически эксплицированы на тредмил, так как ходьба на бегущей дорожке представляет собой преформированный вид движений вследствие сильного ослабления толчковых движений ног и фиксации плечевого пояса [35].

Первой и, по-видимому, ключевой проблемой, требующей своего решения для успешного использования тредмила в качестве тренажера, является способ определения величины мощности нагрузки на скелетную мускулатуру. Это связано с тем, что при тредмил-тесте величина нагрузки определяется по общим энерготратам, выраженным в метаболических единицах ($MET=1,1-2,25$ ккал/мин), и эта величина никак не отражает долю энерготрат на полезную механическую работу. Если учесть различие коэффициента полезного действия (КПД) мышц у каждого конкретного больного, что представляется несомненным, становится понятной необходимость разработки легко выполнимого способа определения мощности нагрузки именно на мышечную систему.

В русле этой проблемы была разработана и апробирована формула расчета мощности нагрузки на мышечную систему при ходьбе на тредмиле [17]. Формула (1) имеет вид:

$$N=6,77+3(-0,127-0,028\alpha+0,0053\alpha^2-0,00025\alpha^3)^{-1} + (5,92+0,64\alpha)V$$

Где α – угол подъема бегущей дорожки в градусах (от 0 до 8^0),

V – скорость ходьбы в км/час ($<3,3$ и $>6,7$)

При нулевом градусе данная формула (2) имеет вид:

$$N= (V-0,94)/0,056$$

Формулой не следует пользоваться в области слишком малых и больших скоростей (3,3 и 6,7 км/час), так как они не были включены в исследование.

Предложенная формула (1) позволяет по величине толерантной мощности нагрузки при велоэргометрии вычислить эргометрически эквивалентную скорость ходьбы на тредмиле, а по произвольно заданной скорости ходьбы – мощность выполняемой работы. Кроме того, полученная с помощью этой формулы величина мощности нагрузки на мышцы, отнесенная к величине общих энерготрат при ходьбе на тредмиле, является КПД мышц, что

представляет собой несомненный интерес в плане оценки эффективности восстановительного лечения.

Второй проблемой, требующей своего решения, является выяснение особенностей биомеханики ходьбы и функции сердечно-сосудистой системы при тренировках на тредмиле [36].

Однако ходьба на бегущей дорожке в отличие от ходьбы на местности имеет ряд отличительных особенностей [19]:

1. Ходьба на тредмиле всегда при любой скорости и величине подъема дорожки осуществляется при большей, чем в естественных условиях, частоте и меньшей длине шага. Одним из возможных объяснений избыточности частоты шага являются условия ходьбы на тредмиле, главным из которых является резкое ослабление силы толчковых движений ног. В этом случае организм просто не имеет возможности для увеличения длины и урежения шага с установлением их оптимального отношения, равного 1,23–1,41.

2. Другим объяснением может быть установление одного из экономичных режимов функционирования мышц, для которого характерно стабильно высокое отношение частоты шага и длины шага и нелинейная зависимость от мощности нагрузки (скорости ходьбы).

3. Энерготраты на тредмиле определяются преимущественно скоростью движения и углом подъема, при этом масса тела и величина роста испытуемого не имеют существенного значения и даже ухудшают воспроизводимость результатов. Вследствие этого масса тела из формулы была исключена.

4. При всех скоростях ходьбы на тредмиле прирост частоты и длины шага находится в нелинейных отношениях со скоростью, что, по-видимому, имеет положительную адаптивную роль.

5. Одна и та же скорость ходьбы на бегущей дорожке и в естественных условиях имеет различную энергетическую стоимость, как и различную «стоимость» шага, причем при скорости 3,3 км/час энерготраты на тредмиле превышают величину этого показателя при ходьбе на местности, а при других скоростях они существенно ниже.

6. В отличие от ходьбы на местности, процент прироста мощности нагрузки на тредмиле зависит от величины скорости и находится в обратной зависимости от нее.

Отмеченные особенности ходьбы на тредмиле не могут не сказаться на функции сердечно-сосудистой системы. При ней наблюдается чрезмерно быстрый прирост ЧСС уже при скорости 3,3 км\ч (30Вт) до величин, свойственных приросту при скорости 5,8 км\ч (90Вт). Такой прирост имеет место при любом градусе уклона от 0⁰ до 6⁰ и остается на тех же величинах, несмотря на увеличение скорости ходьбы от 3.3 до 5.8 км\час. Это

свидетельствует о том, что в указанном интервале скоростей прирост ЧСС не связан с увеличением мощности нагрузки [4, 17].

При дальнейшем увеличении скорости до 6,7 км/час зависимость прироста ЧСС от мощности восстанавливается и сопровождается достоверным увеличением его на 14,1+5,0 уд/мин при 0°, на 15,2+5,4 при 2°, на 19,0+6,0 при 4°, на 16,9+6,0 при 6° и на 17,5+6,6 уд/мин при 8-градусном подъеме. Причиной этого является высокая частота шага при ходьбе со скоростью 3,3–4,7 км/час, что в силу синхронизации ритмов приводит к резкому увеличению ЧСС, большей в сравнении с ходьбой на местности, а также большой прирост мощности нагрузки до 4,7 км/час и меньшей в интервале от 4,7 до 6,7 км/час [8]. При ходьбе на местности мощность нагрузки увеличивается в 4 раза, на тредмиле – в 2,4 раза [37].

Перечисленные особенности ходьбы на тредмиле, прироста мощности нагрузки и функции сердечно-сосудистой системы должны быть учтены при разработке программ восстановительного лечения больных и позволяют определить основные показания и противопоказания для тренировок при тех или иных заболеваниях [38].

Так, показана высокая эффективность аэробных нагрузок для снижения сердечно-сосудистого риска у пожилых пациентов с сопутствующими соматическими заболеваниями, не позволяющими им осуществлять нагрузку на беговой дорожке [39-43], на основании анализа данной литературы нами сделан вывод о возможности экстраполирования данных на другую аэробную нагрузку, в частности, тредмил. Однако следует понимать ниши для каждого вида аэробной нагрузки в зависимости, в том числе, от сопутствующей соматической патологии.

Поскольку формула (1) позволяет рассчитать скорость ходьбы для любой физической работоспособности больного, величина последней не может быть противопоказанием для тренировок на тредмиле.

Что касается хронотропного резерва, то в данном случае он приобретает ведущую роль, поскольку значительная частота шага неизбежно влечет за собой значительный прирост ЧСС даже при низкой величине мощности нагрузки. При таком приросте достаточно быстро перекрывается ограниченный хронотропный резерв и стенокардитический порог, что является причиной невозможности проведения тренировок.

Разделение нагрузки на тредмиле на потенциальную и кинетическую и возможность выбора того или иного режима тренировок представляется действенным инструментом управления тренировочным процессом.

Особенности ходьбы на тредмиле позволяют уже в первом приближении наметить и обосновать возможные программы тренировок независимо от того, с каким патологическим процессом и с какой целью они осуществляются. Как видно из формулы (1), мощность

нагрузки на тредмиле определяется двумя параметрами – скоростью и углом подъема.

Поскольку каждый из них имеет три возможных позиции, в принципе возможны 9 вариантов сочетания этих позиций:

1. Тренировки с постепенным увеличением скорости ходьбы при стабильной величине угла подъема дорожки в пределах от 0 до 8 (град). Могут быть использованы для больных с достаточно высокой физической работоспособностью (ФР) и хронотропным резервом. Нагрузка падает преимущественно на сердечно-сосудистую систему.

2. Тренировки в режиме постепенного увеличения скорости ходьбы при поэтапно увеличивающемся угле подъема. Показаны для тренировок здоровых лиц, спортсменов и проч. Эта программа может быть использована для тренировок в ограниченном варианте, т.е. соответственно ФР больного.

3. Тренировки с сохранением постоянной скорости и поэтапным увеличением угла подъема. Показаны для тренировок больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями с ограничением хронотропного и достаточно высоким инотропным резервом.

4. Тренировки с постоянной скоростью и постепенным углом наклона дорожки. Рекомендуются для больных с выраженным снижением хроно- и инотропного резервов. Целью тренировок являются тренировки на выносливость и длительность поддержания аэробного режима работы.

5. Тренировки с уменьшающейся скоростью при постепенном увеличении угла наклона. Могут быть использованы при тренировках больных с ФР не менее 60 Вт.

6. Тренировки с постепенным увеличением скорости ходьбы и уменьшением угла подъема наклона дорожки. Этот вариант предназначен для переадресования нагрузки с мышечной на сердечно-сосудистую систему. В сочетании с пятым вариантом возможно начало тренировок с шестого с переходом на пятый, и наоборот.

7. Тренировки с постепенным уменьшением скорости ходьбы при стабильной величине угла наклона дорожки.

8. Тренировки с постоянной скоростью ходьбы и уменьшением первоначально заданного угла наклона дорожки.

9. Тренировки с поэтапным уменьшением первоначально заданной скорости и угла подъема дорожки

Заключение. Количественное определение величины энерготрат на полезную механическую работу мышц как доли общих энерготрат раскрывает ряд новых подходов к индивидуализации тренировок на тредмиле. Не менее важной является и возможность количественного определения кинетической и потенциальной составляющих полезных энерготрат, поскольку это позволяет проводить восстановительное лечение больных ССЗ в

том или ином режиме. Таким образом, тренировки на тредмиле оказываются во многих случаях предпочтительнее ходьбы на местности, поскольку обладают возможностью параллельного наблюдения функции сердечно-сосудистой системы, а также легкостью манипуляций с кинетическими и потенциальными составляющими энерготрат, что позволяет обеспечить их максимальную индивидуализацию.

Это дает теоретические предпосылки для широкого распространения использования тредмила в качестве тренажера для лечения и реабилитации пациентов с сердечно-сосудистой патологией.

Авторы надеются, что предложенные рекомендации будут востребованы врачами для реабилитации больных с ССЗ.

При отсутствии у пациента возможности посещать индивидуальные контролируемые физические тренировки в организациях здравоохранения, может быть разработана индивидуальная программа физической реабилитации в домашних условиях на беговой дорожке. Основу такой программы может составлять дозированная ходьба на тредмиле, при условии достаточной обученности пациентов методам самоконтроля.

Список литературы

1. Воробьева Е.Н. Современные представления о роли факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в атерогенезе / Е. Н. Воробьева [и др.] // Известия Алтайского государственного университета. – 2012. – № 3–1. – С. 14–17.
2. Изменение параметров оксидантно-антиоксидантного статуса под действием растительных флавоноидов / И.А. Батанина, Е.Н. Воробьева, Д.С. Бубликов, Г.Г. Соколова // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – Т. 1, № 3. – С. 11-14.
3. Аронов Д.М. Реабилитация больных, перенесших инфаркт миокарда на диспансерно-поликлиническом этапе: методические рекомендации /Д.М. Аронов. – М.: МЗ СССР, 1983.
4. Аронов Д.М. Реабилитация и вторичная профилактика у больных, перенесших острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST: Методические рекомендации / Д.М. Аронов, О.Л. Барбараш, М.Г. Бубнова [и др.]. – М., 2014.
5. Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство/под ред. Г.Н. Пономаренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – С. 201-204.
6. Richardson W.S., Wilson M.C., Nishikawa J., Hayward R.S.A. (1995). The well-built clinical question: A key to evidence-based decisions. ACP Journal Club, 123, A12-13.
7. The clinical economic analysis of the methods of ischemic heart disease diagnostics / V.Iu. Kalashnikov, S.N. Mitriagina, A.L. Syrkin // Probl. Sotsialno i Gig. Zdravookhraneniia i Istor. Med.

2007. Jul.-Aug. (4), pp. 46-8.

8. Бокерия Л.А. Российские клинические рекомендации. Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца: реабилитация и вторичная профилактика / Л.А. Бокерия, Д.М. Аронов [и др.] // КардиоСоматика. 2016; 7 (3–4), pp. 5–71.
9. Карпов Ю.А. Диагностика и лечение хронической ишемической болезни сердца / В.В. Кухарчук, А.А. Лякишев [и др.] // Клинические рекомендации. – 2013.
10. Рекомендации по лечению стабильной ишемической болезни сердца. ESC. 2013// Российский кардиологический журнал. – 2014. – № 7. – С.7-79.
11. On mechanism of functional changes in the organism of teenagers at different levels of locomotor activity / F.A. Mindubaeva, F.A. Shukurov, Y.Y. Salikhova [et al.] / Georgian Med. News. 2015. Feb. (239), pp. 75-81.
12. Насонов Е.Л., Мазуров В.И., Каратеев Д.Е. и соавт. Проект рекомендаций по лечению ревматоидного артрита Общероссийской общественной организации «Ассоциация ревматологов России» (часть 1) /Е.Л. Насонов [и др.] // Научно-практ. ревматология. – 2014. – № 5. – С. 477–494.
13. Бубликов Д.С. Первый опыт четырехнедельного наблюдения по влиянию коррекции микроциркуляторных расстройств у больных ревматоидным артритом на клинические проявления заболевания / Д.С. Бубликов, А.В. Андриенко // Дальневосточный медицинский журнал. – 2015. – № 2. – С. 13-16.
14. Анчугина Д.А. Нарушения периферической микроциркуляции у больных анкилозирующим спондилитом с внесуставными проявлениями в виде острого переднего увеита / Д.А. Анчугина, Д.С. Бубликов // Научно-практическая ревматология. – 2016. – № S1. – С. 106.
15. Бубликов Д.С. Влияние коррекции гемореологических нарушений на клинические параметры заболевания у больных ревматоидным артритом /Д.С. Бубликов // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2016. – № S3. – С. 75-76.
16. Исследование изменений белкового состава интимы и медиа грудного отдела аорты больных ИБС при атеросклеротическом поражении протеомными технологиями / Р.А. Жетишева, М.А. Ковалева, И.Е. Галахов [и др.] // Кардиологический Вестник. – 2015. – № 2. – Т.10. – С. 44-46.
17. Cisari on behalf of GruppoItaliano Studio AllevioCarico Ictus (GISACI). Walking after stroke: what does treadmill training with body weight support add to overground gait training in patients early after stroke? A single-blind, randomized, controlled trial / M. Franceschini, S. Carda, M. Agosti [et al.] // Stroke 2009; 40:9:3079–3085.
18. Effects of cardiac rehabilitation on heart rate recovery of patients undergoing a cardiac

rehabilitation programme after acute coronary syndrome / T. Astolfi, F. Borrani, M. Savcic [et al.] // *Ann Phys. Rehabil. Med.* 2017. – Dec. 6. pii: S1877-0657(17)30447-5. doi: 10.1016/j.rehab.2017.10.005.

19. Субботина Т.В. Использование тредмила в качестве тренажера при физической реабилитации больных инфарктом миокарда на поликлиническом этапе: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Барнаул, 2000. – 25 с.

20. The Impact of Reduced Cardiac Rehabilitation on Maximal Treadmill Exercise Time: A randomized controlled trial / A. Farias-Godoy, S. Chan, V.E. Claydon, A. Ignaszewski, J. Mendell, J.E. Park, J. Singer, S.A. Lear // *J. Cardiopulm. Rehabil Prev.* 2018 Jan. 38(1), pp. 24-30. doi: 10.1097/HCR.0000000000000269.

21. Soluble endoglin as a prognostic factor of the claudication distance improvement in patients with peripheral artery disease undergoing supervised treadmill training program / R. Januszek, P. Mika, R. Nowobilski, W. Nowak, A. Kusienicka, D. Klóska, P. Maga, R. Nizankowski // *J. Am. Soc. Hypertens.* 2017. Sep.; 11(9), pp. 553-564. doi: 10.1016/j.jash.2017.06.009. Epub. 2017, Jun. 28.

22. Nordic walking for individuals with cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials/ L. Cugusi, A. Manca, T.J. Yeo, P.P. Bassareo, G. Mercurio, J.C. Kaski // *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2017. Dec.; 24(18):1938–1955. doi: 10.1177/2047487317738592. Epub. 2017, Oct. 25.

23. The effect of an aerobic exercise bout 24 h prior to each doxorubicin treatment for breast cancer on markers of cardiotoxicity and treatment symptoms: a RCT/ A.A. Kirkham, N.D. Eves, R.E. Shave [et al.] // *Breast Cancer Res Treat.* 2017. Nov. 6. doi: 10.1007/s10549-017-4554-4.

24. Is the Intensity or Duration of Treadmill Training Important for Stroke Patients? A Meta-Analysis / S. Abbasian, Mm. M. Rastegar // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2018. Jan.; 27(1), pp. 32-43. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.061. Epub. 2017. Nov. 3. Review.

25. El-Tamawy M.S., Abd-Allah F., Ahmed S.M., Darwish M.H., Khalifa H.A. Aerobic exercises enhance cognitive functions and brain derived neurotrophic factor in ischemic stroke patients // *NeuroRehabilitation.* 2014; 34(1), pp. 209-213.

26. A comparative study of two protocols for treadmill walking exercise testing in ambulating subjects with incomplete spinal cord injury/ E. Lundgaard, M.F. Wouda, V. Strom // *Spinal Cord.* 2017. Oct.; 55(10), pp. 935-939. doi: 10.1038/sc.2017.34. Epub. 2017. May 23.

27. Effects of overground locomotor training on the ventilatory response to volitional treadmill walking in individuals with incomplete spinal cord injury: a pilot study / G.S. Panza, A.A. Guccione, L.M. Chin, J.M. Gollie, J.E. Herrick, J.P. Collins. *Spinal Cord Ser Cases.* 2017. Apr. 13; 3: 17011. doi: 10.1038/scsandc.2017.11. eCollection 2017.

28. Photobiomodulation therapy associated with treadmill training in the oxidative stress in a collagen-induced arthritis model / S.A. Dos Santos, M.A. Dos Santos Vieira, M.C.B. Simões, A.J. Serra, E.C. Leal-Junior, P.T.C. de Carvalho. *Lasers Med. Sci.* 2017. Jul.; 32(5), pp.1071-1079. doi: 10.1007/s10103-017-2209-7. Epub. 2017. Apr. 21.
29. Vural M., Berkol T.D., Erdogdu Z., [et al.]. Evaluation of the effectiveness of an aerobic exercise program and the personality characteristics of patients with fibromyalgia syndrome: a pilot study. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014, 26, pp. 1561–1565.
30. Oxygen uptake efficiency slope as a useful measure of cardiorespiratory fitness in morbidly obese women / T. Onofre, N. Oliver, R. Carlos, A. Felismino, R.C. Corte, E. Silva, S. Bruno. *PLoS One.* 2017, Apr. 6;12(4):e0172894. doi: 10.1371/journal.pone.0172894. eCollection 2017.
31. Impaired chronotropic response to physical activities in heart failure patients / H. Shen, J. Zhao, X. Zhou, J. Li, Q. Wan, J. Huang, H. Li, L. Wu, S. Yang, P. Wang. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2017. May 25;17(1):136. doi: 10.1186/s12872-017-0571-9.
32. Exercise training improves the IL-10/TNF- α cytokine balance in the gastrocnemius of rats with heart failure / L. Calegari, R.B. Nunes, B.B. Mozzaquattro, D.D. Rossato, P. Dal Lago, J. Braz *Phys. Ther.* 2017. Sep. 7. pii: S1413-3555(17)30415-X. doi: 10.1016/j.bjpt.2017.09.004.
33. Barron A., Francis D.P., Mayet J., Ewert R., Obst A., Mason M., [et al.] Oxygen Uptake Efficiency Slope and Breathing Reserve, Not Anaerobic Threshold, Discriminate Between Patients With Cardiovascular Disease Over Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *JACC HeartFail.* 2016; 4:252–61. [https://doi.org/ 10.1016/j.jchf.2015.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jchf.2015.11.003) PMID: 26874378.
34. Validation of smartphone step count algorithm used in STARFISH smartphone application / A. Dybus, L. Paul, S. Wyke, S. Brewster, J.M.R. Gill, A. Ramsay, E. Campbell. *Technol Health Care.* 2017. Dec. 4; 25(6), pp. 1157-1162. doi: 10.3233/THC-170970.
35. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. J. Mehrholz, S. Thomas, B. Elsner. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017. Aug. 17; 8:CD002840. Epub. 2017. Aug. 17.
36. Balady G.J., Arena R., Sietsema K., Myers J., Coke L., Fletcher G.F., [et al.] Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement. *Circulation.* 2010; 122, pp. 191–225. [https://doi.org/ 10.1161/CIR.0b013e3181e52e69](https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69) PMID: 20585013.
37. Buchholz, I., and Kohlmann, T. (2013). Ziele von Patienten der medizinischen Rehabilitation—Eine Übersicht zum Forschungsstand in Deutschland. *Die Rehabilitation.* 52, pp. 75–85. doi: 10.1055/s-0032-1311612.
38. Avila-Funes, J.A., Pina-Escudero, S.D., Aguilar-Navarro, S., Gutierrez-Robledo, L.M., Ruiz-Arregui, L., and Amieva, H. (2011). Cognitive impairment and low physical activity are the components of frailty more strongly associated with disability. *J. Nutr. Health. Aging* 15, pp. 683–

689. doi: 10.1007/s12603-011-0111-8.

39. Gatterer, H., Raab, C., Pramsöhler, S., Faulhaber, M., Burtscher, M., and Netzer, N. (2014). Effect of weekly hiking on cardiovascular risk factors in the elderly. *Z. Gerontol. Geriatr.* 48, pp. 150–153. doi: 10.1007/s00391-014-0622-0.

40. Jamour, M., Marburger, C., Runge, M., Sieber, C.C., Tümena, T., and Swoboda, W. (2014). Wirksamkeit geriatrischer Rehabilitation bei hochbetagten. *Z. Gerontol. Geriatr.* 47, pp. 389–396. doi: 10.1007/s00391-014-0662-5.

41. Meredith-Jones K., Waters D., Legge M., Jones L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. *Complementary therapies in medicine.* 2011;19(2), pp. 93–103.

42. Nuesch E., Dieppe P., Reichenbach S., Williams S., Iff S., Juni P. All cause and disease specific mortality in patients with knee or hip osteoarthritis: population based cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2011; 342:d1165.

43. Aqua walking as an alternative exercise modality during cardiac rehabilitation for coronary artery disease in older patients with lower extremity osteoarthritis / J.Y. Lee, K.C. Joo, P.H. Brubaker. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2017. Sep. 21;17(1):252. doi: 10.1186/s12872-017-0681-4.