

PROTÓCOLOS DE TREINAMENTO FÍSICO EM MODELOS EXPERIMENTAIS USADOS NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO FÍSICA

¹Nicolas Da Costa-Santos, Adriano dos Santos, Bruno do Nascimento-Carvalho, João Eduardo Izaias, Thayná Fabiana Ribeiro-Batista, Erico Chagas Caperuto, Katia Bilhar Scapini, Nathalia Bernardes, Iris Callado Sanches

RESUMO

Os benefícios da prática de atividade física têm sido amplamente demonstrados por pesquisadores, em diferentes contextos. Entretanto, nem sempre é possível a utilização de participantes humanos em pesquisas com treinamento físico, devido ao tempo de acompanhamento muito prolongado, ou necessidade de muitos participantes devido à previsão de abandono, ou uso de procedimentos invasivos que levantariam questões éticas. Dessa forma, protocolos de treinamento físico em modelos experimentais foram desenvolvidos ao longo dos anos. O objetivo desta revisão narrativa foi apresentar diferentes protocolos de treinamento físico para modelos experimentais roedores (ratos e camundongos), bem como os procedimentos utilizados para avaliação do desempenho. A revisão também teve como objetivo conscientizar acadêmicos e pesquisadores sobre a importância de conhecer as peculiaridades de cada modelo, possibilitando a escolha do protocolo adequado ao objetivo do estudo, e favorecendo as boas práticas na utilização de animais em pesquisa. São apresentados os protocolos de treinamento físico de corrida em esteira ergométrica, treinamento físico intervalado de alta intensidade, natação, treinamento resistido por escalada em escada, levantamento de peso na plataforma, treinamento resistido isométrico, treinamento físico combinado, e prática de atividade física ocasional. Atualmente, o protocolo mais usado pelos pesquisadores é o de treinamento aeróbio em esteira ergométrica, em função da corrida ser uma modalidade de treinamento muito acessível pela população humana, e de fácil manejo das variáveis envolvidas na prescrição e segurança para a realização. Entretanto, cada vez mais, os pesquisadores têm se utilizado de variações e/ou combinações nos estudos, com o intuito de investigar protocolos de treinamento mais aproximados ao que as pessoas estão realizando nas sociedades. Por fim, as diferentes opções de protocolo de treinamento devem ser avaliadas para

¹ Laboratório do Movimento Humano - Universidade São Judas, São Paulo (Brasil). Email: edu.cienciasdasaude@saojudas.br

cada objetivo de pesquisa, juntamente com as possibilidades de estimativa da carga máxima para a prescrição da intensidade adequada ao que se pretende estudar.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento Físico; Modelos Experimentais; Educação Física.

EXERCISE TRAINING PROTOCOLS IN EXPERIMENTAL MODELS USED IN PHYSICAL EDUCATION RESEARCH

ABSTRACT

The benefits of physical activity have been widely demonstrated by researchers in different contexts. However, it is not always possible to be used in human participants of research with exercise training, due to the very long follow-up time, or the need for many participants due to prediction of abandonment, or the use of invasive procedures that would raise ethical issues. Thus, physical training protocols in experimental models have been developed over the years. The objective of this narrative review was to present different physical training protocols for experimental rodent models (rats and mice), as well as the procedures used to assess performance. This review also aimed to make academics and researchers aware of the importance of knowing the peculiarities of each model, enabling the choice of the appropriate protocol for purpose of this study, and favoring good practices in the use of animals in research. The physical training protocols for running on a treadmill, high-intensity interval physical training, swimming, resistance training by climbing stairs, weightlifting on the platform, isometric resistance training, combined physical training, and occasional physical activity are presented. Currently, the protocol most used by researchers is aerobic training on a treadmill because running is a training modality that is very accessible to the human population, and that the variables involved in prescription and safety are easily managed. However, more and more, researchers have used variations and / or combinations in studies, to investigate training protocols that are closer to what people are doing in societies. Lastly, the different training protocol options must be evaluated for each research objective, together with the possibilities of estimating the maximum load for the prescription of the appropriate intensity to which it is intended to study.

KEYWORDS: Exercise Training; Experimental Models; Physical Education.

PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO FÍSICO EN MODELOS EXPERIMENTALES UTILIZADOS EN INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN FÍSICA

RESUMEM

Los beneficios de la actividad física han sido ampliamente demostrados por investigadores en diferentes contextos. Sin embargo, no siempre es posible utilizar participantes humanos en la investigación con entrenamiento físico, debido al largo tiempo de seguimiento, o la necesidad de muchos participantes debido a la predicción del abandono, o el uso de procedimientos invasivos que plantearían problemas éticos. Así, a lo largo de los años se han ido desarrollando protocolos de entrenamiento físico en modelos experimentales. El objetivo de esta revisión narrativa fue presentar diferentes protocolos de entrenamiento físico para modelos experimentales de roedores (ratas y ratones), así como los procedimientos utilizados para evaluar el rendimiento. La revisión también tuvo como objetivo concienciar a académicos e investigadores de la importancia de conocer las peculiaridades de cada modelo, posibilitando la elección del protocolo adecuado a la finalidad del estudio y favoreciendo las buenas prácticas en el uso de animales en investigación. Se presentan los protocolos de entrenamiento físico para correr en cinta, entrenamiento físico en intervalos de alta intensidad, natación, entrenamiento de resistencia subiendo escaleras, levantamiento de pesas en la plataforma, entrenamiento de resistencia isométrica, entrenamiento físico combinado y actividad física ocasional. Actualmente, el protocolo más utilizado por los investigadores es el del entrenamiento aeróbico en caminadora, debido a que correr es una modalidad de entrenamiento muy accesible a la población humana, y que las variables implicadas en la prescripción y la seguridad se gestionan fácilmente. Sin embargo, cada vez más, los investigadores han utilizado variaciones y/o combinaciones en los estudios, con el fin de investigar protocolos de entrenamiento más cercanos a lo que hacen las personas en las sociedades. Por fin, se deben evaluar las diferentes opciones de protocolo de entrenamiento para cada objetivo de investigación, junto con las posibilidades de estimar la carga máxima para la prescripción de la intensidad adecuada a la que se pretende estudiar.

PALABRAS- CLAVE: Entrenamiento Físico; Modelos Experimentales; Educación Física.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 50, quando Morris e Head (1953) demonstraram que o nível de atividade física era preditor de mortalidade, o interesse científico acerca dos benefícios do treinamento físico começou a ganhar expressão mundial. Atualmente, atividade física é definida como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que produza maior gasto de energia comparado ao repouso, enquanto exercício físico é entendido como uma atividade planejada, estruturada e repetida que tenha como objetivo a melhora ou manutenção de um ou mais componentes da aptidão física (Caspersen C, Powell K, 1985). Independente dessa diferença conceitual, os benefícios de um estilo de vida ativo têm sido extensivamente demonstrados por pesquisadores, em diferentes contextos (Kraus et al., 2019).

Entretanto, na medida em que o conhecimento acerca dos benefícios do exercício físico avança, a complexidade das perguntas de pesquisa também evolui. Em determinados estudos, o uso de participantes humanos para responder às perguntas propostas é inviável, pois exigiria um acompanhamento muito prolongado, ou necessidade de muitos participantes devido à previsão de abandono, ou uso de procedimentos invasivos que levantariam questões éticas. Dessa forma, protocolos de treinamento físico em modelos experimentais foram desenvolvidos ao longo dos anos, a fim de possibilitar a compreensão de fenômenos inviáveis de serem estudados em humanos. Além disso, o estudo com modelos experimentais possibilita o controle de fatores ambientais, psicológicos e emocionais, que são limitações de grande complexidade na pesquisa com seres humanos (De Angelis et al., 2017).

Os protocolos de treinamento físico para modelos experimentais são elaborados para promover alterações nas respostas metabólicas, mecânicas e cardiopulmonares. Em relação aos protocolos existentes, muitos estudos utilizam a esteira ergométrica (Iris Callado Sanches et al., 2012), a natação ou esforços com saltos realizados na água (Dos-SANTOS & MELLO, 2010; Soci et al., 2009), escadas para escaladas (Iris Callado Sanches et al., 2018; Iris Callado Sanches, Conti, Sartori, Irigoyen, & De Angelis, 2014); plataformas com diferentes adaptações (Krüger et al., 2013; Mostarda et al., 2014; Tamaki, Uchiyama, & Nakano, 1992), e “rodas de corrida” disponibilizadas dentro das gaiolas dos animais (García-Mesa et al., 2014).

Diante da variedade de protocolos de treinamento físico utilizadas nas pesquisas, o pesquisador deve refletir se o método é reprodutível, e se está adequado para responder o objetivo de pesquisa proposto. Nesse contexto, cada método de prescrição da intensidade relativa do exercício tem vantagens e desvantagens dependendo do objetivo do estudo. Dessa forma, o objetivo desta revisão narrativa foi apresentar diferentes protocolos de treinamento físico para modelos experimentais roedores (ratos e camundongos), bem como os procedimentos utilizados para avaliação do desempenho. A revisão também teve como objetivo conscientizar acadêmicos e pesquisadores sobre a importância de conhecer as peculiaridades de cada modelo, possibilitando a escolha do protocolo adequado ao objetivo do estudo, e favorecendo as boas práticas na utilização de animais em pesquisa.

2. PROTOCOLOS DE TREINAMENTO FÍSICO

2.1. TREINAMENTO FÍSICO AERÓBIO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA

O modelo experimental de treinamento aeróbico em esteira tem extensamente utilizado devido a sua fácil aplicação, tendo como objetivo estudar os efeitos do exercício aeróbico, e os mecanismos relacionados aos benefícios sistêmicos desta modalidade a partir de um protocolo realizado em esteira ergométrica adaptada com raias para roedores. Para a prescrição da velocidade de corrida, utiliza-se o teste de capacidade máxima de corrida. Os resultados desse teste também servem para evidenciar a melhora na capacidade de exercício ao final do protocolo. De fato, Rodrigues et al. (2007) demonstraram correlação positiva entre a capacidade máxima de corrida e o VO_2 máximo em ratos diabéticos. Usualmente, esse teste máximo é realizado no início do estudo, na metade do tempo de protocolo (para ajustes na intensidade do treinamento) e ao final do estudo.

Para trabalhar com o treinamento físico em esteira, inicialmente os animais devem ser adaptados ao ato de caminhar e correr na esteira ergométrica, bem como adaptados aos sons e cheiros diferentes da gaiola onde vivem. Para isso, durante 5 dias, os animais são colocados na esteira em uma velocidade de 0,3km/h por 10 minutos. Após o período de adaptação, realiza-se o teste de capacidade máxima de corrida, que consiste em uma corrida na esteira iniciada à

0,3 km/h por 3 minutos, sendo esta velocidade incrementada em 0,3 km/h a cada 3 minutos até que o animal atinja a exaustão (Irigoyen et al., 2005; Iris Callado Sanches et al., 2012). Em termos práticos, cada pesquisador cuida de, no máximo, 2 animais por vez durante o teste máximo. Caso o pesquisador seja aprendiz, recomenda-se que cuide de apenas 1 animal por vez durante o teste. Além disso, deve ser designado um pesquisador exclusivamente para monitorar o tempo, incrementos de velocidade, e anotações durante o teste. Esses cuidados garantem que os preceitos éticos sejam seguidos para o bem-estar animal.

A prescrição do treinamento é realizada a partir da velocidade máxima obtida no teste. Sugere-se que seja feita a multiplicação pela intensidade desejada em números decimais (Irigoyen et al., 2005; Iris Callado Sanches et al., 2012). Normalmente, os pesquisadores prescrevem de 3 a 5 minutos na velocidade 0,3km/h como aquecimento, e o mesmo para “volta à calma” nas sessões de treinamento. A quantidade de minutos que será distribuída em cada intensidade deve atender aos objetivos do estudo. O treinamento pode ser prescrito de forma contínua, mantendo-se a intensidade durante toda a sessão, como também pode-se utilizar modelos de variação ou periodização, que consistem em diferentes processos sistemáticos de manipulação de uma ou mais variáveis combinadas, garantindo um estímulo desafiador e eficaz durante todo o protocolo de treinamento (ACSM, 2009). O volume de treino semanal segue a recomendação de 150 à 300 minutos de exercício, correspondendo a sessões de 30 à 60 minutos por dia (Riebe, Ehrman, Liguori, & Magal, 2018).

2.2. TREINAMENTO FÍSICO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

O treinamento físico intervalado de alta intensidade, mais conhecido no Brasil como HIIT (sigla que vem do termo em inglês: *high-intensity interval training*), tem ganhado popularidade ao longo dos anos. Essa popularidade pode estar relacionada a maior satisfação e prazer com a prática, ou ao tempo reduzido de duração da sessão (Oliveira, Santos, Kilpatrick, Pires, & Deslandes, 2018; Stork, Banfield, Gibala, & Martin Ginis, 2017). O HIIT se caracteriza por intercalar picos de intensidade bastante elevada e períodos de recuperação que podem ser ativos ou passivos. Frequentemente, o período de esforço fica acima de 80% da $FC_{máx}$, caracterizando um esforço vigoroso, mas submáximo. O protocolo mais comumente utilizado é de 4x4min intervalado por recuperação ativa de 3min entre os esforços (Craighead

et al., 2019). Entretanto, o HIIT também pode ser realizado em protocolos de esforços máximos, conhecido como *Sprint Interval Trainig* (SIT), com seis repetições de 30 segundos com 4 a 5 minutos de recuperação entre os esforços (Craighead et al., 2019). Por ser uma modalidade em que há muito a ser descoberto pela ciência, diferentes protocolos têm sido propostos para utilização em modelos experimentais.

Comumente é utilizado o controle da intensidade através do $VO_{2máx}$ (Ole J Kemi et al., 2005; Sá, Neves, Fraga, Souza-Mello, & Barbosa-da-Silva, 2017; Wang, Liu, Ma, & Wen, 2017), visto que alguns estudos demonstraram haver correlação entre consumo máximo de oxigênio e capacidade máxima de corrida (Ole Johan Kemi, Loennechen, Wisløff, & Ellingsen, 2002; Rodrigues et al., 2007). A intensidade constantemente utilizada pelos pesquisadores que investigam HIIT é entre 85-90% do $VO_{2máx}$ ou capacidade máxima em corrida. Além disso, com base no estudo de Kemi et al. (2002), que demonstrou que a corrida realizada em esteira inclinada apresentava alta correlação com o $VO_{2máx}$, alguns autores utilizam a inclinação da esteira entre 15° e 35° para protocolos de pesquisa com HIIT. Outra forma de controle da intensidade para o HIIT é a própria capacidade máxima em corrida, descrita anteriormente para prescrição do treinamento aeróbio em esteira (Abad et al., 2017; Chavanelle et al., 2017).

O uso da esteira ergométrica para a prescrição de HIIT possibilita o manejo das intensidades através das velocidades, da mesma forma como para o treinamento aeróbio. Recentemente, nosso grupo desenvolveu um protocolo de HIIT para camundongos em esteira, com 4 semanas de duração (Santos, 2020). Nesse protocolo, os animais fazem 1 semana de treinamento contínuo em intensidade moderada (60-70% da capacidade máxima em corrida) para condicionamento físico prévio, e 3 semanas de HIIT. A sessão de HIIT é composta por 5 minutos de aquecimento a 0,3km/h, e 2 minutos de picos de alta intensidade (90% da capacidade máxima de corrida) intercalado com repouso ativo de 4 minutos (25% da capacidade máxima de corrida). A duração da sessão é em torno de 30 minutos por dia, sempre finalizando com 5 minutos de “volta à calma” a 0,3km/h (Santos, 2020).

Wang et al. (2017) utilizaram corrida em esteira com 25° de inclinação e o HIIT foi precedido por aquecimento de 5 minutos. Após o aquecimento, os animais realizam 10 disparos de 4 minutos em alta intensidade (85~90% $VO_{2máx}$), seguido por 2 minutos de

recuperação ativa em uma velocidade de 5 m/min. A velocidade da esteira durante o repouso ativo foi constante durante todo o protocolo. Já os disparos de alta intensidade evoluíram ao longo do protocolo, de 16 para 26 m/min. A duração da sessão de treinamento e número de disparos em alta intensidade varia bastante entre os protocolos. O protocolo mais comumente utilizado é o 4x2 em que o animal permanece o dobro do tempo em exercício, em comparação ao repouso ativo (Chavanelle et al., 2017; Pimenta et al., 2015; Wang et al., 2017).

2.3. TREINAMENTO FÍSICO DE NATAÇÃO

O treinamento de ratos no meio líquido implica em vantagens e desvantagens para escolha de método. Dentre as possíveis vantagens, há o custo reduzido do equipamento. Por outro lado, as desvantagens deste método estão na dificuldade de determinação de intensidade, controle de temperatura e o estresse causado pelo contato com água dos animais (Gobatto et al., 2001).

Para determinação da intensidade de treinamento aquático, é comum a utilização de sobrecargas a partir de cálculos baseados na massa corporal dos animais, utilizando coletes no dorso ou tórax dos animais, mochilas adaptadas ou até mesmo pesos colocados nas caudas dos animais para causar a sobrecarga (Dos-SANTOS & MELLO, 2010; Gobatto et al., 2001; Soci et al., 2009).

Gobatto et al. (2001) descreveram um protocolo de treinamento aeróbico para ratos *Wistar*. Inicialmente, os animais são adaptados ao meio líquido em tanques de piscina com dimensões de 100x80x80cm subdivididos em quatro compartimentos cada, com temperatura de água entre $31 \pm 1^\circ\text{C}$, por 5 dias na semana, com duração de 30 minutos. Essa proposta de adaptação se dá na tentativa de promover ambientação dos animais ao treinamento.

Para a prescrição do treinamento, os ratos são submetidos ao exercício de natação suportando cargas. A cada bateria de teste utilizava-se 5, 6, 7, 8, 9 e 10% de peso corporal. Cada animal foi submetido a 6 testes, durante 6 semanas, tendo 1 semana de intervalo entre cada. A sequência de carga foi distribuída de forma aleatória e a mesma carga nunca foi usada

duas vezes com o mesmo animal. Cada teste teve a duração de 20 minutos com a carga e amostras de sangue são coletadas para dosagem do lactato, sendo eles coletados cinco vezes: antes do início e a cada 5 min de exercício (Gobatto et al., 2001).

O protocolo de treinamento físico, consiste em treinar os animais 5 dias da semana, por 60 minutos, com sobrecarga de 8% de peso corporal (colete de treino), durante 9 semanas. As sessões de exercícios duram 10 min no primeiro dia do período de treinamento e são aumentadas em 10 min a cada 7 dias. Ao final do 7º dia os animais nadaram continuamente por 20 min e ao final do 14º dia, eles nadaram por 40 min. Exercício contínuo de 60 min foi realizado a partir do dia 21º dia, até o final do período de treinamento. (Gobatto et al., 2001).

2.4. TREINAMENTO RESISTIDO POR ESCALADA

O treinamento resistido ou contra resistência, mais popularmente conhecido como musculação ganhou certo interesse científico ainda no século XX. Ao final da década de 90, um posicionamento do *American College of Sports Medicine* (ACSM) reuniu pela primeira vez os principais conceitos para a prescrição, e evidências de estudos primários sobre os benefícios desta modalidade de treinamento (Pollock et al., 1998). Mas somente em um posicionamento no ano de 2009, o ACSM publicou o “*Progression models of resistance training for healthy adults*”, contendo os princípios para a progressão do treinamento: sobrecarga, especificidade e variação.

Neste sentido, a variável volume trata-se da soma do total de repetições em uma sessão de treinamento multiplicado pela sobrecarga utilizada, podendo ser manipulado alterando o número de exercícios durante uma sessão, o número de repetições realizadas por série ou o número de séries por exercício. A variável intensidade pode ser manipulada através do aumento da sobrecarga com base na porcentagem de uma repetição máxima (1RM), aumento da sobrecarga com base em um número de repetições alvo, ou dentro de uma zona prescrita (8-12RM). Como também, manipulando o tempo de execução do movimento e o tempo de descanso entre as séries (ACSM, 2009). Os modelos experimentais de treinamento resistido apresentam vantagens e desvantagens para a manipulação destas variáveis de treinamento. Cabe a cada pesquisador definir qual protocolo atende a necessidade do seu

objetivo de estudo. O protocolo experimental de treinamento resistido por escalada é realizado em escada.

A escada utilizada para ratos dispõe de 54 degraus verticais com distância de 0,5 cm entre cada um e uma pequena gaiola de rato no topo, que é forrada com um pano para promover um ambiente escuro para o animal descansar entre as escaladas. Os pesos usados como carga são adaptados e montados com pesos de pesca, para que, sejam então fixados na base da cauda do rato (I. C Sanches, Conti, Sartori, Irigoyen, & De Angelis, 2014). Cabe salientar que a escada utilizada para camundongos obedece às mesmas proporções, mas em dimensão reduzida em cerca de 50% (Martins-dos-Santos et al., 2020).

Assim como em outros estudos com treinamento físico, realiza-se primeiramente uma adaptação dos animais ao ato de escalar, por 5 dias. Para isto, os ratos são posicionados na parte inferior da escada e estimulados a subir sendo empurrados para iniciar os movimentos, até que cada rato seja capaz de subir a escada inteira (I. C Sanches et al., 2014).

Após a familiarização dos animais, o teste de carga máxima é realizado para a determinação de intensidade do exercício, baseando-se em uma carga inicial de 75% do peso corporal, que deve ser progressivamente aumentada em mais 15% do peso corporal nas subidas subsequentes, com um período de descanso de 2 minutos entre cada subida (I. C Sanches et al., 2014). Vale ressaltar que esses incrementos foram definidos em estudo com ratas menopausadas diabéticas sedentárias (no início do protocolo). Na metade do período de treinamento, quando os animais já apresentavam um certo nível de condicionamento físico, os incrementos utilizados foram de 25%. Esse ajuste na intensidade de incrementos é necessário para garantir que o animal não exceda 8 escaladas completas, e a exaustão ocorra devido à carga que o animal carrega. Caso o teste exceda 8 escaladas, se tornará muito longo e outras capacidades físicas podem estar envolvidas com a exaustão.

A prescrição de treinamento físico na escada permite a adaptação das variáveis de volume e intensidade. Nosso grupo tem utilizado o treinamento resistido com intensidade moderada para modelos experimentais com alterações cardiometabólicas. Para ratas menopausadas diabéticas, foi realizada a prescrição individualizada, utilizando o valor de carga máxima para cada animal. A carga de treinamento foi ajustada semanalmente, de acordo com o peso corporal do animal. O protocolo de treinamento de exercícios resistidos foi

realizado durante 8 semanas, 5 dias por semana, em intensidade moderada (40–60% da carga máxima normalizada), com 15 escaladas por sessão e um intervalo de tempo de 1 minuto entre as escaladas (Iris Callado Sanches et al., 2018, 2014).

O protocolo de treinamento resistido de alta intensidade consiste em quatro subidas de escada carregando 50%, 75%, 90% e 100% de sua capacidade máxima de carga, respectivamente. Na quinta subida da escada, 30g são adicionadas à carga, sendo que este procedimento é repetido sucessivamente até que a carga alcançada se torne incapacitante ao animal de escalar a escada por três tentativas consecutivas, ou um máximo de oito subidas bem-sucedidas no total. Por fim, a carga carregada na última tentativa de escalada bem-sucedida é usada como força máxima para ajustar o treinamento de carga para a próxima sessão de treinamento com alta carga. Dessa forma, esse protocolo envolve cargas pesadas de alta intensidade e baixo número de escaladas nas sessões de treinamento (Padilha et al., 2019).

2.5. LEVANTAMENTO DE PESO EM PLATAFORMA

Para o treinamento físico com levantamento de peso, os autores Tamaki, Uchiyama e Nakano (1992) propuseram um modelo de treinamento de força através de um aparelho comparável ao levantamento de peso progressivo de alta intensidade e curta duração, característico da modalidade de treinamento Power-lifting. Os animais são equipados com uma jaqueta de lona para que sejam capazes de regular a torção e flexão de seus torsos, e assim, são suspensos em uma posição padrão em seus membros posteriores. Uma estimulação elétrica (20 V, duração de 0,3 s em intervalos de 3 segundos) é aplicada na cauda do rato por meio de um eletrodo de superfície. Como resultado, os ratos flexionam as pernas repetidamente, fazendo com que o braço de peso do aparelho de treinamento erga-se (Mostarda et al., 2014).

Para determinar a intensidade do treinamento e ajustar sua carga ao peso máximo levantado (1 repetição máxima), testes máximos devem ser realizados quinzenalmente. Neste sentido, a potência máxima gerada para o salto (1 repetição máxima) é definida como a carga máxima que os roedores são capazes de saltar após a estimulação elétrica. Portanto, o protocolo de treinamento de baixa intensidade deve ser estabelecido com carga fixada em 40%

de 1 repetição máxima e com um intervalo de 90s entre as séries (Mostarda et al., 2014).

2.6. TREINAMENTO RESISTIDO ISOMÉTRICO

De forma geral, o treinamento resistido ou de força, pode ser dividido em 2 subgrupos: dinâmico ou estático/isométrico. O exercício isométrico envolve contrações sustentadas contra uma carga imóvel ou resistência com nenhuma ou mínima mudança no comprimento do grupamento muscular (Cornelissen & Smart, 2013). Experimentalmente, o treinamento isométrico é pouco explorado, e assim torna difícil a pesquisa experimental para compreensão dos efeitos dessa modalidade de treinamento físico. Apesar disso, em 2013, um estudo publicado procurou padronizar um modelo de treinamento isométrico de fácil aplicabilidade em roedores (Krüger et al., 2013).

O modelo consiste em uma placa de alumínio, com um orifício ao meio com tamanhos de 8x5 cm. Neste orifício foi acoplado uma tela metálica, os fios dessa tela metálica devem ter no máximo 1 mm para que os animais possam se sustentar na tela de forma segura e firme. Com a placa na posição horizontal os animais devem ser colocados na tela e, então, a placa deve passar da posição horizontal para a vertical, ficando o animal sustentado com todas as patas atreladas na tela. A superfície plana da tela evita a maior movimentação do animal. Para esse protocolo, o treinamento foi realizado 5 dias por semana. O período de contração isométrica durou 3 minutos, seguido por 1 minuto de repouso, essa dinâmica foi realizada por 3 vezes em cada sessão de treinamento.

O teste de ganho de força isométrico segue o mesmo modelo do treinamento, diferindo que os animais devem ficar sustentado com todas as patas o máximo de tempo possível, a medida que os animais soltem as patas traseiras da tela, o teste é dado por encerrado e o tempo de sustentação usado como medida de ganho de força (Krüger et al., 2013).

2.7. TREINAMENTO FÍSICO COMBINADO

As diretrizes para manejo de risco cardiovascular nacionais ou internacionais preconizam a prática regular de treinamento físico aeróbico, resistido e alongamentos para um

eficaz manejo de risco cardiovascular (Malachias, Souza, Plavnik, & Rodrigues, 2016; Whelton et al., 2018). Por ser consenso os efeitos protetivos superiores do treinamento físico aeróbico em aspectos cardiovasculares (Whelton et al., 2018), há uma predominância desta prescrição em relação a outros tipos de intervenções. No entanto, alguns pesquisadores têm utilizado em seus estudos a combinação de treinamento físico aeróbico com o treinamento resistido.

A combinação de treinamento aeróbio com resistido pode ser feita de acordo com os objetivos do estudo. Uma possibilidade é alternar treinamento aeróbio na esteira ergométrica, com treinamento resistido na escada, em dias alternados. Para prescrição de cada uma das modalidades sugere-se realizar o teste máximo relativo ao protocolo, no início, bem como os testes intermediário (ajuste de carga) e final, para verificação dos ganhos (Iris Callado Sanches et al., 2018).

Considerando a praticidade dessa combinação, e as evidências positivas dos efeitos protetivos da associação do treinamento aeróbio com o resistido, existe uma tendência de aumento de estudos que utilizem esse protocolo de treinamento combinado em diferentes modelos experimentais. Além disso, acredita-se que outras combinações surgirão em função da popularidade de diferentes tipos de treinamento que surgem na sociedade.

2.8. PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA OCASIONAL

Na tentativa de mimetizar situações em que indivíduos não conseguem realizar treinamento físico, mas possuem um estilo de vida ativo, foi desenvolvido um protocolo para modelos experimentais que praticam atividade física ocasional.

O método mais conhecido como alternativa de mimetizar a atividade física espontânea utiliza um aparato conhecido como “roda de corrida”, este equipamento é acoplado há um sistema operacional que grava o número de rotações por minuto (rpm) durante o dia (García-Mesa et al., 2014). Para possibilitar interação social os experimentos geralmente possuem mais de um animal por gaiola (geralmente de 3 a 5 animais), desta forma, quando a roda de corrida é utilizada os pesquisados realizam cálculos para estimar o nível de atividade física dos diferentes grupos experimentais (rpm por minuto/número de animais) (García-Mesa et al.,

2014). É importante mencionar que a prática de atividade física espontânea foi eficaz para promover uma série de efeitos protetivos relacionados a composição corporal, expressão de BDNF e a retenção memória em um modelo de doença de Alzheimer associado a privação ovariana.

As diretrizes de saúde pública preconizam níveis mínimos de atividade física para que esta prática seja efetiva e protetiva em relação a manutenção da saúde (geralmente 30 minutos diários) (Malachias et al., 2016; Simão et al., 2013). No entanto, quando são utilizados modelos experimentais com um direcionamento para a prática espontânea ocorre uma falta de controle em relação aos níveis mínimos de atividade física por animal, o que pode ser considerado uma limitação deste método.

Na literatura também há delineamentos experimentais que demonstram efeitos do treinamento físico de menor volume em esteira, sugerindo ser uma mimetização de prática ocasional de atividade física em esteira (entre uma/duas vez por semana) (qiang Wu et al., 2019). Esta prescrição de treinamento físico ocasional parece também ser protetiva aos animais, ao induzir efeitos similares ao treinamento físico realizado 5 vezes por semana em relação ao controle da progressão de placas ateroscleróticas em animais geneticamente modificados (qiang Wu et al., 2019).

Vale mencionar que ambos os métodos utilizados (treinamento na roda de corrida e treinamento ocasional) são modelos experimentais que tentam mimetizar um estilo de vida ativo, logo, por se tratar de modelos experimentais espera-se algum tipo de limitação. Além disso, apesar de ambos métodos incentivarem intervenções direcionadas a prática de atividade física, ambos apresentam características similares a sessões de treinamento físico aeróbico.

3. CONCLUSÃO

Esta breve revisão apresenta uma variedade de protocolos de treinamento físico para modelos experimentais de pequeno porte, especialmente roedores (ratos e camundongos). Esses protocolos são de extrema importância para a área da Educação Física, por permitir o estudo dos efeitos do treinamento físico sobre parâmetros que são inviáveis de serem estudados em humanos fora do contexto hospitalar, ou parâmetros inviáveis de serem

estudados em seres humanos vivos, ou, até mesmo, para controlar variáveis inviáveis de serem controladas em seres humanos.

Atualmente, o protocolo mais usado pelos pesquisadores é o de treinamento aeróbio em esteira ergométrica, em função da corrida ser uma modalidade de treinamento muito acessível pela população humana, e de fácil manejo das variáveis envolvidas na prescrição e segurança para a realização. Entretanto, cada vez mais, os pesquisadores têm se utilizado de variações e/ou combinações nos estudos, com o intuito de investigar protocolos de treinamento mais aproximados ao que as pessoas estão realizando nas sociedades.

As diferentes opções de protocolo de treinamento devem ser avaliadas para cada objetivo de pesquisa, juntamente com as possibilidades de estimativa da carga máxima para a prescrição da intensidade adequada ao que se pretende estudar. Os pesquisadores também devem levar em conta os aspectos éticos no manejo de animais de laboratório, que vem se tornando cada vez mais rigorosos na medida em que o conhecimento em medicina veterinária avança, bem como o desenvolvimento de medicamentos utilizados para esses animais.

4. REFERÊNCIAS

Abad, C. C. C., Nascimento, A. M. do, Santos, L. E. dos, Figueroa, D., Ramona, P., Sartori, M., ... Irigoyen, M. C. (2017). Interval and continuous aerobic exercise training similarly increase cardiac function and autonomic modulation in infarcted mice. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(3), 257–265. <https://doi.org/10.12965/jer.1734914.457>

ACSM. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>

Caspersen C, Powell K, C. G. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;Mar-Apr100(2):126-31. *Public Health Rep*, ;Mar-Apr 1(2), 126–131. Retrieved from [/pmc/articles/PMC1424733/?report=abstract%0Ahttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/?report=abstract%0Ahttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/)

Chavanelle, V., Boisseau, N., Otero, Y. F., Combaret, L., Dardevet, D., Montaurier, C., ... Sirvent, P. (2017). Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on glycaemic control and skeletal muscle mitochondrial function in db/db mice. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00276-8>

Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, Vol. 2, pp. 6–15. <https://doi.org/10.1161/JAHA.112.004473>

Craighead, D. H., Heinbockel, T. C., Hamilton, M. N., Bailey, E. F., MacDonald, M. J., Gibala, M. J., & Seals, D. R. (2019). Time-efficient physical training for enhancing cardiovascular function in midlife and older adults: Promise and current research gaps. *Journal of Applied Physiology*, 127(5), 1427–1440. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00381.2019>

De Angelis, K., Rodrigues, B., Zanesco, A., De Oliveira, E. M., De SantàAnna Evangelista, F., Coelho, H. J.,... Sanches, I. C. (2017). The importance of animal studies in Exercise Science. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 23(Special), 1–7. <https://doi.org/10.1590/S1980-6574201700SI0002>

Dos-SANTOS, J., & MELLO, M. (2010). Endurance Swimming Periodized Training in Rats. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 13(5), 29–43.

García-Mesa, Y., Pareja-Galeano, H., Bonet-Costa, V., Revilla, S., Gómez-Cabrera, M. C., Gambini, J., ... Sanfeliu, C. (2014). Physical exercise neuroprotects ovariectomized 3xTg-AD mice through BDNF mechanisms. *Psychoneuroendocrinology*, 45, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.03.021>

Gobatto, C. A., De Mello, M. A. R., Sibuya, C. Y., De Azevedo, J. R. M., Dos Santos, L. A., & Kokubun, E. (2001). Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, 130(1), 21–27. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(01\)00362-2](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00362-2)

Irigoyen, M.-C., Paulini, J., Flores, L. J. F., Flues, K., Bertagnolli, M., Moreira, E. D., ... De Angelis, K. (2005). Exercise training improves baroreflex sensitivity associated with oxidative stress reduction in ovariectomized rats. *Hypertension*, 46(4), 998–1003. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000176238.90688.6b>

Kemi, Ole J, Haram, P. M., Loennechen, J. P., Osnes, J.-B., Skomedal, T., Wisløff, U., & Ellingsen, Ø. (2005). Moderate vs. high exercise intensity: Differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovascular Research*, 67(1), 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2005.03.010>

Kemi, Ole Johan, Loennechen, J. P., Wisløff, U., & Ellingsen, Ø. (2002). Intensity-controlled treadmill running in mice: cardiac and skeletal muscle hypertrophy. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 93(4), 1301–1309. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00231.2002>

Kraus, W. E., Powell, K. E., Haskell, W. L., Janz, K. F., Campbell, W. W., Jakicic, J. M., ... Piercy, K. L. (2019). Physical Activity, All-Cause and Cardiovascular Mortality, and Cardiovascular Disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1270–1281. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001939>

Krüger, K., Gessner, D. K., Seimetz, M., Banisch, J., Ringseis, R., Eder, K., ... Mooren, F. C. (2013). Functional and Muscular Adaptations in an Experimental Model for Isometric Strength Training in Mice. *PLoS ONE*, 8(11), e79069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079069>

Malachias, M. V. B., Souza, W. K. S. B., Plavnik, F. L., & Rodrigues, C. I. S. (2016). 7a Diretriz Brasileira De Hipertensão Arterial (Vol. 107). <https://doi.org/10.5935/abc.2013S010>

Martins-dos-Santos, H. F. de S., Jesus, N. R. de, Santos, A. dos, Batista, T. F. R., Nascimento-

Carvalho, B., Caperuto, E. C., ... Sanches, I. C. (2020). Resistido em Modelo Experimental de Menopausa e Obesidade: Efeitos Metabólicos, Hemodinâmicos e Autonômicos. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 29(4).

MORRIS, J. N., & HEADY, J. A. (1953). Mortality in relation to the physical activity of work: a preliminar note on experience in middle age. *British Journal of Industrial Medicine*, 10(4), 245–254. <https://doi.org/10.1136/oem.10.4.245>

Mostarda, C. T., Rodrigues, B., de Moraes, O. A., Moraes-Silva, I. C., Arruda, P. B. O., Cardoso, R., ... Irigoyen, M. C. (2014). Low intensity resistance training improves systolic function and cardiovascular autonomic control in diabetic rats. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 28(3), 273–278. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2013.12.005>

Oliveira, B. R. R., Santos, T. M., Kilpatrick, M., Pires, F. O., & Deslandes, A. C. (2018). Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 13(6), e0197124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197124>

Padilha, C. S., Cella, P. S., Ribeiro, A. S., Voltarelli, F. A., Testa, M. T. J., Marinello, P. C., ... Deminice, R. (2019). Moderate vs high-load resistance training on muscular adaptations in rats. *Life Sciences*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2019.116964>

Pimenta, M., Bringhenti, I., Souza-Mello, V., Dos Santos Mendes, I. K., Aguila, M. B., & Mandarim-de-Lacerda, C. A. (2015). High-intensity interval training beneficial effects on body mass, blood pressure, and oxidative stress in diet-induced obesity in ovariectomized mice. *Life Sciences*, 139, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.08.004>

Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Despres, J.-P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM Position Stand: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(6), 975–991. <https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00032>

qiang Wu, W., Peng, S., qin Wan, X., Lin, S., yu Li, L., & yuan Song, Z. (2019). Physical exercise inhibits atherosclerosis development by regulating the expression of neuropeptide Y in apolipoprotein E- deficient mice. *Life Sciences*, 237(May), 116896. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2019.116896>

Riebe, D., Ehrman, J., Liguori, G., & Magal, M. (2018). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10oEditio).

Rodrigues, B., Figueroa, D. M., Mostarda, C. T., Heeren, M. V., Irigoyen, M.-C., & De Angelis, K. (2007).

Maximal exercise test is a useful method for physical capacity and oxygen consumption determination in streptozotocin-diabetic rats. *Cardiovascular Diabetology*, 6(1), 38. <https://doi.org/10.1186/1475-2840-6-38>

Sá, G. de O., Neves, V. dos S., Fraga, S. R. de O., Souza-Mello, V., & Barbosa-da-Silva, S. (2017). High- intensity interval training has beneficial effects on cardiac remodeling through local renin-angiotensin system modulation in mice fed high-fat or high-fructose diets. *Life Sciences*, 189, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2017.09.012>

Sanches, I. C., Conti, F. F., Sartori, M., Irigoyen, M. C., & De Angelis, K. (2014). Standardization of

resistance exercise training: Effects in diabetic ovariectomized rats. *International Journal of Sports Medicine*, 35(4), 323–329. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351254>

Sanches, I. C, Conti, F. F., Sartori, M., Irigoyen, M. C., & De Angelis, K. (2014). Standardization of Resistance Exercise Training: Effects in Diabetic Ovariectomized Rats. *International Journal of Sports Medicine*, 35(04), 323–329. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351254>

Sanches, Iris Callado, Buzin, M., Conti, F. F., Dias, D. da S., Santos, C. P. dos, Sirvente, R., ... De Angelis, K. (2018). Combined aerobic and resistance exercise training attenuates cardiac dysfunctions in a model of diabetes and menopause. *PLOS ONE*, 13(9), e0202731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202731>

Sanches, Iris Callado, de Oliveira Brito, J., Candido, G. O., da Silva Dias, D., Jorge, L., Irigoyen, M. - C., & De Angelis, K. (2012). Cardiometabolic benefits of exercise training in an experimental model of metabolic syndrome and menopause. *Menopause (New York, N.Y.)*, 19(5), 562–568.

Santos, A. dos. (2020). Comparação entre treinamento físico moderado vs. alta intensidade em modelo experimental de menopausa e obesidade: efeitos metabólicos, cardiovasculares e autonômicos. Universidade São Judas Tadeu.

Simão, A. F., Precoma, D. B., Andrade, J. P., Correa Filho, H., Saraiva, J. F. K., Oliveira, G. M. M., ... Souza, W. K. S. B. (2013). I diretriz Brasileira de prevenção cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 101(6 SUPPL.2), 1–63. <https://doi.org/10.5935/abc.2013S012>

Soci, U. P. R., Redondo, F. R. R., Fernandes, T., Angelis, K. De, Irigoyen, M. C., Coelho, M., & Oliveira, E.M. de. (2009). Esteróide anabolizante inibe a angiogênese induzida pelo treinamento físico de natação em músculo sóleo de ratos normotensos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 23(3), 195–209. <https://doi.org/10.1590/s1807-55092009000300002>

Stork, M. J., Banfield, L. E., Gibala, M. J., & Martin Ginis, K. A. (2017). A scoping review of the psychological responses to interval exercise: is interval exercise a viable alternative to traditional exercise? *Health Psychology Review*, 11(4), 324–344. <https://doi.org/10.1080/17437199.2017.1326011>

Tamaki, T., Uchiyama, S., & Nakano, S. (1992). A weight-lifting exercise model for inducing hypertrophy in the hindlimb muscles of rats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(8), 881–886. <https://doi.org/10.1249/00005768-199208000-00009>

Wang, N., Liu, Y., Ma, Y., & Wen, D. (2017). High-intensity interval versus moderate-intensity continuous training: Superior metabolic benefits in diet-induced obesity mice. *Life Sciences*, 191, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2017.08.023>

Whelton, P. K., Carey, R. M., Aronow, W. S., Casey, D. E., Collins, K. J., Dennison Himmelfarb, C., ... Wright, J. T. (2018). 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Hypertension, 71(6), 1269–1324. <https://doi.org/10.1161/HYP.0000000000000066>

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os apoios financeiros do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Edital Universal (435123/2018-1), e as bolsas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.