

TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE EM PESSOAS COM LESÃO DA MEDULA ESPINHAL: REVISÃO SISTEMÁTICA

HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING IN PEOPLE WITH SPINAL CORD INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW

ENTRENAMIENTO POR INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD EN PERSONAS CON LESIONES MEDULARES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Carlos Mariano Aguiar Ferreira da Silva^{1,2} 

(Profissional de Educação Física)
 Karina Santos Guedes de Sá^{1,3} 

José Irineu Gorla³ 

(Profissional de Educação Física)
 Lucinar Jupir Forner Flores⁴ 

(Profissional de Educação Física)
 Marília de Passos Magno e Silva^{3,5} 

(Fisioterapeuta)
 Victor Silveira Coswig^{2,6} 

(Profissional de Educação Física)
 Anselmo de Athayde Costa e Silva^{1,2,3} 

(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Federal do Pará, Laboratório de Atividade Física Adaptada, Belém, PA, Brasil.
2. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento (PPGNC), Belém, PA, Brasil.
3. Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Campinas, SP, Brasil.
4. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.
5. Universidade Federal do Pará, Faculdade de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Belém, PA, Brasil.
6. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Educação Física e Esportes, Fortaleza, CE, Brasil.

Correspondência:

Carlos Mariano Aguiar Ferreira da Silva
 Universidade Federal do Pará, Laboratório de Atividade Física Adaptada. R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110. carlosmarianoaguiar@outlook.com



RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) nos parâmetros cardiometabólicos, aptidão cardiorrespiratória e compilar os tipos de HIIT mais utilizados no treinamento em adultos com lesão da medula espinhal (LME). **Métodos:** Trata-se de revisão sistemática, para a qual foram realizadas pesquisas nas bases de dados eletrônicas PubMed / Medline, Science Direct e Google Scholar. Foram incluídos estudos em que I) o treinamento HIIT era aplicado em II) adultos com LME e analisaram III) os aspectos cardiometabólicos e aptidão cardiorrespiratória. Dois revisores independentes selecionaram os artigos para a inclusão, extraindo seus dados e avaliando a sua qualidade metodológica. **Resultados:** 654 estudos foram encontrados. Desses, 12 estudos, 11 pré e pós intervenção e 1 grupo controle (GC) com um total de 106 participantes foram analisados. Resultados pré e pós intervenção de HIIT revelaram significativa melhora na aptidão cardiorrespiratória e aspectos cardiometabólicos (VO₂pico, LDH, HDL, resistência à insulina). Resultados do GC revelaram uma significativa melhora na aptidão cardiorrespiratória observada no grupo de intervenção (HIIT) em relação ao grupo de intensidade moderada-baixa (GC). Sete estudos usaram o ergômetro de braço como modalidade de exercício primária. Dois estudos descreveram a estimulação elétrica funcional (EEF) realizada com o ergômetro de braço adicionando estimulação elétrica nos membros inferiores. Nenhum relatou a dinâmica da frequência cardíaca durante o período do estudo. **Conclusão:** O treinamento intervalado de alta intensidade melhora a aptidão física e a saúde cardiometabólica em adultos com LME. **Nível de evidência II; Revisão sistemática de Estudos de Nível II.**

Descritores: Traumatismos da Medula Espinal; Treinamento Intervalado de Alta Intensidade; Metabolismo; Aptidão Física.

ABSTRACT

Objective: Analyze the effects of high-intensity interval training (HIIT) on cardiometabolic parameters, and cardiorespiratory fitness to compile the most used HIIT training types in adults with spinal cord injury (SCI). **Methods:** This is a systematic review of searches performed in the electronic databases PubMed / Medline, Science Direct, and Google Scholar. **Studies included I) needed to apply HIIT training II) adults with SCI to analyze III) cardiometabolic aspects and cardiorespiratory fitness. Two independent reviewers selected the articles for inclusion, extracted their data, and assessed their methodological quality. Results:** 654 studies were found. Thus, 12 studies, 11 pre- and post-intervention, and one control group (CG) with 106 participants were analyzed. Pre- and post-HIIT intervention results revealed significant improvement in cardiorespiratory fitness and cardiometabolic aspects (VO₂peak, LDH, HDL, insulin resistance). In addition, GC results revealed significant improvement in cardiorespiratory fitness observed in the intervention group (HIIT) compared to the moderate-low intensity (GC) group. Seven studies used the arm ergometer as the primary exercise modality. Two studies described functional electrical stimulation (FES) performed with the arm ergometer plus electrical stimulation in the lower limbs. None reported heart rate dynamics during the study period. **Conclusion:** High-intensity interval training improves physical fitness and cardiometabolic health in adults with SCI. **Evidence level II; Systematic Review of level II studies.**

Keywords: Spinal Cord Injuries; High-Intensity Interval Training; Metabolism; Physical Fitness.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) sobre los parámetros cardiometabólicos, fitness cardiorrespiratorio y recopilar los tipos de HIIT más utilizados en el entrenamiento en adultos con lesión medular (LME). **Métodos:** Se trata de una revisión sistemática, para lo cual se realizaron búsquedas en bases de datos electrónicas PubMed/Medline, Science Direct y Google Scholar. Se incluyeron estudios que I) necesitaban aplicar entrenamiento HIIT en II) adultos con SCI y analizar III) aspectos cardiometabólicos y aptitud cardiorrespiratoria. Dos revisores independientes seleccionaron los artículos para su inclusión, extrajeron sus datos y evaluaron su calidad metodológica. **Resultados:** De los 654 estudios encontrados, se analizaron 12 estudios, 11 pre y post intervención y 1 grupo control (GC) con un total de 106 participantes. Los resultados previos y posteriores a la intervención HIIT revelaron una mejora significativa en la aptitud cardiorrespiratoria y los aspectos cardiometabólicos (VO₂pico, LDH, HDL, resistencia a la insulina). Los resultados de GC

revelaron una mejora significativa en la aptitud cardiorrespiratoria observada del grupo de intervención (HIIT) en comparación con el grupo de intensidad moderada-baja (GC). Siete estudios utilizaron el ergómetro de brazo como la modalidad principal de ejercicio. Dos estudios describieron la estimulación eléctrica funcional (EEF) realizada con el ergómetro de brazo más la estimulación eléctrica en los miembros inferiores. Ninguno informó la dinámica de la frecuencia cardíaca durante el período de estudio. Conclusiones: El entrenamiento intervalos de alta intensidad mejora la condición física y la salud cardiometabólica en adultos con LME. **Evidencia de nivel II; Revisión sistemática de estudios de nivel II.**

Descriptor: Traumatismos de la Médula Espinal; Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad; Metabolismo; Aptitud Física.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202430012022_0193p

Article received on 02/04/2022 accepted on 22/08/2022

INTRODUÇÃO

A lesão da medula espinhal (LME) é o dano que ocorre em alguma parte da extensão da medula espinhal causando déficit motor e/ou sensorial.¹ A população com LME apresenta alto grau de mortalidade por doenças cardiometabólicas e maior predisposição a essas condições²⁻⁶ e, em geral, apresentam níveis baixos de atividade física em comparação às pessoas sem deficiência e isso está relacionado às dificuldades de mobilidade.⁷⁻⁹ Em contraste, esse perfil sedentário e o risco cardiometabólicos associado poderiam ser prevenidas com a prática de atividades físicas.¹⁰

Parece ser consenso que a prática de atividade física promove benefícios em indicadores cardiopulmonares, qualidade de vida, independência funcional e força.¹¹⁻¹³ Ademais, a atividade física de alta intensidade por meio do esporte, também tem se relacionado à redução do risco cardiovascular,^{14,15} melhora da função diastólica¹⁶ e melhor composição corporal.¹⁷ Para além da prática esportiva, outros modelos de exercício intervalado de alta intensidade (HIIT) realizados em diferentes contextos têm recebido atenção.

Assim, define-se HIIT como modalidade de treinamento na qual o praticante alterna esforços de alta intensidade (i.e. acima do limiar anaeróbio) com períodos de descanso que podem ser ativos ou passivos.¹⁸ De modo específico, existem modelos de classificação derivados da manipulação das variáveis intervenientes, que se organizam, dentre outras propostas, em intervalados longos, intervalados curtos, treinamento de *sprints* repetidos (RST) e treinamento intervalado de *sprints* (SIT).¹⁸ Estes modelos destacam-se por permitir que níveis maiores de intensidade sejam mantidos por um período maior de tempo,¹⁹ o que parece ser interessante para mudanças cardiorrespiratórias adaptativas.²⁰ Em pessoas com LME, o conhecimento acerca de respostas ao HIIT é ainda emergente.²¹⁻²⁸

Portanto, considerando o potencial do HIIT para promover adaptações positivas em indivíduos com LME, o presente estudo tem como objetivo sistematizar o conhecimento já disponível sobre os efeitos do HIIT em parâmetros cardiometabólicos e cardiorrespiratórios em pessoas com LME.

MÉTODOS

Informação preliminar

Esta revisão sistemática é baseada nos termos do PRISMA (Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análise).²⁹ O estudo teve como questão a seguinte estratégia PICO: Pessoas com lesão da medula espinhal (participantes); Treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) (intervenção); Dados descritivos sobre o HIIT (comparação); Melhoria dos aspectos cardiometabólicos e da aptidão física (resultados).

Estratégia de busca

As buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas PubMed/Medline, Science Direct e Google Scholar em janeiro de 2022. Foram utilizados: *PubMed / Medline: high-intensity interval training AND spinal*

cord injury; Science Direct: "High-intensity interval training" AND "Spinal cord injury" and Google Scholar: High-intensity interval training AND spinal cord injury AND cardiorespiratory AND metabolic AND improve AND elicit AND ergometer AND adaptations AND paraplegic. Os artigos foram selecionados por meio da leitura do título e resumo e, posteriormente, as duplicatas foram excluídas. Após a seleção, os artigos foram lidos na íntegra e os critérios de inclusão aplicados.

Critério de eleição

Esta revisão sistemática incluiu artigos que i) aplicaram o método HIIT; ii) em indivíduos adultos com LME e; iii) realizaram análises dos aspectos cardiometabólicos e da aptidão física, mostrando os resultados por média e desvio padrão. Estudos piloto, artigos de revisão sistemática e de escopo, capítulos de livros, resumos de conferências e aqueles que não atenderam aos critérios de inclusão foram excluídos.

Extração de dados

A extração de dados foi realizada com base em uma tabela de extração desenvolvida pelos autores. Os dados coletados foram: objetivo do estudo, amostra, grupos, métodos de treinamento, duração da pesquisa, frequência semanal de treinamento, duração da sessão em minutos e principais resultados.

Avaliação de qualidade

A qualidade metodológica dos estudos apresentada na Tabela 1 foi avaliada com a ferramenta *Appraisal for Cross-Sectional Studies (AXIS)*.³⁰ Dois autores (CM, KS) realizaram a avaliação da qualidade separadamente e as discordâncias foram resolvidas por consenso na presença de um terceiro revisor (AC). Na ferramenta AXIS, para cada resposta correta, a pontuação de um foi atribuída a cada uma das vinte questões. Essas ferramentas visam avaliar o rigor metodológico desses estudos.

RESULTADOS

Seleção de estudos

Na busca inicial foram encontrados 654 artigos (PubMed = 19; Science direct = 39 e Google Scholar = 596). Após a exclusão das duplicatas e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restaram 11 artigos para esta revisão sistemática. (Figura 1)

Descrição do estudo

A Tabela 2 descreve as características da amostra dos estudos selecionados. Um total de 106 indivíduos foram submetidos às intervenções com o método HIIT. Desse total, 14 (13,2%) eram do sexo feminino e 92 (86,7%) do sexo masculino. Um dos estudos não descreveu o sexo dos participantes.³¹ Apenas um estudo teve um grupo controle.²³

Com relação a duração do treinamento, os estudos apresentaram diferenças no tempo total de intervenção com protocolos de treinamento com duração de uma a doze semanas. O estudo que aplicou o protocolo de treinamento por apenas uma semana e também obteve melhora na

Tabela 1. Ferramenta de avaliação para estudos transversais (AXIS).

Questão	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)	(58)	(59)	(60)	(61)	(62)	(25)
Introdução												
1. Os objetivos do estudo foram claros?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Métodos												
2. O desenho do estudo foi apropriado para o(s) objetivo(s) declarado(s)?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3. O tamanho da amostra foi justificado?	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4. A população alvo/referência foi claramente definida? (Está claro sobre quem era a pesquisa?)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
5. O quadro amostral foi retirado de uma base populacional apropriada para que representasse de perto a população-alvo/referência sob investigação?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
6. O processo de seleção foi suscetível de selecionar sujeitos/participantes representativos da população-alvo/referência sob investigação?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7. Foram tomadas medidas para abordar e categorizar os não respondedores?	ND											
8. Os fatores de risco e as variáveis de desfecho foram medidos de forma adequada aos objetivos do estudo?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
9. Os fatores de risco e as variáveis de resultado foram medidos corretamente usando instrumentos/medidas que foram testados, testados ou publicados anteriormente?	NI											
10. Está claro o que foi usado para determinar a significância estatística e/ou estimativas de precisão? (por exemplo, valores de p, CIs)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
11. Os métodos (incluindo métodos estatísticos) foram suficientemente descritos para permitir sua repetição?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Resultados												
12. Os dados básicos foram descritos adequadamente?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
13. A taxa de resposta levanta preocupações sobre viés de não resposta?	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
14. Se apropriado, as informações sobre os não respondedores foram descritas?	NI											
15. Os resultados foram consistentes internamente?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
16. Os resultados das análises descritas nos métodos foram apresentados?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Discussão												
17. As discussões e conclusões dos autores foram justificadas pelos resultados?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
18. As limitações do estudo foram discutidas?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Outros												
19. Houve fontes de financiamento ou conflitos de interesse que possam afetar a interpretação dos resultados pelos autores?	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
20. Foi obtida aprovação ética ou consentimento dos participantes?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Legenda: S = Sim, N = Não e NI = Não Informado.

capacidade aeróbia.²¹ Em dois estudos foram observadas melhorias nos parâmetros cardiometabólicos (por exemplo, LDH, HDL, resistência à insulina).^{27,31} Nenhum dos estudos revisados aqui relataram a dinâmica da frequência cardíaca durante o período do estudo. O número de sessões de treinamento também apresentou variação de 1 a 3 vezes na semana.

O ergômetro de braço foi o principal equipamento utilizado para o treinamento de HIIT.^{21,24-27,32} Oito estudos usaram o ergômetro de braço como modalidade primária de exercício. Dois estudos descreveram o exercício realizado com o ergômetro de braço mais a FES.^{28,31} Em relação ao tempo de estímulo aplicado, o mínimo observado foi de 30 segundos³³ e o máximo foi de 5 minutos.²⁶ Dois dos dozes estudos incluídos nesta revisão estudaram parâmetros cardiometabólicos além de parâmetros cardiorrespiratórios.^{27,31} A avaliação da qualidade dos estudos foi determinada por dois revisores.

Todos os estudos relataram em seus resultados alterações na capacidade aeróbia dos indivíduos, utilizando em sua maioria o protocolo HIIT com o ergômetro de braço, sem combinação com outro método.^{21,23,25-27,32-35} Dois estudos utilizaram a combinação de exercícios para membros superiores e aplicação de FES nos membros inferiores resultando em melhorias significativas na capacidade aeróbia.^{27,28,31} relataram melhorias em parâmetros cardiometabólicos (por exemplo, LDH, HDL, resistência à insulina).

DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática teve como objetivo analisar o efeito do HIIT em indicadores dos parâmetros cardiometabólicos e aptidão cardiorrespiratória em pessoas com LME. O principal achado indica que o HIIT considerado uma estratégia “*time efficient*”, em comparação com o treinamento contínuo, para melhorar os marcadores cardiometabólicos de saúde e aptidão física, podendo populações especiais se beneficiarem deste treinamento.

Sete dos onze estudos que utilizaram exercícios ergométricos de braço com protocolo HIIT relatam aperfeiçoamento na aptidão cardiorrespiratória, indicando que essa forma de exercício é eficaz em promover mudanças positivas neste parâmetro. Esses resultados estão de acordo com os achados de estudos que observam melhorias cardiorrespiratórias em exercícios realizados com o auxílio do ergômetro de braço.³⁶⁻³⁸

O HIIT requer menos tempo de treinamento do que o treinamento contínuo³⁹ e em pessoas sem deficiência apresenta-se como uma alternativa ao treinamento contínuo para promover melhorias nos parâmetros cardiometabólicos.⁴⁰ Os efeitos observados em pesquisas que usaram protocolos HIIT de sessão única curta mostraram incremento no VO₂máx.^{21,33} Esses resultados estão de acordo com os do uso do HIIT em pessoas sem deficiência.⁴¹ Um estudo comparou o gasto energético entre o HIIT e o treinamento contínuo de moderada intensidade,

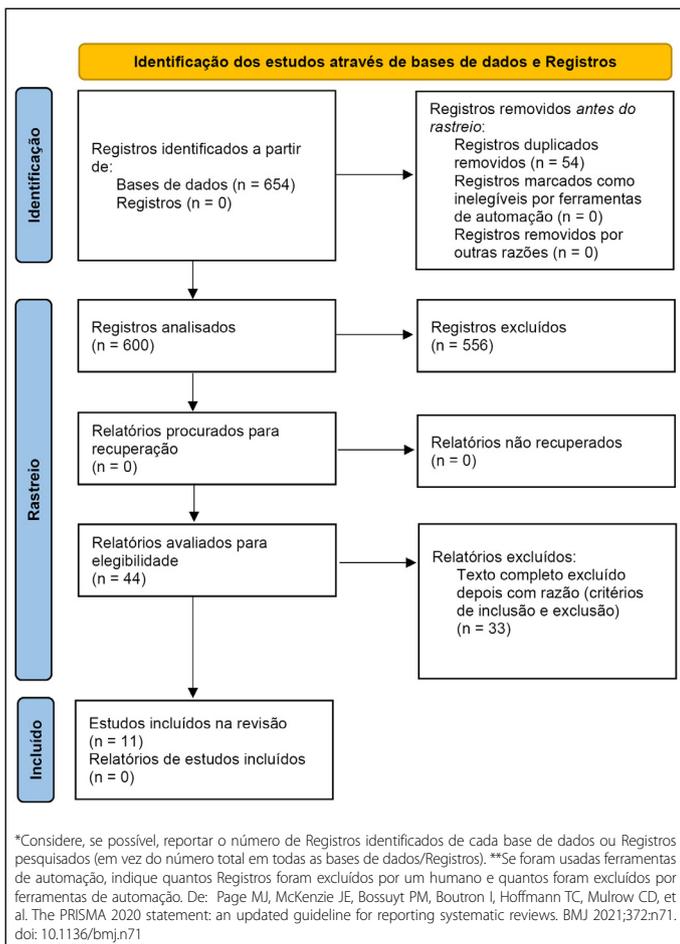


Figura 1. Diagrama de fluxo do PRISMA 2020 para novas revisões sistemáticas que incluíram apenas pesquisas em bancos de dados e Registros.

Tabela 2. Características dos estudos selecionados.

Autor ano	Objetivo	Amostra	Grupos	Métodos treinamento	Duração estudo	Frequência	Duração	Resultados principais Média (SD)
(de Groot et al., ²⁵ 2003)	Avaliar o efeito da intensidade do treinamento na capacidade física, perfil lipídico e sensibilidade à insulina na reabilitação precoce de pacientes com lesão medular (LM) e avaliar a correlação entre o pico de capacidade aeróbica (VO2Pico) e a sensibilidade à insulina.	6 indivíduos SCI.	1 - Alta intensidade (HI; 70-80% de reserva de frequência cardíaca (HRR)) 2 - Baixa intensidade (LI; 40-50% HRR)	Intervenção de treinamento de braço (não especificada) Repetidas sessões de 3 min de ACE (70-80%HRR)	8 semanas	3x semana	20 min	Valores pós-teste relativos aos valores pré-teste expressos em porcentagem (SD). Grupo HI: %(SD) VO2Pico = 150 (24) Sensibilidade à insulina = 67 (9) Razão TC/HDL = 77 (6) Triglicerídeos = 69 (7) Grupo LI: %(SD) VO2Pico = 117 (4) Sensibilidade à insulina = 156 (55) Relação TC/HDL = 100 (20) Triglicerídeos = 95 (14)
(Tordi et al., ³³ 2001)	Investigou os efeitos de um programa de treinamento de intervalo curto projetado especificamente para pacientes com lesões na medula espinhal.	5 Homem paraplégico.	Sem grupo.	Repetidas sessões de 5 minutos de ergometria em cadeira de rodas 50 e 80% PPO.	4 semanas	3x semana	30-min	↑ VO2 pico (ml min kg/1): -Pré = 21 -Post = 24 ↑ FC pico (b min1): -Pré = 191 -Post = 183 ↑ VE pico (l min ¹): -Pré = 64 -Post = 78 ↑ O2p (ml b1): -Pré = 7,9 -Post = 9,9

concluindo que ocorre gasto calórico similar entre os dois modelos de treinamento (115.9 ± 21.8 vs 116.6 ± 35.0 kcal).²⁵ No entanto, outro estudo em adultos obesos identificou que no treinamento contínuo de moderada intensidade foi requerido um maior tempo de duração em relação ao HIIT (39.8 ± 4.6 vs 32.2 ± 6.2 min).⁴²

Diretrizes oficiais de exercícios físicos para benefícios da aptidão cardiorespiratória para adultos com LME sugerem intensidade moderada a vigorosa pelo menos duas a três vezes por semana, indicando ainda que para benefícios de saúde cardiometabólica, adultos com LME devem realizar pelo menos 30 minutos de intensidade aeróbica moderada a vigorosa 3 vezes por semana.^{2,43} Os protocolos observados nesta revisão, com exceção de um estudo que não relatou o tempo do protocolo HIIT,²⁸ seguem as recomendações de tempo propostas na diretriz para pessoas com LME. (Tabela 1).

Os estudos desta revisão não mostraram como a frequência cardíaca se comportou durante o HIIT. A fim de melhor compreender o impacto isolado das intervenções de exercícios prescritos na saúde cardiovascular, estudos futuros podem controlar a resposta da frequência cardíaca ao longo do protocolo, proporcionando um melhor entendimento do impacto geral de intervenções de exercícios de alta intensidade em pessoas com LME. Os valores de FCmáx observados em pessoas com LME podem diferir ligeiramente devido ao menor volume de ejeção do que em pessoas sem deficiência.⁴⁴⁻⁴⁶ O conhecimento das respostas da frequência cardíaca em diferentes intensidades de execução é essencial para a correta prescrição do exercício.⁴⁷

É evidente nesta revisão a maioria dos estudos apresentou uma amostra composta por pessoas com lesão medular baixa (paraplegia), o que parece ter influência nos desfechos cardiorespiratórios.^{48,49} Os parâmetros metabólicos parecem ser influenciados pelo tempo de lesão do indivíduo. Em pessoas com LME crônica não foram observadas melhora nos parâmetros cardiometabólicos após 6 semanas de HIIT.³¹

(Brurok et al., ²⁶ 2011)	Determinar o efeito do treinamento intervalado de alta intensidade durante o exercício combinado de ciclismo de braço (ACE) em indivíduos com lesão medular (LM) e estimulação elétrica funcional de ciclismo de perna (exercício híbrido), no pico de volume sistólico e consumo de oxigênio de pico	6 homens com SCI em recuperação neurológica estável (ASIA Impairment Scale grau A)	Sem grupo	Treinamento intervalado de ciclismo híbrido. Repetidas sessões de 4 min de ACE + FES 85–90 %PPO.	8 semanas precedidas por um período de controle de 7 semanas de atividade diária regular	3x semana	Não reportado	<p>↑ no VO 2 pico.</p> <p>Treinamento híbrido VO2pré = 1,96l/min VO2pos = 2,43l/min</p> <p>↑ SV (ml/batida) Pré= 83,2 (9,1) Pós= 103,4 (17,1)</p> <p>Treinamento de ciclismo de braço VO2pré = 1,48L/min VO2pos = 2L/min</p> <p>ciclismo de perna FES VO2pré = 0,62L/min VO2pos = 0,78L/min</p> <p>↑ VE, litro/min: -Pré = 66,7 (24,4) -Posto = 80,2 (29,4)</p> <p>↑ FC pico: -Pré = 171 (12) -Posto = 170 (26)</p>
(Hasnan et al., ²⁹ 2013)	Investigar o efeito do treinamento intervalado “híbrido” de alta intensidade (ciclagem de braço e FES-perna) em um ambiente de realidade virtual na aptidão aeróbica, potência, perfis lipídicos e tolerância à glicose em pessoas com LM.	8 indivíduos com SCI	Sem grupo	Treinamento intervalado de alta intensidade híbrido (HIT) usando um triciclo braço + FES-perna. Repetidas sessões de 8 min de ACE + FES 80–90 %HRmax.	6 semanas	2-3x semana	32 min Or 48 min	<p>↑ VO2pico mL·kg⁻¹·min: Pré = 19,3(3,4) Post = 23,2(3,4)</p> <p>Os marcadores bioquímicos do sangue de risco cardiovascular, incluindo colesterol total, HDL, LDL e resultados de tolerância oral à glicose permaneceram inalterados após o treinamento, embora melhorias modestas tenham sido observadas em alguns indivíduos.</p>
(Wouda et al., ²² 2018)	Investigar se o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) apresenta um aumento maior na capacidade física e nos níveis de atividade em comparação com o treinamento de intensidade moderada (MIT) e o tratamento usual.	25 homens e 5 mulheres com incompleta lesão medular.	MIT, HIIT e controle.	O grupo MIT foi instruído a se exercitar três vezes por semana a 70% da FCmáx, enquanto o grupo HIIT foi instruído a se exercitar duas vezes por semana a 85-95% da FCmáx. O grupo controle recebeu tratamento como de costume.	12 semanas	3x semana	35 min	<p>↑ VO 2 pico.</p> <p>HIIT VO2pré = 2.7 l/min VO2pós = 3 l/min</p> <p>MIT VO2pré = 2.79l/min VO2pós = 3.23L/min</p> <p>Controle VO2pré = 2.78L/min VO2pós = 3.15L/min</p>
(Gauthier et al., ³² 2018)	Investigar e comparar a viabilidade, segurança e eficácia preliminar dos programas de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e treinamento contínuo de intensidade moderada (MICT) em cadeira de rodas manual autogerenciada em casa.	11 usuários de cadeira de rodas manual. users with SCI.	HIIT e MICT	<p>HIIT: Os participantes foram solicitados a impulsionar sua cadeira de rodas em alta e baixa intensidade durante intervalos de 30 e 60 segundos, respectivamente, e repetir essa sequência 20 vezes em um período total de 30 minutos. Durante o intervalo de alta intensidade de 30 segundos, os participantes precisavam atingir um RPE entre 6 e 8 (muito difícil). Cada intervalo de alta intensidade foi seguido por um intervalo de baixa intensidade de 60 segundos em um RPE entre 1 (muito leve) e 2 (leve).</p> <p>MICT: Os participantes foram então solicitados a impulsionar sua cadeira de rodas por 30 minutos a uma velocidade constante, mantendo um RPE entre 4 (um pouco difícil) e 5 (difícil).</p>	6 semanas	3x semana	40min	<p>↑ in VO2 pico (ml.min)</p> <p>HIIT Pré = 19,5(0.7) Pós = 20,4(3.9)</p> <p>MICT Pré = 18,5 (6.8) Pós = 18,9 (8.4)</p>

(Astorino & Thum, ³¹ 2018)	Examinar as diferenças de prazer em resposta ao CEX e HIIT em pessoas com SCL.	9 homens e mulheres habitualmente ativos com LM crônica.	Sem grupo	CEX (45%Wpico), SIT (105%Wpico) ou HIIT (70%Wpico em ordem aleatória.	2-3 semanas	3 sessões consistiram de CEX, HIIT ou SIT, cuja ordem foi randomizado. Um mínimo de 2 dias e um máximo de 7 dias separados cada ensaio.	~40 min	<p>↑ VO2 pico.</p> <p>VO2repouso= 0,25-0,28l/min.</p> <p>VO2HIIT= 1.13l/min</p> <p>VO2SIT= 1.02l/min.</p> <p>VO2MCIT=0.90l/min.</p>
(Astorino, ²⁰ 2019)	Determinadas respostas hemodinâmicas e cardiopulmonares a diferentes ciclos de braço em homens com LM. respostas hemodinâmicas comparadas ao exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) e exercício contínuo de intensidade moderada (MICE)	5 homens com LM.	MICE, HIIE e SIE	MICE: ciclagem contínua necessária a 35% PPO. HIIE: consistiu em sessões repetidas de 60 s a 85% PPO com 120 s de recuperação a 10% PPO, enquanto. SIE: sessões de 30 s necessárias a 115% de PPO separadas por 90 s de recuperação a 10% de PPO.	1-2 semanas	5 sessões randomizadas	~30min	<p>↑ VO 2 pico.</p> <p>VO2repouso= 0,24l/min</p> <p>VO2HIIE= 1.3(0.4) l/min</p> <p>VO2SIE= 1.2(0.5) l/min.</p> <p>VO2MICE=0.8(0.3) l/min</p>
(Thum & Astorino, ⁵¹ 2016)	Comparar as mudanças nas variáveis cardiopulmonares e metabólicas entre dois regimes de treinamento intervalado e exercício de intensidade moderada	8 homens e 1 mulher com LM crônica.	Sem grupo	MICT- 45%Wpico; HIIT- 70%Wpico; SIT- 105% Wpico.	2-3 semana	Os participantes completaram quatro sessões de exercícios no laboratório. As sessões foram realizadas no mesmo horário entre os participantes e foram precedidas por jejum de 3 horas e abstenção de exercícios de 24 horas.	MICT: 30min HIIT: 25min SIT: 25min	<p>↑ in VO 2 pico.</p> <p>Effect size = 0.82</p> <p>VO2pré= 0,25-0,28l/min.</p> <p>VO2pós= HIIT= 1.13L/min</p> <p>SIT= 1.02L/min.</p> <p>MCIT=0.90L/min.</p>
(KOONTZ, ³⁰ 2021)	O objetivo deste estudo foi explorar a viabilidade de um programa de treinamento de handcycling HIIT para usuários de cadeira de rodas com LME.	7 homens e 3 mulheres com LME crônica. 7 tetraplégicos e 3 paraplégicos.	Sem grupo	As sessões de treinamento HIIT foram realizadas na casa do participante com um treinador do estudo. HIIT: 90% PPO.	6 semanas	2x semana	HIIT: 2x 25min. 10 intervalos de handcycling (1:1).	<p>VO 2 pico: Média (SD)</p> <p>Linha de base: 14,3 (5,0)</p> <p>Pós-intervenção: 14,3 (4,8)</p> <p>Saída de potência de pico (watts)</p> <p>Linha de base: 60,0 (33,3)</p> <p>Pós-intervenção: 65,0 (38,5)</p>
(McMillan et al., ²⁴ 2021)	Testar diferenças na duração e magnitude da resposta fisiológica à intensidade moderada isocalórica sessões contínuas (MICE) e de exercícios intervalados de alta intensidade (HIIE) em pessoas com lesão da medula espinhal.	10 homens adultos com paraplegia crônica (T2-T10) completa.	Grupo HIIT e grupo contínuo de intensidade moderada (MICE)	Grupo HIIT: >80% VO2pico durante a fase de trabalho, com uma intensidade de pico de ~ 90% VO2pico. Grupo MICE: 50% VO2pico.	2 semanas	1 semana.	HIIT: (80:10% POpico 2:2 min)	<p>MICE:</p> <p>Duração(min) 39.8(4.6)</p> <p>FCmáx: 105(12)</p> <p>Vo2ml·kg-1min-1) 10.1(2.2)</p> <p>%VO2pico 53(6.6)</p> <p>Energia despendida(kcal): 115.9(21.8)</p> <p>HIIT</p> <p>Duração(min): 32.2(6.2)</p> <p>Fcmáx: 124(17)</p> <p>Vo2(ml·kg-1min-1): 12.6(3.1)</p> <p>%vo2pico: 66.1(5.2)</p> <p>Energia despendida(kcal): 116.6(35)</p>

Por outro lado, em pessoas com LME aguda submetidos a 8 semanas de HIIT provou ser suficiente para alterar os marcadores metabólicos.²⁷ A diferença observada entre os estudos parece ser influenciada pelo tempo de lesão da amostra.

Estudos anteriores em pessoas sem deficiência observaram a eficácia do HIIT em relação ao treinamento contínuo para melhorar os fatores de risco cardiometabólicos.^{40,50} No entanto, os resultados na população com lesão medular são discretos e devem ser avaliados cuidadosamente.^{27,31} A maioria dos estudos para avaliar a eficácia do HIIT para melhorar os parâmetros cardiometabólicos foi realizada com uma amostra pequena,^{27,31} o que justifica a necessidade de novos estudos. Os dados apresentados são evidências resumidas sobre o efeito do HIIT em fatores de risco cardiometabólicos, como HDL-c, LDL-c, triglicérides, glicose e colesterol total.

A resposta da glicose durante a aplicação de HIIT e treinamento contínuo em pessoas com LME foi reduzida.^{27,51} Os resultados da insulina devem ser analisados com cautela, já que o pequeno número da amostra (n = 3) e a diferença entre idade e sexo podem sensibilizar as respostas ao exercício.²⁷ Dois dos dozes estudos desta revisão, que mediram a concentração de insulina antes e depois da intervenção de treinamento, relataram resultados muito discretos após HIIT para a parte superior do corpo, sugerindo que esta forma de treinamento precisa ser mais explorada para demonstrar sua eficácia.

Esta revisão destaca o uso de HIIT como estratégia eficaz na indução de respostas cardiometabólicas positivas em pessoas com LME. Acreditamos que os resultados observados nesta pesquisa devem servir como fonte de dados para esclarecer e conduzir com segurança e eficiência este método de treinamento em pessoas com LME. Finalmente, esta revisão destaca a magnitude do uso do HIIT como uma estratégia “*time efficient*” que é eficaz na indução de respostas cardiometabólicas em pessoas com LME.

Limitações

A revisão atual incluiu apenas um pequeno número de estudos, portanto, com tamanhos de amostra pequenos. O número limitado de medições de resultados sobrepostos e dados fornecidos significa que uma meta-análise não pôde ser realizada. Foi observada uma variação considerável nos protocolos HIIT aplicados em cada estudo.

Assim, a heterogeneidade de sujeitos e intervenções deve ser levada em consideração ao se considerar a síntese das evidências.

Direções futuras

Existem vários caminhos importantes para o estudo futuro do HIIT na população de pessoas com LME. Pesquisas futuras devem determinar diferentes protocolos HIIT (por exemplo, HIIT curto, HIIT longo, baixo volume, alto volume) e modalidades de equipamento (por exemplo, corda naval, elásticos, remador). Os pesquisadores também devem comparar a eficácia do HIIT com outros programas de treinamento (por exemplo, treinamento aeróbio contínuo de alta intensidade, treinamento aeróbio progressivo). Além do impacto do HIIT em resultados clinicamente importantes para esta população (por exemplo, independência funcional, qualidade de vida, viabilidade e adesão) podem ser explorados por meio de medidas confiáveis e validadas.

Financiamento

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001; e o Programa de Apoio à Editoração Qualificada - PAPQ da Universidade Federal do Pará, Brasil.

CONCLUSÃO

Em geral, há evidências preliminares que sugerem que o HIIT pode ser uma intervenção eficaz para melhorar alguns aspectos da aptidão cardiorrespiratória e metabólica em indivíduos com lesão da medula espinhal. A literatura indica que o treino com frequência de 1 a 3 vezes na semana, por um período de 1 a 12 semanas com intensidade a partir de 80% FC_{máx} e/ou 70% PPO, foram suficientes para alterar marcadores cardiometabólicos e cardiorrespiratório. Para compreender a eficácia do HIIT na população com lesão medular, são necessários ensaios clínicos randomizados com amostras maiores e alta qualidade metodológica.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. CM e KS: busca sistemática, seleção de estudos, análise de dados e redação; JG, MM, LF e VC revisão e correções; AC: seleção estudos, redação, revisão e correções.

REFERÊNCIAS

- McDonald JW, Sadowsky C. Spinal-cord injury. *Lancet*. 2002;359(9304):417-25.
- Martin Ginis KA, van der Scheer JW, Latimer-Cheung AE, Barrow A, Bourne C, Carruthers P, et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord*. 2018;56(4):308-21.
- Nash MS, Groah SL, Gater DR, Dyson-Hudson TA, Lieberman JA, Myers J, et al. Identification and Management of Cardiometabolic Risk after Spinal Cord Injury. *J Spinal Cord Med*. 2019;42(5):643-77.
- Sabre L, ReKand T, Asser T, Körv J. Mortality and causes of death after traumatic spinal cord injury in Estonia. *J Spinal Cord Med*. 2013;36(6):687-94.
- Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D, et al. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43(7):408-16.
- van den Berg-Emons RJ, Bussmann JB, Haisma JA, Sluis TA, van der Woude LH, Bergen MP, et al. A prospective study on physical activity levels after spinal cord injury during inpatient rehabilitation and the year after discharge. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(11):2094-101.
- de Groot S, van der Scheer JW, Bakkum AJT, Adriaansen JJE, Smit CA, Dijkstra C, et al. Wheelchair-specific fitness of persons with a long-term spinal cord injury: cross-sectional study on effects of time since injury and physical activity level. *Disabil Rehabil*. 2016;38(12):1180-6.
- Buchholz AC, McGillivray CF, Pencharz PB. Physical activity levels are low in free-living adults with chronic paraplegia. *Obes Res*. 2003;11(4):563-70.
- Nightingale TE, Metcalfe RS, Vollaard NB, Bilzon JL. Exercise Guidelines to Promote Cardiometabolic Health in Spinal Cord Injured Humans: Time to Raise the Intensity?. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(8):1693-704.
- Tweedy SM, Beckman EM, Geraghty TJ, Theisen D, Perret C, Harvey LA, et al. Exercise and sports science Australia (ESSA) position statement on exercise and spinal cord injury. *J Sci Med Sport*. 2017;20(2):108-15.
- Akkurt H, Karapolat HU, Kirazli Y, Kose T. The effects of upper extremity aerobic exercise in patients with spinal cord injury: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(2):219-27.
- Hicks AL, Martin KA, Ditor DS, Latimer AE, Craven C, Bugaresti J, et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*. 2003;41(1):34-43.
- Matos-Souza JR, Rossi G de, Silva AAC e, Azevedo ER, Pitton KR, Schreiber R, et al. Impact of Adapted Sports Activities on the Progression of Carotid Atherosclerosis in Subjects With Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2016;97(6):1034-7.
- Matos-Souza JR, Silva AA, Campos LF, Goulart D, Schreiber R, Rossi G de, et al. Physical activity is associated with improved subclinical atherosclerosis in spinal cord injury subjects independent of variation in traditional risk factors. *Int J Cardiol*. 2013;167(2):592-3.
- DE Rossi G, Matos-Souza JR, Costa E Silva ADEA, Campos LF, Santos LG, Azevedo ER, et al. Physical activity and improved diastolic function in spinal cord-injured subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(5):887-92.
- Gorla JI, Godoy PS, Calegari DR, Silva A de AC, Borges M, Tanhoffer RA, et al. Impact of wheelchair rugby on body composition of subjects with tetraplegia: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(1):92-6.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*. 2013;43(5):313-38.
- Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002;32(1):53-73.
- Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39(3):409-12.
- Astorino TA. Hemodynamic and cardiorespiratory responses to various arm cycling regimens in men with spinal cord injury. *Spinal Cord Ser Cases*. 2019;5:2.
- Graham K, Yazar-Fisher C, Li J, McCully KM, Rimmer JH, Powell D, et al. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Training on Cardiometabolic Health Markers in Individuals With Spinal Cord Injury: A Pilot Study. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2019;25(3):248-59.
- Wouda MF, Lundgaard E, Becker F, Strøm V. Effects of moderate- and high-intensity aerobic training program in ambulatory subjects with incomplete spinal cord injury—a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2018;56(10):955-63.
- Astorino TA, Thum JS. Interval training elicits higher enjoyment versus moderate exercise in persons with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2018;41(1):77-84.
- McMillan DW, Maher JL, Jacobs KA, Nash MS, Bilzon JJJ. Physiological responses to moderate intensity continuous and high-intensity interval exercise in persons with paraplegia. *Spinal Cord*. 2021;59(1):26-33.
- de Groot PCE, Hjeltnes N, Heijboer AC, Stal W, Birkeland K. Effect of training intensity on physical capacity, lipid profile and insulin sensitivity in early rehabilitation of spinal cord injured individuals. *Spinal Cord*. 2003;41(12):673-9.

26. Brurok B, Helgerud J, Karlsen T, Leivseth G, Hoff J. Effect of aerobic high-intensity hybrid training on stroke volume and peak oxygen consumption in men with spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(5):407-14.
27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Reprint—Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Phys Ther.* 2009;89(9):873-80.
28. Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, Dean RS. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS). *BMJ Open.* 2016;6(12):e011458.
29. Hasnan N, Engkasan JP, Husain R, Davis GM. High-Intensity Virtual-reality Arm plus FES-leg Interval Training in Individuals with Spinal Cord Injury. *Biomed Tech (Berl).* 2013;58(Suppl 1).
30. Koontz AM, Garfunkel CE, Cryzter TM, Anthony SJ, Nindl BC. Feasibility, acceptability, and preliminary efficacy of a handcycling high-intensity interval training program for individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2021;59(1):34-43.
31. Astorino TA, Thum JS. Within-session responses to high-intensity interval training in spinal cord injury. *Disabil Rehabil.* 2018;40(4):444-9.
32. Gauthier C, Brosseau R, Hicks AL, Gagnon DH. Feasibility, Safety, and Preliminary Effectiveness of a Home-Based Self-Managed High-Intensity Interval Training Program Offered to Long-Term Manual Wheelchair Users. *Rehabil Res Pract.* 2018;2018:8209360.
33. Tordi N, Dugue B, Klupzinski D, Rasseneur L, Rouillon JD, Lonsdorfer J. Interval training program on a wheelchair ergometer for paraplegic subjects. *Spinal Cord.* 2001;39(10):532-7.
34. Williams AMM, Chisholm AE, Lynn A, Malik RN, Eginyan G, Lam T. Arm crank ergometer "spin" training improves seated balance and aerobic capacity in people with spinal cord injury. *Scand J Med Sci Sports.* 2020;30(2):361-9.
35. Lytle LL, Dannenbring JL, Kilgas MA, Elmer SJ. Eccentric Arm Cycling: A Potential Exercise for Wheelchair Users. *Arch Phys Med Rehabil.* 2019;100(5):914-22.
36. Eerden S, Dekker R, Hettinga FJ. Maximal and submaximal aerobic tests for wheelchair-dependent persons with spinal cord injury: a systematic review to summarize and identify useful applications for clinical rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 2018;40(5):497-521.
37. Chin EC, Yu AP, Lai CW, Fong DY, Chan DK, Wong SH, et al. Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men. *Med Sci Sports Exerc.* 2020;52(1):56-66.
38. Stavrinou PS, Bogdanis GC, Giannaki CD, Terzis G, Hadjicharalambous M. High-intensity Interval Training Frequency: Cardiometabolic Effects and Quality of Life. *Int J Sports Med.* 2018;39(3):210-7.
39. Olney N, Wertz T, LaPorta Z, Mora A, Serbas J, Astorino TA. Comparison of Acute Physiological and Psychological Responses Between Moderate-Intensity Continuous Exercise and Three Regimes of High-Intensity Interval Training. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2130-8.
40. Keating SE, Machan EA, O'Connor HT, Gerofi JA, Sainsbury A, Caterson ID, et al. Continuous Exercise but Not High Intensity Interval Training Improves Fat Distribution in Overweight Adults. *J Obes.* 2014;2014:834865.
41. Ginis KAM, Hicks AL, Latimer AE, Warburton DER, Bourne C, Ditor DS, et al. The development of evidence-informed physical activity guidelines for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2011;49(11):1088-96.
42. Flores L, Antunes M, Costa e Silva A, Gorla J. Respostas cardiovasculares e avaliação da potência aeróbia em pessoas com lesão da medula espinhal. *RBAFS.* 2013;18:145-55.
43. Price MJ. Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries. *Sports Med.* 2006;36(10):863-79.
44. Theisen D, Vanlandewijck Y. Cardiovascular responses and thermoregulation in individuals with spinal cord injury. *Eur Bull Ad Phys Act.* 2021;1.
45. Almeida MB de. Heart rate and exercise: An evidence based interpretation. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2007;9(2):196-202.
46. Simmons OL, Kressler J, Nash MS. Reference fitness values in the untrained spinal cord injury population. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(12):2272-8.
47. Au JS, Totosy DE, Zepetnek JO, Macdonald MJ. Modeling Perceived Exertion during Graded Arm Cycling Exercise in Spinal Cord Injury. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(6):1190-6.
48. Dun Y, Smith JR, Liu S, Olson TP. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Clin Geriatr Med.* 2019;35(4):469-87.
49. Farrow MT, Maher J, Thompson D, Bilzon JLJ. Effect of high-intensity interval training on cardiometabolic component risks in persons with paraplegia: Protocol for a randomized controlled trial. *Exp Physiol.* 2021;106(5):1159-65.
50. Harnish CR, Daniels JA, Caruso D. Training response to high-intensity interval training in a 42-year-old man with chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2017;40(2):246-9.
51. Thum JS, Astorino TA. Greater enjoyment in two modes of high intensity interval training (hiit) compared to continuous exercise training (cex) in persons with spinal cord injury (sci). 2016;10:1-10.