

EFEITOS DO TREINAMENTO DE ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR DE CORPO INTEIRO PARA A MELHORA DA SAÚDE AO RENDIMENTO ESPORTIVO: UMA REVISÃO

Angelo Souza Espindola¹, Jerri Luiz Ribeiro²,

¹ Graduado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

² Professor da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Ciências do Movimento Humano pela UFRGS.

Correspondência para: angeloespindola@gmail.com

Submetido em 09 de dezembro de 2022.

Primeira decisão editorial em 04 de abril 2023.

Segunda decisão editorial em 06 de junho de 2023

Aceito em 01 de agosto de 2023.

RESUMO: O treinamento de eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (TEN-CI) é uma metodologia de treinamento relativamente recente no Brasil. No entanto, falta consenso sobre a eficácia do TEN-CI. O objetivo desta revisão foi determinar os efeitos produzidos por este tipo de treinamento para a melhora da saúde de diversas populações, e também a utilização deste método dentro do ambiente esportivo. Nas áreas de pesquisa da saúde o TEN-CI possibilita ganhos significativos em diferentes tipos de força musculares, aumento da massa muscular, esses dados intensificam o benefício da eletroestimulação neuromuscular para o ganho de força e na melhora nas habilidades esportivas e movimentos funcionais, porém não foi constatado algum estudo que demonstra melhora na postura corporal. Observando a área do treinamento desportivo, o TEN-CI mostrou-se uma ferramenta importante para praticantes de futebol, por ser eficaz para manter o condicionamento físico, ter ganhos de força muscular, e manutenção da massa muscular em um período em curtas sessões de TEN-CI utilizando entre dez a vinte minutos por sessão, com dois treinos por semana. Porém apenas foram encontradas pesquisas relacionadas ao futebol.

Palavras-chave: Treinamento eletroestimulação de corpo inteiro, eletroestimulação, Saúde, hipertrofia.

ABSTRACT: Whole-body electrostimulation (WB-EMS) is a relatively recent training methodology in Brazil. However, there is a lack of consensus on the effectiveness of WB-EMS. The objective of this review was to determine the effects obtained by this type of training to improve the health of different populations, and also the use of this method within the sports environment. In the areas of health research, WB-EMS will enable gains in different types of muscle strength, increase in muscle mass, these data intensify the benefit of neuromuscular electrostimulation for strength gain consecutively in improving sports skills and articulated movements, but it was not found, some study that demonstrates improvement in body posture. Observing the area of sports training, WB-EMS proved to be an important tool for soccer practitioners, as it is effective in maintaining physical conditioning, gaining muscle strength, and maintaining muscle mass in a period of short sessions. using between ten to twenty minutes per session, with two workouts per week. However, only studies related to football were found.

Keywords: whole-body electrostimulation, EMS, health, hypertrophy.

RESUMEN: El entrenamiento con electroestimulación neuromuscular de cuerpo entero (EEN-CE) es una metodología de entrenamiento relativamente reciente en Brasil. Sin embargo, falta consenso sobre la eficacia de EEN-CE. El objetivo de esta revisión fue determinar los efectos que produce este tipo de entrenamiento para mejorar la salud de diferentes poblaciones, así como el uso de este método dentro del ámbito deportivo. En áreas de investigación en salud, la EEN-CE permite ganancias significativas en diferentes tipos de fuerza muscular, aumento de la masa muscular, estos datos intensifican el beneficio de la electroestimulación neuromuscular para la ganancia de fuerza y mejora en las habilidades deportivas y movimientos funcionales, pero no se encontró algún estudio que demuestra una mejora en la postura corporal. Observando el área de entrenamiento deportivo, EEN-CE demostró ser una herramienta importante para los practicantes de fútbol, ya que es eficaz para mantener el acondicionamiento físico, ganar fuerza muscular y mantener la masa muscular en un período de sesiones cortas, entre diez a veinte minutos por sesión, con dos entrenamientos por semana. Sin embargo, solo se encontraron estudios relacionados con el fútbol.

Palabras clave: Entrenamiento de electroestimulación de cuerpo entero, electroestimulación, Salud, hipertrofia.

CONFLITO DE INTERESSES

Não existe conflito de interesses.

INTRODUÇÃO

O método de espessura das dobras cutâneas (DOC) tem sido muito utilizado para estimar o percentual de gordura corporal (%GC), devido a sua fácil utilização e custo relativamente baixo quando comparado às outras técnicas. A análise do perímetro abdominal na avaliação da composição corporal, é uma ferramenta importante para prever o risco de doenças, sendo um método eficaz para analisar

fatores que colaboram para a melhora da saúde física de uma pessoa (MONTEIRO AND FILHO 2002).

A força muscular é a capacidade da musculatura esquelética produzir tensão, forças e torques em uma dada velocidade. Analisando as subdivisões dos diferentes tipos de forças podemos destacar a força máxima que consiste na capacidade do músculo esquelético produzir força, tensão ou torque máximo com a maior sobrecarga possível independente do tempo utilizado para a ação. Força explosiva (potência muscular) consiste na capacidade do músculo esquelético produzir força, tensão ou torque máximo com a maior sobrecarga possível no menor tempo possível. E força resistida é a capacidade da musculatura manter uma determinada intensidade de ação muscular por um tempo prolongado (MOURA, 2003).

A força muscular é uma capacidade importante não apenas para execução e desempenho esportivo, mas também um parâmetro importante para a análise da saúde física de uma pessoa, conseqüentemente seu desenvolvimento pode gerar benefícios para uma pessoa executar atividades cotidianas de maneira mais fácil (MOURA, 2003).

A eletroestimulação permite a estimulação de diferentes zonas, regiões ou grupos musculares simultaneamente por meio do uso de um traje. Geralmente é um treinamento ativo, combinado com exercícios funcionais pode promover um estresse muscular eficaz voltados para uma periodização de treinamento, além de que essa estimulação promove menos estresse articular, melhora a resistência muscular, a potência muscular e a força muscular. Através da eletroestimulação é possível promover estímulos musculares mais intensos, em um tempo consideravelmente baixo. (KEMMLER, 2016.)

A importância da realização de estudos sobre treinamento de eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (TEN-CI) se demonstra significativa no momento que pode gerar mudanças corporais de um indivíduo, como diminuição do percentual de gordura corporal e aumento da massa muscular resultando em manutenção e melhora no condicionamento físico e consecutivamente da saúde do indivíduo. Além disso, outro benefício importante deste método de treinamento é o aumento da força muscular. Com implicações positivas, tanto para o condicionamento físico funcional, como também para a

saúde (KEMMLER, 2016).

Dentro da evolução do estudo do treinamento físico, é evidente a importância da prática do exercício físico, tanto para auxiliar na evolução do desempenho esportivo como também para melhorar a saúde de indivíduos de forma individual, além de gerar argumentos concretos que auxiliem na elaboração de políticas públicas que incentivem diversas modalidades de treinamento físico para diversas populações dentro de nossa sociedade (MOURA, 2003).

Dentro de estudos científicos existem achados contraditórios acerca da segurança na prática desta atividade, como relatado por Maffiuletti (2016). O TEN-CI tem riscos ao praticante quando não bem orientado, a prática pode levar ao surgimento da rabdomiólise, que é a liberação de uma proteína oriundas da degradação do tecido muscular, que pode afetar o sangue, e conseqüentemente os rins. Portanto, para o autor essa modalidade necessita ter a supervisão médica.

Contudo para Kemmler (2016), O Treinamento de Eletroestimulação Neuromuscular de Corpo Inteiro é uma estratégia eficaz para melhorar a composição corporal, força muscular e condicionamento cardiorrespiratório de um indivíduo, tão eficaz quanto o treinamento resistido. Contudo o autor exalta a importância da utilização de protocolos rigorosos, e análises demarcadores de lesão muscular, para que se evite quadros de rabdomiólise. Um dos marcadores citados pelo autor é a análise da concentração de creatina quinase (CK).

Com isso a importância da discussão e criação de mais estudos relacionados a esse método possa justificar a utilização do treinamento de eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (TEN-CI), além de incentivar estudos que protocolam mais métodos de treinamento que amplie a utilização desses equipamentos por profissionais de educação física.

METODOLOGIA

O presente estudo utiliza a revisão integrativa como método para o desenvolvimento da seleção da literatura a ser analisada. Este procedimento foi escolhido, pois esse método de pesquisa objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema (BOTELHO, 2011, p. 127).

Segundo Botelho (2011), o processo de revisão integrativa segue uma sequência de seis etapas. A primeira etapa é a identificação do tema a ser trabalhado. No caso deste estudo: como o treinamento de eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro pode auxiliar na melhora da saúde do praticante. A segunda etapa foi a busca de bancos de periódicos científicos para identificação dos estudos que serão incluídos na revisão. Neste caso, foi utilizado o site de buscas acadêmicas PubMed. Os artigos também foram filtrados para priorizar os trabalhos publicados entre os anos entre 2016 à 2021.

A terceira etapa é a inclusão e exclusão de artigos e trabalhos a serem analisados. Essa seleção foi elaborada por palavras chaves: whole-body electromyostimulation, EMS, WB-EMS whole-body electromyostimulation, body composition. Após o levantamento foram analisados títulos, resumos e palavras-chave, para identificar se de fato o texto abordava o assunto em foco. Aqueles que sim, foram organizados em tabela para análise de eixos temáticos.

Para a seleção dos artigos foi utilizada os seguintes critérios de inclusão: a) intervenção do uso da eletroestimulação de corpo inteiro para treinamento físico, b) foco nos estudos que utilizam uma população sedentária saudável, c) intervenção do uso da eletroestimulação de corpo inteiro para praticantes de modalidades esportivas. E como critérios de exclusão: a) Estudos que façam intervenções em pessoas que utilizam esse método em reabilitação por lesões. b) Estudos que façam intervenções clínicas, atendendo na área da fisioterapia. Esta etapa tem por objetivo sumarizar as informações extraídas dos artigos científicos encontrados nas fases anteriores.

A quinta etapa metodológica é a discussão sobre os textos encontrados buscando comparar seus dados, resultados e escopo teórico, para evidenciar eixos de conteúdos privilegiados e lacunas de conhecimento existentes. A sexta etapa é a apresentação da síntese do conhecimento, concluindo com uma reflexão articulada dos estudos analisados. Estas duas últimas etapas estarão contempladas nos tópicos a seguir.

Realizando a busca de artigos pela plataforma Pubmed, foi utilizado a palavra-chave whole-body electrostimulation, com ano de postagem entre 2017 até 2021, foram encontrados 68 artigos, porém somente 11 atenderam aos critérios de

inclusão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 01 - Descrição dos artigos selecionados para revisão na base de dados do PubMed.

Título	Autores
Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: a systematic review	RODRIGUEZ Alvaro P. <i>et al.</i> , 2019
Effects of Two Modalities of Whole-body Electrostimulation Programs and Resistance Circuit Training on Strength and Power	STEFANO D’Otávio <i>et al.</i> , 2019
A Single Session of Whole-Body Electromyostimulation Increases Muscle Strength, Endurance and proNGF in Early Parkinson Patients	FIORILLI Giovanniet <i>al.</i> , 2021
Whole-body electromyostimulation and protein supplementation favorably affect sarcopenic obesity in community-dwelling older men at risk: the randomized controlled FranSO study	KEMMLER Wolfgang <i>et al.</i> , 2017
Tanhde Impact of Whole-Body Electromyostimulation on Body Posture Trunk Muscle Strength in Untrained Persons	LUDWING Oliver <i>et al.</i> , 2019
Effects of Whole-Body Electromyostimulation on Physical Fitness in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial	RODRIGUEZ Alvaro P. <i>et al.</i> , 2020
Effects of Whole Body Electrostimulation Associated With Body Weight Training on Functional Capacity and Body Composition in Inactive Older People	EVANGELISTA Alexandre Lopes <i>et al.</i> , 2021

Frequency-Dependent Reaction of the Triceps Surae Muscle of the Mouse During electromyostimulation	ZART Sebastian <i>et al.</i> , 2020
Superimposed Whole-Body Electrostimulation Augments Strength Adaptations and Type II Myofiber Growth in Soccer Players During a Competitive Season	FILIPOVIC Andre <i>et al.</i> , 2019
Seven Weeks of Jump Training with Superimposed Whole-Body Electromyostimulation Does Not Affect the Physiological and Cellular Parameters of Endurance Performance in Amateur Soccer Players	WIRTZ Nicolas <i>et al.</i> , 2020
Influence of Whole-Body Electrostimulation on the Deformability of Density-Separated Red Blood Cells in Soccer Players	FILIPOVIC Andre <i>et al.</i> , 2019b

Ao analisar os artigos científicos sobre a eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro, foram analisados três eixos temáticos. Dois eixos utilizam a eletroestimulação de corpo inteiro como forma de intervenção, porém o primeiro eixo foca na melhora do condicionamento físico e a saúde do indivíduo, onde foram encontrados oito artigos. O outro eixo temático foca na melhora do condicionamento físico e melhora no desempenho esportivo e foram encontrados três artigos. O terceiro eixo temático trata de trabalhos de revisão sistemática, no qual foi encontrado um artigo. Foram encontrados quatro sub-eixos temáticos, que foram as principais questões usadas para realizar a discussão deste trabalho. Entre eles, dentro do eixo da saúde, foram separados os sub-eixos sobre: efeitos do TEN-CI nas forças e potências musculares, em que foram encontrados quatro artigos, e efeitos fisiológicos da eletroestimulação de corpo inteiro em idosos, no qual foram encontrados três artigos. No sub-eixo efeitos fisiológicos da eletroestimulação de corpo inteiro em mulheres, foi encontrado um artigo. Dentro do eixo da saúde foi separado o sub-eixo sobre efeitos fisiológicos da eletroestimulação de corpo inteiro em jogadores de futebol, neste foram encontrados três artigos. Esses resultados estão resumidos no quadro 2.

Quadro 2 - Resumo dos resultados da busca de artigos separados por eixos temáticos.

Eixos temáticos	Número de Artigos	Sub eixos temáticos	número de artigos
Revisões sistemáticas sobre TEN-CI.	1	-	1
TEN-CI como forma de intervenção na melhora do condicionamento físico e da saúde.	8	TEN-CI como forma de intervenção na melhora do condicionamento físico e desempenho esportivo.	4
		Efeitos fisiológicos da Eletroestimulação de corpo inteiro em idosos.	3
		Efeitos fisiológicos da eletroestimulação de corpo inteiro em mulheres.	1
TEN-CI como forma de intervenção na melhora do condicionamento físico e desempenho esportivo.	3	Efeitos fisiológicos da eletroestimulação de corpo inteiro em jogadores de futebol.	3

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE TEN-CI

De acordo com os estudos de Rodriguez *et al.* (2019), o *Whole Body Electrical muscle stimulation* (WB-EMS), que utilizaremos neste trabalho com a tradução eletroestimulação neuromuscular de corpo inteiro (TEN-CI), é uma metodologia de treinamento relativamente recente. Iniciado na Alemanha, o TEN-CI surgiu como a evolução da tradicional estimulação elétrica muscular (EEM), ou do termo inglês *Electrical muscle stimulation* (EMS) aplicada localmente. Porém, esse método traz um desenvolvimento que possibilita ativar vários grupos musculares de forma sincronizada. Usando um estimulador elétrico, que busca melhorar o condicionamento físico do indivíduo, aumentando a força muscular, diminuição da gordura corporal e aumento da massa muscular.

O funcionamento deste equipamento permite acionar até doze canais com corrente retangular, bifásica e simétrica. Esses canais geralmente permitem a ativação dos músculos das coxas, braços, nádegas, abdômen, tórax e áreas baixas, altas e laterais das costas, uma área total de eletrodos de até dois mil e oitocentos cm². Esses dispositivos são gerenciados por um software que permite a modificação dos parâmetros atuais e da intensidade de cada um dos canais. TEN-CI se baseia em gerar uma contração involuntária em uma grande área e ao longo de

vários grupos musculares possibilitando exercitar cadeias cinéticas completas e realizar exercícios com posições e movimentos globais durante o estímulo elétrico. No TEN-CI, aco-ativação dos músculos agonista-antagonista é geralmente observada. Essa característica pode ser uma vantagem, visto que a estimulação de um músculo antagonista pode contribuir para a melhora da força e capacidade aeróbia sem apresentar prejuízo ao padrão motor.

Ao analisar os resultados da revisão sistemática de Rodriguez *et al.* (2019) foi observado que nos estudos de Filipovic *et al.* (2016), Kemmler *et al.* (2016), e Wirtz *et al.* (2016). Nenhuma mudança significativa foi encontrada na composição corporal se compararmos uma sessão de TEN-CI(vinte minutos), por semana, com 2 sessões por semana de treinamento resistido (sessenta minutos), mais uma sessão de vinte cinco minutos de exercícios aeróbicos, multilaterais e exercícios de força 1-3 conjuntos, 6-12 repetições, 70-85% de 1RM. Observando que o tempo total de TEN-CI consta 20 minutos semanais, já o treinamento resistido consta 145 minutos semanais.

A análise das intervenções dos estudos anteriores, também não demonstrou diferenças significativas na diminuição da gordura corporal, na diminuição das dobras cutâneas, no aumento de massa muscular, na densidade mineral óssea. Apenas os estudos de Filipovic *et al.* (2016) *apud* Rodriguez *et al.* (2019) analisou a força em 1 repetição máxima (RM), observando um aumento significativo após quatorze semanas de TEN-CI. Segundo os autores, esses dados intensificam o benefício da eletroestimulação neuromuscular para o ganho de força consecutivamente na melhora nas habilidades esportivas (como explosão de cinco e dez metros de corrida, explosões de velocidade com troca de direção, velocidade de chutes, saltos de agachamentos) e movimentos funcionais.

A força isométrica máxima e potência muscular também tiveram aumentos significativos nos grupos musculares extensores de perna e extensores de tronco. Kemmler *et al.* (2012) *apud* Rodriguez *et al.* (2019) indica um aumento de 17% de gastos calóricos de exercícios com TEN-CI, comparados com mesmos exercícios sem a utilização de TEN-CI. Filipovic *et al.* (2016) relata que o TEN-CI gerou aumento no tamanho e de formabilidade dos glóbulos vermelhos. Esses resultados indicariam um aumento da capacidade de transporte de oxigênio para as células musculares.

Rodriguez *et al.*(2019) relata que todos esses estudos analisados necessitariam de um maior cuidado na alimentação da população analisada, e este fator pode fazer a diferença para alterações de dobras cutâneas, além de que os estudos indicam diferenças insignificantes, contudo o autor aborda que o pequeno número da amostra analisada pode considerar que a diferença seja significativa.

INTERVENÇÃO DO TEN-CI NA MELHORA NA SAÚDE

A melhora dos aspectos fisiológicos pode ser considerada como a melhora da saúde física, portanto a TEN-CI é uma ferramenta que pode ser utilizada para obtermos a melhora do condicionamento físico. O estudo de Stefano *et al.* (2019) analisou os efeitos sobre a força e a potência muscular, que são utilizadas para as funcionais das funcionais de uma população,utilizando um programa de treinamento baseado em duas modalidades diferentes de eletroestimulação de corpo inteiro (WB-EMS), comparado com um programa de treinamento de resistência que visa melhorar a força dinâmica, ambos os treinos tinham um planejamento de seis semanas. Neste estudo foram utilizados vinte e dois indivíduos: 13homens e nove mulheres. Foi observado que a força e potência muscular melhoram de forma significativa com ambos os treinos, contudo nenhum método teve valores maiores que o outro de forma significativa. Este estudo sugere que o WB-EMS pode ser considerado uma alternativa válida e mais rápida, ou um procedimento complementar importante, a um programa tradicional de treinamento resistido baseado em sobrecarga para o desenvolvimento do condicionamento físico.

Estudos de De Fiorilli *et al.* (2021) destacam a utilização do TEN-CI na população de pessoas com Parkinson precoce (PP), que, de acordo com Portugal, E. M. M. *et al.* (2013)*apud* Fiorilli (2021) a atividade física é uma forma de prevenção não farmacológica para esta doença, pois previne a perda de neurônios dopaminérgicos e pode melhorar as conexões sinápticas,regulando positivamente os níveis de fator neurotrófico e, conseqüentemente, neutralizando a discinesia. Por isso o autor realizou um estudo da utilização de uma sessão de TEN-CI, com pacientes com PP, visando que o treinamento de resistência de grandes grupos musculares melhoraria os sintomas motores, como a taxa de desenvolvimento de

força, equilíbrio, tempo de reação e velocidade de marcha. Além de também melhorar sintomas não motores, como atenção e memória. E de forma geral gerando mudanças na musculatura esquelética, como a diminuição da osteoporose e sarcopenia. Testes realizados no estudo de De Fiorilli *et al.* (2021), demonstram que os voluntários do estudo, que possuem PP, e realizaram uma sessão de TEN-CI, tiveram melhores resultados nos testes de sentar e levantar (*Sit to Stand*), rosca direta com braço (*ArmCurl*) e pressão manual (*Handgrip*) do que o grupo de voluntários que não tinham realizado o treinamento, além de terem tido resultados melhores após a intervenção, comparados a eles mesmos antes a intervenção. Não foram encontrados resultados significativos no teste de caminhada de seis minutos e no teste de equilíbrio e marcha de Tinetti, após uma única sessão com e sem aplicação de WB-EMS, contudo alguns fatores psicológicos poderiam interferir nos resultados dos testes quando as atividades exigiam uma maior complexibilidade, ou maior tempo de atividade, podendo ser a fadiga, o medo de quedas, a desmotivação alguns fatores que pudesse interferir. O estudo também demonstra melhoras significativas em testes de destreza manual e coordenação óculo manual, no grupo que realizou o TEN-CI. As medidas de desfecho relacionadas aos sintomas de tremor não mostraram melhorias significativas após as duas condições (com TEN-CI e sem TEN-CI).

O Estudo de Kemmler *et al.* (2017) reforça os efeitos positivos do TEN-CI para melhora da composição corporal, proporcionando um aumento de massa magra (a musculatura motora), e diminuição da gordura corporal (massa a ser movimentada). Além disso, foi relatada a importância do treinamento físico para idosos, pois benefícios foram evidenciados neste estudo para idosos com sarcopenia, que gera um volume desproporcional de massa magra comparado a gordura corporal. Os autores utilizavam o TEN-CI (utilizando a corrente elétrica bipolar com frequência de 85 Hz e largura de impulso de 350 μ s e utilizamos abordagem intervalar com 4 s de eletroestimulação com reforço de impulso direto e 4 s de repouso) como método de treinamento, juntamente com uma ingestão proteica. O estudo demonstrou valores positivos de mudança da composição corporal, comparado ao grupo de idosos que apenas tiveram uma ingestão proteica, e também ao grupo controle. Além de mudanças sobre a composição corporal, também foram analisadas mudanças da força de preensão, que aumentou

significativamente no grupo de idosos que praticaram o TEN-CI mais a suplementação proteica.

Estudos de Evangelista *et al.* (2021) também realizaram uma intervenção utilizando o TEN-CI na população de idosos, com objetivo da melhoria da capacidade funcional de uma população idosa, a intervenção utilizando o TEN-CI. O equipamento foi ajustado para liberar uma corrente elétrica bipolar com frequência de 85 Hz, amplitude de pulso de 350 μ s, intermitente, com 4 s de estimulação de pulso direto e 2 s de reposição antes e após a intervenção do treinamento. Foram analisados a função física avaliada por uma bateria de testes que avaliam diferentes componentes da função física, como força de membros superiores e inferiores, potência, flexibilidade, equilíbrio, agilidade, velocidade e função cardiorrespiratória. Além do teste de força de preensão manual, e o teste *up-and-go* foi realizado. Foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros basais entre o grupo controle e o grupo que realizou o treinamento, além de melhores resultados nos testes de marcha estacionária, teste de flexibilidade das costas, teste sentar-levantar, rosca direta do braço, teste de caminhada de 6 minutos e força de preensão manual, mostrando valores diferentes do valor pré-intervenção e do grupo controle.

Além da melhora de desempenho nos testes físicos e no teste de preensão manual, houve uma correlação significativa entre as mudanças no desempenho do teste funcional e as mudanças da espessura muscular dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, e o músculo vasto lateral. De acordo com os autores, os resultados indicaram que o TEN-CI aumentou a espessura muscular esquelética nos membros superiores e inferiores em até 20%, indicando que os idosos apresentaram hipertrofia nos músculos dos membros após esta intervenção. Tais mudanças fisiológicas ocorridas pelo treinamento são geradas pelo aumento do estresse mecânico, que é um dos principais estímulos para o processo de síntese proteica miofibrilar e conseqüente hipertrofia muscular Damas *et al.* (2019) e Evangelista *et al.*, (2019b)*apud* Evangelista *et al.*(2021). Além disso, o recrutamento de fibras musculares resultantes do TEN-CI pode maximizar o gasto energético e o estresse metabólico, estimulando as vias da cascata de sinalização anabólica e catabólica intracelular para aumentar a síntese proteica no músculo. Portanto o TEN-CI aumenta a capacidade funcional e a espessura muscular em homens idosos

fisicamente inativos, proporcionando um melhor desempenho de diferentes atividades físicas e rotinas do cotidiano.

Estudos de Rodriguez *et al.* (2020), indicam os benefícios do treinamento do TEN-CI na população de mulheres em pós-menopausa, que está associado a perdas de força e potência de acordo com Bondarev *et al.* (2018) *apud* Rodriguez *et al.* (2020). Deixando assim as mulheres na pós-menopausa com um risco elevado de desenvolver resultados adversos para a saúde. Além de destacar algumas capacidades físicas específicas: força dinâmica, velocidade de marcha, agilidade, resistência cardiovascular, equilíbrio e flexibilidade.

O estudo fez uma bateria de testes físicos ao grupo de voluntárias, e logo em seguida elas foram separadas em dois grupos, o grupo que utilizou o TEN-CI durante 10 semanas, com duas sessões semanais, e o grupo que utilizou o treinamento resistido por 10 semanas, com duas sessões semanais. No final das 10 semanas os testes físicos foram refeitos e foi analisado que o programa de treinamento de força com WB-EMS, sobreposto com 55 Hz, parece fornecer adaptações adicionais na força dinâmica das pernas, velocidade de marcha, agilidade e resistência cardiovascular, porém não mostra um efeito favorável no desenvolvimento do equilíbrio e flexibilidade de mulheres na pós-menopausa.

Rodriguez *et al.* (2020) analisaram duas variáveis fisiológicas do grupo de idosos que realizaram o TEN-CI, a composição corporal e testes de sangue. Contudo, Rodriguez *et al.* (2020) encontraram efeitos insignificantes na composição corporal. O que pode ser contraditório com as melhorias encontradas na potência e na velocidade. Essas melhorias podem ser explicadas pelas adaptações do sistema nervoso discutidas acima. Em vez de incrementos na massa muscular, os efeitos benéficos viriam de aumentos da eficiência neural, que desenvolveram a capacidade de recrutamento da unidade motora.

Estudos de Ludwing *et al.* (2019) reiteram que o TEN-CI promovem a ideia de realizar movimentos ativos durante a estimulação, ou seja, adicionar uma ativação ativa do músculo nervoso central à estimulação elétrica passiva, assim aumentando o número de fibras musculares levadas à contração durante um movimento de exercício (Kemmler *et al.* 2010 *apud* Ludwing *et al.* 2019). Com base nisso o autor ressalta a possibilidade que este tipo de treinamento pode gerar benefícios para a postura corporal. Foi criado um estudo comparativo entre três

grupos que realizaram o TEN-CI, ambos os grupos utilizaram o treinamento duas vezes na semana durante dez semanas com os parâmetros de largura de impulso de 350 μ s, impulso bipolar sem aumento de impulso, carga de 4 s e intervalos de pausa de 4s, duração geral do treinamento 20 min em uma escala de intensidade considerada “forte”. Para o primeiro grupo foi usado um Miha Bodytec (Augsburg, Alemanha), utilizando corrente de 85 hertz (hz), o segundo grupo utilizou o mesmo equipamento, contudo utilizando corrente de 20 hertz (hz) e o último grupo como grupo controle.

A intervenção foi composta principalmente com movimentos que exercita os músculos do tronco (reto abdominal, transverso do abdômen), e músculos dos membros inferiores, (glúteos máximos, os isquiotibiais, semitendinoso, semimembranoso, quadríceps, eretores da espinha, músculos da lombar). Foi constatado que o TEN-CI de 10 semanas com uma frequência de estimulação de 85 Hz melhora a força muscular do tronco, comparado com o treinamento com uma frequência de estimulação de 20 Hz, porém não alterou significativamente os parâmetros de postura. Portanto, o estudo ressalta que o treinamento TEN-CI gera fortalecimento dos músculos, e não tem nenhum efeito direto nos processos controlados pelo sistema nervoso central, como a postura corporal.

Zart *et al.* (2020) analisaram em seus estudos a diferença na eficácia dos parâmetros de estimulação, nos ajustes de correntes, alterados no TEN-CI utilizando o músculo tríceps sural de ratos durante a eletroestimulação. Para analisar quais frequências de impulsos são mais eficazes para o ganho de força, obedecendo a relação de frequência de força. De acordo com Filipovic *et al.* (2011) *apud Zart et al.* (2020), aumentos de força ideais parecem ocorrer em uma frequência na faixa de de 50 Hz.

Além disso, Dreibati *et al.* (2010) *apud Zart et al.* (2020) recomendam uma frequência de estimulação abaixo de 60 Hz para evitar a perda de força durante o treinamento. A análise do estudo envolvia o preparo do músculo em um transdutor de barra de flexão para medir e comparar as mudanças no comprimento do músculo em diferentes frequências em relação ao comprimento inicial no músculo preparado. A estimulação monopolar do músculo tríceps sural foi realizada por um gerador de estimulação auto desenvolvido que modulava a duração do pulso (4s), frequência (20, 60, 85, 100 Hz) e largura (350 μ s) para um sinal retangular. O

esquema de estimulação resultante correspondeu amplamente à estimulação elétrica usada em uma aplicação de TEN-CI. Foi encontrado o encurtamento muscular contínuo, durante a estimulação em 20 Hz. Já os diagramas temporais para as frequências de 60, 85 e 100Hz apresentaram menor encurtamento muscular. Esses efeitos podem significar que durante a estimulação em 20Hz a maioria das fibras musculares já atingiu seu limiar de estimulação em frequências baixas e, portanto, nenhum aumento na atividade muscular e encurtamento adicional do comprimento do músculo pode ser alcançado em frequências mais altas. Na frequência de estimulação de 100 Hz, a força cai para 10% do valor inicial após 40 s. Em contraste, a força permanece no mesmo nível por pelo menos 60 s quando estimulada a 20Hz. Isso significa que, embora as contrações musculares sejam mais rápidas, quando estimuladas eletricamente, o tempo de relaxamento é necessário para a recuperação das fibras e assim diminuir o limiar de estimulação. Assim, em alta frequência, um novo estímulo elétrico ocorre durante a fase de repolarização e, portanto, permanece ineficaz. Isso pode significar para o TEN-CI que frequências mais baixas garantem um tempo adequado de repolarização da membrana da fibra muscular, principalmente no estado de fadiga, o que pode ser importante para a periodização do treinamento do TEN-CI em um planejamento de treinamento. Em uma frequência mais alta, uma maior demanda metabólica leva a uma fadiga mais rápida dos músculos.

INTERVENÇÃO DO TEN-CI NA MELHORA DO DESEMPENHO ESPORTIVO

A melhoria do desempenho físico em cursos de curta duração é de fundamental importância nos esportes de alto rendimento. Principalmente nos esportes de invasão como o futebol, que as distâncias de corrida associadas à alta intensidade aumentaram significativamente na última década (Mohr *et al.*, 2003; Di Salvo *et al.* 2010 *apud* Filipovic *et al.* 2019a). Consequentemente, os requisitos físicos, como uma força física bem desenvolvida, desempenho muscular e principalmente o desenvolvimento das capacidades de força, ganharam mais importância, e desempenham um papel crucial no contexto da prevenção de lesões (Al Attar *et al.* 2017 *apud* Filipovic *et al.* 2019a).

Estudos de Filipovic *et al.* (2019a), Filipovic *et al.* (2019b) e Wirtz *et al.* (2020) buscaram utilizar o TEN-CI para integrar programas de força eficazes em tempo real em atletas de futebol durante a temporada. Ambos os estudos utilizaram o TEN-CI, duas vezes na semana durante sete semanas, em um time de futebol, com intervalo de quarenta e oito horas de descanso entre as duas sessões e o jogo do campeonato no domingo. O treinamento foi conduzido usando um sistema TEN-CI, utilizando correntes pulsadas de onda retangular bifásica (80 Hz), e foram usadas com uma largura de impulso de 350 μ s. Os grupos que realizaram o protocolo de treinamentos foram submetidos a três séries de dez saltos máximos de agachamento com uma pausa definida de 60s (sem correntes) por sessão. Cada impulso para um único salto durou 4 s (amplitude de movimento: 2s excêntrico da posição em pé até um ângulo de joelho de 90 ° - 1s isométrico - 0,1s explosivo concêntrico - 1s de pouso e estabilização) seguido por um período de descanso de 10s. O tempo de duração total foi de 8,5 min por sessão com um tempo de estimulação eficaz de 2 min por sessão. Um segundo grupo realizou o mesmo treinamento, porém sem o colete da eletroestimulação, um terceiro grupo não realizou treinamentos físicos. Ambos os grupos tiveram treinos específicos de futebol durante a semana.

Nos estudos de Filipovic *et al.* (2019a) as principais análises da intervenção foram sobre a força dos atletas, feitas por exercícios isométricos para medir a força máxima. Além das biópsias musculares feitas para analisar o diâmetro da miofibrila tipo I e tipo II. Foram observados aumentos significativos no tamanho da miofibrila de $8,9 \pm 8,5\%$ nas fibras do tipo II apenas no que realizou o TEN-CI. Embora insignificante, o mesmo grupo também apresentou o maior aumento no tamanho da fibra muscular do tipo I. Em relação à capacidade de força também se observou aumentos significativos nos exercícios *Leg Press* e *leg Curl*. Com isso esses resultados ressaltam as ideias dos autores de que a eletroestimulação fornece um estímulo durante um recrutamento voluntário de miofibrilas. As fibras musculares rápidas do tipo II são recrutadas desde o início, além das pequenas fibras do tipo I, mesmo em intensidades relativamente baixas e velocidades de movimento moderadas, sugerindo uma ativação preferencial das fibras do tipo II (Gregory e Bickel, 2005 *apud* Filipovic *et al.* 2019a).

Nos estudos de Wirtz *et al.* (2020), o objetivo foi avaliar a ocorrência e a

direção dos efeitos potenciais de um período de treinamento de sete semanas de saltos com eletroestimulação de corpo inteiro na densidade de transportadores de monocarboxilato (TMC), em jogadores de futebol. O TMC pode afetar a capacidade de realizar grandes quantidades de ações rápidas e explosivas durante um jogo de futebol. Os MCTs parecem ser essenciais para o transporte de lactato e regulação do pH durante o exercício e podem sofrer mudanças adaptativas notáveis dependendo do treinamento (Juel C., 2008; Thomas C. *et al.*, 2012 *apud* Wirtz *et al.*, 2020). Portanto, a hipótese desse estudo relacionava a intervenção do TEN-CI com o a melhora dos índices de capacidade de resistência e densidade de MCT de jogadores de futebol.

Para analisar o condicionamento físico pós intervenção, foi utilizado teste de resistência, sendo avaliado o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), utilizando um teste de rampa., o qual os sujeitos realizaram um aquecimento em velocidade moderada (3 m / s) com 1% de inclinação por 3 min. Nos últimos 30s a inclinação foi aumentada para 2,5%. Posteriormente, a velocidade de corrida foi aumentada a cada 30 segundos em 0,3 m / s até a exaustão subjetiva ser relatada. A avaliação da antropometria foi medida pelo equipamento de impedância bioelétrica (TANITA corp., Tóquio, Japão). Além de uma biópsia realizada para a análise das fibras musculares.

Foi observado que os resultados pós intervenção não teve melhoras significativas no teste de VO₂ max, e a densidade de MCT-4 no citoplasma e a densidade de MCT-1 na membrana das fibras musculares do tipo I diminuíram notavelmente no grupo que realizou o treinamentos em o equipamento de eletroestimulação. O conteúdo de MCT-1 e MCT-4 no músculo não foi influenciado pela intervenção do grupo que utilizou o colete de eletroestimulação, mesmo que estudos demonstrem que o treinamento de alta intensidade aumenta o MCT-1 em sujeitos treinados. O estudo não relatou resultados relacionados, contudo os participantes dos três grupos fizeram suas sessões semanais de futebol, que já possuíam anos de experiência, e o volume e a intensidade do treinamento não foram alterados durante o período de intervenção, podendo assim interferir nos resultados. Como não houve medição da produção de lactato durante o treinamento, os pesquisadores não podem caracterizar o estímulo metabólico dos treinamentos, além de que o esforço anaeróbico de alta intensidade no futebol varia

muito de acordo com o tempo de jogo.

Estudos de Filipovic *et al.* (2019b) buscaram investigar o efeito do TEN-CI sobre jogadores de futebol profissionais, utilizando um grupo experimental (GE), um grupo treinamento (GT) e um grupo controle (GC). Eles analisaram o efeito nos glóbulos vermelhos (GV), ou na tradução em inglês *red blood cell (RBC)*, o que pode afetar a deformabilidade geral das células vermelhas circulantes, pelo rejuvenescimento da população delas, e se isso pode estar relacionado com a melhora da capacidade de resistência muscular. Sobre os testes utilizados neste estudo, foi realizado um teste de resistência, utilizando uma esteira com ajuste de rampa, a qual os jogadores realizaram um aquecimento com velocidade moderada (3 m / s) com inclinação de 1% por 3 min. Nos últimos 30 s a inclinação aumentou para 2,5%. A velocidade de corrida foi então aumentada a cada 30 s em 0,3 m / s até a exaustão subjetiva. A frequência cardíaca foi documentada nos últimos 10 s de um estágio de rampa. O VO₂ max foi determinado como a média do consumo máximo de oxigênio dos primeiros 20 s após o término do teste. Outra análise foi a amostra de sangue antes da intervenção e após o final da intervenção, as amostras de sangue foram coletadas antes (Pré), 15-30 minutos após (Pós) e 24 horas após as intervenções.

Os resultados do estudo não demonstraram melhoras significativas no teste de VO₂max de todos os grupos. A análise da proporção de hemácias jovens, antigas e hemácias muito velhas dos grupos GE, GT, e GC durante o período de estudo revelou um ligeiro aumento de hemácias jovens no GE. Assim, foi assumido que a melhoria derivada do TEN-CI na deformabilidade dos glóbulos vermelhos pode afetar a capacidade de resistência, contudo os valores permaneceram inalterados durante o estudo. A produção dos glóbulos vermelhos não mostrou alterações agudas na linha de base ou na semana 7. Mas as comparações dos valores pré revelaram valores crescentes em GT e GC na semana 7 e no reteste em comparação com a linha de base, respectivamente. Uma vez que não foram encontradas alterações no GE, parece improvável que o programa TEN-CI aplicado afete os níveis de óxido nítrico sintase dos glóbulos vermelhos.

CONCLUSÃO

Concluimos que o TEN-CI têm se tornado uma opção a mais para a melhora da saúde da população, principalmente pelo benefício de um tempo significativamente menor comparado a outras modalidades de treinamento físico. Além de possibilitar uma inclusão de públicos que necessitam de um aumento de atividades físicas, pode motivar aquela população que tem pouca adesão ao treinamento de força. Os benefícios deste método de treinamento são evidenciados pelo aumento de força, potência muscular, aumento da espessura das fibras do tipo II e mudanças da composição corporal. Assim, melhorando a qualidade de vida de diversas populações. Além disso, essa intervenção além de beneficiar o cotidiano de um indivíduo, ela pode apresentar uma melhora para o desempenho esportivo, motivando a várias populações a terem uma vida mais ativa, e ainda mais saudável fisicamente.

De fato é evidenciado que dentro da evolução do estudo do treinamento físico, a importância da prática do exercício físico, é importante para auxiliar na evolução do desempenho esportivo. Com isso, o treinamento de eletroestimulação neuromuscular se mostrou uma ferramenta importante tanto para clubes de futebol profissionais ou jogadores amadores. Os estudos encontrados se mostraram uma ótima opção para o aumento da força muscular, porém outros marcadores como MCT-1, MCT-4, VO2max não tiveram mudanças significativas. Estes resultados encorajam a realizar mais estudos sobre TEN-CI, utilizando outros públicos, que não esportivas profissionais (ou este mesmo público numa condição de início de temporada), para ver se as mudanças desses marcadores podem ser mais significativas. Outra observação é de apenas encontrar pesquisas relacionadas ao futebol, dentro dos artigos voltados ao rendimento esportivo, isso possibilita um aumento de pesquisas em outros esportes.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, Louise. L. R. ; Cunha, C ; MACEDO, M. . O MÉTODO DA REVISÃO INTEGRATIVA NOSESTUDOS ORGANIZACIONAIS. **Gestão e Sociedade** (UFMG) , v. 5, p. número 11, 2011.

D'OTTAVIO, Stefano *et al.* Effects of two modalities of whole-body

electrostimulation programs and resistance circuit training on strength and power.

International journal of sports medicine, v. 40, n. 13, p. 831-841, 2019.

EVANGELISTA, Alexandre Lopes *et al.* Effects of Whole Body Electrostimulation Associated With BodyWeight Training on Functional Capacity and % **physiology**, v. 10, p. 548, 2019b.

FIORILLI, Giovanni *et al.* A Single Session of Whole-Body Electromyostimulation Increases Muscle Strength, Endurance and proNGF in Early Parkinson Patients. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 10, p. 5499, 2021.

KEMMLER, Wolfgang *et al.* Whole-body electromyostimulation and protein supplementation favorably affect sarcopenic obesity in community-dwelling older men at risk: the randomized controlled FranSO study. **Clinical interventions in aging**, v. 12, p. 1503, 2017.

KEMMLER, Wolfgang. *et al.* Whole-body electromyostimulation—the need for common sense! Rationale and guideline for a safe and effective training. **Dtsch Z Sportmed**, v. 67, n. 9, p. 218-221, 2016.

LUDWIG, Oliver *et al.* The impact of whole-body electromyostimulation on body posture and trunk muscle strength in untrained persons. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 1020, 2019.

MALNICK, Stephen DH *et al.* It's time to regulate the use of whole body electrical stimulation. **Bmj**, v.352, 2016.

MONTEIRO, Ana Beatriz; FERNANDES FILHO, José. Análise da composição corporal: uma revisão de métodos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 4, n. 1, p. 80-92, 2002.

MOURA, Nelio Alfano. Treinamento da Força Muscular. In: Cohen, M.; Abdalla, R.. (Org.). Lesões nos Esportes. 1ed. São Paulo: **Revinter**, 2003, v. , p. 100-.

RODRIGUEZ, Alvaro P. *et al.* Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: a systematic

Espindola & Ribeiro; ARQUIVOS em MOVIMENTO, v.19, n.1, p 371-391 2023.

review. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2019.

RODRIGUEZ, Alvaro P. *et al.* Effects of whole-body electromyostimulation on physical fitness in postmenopausal women: a randomized controlled trial. **Sensors**, v. 20, n. 5, p. 1482, 2020.

WIRTZ, Nicolas *et al.* Seven Weeks of Jump Training with Superimposed Whole-Body Electromyostimulation Does Not Affect the Physiological and Cellular Parameters of Endurance Performance in Amateur Soccer Players. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 3, p. 1123, 2020.

ZART, Sebastian *et al.* Frequency-dependent reaction of the triceps surae muscle of the mouse during electromyostimulation. **Frontiers in physiology**, v. 11, p. 150, 2020.