

Helder Brito Duarte

helderphysio@gmail.com

Universidade Salvador / Hospital da Cidade,
fisioterapeuta residente – Salvador / BA

Camila de Almeida Costa

costta_camila@hotmail.com

Universidade Salvador / Hospital da Cidade,
fisioterapeuta residente – Salvador / BA

Daniela de Souza Pinto

Dani_souzap@hotmail.com

Universidade Salvador / Hospital da Cidade,
fisioterapeuta residente – Salvador / BA

Jorge Luis Motta dos Anjos

jorgelmanjos@hotmail.com

Hospital Geral Roberto Santos, Coordenação de
ensino e pesquisa – Salvador / BA

Ludmilla Campos Gaspar

camposludmilla@yahoo.com.br

Hospital Geral Roberto Santos, fisioterapeuta
intensivista – Salvador / BA

Reinaldo Luz Melo

reinaldoluzmelo@hotmail.com

Universidade Salvador / Hospital da Cidade,
fisioterapeuta residente – Salvador / BA

Camilla de Souza Menezes

Millaa_menezes@hotmail.com

Hospital Geral Roberto Santos, enfermeira
residente – Salvador / BA

Faculdade Adventista da Bahia

BR 101, Km 197 – Caixa Postal 18 – Capoeiruçu - CEP:
44300-000 - Cachoeira, BA

Revista Brasileira de Saúde Funcional
REBRASF

COMPORTAMENTO DO LACTATO, GLICEMIA E BICARBONATO APÓS ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR EM PACIENTES CRÍTICOS: ESTUDO PILOTO

*LACTATE, BLOOD GLUCOSE AND BICARBONATE
BEHAVIOR AFTER NEUROMUSCULAR ELECTRICAL
STIMULATION IN CRITICALLY ILL PATIENTS: PILOT
STUDY*

RESUMO

Introdução: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) proporciona a mobilização ativa muscular mesmo sem a colaboração do paciente podendo preservar força, massa e espessura muscular. Contudo, o uso desta estratégia pode ativar processos metabólicos importantes no corpo humano. **Objetivo:** Avaliar o comportamento do lactato, glicemia e Bicarbonato (HCO_3) após uma sessão de eletroestimulação em pacientes críticos intubados e com drogas vasoativas. **Materiais e Método:** Caracteriza-se como um estudo piloto, de intervenção, prospectivo e de corte transversal aplicado em pacientes críticos intubados em uso de drogas vasoativas. Foi utilizada apenas uma aplicação de NMES em ambos quadríceps por 45 minutos. As variáveis glicemia, lactato e HCO_3 foram coletadas antes e após o protocolo de intervenção. As análises estatísticas foram tratadas através do teste de Shapiro Wilk e as variáveis antes e após comparadas através do teste Mann Whitney. **Resultados:** A amostra foi composta por 7 (sete) pacientes. Destes, 85,7% era do sexo feminino, sendo o diagnóstico clínico em 85,7%, idade média de 61 ± 9.5 anos e de APACHE II de 29 ± 5.5 . Foram observadas alterações positivas de glicose em 4 (quatro) pacientes e negativas de lactato em 4 (quatro) pacientes, ambos após a NMES. Contudo, não houve diferenças significativas durante a aplicação do protocolo. **Conclusão:** A partir da análise deste estudo, sugere-se que a aplicação de NMES em pacientes críticos intubados com vasopressores é uma mobilização precoce segura e viável, se respeitados os parâmetros de segurança durante a aplicação.

PALAVRAS-CHAVE:

Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea; Metabolismo Energético; Mobilização Precoce; Unidades de Terapia Intensiva.

ABSTRACT

Background: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) provides active muscle mobilization even without patient collaboration and can preserve muscle strength, mass and thickness. However, the use of this strategy can activate important metabolic processes in the human body. **Objective:** Evaluate the behavior of lactate, blood glucose and bicarbonate (HCO₃) after an electrostimulation session in critically ill intubated patients with vasoactive drugs. **Materials and Methods:** It is characterized as a pilot, intervention, prospective and cross-sectional study applied in critically ill intubated patients using vasoactive drugs. Only one application of NMES was used on both quadriceps for 45 minutes. The variables blood glucose, lactate and HCO₃ were collected before and after the intervention protocol. Statistical analyzes were treated using the Shapiro Wilk test and variables before and after were compared using the Mann Whitney test. **Results:** The sample consisted of 7 (seven) patients. Of these, 85.7% were female, with a clinical diagnosis of 85.7%, mean age 61 ± 9.5 years and APACHE II age 29 ± 5.5. Positive glucose changes were observed in 4 (four) patients and lactate negative changes in 4 patients (four), both after NMES. However, there were no significant differences during the application of the protocol. **Conclusion:** From the analysis of this study, it is suggested that the application of NMES in critically ill patients intubated with vasopressors is a safe and viable early mobilization if safety parameters are respected during application.

KEYWORDS: Transcutaneous Electric Nerve Stimulation; Energy Metabolism; Early Ambulation; Intensive Care Units.

INTRODUÇÃO

A imobilidade exposta ao paciente crítico durante o enfrentamento de uma condição grave afeta o status funcional prévio e direciona-o a uma dependência física. Essa doença crítica possui relação com estado de estresse catabólico proveniente do desequilíbrio negativo da balança síntese/decomposição proteica, que promove diversas complicações como: disfunção de múltiplos órgãos, hospitalização prolongada e aumento de morbimortalidade⁽¹⁾. Essas condições, associadas ao imobilismo e ao internamento prolongado, são potencializadores de declínio funcional, desenvolvidos através da perda de massa muscular, força, coordenação, condicionamento físico e alterações relacionadas ao metabolismo^(2,3).

As alterações metabólicas ocorrem na proporção de captação glicêmica pela célula muscular, causando problemas como: déficit de oferta energética, alteração do metabolismo aeróbico cerebral, redução de glicogênio muscular e hepático, resultando em acúmulo precoce de lactato⁽³⁾. Essas alterações podem ser contornadas através da atividade física regular.

Dentro deste contexto, em um ambiente restrito, devido à condição aguda e grave do paciente, surge a Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES). Esta modalidade terapêutica proporciona a mobilização ativa muscular mesmo sem a colaboração do paciente, ocorrendo a partir da despolarização da membrana celular local, gerando um recrutamento de todas as miofibrinas daquela região, o que favorece uma contração muscular que pode durar de acordo com a programação do aparelho regulador⁽³⁻⁴⁾.

Esse efeito contrátil do NMES possui resultados positivos em pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Dentre os benefícios, pode-se citar preservação de massa muscular, melhora da força, aumento da espessura da camada muscular, prevenção da polineuropatia do

doente crítico, redução da atrofia, melhora na quantidade de proteína sarcoplasmática, redução do uso de marcadores de catabolismo, contribuição para a redução no tempo de ventilação mecânica, melhora na tolerância ao exercício e controle da dispneia⁽⁵⁻¹²⁾.

Assim, visto que a contração muscular decorrente da NMES envolve a ativação de processos metabólicos importantes no corpo humano, este estudo teve o objetivo de avaliar o comportamento do lactato, glicemia e Bicarbonato (HCO_3) após uma sessão de eletroestimulação em pacientes críticos intubados e com drogas vasoativas.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo piloto, de intervenção, prospectivo e de coorte que foi aplicado em três UTIs adulto de um Hospital Público da rede estadual de saúde de Salvador, Bahia. A população foi composta por pacientes internados nessas UTIs, considerando aqueles que se adequassem aos critérios de inclusão. A coleta foi realizada no período de fevereiro a junho do ano de 2018, sendo a amostragem por conveniência.

Os critérios de inclusão foram: idade entre 18 e 75 anos; Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE II) ≥ 13 ; Richmond Agitation-Sedation (RASS) ≤ 0 ; Pressão Positiva Expiratória Final (PEEP) ≤ 10 cmH₂O); Fração inspiratória de oxigênio (FIO₂: $\leq 60\%$); dose limite e estável por 1h antes da intervenção das seguintes medicações: Noradrenalina $\leq 0,2\mu\text{g/kg/min}$; Dobutamina $\leq 8\mu\text{g/kg/min}$; Inotrópico $\leq 0,25\mu\text{g/kg/min}$; estar em uso de Pressão Arterial Invasiva (PAI). Estes critérios foram escolhidos para identificar pacientes que estivessem estáveis hemodinamicamente e dentro do limite seguro para mobilização precoce conforme descrito anteriormente por outros autores⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

Foram excluídos do estudo os pacientes que possuíssem gravidez; morte encefálica; doença neuromuscular preexistente; Lúpus eritematoso sistêmico; obstáculos técnicos para implementação da NMES, como fraturas ósseas; malignidade em estágio final; marcapasso; enzimas cardíacas elevadas (CK-MB $> 16,0$ U/L e Troponina I $> 0,034$); realização de hemodiálise no período; ventilação mecânica com neuroproteção e dispositivo de mensuração de Pressão Intracraniana; hemorragia ativa; instabilidade hemodinâmica com Pressão Arterial Média (PAM) fora do intervalo entre 65 e 110 mmHg, Pressão Arterial Sistólica (PAS) > 180 mmHg ou < 90 mmHg; Saturação periférica de Oxigênio (SpO₂) $\leq 90\%$; Frequência Respiratória (FR) > 40 irpm; Frequência Cardíaca (FC) > 130 bpm; contração não visível ou não palpável. Estes critérios foram estabelecidos anteriormente como seguros para mobilização precoce por outros autores^(3,10-12).

Para avaliação das variáveis metabólicas, foram utilizados os aparelhos: Glicosímetro On Call Plus® para glicemia e Hemogasômetro 80Flex® para lactato e HCO_3 através da hemogasometria, sendo os dados registrados através de formulários preenchidos pela equipe de pesquisa.

Após a identificação do paciente e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelo responsável, foi iniciada uma única aplicação de NMES através do aparelho Neurodyn III neuromuscular stimulator Ibramed® com tempo de intervenção de 45 minutos utilizando 2 (dois) eletrodos (50x50 mm) em cada membro. Dois eletrodos negativos foram colocados nos pontos motores do reto femoral (terço médio da coxa) e no vasto lateral (terço inferior da coxa ântero-lateral), os dois positivos foram posicionados sobre o terço distal da coxa, utilizando os

seguintes parâmetros: frequência de 50Hz, largura de pulso de 400 µs, tempo ativo de 6 segundos e 12 segundos de tempo de descanso, a intensidade foi ajustada para produzir uma contração muscular visível ou palpável dos músculos citados.

Os pacientes foram monitorados durante toda a intervenção e, caso os critérios de segurança fossem violados, a NMES seria interrompida e a equipe multidisciplinar seria acionada. Os critérios de segurança foram: redução de 4% da SpO2 inicial; aumento ou diminuição de 20% da PAM ou sair do intervalo entre 65 e 110 mmHg; PAS > 180 mmHg; FC > 130 bpm e FR > 40 irpm^(11,12). Não houve eventos que determinaram a interrupção do protocolo.

Para comparação dos resultados antes e após a NMES, os dados metabólicos foram reduzidos em mediana e intervalo interquartil; após isso, o tempo foi dividido em instantes pré e pós eletroestimulação, sendo os valores compilados em uma tabela do Microsoft Excel. Para tratamento estatístico, os dados compilados foram transferidos para o software Bioestat 5.3, no qual foi realizado o teste de Shapiro Wilk, verificando uma distribuição de dados assimétrica, sendo o teste de Mann Whitney o mais indicado na comparação dos dados, a partir da definição da significância estatística de $p < 0,05$. Os dados secundários a esta análise foram reduzidos e tratados no formato de tabelas.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos, conforme parecer nº 2.437410 e CAE nº: 80977417.9.00005028. Foi garantido o anonimato e o sigilo das informações aos participantes da pesquisa, sendo os familiares instruídos a lerem e a ouvirem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que trazia informações gerais do estudo e confirmava a participação voluntária do paciente na pesquisa.

RESULTADOS

Inicialmente foram selecionados 8 (oito) pacientes para o estudo, porém, um deles não apresentou contração muscular visível ou palpável e foi excluído da análise. Nos 7 (sete) pacientes analisados, a maioria foi do sexo feminino (85,7%), com perfil clínico (85,7%) apresentando APACHE II com média de 29,4 e idade média de $61 \pm 9,5$ anos (Tabela 1)

Tabela 1 – Perfil da população de acordo com as características gerais. Salvador, Bahia, 2018.

Variáveis	n=7	
Sexo feminino (%)	6	85,7
Sexo masculino (%)	1	14,3
Diagnóstico		
Clínico (%)	6	85,7
Cirúrgico (%)	1	14,3
Idade, média (DP)		$61 \pm 9,5$
APACHE II, média (DP)		$29 \pm 5,5$

Legenda: DP: Desvio Padrão; APACHE: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation.

Fonte: Autoria própria

Os dados metabólicos de lactato, glicemia e HCO₃, antes e após a intervenção, foram distribuídos na Tabela 2. É possível perceber que houve poucas alterações individuais nessas variáveis.

Tabela 2 – Valores individuais dos dados de cada paciente antes e após aplicação de NMES. Salvador/BA, 2018.

Pacientes	Lactato (mmol/L)		Glicemia (mg/dL)		HCO ₃ (mmHg)	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
P1	1,9	1,6	137	133	23,7	23,3
P2	0,6	0,6	264	273	23,2	22,3
P3	0,8	0,8	172	131	17,3	21
P4	1,3	1,2	201	233	31,8	30,9
P5	1,8	1,5	83	79	21,8	20
P6	1,2	1,1	300	306	16,8	16,5
P7	1,3	1,1	296	321	22,2	22,4

Legenda: HCO₃: Bicarbonato.

Fonte: Autoria própria

A tabela 3 possui a distribuição dos dados separados pelas categorias lactato, glicemia e HCO₃, organizados em mediana e intervalo interquartil. Através dessas variáveis, foi aplicado o Teste de Mann Whitney para comparação dos valores extraídos antes e após a intervenção. Esses valores não apresentaram um p value menor que 0,05, o que corresponde a uma não significância estatística das alterações metabólicas.

Tabela 3 – Valores de mediana e intervalo interquartil antes e após aplicação da NMES Salvador/BA, 2018.

Variável	Antes	Após	P value
Lactato (mmol/L)	1,3 (1,0-1,55)	1,1 (0,95-1,35)	0,44
Glicemia (mg/dL)	201 (154,5-280)	233 (132-289,5)	0,94
HCO ₃ (mmHg)	22,2 (19,5-23,4)	22,3 (20,5-22,8)	0,84

Legenda: HCO₃: Bicarbonato.

Fonte: Autoria própria

DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados tratados, pode-se afirmar que a NMES não proporcionou impacto significativo nas variáveis lactato, glicemia e HCO₃ de pacientes críticos em uso de vasopressores, sendo possível a sua aplicação de forma precoce nessa população.

O lactato foi estudado por alguns autores⁽¹³⁻¹⁴⁾ e identificaram seu aumento sérico após a aplicação durante 30 minutos de NMES em pacientes críticos. Porém, com 15 minutos de aplicação a mais no presente estudo e no ensaio clínico feito anteriormente⁽³⁾, houve reduções dos níveis

dessa variável, porém, sem significância estatística. Este feito é conflitante, uma vez que a duração e a intensidade do exercício geram uma maior dificuldade em oxidar ácido láctico resultando em seu aumento sérico no plasma sanguíneo.

Para tentar compensar o aumento do lactato produzido pela musculatura durante o exercício, o corpo humano é induzido a utilizar o sistema compensatório de $\text{HCO}_3^{(15)}$. Portanto, o comportamento dessa variável foi avaliado no presente estudo e, antes da aplicação da NMES, foram identificados alguns participantes com padrão acidótico. Essa situação pode ser justificada pelo estado crítico em que eles se encontram, ou seja, o uso de drogas vasoativas, restrição ao leito e imobilismo apresentam tendência a evoluir para um estado catabólico. Mesmo submetidos a esses males, os pacientes deste estudo não apresentaram alterações significativas de HCO_3 .

Ainda que não existam outros estudos avaliando o comportamento do HCO_3 durante a NMES, a partir da observação curta duração técnica e grau de exigência física baixo, essa intervenção pode não alterar valores de HCO_3 e lactato. Isso pode sugerir que a eletroestimulação não causa estresse físico metabólico suficiente para alterar de forma significativa esses valores.

Outra variável metabólica que é importante a ser estudada durante o exercício físico é a glicose. Esta pode ser disponibilizada no organismo por atividade hormonal do glucagon, glicogenólise hepática e a gliconeogênese. Sendo assim, durante exercício incremental, a concentração de glicose diminui até atingir a intensidade correspondente ao limiar de lactato. Devido à atividade simpática, a glicose sanguínea aumenta, a partir desse ponto a taxa de produção de glicose supera sua captação⁽¹⁵⁾. Devido a isso, neste estudo, foram identificados 4 (quatro) pacientes que possuíram alterações positivas após a aplicação de NMES, porém, não foram significativas.

A possibilidade de alterações no metabolismo glicídico através do exercício físico pode ser importante para o paciente crítico, uma vez que o controle da glicose plasmática deve ser uma rotina, pois possui impacto em morbidade e mortalidade na UTI⁽¹⁶⁾. Sendo assim, como uma forma de mobilização precoce, uma rotina de aplicação de NMES pode auxiliar no controle glicêmico através do aumento da taxa de eliminação de glicose⁽¹⁷⁾.

Este estudo possuiu algumas limitações: número pequeno de participantes na amostra, não controle sobre a existência ou não de reposição de HCO_3 e uso de fluidos glicosados, avaliação do status funcional prévio do paciente antes do insulto, visto que isto impacta diretamente na capacidade de retorno à homeostase após o exercício.

CONCLUSÃO

A partir deste estudo piloto, pode-se sugerir que a aplicação de NMES em pacientes críticos, intubados e com uso de vasopressores não altera o comportamento do metabolismo a nível de lactato, glicemia e HCO_3 . Dessa maneira, constitui-se uma terapia promissora em UTI e que, aparentemente, não traz interferência no metabolismo basal dos pacientes. Mesmo assim, é importante que haja mais estudos sobre o tema em populações maiores e que avaliem uma maior quantidade de componentes metabólicos como Taxa de eliminação de glicose e níveis de Citosinas.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores relatam não haver nenhum conflito de interesse.

Referências

1. Zayed Y, Kheiri B, Barbarawi M, Chahine A, Rashdan L, Chintalapati S, Al-Sanouri I, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Australian Critical Care*, 2020;33(2):203-210. doi: [10.1016/j.aucc.2019.04.003](https://doi.org/10.1016/j.aucc.2019.04.003)
2. Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute Skeletal Muscle Wasting in Critical Illness. *JAMA*, 2013;310:1591. doi: [10.1001/jama.2013.278481](https://doi.org/10.1001/jama.2013.278481).
3. Gerovasili V, Tripodaki E, Karatzanos E, Pitsolis T, Markaki V, Zervakis D, et al. Short-term Systemic Effect of Electrical Muscle Stimulation in Critically Ill Patients. *Chest*, 2009;136:1249–56. doi: [10.1378/chest.08-2888](https://doi.org/10.1378/chest.08-2888).
4. Strasser EM, Stättner S, Karner J, Klimpfinger M, Freynhofer M, Zaller V, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Reduces Skeletal Muscle Protein Degradation and Stimulates Insulin-Like Growth Factors in an Age- and Current-Dependent Manner: A Randomized, Controlled Clinical Trial in Major Abdominal Surgical Patients. *Ann. Surg*, 2009;249:738–43. doi: [10.1097/SLA.0b013e3181a38e71](https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181a38e71).
5. Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care*, 2009;13:R161. doi: [10.1186/cc8123](https://doi.org/10.1186/cc8123).
6. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral Muscle Strength Training in Bed-Bound Patients With COPD Receiving Mechanical Ventilation. *Chest*, 2003;124:292–6. doi: [10.1378/chest.124.1.292](https://doi.org/10.1378/chest.124.1.292).
7. Gruther W, Zorn C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Spiss C, Kainberger F, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil. Med*, 2010;42:593–7. doi: [10.2340/16501977-0564](https://doi.org/10.2340/16501977-0564).
8. Meesen RLJ, Dendale P, Cuyppers K, Berger J, Hermans A, Thijs H, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation As a Possible Means to Prevent Muscle Tissue Wasting in Artificially Ventilated and Sedated Patients in the Intensive Care Unit: A Pilot Study: Preventing muscle atrophy in the ICU. *Neuromodulation*, 2010;13:315–21. doi: [10.1111/j.1525-1403.2010.00294.x](https://doi.org/10.1111/j.1525-1403.2010.00294.x).
9. Abu-Khaber HA, Abouelela AMZ, Abdelkarim EM. Effect of electrical muscle stimulation on prevention of ICU acquired muscle weakness and facilitating weaning from mechanical ventilation. *Alexandria Med. J*, 2013;49:309–15. doi: [10.1016/j.ajme.2013.03.011](https://doi.org/10.1016/j.ajme.2013.03.011).
10. Hickmann CE, Castanares-Zapatero D, Bialais E, Dugernier J, Tordeur A, Colmant L, et al. Teamwork enables high level of early mobilization in critically ill patients. *Ann Intensive Care*, 2016;6:80. doi: [10.1186/s13613-016-0184-y](https://doi.org/10.1186/s13613-016-0184-y).

11. Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CE, et al. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. *Crit Care*, 2014;18:658. doi:[10.1186/s13054-014-0658-y](https://doi.org/10.1186/s13054-014-0658-y).
12. Burtin C, Clerckx B, Robbeets C, Ferdinande P, Langer D, Troosters T, et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit. care med*, 2009;37:2499–505. doi:[10.1097/CCM.0b013e3181a38937](https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181a38937).
13. Reis GR. Nível do lactato pré e pós estimulação elétrica neuromuscular em UTI. *Rev. Bra. Saúde Func*, 2017;1:2. Disponível em: <https://seer-adventista.com.br/ojs3/index.php/RBSF/article/view/925>. Acesso em: 03/03/2021
14. Angelopoulos E, Karatzanos E, Dimopoulos S, Mitsiou G, Stefanou C, Patsaki I, et al. Acute microcirculatory effects of medium frequency versus high frequency neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients - a pilot study. *Ann Intensive Care*, 2013;3:39. doi:[10.1186/2110-5820-3-39](https://doi.org/10.1186/2110-5820-3-39).
15. Simoes RP, Simões VC. Diferentes métodos de determinação dos limiares de transição do metabolismo e sua aplicabilidade à prescrição do exercício físico. *PROFISIO. Ciclo 4*. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2017. p. 101-68.
16. Viana MV, Moraes RB, Fabbrin AR, Santos MF, Gerchman F. Assessment and treatment of hyperglycemia in critically ill patients. *Rev. bras. ter. intensiva*, 2014;26:71–6. doi:[10.5935/0103-507X.20140011](https://doi.org/10.5935/0103-507X.20140011).
17. Hamada T, Hayashi T, Kimura T, Nakao K, Moritani T. Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation, and whole body glucose uptake. *J. appl. Physiol*, 2004;96:911–6. doi:[10.1152/jappphysiol.00664.2003](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00664.2003).