



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**CURSO DE FISIOTERAPIA**

**WALERIA PEREIRA GOMES**

**PARÂMETROS DE ESTIMULAÇÃO FUNCIONAL ATRAVÉS DA FES-CYCLING  
EM INDIVÍDUOS COM LESÃO DE NEURÔNIO MOTOR SUPERIOR PÓS-AVC**

**FORTALEZA**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA  
CURSO DE FISIOTERAPIA

WALERIA PEREIRA GOMES

PARÂMETROS DE ESTIMULAÇÃO FUNCIONAL ATRAVÉS DA FES-CYCLING EM  
INDIVÍDUOS COM LESÃO DE NEURÔNIO MOTOR SUPERIOR PÓS-AVC

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Fisioterapia do Departamento de  
Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Bacharel em Fisioterapia

Orientador: Prof. Dr. Ramon Távora Viana

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- G618 Gomes, Waleria Pereira.  
Parâmetros de estimulação funcional através da fes-cycling em indivíduos com lesão de neurônio motor superior pós-AVC / Waleria Pereira Gomes. – 2021.  
24 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Curso de Fisioterapia, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Ramon Távora Viana.
1. Acidente vascular cerebral. 2. Terapia por estimulação elétrica. 3. Ciclismo. I. Título.
- CDD 615.82
-

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal do Ceará UFC, Faculdade de Medicina e Departamento de Fisioterapia.

Aos parceiros da pesquisa: VISURI que cedeu o protótipo para o estudo, sem os pesquisadores receberem auxílio financeiro ou pagamento para o desenvolverem; a Universidade Federal de Minas Gerais UFMG e a Universidade de Brasília UNB.

Ao professor Dr. Ramon Távora Viana pela orientação deste trabalho.

As professoras da banca Dr<sup>a</sup> Renata Viana Brígido de Moura Jucá e Mestra Thaiana Marcelino Lima.

A minha família e companheiro que suportaram os momentos que estive ausente, diante a dedicação que a graduação exige.

As amigas e amigos que ajudaram a viver esse momento de finalização do curso.

## RESUMO

Introdução: A *Functional Electrical Stimulation-Cycling (FES-Cycling)* é uma modalidade de exercício aeróbico utilizada com indivíduos pós Acidente Vascular Cerebral (AVC). Os parâmetros de eletroestimulação (EE) na *FES-Cycling*, no intuito de se manter um ritmo constante no movimento de ciclo, não estão claros na literatura. Assim, faz-se necessário testar os parâmetros de EE e a estratégia antecipatória de ativação muscular na *FES-Cycling*. Objetivo: investigar os parâmetros de estimulação na *FES-Cycling*, em indivíduos pós-AVC que apresentam espasticidade ou paresia de membro inferior e como antecipar a ativação muscular durante a *FES-Cycling*. Método: Estudo de casos nos quais foram investigados os parâmetros de eletroestimulação e a angulação de início da EE na *FES-Cycling* em dois indivíduos pós-AVC crônicos. Resultados: Os participantes apresentaram características diferentes entre eles. Os valores encontrados nos parâmetros de eletroestimulação da nossa amostra são semelhantes aos encontrados em outros estudos. Porém, houve variações quanto à angulação de início da EE. Considerações Finais: Os parâmetros de eletroestimulação utilizados foram satisfatórios para o uso na *FES-Cycling* com os indivíduos pós-AVC com sequelas de espasticidade em flexores plantares e fraqueza importante em MMII. Porém os parâmetros devem ser ajustados individualmente no intuito de gerar contração muscular visível e auxiliar o movimento cíclico durante o exercício.

**Palavras-chave:** Acidente Vascular Cerebral. Terapia por Estimulação Elétrica. Ciclismo

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Functional electrical stimulation cycling (FES-Cycling) is a type of aerobic exercise used with individuals after a stroke. The parameters of electrostimulation (ES) in FES-Cycling, in order to maintain a constant rhythm in the cycling movement, are not clear in the literature. Thus, it is necessary to test the ES parameters and the anticipatory muscle activation strategy in FES-Cycling. **Objective:** to investigate the stimulation parameters in FES-Cycling, in post-stroke individuals who presented spasticity or paresis of the lower limb and how to anticipate muscle activation during FES-Cycling. **Method:** Study of cases in which the electrostimulation parameters and the initial ES angulation in FES-Cycling were investigated in two individuals after chronic stroke. **Results:** the participants had different characteristics between them. The values found in our data of the electrostimulation parameters are similar to those found in other studies. However, there were variations in relation to the initial ES angulation. **Final Considerations:** The electrostimulation parameters used were satisfactory for use in FES-Cycling in post-stroke individuals with sequelae of spasticity in the plantar flexors and important weakness in the lower limbs. However, the parameters must be adjusted individually to generate visible muscle contraction and assist in cyclic movement during exercise.

**Keywords:** Stroke. Electric Stimulation Therapy. Cycling.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Desenho do estudo e Amostra</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Coleta</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Materiais</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Avaliação da Espasticidade</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5</b>	<b>Avaliação da Força de MMII</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6</b>	<b>Teste na <i>FES-Cycling</i></b> .....	<b>11</b>
<b>2.7</b>	<b>Desfecho</b> .....	<b>12</b>
<b>2.8</b>	<b>Análise</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A lesão no neurônio motor superior caracteriza-se por algum dano nas vias corticofugais (córtex, trato piramidal, cápsula interna, tronco encefálico ou medula espinhal) decorrentes de acidente vascular cerebral (AVC), traumatismos cranianos, ou outras injúrias e podem resultar em espasticidade, paresia ou plegia (CARR; SHEPHERD; ADA, 1995). O AVC traz sequelas como redução da força muscular, espasticidade, alterações no desempenho motor, na habilidade de marcha e do controle postural que podem gerar incapacidades e prejuízos secundários à saúde da pessoa acometida (BARBOSA; SANTOS; MARTINS, 2015).

Atualmente, diretrizes clínicas recomendam o exercício aeróbico na rotina de reabilitação após AVC (MACKAY-LYONS et al., 2020). O exercício aeróbico é conhecido como uma atividade de resistência ou de *endurance* se caracteriza pela movimentação de grandes músculos do corpo de maneira rítmica por um período de tempo sustentado, como a caminhada rápida e o ciclismo (DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (HHS), 2008). Os exercícios aeróbicos melhoram a saúde vascular, a qualidade de vida e a capacidade aeróbica do sobrevivente de AVC (MACKAY-LYONS et al., 2020).

Uma modalidade de exercício aeróbico usado na reabilitação no pós-AVC é a *FES-cycling* que é o ciclismo com a FES (estimulação elétrica funcional ou eletroestimulação funcional) (AMBROSINI et al., 2014). O *FES-cycling* é considerado uma atividade repetitiva, intensa e de prática direcionada à tarefa (AMBROSINI et al., 2020a) que tem como objetivo contrair os músculos relacionados ao movimento para a recuperação da massa ou da função muscular (BOHÓRQUEZ; DE SOUZA; PINO, 2013; MAFFIULETTI, 2010), e possibilita melhorar o desempenho do ciclismo como atividade para indivíduos pós-AVC (BARBOSA; SANTOS; MARTINS, 2015). Além da melhora da massa e redução da rigidez muscular, o uso dessa tecnologia pode fornecer benefícios como melhora da qualidade de vida nessas populações (RABELO et al., 2018).

Para os benefícios supracitados, porém, faz-se necessário uma maior compreensão dos parâmetros de EE que serão manipulados como frequência, intensidade, largura ou duração de pulso para a ativação muscular (DOUCET; LAM; GRIFFIN, 2012). A ativação muscular por meio da EE ocorre de forma diferente da fisiológica. Nela ocorre um recrutamento desordenado ou não seletivo das unidades motoras, essas unidades selecionadas ficam sendo ativadas e não

ocorre substituição e/ou adição de novas unidades para executar a tarefa (GREGORY; BICKEL, 2005; MAFFIULETTI, 2010).

Inferimos então, que a ativação muscular induzida por EE é limitada pela fadiga muscular quando comparada à contração voluntária sem EE (DOUCET; LAM; GRIFFIN, 2012; MAFFIULETTI, 2010). Além disso, há uma maior depleção de glicogênio por contração na EE do que pela execução no exercício voluntário, o que aumenta o gasto energético com o uso da corrente na ação executada (GREGORY; BICKEL, 2005). Assim, atividades como a *FES-cycling*, que são induzidas por EE, precisam considerar a fadiga muscular e o gasto energético em seu uso com pacientes que apresentam alterações neuromusculares, como no AVC.

Uma maior compreensão sobre os parâmetros de EE se faz com a possibilidade de estimulação em músculos espásticos no pós-AVC. Pois, dentre as alterações musculares presentes no indivíduo com AVC relacionados à espasticidade está a ativação muscular descoordenada. O músculo espástico apresenta atraso no tempo de excitação dos músculos, causado por um mecanismo compensatório de co-ativação muscular que resulta em um maior gasto energético. (BEYAERT; VASA; FRYKBERG, 2015; KAUTZ; BROWN, 1998).

Devido a essas alterações musculares os parâmetros de EE devem sofrer algumas variações em suas aplicações, e há possibilidade dessa população necessitar de estratégias de estimulação muscular antecipatória que beneficiariam essa população no movimento de ciclo na *FES-cycling*. Diferentes parâmetros para a ativação muscular na *FES-cycling* em indivíduos hemiparéticos e espásticos em decorrência do AVC têm sido apresentados tais como: frequência (F) variando de 25 Hz a 60 Hz, largura de pulso 100  $\mu$ s a 500  $\mu$ s, rotações por minuto (RPM) de 20 RPM a 45 RPM (BAUER et al., 2015; HOWLETT et al., 2015; SHARIAT et al., 2019; STEIN et al., 2015). E os músculos mais comumente estimulados são: quadríceps, isquiotibiais, glúteo e tríceps sural (SHARIAT et al., 2019).

A ativação muscular na *FES-cycling* em indivíduos hemiparéticos pós-AVC ocasionou valores análogos de torque e de variações de angulações no ciclismo induzido quando comparados a indivíduos saudáveis. Além disso, as estratégias de estimulação muscular próximas da ativação fisiológica trazem benefícios para melhora do desempenho do movimento de ciclo em indivíduos hemiparéticos pós-AVC do que as tentativas de EE em condições

estáticas (AMBROSINI et al., 2014). Em contrapartida, não há consenso quanto aos parâmetros de eletroestimulação para músculos espásticos pós-AVC. Usualmente utiliza-se parâmetros similares a indivíduos hemiparéticos sem sinais de espasticidade (BAUER et al., 2015; LO et al., 2012).

Tendo em vista as particularidades dos indivíduos com espasticidade pós-AVC e que há poucos estudos envolvendo os parâmetros de EE na *FES-cycling* para obter um ritmo constante no movimento de ciclo nessa população, faz necessária a realização deste estudo para investigar quais são os parâmetros de EE ideais e como antecipar a ativação muscular durante a *FES-cycling*. A compreensão desses aspectos pode facilitar a introdução de exercícios aeróbicos na prática clínica para essa população e proporcionar os seus benefícios, como melhora da capacidade aeróbica.

Este estudo, tem como objetivo investigar os parâmetros de estimulação na *FES-Cycling*, em indivíduos pós-AVC que apresentam espasticidade ou déficit de força de membro inferior e determinar as angulações, a intensidade, a largura de pulso e a frequência ideais de estimulação elétrica, para uso da *FES-Cycling* nessa população citada.

## 2 MÉTODO

### 2.1 Desenho do estudo e Amostra

Este estudo trata-se de um recorte do estudo transversal: “Parâmetros de Utilização do Fes-Cycling na Melhora do Desempenho Funcional de Indivíduos Pós-AVC” que em decorrência da Pandemia da Doença do Novo Coronavírus 2019 (COVID-19), tornou-se estudo de casos. Os critérios de inclusão foram participantes maiores de 18 anos com histórico de AVC isquêmico ou hemorrágico, na fase crônica do AVC (maior que 6 meses pós lesão) e que eram espásticos pela Escala Modificada de Tardieu (EMT) ou com diminuição de força em MMII pelo Teste de 5 repetições de Sentar e Levantar. Foram excluídos os indivíduos que apresentassem contraindicações de realizar exercício: hipertensão não controlada (pressão arterial sistólica em repouso (PAS) > 180 mmHg e / ou pressão arterial diastólica em repouso (PAD) > 110 mmHg; taquicardia sinusal não controlada (FC > 120 bpm), insuficiência cardíaca descompensada, diabetes mellitus não controlado (PESCATELLO, 2014), dor ou intolerância a corrente elétrica, ou outra condição que impossibilitasse de participar da pesquisa, como pedalar no equipamento. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Ceará UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil (CAAE: 33780820.0.0000.5054).

### 2.2 Coleta

A coleta estava programada para acontecer no ano de 2020, porém devido a Pandemia de COVID-19 foi adiada para este ano. E ocorreu em janeiro de 2021, no Laboratório de Fisioterapia Neurofuncional situado no prédio do núcleo da Biomedicina da Universidade Federal do Ceará. O recrutamento dos participantes aconteceu por meio de divulgação em redes sociais e de encaminhamentos de ambulatórios de Fisioterapia que atendam pacientes pós-AVC. No contato inicial foi explicado sobre o procedimento do teste, seus riscos e benefícios e o pesquisador avaliou se o indivíduo preenchia os critérios de inclusão ou de exclusão. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os procedimentos da coleta consistiram na obtenção dos dados dos participantes: como idade, sexo, tipo, números de episódios e tempo de lesão do AVC, uso de medicamentos, de dispositivos auxiliares de marcha, prática de exercício físico, existência de outras condições patológicas (Diabetes Mellitus - DM, Hipertensão Arterial Sistêmica - HAS, Infarto do miocárdio), presença de

marca-passo cardiológico, avaliação da força e espasticidade e a realização do teste na *FES-Cycling* com duas angulações diferentes para ativação muscular. Além da aferição de FC, FR, PA, SpO<sub>2</sub> e o esforço percebido pela Escala de BORG Modificada em repouso para serem a linha de base do indivíduo durante o teste na *FES-Cycling*. A coleta aconteceu em um único dia para cada participante e respeitou o uso de máscara facial, álcool gel e com limite por número de pessoas no ambiente.

### **2.3 Materiais**

Utilizamos um oxímetro de dedo para mensurar a Saturação Parcial de Oxigênio (SpO<sub>2</sub>) da marca BIC, um smartwatch XIAOMI Mi band 4 para medir Frequência Cardíaca (FC), a contagem da Frequência respiratória (FR) foi através da soma das incursões respiratórias por minuto do indivíduo. E para aferição da Pressão Arterial (PA) um Esfigmomanômetro Aneróide adulto foi utilizado. Para a atividade de ciclo assistido usamos a *FES-Cycling*, que é um protótipo patenteado como dispositivo de tecnologia assistiva (BR512019002808-2). O equipamento consiste em uma bicicleta ergométrica do tipo reclinada acoplada com um eletroestimulador funcional de oito canais com parâmetros de estimulação sendo modulados através de um software instalado em um celular ANDROID do tipo *Pocophone* de um dos pesquisadores com interface de comunicação via rede Bluetooth.

### **2.4 Avaliação da Espasticidade**

A espasticidade foi avaliada com a escala modificada de Tardieu (EMT) que mostrou ser válida para avaliar adultos com lesão cerebral (MEHRHOLZ et al., 2005). A EMT é executada por meio do alongamento dos músculos e articulações em uma velocidade lenta (abaixo do limiar de início do reflexo de alongamento) e na velocidade mais rápida possível para o avaliador. A angulação final obtida na velocidade lenta que representa a amplitude de movimento passiva, e a angulação na velocidade rápida que representa o limiar que causa o reflexo, definido pelo aparecimento de uma contração ou um clônus, são anotadas. O grau de espasticidade é definido pela diferença dessas angulações e a forma de reação muscular que ocorre nesse ângulo (YELNIK et al., 2010). Foi mensurado a espasticidade dos extensores de joelho e flexores plantares do tornozelo.

### **2.5 Avaliação da Força de MMII**

Para avaliação da força foi executado o teste de 5 repetições de Sentar e Levantar, que é um instrumento de avaliação funcional da força muscular em membros inferiores de indivíduos pós-AVC. O teste consistiu em o participante levantar e sentar o mais rápido possível de uma cadeira sem braços, com 43 cm de altura sem o auxílio dos membros superiores, que deviam estar repousados no colo do participante durante todo o teste. As costas deviam ser apoiadas no final de cada repetição. O tempo foi iniciado quando as costas saíam do encosto pela primeira vez e encerrado quando tocaram o encosto na última repetição (MONG; TEO; NG, 2010).

## 2.6 Teste na *FES-Cycling*

O participante foi posicionado em sedestação no equipamento e foram modulados os parâmetros para contração muscular visível. Na coxa, os eletrodos foram fixados com 10 cm de distância entre eles e com o eletrodo distal a 5 cm acima da patela para o lado medial. Nos isquiotibiais os eletrodos ficaram a 7 cm dos eletrodos mediais (AMBROSINI et al., 2014).

Os indivíduos foram instruídos a pedalar na bicicleta por 5 minutos com velocidade confortável de sua percepção e evitar pausas no ciclo para garantir uma boa qualidade do movimento cíclico. A identificação na folha de registro foi realizada por suas iniciais do nome e um número de ordem de participação do teste. No início e fim do teste foram realizadas as coletas dos dados de FC, PA, SpO<sub>2</sub> e BORG, no intuito de verificar se o indivíduo estava na sua linha de base de seus parâmetros ou dentro dos limites de normalidade das aferições e o retorno das mesmas ao fim do teste. Caso o participante apresentasse alguns sinais ou sintomas de fadiga ou medidas fora do padrão de normalidade de FC e/ou SpO<sub>2</sub> ou quisesse abandonar o protocolo, o teste seria interrompido imediatamente. Foi coletada a FC a cada 30 segundos do teste.

Os parâmetros EE foram manipulados para gerar uma contração visível que permite se a realização do movimento cíclico, sem atrapalhar a ação (AMBROSINI et al., 2014). Foram inicialmente fixadas, frequência e largura de pulso de 20 Hz e 400  $\mu$ s (AMBROSINI et al., 2020a, 2020b). Porém, os valores podiam variar em F de 20 Hz a 60 Hz e a largura de pulso de 100  $\mu$ s a 500  $\mu$ s (AMBROSINI et al., 2014, 2020a; SHARIAT et al., 2019; STEIN et al., 2015), no intuito de gerar contração muscular visível e eficaz no músculo estimulado para ajudar o

movimento. A intensidade da corrente foi elevada gradualmente e ajustada, não ultrapassando o limite de 140 mA.

Os posicionamentos de eletroestimulação na *FES-Cycling* foram realizados em duas angulações A1 e A2 e a perna afetada iniciou o movimento. Os valores de A1 correspondeu a eletroestimulação em quadríceps e isquiotibiais com valores próximos de início e fim de 173 – 303° e 303 – 73° respectivamente (AMBROSINI et al., 2014). Porém, caso a angulação não fosse adequada para gerar o ciclo do movimento de pedalar os valores foram ajustados (TABELA 2). A2 foi determinada como estratégia antecipatória nas angulações de A1 com a antecipação em 20° nos ângulos iniciais de quadríceps e isquiotibiais.

O teste A1 e A2 durou 5 min cada um, com descanso de 10 min entre elas, e caso fosse necessário seria acrescentado 5 min de descanso a mais, até a volta dos parâmetros basais do participante de FC, PA, SpO<sub>2</sub> e BORG ou que estivessem dentro dos limites dos padrões de normalidade para dar continuidade à atividade.

## 2.7 Desfecho

Os dados sociodemográficos e clínicos estão descritos na TABELA 1 e incluem: idade, sexo, estado civil, escolaridade, renda mensal, caracterização do AVC (número de episódios, tipo e tempo de lesão, lado afetado), uso de terapia por eletroestimulação anteriormente, prática de exercício físico e sua frequência, utiliza dispositivos auxiliares de marcha, existência de outras condições patológicas (DM, HAS, Infarto no miocárdio), presença de marca-passo cardiológico e o uso diário de betabloqueador, e os resultados da EMT e do teste de 5 repetições de sentar e levantar. As variáveis dependentes do estudo foram consideradas a maior velocidade média de RPM (Posicionamento A1 ou A2), os parâmetros de EE utilizados que mantiveram a RPM constante e com uma boa qualidade de movimento cíclico pelo tempo de aplicação do teste, e as angulações ideais de eletroestimulação na *FES-Cycling* para os músculos espásticos ou com déficit de força em MMII.

## 2.8 Análise

A análise foi realizada de forma descritiva para todas as variáveis de caracterização do estudo e as de desfecho principal considerando o tipo de variável. As variáveis de desfecho

foram: os parâmetros de EE (frequência, largura de pulso, intensidade), RPM média obtidas com os dois posicionamentos e as angulações obtidas com na *FES-Cycling*.

### 3 RESULTADOS

O contexto de pandemia da COVID-19 não permitiu que cumpríssemos o cronograma inicial da pesquisa, o que acarretou na suspensão da coleta e apresentação dos resultados obtidos até o momento. Assim, apenas dois participantes conseguiram completar a pesquisa e comparecer ao laboratório com locomoção particular ou por aplicativo, e assim diminuir os riscos com a exposição social em transportes públicos. Os dados obtidos estão expostos nas tabelas abaixo.

Tabela 1 - Dados sociodemográficos e clínicos

<b>Dados</b>	<b>Indivíduo 1</b>	<b>Indivíduo 2</b>
Sexo	Masculino	Masculino
Idade	56	54
Estado Civil	Casado	Casado
Escolaridade	EFI <sup>1</sup>	EMC <sup>2</sup>
Renda Mensal	1 SM <sup>3</sup>	> 1 e < de 4 SM
Presença de marca- passo cardiológico	Não	Não
Altura	1,78 m <sup>4</sup>	1,75 m
SSVV basais <sup>5</sup>	FC <sup>6</sup> : 70 bpm, FR <sup>7</sup> : 23 irpm, PA <sup>8</sup> : 130x80 mmHg, SpO2 <sup>9</sup> : 94%	FC: 103 bpm, FR:18 irpm, PA: 120x80 mmHg, SpO2: 99%
Episódios de AVC <sup>10</sup>	1	1
Tipo de lesão AVC	Isquêmico	Isquêmico
Tempo de lesão AVC	20 meses	16 meses
Lado acometido AVC	Direito	Direito
Patologias <sup>11</sup>	DM <sup>12</sup> , HAS <sup>13</sup>	HAS
Eletroestimulação <sup>14</sup>	Sim	Sim
Dispositivos auxiliares de marcha	Muleta canadense	Nenhum
Pratica atividade física / frequência	Não	Sim / 7x/semana
Medicações de uso diário <sup>15</sup>	Caverdilol	Nenhum
EMT <sup>16</sup>	Extensores de joelho: 0°/0	Extensores de joelho: 0°/0
	Flexores plantares: 0°/0	Flexores plantares: 5°/2
Força de MMII <sup>17</sup>	0 <sup>18</sup>	14.42 segundos

Fonte: dados da pesquisa.

Legendas e Notas: 1. Ensino Fundamental Incompleto – EFI; 2. Ensino Médio Completo – EMC; 3. Salário Mínimo – SM; 4. m- Altura em metros do indivíduo; 5. SSVV basais – Sinais Vitais aferidos em repouso; 6. FC – Frequência cardíaca; 7. FR Frequência respiratória; 8. PA – Pressão arterial; 9. SpO<sub>2</sub> – Saturação parcial de oxigênio; 10. AVC - Acidente Vascular Cerebral; 11. Patologias- Outras condições patológicas que o indivíduo tenha (DM, HAS, Infarto do miocárdio, hipercolesterolemia); 12. Diabetes Mellitus – DM; 13. Hipertensão Arterial Sistêmica – HAS; 14. Eletroestimulação (utilizou terapia por eletroestimulação alguma vez); 15. Medicamentos de uso diário (relacionadas ao uso de betabloqueadores); 16. EMT (Escala Modificada de Tardieu); 17. Força de MMII (membros inferiores) - tempo do teste de 5 repetições de sentar e levantar; 18. 0 - Não realizou o teste, pois não passou na triagem do teste de conseguir se levantar sem ajuda dos MMSS.

Tabela 2 - Parâmetros de estimulação e controle do teste

Parâmetros	Indivíduo 1	Indivíduo 2
Frequência	50 Hz <sup>1</sup>	50 Hz
Largura de pulso	400 µs <sup>2</sup>	400 µs
Intensidade	Quadríceps: 30 mA <sup>3</sup> Ísqüio: 33 mA	Quadríceps: 20 mA Ísqüio: 20 mA
Angulação A1 <sup>4</sup>	Quadríceps: 307°- 132° Ísqüio: 123° - 302°	Quadríceps: 329° - 100° Ísqüio: 99° - 253°
Angulação A2 <sup>5</sup>	Quadríceps: 287° - 132° Ísqüio: 103° - 302°	Quadríceps: 309° - 100° Ísqüio: 79° - 253°
FC <sup>6</sup>	77 e 76 bpm <sup>7</sup>	103 e 103 bpm
FC média <sup>8</sup>	80 e 78 bpm	100 e 97 bpm
SpO <sub>2</sub> <sup>9</sup>	97% e 95%	97% e 97%
PA <sup>10</sup>	130x80 e 120x80 mmHg <sup>11</sup>	120x80 e 120x80 mmHg
BORG <sup>12</sup>	Dado ausente <sup>13</sup>	0 e 0

Fonte: dados da pesquisa.

Legendas e Notas: 1. Hz – símbolo para Hertz, unidade de frequência; 2. µs – unidade para microssegundo; 3. mA- Símbolo para Miliamperes, unidade de intensidade da corrente; 4. A1- angulação marcada através do posicionamento passivo do membro afetado do indivíduo para início e fim da eletroestimulação nos músculos alvos para gerar contração visível; 5. A2 – angulação antecipada em 20° dos ângulos iniciais de A1; 6. FC – Frequência cardíaca antes e depois do teste; 7.bpm – batidas por minuto; 8. FC média- Frequência cardíaca média durante o teste em A1 e A2; 9. SpO<sub>2</sub>– Saturação parcial de oxigênio antes e depois do teste; 10. PA – Pressão arterial antes e depois do teste; 11. mmHg – milímetros de mercúrio; 12. BORG – escala modificada de BORG antes e depois do teste; 13. Dado ausente – falha na comunicação entre os avaliadores.

Tabela 3 - Diferenças entre as RPM médias

Indivíduos	RPM A1	RPM A2
1	57	52.9
2	50.36	60.8

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: RPM A1 – rotação por minuto média da angulação do teste A1 e RPM A2 - rotação por minuto média da angulação do teste A2.

A nossa amostra constitui-se de dois participantes ambos do sexo masculino, casados, acometidos por um AVC isquêmico, com sequelas ao lado direito do corpo e hipertensos. Os

dados sociodemográficos e clínicos estão apresentados na TABELA 1. O indivíduo 1 apresenta importante fraqueza em MMII, pois foi incapaz de realizar o teste de 5 repetições de sentar e levantar. Além disso, este não apresenta sinais de espasticidade através da avaliação da EMT. Já o indivíduo 2 foi capaz de completar o teste de 5 repetições sentar e levantar (TABELA 1), resultado abaixo do tempo médio de 18,5 segundos (MENTIPLAY et al., 2020), e com teste EMT positivo em flexores plantares.

Os sinais vitais variaram dentro do padrão de normalidade, sem queixas de desconforto ou cansaço antes, durante ou após o teste, esse e os parâmetros utilizados para realizar o teste e a eletroestimulação estão contidas na TABELA 2, e as RPM obtidas na TABELA 3. Ambos os indivíduos foram capazes de completar todo o teste na *FES-Cycling* com contrações musculares visíveis e não relataram intercorrências como dor, mal-estar, palpitação ou queixa de cansaço. A estratégia de antecipação da angulação A2, aumentou o valor de RPM para o indivíduo 2. O indivíduo 1 apresentou redução da velocidade quando utilizada a estratégia antecipatória (TABELA 3).

## 4 DISCUSSÃO

Os valores encontrados nos parâmetros de eletroestimulação da nossa amostra (TABELA 2) são semelhantes aos encontrados nos outros estudos em indivíduos saudáveis (BOHÓRQUEZ; DE SOUZA; PINO, 2013; DOUCET; LAM; GRIFFIN, 2012), hemiplégicos pós-AVC (AMBROSINI et al., 2014, 2020a; SHARIAT et al., 2019), e paraplégicos (FONSECA et al., 2017; HUNT et al., 2004). Porém, os valores das angulações de marcação inicial (TABELA 2) foram diferentes entre os indivíduos de outros estudos (AMBROSINI et al., 2014; FANG et al., 2018; FONSECA et al., 2017; HUNT et al., 2004). Algo que poderia justificar essa disparidade seria que as fixações das angulações de início terem sido realizadas de forma manual, o que pode ter resultado em dados diferentes de outras pesquisas, contudo essa marcação feita à mão foi necessária para uma melhor adaptação do sujeito a EE no equipamento, o que não ocorreu com as angulações idealizadas pelo protocolo do estudo. Porém, uma outra possível explicação para esse fato pode ser devido às sequelas de AVC dos participantes, pois um apresenta uma fraqueza importante em MMII e o outro espasticidade em flexores plantares. Esse tipo de lesão no neurônio motor superior causa morte celular, o que interrompe os impulsos nervoso ou diminui sua modulação (EMOS; AGARWAL, 2021), o que resulta em alterações no padrão de contração muscular, no tempo de excitação muscular (BEYAERT; VASA; FRYKBERG, 2015; KAUTZ; BROWN, 1998), e diminuição de reflexos (EMOS; AGARWAL, 2021), sendo uma possível justificativa para resultados distintos em suas angulações para iniciar a eletroestimulação.

O tempo de exercício efetuado na *FES-Cycling* pode ser uma etapa durante um treinamento aeróbico para pessoas pós-AVC, muito descondicionadas ou com deficiências motoras substanciais, o qual consiste em períodos da atividade de 5 minutos ou menos até atingir 20 minutos ou mais, e assim, gerar os benefícios do exercício aeróbico. Contudo, em nosso estudo não realizamos nenhum cálculo ou teste que categorizasse a intensidade do exercício aeróbico do teste em relação aos seus sinais vitais medidos (MACKAY-LYONS et al., 2020). Os SSVV aferidos foram apenas para garantir uma segurança mínima do protocolo as características clínicas dos participantes.

Os valores inicialmente propostos para aplicação da EE na *FES-Cycling* eram 20 Hz na frequência e 400  $\mu$ s na largura de pulso (AMBROSINI et al., 2020a, 2020b), porém no início da estimulação da corrente o participante 1 relatou desconforto, sendo necessário a mudança

desses parâmetros no procedimento (TABELA 2). O parâmetro de intensidade é variável de acordo com a geração de contração muscular eficaz e o conforto da pessoa em receber a EE (AMBROSINI et al., 2020a), assim, nossos dados (TABELA 2) demonstram variações entre os indivíduos, mas dentro dos padrões da literatura (AMBROSINI et al., 2014, 2020a; SHARIAT et al., 2019). As contrações musculares visíveis também apresentaram características diferentes em cada participante da pesquisa, pois sua resposta contrátil depende de como o tecido reage a modulação da frequência de estimulação, amplitude e duração do pulso (AMBROSINI et al., 2014). Assim, os parâmetros de EE modulados na *FES-Cycling*, frequência, largura de pulso e intensidade, precisam ser refinados para cada sujeito observando características de contração muscular, desconforto ou acomodação com a corrente elétrica.

As variações de RPM encontradas nos participantes (TABELA 3) também estão presente em outros estudos (BARBOSA; SANTOS; MARTINS, 2015; KIM et al., 2015; ROUSE et al., 2020), e sendo considerada a faixa de 50-60 RPM como valores típicos de pessoas com AVC (ROUSE et al., 2020). Um dos fatores que explicam essas diferenças de desempenho de RPM entre indivíduos saudáveis são a distância entre assento e pedal (DE GROOT et al., 1994), e a altura do indivíduo, pois a cadência tende a diminuir na proporção inversa a estatura do sujeito (BELLUYE; CID, 2001; GONZALEZ; HULL, 1989). Já em pessoas pós-AVC a literatura ainda não é consistente em explicar essas disparidades, mas afirma que quanto mais lento for a velocidade de marcha mais lenta é o ritmo de ciclo dessa população (ROUSE et al., 2020). Como não foram observadas evidências sobre a influência da distância entre assento e pedal em pessoas com AVC, sugerimos que poderia ser um fator a se considerar também durante a aplicação da *FES-Cycling*.

A estratégia antecipatória utilizada neste estudo é aplicada com indivíduos paraplégicos e é adiantada proporcionalmente a cadência do ciclo que se objetiva chegar, o que contribui para um melhor desempenho na tarefa (HUNT et al., 2004). Esse método pode auxiliar na diminuição do atraso eletromecânico e no retardo residual, que influenciam na angulação inicial da eletroestimulação na *FES-Cycling* (ALLEN; STUBBS; DIXON, 2021). Nossos achados apresentam indícios de que essa técnica parece ter beneficiado mais ao sujeito com espasticidade de tríceps sural (indivíduo 2) do que ao sujeito com fraqueza (indivíduo 1) (TABELA 3). Entretanto, para extrapolar essa afirmação a outros sujeitos de semelhante condições, é necessário considerar a continuação da coleta e assim, inferir se a estratégia

antecipatória é útil para indivíduos espásticos, do que para os com fraqueza de membro inferiores.

Diante do exposto sugerimos que essa angulação que marca o início da eletroestimulação não deva ser padronizada, mas observada para cada participante, bem como os parâmetros de EE já citados anteriormente. Acreditamos que com a continuidade da coleta será possível sanar as dúvidas em relação aos benefícios da estratégia antecipatória, e a relação entre a distância do assento ao pedal e a velocidade de marcha influenciarem nos valores de RPM obtida durante o ciclo. E assim, contribuir para um melhor desempenho na *FES-Cycling* e aperfeiçoar atividade aeróbica para pessoas pós-AVC.

Este estudo apresenta limitações, sendo a sua principal o tamanho da amostra. O contexto da Pandemia de COVID-19 impactou diretamente no tipo de pesquisa e na suspensão da coleta, todos esses fatos juntamente com o atraso nos reparos na *FES-Cycling*, impossibilitaram que fosse um estudo transversal. Assim, nosso trabalho permitiu observar alguns fenômenos, porém apenas através de uma análise inferencial seria possível confirmar as hipóteses levantadas em nossa discussão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros de eletroestimulação utilizados foram satisfatórios para o uso na *FES-Cycling* com os indivíduos pós-AVC com sequelas de espasticidade em flexores plantares e fraqueza importante em MMII, pois foram capazes de gerar contração muscular visível e realizar o movimento cíclico durante o exercício. Os parâmetros de angulação, intensidade, e largura de pulso necessitam de ajuste individualizado, e devem ser observados durante aplicação. A estratégia antecipatória das angulações de marcação para início da eletroestimulação na *FES-Cycling* precisa ser investigada em uma amostra composta de pessoas pós-AVC, para serem observados os reais benefícios desse método e proporcionar uma melhor cadência do movimento e assim, aperfeiçoar esse exercício aeróbico para a população estudada.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, Brendon C.; STUBBS, Kimberly J.; DIXON, Warren E. Electromechanical delay during functional electrical stimulation induced cycling is a function of lower limb position. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, [S. l.], v. 0, n. 0, p. 1–6, 2021. DOI: 10.1080/17483107.2021.1878295. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17483107.2021.1878295>.
- AMBROSINI, Emilia; FERRANTE, Simona; SCHAUER, Thomas; FERRIGNO, Giancarlo; MOLTENI, Franco; PEDROCCHI, Alessandra. An automatic identification procedure to promote the use of FES-cycling training for hemiparetic patients. **Journal of Healthcare Engineering**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 275–292, 2014. ISSN: 20402309. DOI: 10.1260/2040-2295.5.3.275.
- AMBROSINI, Emilia; PARATI, Monica; PERI, Elisabetta; DE MARCHIS, Cristiano; NAVA, Claudia; PEDROCCHI, Alessandra; FERRIERO, Giorgio; FERRANTE, Simona. Changes in leg cycling muscle synergies after training augmented by functional electrical stimulation in subacute stroke survivors: a pilot study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 1–14, 2020 a. ISSN: 17430003. DOI: 10.1186/s12984-020-00662-w.
- AMBROSINI, Emilia; PERI, Elisabetta; NAVA, Claudia; LONGONI, Luca; MONTICONE, Marco; PEDROCCHI, Alessandra; FERRIERO, Giorgio; FERRANTE, Simona. A multimodal training with visual biofeedback in subacute stroke survivors: a randomized controlled trial. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, Italy, v. 56, n. 1, p. 24–33, 2020 b. ISSN: 1973-9095 (Electronic). DOI: 10.23736/S1973-9087.19.05847-7.
- BARBOSA, David; SANTOS, Cristina P.; MARTINS, Maria. The application of cycling and cycling combined with feedback in the rehabilitation of stroke patients: A review. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 253–273, 2015. ISSN: 15328511. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.09.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.09.006>.
- BAUER, Petra; KREWER, Carmen; GOLASZEWSKI, Stefan; KOENIG, Eberhard; MÜLLER, Friedemann. Functional electrical stimulation-assisted active cycling - Therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: A randomized controlled pilot study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, [S. l.], v. 96, n. 2, p. 188–196, 2015. ISSN: 1532821X. DOI: 10.1016/j.apmr.2014.09.033.
- BELLUYE, N.; CID, M. Approche biomécanique du cyclisme moderne, données de la littérature. **Science & Sports**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 71–87, 2001. ISSN: 0765-1597. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(01\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(01)00049-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0765159701000491>.
- BEYAERT, C.; VASA, R.; FRYKBERG, G. E. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. **Neurophysiologie Clinique**, [S. l.], v. 45, n. 4–5, p. 335–355, 2015. ISSN: 17697131. DOI: 10.1016/j.neucli.2015.09.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.005>.

BOHÓRQUEZ, Ingrid Johanna Rodríguez; DE SOUZA, Marcio Nogueira; PINO, Alexandre Visintainer. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. **Revista Brasileira de Engenharia Biomedica**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 153–165, 2013. ISSN: 15173151. DOI: 10.4322/rbeb.2013.012.

CARR, Janet H.; SHEPHERD, Roberta B.; ADA, Louise. Spasticity: Research Findings and Implications for Intervention. **Physiotherapy**, [S. l.], v. 81, n. 8, p. 421–429, 1995. ISSN: 00319406. DOI: 10.1016/S0031-9406(05)66716-8.

DE GROOT, G.; WELBERGEN, E.; CLUSEN, L.; CLARUS, J.; CABRI, J.; ANTONIS, J. Power, muscular work, and external forces in cycling. **Ergonomics**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 31–42, 1994. ISSN: 0014-0139. DOI: 10.1080/00140139408963620. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139408963620>.

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (HHS). **2008 Physical Activity Guidelines for Americans**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/paguide.pdf>.

DOUCET, Barbara M.; LAM, Amy; GRIFFIN, Lisa. Neuromuscular Electrical Stimulation for Skeletal Muscle Function. **Yale Journal of Biology and Medicine**, [S. l.], v. 85, n. 2, p. 201–215, 2012. ISSN: 00440086.

EMOS, Marc Christopher; AGARWAL, Sanjeev. Neuroanatomy, Upper Motor Neuron Lesion. *In*: Treasure Island (FL).

FANG, Yuqi; CHEN, Sai; WANG, Xiaojun; LEUNG, Kenry W. C.; WANG, Xin; TONG, Kai-Yu. Real-time Electromyography-driven Functional Electrical Stimulation Cycling System for Chronic Stroke Rehabilitation. **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference**, United States, v. 2018, p. 2515–2518, 2018. ISSN: 2694-0604 (Electronic). DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512747.

FONSECA, Lucas O. d.; BÓ, Antônio P. L.; GUIMARÃES, Juliana A.; GUTIERREZ, Miguel E.; FACHIN-MARTINS, Emerson. Cadence Tracking and Disturbance Rejection in Functional Electrical Stimulation Cycling for Paraplegic Subjects: A Case Study. **Artificial Organs**, [S. l.], v. 41, n. 11, p. E185–E195, 2017. ISSN: 15251594. DOI: 10.1111/aor.13055.

GONZALEZ, Hiroko; HULL, M. L. Multivariable optimization of cycling biomechanics. **Journal of Biomechanics**, [S. l.], v. 22, n. 11, p. 1151–1161, 1989. ISSN: 0021-9290. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(89\)90217-0](https://doi.org/10.1016/0021-9290(89)90217-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0021929089902170>.

GREGORY, C. M.; BICKEL, C. S. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. **Physical Therapy**, [S. l.], v. 85, n. 4, p. 358–364, 2005. Disponível em: [https://go-gale.ez11.periodicos.capes.gov.br/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT\\_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm&qtPosition=1&docId=GALE%7CA139833656&docType=Article&sort=RELEVANCE&contentSegment=ZONE-MOD1&prodId=](https://go-gale.ez11.periodicos.capes.gov.br/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=AdvancedSearchForm&qtPosition=1&docId=GALE%7CA139833656&docType=Article&sort=RELEVANCE&contentSegment=ZONE-MOD1&prodId=).

HOWLETT, Owen A.; LANNIN, Natasha A.; ADA, Louise; MCKINSTRY, Carol. **Functional electrical stimulation improves activity after stroke: A systematic review with meta-analysis.** [s.l.] : Elsevier Ltd, 2015. v. 96 ISSN: 1532821X. ISBN: 0434285773. DOI: 10.1016/j.apmr.2015.01.013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2015.01.013>.

HUNT, K. J.; STONE, B.; NEGARD, N. ...; SCHAUER, T.; FRASER, M. H.; CATHCART, A. J.; FERRARIO, C.; WARD, S. A.; GRANT, S. Control strategies for integration of electric motor assist and functional electrical stimulation in paraplegic cycling: utility for exercise testing and mobile cycling. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 89–101, 2004. ISSN: 1558-0210. DOI: 10.1109/TNSRE.2003.819955.

KAUTZ, S. A.; BROWN, D. A. Relationships between timing of muscle excitation and impaired motor performance during cyclical lower extremity movement in post-stroke hemiplegia. **Brain**, [S. l.], v. 121, n. 3, p. 515–526, 1998. ISSN: 00068950. DOI: 10.1093/brain/121.3.515.

KIM, Sung-jin; CHO, Hwi-young; KIM, You Lim; LEE, Suk-min. Effects of stationary cycling exercise on the balance and gait abilities of chronic stroke patients. **Journal of physical therapy science**, [S. l.], v. 27, n. 11, p. 3529–3531, 2015. ISSN: 0915-5287.

LO, Hsin-Chang; HSU, Yung-Chun; HSUEH, Ya-Hsin; YEH, Chun-Yu. Cycling exercise with functional electrical stimulation improves postural control in stroke patients. **Gait & Posture**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 506–510, 2012. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.11.017. Disponível em: [https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0966636211007855#bib0035](https://www.sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0966636211007855#bib0035).

MACKAY-LYONS, Marilyn et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care after Stroke: AEROBICS 2019 Update. **Physical Therapy**, [S. l.], v. 100, n. 1, p. 149–156, 2020. ISSN: 15386724. DOI: 10.1093/ptj/pzz153.

MAFFIULETTI, Nicola A. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 110, n. 2, p. 223–234, 2010. ISSN: 14396319. DOI: 10.1007/s00421-010-1502-y.

MEHRHOLZ, Jan; WAGNER, Katja; MESSINER, Daniel; GRUNDMANN, Kay; ZANGE, Christian; KOCH, Rainer; POHL, Marcus. Reliability of the modified tardieu scale and the modified ashworth scale in adult patients with severe brain injury: A comparison study. **Clinical Rehabilitation**, [S. l.], v. 19, n. 7, p. 751–759, 2005. ISSN: 02692155. DOI: 10.1191/0269215505cr889oa.

MENTIPLAY, Benjamin F.; CLARK, Ross A.; BOWER, Kelly J.; WILLIAMS, Gavin; PUA, Yong-Hao. Five times sit-to-stand following stroke: Relationship with strength and balance. **Gait & Posture**, [S. l.], v. 78, p. 35–39, 2020. ISSN: 0966-6362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.03.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636220300928>.

MONG, Yiqin; TEO, Tilda W.; NG, Shamay S. 5-Repetition Sit-to-Stand Test in Subjects With Chronic Stroke: Reliability and Validity. **Archives of Physical Medicine and**

**Rehabilitation**, [S. l.], v. 91, n. 3, p. 407–413, 2010. ISSN: 00039993. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.10.030. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2009.10.030>. PESCATELLO, Linda S. et al. **Guidelines for exercise testing and prescription**. 9. ed., [s.l: s.n.]. ISBN: 978-1-60913-605-5.

RABELO, Michelle; DE MOURA JUCÁ, Renata Viana Brigido; LIMA, Lidiane Andréa Oliveira; RESENDE-MARTINS, Henrique; BÓ, Antônio Padilha Lanari; FATTAL, Charles; AZEVEDO-COSTE, Christine; FACHIN-MARTINS, Emerson. Overview of fes-assisted cycling approaches and their benefits on functional rehabilitation and muscle atrophy. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, [S. l.], v. 1088, p. 561–583, 2018. ISSN: 22148019. ISBN: 9789811314353. DOI: 10.1007/978-981-13-1435-3\_26.

ROUSE, C. A.; DOWNEY, R. J.; GREGORY, C. M.; COUSIN, C. A.; DUENAS, V. H.; DIXON, W. E. FES Cycling in Stroke: Novel Closed-Loop Algorithm Accommodates Differences in Functional Impairments. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, [S. l.], v. 67, n. 3, p. 738–749, 2020. ISSN: 1558-2531. DOI: 10.1109/TBME.2019.2920346.

SHARIAT, Ardalan et al. The effects of cycling with and without functional electrical stimulation on lower limb dysfunction in patients post-stroke: A systematic review with meta-analysis. **NeuroRehabilitation**, [S. l.], v. 44, n. 3, p. 389–412, 2019. ISSN: 18786448. DOI: 10.3233/NRE-182671.

STEIN, Cinara; FRITSCH, Carolina G. asse.; ROBINSON, Caroline; SBRUZZI, Graciele; PLENTZ, Rodrigo D. ell. Méa. Effects of Electrical Stimulation in Spastic Muscles After Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Stroke; a journal of cerebral circulation**, [S. l.], v. 46, n. 8, p. 2197–2205, 2015. ISSN: 15244628. DOI: 10.1161/STROKEAHA.115.009633.

YELNIK, Alain P.; SIMON, Olivier; PARRATTE, Bernard; GRACIES, Jean Michel. How to clinically assess and treat muscle overactivity in spastic paresis. **Journal of Rehabilitation Medicine**, [S. l.], v. 42, n. 9, p. 801–807, 2010. ISSN: 16501977. DOI: 10.2340/16501977-0613.