

Universidade de Brasília

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM SAÚDE

DAVID LOBATO BORGES

**ELETRADIAGNÓSTICO DE ESTÍMULO NA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A
PRÁTICA DO CICLISMO ASSISTIDO POR ELETROESTIMULAÇÃO EM PESSOAS
COM LESÃO MEDULAR**

*Dissertação apresentada como exigência para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde da
Universidade de Brasília.*

*Área de Concentração: Promoção, prevenção e
intervenção em saúde.*

*Linha de Pesquisa: Saúde, Funcionalidade,
Ocupação e Cuidado.*

Orientador: Prof. Dr. Emerson Fachin Martins

BRASÍLIA

2020

**ELETRODIAGNÓSTICO DE ESTÍMULO NA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A
PRÁTICA DO CICLISMO ASSISTIDO POR ELETROESTIMULAÇÃO EM PESSOAS
COM LESÃO MEDULAR**

DAVID LOBATO BORGES

DISSERTAÇÃO APRESENTADA E AVALIADA EM: ____/____/____

NOTA: _____

Prof. Dr. Emerson Fachin-Martins

Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. João Luiz Quagliotti Durigan

Membro interno vinculado ao PPGCTS e professor da FCE/UnB

Dra. Valéria Baldassin

**Coordenadora das Áreas de Fisioterapia, Terapia Ocupacional e do setor de Bioengenharia
da Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação**

Prof. Dr. Araken dos Santos Werneck Rodrigues

Membro suplente vinculado ao PPGCTS e professor da FCE/UnB

BRASÍLIA

2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a)

Lobato Borges, David
LBorges Eletrodiagnóstico de estímulo na definição dos parâmetros
, para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação
David em pessoas com lesão medular / David Lobato Lobatoe Borges;
orientador Emerson Fachin Martins. -- Brasília, 2020
95 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências e
Tecnologias em Saúde) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. traumatismos da medula espinhal. 2. eletrodiagnóstico.
3. estimulação elétrica. I. Fachin Martins, Emerson,
orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

A minha família que sempre me apoia nos projetos de vida.

A todas as pessoas com deficiência que, apesar de todas as barreiras, frequentemente nos surpreendem com superação e resiliência.

Aos profissionais que trabalham para que novas tecnologias auxiliem na inclusão e melhor qualidade de vida para pessoas com deficiência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço todas as pessoas que de alguma forma tornaram esse trabalho possível. Em especial, à minha família, pelo amor, paciência e a compreensão pelos momentos de ausência.

Ao Prof. Dr. Emerson Fachin Martins, orientador, que nessa palavra não cabe a dimensão da paciência, empenho, disponibilidade, experiência, respeito e dedicação dispensada a mim e a esse projeto. Saiba que serei sempre grato pela oportunidade de crescimento acadêmico e pessoal.

Aos voluntários que confiaram no projeto de pesquisa, bem como ao colega de trabalho Bruno Flamarion dos Santos pela parceria.

Aos membros do time FESTECC que colaboraram nas coletas e aprimoramento do triciclo.

À Associação CETEFE, nas pessoas do Prof. Dr. Ulisses Araújo, Natália Araújo, Márcia Benetti e a todos os colaboradores dessa casa que sempre me acolheram.

Agradeço os colegas da Faculdade de Educação Física – FEF – que viabilizaram as coletas com o DEXA, nas pessoas do Prof. Dr. Martim Bottaro e Prof. Dr. Ricardo Moreno. À Prof. Dra. Andréa Cristina dos Santos, pela colaboração da equipe do Laboratório Aberto de Brasília em momentos de pane do sistema.

À equipe do Departamento de Engenharia Elétrica e Laboratório de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Minas Gerais, nas pessoas do Prof. Dr. Henrique Resende Martins, Ms. Tiago Coelho Magalhães. Bem como a empresa

À empresa Visuri pela parceria no desenvolvimento tecnológico de dispositivos diagnósticos e no amadurecimento tecnológico da tricicleta, nas pessoas do Sr. Bruno Avelar, Angelo Freitas, William Azevedo e Paulo Eugênio Silva.

Aos colegas líderes do Núcleo de Tecnologia Assistiva, Acessibilidade e Inovação da Universidade de Brasília – Susane Paz, Danielle Brasil, Marcia Maciel, Andressa Palmeira e Paulo Henrique Barbosa.

À equipe associada CACAO, na pessoa da pesquisadora Dra. Christine Azevedo Coste, do médico-pesquisador Dr. Charles Fattal, do estudante de pós-doutorado Dr. Martin Schmoll e dos engenheiros Benoît Sijobert, Ronan Le Guilou.

Agradeço ao Governo do Distrito Federal que, por meio da Secretaria de Estado de Educação, me concedeu o Afastamento Remunerado para Estudos, sem ao qual seria impossível manter a dedicação necessária à pesquisa com a qualidade que foi feita.

Agradeço às agências de fomento brasileiras: Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Governo Francês, por meio do *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique* (INRIA) pelo apoio financeiro que possibilitou o trabalho internacional colaborativo.

Agradeço o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) que tem sido o grande parceiro a viabilizar a consolidação do Núcleo de Tecnologia Assistiva, Acessibilidade e Inovação da Universidade de Brasília desde 2011.

BORGES, D.L. Eletrodiagnóstico de estímulo na definição dos parâmetros para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação em pessoas com lesão medular. 95f. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde (PPGCTS), Faculdade de Ceilândia (FCE), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2020.

RESUMO

Introdução: A Estimulação Elétrica Funcional (FES, do inglês, *Functional Electrical Stimulation*) representa estratégia no processo de reabilitação cuja meta inclui acionar músculos paralisados ou enfraquecidos pela Lesão Medular em tarefas específicas. Dentre as tarefas recentemente exploradas, o ciclismo assistido por eletroestimulação ganhou notoriedade mundial e o refinamento dos requisitos para a prática, bem como a dosimetria para eletroestimulação dependem da responsividade do músculo paralisado cuja inervação periférica continua preservada, o que supomos poder ser mais bem definidos por informações fornecidas pelo teste de eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo.

Objetivo: Verificar o comportamento dos parâmetros de responsividade à eletroestimulação fornecidos pelo eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo em uma série de casos de pessoas com lesão medular candidatas à iniciar treinamento para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação, buscando associações e indícios que permitam se formular hipóteses acerca da dosimetria ideal para estimulação, bem como estabelecer critérios apropriados para eleger praticantes.

Métodos: Delineamos um estudo observacional do tipo transversal em série de casos que aconteceu subsequente ao recrutamento de 14 indivíduos com lesão medular traumática, candidatos a participar de programa de ciclismo assistido por eletroestimulação. Ao final, uma amostra representativa de 7 casos foi testada para se obter valores de reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação, explorados em modelo preditivo do nível de força muscular avaliado conforme recomendação da *Medical Research Council* e caracterizado por outras variáveis independentes e de interesse para se estabelecer requisitos para prática (condição e estado de saúde) bem como para a dosimetria (características da contração resultante da estimulação). Estatística descritiva e analítica paramétrica e não-paramétrica, bem como poder estatístico foram o processamento de base para inferências dada a natureza do delineamento em série de casos. **Resultados:** A acomodação apresentou tendência a se correlacionar com a intensidade de corrente nos níveis 1 (Reto femoral esquerdo e vasto lateral direito), 2 (reto femoral esquerdo) e 3 (reto femoral esquerdo e vasto lateral esquerdo) e mostrou correlação significativa com os níveis 1 (vasto medial direito) e 2 (reto femoral direito e vasto lateral esquerdo). A reobase apresentou tendência a se correlacionar com a intensidade de corrente nos níveis 2 (vasto lateral esquerdo e vasto medial esquerdo) e 3 (vasto medial esquerdo), revelando uma prevalência de correlação no músculo quadríceps esquerdo (63,63%). **Conclusão:** A acomodação mostrou ser um candidato a fator preditivo de intensidade de corrente para promover contração muscular de quadríceps femoral em pessoas com lesão medular traumática responsivas ao eletrodiagnóstico de estímulo e elemento formador da dosimetria inicial a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação.

Palavras-chave: traumatismos da medula espinhal, eletrodiagnóstico, estimulação elétrica

BORGES, D.L. Stimulus Electrodiagnosis in the definition of the parameters for the practice of electrostimulation assisted cycling in people with spinal cord injury. 95f. (Master). Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde (PPGCTS), Faculdade de Ceilândia (FCE), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brazil, 2020.

ABSTRACT

Introduction: Functional Electrical Stimulation (FES) represents a rehabilitation process strategy whose goal includes triggering muscles paralyzed or weakened by spinal cord injury in specific tasks. Among the tasks recently explored, electrostimulation-assisted cycling has gained worldwide notoriety and the refinement of the requirements for practice, as well as dosimetry for electrostimulation depends on the paralyzed muscle's responsiveness whose peripheral innervation remains preserved, which we assume may be better defined by information provided by the noninvasive stimulus electrodiagnosis test. **Objective:** To monitor the electrostimulation responsiveness parameters behavior provided by electrodiagnosis with spinal cord injury people in series of cases which are candidates to start the practice of electrostimulation-assisted cycling, seeking associations and indications that allow to formulate eligibility and dosimetry hypotheses. **Methods:** We designed an observational cross-sectional study in a series of cases that occurred following the recruitment of 14 individuals with traumatic spinal cord injury, candidates to participate in an assisted electrostimulation cycling program. At the end, a representative sample of 7 cases was tested to obtain rheobase, chronaxie, accommodation and accommodation index values, explored in a predictive assessed muscle strength level model, as recommended by the Medical Research Council and characterized by other independent variables of interest to establish requirements for practice (condition and health status) as well as for dosimetry (stimulation resulting contraction characteristics). Descriptive and parametric and non-parametric analytical statistics, as well as statistical power were the basic processing for inferences given the case series design nature. **Results:** The accommodation tended to correlate with current intensity at levels 1 (left rectus femoris and right vastus lateralis), 2 (left rectus femoris) and 3 (left rectus femoris and left vastus lateralis) and showed correlation levels 1 (right vastus medialis) and 2 (right rectus femoris and left vastus lateralis). The rheobase tended to correlate with current intensity at levels 2 (left vastus lateralis and left vastus medialis) and 3 (left vastus medialis), revealing a prevalence of correlation in the left quadriceps muscle (63.63%). Furthermore, the evaluation of the lesion's level, associated with the noninvasive electrodiagnosis stimulus test, can infer about electrostimulation neuromuscular responsiveness. **Conclusion:** The accommodation proved to be a predictive factor candidate of current intensity to promote femoral quadriceps muscle contraction in people with traumatic spinal cord injury responsive to the electrodiagnosis stimulus and the formative element of initial dosimetry to the electrostimulation assisted cycling practice.

Keywords: spinal cord injuries, electrodiagnosis, electric stimulation,

RELAÇÃO DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Fotografia do piloto <i>Jérôme Parent</i> , da equipe franco-brasileira <i>FreeWheels</i> , na final da competição de ciclismo assistido por eletroestimulação. <i>Cyathlon®</i> , 2016, Zurique, Suíça. Créditos: Geschützt.	1
Figura 2. Fluxograma da sequência de procedimentos de levantamento do público-alvo que revela os mecanismos empregados para o recrutamento inicial de 14 pessoas com lesão medular traumática, com mais de 16 anos que iniciaram a pesquisa.	21
Figura 3. Figura ilustrativa dos equipamentos utilizados no eletrodiagnóstico de estímulo não-invasivo. (A) Eletrodo do tipo caneta, (B) Eletrodo de referência envolto em material de fibra vegetal, (C) Cabo universal com pontas pino tipo banana e conector do tipo P2, (D) Eletroestimulador Dualpex modelo 071- Quark Medical LTDA, Brasil.	24
Figura 4. Fotografia ilustrando o posicionamento dos eletrodos de contato para o teste de força de quadríceps.	25
Figura 5. Fotografia ilustrando o momento de contração muscular evocada por eletroestimulação durante teste de força de quadríceps.	27
Figura 6. Fluxograma ilustrativo da sequência linear para formação da amostra para um ensaio clínico futuro e distinto do presente estudo. As quatro etapas da amostragem mostram os participantes que permaneceram (representantes em preto) e os que foram eliminados (cinza) tanto pelos critérios de elegibilidade (etapa de recrutamento), quanto por motivos diversos (etapas de eletrodiagnóstico e contração evocada) até formar a amostra. Para análise qualitativa referencial, um participante eliminado refez o exame de Absorciometria de Energia Dupla de Raio X (DEXA).	30
Figura 7. Distribuição demográfica no Distrito Federal e Entorno do participantes recrutados (A) e amostrados (B). A variação de cor indica menores e maiores concentrações (no máximo 3 participantes de um mesmo local) para os recrutados (N = 14) e amostrados (n = 5). O pontilhado no mapa delimita o Distrito Federal do Entorno (Goiás).	32

- Figura 8.** Figura ilustrativa da coluna vertebral e medula espinhal em corte sagital que detalham por elementos visuais a condição de saúde objeto desse estudo: paraplegia e tetraplegia. A amostra composta por cinco participantes (P1, P2, P3, P4 e P5) cujas zonas de preservação (seta cinza com sentido para baixo), de preservação parcial (linha preta pontilhada vertical) e perda (seta preta com sentido para baixo) foram indicadas à esquerda da figura, indicam em qual nível medular cervical (C1 a C8), torácico (T1 a T12), lombar (L1 a L5) e sacral (S1 a S5), sendo o nível coccígeo não indicado na figura. Por meio de legendas a esquerda da figura, foram indicados a porcentagem na amostra que reflete a completude da lesão classificada na AIS (*Asia Impairment Scale*) e a natureza etiológica da lesão. **36**
- Figura 9.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. **40**
- Figura 10.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. **41**
- Figura 11.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. **42**
- Figura 12.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. **43**
- Figura 13.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. **45**
- Figura 14.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. **46**

- Figura 15.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. **47**
- Figura 16.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. **48**
- Figura 17.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. **50**
- Figura 18.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. **51**
- Figura 19.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. **52**
- Figura 20.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. **53**
- Figura 21.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. **55**
- Figura 22.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. **56**

- Figura 23.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. **57**
- Figura 24.** Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. **58**
- Figura 25** Infográfico indicativo dos parâmetros eletrodiagnósticos candidatos a preditores de níveis de contração eletricamente evocada. Os quadros com bordas contínuas ou descontínuas indicam respectivamente correlações significativas ou tendências a correlação para os valores de reobase (Reo) e acomodação (Aco) nos quatro níveis de contração eletricamente evocadas. A figura no canto superior esquerdo possui as legendas dos músculos (RF – Reto Femoral; VL – Vasto Lateral; e VM – Vasto Medial), bem como as legendas referentes aos quadríceps direito (D) e esquerdo (E). **70**
- Figura 26** Quadro ilustrativo comparando o estudo atual e o estudo de Guimarães (53). **72**

RELAÇÃO DE TABELAS

Título	Página
Tabela 1. Caracterização do da amostra organizada conforme preconizado na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde.	34
Tabela 2. Caracterização dos parâmetros eletrodiagnósticos para os participantes da etapa de contração evocada (n=7) para os músculos no quadríceps femoral bilateralmente evocados (direito e esquerdo).	38

RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVEATURAS

Sigla/ Abreviatura	Descrição
µs	Microsegundo
ASIA	American Spinal Cord Injury Association
CARE	CAse REport Statement and Checklist
CETEFE	Associação de Centro de Treinamento de Educação Física Especial, Brasília – DF
CID	Código Internacional de Doenças
CIF	Classificação Internacional da Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
Cm	Centímetro
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento do Distrito Federal
CV	Coeficiente de variação
DEXA	Exame de Absorciometria de Energia Dupla de Raio X
DMO	Densidade Mineral Óssea
DP	Desvio Padrão
ECG	Eletrocardiografia
EMG	Eletromiografia
FES	Estimulação Elétrica Funcional, do inglês, <i>Functional Electrical Stimulation</i>
G	Gramma
Hz	Hertz
IMC	Índice de massa corpórea
Kg	Quilograma
LM	Lesão Medular
M	Metro
mA	Miliampere
Max	Máximo
Min	Mínimo
MRC	Escala de Avaliação de Força Muscular do <i>Medical Research Council</i>
Ms	Milisegundo
NMES	Eletroestimulação Neuromuscular
OMS	Organização Mundial de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TEDE	Teste de Eletrodiagnóstico de Estímulo
TIDieR	Template for Intervention Description and Replication
T-Score	Desvios padrão em relação à média para mulheres jovens brancas saudáveis, segundo a Organização Mundial de Saúde

RELAÇÃO DE ANEXOS

Numeração	Página
ANEXO 01 Aprovação do Comitê de Ética	79
ANEXO 02 Aprovação do comitê de Ética	80
ANEXO 03 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	88
ANEXO 04 Certificado de Registro de Programa de Computador – Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) - Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados	90
ANEXO 05 Termo de Autorização para Utilização de Imagem e Som de Voz para fins de pesquisa.	92
ANEXO 06 Fichas de Classificação Neurológica da Medula Espinhal segundo a <i>ASIA IMPAIRMENT SCALE</i>	93

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1. Reflexões sobre saúde.....	6
3.2. Estado de saúde da pessoa com lesão medular.....	9
3.3. Eletroestimulação para pessoa com lesão medular	13
4. MÉTODO.....	19
4.1. População-alvo, recrutamento e amostragem.....	20
4.2. Mensuração das variáveis de interesse.....	22
4.3. Protocolo de eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo.....	23
4.4. Teste de força de quadríceps (Etapa de Contração Evocada)	25
4.5. Organização, processamento e análise estatística dos dados.....	27
5. RESULTADOS.....	30
5.1. Adesão ao recrutamento	30
5.2. Procedência dos Participantes	31
5.3. Estado de saúde no comparativo entre recrutados e amostrados.....	33
5.4. Condição de saúde da amostra dos elegíveis para a intervenção	35
5.5. Responsividade e contração evocada.....	37
5.6. Modelos preditivos para contração evocada nível 1.....	39
5.7. Modelos preditivos para contração evocada nível 2	44
5.8. Modelos preditivos para contração evocada nível 3	49
5.9. Modelos preditivos para contração evocada nível 4	54
6. DISCUSSÃO.....	59
6.1. Adesão, Procedência e características dos participantes.....	59
6.2. Participantes aptos a praticar o ciclismo assistido por eletroestimulação.....	65
6.3. Responsividade à eletroestimulação e distúrbios da excitabilidade neuromuscular dos participantes.....	66
6.4. Associações entre parâmetros eletrodiagnósticos e contração eletricamente evocada.....	68
6.5. Perspectivas e considerações para dosimetria e requisitos para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação	71
7. CONCLUSÃO.....	72
8. REFERÊNCIAS	73
ANEXOS.....	79

1. INTRODUÇÃO

Desde que o ciclismo assistido por eletroestimulação passou a configurar modalidade competitiva no *Cyathlon*® 2016 – uma espécie de Jogos Olímpicos biônicos onde pessoas com deficiência competem entre si testando o estado da arte tecnológico (1) – podemos acompanhar um aumento na produção científica a respeito do ciclismo assistido por eletroestimulação, notadamente relatando avanços que contribuem para maturidade e prontidão do controle e automação envolvidos na tecnologia (2,3), mas também algumas evidências obtidas durante a preparação dos pilotos e equipes para a competição (4–10).

Motivados, em particular, pelo ciclismo assistido por eletroestimulação, modalidade em que compomos a equipe franco-brasileira *FreeWheels* (Figura 1), compreendemos que o presente estudo contribuirá para impulsionar a prática que tem potencial não só esportivo, mas também profilático e terapêutico ao passo que promove o recrutamento artificial porém ativo de músculos paralisados, avançando as fronteiras da ciência para uma melhor aplicação de interfaces homem-máquina que contribui para se eliminar barreiras em um mundo deficiente que atribui para a pessoa tal deficiência.



Figura 1. Fotografia do piloto *Jérôme Parent*, da equipe franco-brasileira *FreeWheels*, na final da competição de ciclismo assistido por eletroestimulação. *Cyathlon*®, 2016, Zurique, Suíça. Créditos: Geschützt.

Mesmo antes ao *Cyathlon*®, evidências apontavam para vários benefícios que o ciclismo e o remo assistido por eletroestimulação poderiam proporcionar às pessoas com lesão medular. Dentre os benefícios para saúde, podemos relatar a modulação da espasticidade, a contribuição para manutenção e ganhos no trofismo muscular alterado, a prevenção de lesões por pressão, a manutenção e melhora da densidade mineral óssea, o aumento da resistência à fadiga muscular, aprimoramento de força gerada por recrutamento elétrico dos músculos paralisados, bem como o controle do peso e do condicionamento cardiorrespiratório (11–18).

Porém, além dos benefícios associados à prática do ciclismo assistido por eletroestimulação, em determinadas situações, a contração eletricamente evocada pode ser danosa, principalmente pela ausência de parâmetros que indiquem a dosimetria e as características do protocolo que permitam se traçar limites de segurança. A depender do volume e intensidade da prática, as sobrecargas e forças geradas para uma população de usuários cuja percepção ao esforço e qualidade óssea encontram-se alteradas, pode ocasionar efeitos indesejáveis.

Por exemplo, existem relatos de aumento de episódios espasmódicos e intensidade de espasticidade, bem como fratura de patela (8,19), decorrente da sobrecarga de treinamentos aplicando o ciclismo assistido por eletroestimulação em triciclos. Apesar das causas dos efeitos adversos, no caso exemplado, não terem sido identificadas, os autores discutem a possibilidade da combinação de altos volumes e intensidades de treinamento (*overtraining*) terem culminado em plasticidade neural mal adaptativa que deu lugar a um possível controle da espasticidade que se observava no início do treinamento (19).

O apanhado de evidências disponíveis permite depreender que a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação pode gerar muitos benefícios a saúde da pessoa com lesão medular, porém urge se identificar parâmetros que estabeleçam limites de segurança que previnam os efeitos adversos e sobrecargas, em protocolos cujos parâmetros de eletroestimulação sejam mais controlados em uma periodização de treinamento adequada às individualidades e aspirações de cada participante.

Foi a partir da ideia de controle e segurança no treinamento de ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular que nos propusemos a estudar o estado de saúde desse público durante as fases que antecederam a prática em si, em

especial com um olhar ampliado para os componentes ligados a estrutura e função do corpo quanto a qualidade óssea e responsividade à eletroestimulação (eletrofisiologia), buscando estabelecer estratégias para se definir parâmetros seguros para o início da prática do ciclismo assistido por eletroestimulação.

Nossa hipótese é que o eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo, por meio dos parâmetros de reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação, permitiria se definir a dosimetria ideal para o ciclismo assistido por eletroestimulação, mitigando possíveis diagnósticos falso-negativos de não responsividade à contração evocada por correntes elétricas (8), bem como estabelecendo associações que poderiam contribuir para se prever a intensidade de corrente elétrica necessária para evocar contrações musculares de diferentes intensidades.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Verificar o comportamento dos parâmetros de responsividade à eletroestimulação, em quadríceps, fornecidos pelo eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo em uma série de casos de pessoas com lesão medular candidatas à iniciar treinamento para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação, buscando associações e indícios que permitam se formular hipóteses acerca da dosimetria ideal para estimulação, bem como estabelecer critérios apropriados para eleger praticantes.

2.2. Objetivos específicos

- I. Verificar adesão e mapear a procedência dos participantes interessados e aptos a praticar ciclismo assistido por eletroestimulação no Distrito Federal e entorno;
- II. Explorar o estado de saúde com foco na qualidade óssea de recrutados e amostrados aptos a praticar o ciclismo assistido por eletroestimulação;
- III. Organizar informações sobre a causa e nível de lesão, bem como o nível neurológico instalado após lesão, que sinalize características da condição de saúde de candidatos elegíveis para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação;
- IV. Explorar a responsividade bilateral à eletroestimulação de músculos do quadríceps, buscando sinais de deficiência eletricamente detectáveis pelo eletrodiagnóstico na função nervosa periférica; e
- V. Investigar associações entre variáveis obtidas no eletrodiagnóstico e as intensidades de corrente dispendida para produzir diferentes níveis de contração muscular evocada por corrente elétrica nos quadríceps.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Embora a promoção de saúde esteja popularmente associada à prática de esportes, isso nunca foi totalmente verdade. A prática de esporte possui um alto potencial benéfico sim, porém, por envolver superação que pode transpor limites da estrutura e função corporal, sempre infere em exposição à riscos que podem inclusive serem fatais. Historicamente temos vários exemplos famosos que corroboram com tal reflexão.

O *Tour de France*, prova de ciclismo centenária que anualmente durante três semanas varre o território francês em seus mais diferentes relevos, protagonizou em 1967 um evento trágico da superação esportiva levada ao extremo, quando o ciclista inglês Thomas Simpson em uma etapa montanhosa veio a óbito (20). A combinação de esforço físico extremo, anfetaminas, álcool, desidratação e calor culminaram com uma parada cardíaca a poucos quilômetros do topo da subida mais difícil do dia. Em outro exemplo de esforço levado ao extremo, em 2006, o escalador brasileiro Vitor Negrete perdeu a vida em uma tentativa de atingir o topo do *Everest*, no Nepal. De fato, Negrete chegou ao ponto mais alto do mundo sem o auxílio de oxigênio extra, algo inédito no alpinismo brasileiro, porém na descida sucumbiu ao desgaste físico, hipotermia e ao ar rarefeito (21). Em 2013, a nadadora inglesa Susan Taylor faleceu tentando cruzar as gélidas águas do Canal da Mancha. Após quinze horas imersa a cerca de quinze graus, e restando apenas um quilômetro e meio para chegar na França, a atleta começou a se sentir mal e foi retirada da água pelo barco de apoio que a acompanhava, e apesar do pronto atendimento não resistiu ao esforço extremo e a hipotermia (22). Como se nota nos relatos, a associação do esporte a saúde precisa ser ponderada a medida em que sua prática pode levar a situações extremas que colocam em risco a própria vida.

Como o conceito de saúde proposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS) sofreu modificações ao longo da História da Humanidade, ao ponto de propor um modelo que ultrapassa as análises centradas na estrutura e função do corpo, ao se analisar benefícios e inconvenientes da prática de uma modalidade esportiva, sobretudo uma modalidade inovadora tecnologicamente, julgamos necessário refletir saúde segundo a lógica biopsicossocial que referencia teoricamente tanto os pressupostos da nossa hipótese quanto as discussões dos nossos resultados.

Assim, intencionamos familiarizar o leitor com conceitos atuais sobre saúde, condição de saúde e estado de saúde em termos gerais, porém direcionados para as peculiaridades da pessoa com deficiência adquirida em decorrência do traumatismo raquimedular. Em seguida, apresentamos evidências recentes acerca da aplicação da eletroestimulação no estado de saúde definido pela lesão medular, dando ênfase ao eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo e ao ciclismo assistido por eletroestimulação.

3.1. Reflexões sobre Saúde

Em 2001, em um momento de afirmação do modelo Biopsicossocial na atenção à saúde, surge a Classificação Internacional da Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) (23). Estabelecida em quatro componentes principais definidos pela estrutura que considera as partes anatômicas do corpo, tais como, órgãos, membros e seus componentes; pela a função do corpo, representada pelo funcionamento dos sistemas orgânicos, incluindo as funções psicológicas; pela a atividade (execução de uma tarefa ou ação por um indivíduo) e a participação (envolvimento de um indivíduo numa situação da vida real); bem como pelos fatores contextuais tanto ambientais quanto pessoais(23) .

A partir de então, a saúde, anteriormente referenciada pela ausência de doença, passa a ser determinada pelo balanço entre os elementos que integram os componentes acima que poderiam contribuir ou comprometer o estado de saúde de um indivíduo ou mesmo de populações (24). Na transição do modelo biomédico para o biopsicossocial, o determinante de saúde que era a ausência de um componente patológico claramente comprometedor, passa a ser a resultante da interação de elementos nos quatro componentes supracitados que, via de regra podem influenciar positivamente (contribuir) ou negativamente (comprometer) (23).

Para exemplificarmos tal visão já para a população-alvo do presente estudo, imaginemos a estrutura e o funcionamento da medula espinal não traumatizada, no caso em questão, o segmento medular no quinto nível cervical (C5) e seu fluxo de informação aferente entre a periferia do corpo (propriocepção e interocepção) e ambiente (exterocepção) com os centros nervosos que processam tal informação. No sentido inverso, teríamos o fluxo eferente desses centros nervosos influenciando processos cognitivos e órgãos efetores de ação voluntária ou automatizada (25).

Para uma pessoa com a medula espinhal íntegra e eficiente em funcionamento, partindo do pressuposto que todas as demais estruturas também estão em pleno funcionamento, poderíamos supor que as atividades de aprendizagem e aplicação de conhecimento, tarefas e exigências gerais, comunicação, mobilidade, auto cuidado, vida doméstica, interações e relacionamento interpessoais, atividades humanas nas áreas principais da vida (educação, trabalho e emprego, vida econômica e outras), bem como a interação na vida comunitária, social e cívica seriam representadas por atividade ilimitada e participação irrestrita. Ainda, entre os fatores contextuais que tal pessoa está exposta, tanto o ambiente quanto suas características pessoais não implicaram qualquer obstáculo, pelo contrário, favorecendo tanto o funcionamento da estrutura biológica, quanto as atividades e participação psicossocialmente amparadas (23).

O exemplo descrito, seria o que a Organização Mundial de Saúde descreve como saúde (26):

A saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste apenas na ausência de doença ou de enfermidade.

Entretanto, conseguiríamos encontrar uma pessoa, no mundo real, nesse estado de completo bem-estar em amplo aspecto? Se para essa pessoa, checássemos cada código da CIF em todos os capítulos que descrevem os componentes da estrutura e função do corpo, da atividade e participação, bem como dos fatores ambientais, certamente encontraríamos alguns códigos que não seriam qualificados com a indicação .0, indicativa de funcionalidade. Certamente haverá algum ou muitos códigos cujo qualificador adequado seria .1, .2, .3 ou .4. Isso significa que, mesmo uma pessoa com estado de saúde compatível com uma qualidade de vida boa, no mundo real, teria em algum determinante, para algum componente do estado de saúde, deficiência de alguma estrutura ou função, limitação de alguma atividade humana, restrição na participação de algum contexto ou obstáculo em algum fator ambiental que, no balanço entre o que contribui (funcionalidade) e o que compromete (incapacidade), ainda predominaria um estado de saúde próximo do conceito de saúde (27).

A reflexão que estamos induzindo com nosso exemplo, nos permite afirmar que o conceito de saúde é apropriado, porém ele é referencial (ideal) e não real. O conceito que seria real é o que definisse como estado de saúde que, para o exemplo citado, estaria muito próximo da referência conceitual de saúde(27) .

Estabelecidos tais pressupostos, o modelo biopsicossocial referencia, na própria CIF, dois conceitos distintos da definição de saúde. São eles os conceitos de condição de saúde (a condição manifestada por uma pessoa com uma doença ou perturbação de origem biológica) e o conceito de estado de saúde (o quão próximo do completo bem-estar em amplo aspecto se encontra um indivíduo) (28) .

Conforme depreendido da própria CIF, seria a condição de saúde (23):

Condição de saúde é um termo genérico ("chapéu") para doenças (agudas ou crônicas), perturbações, lesões ou traumatismos. Uma condição de saúde pode incluir também outras circunstâncias como gravidez, envelhecimento, estresse, anomalia congênita, ou predisposição genética. As condições de saúde são codificadas usando a CID-10.

Interessante notar que a CIF proporciona metas de intervenção biopsicossociais para promover saúde nos domínios dos componentes supracitados, para se alcançar um estado de saúde compatível com qualidade de vida, ainda que tal estado de saúde não seja o completo bem-estar em amplo aspecto, visto que o estado de completo bem-estar seria ideal e não real(27) .

Por fim, convém referenciar teoricamente o conceito de qualidade de vida que não significa simplesmente ter um estado de saúde próximo do referencial de saúde, pois o conceito OMS de qualidade de vida inclui um fator crucial para diferenciar bom estado de saúde de qualidade de vida. O diferencial é justamente a percepção que o indivíduo tem do seu próprio estado de saúde (29).

Atente ao conceito OMS de qualidade de vida transcrito a seguir (30):

Qualidade de vida é a percepção do indivíduo de sua inserção na vida, no contexto da cultura e sistemas de valores nos quais ele vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações. Envolve o bem estar espiritual, físico, mental, psicológico e emocional, além de relacionamentos sociais, como família e amigos e, também, saúde, educação, habitação saneamento básico e outras circunstâncias da vida.

Para a população-alvo do presente estudo, a evolução dos conceitos em torno da saúde humana, proporcionados pelo modelo biopsicossocial que organizou a taxonomia dos códigos na CIF, permite se ampliar a descrição de saúde para pessoas com deficiência que podem perceber sua qualidade de vida como boa, ainda que o estado de saúde esteja comprometido pela condição de saúde definida na Lesão Medular. No caso da população-alvo participante do estudo, uma perturbação do estado de saúde foi gerada pela condição de saúde definida pelo traumatismo raquimedular em nível cervical (código CID-10 S14) ou inferiores (código CID-10 S24 e S34), gerando respectivamente condições de tetraplegia ou paraplegia (25).

Em um contexto ampliado de determinantes do estado de saúde para além da estrutura e função corporal afetados, apesar do impacto biológico da Lesão Medular, a pessoa com essa condição de saúde possui a seu favor um potencial de intercâmbio com determinantes nos componentes da atividade e participação, fortemente influenciados por facilitadores e obstáculos contextuais no ambiente e na sua própria personalidade que suavizam as deficiências impostas pela Lesão Medular, gerando um estado de saúde favorável para funcionalidade (27). Assim, na próxima seção, abordaremos esse estado de saúde na perspectiva da pessoa com lesão medular.

3.2. Estado de saúde de pessoas com Lesão Medular

A medula espinhal íntegra representa um órgão que forma uma massa cilindroide de tecido nervoso situada dentro do canal vertebral. Cranialmente, a medula se limita com a porção inferior do bulbo, enquanto seu limite caudal alcança o canal vertebral na altura da primeira ou segunda vértebra lombar abreviado por L1 e L2 (31). Quando tal estrutura

sofre dano de elementos neurais em algum nível, a interrupção da condução de informação neural ascendente e descendente que modula a comunicação das estruturas neurais periféricas com as sedes de processamento superiores resulta em diversos graus de comprometimentos sensório-motores e autonômicos. As manifestações neurológicas ao longo do eixo corporal podem ser temporárias ou permanentes, completas ou incompletas (32).

Segundo o centro de referência em estatística para pessoas com lesão medular dos Estados Unidos, a *National Spinal Cord Injury Statistic Center*, no relatório anual de 2020 que analisou dados até 2019, a incidência de lesão medular foi de 54 casos por um milhão de pessoas nos Estados Unidos, sendo 17.810 novos casos por ano, com prevalência estimada de 294.000 pessoas (33). Esse relatório ainda aponta que a idade da pessoa no momento da lesão se modificou de 29 anos, conforme constatado nos anos setenta, para 43 anos atualmente, informando também que, desde 2015, a maioria dos novos casos são de pessoas do sexo masculino (78% dos casos) e a principal causa da lesão foi o acidente veicular, representando 38,6% dos casos (33).

No Brasil, o Ministério da Saúde, na publicação das Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular de 2015 (34) trouxe uma incidência de 40 casos/ano/milhão de habitantes, ou seja, cerca de 6 a 8 mil casos novos por ano, sendo 80% homens, 60% com idade variando entre 10 e 30 anos, com 80% dos casos decorrentes de lesão não-traumática. Em 2018, Barbeta *et al*, em um estudo transversal retrospectivo que investigou seis unidades hospitalares da Rede Sarah de Hospitais, em diferentes capitais, traçou um perfil epidemiológico de 2076 pessoas com lesão medular no país (35). Essa pesquisa mostrou que 83% pertenciam ao sexo masculino, com idade média de 31 anos no momento da lesão medular, 40% com escolaridade inferior ao ensino fundamental, 66,7% com nível de lesão que definia uma paraplegia e 74,4% com lesão de secção completa da medula espinhal. As causas primárias foram a lesão por arma de fogo com 28,4%, acidentes envolvendo motocicletas com 24,6% e acidentes com automóveis representando 19,1% (35).

De acordo com a *American Spinal Injury Association (ASIA)*, a lesão medular pode ser classificada como tetraplegia e paraplegia (36), a depender do segmento afetado ao longo da medula espinhal. A tetraplegia se caracteriza pelo prejuízo ou perda da função motora e/ou sensorial devido à danos nos elementos neuronais nos segmentos acima de

T2 na medula espinhal, afetando portanto o plexo braquial (raízes de C5 a T1) ou o plexo cervical (raízes de C1 a C4), o que resulta em comprometimento da função sensório-motora de segmentos medulares que fornecem a inervação dos membros superiores, tronco, membros inferiores e órgãos pélvicos. Já a paraplegia se remete às mesmas alterações da tetraplegia, porém dos segmentos torácicos, lombares ou sacrais do canal medular (abaixo do nível T1), não afetando, portanto, o plexo braquial o que permite a manutenção das funções nos membros superiores. A depender do nível afetado na paraplegia, o quadro sintomático pode envolver o tronco, membros inferiores e órgãos pélvicos (36).

Além da classificação do nível da lesão medular em paraplegia e tetraplegia, um mapeamento do nível neurológico mais caudal com atividade motora e sensitiva preservada (36) permite se definir o nível neurológico gerado pela lesão que, juntamente com a avaliação da completude da lesão no segmento transversal da medula, nos possibilita delimitar uma zona de preservação parcial que pode ser identificada entre a zona de perda (abaixo do nível da lesão) e a zona de preservação (acima do nível da lesão) (36). Esse exame neurológico deve ser realizado segundo protocolo da ASIA, quando examinamos a força motora, sensibilidade e reflexos remanescentes (34), por meio da *International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury Worksheet – ASIA* (37).

Além da perda de contração voluntária dos músculos, disfunções autonômicas e sensoriais, as alterações da composição corporal da pessoa com lesão medular podem gerar complicações identificáveis em outros determinantes do estado de saúde (34). Indivíduos com lesão medular correm o risco, ao longo da vida, de desenvolver obesidade e distúrbios metabólicos crônicos, incluindo resistência à insulina e dislipidemia. Após algumas semanas da lesão, há um declínio significativo na massa magra, particularmente na massa muscular esquelética dos membros inferiores e subsequente aumento na massa gorda (38). Assim, a participação em contextos que permitam a adoção de exercícios físicos ou práticas esportivas adaptadas em alinhamento com um programa dietético representa recomendação que pode ser um aliado no controle do peso, manutenção das taxas metabólicas em níveis desejáveis, diminuição do risco associado a problemas cardíacos e melhora na qualidade de vida (39–46).

Outro risco à saúde associado a lesão medular surge pela diminuição da densidade mineral óssea (DMO), devido à instalação do quadro de osteopenia com consequente

evolução para osteoporose, o que resulta em maior risco de fraturas (34). A *International Society for Clinical Densitometry*, em recente revisão, coloca que apesar da diminuição da DMO, geralmente, nenhuma alteração significativa na região lombar foi identificada em estudos longitudinais acompanhando a qualidade óssea de pessoas com lesão medular na comparação com a pessoas sem lesão. Também não foram encontradas alterações significativas da DMO, após lesão medular, no antebraço, sendo que esses segmentos ósseos podem até ter valores mais altos que o normalmente observados em pessoas sem lesão, como, por exemplo, no caso de atletas de basquete em cadeira de rodas (47,48).

Embora evidências favoráveis possam tranquilizar as pessoas com lesão medular, pesquisadores também relatam acentuada perda de DMO no fêmur distal e na tíbia proximal, justamente os locais onde ocorrem a maioria das fraturas nessa população. Uma perda significativa também ocorre na região do joelho e em menor proporção nos quadris, de forma que foi possível estabelecer uma correlação dos episódios de fraturas quando da redução de 16% da DMO da região do joelho. E ainda, todas essas perdas são maiores em pessoas com lesões medulares completas (47,49).

As pessoas que sobrevivem a um evento que resultou em lesão medular continuam suas vidas marcadas por um estado de saúde caracterizado por limitações da atividade, restrições da participação e obstáculos pessoais e ambientais (50). No que se refere a dados sobre a escolarização, o *National Spinal Cord Injury Statistic Center* reporta que nos Estados Unidos, desde 2015, 25% das pessoas com lesão medular possuem o ensino superior e 51,6% o ensino médio (33). No entanto, no Brasil, de acordo com Barbetta *et al.*, em estudo epidemiológico para pessoas com lesão medular acima de 15 anos, somente 6,9% possuem o ensino superior e 31,6% o ensino médio concluído (35). Esse baixo nível de escolaridade afeta negativamente a qualidade de vida dessas pessoas e suas famílias, uma vez que em países em desenvolvimento com grandes disparidades de renda, os níveis mais altos de escolaridade estão relacionados a melhores condições financeiras e, conseqüentemente, melhores condições de habitação, saneamento, mobilidade urbana e acesso a rede de saúde (51).

Em se tratando de limitações da atividade e restrições da participação, percebe-se o severo comprometimento da fonte de renda da pessoa vítima do traumatismo raquimedular. Há registros que apontam a ocorrência de 60% desses traumatismos durante a jornada de trabalho, porém somente 22% das pessoas envolvidas permaneceram

empregadas após um ano da lesão (52). Outros dados referentes somente a pessoas com tetraplegia em função de lesão medular traumática, com idade entre 18 e 68 anos, apontam que 99% dessas pessoas exerciam atividades laborais antes da lesão, porém apenas 28% permaneciam no mercado de trabalho após o trauma, e 17% não auferiam renda alguma nem de atividades laborais, nem da Seguridade Social, gerando um impacto socioeconômico negativo na vida dessas pessoas (51).

Apesar do impacto biológico da lesão medular, por meio do componente de atividade e participação, que também é permeado por limitações e restrições, pode-se vislumbrar situações onde a prática esportiva adaptada tem potencial para amenizar as deficiências caudas pela lesão medular e promover um estado de saúde pendente a funcionalidade (27,53). Pessoas com limitações de mobilidade que praticam esportes adaptados e pessoas sem limitações têm uma qualidade de vida semelhante. A participação no esporte adaptado foi identificada como tendo efeitos positivos na autoestima, no senso de pertencimento, no impulso a participar de atividades com significado pessoal, na atitude social em defesa às pessoas com limitações de mobilidade e no bem-estar físico. No entanto, o envolvimento em níveis mais elevados pode gerar um impacto negativo na vida social (45), como nos casos exemplificados de fatalidade e desfechos indesejáveis já mencionados.

Assim, em uma fusão do esporte adaptado com favorecimento crescente das interfaces homem-máquina, o ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular surge como uma estratégia com potencial para diminuir as limitações à atividade e restrições a participação impostas pelo trauma, promovendo a movimentação coordenada dada por controles artificiais para os membros inferiores (recrutamento acionado por eletroestimulação), ativando uma cadeia de músculos paralisados pelo traumatismo raquimedular, juntamente com os controles naturais da musculatura que ainda responde voluntariamente.

3.3. Eletroestimulação para pessoa com Lesão Medular

Correntes elétricas vem sendo cada vez mais empregadas como ferramenta diagnóstica (54), de treinamento esportivo (7), profilático/terapêutica (55), em terapia intensiva (56) e em tecnologias assistivas (57) para pessoas com lesão medular.

Os diagnósticos estabelecidos a partir de distúrbios elétricos do corpo são ferramentas elucidativas para o entendimento do comportamento de tecidos ou órgãos (58,59). Nas sístoles e diástoles, por exemplo, um grande número de fibras musculares cardíacas é ativado em sincronia, o que gera distúrbios elétricos suficientes para serem registrados na superfície do corpo, assim, a base do Eletrocardiograma (ECG) é uma leitura do comportamento elétrico da musculatura cardíaca ao longo do tempo (58). O ECG não representa a atividade elétrica de nenhuma fibra em particular, mas a atividade combinada de todas as fibras musculares em determinado instante e revela detalhes dos caminhos pela qual a atividade elétrica viaja pelo músculo cardíaco. Pequenas anormalidades no ECG podem significar sérios riscos à função cardíaca e são identificadas por meio desse diagnóstico que se torna aliado dos profissionais da saúde que, ao identificá-las, conseguem direcionar terapêuticas (58).

Ainda no que diz respeito a diagnósticos, a eletromiografia (EMG) – estudo da atividade elétrica das fibras musculares, individuais ou em conjunto, utilizando eletrodos do tipo agulha ou de superfície – pode fornecer informações sobre o padrão de disparo de potenciais de ação, bem como o arranjo anatômico de fibras musculares (59). Portanto, alterações resultantes no sinal EMG também permitem e contribuem para o levantamento de indícios para se traçar o diagnóstico de distúrbios neuromusculares (59).

A EMG de agulha (invasiva) requer uma combinação de conhecimentos sobre anatomia do sistema nervoso periférico, fisiologia, fisiopatologia, doenças, técnicas e eletricidade. O EMG reproduzível, de alta qualidade e bem-sucedido depende das habilidades de interação de um clínico com o avaliado durante a inserção e o movimento físicos da agulha no músculo durante a gravação dos sinais elétricos, juntamente com a habilidade de analisar sinais elétricos registrados no músculo por meio do reconhecimento de padrões auditivos (60). Enquanto que para a EMG de superfície (não-invasiva), a gravação do sinal eletromiográfico é obtida por meio de eletrodos posicionados sobre a pele do avaliado, geralmente são escolhidos eletrodos feitos de cloreto de prata por serem eletricamente estáveis (61). Embora a utilização dos sinais eletromiográficos encontre aplicações em próteses (62), na reabilitação (63) e nas interações homem-máquina (64), os sinais ruidosos da EMG constituem um obstáculo a ser superado para se obter um desempenho aprimorado dessas aplicações (61).

Uma alternativa não-invasiva, de baixo custo e alta confiabilidade na avaliação da responsividade muscular periférica é o eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo. O aprimoramento constante e progressivo da técnica e equipamentos diagnósticos, têm possibilitado se diminuir a dependência do avaliador para a realização desse exame, uma vez que o procedimento passa a ser parcialmente automatizado, com a implementação de acelerômetros inerciais aderidos a pele do avaliado durante o eletrodiagnóstico, proporcionando uma coleta mais precisa dos parâmetros investigados (54).

O eletrodiagnóstico por estímulo não invasivo encontra aplicabilidade prática ampliada a qualquer profissional da saúde, não restrito à aplicação médica, em amplos ambientes, inclusive em ambientes de cuidados intensivos, enquanto tecnologia diagnóstica de neuropatias associadas ao imobilismo (56,65). Em particular na condição de imobilismo, não há necessariamente a desnervação periférica, porém notam-se severas debilidades na condução nervosa detectadas por esse tipo de diagnóstico (66).

A checagem da responsividade periférica de pessoas com lesão medular de origem traumática, de forma análoga à condição do imobilismo das pessoas em cuidados intensivos, pode sugerir que os músculos paralisados em consequência de lesão medular, em sua grande maioria, não teriam sua inervação periférica afetada do ponto de vista estrutural, o que mantém preservado os circuitos neuronais abaixo da lesão e responsivos a estimulação elétrica (67). Entretanto, em estudos piloto realizados por nosso grupo, já começamos a identificar sinais de comprometimento funcional da inervação periférica que nos faz acreditar na hipótese de que, na zona de perda após lesão medular, a mesma debilidade na condução nervosa poderia estar evoluindo para uma neuropraxia adquirida nesse público.

O teste de eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo permite determinar quatro parâmetros de inferência do comportamento de responsividade muscular frente a eletroestimulação: ponto motor, reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação (68,69). Dentre eles, a localização do ponto motor do músculo constitui o ponto de partida para avaliação de todos os parâmetros, pois a partir do posicionamento dos eletrodos nesse ponto, obteremos os valores de reobase, cronaxia e acomodação, seguido do cálculo do índice de acomodação.

O ponto motor corresponde ao local preciso, na superfície da pele sobre o músculo estimulado, no qual o ramo motor do nervo penetra no ventre muscular, se tornando o

ponto ideal para se medir a excitabilidade neuromuscular com o mínimo de variações (70,71). O ponto motor é localizado por meio de um mapeamento da superfície muscular pela varredura com caneta-eletrodo de estimulação e tem a função de identificar a área da pele acima do músculo onde o limiar motor é o mais baixo para uma determinada entrada elétrica, constitui a área da pele mais responsiva à eletroestimulação. A localização do ponto motor permite ainda maximizar a contração muscular evocada artificialmente, minimizando a dose da corrente injetada e o nível de desconforto (70).

Após localizar o ponto motor, procede-se a identificação da reobase, que por conceito é o estímulo elétrico mínimo (mA) com forma de pulso retangular e largura de pulso considerada infinita (igual ou acima de 1000 ms) capaz de gerar uma contração muscular visível. Somente com o valor da reobase podemos estabelecer valores de cronaxia, bem como de acomodação para o cálculo do índice, tais parâmetros serão conceituados a seguir e alterações dos valores de referência são indicativos de um possível processo desnervação muscular ou neuropraxia (72–74).

A cronaxia é dada pela duração mínima (ms ou μ s) do pulso de corrente elétrica aplicado para que ocorra uma contração muscular, quando adotada o dobro da intensidade de corrente elétrica da reobase. Em músculos íntegros e funcionantes, suas fibras nervosas respondem à estimulação elétrica, enquanto em músculos desnervados ou com condução nervosa alterada as fibras musculares é que respondem ao estímulo elétrico. As fibras nervosas apresentam menores valores de cronaxia do que as fibras musculares, assim, músculos inervados têm menores valores de cronaxia (68). O valor médio de cronaxia de um músculo inervado é cerca de 400 μ s (74,75).

A acomodação, por sua vez, é definida de forma semelhante à reobase, porém mediada por pulso exponencial com um período de um segundo e intervalo entre pulsos de dois segundos (74). Uma vez identificados os valores de reobase e acomodação, o índice de acomodação é obtido pelo cálculo da relação acomodação/reobase (68,76). Tal índice pode ser interpretado como a razão de limiar de amperagem de um pulso lentamente crescente (exponencial) por um limiar de amperagem de um pulso subitamente crescente (retangular) (68).

Sistemas íntegros geram um índice de acomodação igual ou maior que 2. A interpretação desses parâmetros pode determinar disfunções de condução como as observada na excitabilidade neuromuscular (68,69,77), e fornecer parâmetros iniciais

para o recrutamento muscular por meio da eletroestimulação (76). Sabe-se que pessoas com valores de cronaxia maiores do que 1000 μ s e índices de acomodação inferiores a 2, serão diagnosticadas com disfunção da excitabilidade neuromuscular (72–74).

A acomodação, com seu formato de pulso exponencial, descreve a resposta de membranas excitáveis a lentas correntes de despolarização até a geração de potencial de ação. Nas fibras nervosas, uma corrente lentamente crescente, com valor acima do dobro da intensidade da reobase, inativa a condutância do sódio antes do limiar de despolarização e assim nenhum potencial de ação é gerado, o que define o termo: alta taxa de acomodação. Nas fibras musculares, a condutância do sódio é menos inativada pelas correntes de crescimento lento e assim o potencial de ação é gerado com valores abaixo do dobro da intensidade da reobase, isso é denominado baixa taxa de acomodação. A diferença entre a alta taxa de acomodação das fibras nervosas normais e a baixa taxa de acomodação das fibras musculares normais é a base fisiológica do índice de acomodação. Fibras musculares desnervadas têm a mesma ou menor taxa de acomodação que as fibras musculares normais (68).

Geralmente, os músculos paralisados em virtude da lesão medular não têm sua inervação periférica afetada, o que, supostamente, manteriam íntegros os circuitos neuronais abaixo do nível da lesão, que poderiam ser excitáveis frente a corrente elétrica e conseqüentemente aptos a serem estimulados por mecanismos externos ao corpo (67). Essa característica da lesão medular permite o uso de correntes elétricas para treinamento da musculatura paralisada, denominada estimulação elétrica neuromuscular (NMES) e quando a corrente elétrica é utilizada de maneira funcional é chamada de estimulação elétrica funcional (FES) (78).

Para a pessoa com lesão medular, a utilização da FES em membros superiores ou cintura escapular pode estar associada a dispositivos para assistência de longa permanência (Tecnologia Assistiva). Freixe *et al* desenvolveram um modelo de FES que ativa a musculatura dos ombros da pessoa com lesão medular durante a fase de propulsão da cadeira de rodas, facilitando seu deslocamento (57). Entretanto, a aplicação foi somente terapêutica, não relacionada a desenvolvimento de dispositivo que pudesse ser utilizado para assistência de longa permanência.

Da mesma forma, agora com foco no desenvolvimento de um dispositivo, a FES para membros inferiores mostrou ser eficiente na transferência em pivô sentado para pessoas com paraplegia, ao dividir a sobrecarga que recai sobre membros superiores e cintura escapular com os músculos artificialmente estimulados do quadríceps durante a passagem em pivô sentado (79), preservando o delicado conjunto escapular do usuário de cadeira de rodas (18).

No entanto, um dos grandes desafios a utilização da corrente elétrica para gerar ativação muscular é a fadiga precoce dos músculos paralisados. A estimulação não fisiológica (artificial) de músculos por meio de correntes elétricas produz contrações musculares menos eficientes em termos de seletividade de unidades motoras para uma determinada tarefa, resultando em baixa resistência a fadiga (80). Uma das formas de driblar a fadiga é ajustar a frequência dos pulsos durante a estimulação. Frequências entre 20 a 30 Hz geram menos fadiga combinada com uma baixa tensão muscular, já frequências mais altas que podem atingir 100 Hz geram um aumento na contração muscular evocada, porém acompanhada de uma fadiga precoce (80,81). Outra forma de tentar minimizar a fadiga é a adoção de diferentes arquiteturas de eletrodos e a sequência de como a corrente elétrica é distribuída no músculo durante a contração (82,83).

A aplicação promissora da eletroestimulação neuromuscular para indivíduos com lesão medular vem gerando evidências que estimulam estudos em diversas áreas que contribuem para o desenvolvimento de novos dispositivos de assistência de longa permanência (5,69), cujos resultados poderiam tanto impactar a manutenção da qualidade óssea (16,84), o controle de peso e obesidade (15), a modulação da espasticidade (85,86), o funcionamento cardiovascular (16,17), dentre outros parâmetros já evidenciados cientificamente que podem transformar o processo de reabilitação e prática de atividades físicas e desporto por pessoas com lesão medular.

4. MÉTODO

O ciclismo assistido por eletroestimulação pode ser compreendido tanto como uma estratégia terapêutica e/ou profilática de intervenção quanto como dispositivo de assistência de longa permanência para locomoção, muito embora sua prática tem se popularizado como prática esportiva. Dado ao fato de que tal prática depende de sistemas que ainda carecem de amadurecimento tecnológico, a evidência já disponível ainda não permite se delinear ensaios clínicos randomizados e controlados que poderiam ser realizados com segurança.

Frente às limitações metodológicas o delineamento do presente estudo propõe-se a explorar no tempo, adesão e responsividade em período que antecedeu a formação de uma amostra de conveniência em série de casos para um ensaio clínico. Tratou-se, portanto, de um estudo observacional ao longo da preparação, tanto do sistema de ciclismo (desenvolvimento tecnológico) quanto dos participantes que formaram a série de casos de um outro estudo (período pré-prática). O cenário em que o período de pré-prática ocorreu permitiu levantamento exploratório de informações ao longo do tempo do que iremos chamar de período preparatório para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação ou simplesmente, pré-ciclismo assistido por eletroestimulação funcional.

O modelo preditivo do estudo observacional permitiu se trabalhar nossa hipótese de talvez existir relação entre variáveis do eletrodiagnóstico e a intensidade de corrente que evoca eletroestimulação, em um modelo bivariado, ou seja, verificar a correlação entre a variável independente (intensidade elétrica do pulso para se evocar uma contração eletroestimulada) que poderia ser predita pelas variáveis dependentes obtidas no eletrodiagnóstico (reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação), cujo ajuste em regressão linear, caso uma correlação significativa e forte fosse identificada, poderia se repetir com regularidade em modelos experimentais (87).

Frente aos pressupostos, formalizamos o delineamento para estudo observacional, descritivo, exploratório e em série de casos. Seguimos as recomendações da *CAsE REport Statement and Checklist* (CARE) (88), orientados pelas diretrizes para planejar nosso estudo em alinhamento com o *Template for Intervention Description and Replication* (TIDieR) (89).

A pesquisa foi desenvolvida em uma parceria da Faculdade de Ceilândia (FCE) na Universidade de Brasília (UnB), por meio do Núcleo de Tecnologia Assistiva, Acessibilidade e Inovação (NTAAI) que viabilizou convênio entre a Fundação Universidade de Brasília e a Associação de Centro de Treinamento de Educação Física Especial (CETEFÉ), onde efetivamente as coletas aconteceram.

4.1. População-alvo, recrutamento e amostragem

A população-alvo do presente estudo foram todos os beneficiários da Associação de Centro de Treinamento de Educação Física Especial – CETEFÉ, com lesão medular traumática a mais de seis meses, com idade maior ou igual a 16 anos, e que possuíssem nível cognitivo suficiente para compreender comandos e orientações, bem como para assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ou Termo de Assentimento do menor para participantes acima de 16 e menores de 18 anos de idade.

Foram excluídos os participantes que manifestaram queixa de dor/desconforto durante a eletroestimulação, apresentaram quaisquer sinais de estresse tecidual aos esforços observáveis durante a execução dos protocolos, manifestando aversão à eletroestimulação direta ou indiretamente percebida, incluindo a manifestação de disreflexia reativa à eletroestimulação e a não responsividade à eletroestimulação, mesmo com os parâmetros identificados no teste de eletrodiagnóstico de estímulo.

Foram também excluídos os participantes em que foi identificado a presença instalada do quadro de osteoporose, a apresentação de contraindicações clínicas que incluíam arritmia cardíaca ou marca-passo instalado, histórico de luxação de quadril e joelho, ossificação heterotópica que impedisse a amplitude articular de joelhos e quadris, convulsões não controladas, gravidez, implantes de metal em membros inferiores, e a coparticipação em programa de eletroestimulação de membros inferiores fora do protocolo dessa pesquisa.

Os participantes foram inicialmente identificados por meio de uma planilha eletrônica com os dados de todos os beneficiários da Associação CETEFÉ e selecionados por meio de uma filtragem que nos levasse ao público-alvo. Embora essa filtragem tenha selecionado pessoas com deficiência física maiores de 16 anos e possíveis usuários de cadeiras de rodas, não foi possível acessar tão somente pessoas com deficiência física e

lesão medular. Então com posse dessa seleção foi realizado um levantamento junto aos professores da Associação CETEFE para esclarecer quais beneficiários do grupo selecionado teriam características para participar da pesquisa (Figura 2). Assim, antes de aplicar os critérios de exclusão, procedemos com as etapas descritas.

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética com Seres Humanos da Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília, com o número CAAE 50337215.1.0000.0030, (ANEXO 01) e CAAE 09303218.60000.8093 (ANEXO 2).

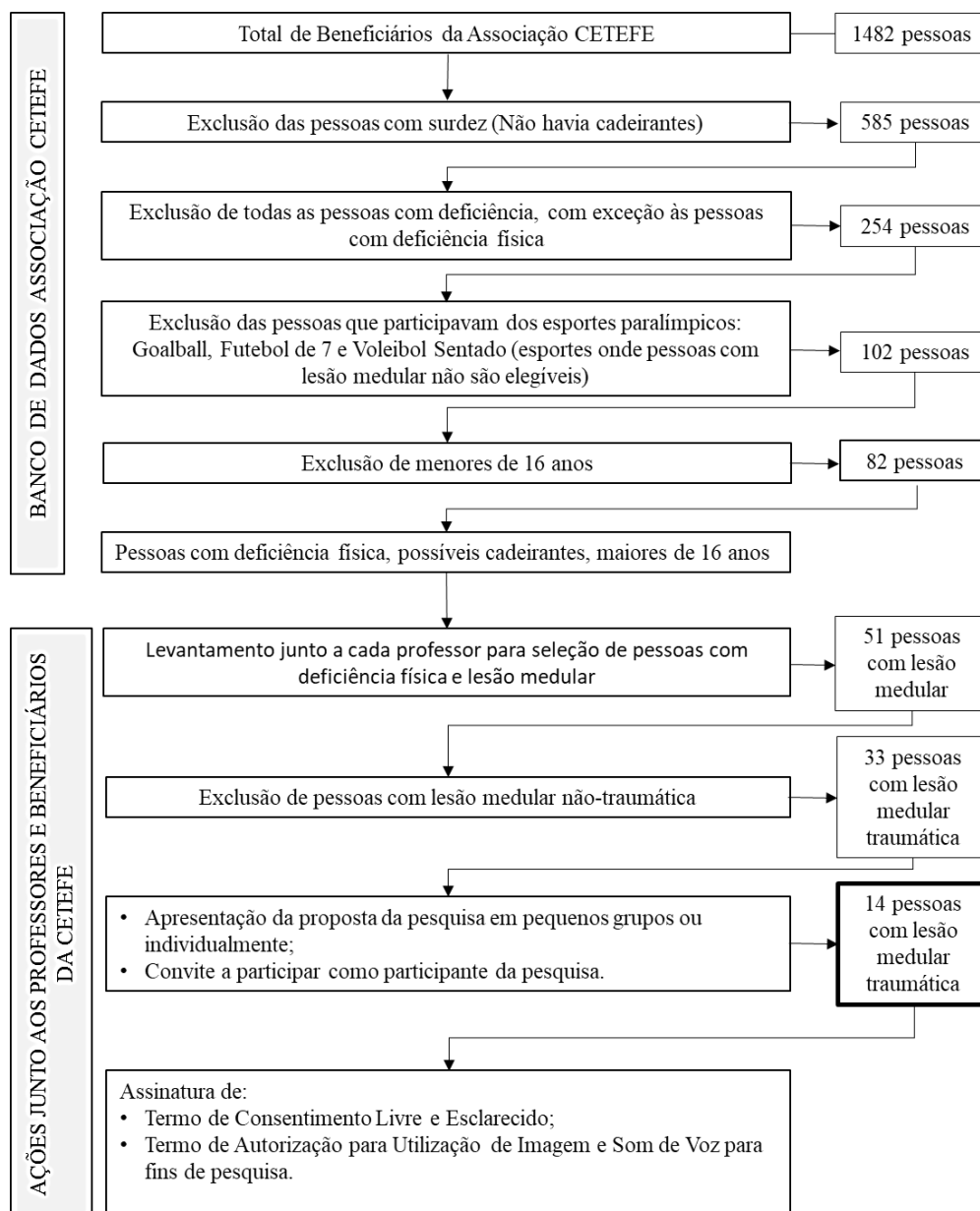


Figura 2. Fluxograma da sequência de procedimentos de levantamento do público-alvo que revela os mecanismos empregados para o recrutamento inicial de 14 pessoas com lesão medular traumática, com mais de 16 anos que iniciaram a pesquisa.

4.2. Mensuração das variáveis de interesse

Todos os participantes recrutados (n=14) foram avaliados quanto as variáveis de caracterização organizadas segundo os componentes do modelo biopsicossocial que incluíram componentes da estrutura e função do corpo (IMC – Índice de Massa Corporal; Massas Total, Gorda e Magra; Porcentagem de Gordura; DMO – Densidade Mineral Óssea do corpo, da coluna lombar e dos fêmures direito e esquerdo; e T-score do corpo, da coluna lombar e dos fêmures direito e esquerdo) e da atividade e participação (fonte de renda, se pratica esporte e se foi encaminhado para eletrodiagnóstico), bem como algumas variáveis de fatores contextuais pessoais (idade e sexo) e ambientais (escolaridade).

A maioria dos dados que geraram as variáveis de caracterização dos recrutados foram tomadas na entrevista inicial para apresentação da pesquisa e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Contudo, para os dados relacionados à estrutura e função do corpo tivemos dois momentos. Um primeiro momento, na própria entrevista, nós também tomávamos medidas da altura e peso para o cálculo do IMC (90) conforme expresso na fórmula a seguir: $IMC = \frac{peso}{altura^2}$, onde o peso foi medido em quilogramas (kg) e a altura em metros (m) para gerar o IMC em quilogramas por metro quadrado (kg.m⁻²). Em seguida, agendávamos em um intervalo de no máximo uma semana, um dia para proceder com a Densitometria Óssea pelo método de Absorciometria de Energia Dupla de Raio X (DEXA) (47,91) e outro dia para aplicação do eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo (nem todos os participantes chegaram a realizar tal procedimento). Na entrevista inicial também registrávamos o endereço de cada participante que foi usado para o georreferenciamento.

Os participantes que realizaram o eletrodiagnóstico seguiam para o teste muscular que foi precedido pela identificação dos escores motores e sensoriais propostos pela *American Spinal Injury Association*, conhecido como *ASIA Impairment Scale* (AIS) (33,36). Seguimos as recomendações para exame neurológico para lesão medular preconizado pela *International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury Worksheet – ASIA* (37). Os protocolos para proceder com o eletrodiagnóstico, bem como o teste de força muscular do quadríceps foram detalhados a seguir.

4.3. Protocolo de eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo

Para realizar o eletrodiagnóstico de estímulo utilizamos um gerador de pulso elétrico universal Dualpex 071 (Quark Medical LTDA, Brasil), um eletrodo ativo (polo negativo) do tipo de caneta, com 1 cm² de área e um eletrodo de referência (polo positivo) com 100 cm² de área envolto em material de fibra vegetal (Figura 2) que posicionamos na fossa poplíteia ipsilateral durante o exame de três músculos do quadríceps – reto femoral, vasto lateral e vasto medial. Ambos os eletrodos foram umedecidos com solução de cloreto de sódio 0,9%, e para o eletrodo do tipo caneta, envolvemos uma gaze que cobriu a ponta metálica, a fim de evitar o contato metálico direto com a pele, diminuindo o risco de queimadura.

Ao chegar no ambiente experimental, descrevemos para o participante as etapas do eletrodiagnóstico e esclarecemos que, caso ocorresse algum desconforto, dor, ou por qualquer outra razão, o exame poderia ser interrompido tanto por nós quanto por ele a qualquer momento. Solicitamos que os participantes realizassem o cateterismo vesical para esvaziamento da bexiga, posteriormente aferimos a pressão arterial e procedemos à transferência da cadeira de rodas para a maca. Os participantes permaneceram em decúbito dorsal, joelhos ligeiramente fletidos e apoiados por uma espuma cilíndrica, que garantisse uma angulação do joelho entre 10° a 20°.

Após o posicionamento do participante, por meio do estimulador (Figura 3D) já descrito e acoplado a 2 canais (Figura 3C), fizemos uma varredura com o eletrodo do tipo caneta (Figura 3A), mantendo contato da gaze umedecida do eletrodo sobre a pele do músculo avaliado (Figura 3B), até percebermos a melhor contração visível e a localização do ponto motor. Para essa varredura utilizamos uma corrente bipolar com largura de pulso de 300 µs, frequência de 30 Hz e a intensidade de corrente foi aumentada cuidadosamente até localizarmos o ponto motor. Esse ponto foi marcado com uma caneta dermatográfica, a fim de evitar as mudanças de posição do eletrodo ativo ao longo dos procedimentos posteriores e possível perda da localização exata do ponto motor.

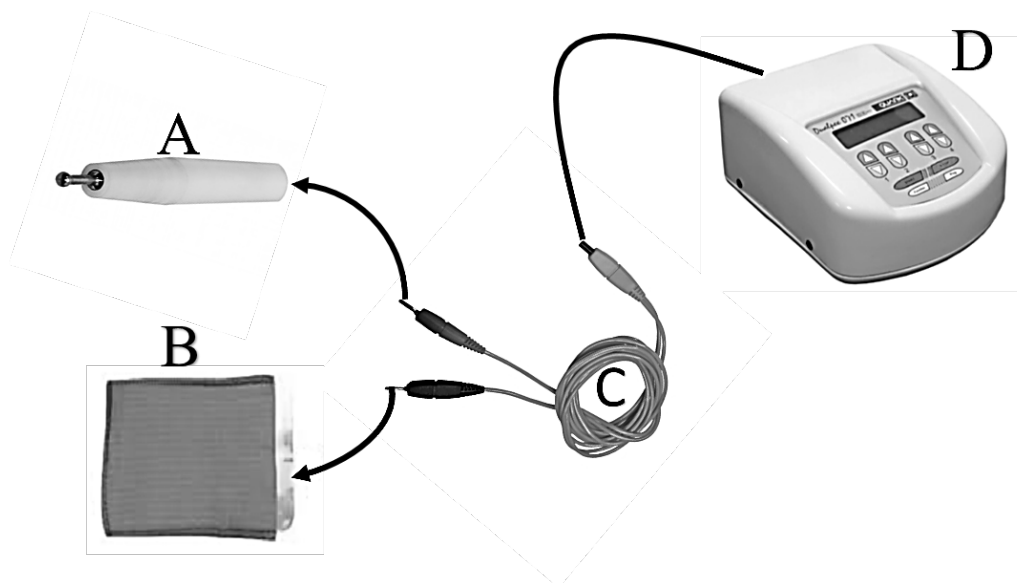


Figura 3. Figura ilustrativa dos equipamentos utilizados no eletrodiagnóstico de estímulo não-invasivo. (A) Eletrodo do tipo caneta, (B) Eletrodo de referência envolto em material de fibra vegetal, (C) Cabo universal com pontas pino tipo banana e conector do tipo P2, (D) Eletroestimulador Dualpex modelo 071-Quark Medical LTDA, Brasil

Localizado o ponto motor, o eletrodo do tipo caneta ficou posicionado perpendicularmente sobre a pele até o fim do diagnóstico e, exatamente a partir desse ponto, extraímos os valores de reobase, cronaxia e acomodação. Após a verificação da acomodação o eletrodiagnóstico é encerrado e o índice de acomodação calculado.

Para a mensuração da reobase, utilizamos uma corrente monopolar, de pulso retangular, com duração de 1 segundo e intervalo de 2 segundos e frequência de 1 Hz. Aumentamos a intensidade da corrente cuidadosamente de 0 mA até o máximo de 69 mA, em incrementos de 1 mA, até que ocorresse uma ligeira, mas visível contração muscular.

Para a avaliação da cronaxia, utilizamos uma intensidade de corrente com o dobro do valor da reobase e com as mesmas características de polaridade e forma. Aqui, o parâmetro ajustado foi a largura de pulso, a qual incrementos conforme pré definidos no Dualpex 071: 20 μ s, 40 μ s, 70 μ s, 100 μ s, 150 μ s, 200 μ s, 250 μ s, 300 μ s, 400 μ s, 500, 700 μ s, seguidos de 1 ms, 2 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 50 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms e 1 s, até ocorrer uma contração visível.

Para medições da acomodação, utilizamos uma corrente monopolar com pulso exponencial e largura de pulso de 1000 ms, aumentamos a intensidade da corrente cuidadosamente de 0 a 69 mA em incrementos de 1 mA, também até a manifestação de uma contração muscular visível.

4.4. Teste de força de quadríceps (Etapa de Contração Evocada)

Os participantes habilitados para essa etapa realizaram sessão única de teste de força de quadríceps com contração evocada por eletroestimulação, tendo como referência de largura de pulso os resultados obtidos na cronaxia do eletrodiagnóstico de estímulo e pelo menos 24 horas de intervalo após o teste de eletrodiagnóstico.

Da mesma forma que procedemos no eletrodiagnóstico, antes de começarmos o teste de força, descrevemos para o participante os procedimentos da avaliação que, da mesma forma, poderia ser interrompido a qualquer momento. Novamente solicitávamos para que os participantes realizassem o cateterismo vesical para esvaziamento da bexiga antes de começar o teste, aferíamos a pressão arterial e procedíamos com a tricotomia dos pelos da coxa, para uma melhor aderência dos eletrodos de contato e diminuição da barreira física que poderia aumentar a resistência a passagem da corrente elétrica.

Ainda na cadeira de rodas, distribuíamos seis eletrodos autoadesivos quadrados (cinco cm por cinco cm) em cada perna, assim, cada um dos três músculos estimulados possuía um par de eletrodos, cada qual, posteriormente ligado a um canal de estimulação, de forma que fossem aplicados três canais simultaneamente. Para vasto medial e reto femoral, alinhávamos o ponto médio formado pelas diagonais de um dos eletrodos ao ponto motor e, então, o aderíamos sobre a pele, seguido de seu par correspondente a cinco centímetros dele, no sentido proximal das fibras do músculo. Para o músculo vasto lateral, respeitávamos a mesma disposição, porém com uma distância de oito centímetros entre os eletrodos (Figura 4).

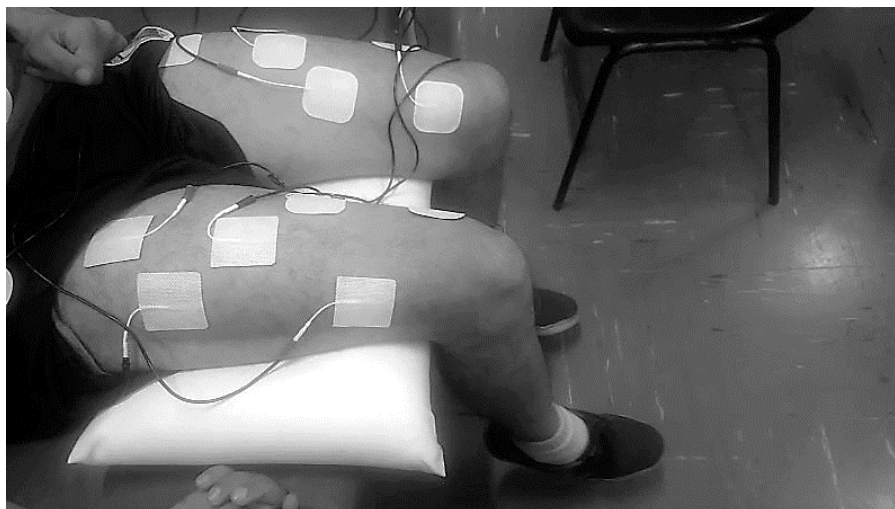


Figura 4. Fotografia ilustrando o posicionamento dos eletrodos de contato para o teste de força de quadríceps.

Após a fixação dos eletrodos, realizávamos a transferência dos participantes da cadeira de rodas para uma maca, onde permaneceram sentados com os joelhos flexionados a 90°, membros inferiores pendentes e tronco apoiado durante todo o período do teste. Após o posicionamento do participante, realizamos manobras passivas de extensão e flexão dos joelhos em 3 séries de 20 repetições, com 30 segundos de intervalo.

Aplicávamos o teste de força em ambas as pernas, inicialmente na coxa direita e em sequência na coxa esquerda. Estabelecíamos uma frequência de 50 Hz, pulso bipolar de formato retangular, sem rampa de subida ou descida, tempo *on* em 30s e *off* em 0s, e a maior largura de pulso, extraída da cronaxia no eletrodiagnóstico.

Com os eletrodos posicionados, cabos conectados e eletroestimulador ligado, aumentávamos a intensidade de corrente, com incremento de 1mA, de forma que pudéssemos garantir o acionamento dos três canais de eletroestimulação simultaneamente, entregando a mesma intensidade de corrente para os três músculos do quadríceps até obtenção do nível de força desejado. Iniciamos com o nível de força 1 até o 5, ao atingir um determinado nível de força, a eletroestimulação era cessada e um intervalo de um minuto e 30 segundos era dado para se iniciar a busca para o nível de força superior (Figura 5).

Encerrávamos o teste quando o participante atingia a força de contração 5 ou até atingirmos o limite do equipamento em 69mA. Após o teste, aferíamos novamente a pressão arterial, retirávamos os eletrodos e procedíamos com a transferência do participante da maca para a cadeira de rodas.

Para obter o grau de força muscular foi utilizada a escala *Medical Research Council* (MRC), que possui uma graduação de 0 a 5 a partir da força gerada pela pessoa, sendo 0 correspondente a nenhum grau de contração muscular, 1 identificado pelo esboço de contração, 2 atribuído à contração com geração de movimento somente a favor da gravidade, 3 definido para o movimento articular contra a gravidade, sem resistência, 4 para o movimento articular completo com alguma resistência e 5 para força normal com resistência muscular.

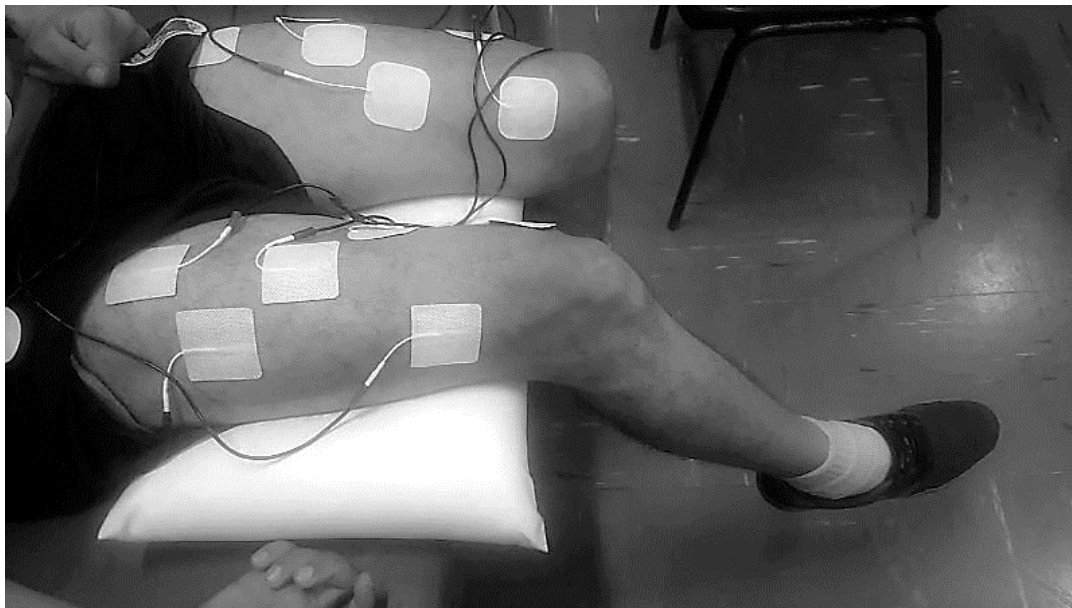


Figura 5. Fotografia ilustrando o momento de contração muscular evocada por eletroestimulação durante teste de força de quadríceps.

4.5. Organização, processamento e análise estatística dos dados

Todos os dados coletados foram inseridos em planilhas do aplicativo Excel de forma a indicarem os valores das variáveis quantitativas e os atributos das variáveis qualitativas dispostos nas células de cruzamento da linha (participantes) com a coluna (variável). A planilha original com todas as variáveis foi então reorganizada pelas etapas do recrutamento até a formação da amostra de participantes que iniciariam o ciclismo assistido por eletroestimulação de maneira a se identificar a adesão desde o recrutamento, passando pela etapa de aplicação do eletrodiagnóstico e pela etapa de contração evocada.

Em seguida, nova reorganização dos dados permitiu individualizar as variáveis de caracterização da condição de saúde (dados relacionados à doença) das variáveis de caracterização do estado de saúde categorizadas por componentes do modelo biopsicossocial, a saber: estrutura e função do corpo, atividade e participação, fatores pessoais e fatores ambientais. Tal reorganização nos permitiu elaborar a estatística descritiva das variáveis cuja distribuição mostrou um comportamento paramétrico para as variáveis quantitativas tomadas de todos os participantes no recrutamento e não-paramétrica para os participantes das demais etapas do recrutamento até a formação da amostra.

Em função do tipo de distribuição gaussiana (Paramétrica) ou não gaussiana (não-paramétrica), apresentamos as variáveis quantitativas pela média e desvio padrão (DP) ou pela mediana e limites mínimo e máximo do intervalo de confiança de 95% da mediana (IC 95%). Além disso, para a série de casos, apresentamos os resultados individualizados. Para as variáveis qualitativas, aplicamos o cálculo da distribuição de frequência absoluta e relativa. Em particular, a variável qualitativa endereço, foi aplicada para o georreferenciamento da procedência tanto na etapa de recrutamento quanto na amostra final, representadas no mapa do Distrito Federal e Entorno por meio de recursos gráficos disponíveis no aplicativo Excel.

Como a amostra foi gerada por conveniência, procedemos com a análise de inferência estatística não-paramétrica comparando as variáveis qualitativas obtidas no recrutamento com as mesmas variáveis resultantes na amostra para identificar se as características do recrutamento foram mantidas na amostra pelo teste de *Mann Whitney*, considerando $\alpha=0,05$. Com a mesma motivação, para as variáveis qualitativas, aplicamos o teste exato de *Fisher* que indicou se a proporção da distribuição de frequência absoluta e relativa observada na amostra foi discrepante da esperada, conforme observado dentre os recrutados.

Em particular, para o modelo preditivo explorado entre os participantes que passaram pela etapa de contração evocada ($n=7$), aplicamos o teste de Wilcoxon para identificar nos parâmetros eletrodiagnósticos diferenças significativas entre quadríceps direito e esquerdo, bem como o teste de correlação de *Spearman*, seguido de modelo de regressão linear, considerando $\alpha=0,05$. Assim, para associações significativas ($p<0,05$) ou tendências a associações ($0,05<p<0,10$), consideramos o índice de correlação e a equação de reta para refletir sobre um modelo preditivo.

Índices de correlação (r) variam de um negativo a um positivo ($-1 \leq r \leq 1$). Os valores de r iguais a 1 positivo ou negativo representam correlações perfeitas diretamente ou inversamente proporcionais. Isso significa que em para $r = 1$, os valores de uma variável de análise aumentam a medida em que ocorrem aumentos de outra variável independente. De forma inversa, para $r = -1$, teremos uma diminuição ou aumento da variável de análise a medida que a variável independente aumenta ou diminui respectivamente.

Os índices de correlações muito próximos de um negativo ($r \leq -0,9$) ou de um positivo ($r \geq 0,9$) indicam uma correlação muito forte. Rabelo e colaboradores (92) estabeleceram um parâmetro para análise da força de correlação em que $0,7 \leq r < 0,9$ ou $-0,9 < r \leq -0,7$ indicariam uma correlação forte; $0,5 \leq r < 0,7$ ou $-0,7 < r \leq -0,5$ indicariam uma correlação moderada; $0,3 \leq r < 0,5$ ou $-0,5 < r \leq -0,3$ indicariam uma correlação fraca; e $0 < r < 0,3$ ou $-0,3 < r < 0$ indicariam uma correlação desprezível. Convém reforçar que $r = 0$ é indicativo de nenhuma correlação.

Para cada nível de contração muscular evocada (nível 1 ao 4), para cada músculo testado do quadríceps (reto femoral, vasto lateral e vasto medial) em cada coxa (direita e esquerda), plotamos gráficos de dispersão entre os parâmetros eletrodiagnósticos (eixo x) e a intensidade de corrente dispendida para gerar a contração evocada (eixo y), indicando neles a reta da regressão linear com seus respectivos IC 95%, valores de p e r no corpo do gráfico. Para as associações significativas, incluímos ainda a equação da reta gerada pela regressão linear.

5. RESULTADOS

Visando seguir a lógica definida nos objetivos específicos, organizamos a apresentação dos resultados na mesma sequência com que tais objetivos foram executados e que, quando alcançados, nos permitiram concluir o objetivo geral.

5.1. Adesão ao recrutamento

A triagem recrutou um público de 14 pessoas com lesão medular traumática (primeira etapa da amostragem), dos quais nove realizaram o eletrodiagnóstico por estímulo de superfície não-invasivo (segunda etapa). Dentre os nove participantes com resultados de eletrodiagnóstico, sete avançaram para o teste de força muscular com contração de quadríceps evocada por eletroestimulação (terceira etapa). Por fim, cinco participantes se habilitaram a continuar e iniciar um treinamento específico de ciclismo assistido por eletroestimulação em intervenção futura (quarta etapa). A figura 6 ilustra a progressão temporal desde a definição dos primeiros recrutados até a formação da amostra que partiu efetivamente para o treinamento.

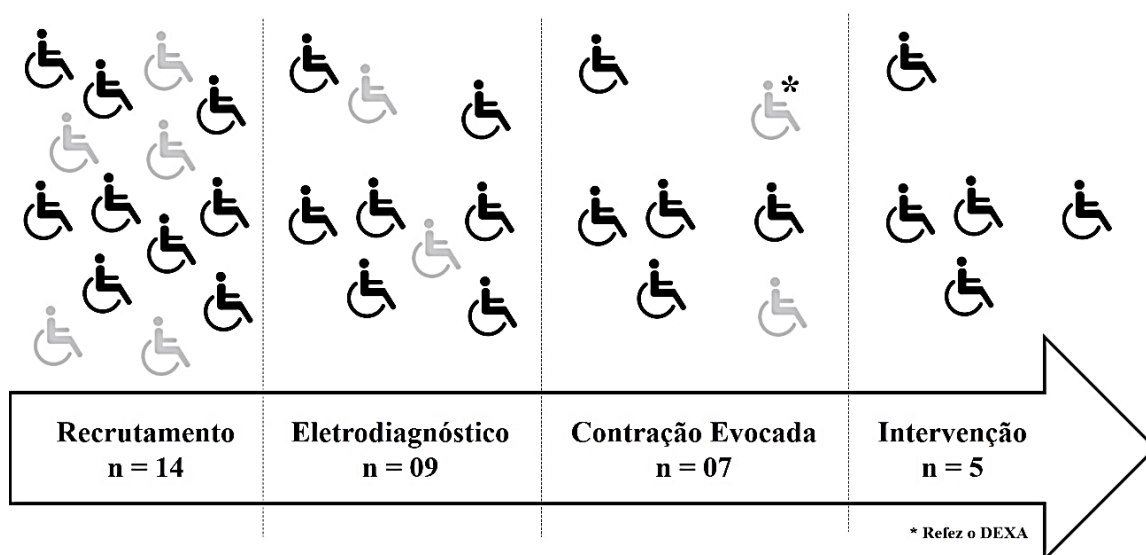


Figura 6. Fluxograma ilustrativo da sequência linear para formação da amostra para um ensaio clínico futuro e distinto do presente estudo. As quatro etapas da amostragem mostram os participantes que permaneceram (representantes em preto) e os que foram eliminados (cinza) tanto pelos critérios de elegibilidade (etapa de recrutamento), quanto por motivos diversos (etapas de eletrodiagnóstico e contração evocada) até formar a amostra. Para análise qualitativa referencial, um participante eliminado refez o exame de Absorciometria de Energia Dupla de Raio X (DEXA) e está indicado na figura por asterisco (*).

Conforme observado, cinco pessoas não avançaram para a etapa do eletrodiagnóstico. Dentre elas, três argumentaram não conseguir conciliar a rotina diária das atividades esportivas e laborais com o compromisso de dias e horários que a pesquisa exigiria e as outras duas afirmaram que não seguiriam na pesquisa por conta das barreiras impostas pelos deslocamentos, bem como problemas familiares.

Nessa segunda etapa da amostragem, dois participantes não responderam à eletroestimulação e não avançaram para a etapa de contração de quadríceps evocada por eletroestimulação (terceira etapa), motivo pelo qual tivemos sete participantes que compuseram o modelo preditivo de intensidade de corrente necessária para contração evocada em diferentes níveis.

O diagrama de fluxo da figura 5 mostra que, ao final, dentre os sete participantes responsivos, dois não foram habilitados para o ciclismo assistido por eletroestimulação. Um deles apresentou valores de T-score inferiores a -2,5 em exame de Absorciometria de Energia Dupla de Raio X (Fêmur direito -2,9; Fêmur esquerdo -3,0), indicativo de osteoporose nesse segmento ósseo e risco considerável de fratura. Em relação ao outro, o motivo da não continuidade foram efeitos adversos à eletroestimulação como a elevação significativa da pressão arterial, sudorese e nervosismo durante a eletroestimulação, bem como com relato de desconforto sensorial.

5.2. Procedência dos participantes

A distribuição demográfica permitiu observar que os recrutados eram procedentes do Distrito Federal (33% das Regiões Administrativas) e Entorno (municípios goianos como Luziânia e Valparaíso de Goiás). Dentre as Regiões Administrativas do Distrito Federal, a maior concentração foi no Guará, seguido por concentração demográfica intermediária em Brasília e participações pontuais vindas do Lago Norte, Águas Claras, Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Planaltina e Paranoá (Figura 7A).

Em menor escala, porém com distribuição demográfica semelhante (Figura 7B), a amostra destinada a continuar no estudo de intervenção seguiu a mesma tendência demográfica, com um representante de cada localidade do Distrito Federal e Entorno.

O polo de recrutamento (sede do CETEFE- Setor de Áreas Isoladas Sul, AREA 2 A) – fica localizado ao final da Asa Sul, Brasília. Conta com instalações arquitetônicas

adaptadas para pessoas com deficiência, como rampas de acesso, piscina, ginásio, banheiros e clínica de fisioterapia, essa última escolhida para organizarmos os ambientes experimentais. Ao considerar a distância entre o CETEFE e as residências dos participantes que se localizavam mais afastados, chegamos a um raio de cobertura de 93 km a partir do polo de recrutamento.

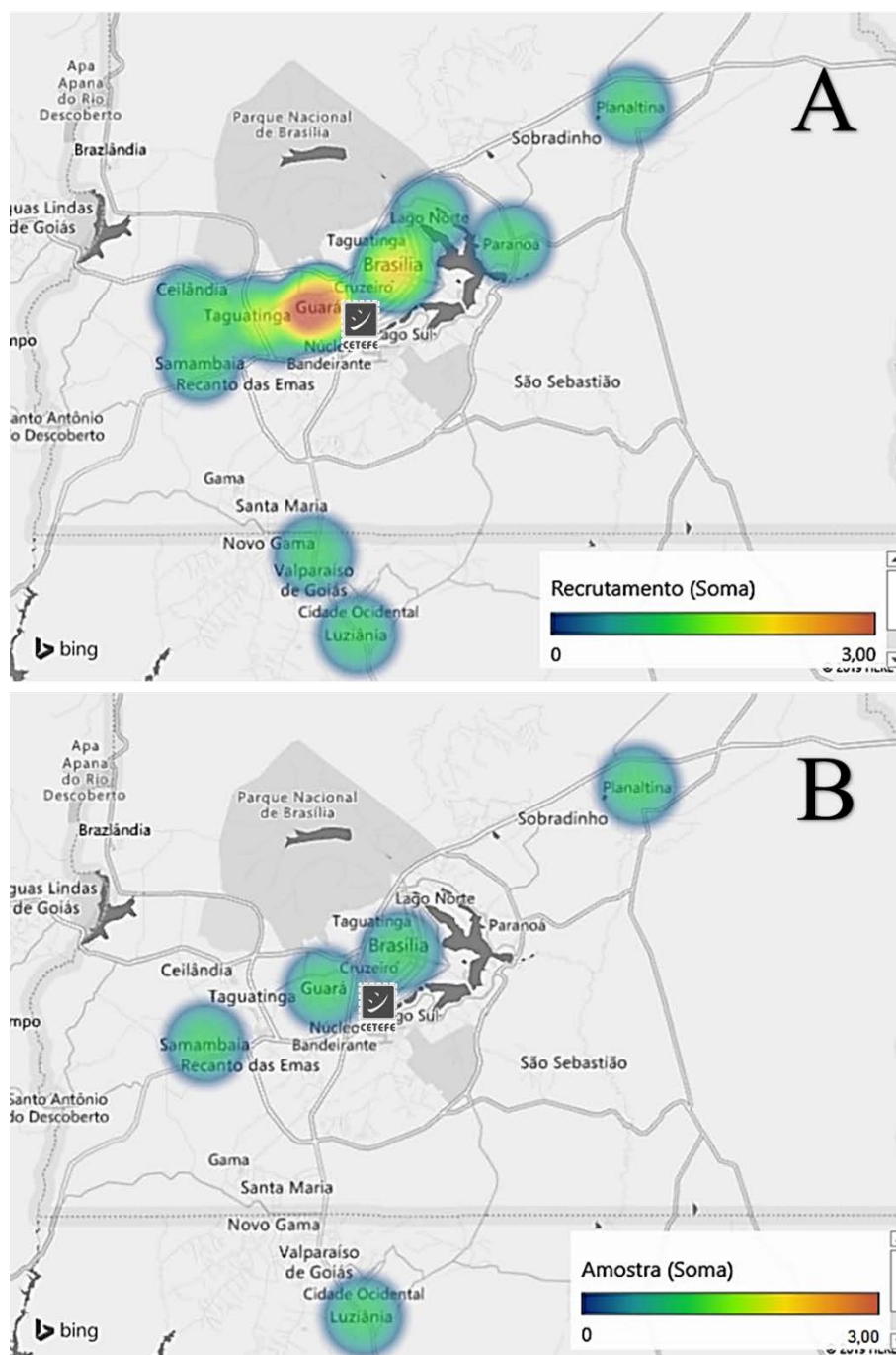


Figura 7. Distribuição demográfica no Distrito Federal e Entorno do participantes recrutados (A) e amostrados (B). A variação de cor indica menores e maiores concentrações (no máximo 3 participantes de um mesmo local) para os recrutados ($N = 14$) e amostrados ($n = 5$). O pontilhado no mapa delimita o Distrito Federal do Entorno (Goiás).

5.3. Estado de saúde no comparativo entre recrutados e amostrados

A tabela 1 permite constatar que o recrutamento atraiu majoritariamente interessados adultos do sexo masculino (86%) com peso normal para a estatura ($18,5 < \text{IMC} < 25,0$). Ainda que o Índice de Massa Corporal (IMC) aponte normalidade dentre os recrutados, a composição corporal, obtida pelo exame Absorciometria de Energia Dupla de Raio X (DEXA), revelou que os participantes receberiam classificações variando entre sobrepeso a obesos (91).

A DEXA também transpareceu ser a população de recrutados ($n=14$) formada por participantes cujas fragilidades ósseas estavam principalmente localizadas nos segmentos dos fêmures, o que os caracteriza como osteopênicos. Em relação a responsividade à eletroestimulação, 81,81% dos participantes que realizaram eletrodiagnóstico se mostram responsivos. Entre os 14 recrutados inicialmente, três participantes não mostraram interesse em seguir na pesquisa e não participaram do eletrodiagnóstico (Tabela 1).

Metade dos recrutados possuíam fonte de renda advinda de ocupação remunerada, enquanto a outra metade tinha a Seguridade Social como sustento. Em sua maioria praticavam esportes adaptados (71%) e em relação a escolaridade destaca-se a metade do grupo possuir Ensino Superior, enquanto que 21% apresentou a conclusão do Ensino Médio e 29% o Ensino Fundamental (Tabela 1). A cronicidade da lesão medular foi em média 142,07 meses ($DP \pm 96,15$) e a causa da lesão medular traumática foi predominante o acidente automobilístico (43%), seguido por projétil de arma de fogo (36%) e mergulho em águas rasas (21%).

No comparativo das características dos participantes inicialmente recrutados frente a amostra resultante após o processo tanto de elegibilidade quanto de intercorrências para definição de quem efetivamente iniciaria o ciclismo assistido por eletro estimulação, observamos que a série de cinco casos caracterizou bem os 14 recrutados, não sendo identificadas diferenças significativas ou discrepâncias entre recrutados e amostrados. Os resultados nos permitem concluir que a amostra final de aptos ao ciclismo assistido por eletroestimulação manteve as características do total de recrutados no estudo.

Tabela 1. Caracterização da amostra organizada conforme preconizado na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde.

Estado de Saúde		Recrutamento (N=14)				Amostra (n=5)				Série de Casos					
Variáveis	Unidades ou Classes	Média	± DP	CV	%	N	Mediana [min, max]	CV	%	n	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Fatores pessoais</i>															
Idade	anos completos	38,0	± 8,9	0,23			42,0 [33,0; 47,0]	15,90%			43,0	33,0	42	33,0	47,0
Sexo	masculino				86	12			100	5	↙	↙	↙	↙	↙
	feminino				14	2			0	0					
<i>Componentes da estrutura e função do corpo</i>															
IMC	kg.m ⁻²	22,8	± 3,6	70,2%			24,0 [19,4; 29,4]	16,9%			19,4	23,4	29,4	29,2	24,0
Massa total	kg	70,3	± 11,0	15,6%			75,0 [67,4; 89,0]	10,3%			67,4	74,0	78,7	89,0	75,0
Massa gorda	kg	21,1	± 5,9	28,1%			21,3 [17,3; 28,4]	18,4%			21,3	17,3	20,7	28,4	22,3
Massa magra	kg	46,7	± 7,7	16,7%			53,7 [43,2; 57,0]	10,4%			43,2	53,7	54,9	57,0	49,9
% gordura	% do corpo	31,4	± 6,4	20,2%			30,9 [24,4; 33,3]	12,8%			33,0	24,4	27,4	33,3	30,9
DMO corpo		1,2	± 0,1	9,4%			1,19 [1,11; 1,35]	7,79%			1,13	1,19	1,35	1,21	1,11
DMO coluna lombar		1,4	± 0,3	24,4%			1,37 [1,17; 1,46]	8,07%			1,17	1,39	1,3	1,37	1,46
DMO fêmur direito	g.cm ²	0,8	± 0,2	20,6%			0,90 [0,76; 1,18]	16,3%			0,76	0,88	1,18	0,98	0,9
DMO fêmur esquerdo		0,8	± 0,2	20,5%			0,88 [0,74; 1,14]	15,5%			0,74	0,88	1,13	0,94	0,88
T-score corpo		-0,4	± 1,1	263%			-0,10 [-0,90; 1,50]	+∞%			-0,60	-0,10	1,50	0,10	-0,90
T-score coluna lombar		1,3	± 2,8	216%			0,90 [-0,50; 1,80]	110%			-0,50	1,20	0,50	0,90	1,80
T-score fêmur direito	escore	-1,8	± 1,3	72,1%			-1,40 [-2,30; 0,90]	118%			-2,30	-1,50	0,90	-0,80	-1,40
T-score fêmur esquerdo		-1,8	± 1,2	67,9%			-1,50 [-2,50; 0,20]	77,8%			-2,50	-1,50	0,20	-1,00	-1,50
<i>Componentes da atividade e participação</i>															
Fonte de renda	ocupação remunerada				50	7			60	3			↙	↙	↙
	seguridade social				50	7			40	2	↙	↙			
Encaminhamento para eletrodiagnóstico	encaminhado				79	11			100	5	↙	↙	↙	↙	↙
	não encaminhado				21	3			0	0					
Pratica esporte?	Sim				71	10			100	5	↙	↙	↙	↙	↙
	Não				29	4			0	0					
<i>Fator ambiental</i>															
Escolaridade	superior				50	7			60	3	↙	↙			↙
	ensino médio				21	3			20	1				↙	
	ensino fundamental				29	4			20	1			↙		

IMC: Índice de Massa Corpórea; kg: Quilograma; m: Metro; g: Grama; cm: Centímetro; DMO: Densidade Mineral Óssea, T-Score: Desvios padrão em relação à média para mulheres jovens brancas saudáveis, segundo a Organização Mundial de Saúde; CV: Coeficiente de variação; DP: Desvio Padrão; min: Mínimo; max: Máximo; P1: Paciente 1; P2: Participante 2; P3: Participante 3; P4: Participante 4; P5: Participante 5. O símbolo ↙ indica em qual participante a classe da variável qualitativa foi identificada.

5.4. Condição de saúde da amostra dos elegíveis para a intervenção

Ao final do presente estudo observacional que precedeu a formação de uma amostra de cinco aptos a prosseguir no treinamento de ciclismo assistido por eletroestimulação, podemos constatar algumas características do estado de saúde no componente da estrutura e função do corpo que definem requisitos para se eleger candidatos em condição de tetraplegia e paraplegia.

A figura 8 permite reconhecer que níveis de lesão em L1 e inferiores acabam por comprometer o cone medular e as raízes nervosas da cauda equina, o que gera uma lesão com comprometimento da musculatura inervada pelo plexo lombo-sacral, com consequente lesão medular do tipo flácida e com desnervação. Nossa amostra foi representativa de lesão alta (tetraplegia) em nível C5, com zona de preservação limitada no nível T4, preservação parcial abaixo de T4 até T7 e zona de perda abaixo de T7, constituída por três participantes com tetraplegia e dois com paraplegia. Todos com nível de lesão medular acima de T7.

Ainda que predominantemente a amostra tenha sido formada por pessoas com lesão medular completa (AIS A), a maioria dos participantes possuíam zona de preservação parcial compreendida entre 2 e 3 níveis medulares, com um paciente mapeado com uma grande zona de preservação parcial compreendida entre T5 e T11 no sentido craniopodálico. O participante em questão (P3, Figura 8), foi o único não classificado como lesão do tipo AIS A. Ainda tivemos um único participante (P2, Figura 8) que não possuía zona de preservação parcial.

Conforme observado, 100% deles possuíam lesão traumática, uma consequência do critério de elegibilidade. Dentre as causas do trauma, três (42,85%) foram em decorrência de mergulho em águas rasas, três (42,85%) por arma de fogo e um (14,28%) acidente motociclístico.

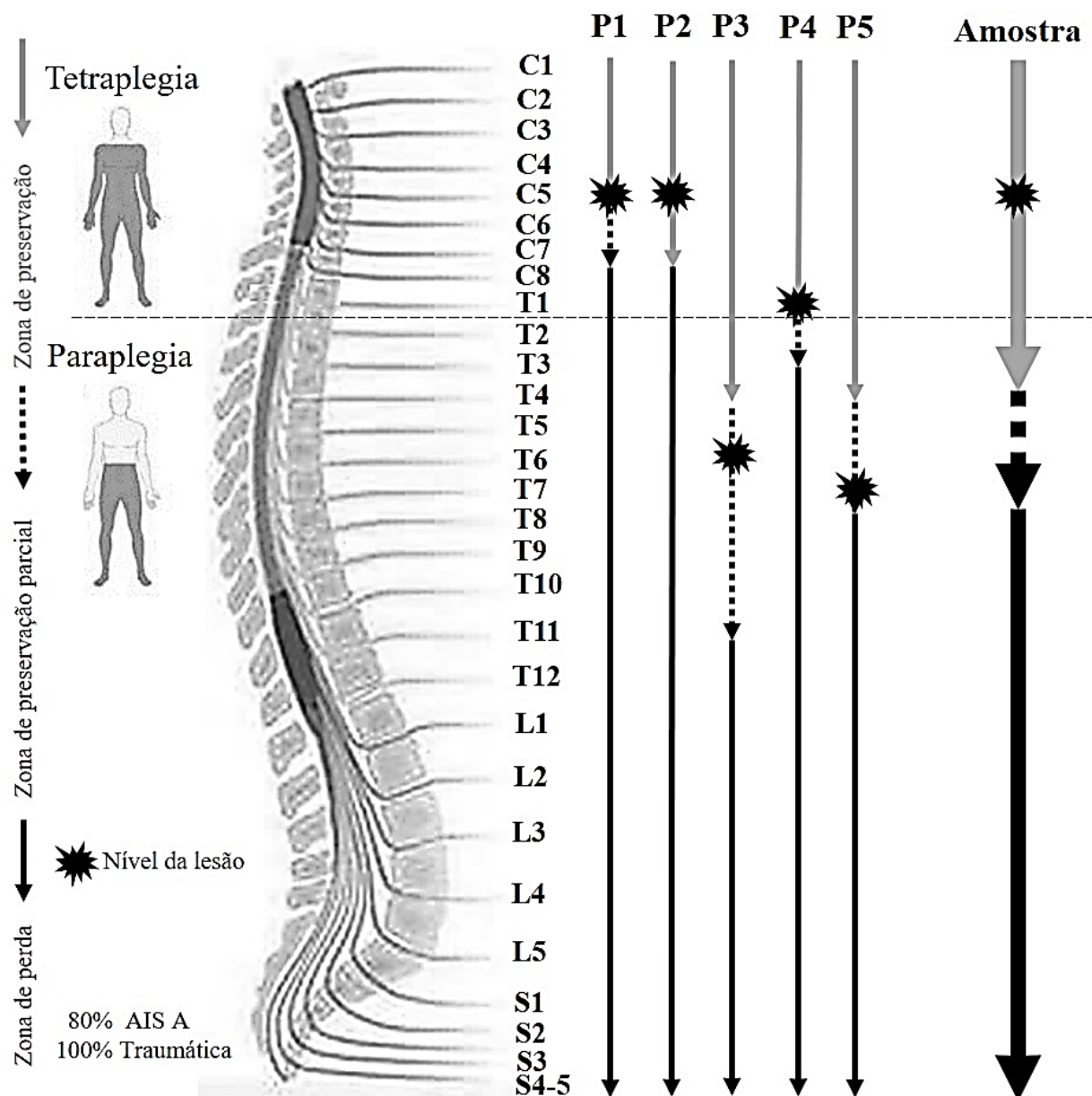


Figura 8. Figura ilustrativa da coluna vertebral e medula espinhal em corte sagital que detalham por elementos visuais a condição de saúde objeto desse estudo: paraplegia e tetraplegia. A amostra composta por cinco participantes (P1, P2, P3, P4 e P5) cujas zonas de preservação (seta cinza com sentido para baixo), de preservação parcial (linha preta pontilhada vertical) e perda (seta preta com sentido para baixo) foram indicadas à esquerda da figura, indicam em qual nível medular cervical (C1 a C8), torácico (T1 a T12), lombar (L1 a L5) e sacral (S1 a S5), sendo o nível coccígeo não indicado na figura. Por meio de legendas a esquerda da figura, foram indicados a porcentagem na amostra que reflete a completude da lesão classificada na AIS (*Asia Impairment Scale*) e a natureza etiológica da lesão. As fichas para Classificação Neurológica da medula espinhal AIS se encontra em ANEXO 06. Fonte: Autor.

5.5. Responsividade e contração evocada

Embora nenhuma diferença significativa tenha sido detectada entre a responsividade da contração evocada nos quadríceps entre os lados direito e esquerdo (Tabela 2), o coeficiente de variação (CV) revelou uma tendência a maior variabilidade na distribuição dos valores de reobase obtidos no quadríceps da esquerda que provavelmente influenciou o mesmo padrão observado no índice de acomodação.

A mediana dos valores de reobase para todos os músculos do quadríceps revelou que cerca de 8 mA foi suficiente para promover uma contração visível e que um pulso com largura de cerca de 200 μ s já mostrava responsividade muscular frente à uma intensidade de corrente elétrica com o dobro da reobase (Tabela 2). Em termos de acomodação, a intensidade mínima para evocar contração visível foi cerca de 15 mA, cerca de duas vezes a intensidade obtida na reobase, gerando índices de acomodação próximos a 2 para todos os músculos avaliados.

Ainda que o índice de acomodação tenha permanecido próximo de 2, foram registrados índices mínimos de 0,6 e as medianas dos músculos bilateralmente registrados ficaram abaixo de 2 para a maioria dos músculos testados, sugerindo a instalação de distúrbios de excitabilidade neuromuscular, principalmente notado no músculo vasto medial.

A correlação (*point biserial model*) entre as variáveis dependentes (reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação) e as variáveis independentes (intensidade para evocar contração eletroestimulada em níveis 1, 3, 3 e 4) foram utilizadas para calcular o poder estatístico (*power*) para a nossa série de sete casos. O teste *post hoc* para estimar o poder estatístico alcançado para uma amostra de $n=7$ para um $\alpha=0,05$ em teste bicaudal para um tamanho de efeito desejado de 80% foi de 80,3%, o que garante credibilidade na recomendação das correlações identificadas na série de casos. O poder estatístico foi calculado no *software* GPower 3.1.

Tabela 2 Caracterização dos parâmetros eletrodiagnósticos para os participantes da etapa de contração evocada (n=7) para os músculos no quadríceps femoral bilateralmente evocados (direito e esquerdo).

Parâmetros do Eletrodiagnóstico		Quadríceps		Etapa da Contração Evocada (n=7)	
Variável	Unidade	Músculo	Lado	Mediana [min; max]	CV
Reobase	mA	Reto	direito	5 [3; 13]	51,4%
		Femoral	esquerdo	8 [3; 19]	67,7%
		Vasto	direito	8 [4; 12]	32,4%
		Lateral	esquerdo	7 [3; 12]	39,1%
		Vasto	direito	7 [3; 11]	37,2%
		Medial	esquerdo	9 [4; 11]	39,9%
		Reto	direito	200 [100; 400]	55,9%
		Femoral	esquerdo	200 [150; 700]	64,4%
Cronaxia	µs	Vasto	direito	300 [150; 500]	39,7%
		Lateral	esquerdo	300 [150; 400]	37,4%
		Vasto	direito	200 [100; 700]	79,7%
		Medial	esquerdo	150 [70; 300]	41,8%
		Reto	direito	10 [7; 24]	50,2%
		Femoral	esquerdo	17 [8; 33]	56,8%
Acomodação	mA	Vasto	direito	12 [7; 22]	48,0%
		Lateral	esquerdo	13 [5; 28]	47,7%
		Vasto	direito	13 [5; 15]	35,7%
		Medial	esquerdo	10 [5; 16]	44,4%
		Reto	direito	1,8 [1,0; 2,3]	23,9%
		Femoral	esquerdo	2,0 [1,1; 4,1]	48,0%
Índice de Acomodação	adimensional	Vasto	direito	1,8 [1,1; 2,4]	29,3%
		Lateral	esquerdo	2,0 [1,4; 4,0]	42,5%
		Vasto	direito	1,7 [1,0; 2,4]	26,2%
		Medial	esquerdo	1,4 [0,6; 2,5]	44,4%

Nenhuma diferença significativa foi detectada pelo teste de Wilcoxon ($p > 0,05$).

Unidades – mA: Miliampere; µs: Microsegundo, min: Mínimo; max: Máximo.

5.6. Modelos preditivos para contração evocada nível 1

A plotagem da dispersão entre os valores de reobase obtidos no eletrodiagnóstico frente a intensidade de corrente necessária para produzir uma contração muscular de nível 1 para os músculos do quadríceps femoral direito e esquerdo revelaram que os valores de reobase variando entre 3 e 19 mA (Tabela 2) não se correlacionaram significativamente com as intensidades empregadas que variaram de 5 a 25 mA para o reto femoral, para o vasto lateral e para o vasto medial igualmente (Figura 9). O mesmo padrão de análise, porém para a cronaxia, revelou que as larguras de pulso empregadas para promover contração de nível 1 variaram de 300 a 700 μ s (Tabela 2) e da mesma forma, não indicaram correlação significativa detectada pelo teste de correlação de Spearman para as mesmas variações de intensidade necessárias para visualizar traços de contração dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial (Figura 10).

Diferentemente, ao proceder a mesma análise para as intensidades de corrente dispendidas para identificar a acomodação (Figura 11) e posterior cálculo do índice (Figura 12), uma correlação significativa ($p < 0,05$) e muito forte ($r \geq 0,9$) no vasto medial esquerdo, permitiu se descrever uma equação de reta em que a intensidade de corrente da acomodação poderia prever a intensidade de corrente necessária para produzir uma contração de nível 1 (Figura 11F). Ainda, embora não configurando correlação significativa, duas tendências de correlação ($0,05 > p > 0,10$) foram também identificadas na análise da acomodação, indicando forte correlação ($0,7 \leq r \leq 0,9$) entre a intensidade de corrente obtida na acomodação frente à intensidade de corrente necessária para evocar um traço de contração (nível 1) no reto femoral direito (Figura 11A) e no vasto medial esquerdo (Figura 11D).

A acomodação que variou dentre os participantes que chegaram à etapa de contração evocada ($n=7$) de 5 a 28 mA (Tabela 2), parece ser uma variável dependente com potencial para prever a intensidade de corrente elétrica necessária para produzir traço de contração muscular.

A mesma análise para o índice de acomodação não gerou correlação significativa (Figura 12). Ademais, ao introduzirmos uma linha vertical no valor referencial para diagnóstico de distúrbios da excitabilidade neuromotora ($IA=2$), foi possível destacar que em muitos casos, o índice de acomodação ficou abaixo do valor referencial.

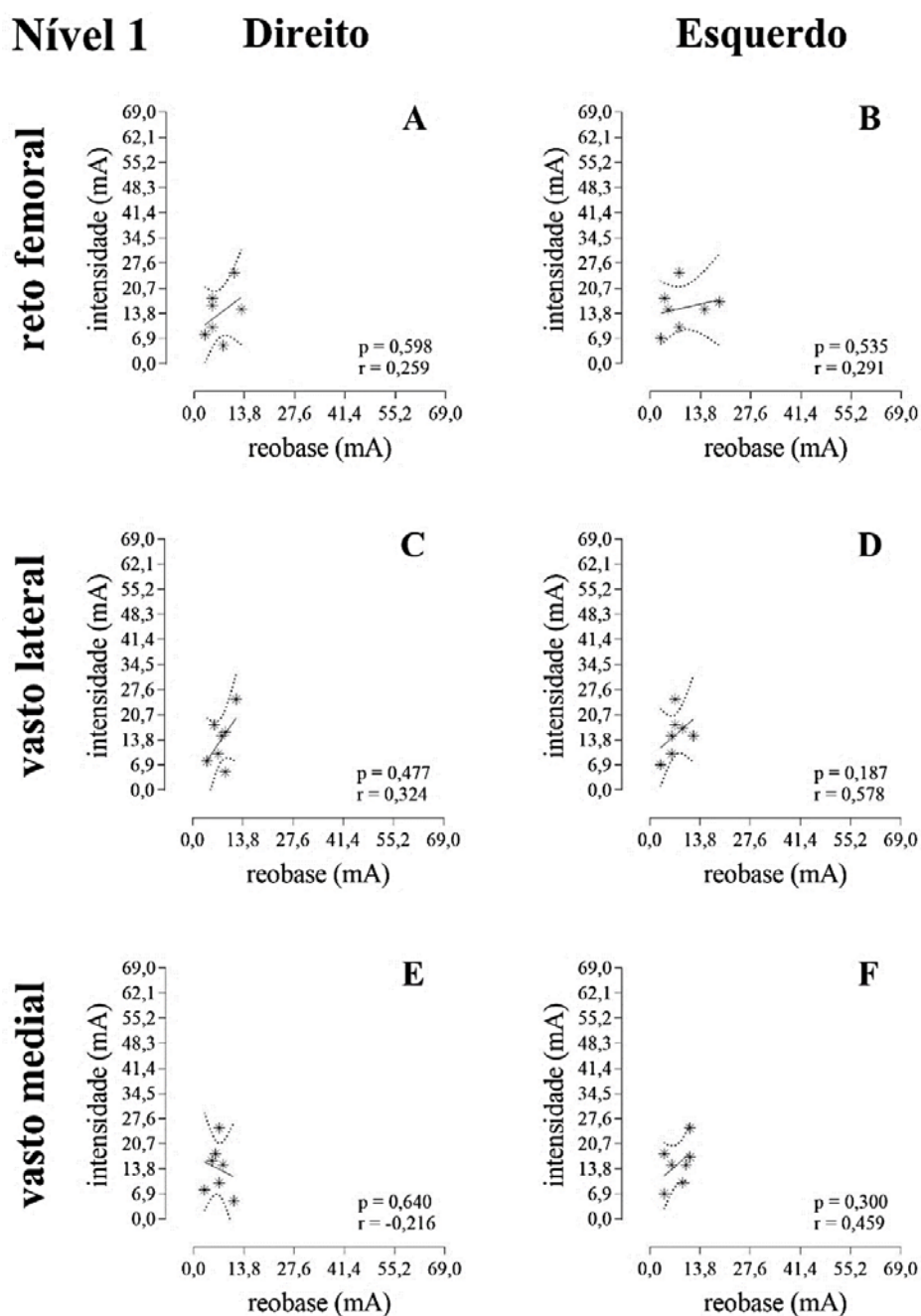


Figura 9. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

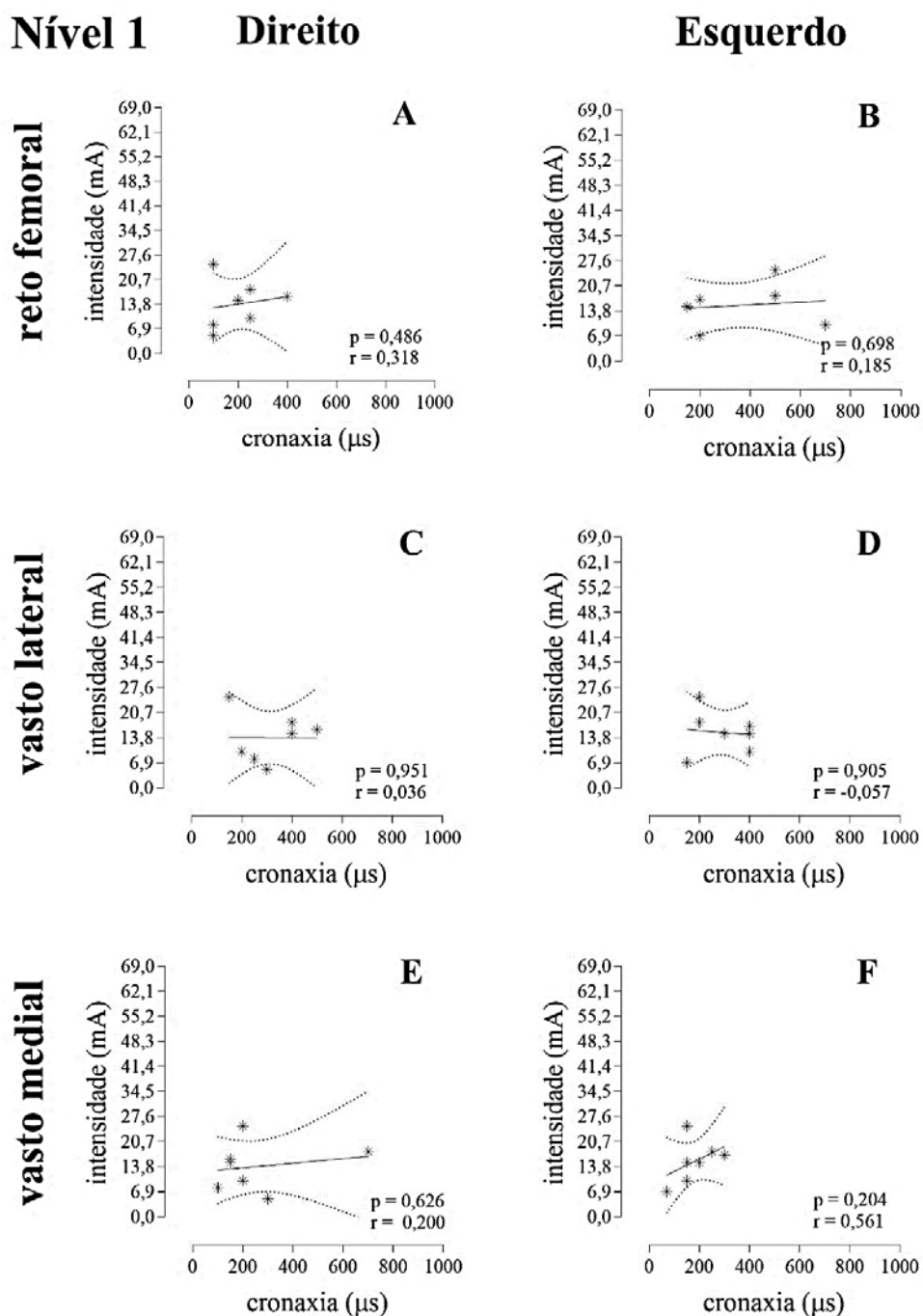


Figura 10. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (retro femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

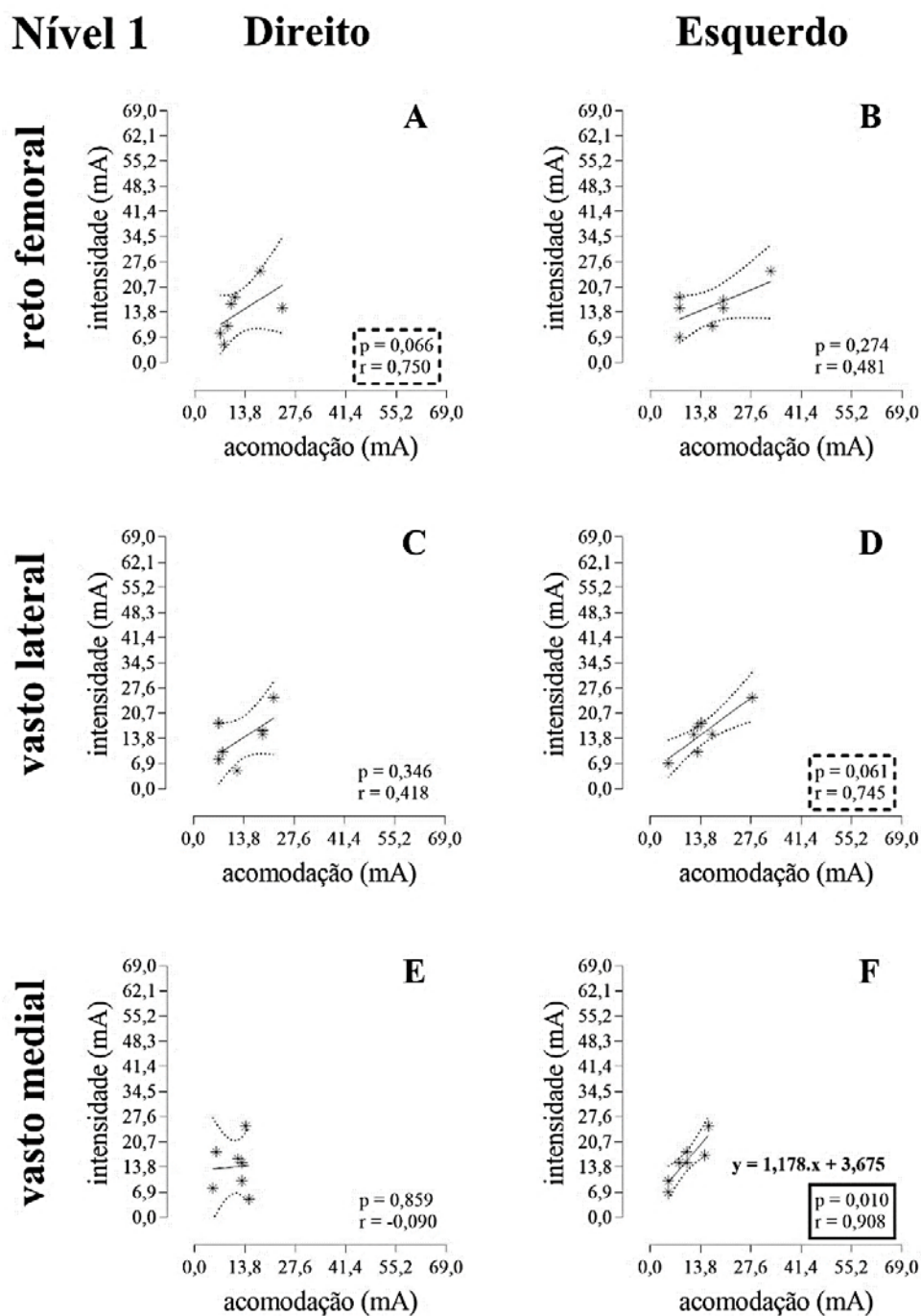


Figura 11. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

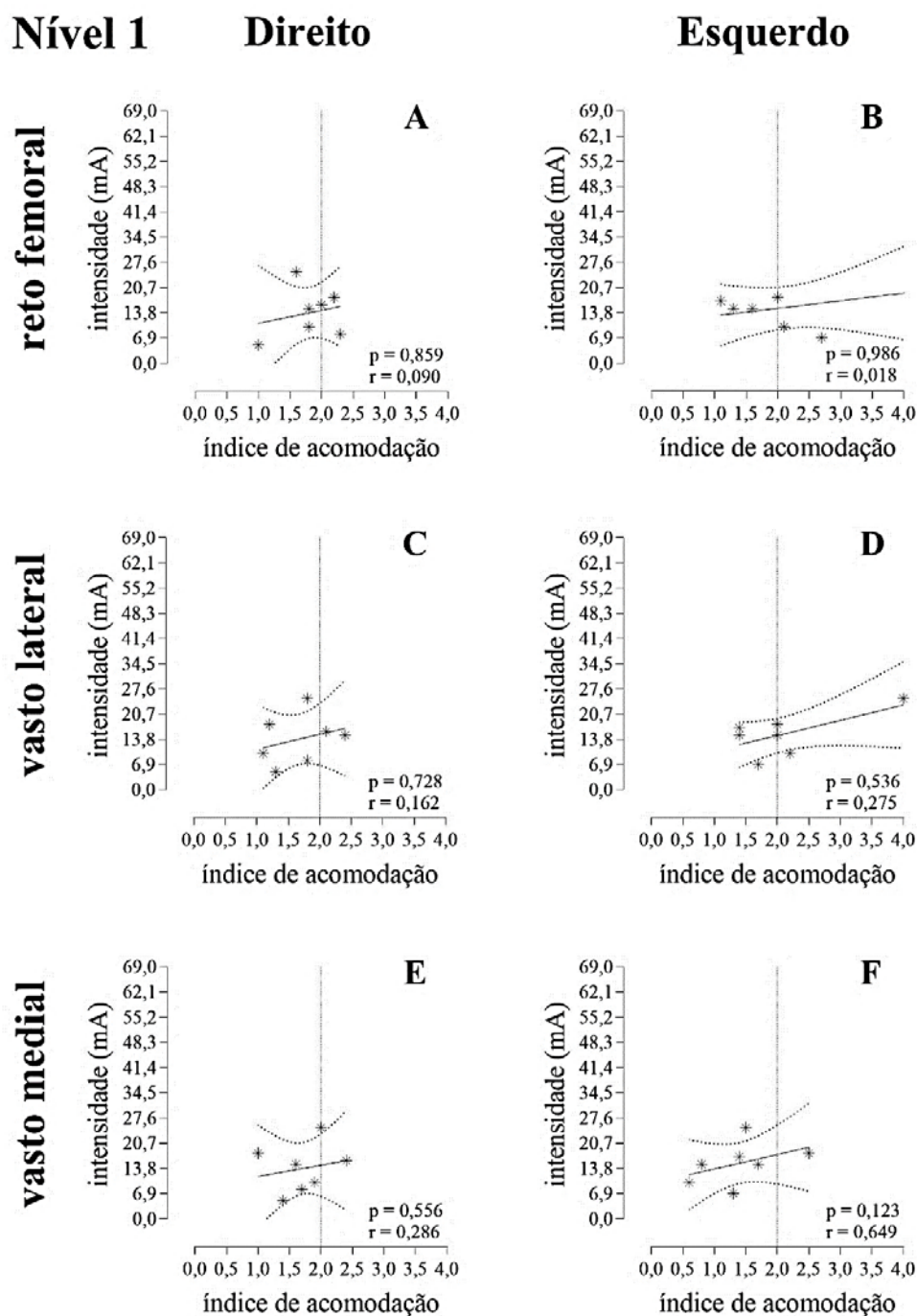


Figura 12. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 1 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

5.7. Modelos preditivos para contração evocada nível 2

A plotagem da dispersão entre os valores de cronaxia obtidos no eletrodiagnóstico frente a intensidade de corrente necessária para produzir uma contração muscular de nível 2 para os músculos do quadríceps femoral direito e esquerdo revelaram variação entre 300 e 700 μ s (Tabela 2) que não se correlacionou significativamente com as intensidades empregadas que variaram de 9 a 36 mA para o reto femoral, para o vasto lateral e para o vasto medial igualmente (Figura 14). O mesmo padrão de análise, porém para índice de acomodação, mostrou variação de 0,6 a 4,1 (Tabela 2) e da mesma forma não indicaram correlação significativa detectada pelo teste de correlação agora para visualizar contração dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial que vencesse minimamente a gravidade (Figura 16). Pela linha vertical introduzida no valor referencial para diagnóstico de distúrbios da excitabilidade neuromotora ($IA=2$), continua sendo possível destacar que em muitos casos, o índice de acomodação ficou abaixo do valor referencial (Figura 16).

Diferentemente, ao proceder a mesma análise para as intensidades de corrente dispendidas para identificar tanto a reobase (Figura 13) como a acomodação (Figura 15), tendências a correlação (Figuras 13D e F; e Figura 15B), bem como duas correlação significativas ($p<0,05$; Figuras 15A e D), sendo uma muito forte ($r\geq 0,9$) no reto femoral direito (Figura 15A) e outra forte correlação ($0,7\leq r<0,9$) no vasto lateral esquerdo (Figura 15D), permitiu serem descritas equações de reta em que a intensidade de corrente da acomodação poderia prever a intensidade de corrente necessária para produzir uma contração de nível 2.

A acomodação que na contração de nível 1 já se mostrou uma possível candidata a preditora de intensidade de contração (Figura 11), continuou a estabelecer correlações que com potencial para prever a intensidade de corrente elétrica necessária para produzir de uma contração muscular nível 2. Ainda, quando a contração gerada foi de nível 2, a reobase começou a mostrar tendência de correlação com o nível de intensidade da contração eletricamente evocada.

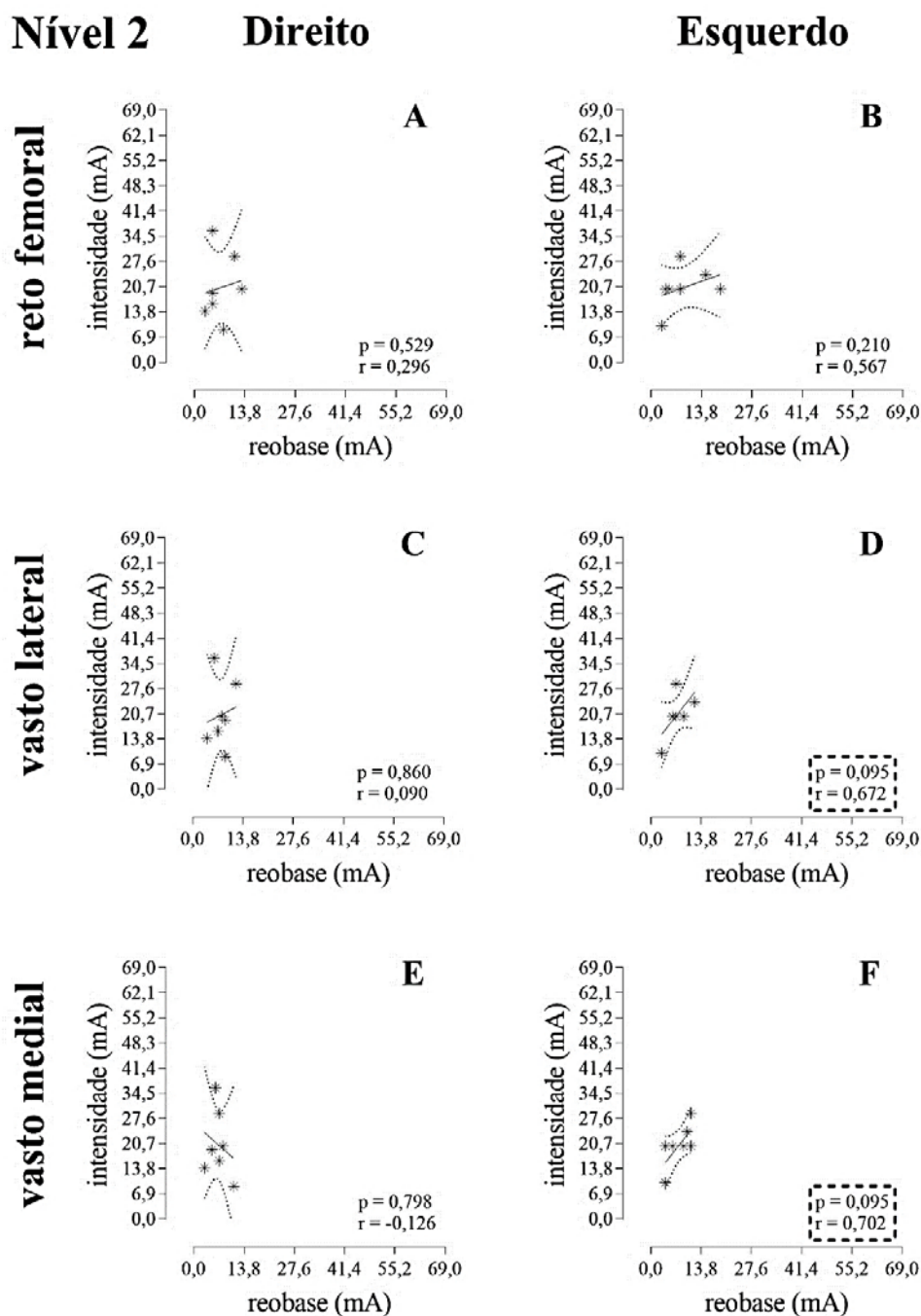


Figura 13. Pannel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (retro femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

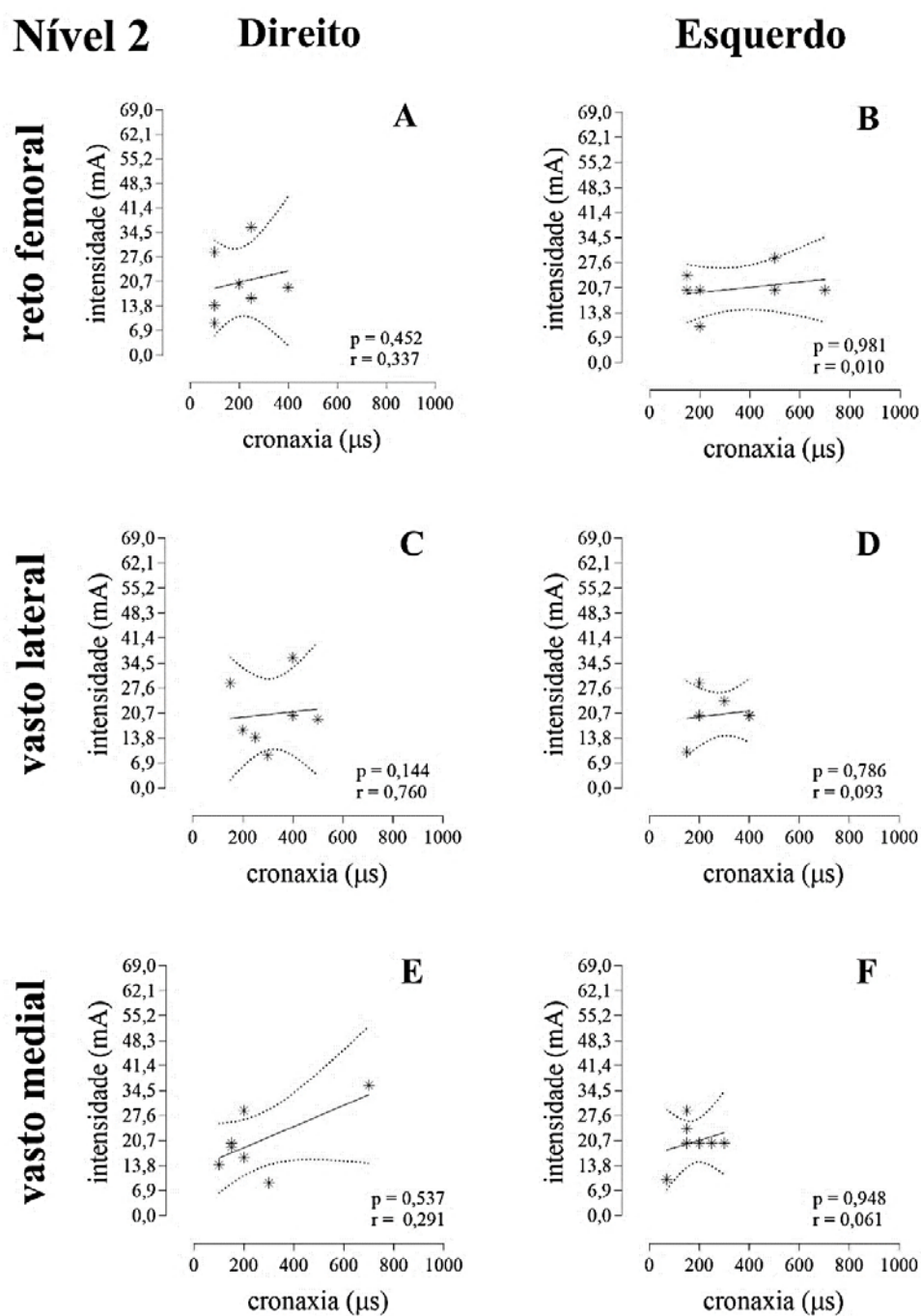


Figura 14. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Cronaxia (μ s) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (retro femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

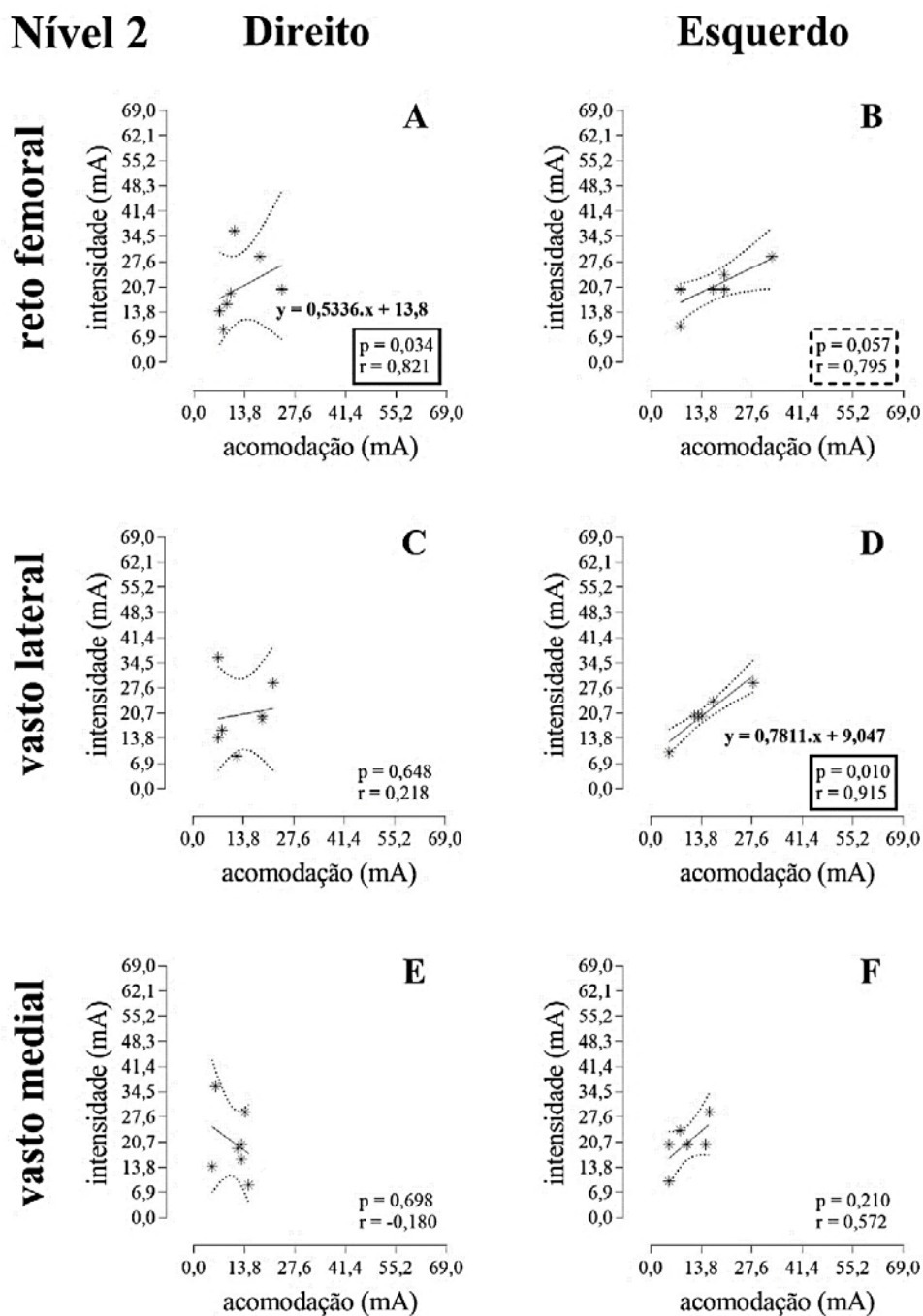


Figura 15. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

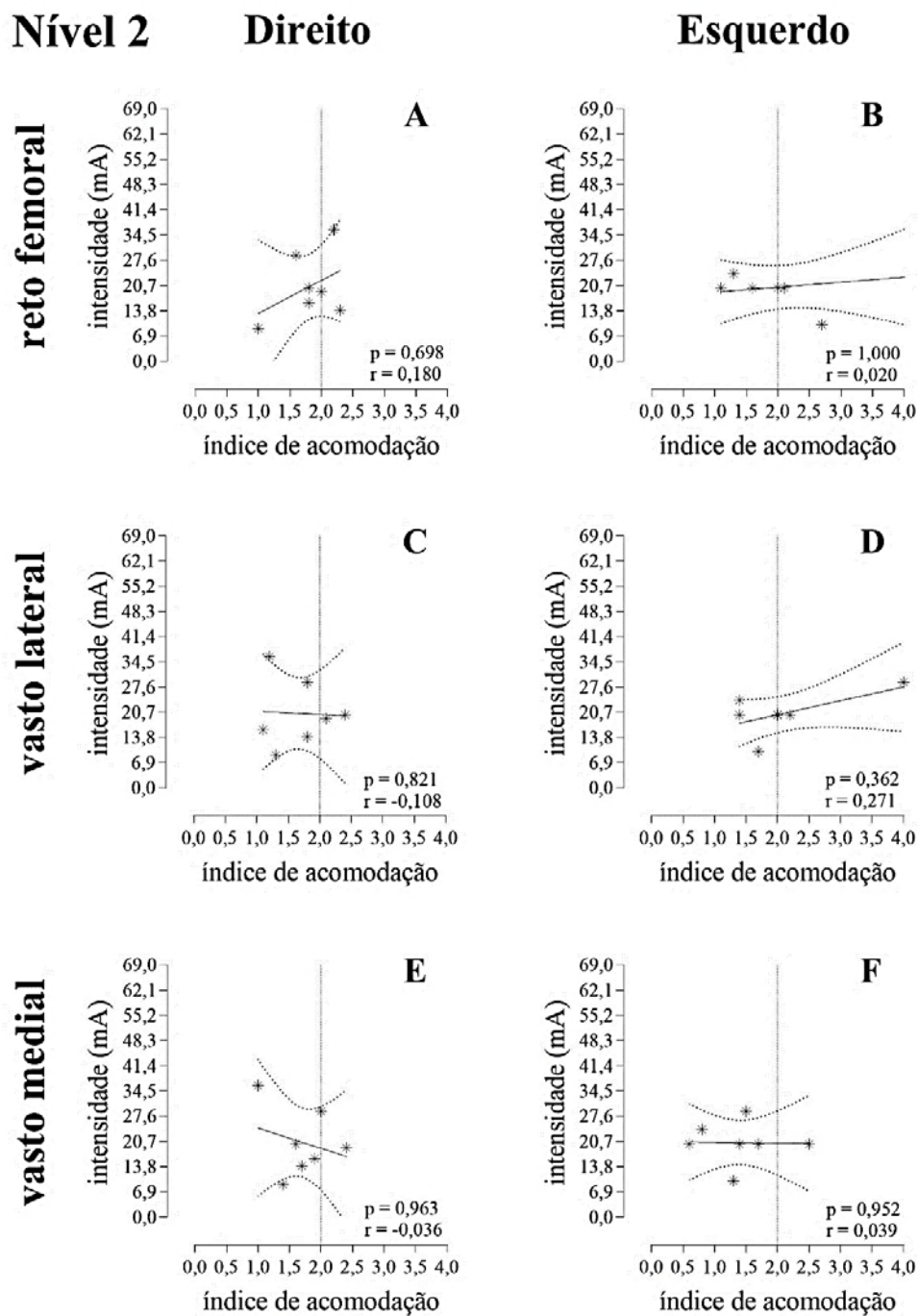


Figura 16. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 2 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

5.8. Modelos preditivos para contração evocada nível 3

Da mesma forma, agora para contração evocada em nível 3, a plotagem da dispersão entre os valores de cronaxia obtidos no eletrodiagnóstico para os músculos do quadríceps femoral direito e esquerdo revelaram que os valores de cronaxia variaram entre 300 e 700 μ s (Tabela 2), novamente não se correlacionaram significativamente com as intensidades empregadas que variaram de 15 a 60 mA para o reto femoral, para o vasto lateral e para o vasto medial atingirem nível 3 de contração (Figura 18). O mesmo padrão de análise, para índice de acomodação, revelou que a relação reobase/cronaxia para situação de contração de nível 3 variou de 0,6 a 4,1 (Tabela 2) e da mesma forma não indicaram correlação significativa detectada para visualizar contração dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial que vencesse a gravidade (Figura 16). Ademais, em comparação ao valor referencial para diagnóstico de distúrbios da excitabilidade neuromotora (IA=2), foi possível também destacar que em muitos casos, o índice de acomodação ficou abaixo do valor referencial (Figura 20).

Ainda, uma tendência de correlação ($0,05 > p > 0,10$) para a reobase e duas para a acomodação foram identificadas, indicando fortes correlações ($0,7 \leq r \leq 0,9$) entre a intensidade de corrente obtida no eletrodiagnóstico frente à intensidade de corrente necessária para evocar uma contração nível 3 nos músculos vasto medial esquerdo (Figura 17F), reto femoral esquerdo (Figura 19B) e no vasto lateral esquerdo (Figura 19D) respectivamente.

Ainda que não tenhamos obtidos correlações significativas para contrações eletricamente evocadas em nível 3, a acomodação que variou dentre os participantes de 5 a 28 mA (Tabela 2), permaneceu a mostrar tendências que indicam, ainda que menos evidente, ser a acomodação uma variável dependente com potencial para predizer a intensidade de corrente elétrica necessária para produzir uma contração muscular nível 3.

Outra observação importante no comparativo com as contrações nível 1 e 2 é um padrão de haver mais correlação significativa e tendências a correlação no quadríceps esquerdo.

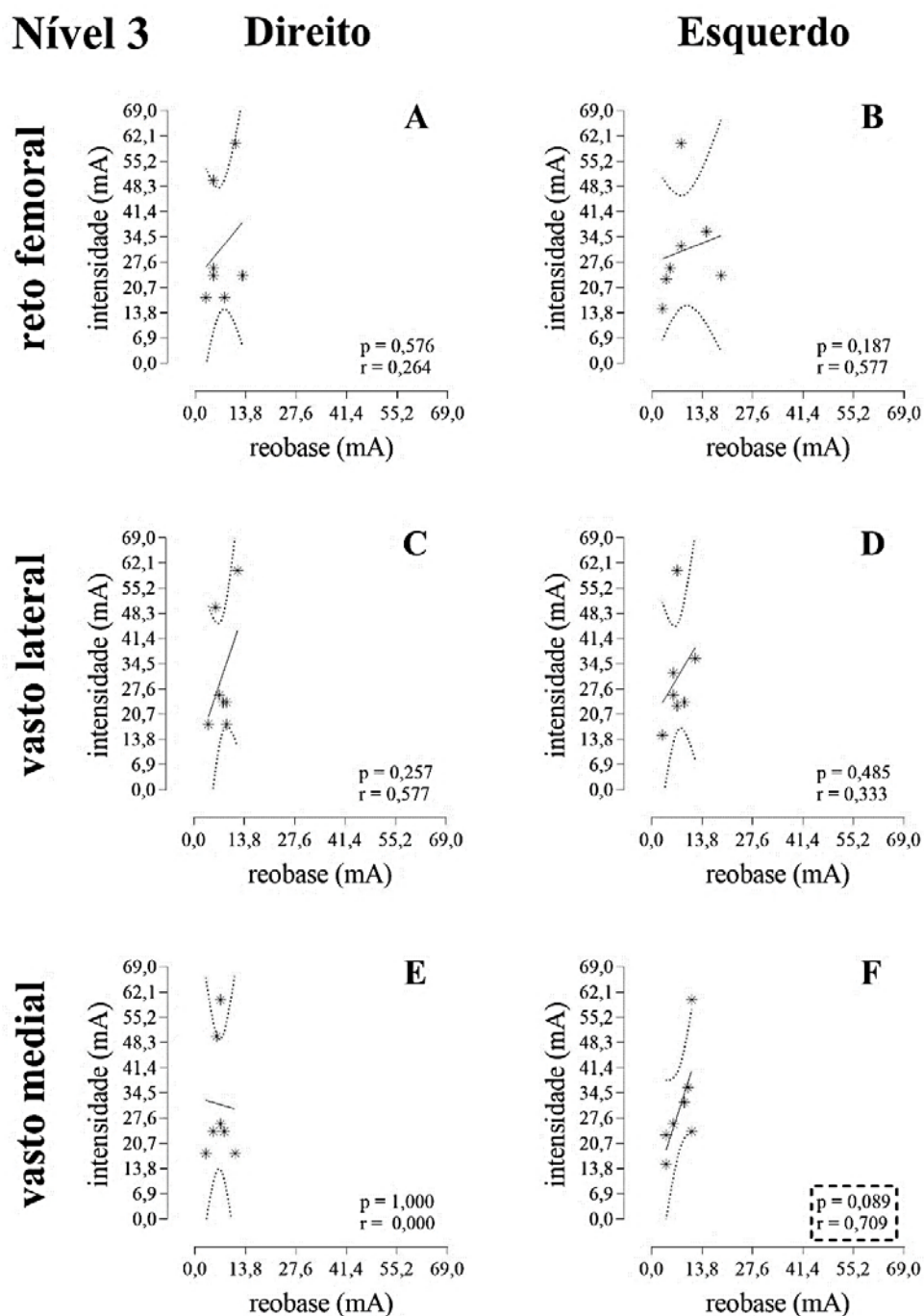


Figura 17. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Rebase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

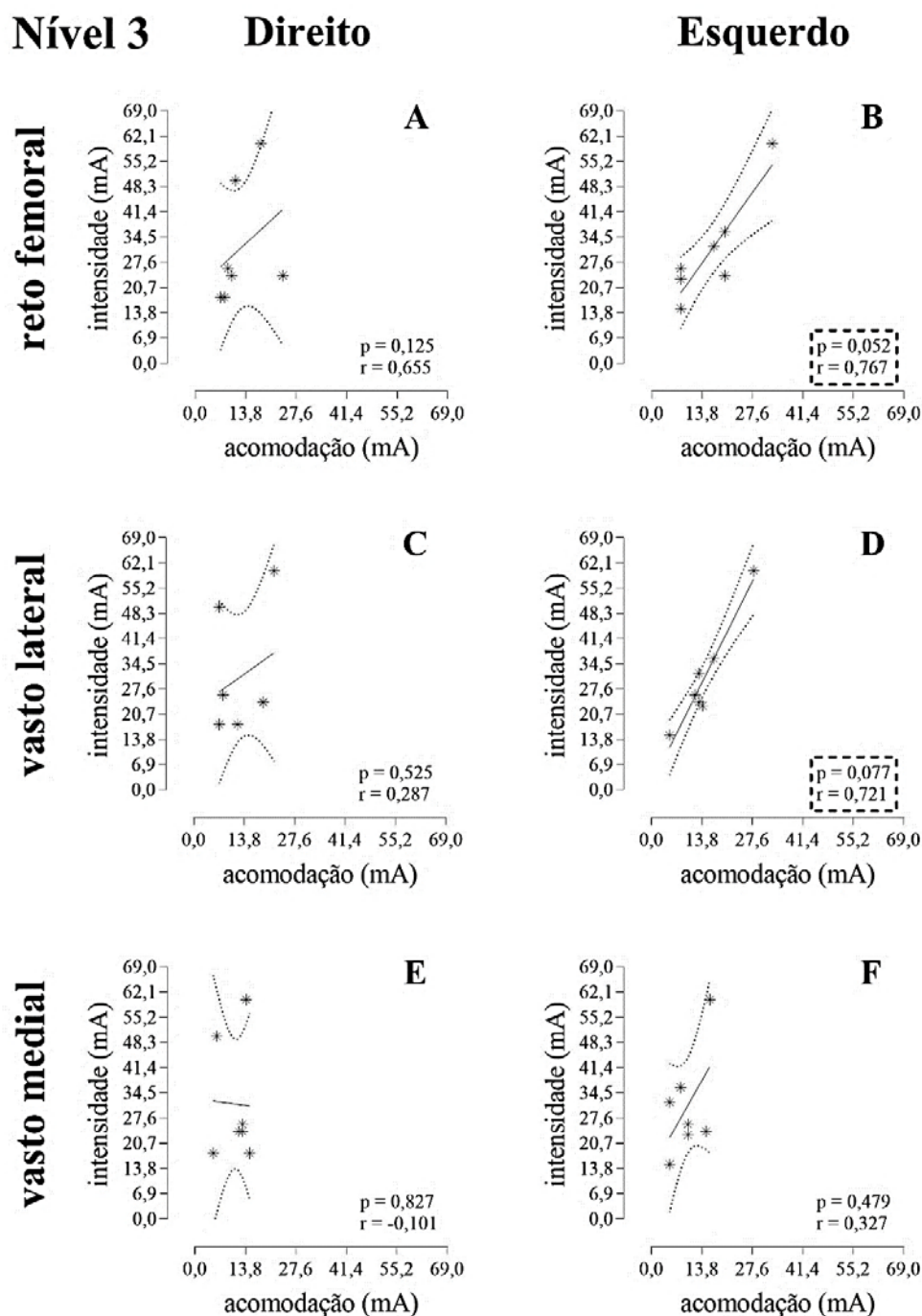


Figura 19. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

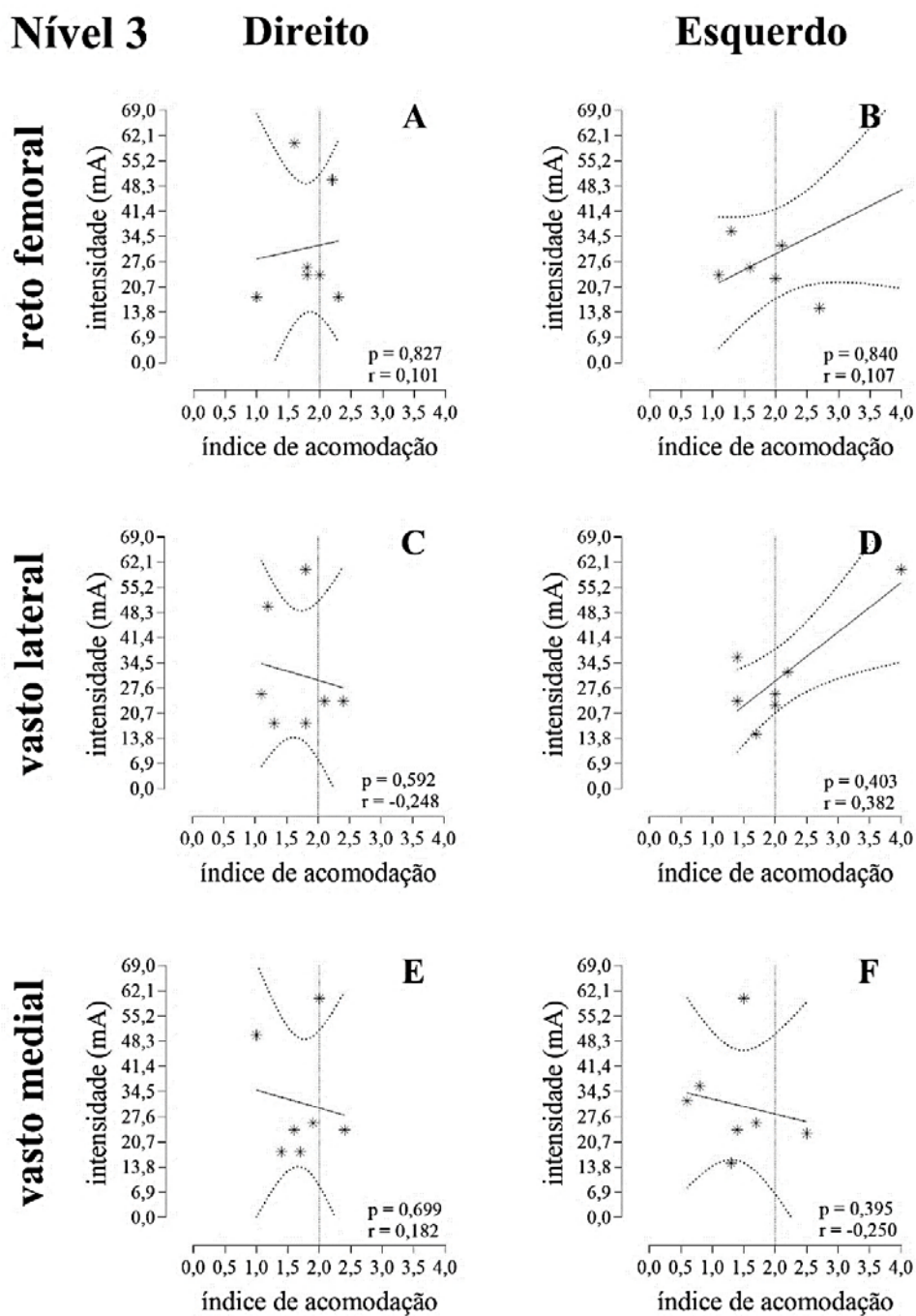


Figura 20. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 3 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

5.9. Modelos preditivos para contração evocada nível 4

Diferentemente do padrão esperado com base no que se evidenciou para os níveis de contração 1, 2 e 3, quando presenciamos sempre correlações significativas ou, ao menos, tendências à correlação dos valores principalmente da acomodação em alguns dos músculos do quadríceps, notadamente no lado esquerdo com às intensidades de corrente elétrica dispendida para contrair o músculo, nas contrações eletricamente evocadas em nível 4, nenhuma correlação foi observada.

A plotagem da dispersão entre os valores de reobase obtidos no eletrodiagnóstico frente a intensidade de corrente necessária para produzir uma contração muscular de nível 4 para os músculos do quadríceps femoral direito e esquerdo variaram entre 3 e 19 mA (Tabela 2) para intensidades empregadas para contrair os músculos que variaram de 20 a 69 mA (Figura 21). A cronaxia, por sua vez, revelou que as larguras de pulso também variaram de 300 a 700 μ s (Tabela 2) para produzir contração com resistência nos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial (Figura 22).

A acomodação (Figura 23) e o índice de acomodação (Figura 24) variaram de 5 a 33 mA, e de 0,6 a 4,1 respectivamente. Nas análises para contrações nível 4 também foi possível constatar que, em função do valor referencial para diagnóstico de distúrbios da excitabilidade neuromotora ($IA=2$), muitos casos ficaram abaixo do valor referencial.

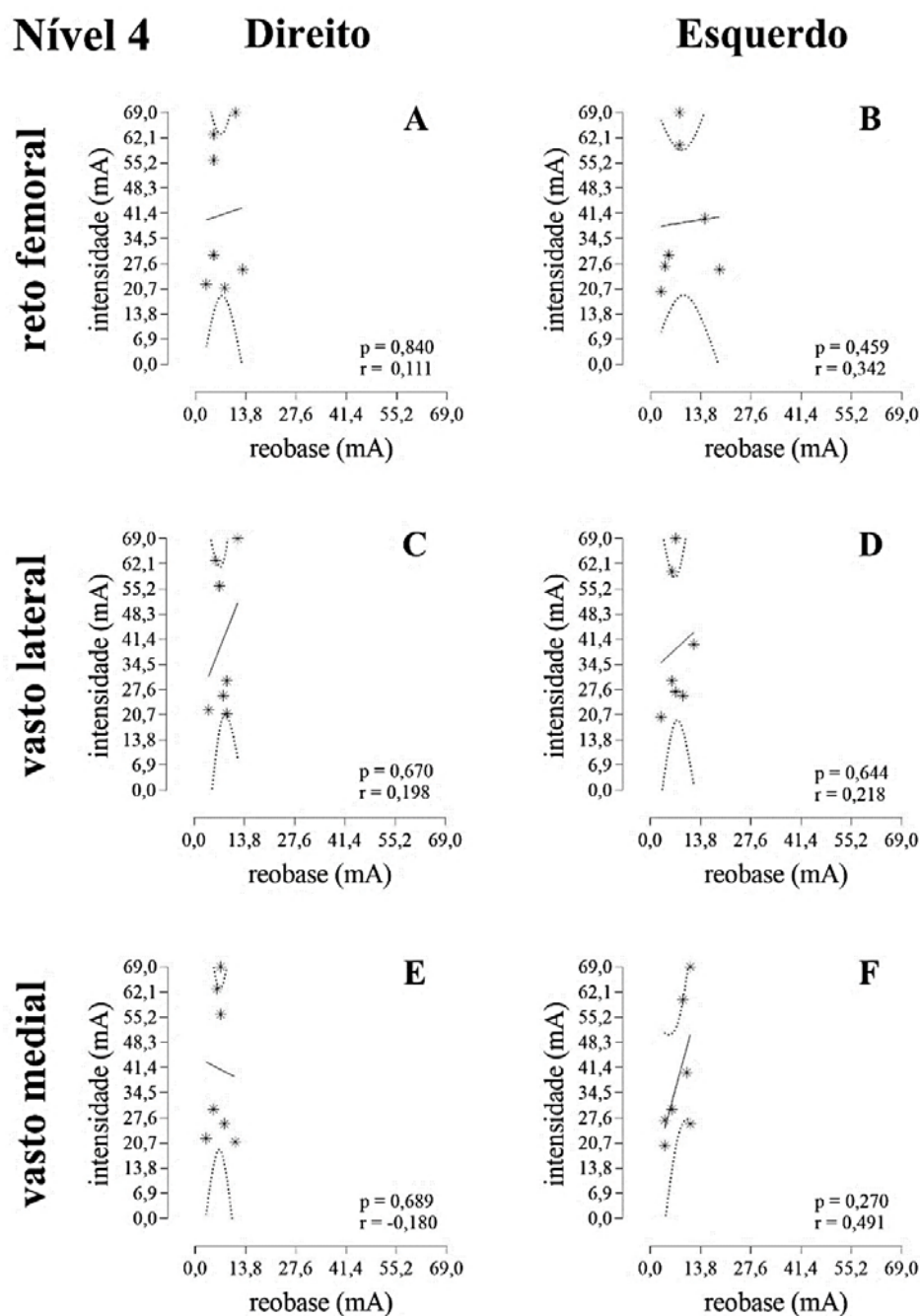


Figura 21. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Reobase (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (retro femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

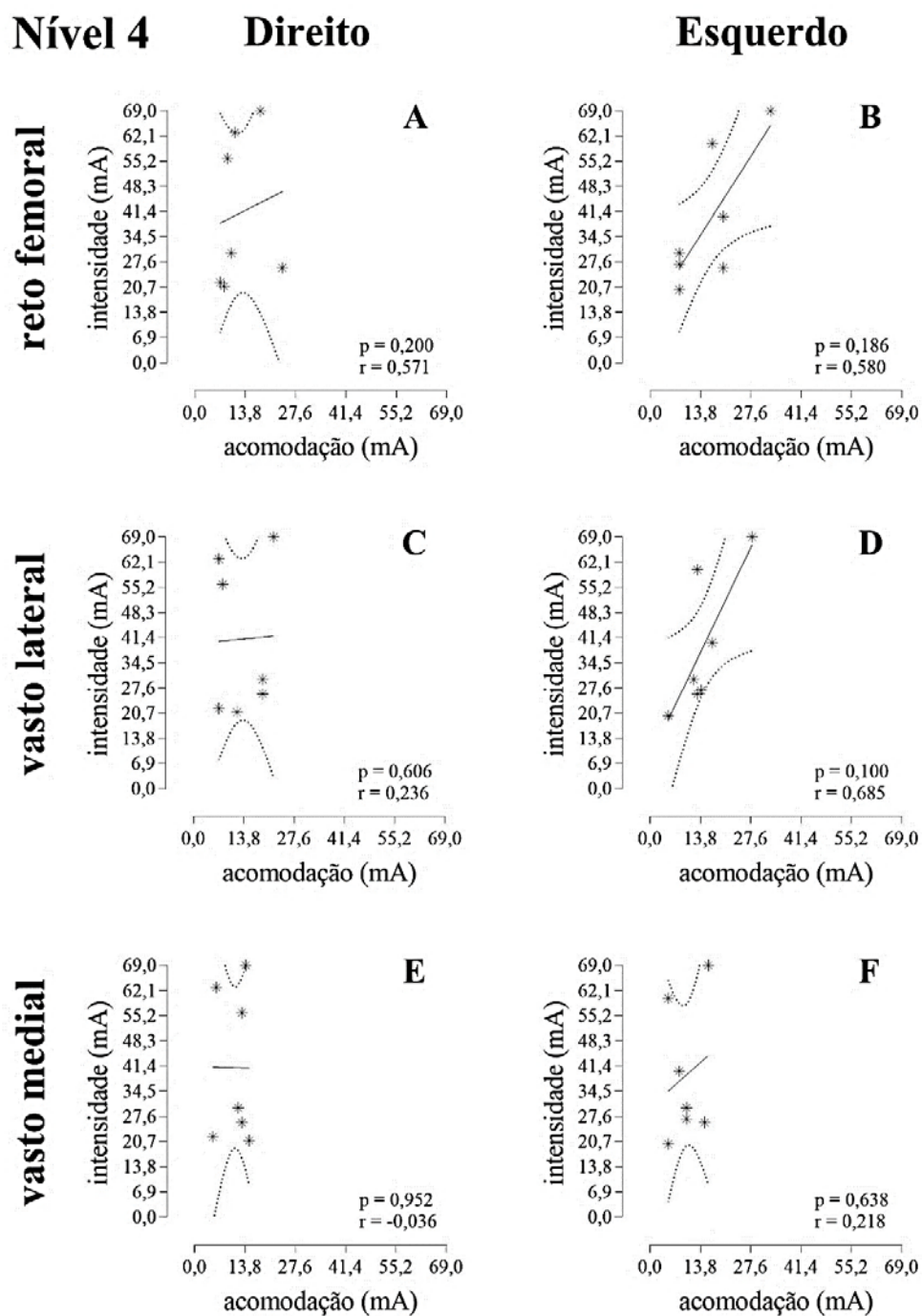


Figura 23. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Acomodação (mA) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

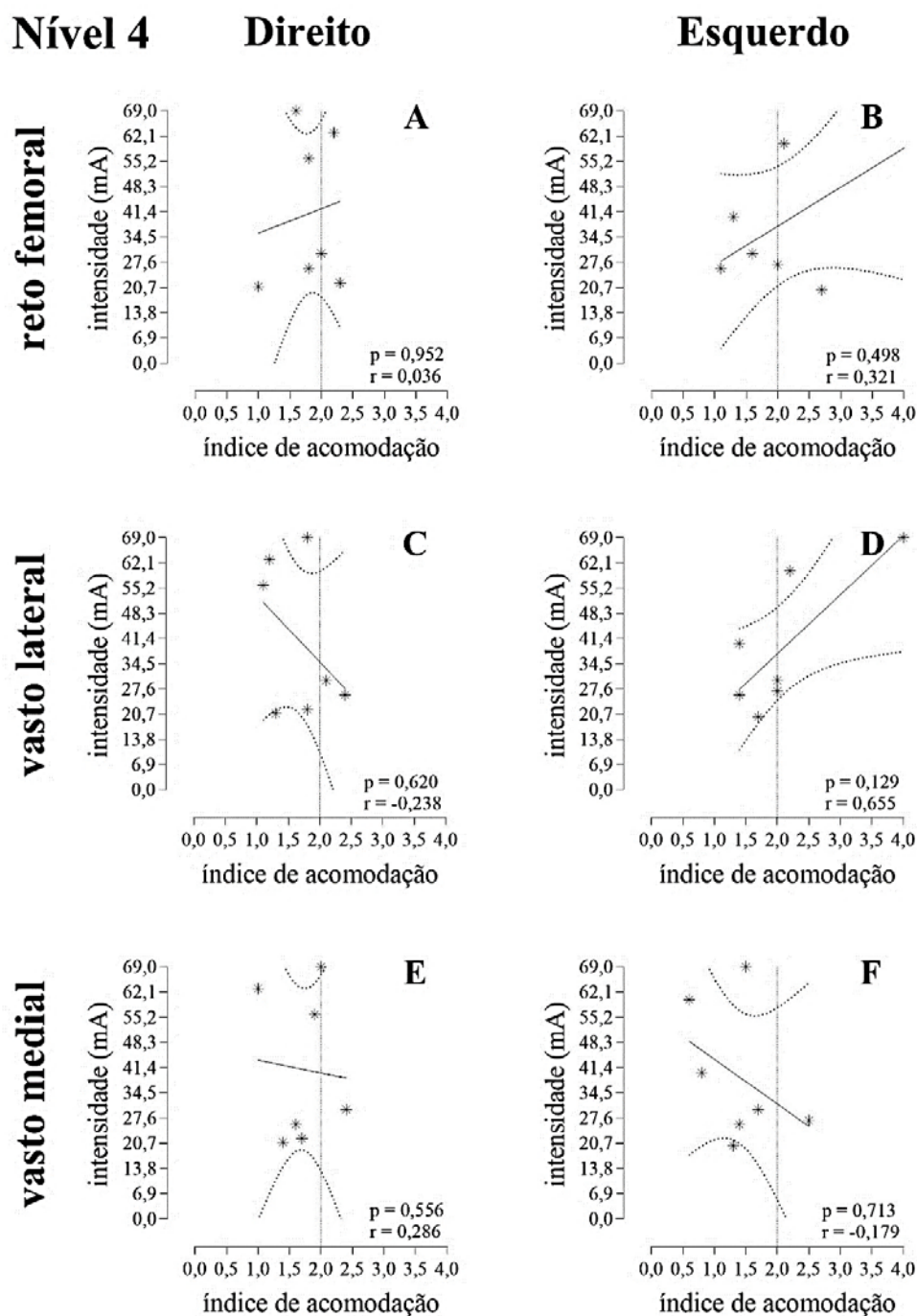


Figura 24. Painel com gráficos de dispersão obtidos por meio de uma regressão linear simples aplicada a série de sete casos, tomando como variável dependente os valores de Índice de Acomodação (adimensional) obtidos no eletrodiagnóstico frente a variável independente, considerada aqui a intensidade de corrente elétrica (mA) necessária para gerar contração com nível 4 de força. Quando existia correlações significativas ($p < 0,05$), uma equação foi calculada na regressão linear para representar a reta indicada no gráfico, bem como seus limites superior e inferior do Intervalo de Confiança de 95% (IC 95% - linhas curvas tracejadas). Os valores de p e o coeficiente de correlação obtidos no teste de correlação de Spearman foram indicados no corpo de cada gráfico para os músculos do quadríceps (reto femoral – A e B; vasto lateral – C e D, vasto medial – E e F), tanto no lado direito (A, C e E) quanto no lado esquerdo (B, D e F). Quando o valor de p indicou tendências ($0,05 > p > 0,10$) ou significâncias ($p < 0,05$), os valores foram respectivamente indicados com uma caixa de borda tracejada ou contínua.

6. DISCUSSÃO

A presente pesquisa verificou o comportamento dos parâmetros que inferem sobre responsividade à eletroestimulação fornecidos pelo eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo em uma série de casos de pessoas com lesão medular candidatas a iniciar treinamento para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação. Ao analisar tais parâmetros e a intensidade de corrente necessária para gerar contração eletricamente evocada, encontramos indícios que permitiu formular hipóteses acerca da dosimetria inicial para estimulação funcional, bem como estabelecer critérios apropriados para eleger praticantes. Na presente discussão trouxemos ao leitor a nossa interpretação dos fenômenos observados em consonância com evidências formuladas ao longo do referencial teórico, bem como em consulta ao que existe sobre informações técnicas acerca da eletroestimulação funcional e em bases de periódicos com evidências atuais.

6.1. Adesão, procedência e características dos participantes

Dos 14 participantes que resultaram da triagem inicial que precedeu as etapas da amostragem (tabela 2) até a formação da amostra efetiva, enfrentamos 64,3% de perda até definir os participantes aptos a prosseguir para o treinamento de ciclismo assistido por eletroestimulação. Dos nove excluídos, cinco apresentaram motivos não relacionados a critérios de exclusão, mas sim a queixas sobre conciliar a rotina de suas atividades regulares com a pesquisa e dificuldades de deslocamento urbano.

Ao consideramos as características da Associação CETEFE – uma instituição onde seus beneficiários espontaneamente passam parte do dia com o propósito de realizar uma atividade física ou esporte adaptado – a participação em mais uma atividade (pesquisa) implicaria em uma mudança na rotina de horários, compromissos, deslocamento e alimentação, compromisso que parte dos selecionados não estava disposta a assumir ou revelara não ser provida de independência e autonomia para decidir. Apesar da semelhança na adesão à programas de reabilitação para o mesmo público (93), nos centros de reabilitação hospitalares a adesão à pesquisa parece mais bem-sucedida,

haja visto o número de sujeitos incluídos em estudos associados a essas instituições (51,94,95), favorecendo estudos de efeito em ensaios clínicos.

Embora estivéssemos vinculados a uma instituição, o caráter da atividade lá executada não é vinculado ao processo de reabilitação. Associado a tal fato, a intervenção proposta (ciclismo assistido por eletroestimulação) possui um caráter inovador que pode ter contribuído para insegurança de boa parte dos participantes, como, por exemplo, o uso da eletroestimulação, gerando um certo grau de desconfiança no sentido dos benefícios que a intervenção poderia trazer.

Em termos de procedência, ainda que tenhamos tido perdas e um dos fatores tenha sido dificuldades de deslocamento, verificamos que os participantes que aderiram ao estudo não se originavam somente de lugares nas proximidades do CETEFE. Tanto para os participantes recrutados (n=14), quanto para a amostra final (n=5) que representou uma distribuição demográfica de ampla cobertura no DF e Entorno, de tal forma que participantes de Planaltina a Luziânia permaneceram na amostra. Esses pacientes procedem de localidades que perfazem um raio de cobertura de 93 km a partir do polo de recrutamento. A participação no estudo de pessoas com deficiência que moram a mais de 50 km da Associação CETEFE, em parte se deve ao direito de acesso ao transporte público gratuito que os participantes usufruíram, o que de certa forma contradiz a queixa de alguns que abandonaram o estudo, razão pela qual acreditamos ter sido a insegurança a maior motivação. Aliado a isso, o Centro de Treinamento também possui reconhecimento público em movimentos de inclusão da pessoa com deficiência por meio do esporte adaptado e inserção no mercado de trabalho dessas pessoas desde 1990, fato comprovado pela capilaridade demográfica alcançada no Distrito Federal e Entorno.

Os recrutados (n=14) constituídos em 86% por homens, conferem a predominância masculina amplamente relatada em estudos epidemiológicos para a população geral de pessoas com lesão medular (34,35,96). Em relação a idade, a média de 40 anos dentre os recrutados e os que se mantiveram na amostra (38 e 42 anos respectivamente e sem diferenças significativas detectadas entre recrutados e amostrados) conferiu serem nossos participantes cerca de 10 anos mais velhos que a média nacional de pessoas com lesão medular (35).

Em análise da composição corporal, verificamos que a média do IMC dos participantes ficou dentro dos padrões de normalidade, porém, com características de

obesidade reveladas pela DEXA que registrou percentual de gordura por volta de 31,4% (91). A obesidade não identificada no IMC se deve a natureza da medida que traça uma proporção entre o quadrado do peso e estatura, enquanto o DEXA, por meio de exame de imagem, realiza uma leitura mais acurada da composição corporal entre massas de diferentes densidades, com análise localizada onde o tecido adiposo está mais concentrado (97). Em particular, para pessoas com lesão medular, as leituras do DEXA foram valiosas, uma vez que um dos quadros que se instala após a lesão medular é a perda de massa magra em membros inferiores e a substituição por tecido adiposo nessa região, predispondo a obesidade, como verificado dentre nossos participantes pela DEXA, mas não pelo IMC (97).

Embora a obesidade, cujas características de condutância do tecido poderia interferir negativamente na eletroestimulação no músculo, Minetto e colaboradores, ao comparar contrações isométricas eletricamente evocadas por 120 segundos em pessoas sem lesão medular com quadro de obesidade ($IMC = 44,9 \pm 6,3 \text{ kg.m}^{-2}$) com pessoas de mesmas características, porém consideradas magras, ($IMC = 23,7 \pm 2,5 \text{ kg/ kg.m}^{-2}$), para os músculos vasto medial e vasto lateral de quadríceps, não identificaram diferenças na resposta à fadiga (98), sugerindo que o IMC apontando obesidade, não implicou em diferenças de condução elétrica.

Modificando a técnica de avaliação da composição corporal para o DEXA, porém analisando a contração eletricamente evocada por leituras de eletromiografia de superfície em mulheres com quadro de obesidade (Percentual de gordura = $33,1 \pm 9,9\%$), quando solicitadas contrações máximas de quadríceps, Matt e colaboradores não notaram atraso eletromecânico na manobra, sugerindo não haver relação entre a espessura do tecido adiposo e a estimativa do atraso eletromecânico (99).

Embora a detecção detalhada de locais com maior concentração de gordura poderia ser uma informação relevante para fugir do suposto isolamento à condução elétrica que favoreceria a não responsividade do músculo às correntes elétricas, os resultados evidenciados para pessoas sem lesão medular não sugerem ser o tecido adiposo um comprometedor da eletroestimulação. Frente a isso, acreditamos que a maior relevância da DEXA seja para atestar qualidade óssea, parâmetro que foi critério de exclusão em nosso estudo.

Tal exame permite identificar sujeitos com fragilidade óssea comumente observada como osteoporose instalada em fêmures na população com lesão medular. A constatação do fato infere em risco para fratura durante treinamentos, bem como na prática do ciclismo assistido por eletroestimulação. Estudos indicaram que mais da metade das pessoas com lesão medular completa sofreriam uma fratura osteoporótica em algum momento após sua lesão, com a maioria das fraturas ocorrendo no fêmur distal e na tíbia proximal (47), embora haja um estudo que descrevera em experiência de ciclismo assistido por eletroestimulação, um único caso, em pessoa com lesão medular a ocorrência de fratura na patela (8).

Não por acaso, os ossos fêmur, tíbia e patela são os que sofrem maior perda de DMO após a lesão (100), em nossos achados os participantes apresentaram, em sua maioria, osteopenia de fêmures, com alguns participantes já em condição característica de osteoporose, os quais foram encaminhados ao serviço médico da Associação CETEFE para se submeterem a uma consulta com o diagnóstico de risco alto para fraturas em fêmures.

O aumento da DMO em função de intervenções com a FES ainda não é evidência consensual entre os pesquisadores, Dolbow e colaboradores (101) são cautelosos ao sugerir o ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular, uma vez que, apesar de verificarem aumento de DMO com a prática do ciclismo, relataram também a necessidade de protocolos de segurança que autorizem o início da atividade, bem como diretrizes na aplicação da FES, ou seja, corrobora com a nossos objetivos em buscar parâmetros de eletroestimulação que subsidie uma dosimetria inicial segura para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação.

Seguindo também uma linha conservadora, a *The International Society for Clinical Densitometry* (ISCD) relata em sua *Official Position* em formato de revisão, que dos 15 trabalhos onde fraturas foram apontadas, três ocorreram durante sessões de ciclismo assistido por eletroestimulação, reforçando a relevância de realizar o exame de DEXA antes de se iniciar um programa de reabilitação que envolva FES ou descarga de peso, recomendação que seguimos para as 14 pessoas recrutadas (47).

Embora as conclusões Dolbow e colaboradores (101) destaquem a necessidade de se estabelecer limites de segurança, eles não indicaram nenhum valor limiar de DMO abaixo do qual as atividades de descarga de peso seriam contraindicadas. A DMO e

fatores de risco clínicos devem ser utilizados para avaliar o risco de fratura antes de se iniciar atividades de descarga de peso, como por exemplo a atividade de levantar-se e sentar-se com assistida pela FES (47). Em nosso estudo adotamos como ponto de corte o T-Score de fêmur, obtido no exame de DEXA, abaixo de -2,5, que representa valor limiar de osteopenia definido para a osteoporose em mulheres jovens, brancas e saudáveis, segundo a Organização Mundial de Saúde.

A causa da lesão medular traumática pode advir de diferentes formas, em relação às 14 pessoas inicialmente recrutadas o acidente de carro/moto se destacou como a causa principal (42,76%), guardando semelhança assustadoramente absoluta com a média nacional revelada por Barbeta e colaboradores (42,76%). De acordo com a mesma referência citada (35), os traumatismos raquimedulares causados por arma de fogo representam 28,4% dos casos nacionais e de forma mais violenta nosso recrutamento revelou 35,71% desses casos. O aumento dos casos de lesões medulares por arma de fogo reflete o crescimento da violência urbana em grandes centros, principalmente na região nordeste e centro-oeste, fato que pôde ter colaborado para os casos de trauma dessa natureza serem mais prevalentes no nosso recrutamento quando comparado à média nacional (35).

Em 2018, a Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN) realizou uma Pesquisa Distrital por Amostragem de Domicílios que revelou um número absoluto de 139.708 pessoas com algum tipo de deficiência no Distrito Federal, o que representou na época 4,8% da população, sendo que desses 1,5% apresentava deficiência física. E apesar de não fazer diferenciação entre pessoas com deficiência física e pessoas com lesão medular, os indicadores revelaram uma distribuição demográfica por características socioeconômicas das Regiões Administrativas (RA) do DF, onde o percentual de pessoas com alguma deficiência foi maior nas RA de baixa renda (5,5%) e de média-baixa renda (5,3%) em comparação com RA de renda alta (3,2%) e média-alta (4,7%). Ou seja, a concentração de pessoas com deficiência é maior onde a acessibilidade, o transporte, o lazer e outros bens públicos tendem a ser mais deficitários e a violência urbana e obstáculos arquitetônicos mais restritivos (102).

Ao traçar um comparativo entre os recrutados da presente pesquisa e as pessoas com deficiência da pesquisa realizada pela CODEPLAN, percebemos que nossos recrutados eram mais bem instruídos e com maior independência financeira do que as

peças com deficiência física descrita pela CODEPLAN. Tivemos 50% dentre os recrutados exercendo atividade laboral, enquanto nos dados que utilizamos para comparação, 18% estavam nessa condição. Em termos de educação, 50% dos recrutados possuía ensino superior, contra 18,7% da população de deficientes do DF segundo a mesma comparação (102).

É preciso considerar que a população de pessoas com lesão medular recrutada para pesquisa, em sua maioria, praticavam algum esporte (71%) e já conviviam com a lesão em uma média de 142 meses, possuindo boa instrução educacional, independência financeira e engajamento social por meio do esporte, e por mais que 50% do grupo exclusivamente formado por pessoas com lesão medular que sobreviviam com a renda do Benefício Permanente Continuado (BPC) ou a aposentadoria por invalidez. Eram pessoas que apesar da condição de deficiência imposta pela lesão medular, tinham, dentro do paradigma biopsicossocial, a um estado de saúde com predominância de determinantes de funcionalidade em relação aos de incapacidade (27).

As etapas de amostragem, com aplicação dos critérios de exclusão e desistências, reduziu os 14 participantes inicialmente recrutados para sete pessoas que participaram da etapa de contratação evocada, sofrendo ainda perdas até a composição da amostra final de cinco participantes que julgamos estar aptos a iniciar o programa de fortalecimento que precede a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação. É preciso reforçar que, apesar da perda de participantes, não foram identificadas diferenças significativas ou discrepâncias entre recrutados e amostrados, assim a série de cinco casos, guardou as características do total do recrutamento. Os delineamentos de estudo por meio de série de casos, historicamente, têm sido importantes em reconhecer doenças novas e raras, avaliando efeitos nocivos de uma intervenção (88). Embora a lesão medular não seja uma deficiência rara, a intervenção por meio de ciclismo assistido por eletroestimulação ainda não é usual.

Em 1961, a *The Lancet* publicou uma carta ao editor descrevendo um aumento da incidência de anormalidades congênitas em bebês de mães que administraram talidomida durante a gravidez (103). O relatório *The Morbidity and Mortality Weekly Report* publicou cinco relatos de casos de *pneumocystis carinii pneumonia* em 1981, que revelaram ser os primeiros sinais da AIDS (104). O *Journal of Medical Case Reports* em 2013 relatou que mulheres que sofrem acidente vascular cerebral podem desenvolver

síndrome de *May-Thurner* (105). E em 2016, o *New England Journal of Medicine* publicou um relatório sobre a infecção pelo vírus Zika que incluiu um relato de caso de um paciente com viremia materna prolongada e anormalidades cerebrais fetais (106).

A despeito das limitações para se inferir efeito de intervenção, acreditamos que os dados gerados em série de casos tanto na observação que precedeu o treinamento quanto nas futuras análises da amostra de aptos a treinar são peças de evidência, ainda que limitadas em inferências sobre efeito, fundamentais para a construção de um racional científico, providencial para intervenções que envolvam inovação tecnológica como é o caso do ciclismo assistido por eletroestimulação.

6.2. Participantes aptos a praticar o ciclismo assistido por eletroestimulação

Dentre os aptos a iniciar treinamento, em nossa amostra predominou a condição de saúde definida pela tetraplegia (Figura 8). Apesar de reportar completude da lesão em 80% dos casos que foram 100% resultantes de traumas raquimedulares (critério de inclusão), quatro dos cinco casos possuíam zona de preservação parcial. Inclusive, alguns dos participantes relataram percepções somatossensoriais referida como dor durante a estimulação elétrica, acompanhado de sudorese, elevação da pressão arterial e agitação, quadro típico de disreflexia autonômica, provavelmente induzida pela eletroestimulação. Descrição semelhante de que a FES pode promover disreflexia autonômica ocorreu no estudo de Tawash e colaboradores (107) que presenciaram abandono de seis dos treze participantes que eram candidatos a integrar um programa de ciclismo assistido por eletroestimulação.

Chama-nos atenção que em quase todos os nossos casos tenhamos observado zona de preservação parcial, visto que o esperado para lesões completas seria uma zona de preservação parcial muito pequena e restrita ao nível da lesão medular ou até inexistente. A figura 8 permitiu verificar que dos quatro casos que possuíam zona de preservação parcial, em três deles a extensão da zona era de três níveis medulares e, em um deles, o caso (P3), observamos a zona de preservação parcial mais extensa, com 7 níveis medulares.

Estudo recente mostrou que a zona de preservação parcial é preditora de desfechos neurológicos e do estado de saúde em sobreviventes de traumas raquimedulares, inclusive

permitindo se definir o perfil de recuperação de pessoas que sobreviveram à lesão medular. Porém, o estudo que observou a causalidade da zona de preservação parcial com os desfechos se desenrolou na fase aguda de intervenção pós-trauma, momento em que os níveis neurológicos motores e sensoriais ainda não estão bem definidos e passíveis de modificação (108).

Nossa amostra é de pacientes crônicos, com média de 12 anos já convivendo com as consequências da lesão medular. E mesmo com essa cronicidade apresentam ainda zonas de preservação parcial para lesões diagnosticada como completa. A preservação de uma zona parcial em participantes crônicos poderia ser explicada pela plasticidade do sistema nervoso central e periférico, verificada principalmente nos primeiros meses pós lesão, com maior intensidade nos primeiros três meses, podendo persistir por até 18 meses ou mais (109). No caso particular da nossa amostra, contamos ainda com uma predominância de participantes engajados em esportes, o que poderia estar contribuindo para modificações da resposta neurológica abaixo no nível da lesão medular.

6.3. Responsividade à eletroestimulação e distúrbios da excitabilidade neuromuscular dos participantes

Os quadríceps direito e esquerdo dos participantes que participaram da etapa de contração evocada apresentaram responsividade à eletroestimulação caracterizada por simetria bilateral em relação parâmetros de eletroestimulação dos músculos avaliados. Embora os valores das medianas da reobase e cronaxia tenham ficado próximos aos valores de referência para sistemas íntegros, ao analisarmos os valores máximos de reobase (19 mA) e cronaxia (700 μ s), verificamos que alguns participantes revelaram valores já indicativos de algum distúrbio na excitação neuromuscular, como discutiremos a seguir em associação com os valores de acomodação e índice de acomodação.

A cronaxia com valores de mediana variando entre 150 μ s a 300 μ s revelou um valor abaixo da referência para pessoas com inervação íntegra (400 μ s), o que seria um bom sinal, uma vez que músculos desnervados precisam de 10 a 20 ms de largura de pulso e amplitudes na ordem de 80 a 200 mA para se evocar contração em um formato de onda retangular e bifásico. Entretanto, os valores máximos de cronaxia para alguns participantes (700 μ s) extrapolaram o valor de referência, o que denota que a

excitabilidade neuromuscular estava alterada para alguns participantes, fato que se confirma pelos valores de Índices de Acomodação iguais ou inferiores a dois, com alguns participantes atingindo índice de 0,6 para o vasto medial esquerdo (75).

Interessante constatar a importância já mencionada por pesquisadores (75,110) de se proceder com a análise do índice de acomodação. Se tivéssemos somente nos baseado em valores de reobase e cronaxia, tenderíamos a um diagnóstico falso-negativo de normalidade de excitabilidade neuromuscular para participantes que claramente já apresentam quadro característico de neuropraxia, conforme pode se observar nas figuras 12, 16, 20 e 24 (75,110). A acomodação mostrou-se um parâmetro confiável para análises da responsividade neuromuscular, pois os valores de reobase e cronaxia denotam uma certa normalidade, com uma tendência maior para cronaxia, mas que confirma uma fragilidade na excitação neuromuscular quando o índice de acomodação varia de 0,6 a 4,0 com valores medianos limítrofes (75,110).

Em continuidade da análise dos parâmetros eletrodiagnósticos notamos que, apesar de não ter havido diferença significativa no valor da mediana entre os parâmetros de responsividade à eletroestimulação observados nos quadríceps direito e esquerdo, o quadríceps esquerdo tendeu a responder de forma mais variada entre os participantes, notadamente no músculo reto femoral para todos os parâmetros do eletrodiagnóstico onde observamos altos coeficientes de variação (Tabela 2). Partindo da premissa que todos os participantes possuíam dominância manual à direita, poderíamos tentar inferir que a menor variabilidade e constância de resposta no quadríceps direito estaria relacionada a lateralidade de funcionamento do hemisfério dominante para o controle de atividades de mobilidade. Contudo, trata-se de eletrodiagnóstico realizado em músculo paralisado que há cerca de 11 anos teve sua modulação corticoespinal interrompida pela lesão.

Haveria, mesmo após a lesão medular, e com os músculos paralisados há anos, um mecanismo de preservação da lateralidade no recrutamento de unidades motoras de forma mais eficiente pelo lado dominante? E se houvesse, esse mecanismo poderia ajudar a evitar a fadiga precoce? Dada as limitações de análise de lateralidade não incluídas nos objetivos do estudo, não conseguiríamos discutir tal fato, permanecendo a inquietação para propostas de estudos futuros.

6.4. Associações entre parâmetros eletrodiagnósticos e contração eletricamente evocada

O teste *post hoc* para estimar o poder estatístico alcançado para uma amostra de $n=7$ para um $\alpha=0,05$ em teste bicaudal para um tamanho de efeito desejado de 80% foi de 80,3%, o que garante credibilidade na recomendação das correlações identificadas na série de casos. O poder estatístico nos permite criar hipóteses ao explorar a correlação entre as variáveis dependentes (reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação) e as variáveis independentes (intensidade para evocar contração eletroestimulada em níveis 1, 2, 3 e 4)

Em relação aos modelos preditivos para contração muscular, a acomodação apresentou tendência a se correlacionar com a intensidade de corrente nos níveis 1 (Reto femoral esquerdo e vasto lateral direito), 2 (reto femoral esquerdo) e 3 (reto femoral esquerdo e vasto lateral esquerdo) e mostrou correlação significativa nos níveis 1 (vasto medial direito) e 2 (reto femoral direito e vasto lateral esquerdo). A reobase apresentou tendência a se correlacionar com a intensidade de corrente nos níveis 2 (vasto lateral esquerdo e vasto medial esquerdo) e 3 (vasto medial esquerdo), embora não tenha apresentado nenhuma correlação significativa. O padrão topográfico na coxa onde as correlações foram encontradas revela prevalência de correlação no músculo quadríceps esquerdo (63,63%) (Figura 25), cuja influência de lateralidade no efeito não podemos discutir, dada a ausência de variáveis que poderiam ser elucidativas, porém não incluídas na pesquisa, como já mencionado.

Embora a cronaxia e o índice acomodação não tenham apresentado correlação direta com as intensidades de corrente de cada nível de força, valores encontrados de 700 μ s e índices de acomodação abaixo de 2 (o mais baixo registrado foi 0,6), sugerem um quadro de alteração da excitabilidade neuromuscular como já mencionado, pois valores de cronaxia maior que 1000 μ s e índice de acomodação menores que dois já seriam clinicamente diagnosticados com alteração da excitabilidade neuromuscular (66).

Durante o eletrodiagnóstico, a contração visível ao se mensurar o valor da reobase no eletrodiagnóstico de estímulo foi mais intensa que o simples esboço de contração do nível 1, diferentemente da acomodação que, no eletrodiagnóstico, mostrou visualmente uma resposta contrátil semelhante a do nível 1 e 2. A maior ocorrência de correlação da

intensidade da corrente com a acomodação em relação a reobase pode estar ligada ao seu formato de onda, já que, em tese, esses dois parâmetros são idênticos, excetuando o formato do pulso, retangular na reobase e exponencial na acomodação.

Se compararmos a largura de pulso do eletrodiagnóstico (1s) utilizada para mensurar valores de reobase e acomodação (parâmetros que mostraram correlação com as intensidades necessárias em diferentes níveis), percebemos que tal largura de pulso é bem superior a utilizada nas contrações evocada do teste de força de quadríceps desse estudo, a cronaxia (300 μ s a 700 μ s). De forma que o parâmetro cronaxia, isoladamente, não mostrou correlação direta com a intensidade necessária para cada nível de força, sugerindo que a largura de pulso necessária para verificarmos essa correlação deva ser maior que a da cronaxia. E ainda, o subdimensionamento da largura de pulso utilizada no teste de força pode ter influenciado negativamente na correlação dos demais parâmetros. Tais valores de cronaxia podem ter sido insuficientes para alguns participantes atingir o nível de força 5, bem como nos que atingiram nível de 4 de força, quando a intensidade de corrente precisou ser elevada ao limite do equipamento de eletroestimulação (69mA) em alguns casos.

Assim, de acordo com nosso estudo, somente a acomodação seria um candidato a fator preditivo de intensidade de corrente para promover contração muscular de quadríceps femoral, em pessoas com lesão medular traumática, responsivas ao eletrodiagnóstico de estímulo. Entendemos que intensidade de corrente é fundamental para dosimetria da eletroestimulação funcional (7) e, como demonstrado, a acomodação tem potencial para ser fator preditivo de intensidade. Da mesma forma, a largura de pulso é variável fundamental para a dosimetria do treinamento de ciclismo assistido por eletroestimulação (7), porém uma vez definida no eletrodiagnóstico, não se altera para se alcançar contrações de maior nível.

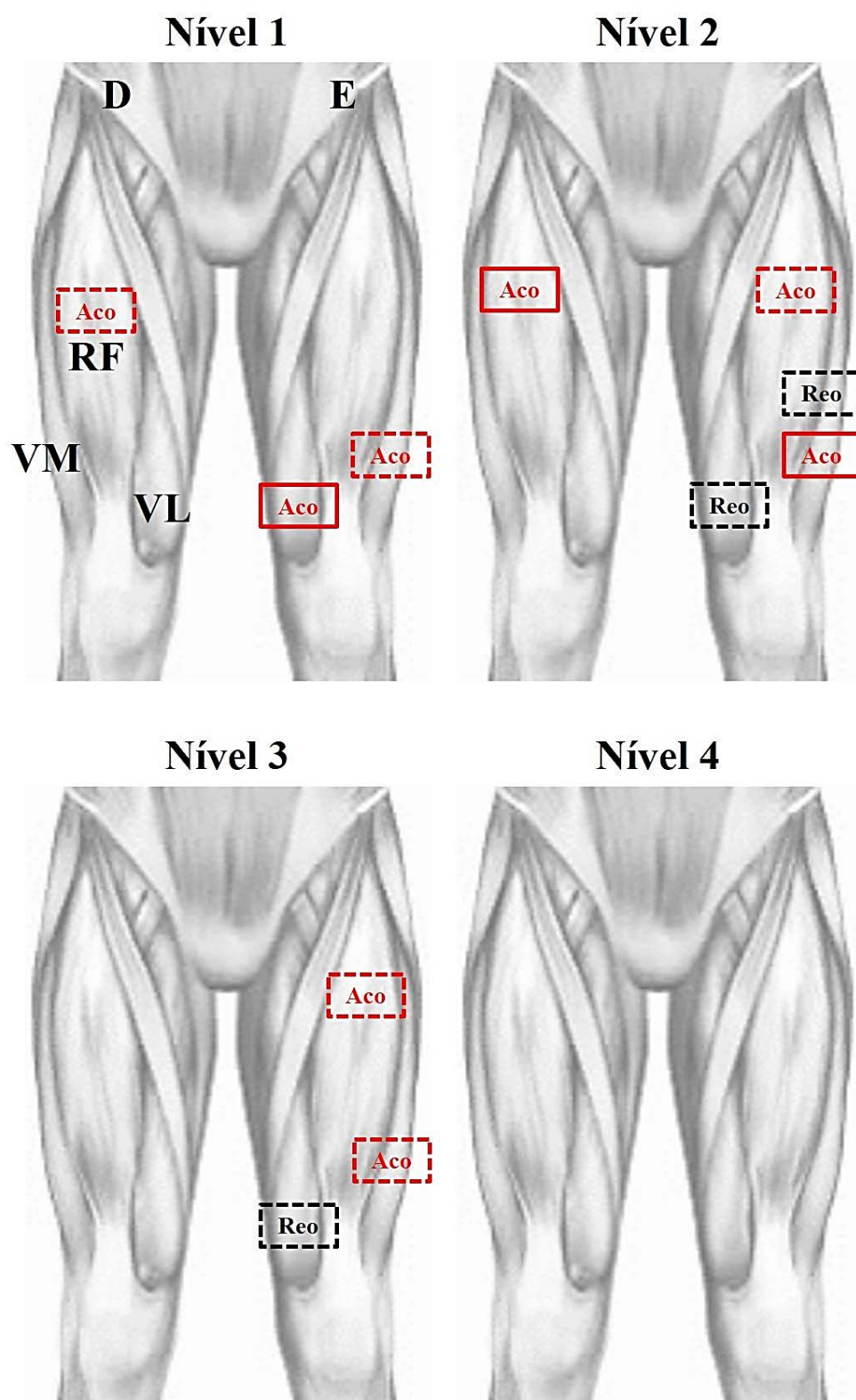


Figura 25. Infográfico indicativo dos parâmetros eletrodiagnósticos candidatos a preditores de níveis de contração eletricamente evocada. Os quadros com bordas contínuas ou descontínuas indicam respectivamente correlações significativas ou tendências a correlação para os valores de reobase (Reo) e acomodação (Aco) nos quatro níveis de contração eletricamente evocadas. A figura no canto superior esquerdo possui as legendas dos músculos (RF – Reto Femoral; VL – Vasto Lateral; e VM – Vasto Medial), bem como as legendas referentes aos quadríceps direito (D) e esquerdo (E).

6.5. Perspectivas e considerações para dosimetria e requisitos para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação

Guimarães e colaboradores sugeriram o uso do eletrodiagnóstico por estímulo não invasivo como ferramenta de verificação de responsabilidades neuromuscular para compor amostra de pessoas com lesão medular aptas ao ciclismo assistido por eletroestimulação (53). Entretanto, eles não o tinham feito. Ao seguirmos essa recomendação, acrescentamos ainda o teste de força muscular de quadríceps por contração evocada. Ou seja, confrontamos os dados das variáveis dependentes obtidas no eletrodiagnóstico (reobase, cronaxia, acomodação e índice de acomodação) com dados das variáveis independentes (intensidades de corrente) que geraram diferentes níveis de força para o músculo do quadríceps. Como resultado, identificamos a acomodação com potencial preditivo da intensidade de corrente para promover contração muscular nesse contexto. A figura 26 ilustra um comparativo entre os dois estudos, destacando as contribuições agora acrescentadas para se planejar dosimetria e requisitos para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação.

Uma possível variação do teste de força de quadríceps, onde a intensidade de corrente utilizada seria um espectro entre os valores de reobase e acomodação (variáveis dependentes) e a largura de pulso (variável independente) variaria para determinar diferentes níveis de força muscular. A hipótese é que assim, poderíamos obter valores de intensidade de corrente que se correlacionasse com a largura de pulso necessária a gerar diferentes níveis de força. E dessa forma compor a dosimetria necessária para impulsionar inicialmente os pedais no ciclismo assistido por eletroestimulação funcional a partir de músculos paralisados após a lesão medular traumática.

Fonte	Guimarães (53)	Presente estudo
Contribuição		
Dosimetria	-	<ul style="list-style-type: none"> A acomodação mostrou ser um potencial fator preditivo de intensidade de corrente elétrica.
Requisitos para aptidão ao ciclismo assistido por eletroestimulação	<ul style="list-style-type: none"> Responsividade à eletroestimulação funcional; Lesão medular traumática ,com nível de lesão acima de T12, sem comprometimento do cone medular e cauda equina; Necessidade de repetidas sessões de eletroestimulação para se verificar a responsividade neuromuscular; T-score de fêmures $\geq -2,5$, obtido por meio do DEXA 	<ul style="list-style-type: none"> Responsividade à eletroestimulação funcional, obtida no eletrodiagnóstico por estímulo. Lesão medular traumática ,sem comprometimento das raízes nervosas abaixo do nível da lesão; T-score de fêmures $\geq -2,5$, obtido por meio do DEXA

Figura 26. Quadro ilustrativo apontando os avanços na inclusão de parâmetros para dosimetria e requisitos para definição de pilotos no comparativo entre o que foi sugerido por Guimarães e colaboradores (53) e o presente estudo.

7. CONCLUSÃO

Ao verificar o comportamento dos parâmetros de responsividade à eletroestimulação fornecidos pelo eletrodiagnóstico por estímulo não-invasivo em uma série de casos de pessoas com lesão medular traumática candidatas à iniciar treinamento para a prática do ciclismo assistido por eletroestimulação, concluímos que a acomodação pode ser um potencial fator preditivo de intensidade de corrente para promover contração muscular em diferentes níveis de força e um dos elementos a compor a dosimetria eletroestimulação ideal para esse público.

Em relação a responsividade à eletroestimulação, encontramos que o nível da lesão (participantes avaliados com nível de lesão completa em T7 mostraram responsividade e não responsividade a eletroestimulação) apresentou uma relativa relação de causalidade na determinação da responsividade, reforçando a recomendação de se avaliar o nível da lesão, associado ao teste de eletrodiagnóstico de estímulo não invasivo para se inferir sobre a responsividade neuromuscular a eletroestimulação.

Embora a acomodação tenha se revelado um potencial fator preditivo para intensidade de corrente na promoção da contração evocada para diferentes níveis de força, a cronaxia não mostrou tal correlação, sugerindo que em novos estudos se inclua a largura de pulso como variável independente em contraposição a um espectro de valores de intensidade como variáveis dependentes, afim de explorar possíveis indícios de associação da intensidade de corrente e largura de pulso.

8. REFERÊNCIAS

1. Ienca M, Kressig RW, Jotterand F, Elger B. Proactive Ethical Design for Neuroengineering, Assistive and Rehabilitation Technologies: The Cybathlon Lesson. Vol. 14, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. BioMed Central Ltd.; 2017.
2. Wiesener C, Schauer T. The Cybathlon RehaBike: Inertial-Sensor-Driven Functional Electrical Stimulation Cycling by Team Hasomed. *IEEE Robot Autom Mag*. 2017;24(4).
3. Berkelmans R, Woods B. Strategies and performances of Functional Electrical Stimulation Cycling using the BerkelBike with Spinal Cord Injury in a competition context (CYBATHLON). *Eur J Transl Myol*. 2017 Dec 5;27(4):7189.
4. Tong RKYY, Wang X, Leung KWCC, Lee GTYY, Lau CCYY, Wai HW, et al. How to prepare a person with complete spinal cord injury to use surface electrodes for FES trike cycling. *IEEE Int Conf Rehabil Robot* [Internet]. 2017;2017:801–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/ICORR.2017.8009346>
5. McDaniel J, Lombardo LM, Foglyano KM, Marasco PD, Triolo RJ, J Triolo R. Cycle Training Using Implanted Neural Prostheses: Team Cleveland. *Eur J Transl Myol*. 2017 Dec 6;27(4):7087.
6. Metani A, Popovic-Maneski L, Mateo S, Lemahieu L, Bergeron V, Popović-Maneski L, et al. Functional electrical stimulation cycling strategies tested during preparation for the First Cybathlon Competition - a practical report from team ENS de Lyon. *Eur J Transl Myol*. 2017 Dec 5;27(4):7110.
7. Fattal C, Sijobert B, Daubigney A, Fachin-Martins E, Lucas B, Casillas J-MM, et al. Training with FES-assisted cycling in a subject with spinal cord injury: Psychological, physical and physiological considerations. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2018;1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10790268.2018.1490098>
8. Araujo Guimarães J, Oliveira da Fonseca L, De Sousa AC, Gutierrez Paredes ME, Brindeiro GA, Padilha Lanari Bó A, et al. FES Bike Race preparation to Cybathlon 2016 by EMA team: a short case report. *Eur J Transl Myol* [Internet]. 2017 Dec 5 [cited 2020 Feb 20];27(4):272–8. Available from: <http://www.pagepressjournals.org/index.php/bam/article/view/7169>
9. Laubacher M, Aksoz EA, Bersch I, Hunt KJ, Aksöz EA, Bersch I, et al. The road to Cybathlon 2016 - Functional electrical stimulation cycling Team IRPT/SPZ. *Eur J Transl Myol*. 2017 Dec 6;27(4):7086.
10. Sijobert BB, Fattal C, Daubigney A, Azevedo-Coste C. Participation to the first Cybathlon: an overview of the FREEWHEELS team FES-cycling solution. *Eur J Transl Myol*. 2017 Dec 5;27(4):7120.
11. Yaşar E, Yılmaz B, Göktepe S, Kesikburun S. The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. 2015 Feb;53:866–9.
12. Vanoncini M, Holderbaum W, Andrews BJ. Activation of lower back muscles via FES for pressure sores prevention in paraplegia: a case study. *J Med Eng Technol*. 2010 Apr;34(3):224–31.
13. Lauer RT, Smith BT, Mulcahey MJ, Betz RR, Johnston TE. Effects of cycling and/or electrical stimulation on bone mineral density in children with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2011 Aug;49(8):917–23.
14. Bélanger M, Stein RB, Wheeler GD, Gordon T, Leduc B. Electrical stimulation: Can it increase muscle strength and reverse osteopenia in spinal cord injured individuals? *Arch Phys Med Rehabil*. 2000 Aug;81(8):1090–8.

15. Duffell LD, Donaldson N de N, Perkins TA, Rushton DN, Hunt KJ, Kakebeeke TH, et al. Long-term intensive electrically stimulated cycling by spinal cord-injured people: effect on muscle properties and their relation to power output. *Muscle Nerve* [Internet]. 38(4):1304–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.21060>
16. Deley G, Denuziller J, Casillas JM, Babault N. One year of training with FES has impressive beneficial effects in a 36-year-old woman with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2017;40(1):107–12.
17. Deley G, Denuziller J, Babault N. Functional Electrical Stimulation: Cardiorespiratory Adaptations and Applications for Training in Paraplegia. *Sport Med*. 2014;45(1):71–82.
18. Wilbanks SR, Rogers R, Pool S, Bickel CS. Effects of functional electrical stimulation assisted rowing on aerobic fitness and shoulder pain in manual wheelchair users with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2016;
19. Bo APL, da Fonseca LO, Guimaraes JA, Fachin-Martins E, Paredes MEG, Brindeiro GA, et al. Cycling with Spinal Cord Injury: A Novel System for Cycling Using Electrical Stimulation for Individuals with Paraplegia, and Preparation for Cybathlon 2016. *IEEE Robot Autom Mag* [Internet]. 2017 Dec;24(4):58–65. Available from: <http://10.0.4.85/MRA.2017.2751660>
20. Elton-Walters J. Tom Simpson 1937–1967: A life in pictures - Cycling Weekly [Internet]. 2017 [cited 2020 Mar 6]. Available from: <https://www.cyclingweekly.com/news/latest-news/tom-simpson-life-pictures-146298>
21. FSP. Folha Online - Esporte - Alpinista brasileiro morre no Monte Everest - 19/05/2006 [Internet]. 2006 [cited 2020 Mar 6]. Available from: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/esporte/ult92u101514.shtml>
22. ESPN. Nadadora britânica morre durante travessia no Canal da Mancha - ESPN [Internet]. 2013 [cited 2020 Mar 6]. Available from: http://www.espn.com.br/noticia/342479_nadadora-britanica-morre-durante-travessia-no-canal-da-mancha
23. OMS OM da S. Classificação Internacional da Funcionalidade Incapacidade e Saúde: Atividades e Participação Factores Ambientais. 2008;1–217. Available from: http://www.periciamedicadf.com.br/cif2/cif_portugues.pdf
24. Scliar M. História do Conceito de Saúde.
25. Di Nubila HBV, Buchalla CM. O papel das Classificações da OMS - CID e CIF nas definições de deficiência e incapacidade. *Rev Bras Epidemiol*. 2008 Jun;11(2):324–35.
26. OPAS/OMS | Indicadores de Saúde: Elementos Conceituais e Práticos (Capítulo 1) [Internet]. [cited 2020 Mar 9]. Available from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14401:health-indicators-conceptual-and-operational-considerations-section-1&Itemid=0&limitstart=1&lang=pt
27. Barbosa PHA. Modelagem e simulação de informações do estado de saúde codificadas pela Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde: requisitos e subsídios para sistemas de informação em saúde. Universidade de Brasília; 2016.
28. Farias N, Buchalla CM. A classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde da organização mundial da saúde: conceitos, usos e perspectivas. *Rev Bras Epidemiol*. 2005;8(2):187–93.
29. Fleck MP de A. O instrumento de avaliação de qualidade de vida da Organização Mundial da Saúde (WHOQOL-100): características e perspectivas. *Cien Saude Colet*. 2000;5(1):33–8.
30. BVS - Ministério da Saúde - Dicas em Saúde [Internet]. [cited 2020 Mar 9]. Available from: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/dicas/260_qualidade_de_vida.html
31. Angelo, Machado, Haertel LM. *Neuroanatomia Funcional*. 3a. Edição. Editora Atheneu; 2013.
32. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2012 Nov 14 [cited 2020 Jan 16];(11). Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD006676.pub3>
33. National Spinal Cord Injury Statistical Center. Facts and Figures at a Glance. Birmingham, AL: University of Alabama at Birmingham, 2020. [Internet]. 2020. Available from: <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts and Figures 2020.pdf>
34. Ministério da Saúde. Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular Diretrizes de Atenção. 2015. 1–70 p.
35. Barbetta DC, Smanioto TR, Poletto MF, Ferreira R, Lopes A, Casaro FM, et al. Spinal cord injury epidemiological profile in the Sarah Network of Rehabilitation Hospitals-a Brazilian population sample. *Spinal cord Ser cases* [Internet]. 2018 Apr 4;4(1):32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29644101>

36. Burns S, Biering-Sørensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, Johansen M, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury, revised 2011. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2012 Jan 1;18(1):85–99.
37. International Standards for Neurological Classification of SCI (ISNCSCI) Worksheet - American Spinal Injury Association [Internet]. [cited 2020 Feb 25]. Available from: <https://asia-spinalinjury.org/international-standards-neurological-classification-sci-isncsci-worksheet/>
38. Gorgey AS, Khalil RE, Gill R, O'Brien LC, Lavis T, Castillo T, et al. Effects of Testosterone and Evoked Resistance Exercise after Spinal Cord Injury (TEREX-SCI): Study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2017;7(4).
39. Nightingale TE, Walhin J-P, Thompson D, Bilzon JLJ. Impact of Exercise on Cardiometabolic Component Risks in Spinal Cord-injured Humans. [Internet]. *Medicine and science in sports and exercise*. 2017. 1 p. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-900000000-97144%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28753161>
40. Gorgey AS, Martin H, Metz A, Khalil RE, Dolbow DR, Gater DR. Longitudinal changes in body composition and metabolic profile between exercise clinical trials in men with chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2016;39(6):699–712.
41. Ginis KAM, West CR. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury. 2017;
42. Tanhoffer RA, Tanhoffer AIP, Raymond J, Hills AP, Davis GM. Exercise, energy expenditure, and body composition in people with spinal cord injury. *J Phys Act Heal*. 2014;11(7):1393–400.
43. Holm NJ, Møller T, Adamsen L, Dalsgaard LT, Biering-Sorensen F, Schou LH. Health promotion and cardiovascular risk reduction in people with spinal cord injury: Physical activity, healthy diet and maintenance after discharge -protocol for a prospective national cohort study and a preintervention- postintervention study. *BMJ Open*. 2019 Dec 31;9(12).
44. Lieberman JA, McClelland JW, Goff DC, Racine E, Dulin MF, Bauman WA, et al. Nutrition education for cardiovascular disease prevention in individuals with spinal cord injuries: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017 Dec 4;18(1).
45. Côté-Leclerc F, Boileau Duchesne G, Bolduc P, Gélinas-Lafrenière A, Santerre C, Desrosiers J, et al. How does playing adapted sports affect quality of life of people with mobility limitations? Results from a mixed-method sequential explanatory study. *Health Qual Life Outcomes* [Internet]. 2017;15(1):22. Available from: <http://hqlo.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12955-017-0597-9>
46. Nightingale TE, Rouse PC, Walhin JP, Thompson D, Bilzon JLJ. Home-Based Exercise Enhances Health-Related Quality of Life in Persons With Spinal Cord Injury: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(10).
47. Morse LR, Biering-soerensen F, Carbone LD, Cervinka T, Cirmigliaro CM, Johnston TE, et al. 2019 ISCD Official Position Bone Mineral Density Testing in Spinal Cord Injury : 2019 ISCD Official Position. *J Clin Densitom* [Internet]. 2019;22(4):554–66. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.07.012>
48. Goktepe AS, Yilmaz B, Alaca R, Yazicioglu K, Mohur H, Gunduz S. Bone Density Loss After Spinal Cord Injury. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2004 Apr [cited 2020 Feb 26];83(4):279–83. Available from: <http://journals.lww.com/0002060-200404000-00006>
49. Garland DE, Adkins RH, Kushwaha V, Stewart C. Risk factors for osteoporosis at the knee in the spinal cord injury population. *J Spinal Cord Med*. 2004;27(3):202–6.
50. Botelho RV, Gianini Albuquerque LD, Junior RB, Arantes Júnior AA. Epidemiology of traumatic spinal injuries in Brazil: systematic review. *Arq Bras Neurocir Brazilian Neurosurg*. 2014 Jun;33(02):100–6.
51. Baldassin V, Lorenzo C, Shimizu HE. Tecnologia assistiva e qualidade de vida na tetraplegia: abordagem bioética. *Rev Bioética*. 2018;26(4):574–86.
52. Krause JS, Anson CA. Employment after spinal cord injury: Relation to selected participant characteristics. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;
53. Guimarães JA. Responsividade aos parâmetros de eletroestimulação dos músculos paralisados para o ciclismo na paraplegia. Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia; 2017.
54. Bispo J, Eugênio P, Durigan J, Martins H. Development of equipment for automatic diagnosis of the neuromuscular condition. In: *IFMBE Proceedings*. 2019.
55. Ragnarsson KT. Functional electrical stimulation after spinal cord injury: Current use, therapeutic effects and future directions. *Spinal Cord*. 2008.
56. Sachetti A, Carpes MF, Dias AS, Sbruzzi G. Safety of neuromuscular electrical stimulation among

- critically ill patients: Systematic review. Vol. 30, *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. Associação de Medicina Intensiva Brasileira - AMIB; 2018. p. 219–25.
57. Freixes O, Fernandez SA, Gatti MA, Crespo MJ, Olmos LE, Russo MJ. Shoulder Functional Electrical Stimulation During Wheelchair Propulsion in Spinal Cord Injury Subjects. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* [Internet]. 2017;23(2):168–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29339893>
 58. Kirkman E. The electrocardiogram. *Anaesth Intensive Care Med*. 2006;7(8):264–6.
 59. Whittaker RG. The fundamentals of electromyography. *Pract Neurol*. 2012 Jun 1;12(3):187–94.
 60. Daube JR, Rubin DI. Needle electromyography. Vol. 39, *Muscle and Nerve*. 2009. p. 244–70.
 61. Chowdhury RH, Reaz MBI, Bin Mohd Ali MA, Bakar AAA, Chellappan K, Chang TG. Surface electromyography signal processing and classification techniques. Vol. 13, *Sensors (Switzerland)*. MDPI AG; 2013. p. 12431–66.
 62. Mulas M, Folgheraiter M, Gini G. An EMG-controlled exoskeleton for hand rehabilitation. In: *Proceedings of the 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics*. 2005.
 63. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;
 64. Li Z, Guiraud D, Andreu D, Gelis A, Fattal C, Hayashibe M. Real-Time Closed-Loop Functional Electrical Stimulation Control of Muscle Activation with Evoked Electromyography Feedback for Spinal Cord Injured Patients. *Int J Neural Syst*. 2018;28(6):1–14.
 65. Silva PE, Babault N, Mazullo JB, de Oliveira TP, Lemos BL, Carvalho VO, et al. Safety and feasibility of a neuromuscular electrical stimulation chronaxie-based protocol in critical ill patients: A prospective observational study. *J Crit Care* [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2020 Jan 15];37:141–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883944116305317>
 66. Silva PE, Maldaner V, Vieira L, de Carvalho KL, Gomes H, Melo P, et al. Neuromuscular electrophysiological disorders and muscle atrophy in mechanically-ventilated traumatic brain injury patients: New insights from a prospective observational study. *J Crit Care*. 2018;
 67. Popović DB. Advances in functional electrical stimulation (FES). Vol. 24, *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014.
 68. Paternostro-Sluga T, Schuhfried O, Vacariu G, Lang T, Fialka-Moser V. Chronaxie and accommodation index in the diagnosis of muscle denervation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002;81(4):253–60.
 69. Schuhfried O, Kollmann C, Paternostro-Sluga T. Excitability of chronic hemiparetic muscles: Determination of chronaxie values and strength-duration curves and its implication in functional electrical stimulation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2005 Mar;13(1):105–9.
 70. Gobbo M, Maffiuletti NA, Orizio C, Minetto MA. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. Vol. 11, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014.
 71. Botter A, Oprandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti NA, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2011 Oct 28 [cited 2020 Jan 15];111(10):2461–71. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-011-2093-y>
 72. Pieber K, Hecceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: A cross-sectional study. *J Neuroeng Rehabil*. 2015;12(1).
 73. Ashley Z, Sutherland H, Lanmuller H, Unger E, Li F, Mayr W, et al. Determination of the chronaxie and rheobase of denervated limb muscles in conscious rabbits. *Artif Organs*. 2005;29(3):212–5.
 74. Fernandes LFRM, Oliveira NMLL, Pelet DCSS, Cunha AFSS, Grecco MASS, Souza LAPSPS, et al. Stimulus electrodiagnosis and motor and functional evaluations during ulnar nerve recovery. *Brazilian J Phys Ther*. 2016 Apr 1;20(2):126–32.
 75. Kiernan MC, Burke D, Andersen K V., Bostock H. Multiple measures of axonal excitability: A new approach in clinical testing. *Muscle Nerve*. 2000 Mar 1;23(3):399–409.
 76. Cummings JP. Conservative Management of Peripheral Nerve Injuries Utilizing Selective Electrical Stimulation of Denervated Muscle with Exponentially Progressive Current Forms [Internet]. *THE JOURNAL OF ORTHOPAEDIC AND SPORTS PHYSICAL THERAPY*. 1985 [cited 2020 Feb 28]. Available from: www.jospt.org
 77. Lee WD, Kim JH, Lee JU, Kim MY, Lee LK, Yang SM, et al. Differences in rheobase and chronaxie between the paretic and non-paretic sides of hemiplegic stroke patients: A pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2013 Jun 23;25(6):717–9.

78. Ho CH, Triolo RJ, Elias AL, Kilgore KL, DiMarco AF, Bogie K, et al. Functional electrical stimulation and Spinal Cord Injury. Vol. 25, *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2014. p. 631–54.
79. Lopes ACG, Ochoa-Diaz C, Baptista RS, Fonseca LO, Fattal C, Azevedo Coste C, et al. Electrical stimulation to reduce the overload in upper limbs during sitting pivot transfer in paraplegic: a preliminary study. *Eur J Transl Myol*. 2016;26(4):251–4.
80. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*. 2010.
81. Da Silva VZM, Durigan JLQ, Arena R, De Noronha M, Gurney B, Cipriano G. Current evidence demonstrates similar effects of kilohertz-frequency and low-frequency current on quadriceps evoked torque and discomfort in healthy individuals: A systematic review with meta-analysis. Vol. 31, *Physiotherapy Theory and Practice*. Taylor and Francis Ltd; 2015. p. 533–9.
82. Laubacher M, Aksoez EA, Brust AK, Baumberger M, Riener R, Binder-Macleod S, et al. Stimulation of paralysed quadriceps muscles with sequentially and spatially distributed electrodes during dynamic knee extension. *J Neuroeng Rehabil*. 2019 Jan 7;16(1).
83. Laubacher M, Aksöz EA, Binder-Macleod S, Hunt KJ. Comparison of proximally versus distally placed spatially distributed sequential stimulation electrodes in a dynamic knee extension task. *Eur J Transl Myol*. 2016 Jun 13;26(2).
84. Wilder RP, Jones E V., Wind TC, Edlich RF. A review on functional electrical stimulation cycle ergometer exercise for spinal cord injured patients. Vol. 27, *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 2017.
85. Szecsi J, Schiller M. FES-propelled cycling of SCI subjects with highly spastic leg musculature. *NeuroRehabilitation* [Internet]. 2009;24(3):243–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.3233/NRE-2009-0475>
86. Sivaramakrishnan A, Solomon JM, Manikandan N. Comparison of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and functional electrical stimulation (FES) for spasticity in spinal cord injury - A pilot randomized cross-over trial. *J Spinal Cord Med*. 2018;41(4).
87. Bertani A, Di Paola G, Russo E, Tuzzolino F. How to describe bivariate data. *J Thorac Dis*. 2018;10(2):1133–7.
88. Riley DS, Barber MS, Kienle GS, Aronson JK, von Schoen-Angerer T, Tugwell P, et al. CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. *J Clin Epidemiol* [Internet]. 2017;89:218–35. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.04.026>
89. Page P, Hoogenboom B. 28515984. 2017;12(2):297–304.
90. De Groot S, Post MW, Hoekstra T, Valent LJ, Faber WX, Van Der Woude LH. Trajectories in the Course of body mass index after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;
91. Shepherd JA, Ng BK, Sommer MJ, Heymsfield SB. Body composition by DXA. *Bone*. 2017;
92. Rabelo M, Fachin-Martins E. Inter-rater and test/retest reliabilities of the isokinetic measurements: assessing strength and endurance of the trunk muscles in two different protocols for able-bodied and post-stroke hemiparesis. *Top Stroke Rehabil*. 2018;25(6):424–31.
93. Tholl AD. O cotidiano e o ritmo de vida de pessoas com lesão medular e suas famílias: potências e limites na adesão à reabilitação para a promoção da saúde. [Internet]. Universidade Federal de Santa Catarina; 2013 [cited 2020 Mar 9]. Available from: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/135509/334521.pdf?sequence=1>
94. Silva MCR da, Oliveira RJ de, Conceição MIG. Efeitos da natação sobre a independência funcional de pacientes com lesão medular. *Rev Bras Med do Esporte*. 2005 Aug;11(4):251–6.
95. Neto FR. Predição da independência funcional baseada na força relativa em homens adultos com lesão medular traumática. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA; 2017.
96. Campos Da Paz A, Beraldo PSS, Almeida MCRR, Neves EC, Alves CF, Khan P. Traumatic injury to the spinal cord. Prevalence in brazilian hospitals. *Paraplegia*. 1992;30(9):636–40.
97. Gorgey AS, Cirnigliaro CM, Bauman WA, Adler RA. Estimates of the precision of regional and whole body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in persons with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2018;
98. Minetto MA, Botter A, Šprager S, Agosti F, Patrizi A, Lanfranco F, et al. Feasibility study of detecting surface electromyograms in severely obese patients. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013;
99. Stock MS, Thompson BJ. Adipose tissue thickness does not affect the electromechanical delay. *Physiol Meas*. 2016;
100. Borges M. Composição corporal segmentar em atletas com lesão na medula espinhal. 2015.
101. Dolbow JD, Dolbow DR, Gorgey AS, Adler RA, Gater DR. The effects of aging and electrical

- stimulation exercise on bone after spinal cord injury. *Aging Dis* [Internet]. 4(3):141–53. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3660124/?tool=pubmed>
102. Federal G do D. 100 mil pessoas têm algum tipo de deficiência – CODEPLAN [Internet]. 2019 [cited 2020 Mar 9]. Available from: <http://www.codeplan.df.gov.br/mais-de-100-mil-pessoas-tem-algum-tipo-de-deficiencia-no-df-indica-estudo/>
 103. McBride WG. THALIDOMIDE AND CONGENITAL ABNORMALITIES. *The Lancet*. 1961.
 104. Pneumocystis pneumonia--Los Angeles. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 1981;
 105. Rison RA, Helfgott MD. Acute paradoxical embolic cerebral ischemia secondary to possible May-Thurner syndrome and an atrial septal defect: A case report. *J Med Case Rep*. 2013;
 106. Driggers RW, Ho CY, Korhonen EM, Kuivanen S, Jääskeläinen AJ, Smura T, et al. Zika virus infection with prolonged maternal viremia and fetal brain abnormalities. *N Engl J Med*. 2016;
 107. Tawashy AE, Eng JJ, Krassioukov A V., Warburton DER, Ashe MC, Hung C. Screening and habituation of functional electrical stimulation-Leg cycle ergometry for individuals with spinal cord injury: A pilot study. *J Neurol Phys Ther*. 2008;
 108. Lauschke JL, Leong GWS, Rutkowski SB, Waite PME. Changes in electrical perceptual threshold in the first 6 months following spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2011;34(5):473–81.
 109. Fawcett JW, Curt A, Steeves JD, Coleman WP, Tuszynski MH, Lammertse D, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury as developed by the ICCP panel: Spontaneous recovery after spinal cord injury and statistical power needed for therapeutic clinical trials. *Spinal Cord*. 2007.
 110. Silva PE. Avaliação da Excitabilidade Neuromuscular em pacientes criticamente enfermos. Universidade de Brasília; 2015.

ANEXOS 01 Aprovação do Comitê de Ética



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Em busca de um Protocolo de Treinamento de Cicloergometria com Eletroestimulação para Atletas com Lesão Medular Completa

Pesquisador: Juliana Araújo Guimarães

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 50337215.1.0000.0030

Instituição Proponente: Faculdade de Ceilândia - FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Patrocinador Principal: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.413.934



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - CEP/FS-UNB

Continuação do Parecer: 1.413.934

Infraestrutura	Scan1.pdf	18/10/2015 14:10:05	Juliana Araújo Guimarães	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Scan2.pdf	18/10/2015 14:09:23	Juliana Araújo Guimarães	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASÍLIA, 18 de Fevereiro de 2016

Assinado por:
Keila Elizabeth Fontana
(Coordenador)

ANEXO 02. Aprovação do Comitê de Ética

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EM BUSCA DE SISTEMAS DE CONTROLE E NÍVEIS SEGUROS DE TREINAMENTO NO CICLISMO ASSISTIDO POR ELETROESTIMULAÇÃO PARA PESSOAS COM LESÃO MEDULAR: UM ENSAIO CLÍNICO EXPLORATÓRIO RANDOMIZADO E CONTROLADO COM PROVA DE CONCEITO

Pesquisador: BRUNO FLAMARION DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 6

CAAE: 09303218.6.0000.8093

Instituição Proponente: Faculdade de Ceilândia - FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.632.981

Apresentação do Projeto:

"Introdução: A Estimulação Elétrica Funcional associada aos cicloergômetros em indivíduos com lesão medular parece ser uma alternativa promissora de locomoção por estimulação elétrica. Objetivos: Nosso objetivo geral é aprimorar a técnica de controle do ciclismo assistido por eletroestimulação para explorar limites de segurança para impedir efeitos deletérios de um aumento progressivo e não controlado da carga de treino que sinalizem parâmetros para se definir um protocolo seguro para pessoas com lesão medular praticarem o FES-assisted cycling. Metodologia: Delineamos o presente projeto em dois momentos: 1) uma prova de conceito e 2) um ensaio clínico para identificar limites de segurança. Desfechos primários: marcadores metabólicos sanguíneos, avaliação da temperatura e exame do joelho. Desfechos secundários: World Health Organization Disability Assessment Schedule (WHODAS 2.0), Whoqol breff, Exames de ultrassonografia, Avaliação Cardiopulmonar, Percepção de esforço, densidade mineral óssea, Avaliação do tônus muscular."

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO - PARTICIPANTES COM LESÃO MEDULAR

"1. Tenham idade entre dezesseis a dezessete anos, com assentimento do próprio adolescente e autorização do representante legal ou que tenham mais de dezoito anos;

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

2. Tenham mais de 6 meses de lesão medular;
3. Tenham sido atestados por médico que certifique que os participantes possuem qualidade óssea mínima para suportar as forças geradas na pedala de uma tricicleta ergométrica e condicionamento físico mínimo para praticar exercícios aeróbicos de moderada intensidade;
4. Possuam nível cognitivo suficiente para compreender os comandos e orientações para prática do ciclismo eletroestimulado;
5. Possuam condições de se manter no assento da tricicleta ergométrica adaptado para maior estabilidade e segurança;
6. Concordem em participar da pesquisa com assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido."

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO - PARTICIPANTES COM LESÃO MEDULAR

- "1. Apresentarem dor ou sinais de estresse tecidual ao esforço observáveis a qualquer momento, como por exemplo os observados nos sinais flogísticos e queda no desempenho de 5% nos valores em um intervalo inferior a 30 segundos de esforço;
2. Declararem medo ou insegurança durante a prática do ciclismo eletroestimulado;
 3. Não responderem à eletroestimulação em níveis desejáveis para a prática do ciclismo eletroestimulado;
 4. Apresentar alguma contraindicação clínica para a realização do ciclismo assistido por eletroestimulação como: arritmia cardíaca ou marca-passo instalado, luxação de quadril, convulsões não controladas, gravidez, implantes de metal em membros inferiores, não responsividade à eletroestimulação, e outros a serem analisados;
 5. Não completarem todas as etapas do protocolo de pesquisa e
 6. Estarem envolvidos em qualquer programa de FES-assisted cycling de membros inferiores ou treinamento de estimulação elétrica de superfície fora do protocolo dessa pesquisa."

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO - PARTICIPANTES SEM LESÃO MEDULAR

"A população de referência (adultos sem lesão medular) será formada por pareamento ao grupo com lesão medular e serão excluídos aqueles que não atenderem aos critérios 1, 4, 5 e 6 dos critérios de inclusão já descritos e manifestarem algum item de exclusão dentre os também já relatados."

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

Objetivo da Pesquisa:

"Nosso objetivo geral é aprimorar a técnica de controle do ciclismo assistido por eletroestimulação para explorar limites de segurança para impedir efeitos deletérios de um aumento progressivo e não controlado da carga de treino que sinalizem parâmetros para se definir um protocolo seguro para pessoas com lesão medular praticarem o FES-assisted cycling.

Para alcançar o objetivo geral, definimos os seguintes objetivos específicos:

1. Provar o conceito de que o controle artificial gerado pelo sistema e alimentado por captadores fixados no joelho possui a mesma efetividade que quando alimentado por captadores no pedal (pé-de-vela);
2. Estabelecer parâmetros para se definir um protocolo dito ideal para o treinamento de pessoas com lesão medular com base no que é conhecido para pessoas sem deficiência e verificando se tais parâmetros são aplicáveis e seguros."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

"Existem alguns riscos envolvidos na participação neste estudo. Maioria dos testes são de natureza não-invasiva, ou seja, não serão realizados procedimentos que envolvam corte. Entretanto para as coletas de sangue todos itens de biossegurança serão tomados, utilizaremos materiais descartáveis para cada indivíduo (exemplo agulhas), correta assepsia dos instrumentos, além de proteção do avaliador com luvas, jaleco, máscaras descartáveis e óculos.

A intervenção consiste em treino em bicicleta estacionária, executados em intensidade moderada compatíveis com as Atividades Básicas de Vida Diária, as respostas fisiológicas inerentes ao exercício físico serão controladas por acompanhamento clínico sistemático durante as sessões, por meio da monitorização da Pressão Arterial Sistêmica (PAS), da Frequência Cardíaca Máxima permitida, e da Percepção de Esforço. Além disso, antes e após o treinamento será aferida a Pressão Arterial Sistêmica (PAS), caso o participante apresente alteração clínica significativa ou desconforto, a sessão será suspensa imediatamente e será devidamente avaliado.

Todos os exercícios serão prescritos por um fisioterapeuta qualificado e a prescrição modificada de acordo com a evolução do sujeito para minimizar riscos. O contato regular entre os sujeitos e o fisioterapeuta através de aplicativo de celular e via telefone serão usados para sinalizar possíveis problemas. Os riscos de participação são equilibrados pelos benefícios associados a uma melhor compreensão da eficiência do treinamento de ciclismo assistido por eletroestimulação e traumas ortopédicos oriundos dessa prática, principalmente na articulação do joelho.

A aplicação dos questionários será realizada em sala fechada, de forma individual, sem presença

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILANDIA SUL (CEILANDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

de terceiros para manter a privacidade do entrevistado. A forma de aplicação será explicada anteriormente e será esclarecido que as respostas serão confidenciais e sigilosas, o questionário não será identificado pelo nome.

A entrevista poderá ser interrompida a qualquer momento caso seja observado algum desconforto emocional, mudança brusca de comportamento, na linguagem ou no humor e/ou caso o entrevistado relate desconforto emocional. Se alguma destas situações ocorrer os pesquisadores se responsabilizarão a garantir assistência psicológica ao entrevistado de forma imediata.

Em todos os procedimentos, caso os participantes relatarem dor na região corporal da zona de preservação ou desconforto ao esforço decorrente das alterações sistêmicas, o protocolo será interrompido pelos pesquisadores e os participantes encaminhados para avaliação especializada e, se necessário para o atendimento necessário (fisioterapeuta e/ou médico). Convém destacar que, mesmo para os pacientes com lesão medular, a percepção ao esforço gera alterações sistêmicas, muitas vezes percebidas pelo participante. Entretanto, para garantir que o esforço ao treinamento seja detectado, todos, independente do grupo a que fazem parte, serão monitorados quando a sinais autonômicos de alteração da frequência cardíaca e de modificações da pressão arterial, bem como sinais vasculares e modificação da temperatura cutâneos na articulação do joelho.

Em particular, para o grupo lesão medular, o local de posicionamento dos eletrodos de estimulação, bem como as alterações vasculares visualmente detectados e modificações da temperatura local detectadas por termometria de radiação infravermelha na região cutânea ao redor, durante toda a realização do protocolo, serão monitorados.

Apesar de todos os cuidados de verificação de qualidade óssea serem tomados, existe relato na literatura de que o ciclismo assistido por eletroestimulação na modalidade competitiva já causou fratura no piloto. Assim, embora não iremos trabalhar com tal modalidade, não podemos descartar tal risco e, caso isso ocorra, os participantes serão encaminhados ao médico da equipe para o devido tratamento.

É importante salientar que no CETEFE (Associação de Centro de Treinamento Físico Especial), que está sediado no Conjunto Esportivo da ENAP (Escola Nacional de Administração Pública), possui atendimento de emergência móvel capaz de conduzir qualquer participante em 5 minutos para o setor hospitalar sul que fica em frente, bem disponibilizar de forma gratuita a todos os participantes, o atendimentos que forem necessários. Conta com uma equipe multiprofissional que fica à disposição da sociedade (Psicólogos, Fisioterapeutas, Terapeutas Ocupacionais, Médicos, Assistente Sociais) e a qualquer momento os pesquisadores poderão acionar o profissional necessário.

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILANDIA SUL (CEILANDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

Ao final do projeto, caso seja observado benefício da intervenção, todos os participantes poderão receber o tratamento do produto que está sendo investigado desde que se cadastrem como beneficiários nos programas gratuitamente oferecidos pelo CETEFE."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de projeto de mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. A equipe é composta por Bruno Flamarion dos Santos, David Lobato Borges, Renan Fernandes Kozan, Henrique Resende Martins, Christine Azevedo Coste, Emerson Fachin Martins. Segundo o pesquisador, a instituição participante é a Universidade de Brasília e as co-participantes são Associação de Centro de Treinamento e Educação Física Especial (CETEFE) e Laboratório de Engenharia Biomédica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais (LEB/UFMG). Segundo apresentado pelo pesquisador na página 07 do projeto de pesquisa: "Delineamos o presente projeto em dois momentos: 1) uma prova de conceito e 2) um ensaio clínico para identificar limites de segurança. Para delinear o ensaio clínico randomizado utilizaremos as recomendações do CONSORT (CONSOLIDATED STANDARDS OF REPORTING TRIALS)."

Número da amostra: 48

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram adequadamente apresentados.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências foram sanadas.

Projeto aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Protocolo de pesquisa em consonância com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Cabe ressaltar que compete ao pesquisador responsável: desenvolver o projeto conforme delineado; elaborar e apresentar os relatórios parciais e final; apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa; encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e justificar

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Recurso do Parecer	recurso.pdf	09/10/2019 01:06:05		Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Cartaresposta04outubro.pdf	09/10/2019 01:03:35	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_out_LM.pdf	09/10/2019 01:02:20	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_out_gruporeferencia.pdf	09/10/2019 01:02:08	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_revisado_04_out_2019.doc	09/10/2019 01:01:42	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	27/09/2019 10:52:39		Aceito
Cronograma	cronogramaprevistoatualizado.pdf	27/09/2019 10:51:27	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_set_gruporeferencia.pdf	27/09/2019 10:42:26	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	16/08/2019 16:08:27		Aceito
Cronograma	cronogramaprevisto.pdf	16/08/2019 16:06:02	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Outros	Cartaresposta15agosto.pdf	16/08/2019 16:02:51	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	09/07/2019 13:07:20		Aceito
Outros	CPP_francais.pdf	09/07/2019 13:05:51	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Outros	CEP_Solicitado.pdf	09/07/2019 13:02:40	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	28/06/2019 15:43:30		Aceito
Outros	cronogramaprevisto.pdf	28/06/2019	BRUNO	Aceito

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66

Bairro: CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900

UF: DF **Município:** BRASÍLIA

Telefone: (61)3107-8434

E-mail: cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

Outros	cronogramaprevisto.pdf	15:31:18	DOS SANTOS	Aceito
Outros	CEP_Extensao.PNG	28/06/2019 15:27:49	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Comprovante_inicio_projeto_SEM_APR OVACAO.pdf	27/06/2019 16:41:49	Danielle Kaiser de Souza	Aceito
Outros	Comprovante_inicio_projeto_SEM_APR OVACAO.pdf	27/06/2019 16:41:49	Danielle Kaiser de Souza	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1153997.pdf	29/05/2019 19:31:55		Aceito
Outros	carta_para_encaminhamento_de_pende ncias.pdf	29/05/2019 19:29:19	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	termo_UFMG.pdf	29/05/2019 19:26:02	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Folha de Rosto	rosto.pdf	21/05/2019 15:00:00	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	assentimento.pdf	08/05/2019 14:23:23	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	08/05/2019 14:21:36	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	curriculo_kiara.pdf	08/05/2019 12:50:24	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	curriculo_karine.pdf	08/05/2019 12:49:44	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Justificativa_nao_inclusao_assinada.pdf	11/03/2019 21:17:30	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Concordancia_proponente_ok.pdf	11/03/2019 21:16:00	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	instituicao_coparticipante.pdf	11/03/2019 21:14:19	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.doc	11/03/2019 21:11:33	BRUNO FLAMARION DOS SANTOS	Aceito
Outros	Lattes_Renan_Fernandes_Kozan.pdf	08/10/2018 22:35:03	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Curriculo_Bruno_Flamarion_dos_Santos .pdf	08/10/2018 22:22:05	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Curriculo_Emerson_Fachin_Martins.pdf	08/10/2018 22:18:28	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Curriculo_David_Lobato_Borges.pdf	08/10/2018 22:15:40	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Curriculo_Henrique_Resende_Martins.p df	08/10/2018 22:06:12	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	Curriculo_Christine_Azevedo_Coste.	08/10/2018	BRUNO	Aceito

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILÂNDIA SUL (CEILÂNDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.632.981

Outros	pdf	22:05:43	DOS SANTOS	Aceito
Outros	termo_imagem.pdf	08/10/2018 21:05:31	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Outros	coordenador.pdf	17/09/2018 19:41:43	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	pesquisador.pdf	17/09/2018 19:35:57	BRUNO FLAMARION DOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 09 de Outubro de 2019

Assinado por:
Danielle Kaiser de Souza
(Coordenador(a))

Endereço: UNB - Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED), Centro Metropolitano, conj. A, lote 01, Sala AT07/66
Bairro: CEILANDIA SUL (CEILANDIA) **CEP:** 72.220-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-8434 **E-mail:** cep.fce@gmail.com

ANEXO 03. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Universidade de Brasília – UNB
Faculdade de Ceilândia
Mestrado em Ciências da Reabilitação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Nome do projeto: Em busca de sistemas de controle e níveis seguros de treinamento no ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular: um ensaio clínico exploratório randomizado e controlado.

Autores: Bruno Flamarion dos Santos (autor principal), Emerson Fachin-Martins (orientador), David Lobato Borges, Henrique Resende Martins, Renan Fernandes Kozan, Christine Azevedo Coste.

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar do projeto de pesquisa “Em busca de sistemas de controle e níveis seguros de treinamento no ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular: um ensaio clínico exploratório randomizado e controlado com prova de conceito”, sob a responsabilidade do pesquisador Bruno Flamarion dos Santos. O nosso projeto utiliza corrente elétrica leve tanto em pessoas que tem lesão na coluna quanto em pessoas que não tem. Você participará do grupo de pessoas que não tem lesão na coluna e, apesar movimentar por sua vontade própria as pernas, vai experimentar a corrente elétrica fazendo isso por você, o que nos ajudará a compreender o que acontece no outro grupo. O objetivo desta pesquisa é estabelecer critérios para fazer esse treinamento de ciclismo com corrente elétrica de forma mais segura.

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não será revelado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

Realizaremos vários exames em diferentes momentos que indicarão seu estado de saúde e a qualquer momento você terá acesso a todos eles. Inicialmente vamos testar como o sistema da bicicleta está funcionando enquanto você pedala (apenas em um dia, com duração de no máximo uma hora e meia se todos os procedimentos forem necessários). Depois iremos fazer o treinamento de ciclismo com corrente elétrica (três vezes por semana, cada sessão com duração máxima de uma hora e trinta minutos, durante um período de seis meses).

Os exames que fazemos nos garante que você tem ossos que suportam o treinamento, porém, existe relato de que tal procedimento já fraturou pessoas do outro grupo que usaram tal ciclismo em competição. Entretanto, reforçamos que não vamos trabalhar essa modalidade. Além disso, é possível que ocorra, ainda que raramente, alguma coceira ou formigamento na pele, vermelhidão passageira ou alergia. Se isto acontecer, a sessão será interrompida e cuidaremos de você. Se precisarmos de amostras do seu sangue, coletaremos com profissionais que possuem experiência nisso.

Todos os exercícios serão prescritos por fisioterapeutas e professor de educação física qualificados e se durante o atendimento caso você sinta dor ou relate desconforto ao esforço, a sessão será suspensa imediatamente e você será devidamente avaliado por nossa equipe e, caso necessite, será atendimento de forma gratuita em nosso ambulatório. Esperamos que com o treinamento você tenha uma melhora da sua condição de saúde, aumento dos músculos das pernas, melhora do seu condicionamento físico, melhora na qualidade do osso, maior facilidade no controle do peso, melhora da circulação sanguínea.

A pesquisa será conduzida na Associação Centro de Treinamento em Educação Física Especial – CETEFE (SAIS, Área 2A, Ed. ENAP, Ginásio, Asa Sul) e na Universidade de Brasília (Faculdade de Ceilândia, *Campus* Universitário - Centro Metropolitano, Ceilândia Sul).

O(a) Senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames, testes ou avaliações. Também não há compensação financeira relacionada a sua participação, que será voluntária. Se existir qualquer despesa adicional relacionada diretamente à pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) a mesma será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Universidade de Brasília (UnB), podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: **Bruno Flamarion dos Santos, ou Emerson Fachin Martins, na Universidade de Brasília no telefone (61)3107-3300 ou (62)98176-3693**, disponível inclusive para ligação a cobrar. O email do pesquisador **Bruno Flamarion dos Santos** também fica disponível para qualquer esclarecimento (brunoflamarion@hotmail.com).

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-8434 ou do e-mail



Mestrado em Ciências da Reabilitação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

cep.fce@gmail.com, horário de atendimento das 14h:00 às 18h:00, de segunda a sexta-feira. O CEP/FCE se localiza na Faculdade de Ceilândia, Sala AT07/66 – Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED) – Universidade de Brasília - Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Brasília - DF. CEP: 72220-900.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor(a). Quando o participante for menor de dezoito anos de idade (para menores de dezoito anos essa pesquisa se restringe a adolescentes com idade entre dezesseis a dezessete anos), esse documento deverá estar acompanhado do Termo de Assentimento do Menor, que também será elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor(a).

Nome do participante/ assinatura ou
Nome do Representante Legal do Menor de Idade / assinatura

Pesquisador Responsável – Bruno Flamarion dos Santos
Nome e assinatura

Brasília, ____ de _____ de _____.

ANEXO 04. Certificado de Registro de Programa de Computador - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI (Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados)



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA ECONOMIA
 INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: BR512019002808-2

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 02/08/2019, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Software para controle de tricíclo híbrido assistido por estimulação elétrica funcional e dotado de motor elétrico para sujeitos paraplégicos e tetraplégicos - Power Trike

Data de publicação: 02/08/2019

Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG

Autor(es): EMERSON FACHIN MARTINS; HENRIQUE RESENDE MARTINS; MICHELLE RABELO; DAVID LOBATO BORGES; BRUNO SILVEIRA AVELAR

Linguagem: OUTROS

Campo de aplicação: SD-06

Tipo de programa: SO-07

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:
 4A5218C2C1A1CB6522D6755EAE8847F462EA4E9449A98135070FD97D8B483E076CEAF273631033165571987F
 9321F47AAACBE7AF3A65D41A0B8D14B335E0F5C0

Derivação autorizada: Sim, angular.js <https://github.com/angular/angular.js/blob/master/LICENSE> angular.js material <https://material.angularjs.org/1.0.8/#license> angular-local-storage <https://github.com/grevory/angular-local-storage/blob/master/LICENSE> angular-translate <https://github.com/angular-translate/angular-translate/blob/master/LICENSE> angular-ui-mask <https://github.com/angular-ui/ui-mask/blob/master/LICENSE> bootstrap <https://github.com/twbs/bootstrap/blob/master/LICENSE> bootstrap-material-design <https://github.com/FazVrasta/bootstrap-material-design/blob/master/LICENSE.md> file-loader <https://github.com/webpack-contrib/file-loader/blob/HEAD/LICENSE> font-awesome <https://fontawesome.com/license/free> jquery <https://github.com/jquery/jquery/blob/master/LICENSE> bt-moment.js <https://github.com/moment/moment.js/blob/master/LICENSE> ng-infinite-scroll <https://github.com/stroze/ngInfiniteScroll/blob/master/LICENSE> sugar <https://github.com/andrewplummer/sugar/blob/master/LICENSE>

Expedido em: 10/12/2019



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Aprovado por:

Helmar Alvares

Chefe da DIPTO - Portaria/INPI/DIRPA Nº 09, de 01 de julho de 2019



ANEXO 05. Termo de Autorização para Utilização de Imagem e Som de Voz para fins de pesquisa.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM E SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA

Eu, _____ autorizo a utilização da minha imagem e som de voz, na qualidade de participante/entrevistado(a) no projeto de pesquisa intitulado “Em busca de sistemas de controle e níveis seguros de treinamento no ciclismo assistido por eletroestimulação para pessoas com lesão medular: um ensaio clínico exploratório randomizado e controlado com prova de conceito” sob responsabilidade de Bruno Flamarion dos Santos e David Lobato Borges, fisioterapeuta e professor de Educação Física respectivamente, e estudantes de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde. Minha imagem e som de voz obtidas das entrevistas podem ser utilizados apenas para análise por parte dos pesquisadores e para apresentações em eventos profissionais e/ou acadêmicos. Tenho ciência de que não haverá divulgação da minha imagem, nem som de voz, por qualquer meio de comunicação, sejam elas televisão, rádio ou internet, exceto nas atividades vinculadas ao ensino e à pesquisa. Tenho ciência também de que a guarda e demais procedimentos de segurança com relação às imagens e sons de voz são de responsabilidade dos pesquisadores responsáveis.

Durante a pesquisa, para evitar ou minimizar qualquer situação de desconforto ou constrangimento será garantida a interrupção imediata da captura de imagens e som de voz. Será garantida a manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes em todas as fases da pesquisa, assim como a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa. Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Bruno Flamarion dos Santos, David Lobato Borges ou Emerson Fachin Martins, na Universidade de Brasília no telefone (61)3107-3300 ou (62)98176-3693, (61)98175-6896. O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-8434 ou do e-mail cep.fce@gmail.com, horário de atendimento das 14h:00 às 18h:00, de segunda a sexta-feira. O CEP/FCE se localiza na Faculdade de Ceilândia, Sala AT07/66 – Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED) – Universidade de Brasília - Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Brasília - DF. CEP: 72220-900.

Deste modo, declaro que autorizo, livre e espontaneamente, o uso para fins de pesquisa, nos termos acima descritos, da minha imagem e som de voz.

Assinatura do (a) participante / responsável

Assinatura do pesquisador

Brasília, ____ de _____ de _____

ANEXO 06 Fichas de Classificação Neurológica da Medula Espinhal segundo a ASIA IMPAIRMENT SCALE

Participante 1

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) ASIA ISCOS

Patient Name: _____ Date/Time of Exam: _____
 Examiner Name: _____ Signature: _____

RIGHT			SENSORY			SENSORY			LEFT		
MOTOR KEY MUSCLES			KEY SENSORY POINTS			KEY SENSORY POINTS			MOTOR KEY MUSCLES		
			Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)	Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)	Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)			
C2	2	2	2	2	2	2	2	C2	2	2	C2
C3	2	2	2	2	2	2	2	C3	2	2	C3
C4	2	2	2	2	2	2	2	C4	2	2	C4
Elbow flexors C5	5	2	2	2	2	2	2	Elbow flexors C5	5	2	C5
Wrist extensors C6	3	2	2	2	2	2	2	Wrist extensors C6	2	2	C6
Elbow extensors C7	0	1	1	1	1	1	1	Elbow extensors C7	0	1	C7
Finger flexors C8	0	0	0	0	0	0	0	Finger flexors C8	0	0	C8
Finger abductors (side finger) T1	0	0	0	0	0	0	0	Finger abductors (side finger) T1	0	0	T1
T2	0	0	0	0	0	0	0	T2	0	0	T2
T3	0	0	0	0	0	0	0	T3	0	0	T3
T4	0	0	0	0	0	0	0	T4	0	0	T4
T5	0	0	0	0	0	0	0	T5	0	0	T5
T6	0	0	0	0	0	0	0	T6	0	0	T6
T7	0	0	0	0	0	0	0	T7	0	0	T7
T8	0	0	0	0	0	0	0	T8	0	0	T8
T9	0	0	0	0	0	0	0	T9	0	0	T9
T10	0	0	0	0	0	0	0	T10	0	0	T10
T11	0	0	0	0	0	0	0	T11	0	0	T11
T12	0	0	0	0	0	0	0	T12	0	0	T12
L1	0	0	0	0	0	0	0	L1	0	0	L1
Hip flexors L2	0	0	0	0	0	0	0	Hip flexors L2	0	0	L2
Knee extensors L3	0	0	0	0	0	0	0	Knee extensors L3	0	0	L3
Ankle dorsiflexors L4	0	0	0	0	0	0	0	Ankle dorsiflexors L4	0	0	L4
Long toe extensors L5	0	0	0	0	0	0	0	Long toe extensors L5	0	0	L5
Ankle plantar flexors S1	0	0	0	0	0	0	0	Ankle plantar flexors S1	0	0	S1
S2	0	0	0	0	0	0	0	S2	0	0	S2
S3	0	0	0	0	0	0	0	S3	0	0	S3
S4-5	0	0	0	0	0	0	0	S4-5	0	0	S4-5
(ABC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)	NO								(DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)		NO
RIGHT TOTALS (MAXIMUM)	8	11	11				LEFT TOTALS (MAXIMUM)			7	
MOTOR SUBSCORES	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
UER [8] + UEL [7] = OEMS TOTAL [15]	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
LER [0] + LEL [0] = LEMS TOTAL [0]	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
SENSORY SUBSCORES	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
LTR [11] + LTL [10] = LT TOTAL [21]	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
PPR [11] + PPL [11] = PP TOTAL [22]	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
NEUROLOGICAL LEVELS	Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels
1. SENSORY R [C6] L [C6]			3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) [C5]		4. COMPLETE OR INCOMPLETE? [Com]		5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) [A]		ZONE OF PARTIAL PRESERVATION		SENSORY R [C7] L [C7] MOTOR [C6] [C6]

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. NIS 11-12

Participante 2

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) ASIA ISCOS

Patient Name: _____ Date/Time of Exam: _____
 Examiner Name: _____ Signature: _____

RIGHT			SENSORY			SENSORY			LEFT		
MOTOR KEY MUSCLES			KEY SENSORY POINTS			KEY SENSORY POINTS			MOTOR KEY MUSCLES		
			Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)	Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)	Light Touch (LT)	Pin Prick (PP)			
C2	2	2	2	2	2	2	2	C2	2	2	C2
C3	2	2	2	2	2	2	2	C3	2	2	C3
C4	2	2	2	2	2	2	2	C4	2	2	C4
Elbow flexors C5	5	2	2	2	2	2	2	Elbow flexors C5	5	2	C5
Wrist extensors C6	5	2	2	2	2	2	2	Wrist extensors C6	4	2	C6
Elbow extensors C7	5	2	2	2	2	2	2	Elbow extensors C7	5	2	C7
Finger flexors C8	4	2	2	2	2	2	2	Finger flexors C8	4	2	C8
Finger abductors (side finger) T1	2	2	2	2	2	2	2	Finger abductors (side finger) T1	0	2	T1
T2	2	2	2	2	2	2	2	T2	2	2	T2
T3	2	2	2	2	2	2	2	T3	2	2	T3
T4	2	2	2	2	2	2	2	T4	2	2	T4
T5	2	2	2	2	2	2	2	T5	2	2	T5
T6	2	2	2	2	2	2	2	T6	2	2	T6
T7	2	2	2	2	2	2	2	T7	2	2	T7
T8	2	2	2	2	2	2	2	T8	2	2	T8
T9	2	2	2	2	2	2	1	T9	2	1	T9
T10	2	2	2	2	2	2	2	T10	2	2	T10
T11	2	2	2	2	2	2	2	T11	2	2	T11
T12	2	2	2	2	2	2	2	T12	2	2	T12
L1	1	1	1	1	1	1	1	L1	1	1	L1
Hip flexors L2	0	1	1	1	1	1	1	Hip flexors L2	0	1	L2
Knee extensors L3	2	1	1	1	1	1	1	Knee extensors L3	1	1	L3
Ankle dorsiflexors L4	0	1	1	1	1	1	1	Ankle dorsiflexors L4	0	1	L4
Long toe extensors L5	0	1	1	1	1	1	1	Long toe extensors L5	0	1	L5
Ankle plantar flexors S1	0	1	1	1	1	1	1	Ankle plantar flexors S1	0	1	S1
S2	1	1	1	1	1	1	1	S2	1	1	S2
S3	1	1	1	1	1	1	1	S3	1	1	S3
S4-5	1	1	1	1	1	1	1	S4-5	1	1	S4-5
(ABC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)	NO								(DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)		YES
RIGHT TOTALS (MAXIMUM)	23	47	47				LEFT TOTALS (MAXIMUM)			19	
MOTOR SUBSCORES	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
UER [21] + UEL [18] = OEMS TOTAL [39]	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
LER [2] + LEL [1] = LEMS TOTAL [3]	MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)		MAX (25)
SENSORY SUBSCORES	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
LTR [47] + LTL [47] = LT TOTAL [94]	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
PPR [47] + PPL [47] = PP TOTAL [94]	MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)		MAX (55)
NEUROLOGICAL LEVELS	Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels		Step 1 for classification at all levels
1. SENSORY R [T12] L [T12]			3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) [C6]		4. COMPLETE OR INCOMPLETE? [INC]		5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) [C]		ZONE OF PARTIAL PRESERVATION		SENSORY R [] L [] MOTOR [] []

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. NIS 11-12

Participante 3

ASIA INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) ISCOS

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT		SENSORY KEY SENSORY POINTS		SENSORY KEY SENSORY POINTS		LEFT	
MOTOR KEY MUSCLES	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)	MOTOR KEY MUSCLES	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)
C2	2	2	2	2	C2	2	2
C3	2	2	2	2	C3	2	2
C4	2	2	2	2	C4	2	2
Elbow flexors C5	5	2	2	2	C5	5	2
Wrist extensors C6	5	2	2	2	C6	5	2
Elbow extensors C7	5	2	2	2	C7	5	2
Finger flexors C8	5	2	2	2	C8	5	2
Finger abductors (ulnar finger) T1	5	2	2	2	T1	5	2
Comments: (Non-key Muscles? Reason for M77 Plan?)							
T2	2	2	2	2	T2	2	2
T3	2	2	2	2	T3	2	2
T4	2	2	2	2	T4	2	2
T5	2	2	2	2	T5	2	2
T6	1	1	1	1	T6	1	1
T7	0	0	0	0	T7	0	0
T8	0	0	0	0	T8	0	0
T9	0	0	0	0	T9	0	0
T10	0	0	0	0	T10	0	0
T11	0	0	0	0	T11	0	0
T12	0	0	0	0	T12	0	0
L1	0	0	0	0	L1	0	0
Hip flexors L2	0	0	0	0	L2	0	0
Knee extensors L3	0	0	0	0	L3	0	0
Ankle dorsiflexors L4	0	0	0	0	L4	0	0
Long toe extensors L5	0	0	0	0	L5	0	0
Ankle plantar flexors S1	0	0	0	0	S1	0	0
S2	0	0	0	0	S2	0	0
S3	0	0	0	0	S3	0	0
(M4) Voluntary Anal Contraction (Res/No)	NO	S4-5	0	0	NO	(M4) Deep Anal Pressure (Res/No)	NO
RIGHT TOTALS (MAXIMUM)	24	25	28		LEFT TOTALS (MAXIMUM)	25	28

MOTOR SUBSCORES: UER [25] + UEL [25] = OENS TOTAL [50] LER [0] + LEL [0] = LENS TOTAL [0] LTH [25] + LTL [25] = LT TOTAL [50] PPR [28] + PPL [28] = PP TOTAL [56]

NEUROLOGICAL LEVELS: 1. SENSORY [T5] [T5] 2. MOTOR [T5] [T5] 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) [T5] 4. COMPLETE OR INCOMPLETE? [C] [C] 5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) [A] [A]

Zone of Partial Preservation: SENSORY [T9] [T9] MOTOR [T1] [T1]

Participante 4

ASIA INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) ISCOS

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT		SENSORY KEY SENSORY POINTS		SENSORY KEY SENSORY POINTS		LEFT	
MOTOR KEY MUSCLES	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)	MOTOR KEY MUSCLES	Light Touch (L1%)	Pin Prick (PP)
C2	2	2	2	2	C2	2	2
C3	2	2	2	2	C3	2	2
C4	2	2	2	2	C4	2	2
Elbow flexors C5	5	2	2	2	C5	5	2
Wrist extensors C6	5	2	2	2	C6	5	2
Elbow extensors C7	5	2	2	2	C7	5	2
Finger flexors C8	5	2	2	2	C8	5	2
Finger abductors (ulnar finger) T1	5	2	2	2	T1	5	2
Comments: (Non-key Muscles? Reason for M77 Plan?)							
T2	2	2	2	2	T2	2	2
T3	0	0	0	0	T3	0	0
T4	0	0	0	0	T4	0	0
T5	0	0	0	0	T5	0	0
T6	0	0	0	0	T6	0	0
T7	0	0	0	0	T7	0	0
T8	0	0	0	0	T8	0	0
T9	0	0	0	0	T9	0	0
T10	0	0	0	0	T10	0	0
T11	0	0	0	0	T11	0	0
T12	0	0	0	0	T12	0	0
L1	0	0	0	0	L1	0	0
Hip flexors L2	0	0	0	0	L2	0	0
Knee extensors L3	0	0	0	0	L3	0	0
Ankle dorsiflexors L4	0	0	0	0	L4	0	0
Long toe extensors L5	0	0	0	0	L5	0	0
Ankle plantar flexors S1	0	0	0	0	S1	0	0
S2	0	0	0	0	S2	0	0
S3	0	0	0	0	S3	0	0
(M4) Voluntary Anal Contraction (Res/No)	NO	S4-5	0	0	NO	(M4) Deep Anal Pressure (Res/No)	NO
RIGHT TOTALS (MAXIMUM)	25	18	19		LEFT TOTALS (MAXIMUM)	25	19

MOTOR SUBSCORES: UER [25] + UEL [25] = OENS TOTAL [50] LER [0] + LEL [0] = LENS TOTAL [0] LTH [18] + LTL [19] = LT TOTAL [37] PPR [19] + PPL [19] = PP TOTAL [38]

NEUROLOGICAL LEVELS: 1. SENSORY [T1] [T2] 2. MOTOR [T1] [T2] 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) [T1] 4. COMPLETE OR INCOMPLETE? [C] [C] 5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) [A] [A]

Zone of Partial Preservation: SENSORY [T2] [T3] MOTOR [T2] [T3]

Partecipante 5

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES	SENSORY KEY SENSORY POINTS	
	Light Touch (L2)	Pin/Prick (PP)
C2	2	2
C3	2	2
C4	2	2
C5	2	2
C6	2	2
C7	2	2
C8	2	2
T1	2	2
T2	2	2
T3	2	2
T4	2	2
T5	2	2
T6	1	1
T7	0	0
T8	0	0
T9	0	0
T10	0	0
T11	0	0
T12	0	0
L1	0	0
L2	0	0
L3	0	0
L4	0	0
L5	0	0
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4-5	0	0

Upper Extremity Right (UER)
 Elbow flexors: C5
 Wrist extensors: C6
 Elbow extensors: C7
 Finger flexors: C8
 Finger abductors (distal finger): T1

Lower Extremity Right (LER)
 Hip flexors: L2
 Knee extensors: L3
 Ankle dorsiflexors: L4
 Long toe extensors: L5
 Ankle plantar flexors: S1

(MVC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No) **NO**

RIGHT TOTALS	25	25	26
	(50)	(50)	(50)

• Key Sensory Points

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES	SENSORY KEY SENSORY POINTS	
	Light Touch (L2)	Pin/Prick (PP)
C2	2	2
C3	2	2
C4	2	2
C5	2	2
C6	2	2
C7	2	2
C8	2	2
T1	2	2
T2	2	2
T3	2	2
T4	2	2
T5	2	2
T6	1	1
T7	0	0
T8	0	0
T9	0	0
T10	0	0
T11	0	0
T12	0	0
L1	0	0
L2	0	0
L3	0	0
L4	0	0
L5	0	0
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4-5	0	0

Upper Extremity Left (UEL)
 Elbow flexors: C5
 Wrist extensors: C6
 Elbow extensors: C7
 Finger flexors: C8
 Finger abductors (distal finger): T1

Lower Extremity Left (LEL)
 Hip flexors: L2
 Knee extensors: L3
 Ankle dorsiflexors: L4
 Long toe extensors: L5
 Ankle plantar flexors: S1

(MAP) Deep Anal Pressure (Yes/No) **NO**

LEFT TOTALS	25	26	25
	(50)	(50)	(50)

MOTOR SUBSCORES
 UER: 25 + LER: 25 = OEMS TOTAL: 50 (MAX 100)
 LER: 0 + LEL: 0 = LEMS TOTAL: 0 (MAX 100)

SENSORY SUBSCORES
 LTR: 25 + LFL: 25 = LFTOTAL: 50 (MAX 100)
 PPR: 26 + PPL: 26 = PFTOTAL: 52 (MAX 112)

NEUROLOGICAL LEVELS
 1. SENSORY: R: T5, L: T5
 2. MOTOR: R: T5, L: T5

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI): T5

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? **COM**
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS): **A**
(0 = no sensory/motor; 1 = sensory only; 2 = sensory/motor; 3 = sensory/motor; 4 = sensory/motor; 5 = sensory/motor)

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION
 SENSORY: R: T7, L: T7
 MOTOR: R: T7, L: T7

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. 4071110