

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Ana Paula Pinto

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE REABILITAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA
ASSOCIADA A FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PESSOAS
ESPÁSTICAS**

**EFFECTS OF A CARDIORESPIRATORY REHABILITATION PROGRAM
ASSOCIATED WITH TRANSCRANIAL PHOTOBIMODULATION IN SPASTIC
PEOPLE**

São José dos Campos, SP

2024

Ana Paula Pinto

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE REABILITAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA
ASSOCIADA A FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PESSOAS
ESPÁSTICAS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Mário Oliveira Lima

Co-orientadora: Prof. Dra. Fernanda Pupio
Silva Lima

São José dos Campos, SP

2024

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

Ficha catalográfica

Pinto , Ana Paula
Efeitos de um programa de reabilitação cardiorrespiratória associada a fotobiomodulação transcraniana em pessoas espásticas / Ana Paula Pinto ; orientador, Mário Oliveira Lima; co-orientadora Fernanda Pupio Silva Lima. - São José dos Campos, SP, 2024.

1 CD-ROM, 119 p.

Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

1. Engenharia Biomédica. 2. Doenças neurológicas. 3. Reabilitação cardiorrespiratória. 4. Fotobiomodulação transcraniana. I. Lima, Mário Oliveira , orient. II. Lima, Fernanda Pupio Silva, co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

Eu, Ana Paula Pinto , autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 22 de Abril de 2024.

Ana Paula Pinto
Autor(a) da Obra

Data da defesa: 23 / 02 / 24

ANA PAULA PINTO

**“EFEITOS DE UM PROGRAMA DE REABILITAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA
ASSOCIADA A FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PESSOAS
ESPÁSTICAS.”**

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba – Univap, pela seguinte banca examinadora:

Emilia A. Lo S. Arisawa	<i>Emilia A. Lo S. Arisawa</i>
Fernanda P. S. Lima	<i>Fernanda P. S. Lima</i>
Mário O. Lima	<i>Mário O. Lima</i>
Virginia K. de Oliveira	<i>Virginia K. de Oliveira</i>
Rodrigo A. B. L. Martins	<i>Rodrigo A. B. L. Martins</i>
Rodrigo L. Marcos	<i>Rodrigo L. Marcos</i>

Prof.^a Dr.^a Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 23 de fevereiro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família.

Aos meus pais, José Ilton e Maria Helena, que pelas circunstâncias da época não os permitiram nem completar os anos iniciais de estudo, mas que foram exemplo para mim na busca pelo conhecimento e honestidade. Obrigada por permitirem e possibilitarem meu caminho até aqui, mesmo não compreendendo exatamente minhas atividades.

Às minhas irmãs. Sou caçula de cinco filhas, logo tive o privilégio de nascer com quatro grandes amigas. Obrigada Cláudia, Poli, Deh e Fer por me incentivarem e por serem companheiras desde as minhas primeiras lembranças de vida.

Ao meu amado, Henrique. Obrigada por estar comigo desde a escolha da minha profissão, em todo o processo até chegar aqui, na luta pela bolsa de graduação até o processo do doutorado. Agradeço por me tornar mais grata pelas pequenas conquistas e, mais do que tudo, por me ajudar a passar pelas tribulações em que pude enxergar as possibilidades perante as dificuldades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo meu ser, por todas as circunstâncias em que vivenciei para me tornar quem sou hoje, nada é pelo acaso.

Aos meus orientadores Prof. Mário Oliveira Lima e Profa. Fernanda Pupio Silva Lima por me aceitarem como aluna e em todo processo do desenvolvimento do doutorado. Sou grata pelo tempo e confiança que depositaram em mim.

Ao Prof. Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins, Profa. Marcele Florêncio das Neves e Profa. Alessandra de Almeida Fagundes, obrigada por contribuírem no processo do meu trabalho.

Ari, Ale, Douglas, Élide e Kássila, sou grata por vestirem a camisa do projeto e terem ajudado com tanto zelo e responsabilidade, vocês foram os melhores alunos de iniciação científica no mundo! Estou muito feliz em ver como se tornaram excelentes profissionais, situação que jamais duvidei que aconteceria.

Agradeço também aos meus colegas de laboratório que se tornaram amigos para vida, que mesmo alguns terminando os estudos no laboratório participaram de todo processo. Obrigada Fran, Gabi e Sérgio, vocês foram fundamentais!

Obrigada a todos os voluntários pela disposição e comprometimento.

Aos estagiários de fisioterapia que me ajudaram quando necessário.

Ao corpo docente e funcionários da instituição, especial a Adriana, Andrea, Isabel e Socorro, pelo apoio prestado na clínica e laboratório, sempre bem solícitas.

À Fundação Vale Paraibana de Ensino/Universidade do Vale do Paraíba que é minha segunda casa desde a bolsa de ensino médio e ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D em que faço parte desde o primeiro mês de graduação.

Agradeço também ao Programa Universidade para Todos (Prouni) por possibilitar meu ingresso na universidade como bolsista integral, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-CNPq e FAPESP em que fui bolsista por quase 3 anos durante minha iniciação científica, que permitiram uma vivência integral e única na área da pesquisa e que fez parte e muita diferença no meu desenvolvimento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES – Código de financiamento 001, pelo apoio financeiro da bolsa de doutorado.

“Escolha um trabalho que você ame e não terá que trabalhar um único dia em sua vida”.
Confúcio

RESUMO

A espasticidade é consequência de lesões do sistema nervoso central e afeta os sistemas muscular, cardiovascular e pulmonar, resultando em mobilidade reduzida, diminuição da aptidão cardiorrespiratória e dependência nas atividades de vida diária. O exercício aeróbico e a fotobiomodulação transcraniana (FBMt) são terapias conhecidas pela melhora da oxigenação cerebral e neuroplasticidade, auxiliando no aumento da aptidão cardiorrespiratória e funcionalidade. O objetivo deste estudo foi validar um protocolo de reabilitação cardiorrespiratória (RCR) em pessoas espásticas, avaliar os efeitos da RCR isolada e associada à FBMt na função pulmonar, força muscular respiratória, tolerância ao exercício (TE), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), atividade elétrica do reto femoral bem como a qualidade de vida. A pesquisa contou com a colaboração de 15 participantes com espasticidade, distribuídos aleatoriamente em dois grupos: Grupo fotobiomodulação transcraniana (GFBMt): constituído de 8 voluntários nos quais foi aplicada a FBMt (modo on) seguida da RCR; Grupo controle (GC): composto por 7 voluntários em que foi simulada a aplicação da FBMt (modo off) seguida da RCR. O protocolo da RCR incluiu exercícios aeróbicos e respiratórios, fortalecimento de membros inferiores, alongamentos, 2 vezes por semana durante 12 semanas. A FBMt (cluster de 6 lasers, 3 lasers: $\lambda = 660$ nm, 3 lasers: $\lambda = 808$ nm, potência 100 mW/laser, 6 J/laser) foi aplicada no início de cada sessão de tratamento, transcutâneamente, perpendicular em 3 regiões frontoparietal. Foram avaliados os seguintes parâmetros antes e após 8 e 12 semanas da aplicação do protocolo de tratamento: espirometria, manovacuometria, TE, VFC, eletromiografia de superfície (EMG) do músculo reto femoral e qualidade de vida (questionário SF-36). Observou-se aumento no índice pico de fluxo expiratório em 12 semanas ($p < 0,05$). O GFBMt apresentou aumento da força muscular respiratória em 20% (8 semanas) e 15% (12 semanas). Ambos os grupos apresentaram aumento da TE, de 40% e 30%, para o GC e GFBMt, respectivamente. O GFBMt demonstrou frequência cardíaca de recuperação e índices do sistema nervoso simpático e parassimpático mais próximos ao fisiológico. A EMG evidenciou que o GFBMt obteve aumento da atividade elétrica do reto femoral durante os agachamentos e redução da diferença entre membros. Os escores do SF-36 foram maiores em quatro domínios pós reabilitação para o GC e dois domínios no GFBMt. Concluiu-se que durante o protocolo não houve intercorrências e, portanto, foi seguro e é válido para os pacientes com doenças neurológicas; que a reabilitação cardiorrespiratória promoveu a melhora da qualidade de vida e tolerância ao exercício e a terapia adicional da fotobiomodulação transcraniana demonstrou induzir a modulação na função da mecânica respiratória, da VFC, atividade elétrica muscular e nos aspectos físicos e dor do SF-36.

Palavras-chave: doenças neurológicas; espasticidade; reabilitação cardiorrespiratória; fotobiomodulação transcraniana.

ABSTRACT

Spasticity is a consequence of damage to the central nervous system and affects the muscular, cardiovascular and pulmonary systems, resulting in reduced mobility, decreased cardiorespiratory fitness and dependence on activities of daily living. Aerobic exercise and transcranial photobiomodulation (tPBM) are therapies known to improve cerebral oxygenation and neuroplasticity, helping to increase cardiorespiratory fitness and functionality. The aim of this study was to validate a cardiorespiratory rehabilitation (CRR) protocol for spastic people and to assess the effects of CRR alone and combined with TMBF on pulmonary function, respiratory muscle strength, exercise tolerance (ET), heart rate variability (HRV), electrical activity of the rectus femoris and quality of life. The study involved 15 participants with spasticity, randomly divided into two groups: Transcranial photobiomodulation group (tPBMG): made up of 8 volunteers who received tPBG (on mode) followed by CRR; control group (CG): made up of 7 volunteers who received simulated tPBMG (off mode) followed by CRR. The CRR protocol included aerobic and breathing exercises, lower limb strengthening and stretching, twice a week for 12 weeks. tPBM (cluster of 6 lasers, 3 lasers: $\lambda = 660$ nm, 3 lasers: $\lambda = 808$ nm, power 100 mW/laser, 6 J/laser) was applied at the beginning of each treatment session, transcutaneously, perpendicular to 3 frontoparietal regions. The following parameters were assessed before and after 8 and 12 weeks of the treatment protocol: spirometry, manovacuometry, ET, HRV, surface electromyography (EMG) of the rectus femoris muscle and quality of life (SF-36 questionnaire). There was an increase in the peak expiratory flow index at 12 weeks ($p < 0.05$). tPBMG showed an increase in respiratory muscle strength of 20% (8 weeks) and 15% (12 weeks). Both groups showed an increase in ET of 40% and 30% for the CG and tPBMG, respectively. The tPBMG showed a recovery heart rate and sympathetic and parasympathetic nervous system indices closer to physiological. The EMG showed that the GFBMt had increased electrical activity in the rectus femoris during squats and reduced the difference between limbs. The SF-36 scores were higher in four post-rehabilitation domains for the CG and two domains for the tPBMG. It was concluded that there were no complications during the protocol and that it was therefore safe and valid for patients with neurological diseases; that cardiorespiratory rehabilitation improved quality of life and exercise tolerance and that the additional therapy of transcranial photobiomodulation was shown to induce modulation in the function of respiratory mechanics, HRV, muscle electrical activity and in the physical and pain aspects of the SF-36.

Keywords: neurological diseases; spasticity; cardiorespiratory rehabilitation; transcranial photobiomodulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avaliação da força muscular respiratória por meio do manovacuômetro..	45
Figura 2 - Representação do teste de caminhada de seis minutos adaptado na esteira ergométrica e estação BrainMov.	46
Figura 3 - Coleta da eletromiografia de superfície.	48
Figura 4 - Exemplo da aplicação da fotobiomodulação transcraniana.....	52
Figura 5 - Posicionamento do participante durante o treino aeróbico.	53
Figura 6 - Exercícios de fortalecimento muscular dos membros inferiores.....	54
Figura 7 - Esquema da metodologia do estudo.	54
Figura 8 - Resultados da PI e PE em % do valor predito do GC e GFBMt.	59
Figura 9 - Gráfico da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal.	60
Figura 10 - Distância percorrida no teste de caminhada de ambos os grupos.....	63
Figura 11 - Gráficos dos índices PNS e SNS do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	66
Figura 12 - Análise das frequências da EMG do GC and GFBMt nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	67
Figura 13 - Análise do RMS do GC e GFBMt nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	68
Figura 14 - Gráficos da evolução do RMS dos MI+ e MI- do GC e GFBMt.	69
Figura 15 - Gráficos da diferença dos valores de RMS entre os membros MI- e MI+ nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.....	70
Figura 16 - Gráfico das diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GFBMt e GC.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência do limite inferior e variação (Score Range) para obtenção do valor de cada domínio do questionário de qualidade de vida SF-36. ...	50
Tabela 2 - Especificações do cluster.	51
Tabela 3 - Caracterização dos participantes.	56
Tabela 4 - Valores preditos dos índices da espirometria.	57
Tabela 5 - Valores brutos e preditos da pressão inspiratória e pressão expiratória do GC e GFBMt.	58
Tabela 6 - Dados dos sinais vitais e distância percorrida do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	61
Tabela 7 - Dados da VFC do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	64
Tabela 8 - Evolução do RMS do MI+ e MI- do GC e GFBMt das avaliações 8 semanas e 12 semanas em relação ao basal.	68
Tabela 9 - Diferença dos valores de RMS entre os membros MI- e MI+ nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.	70
Tabela 10 - Pontuação do questionário SF-36 dos grupos GC e GFBMt.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVE: Acidente vascular encefálico
BORG: Escala de percepção de esforço
CVF: Capacidade vital forçada
DAS: Pressão arterial diastólica
EMG: Eletromiografia de superfície
FBM: Fotobiomodulação
FBMt: Fotobiomodulação transcraniana
FC: Frequência cardíaca
GC: Grupo controle
GFBMt: Grupo fotobiomodulação transcraniana
PAS: Pressão arterial sistólica
PC: Paralisia cerebral
PEmax: Pressão expiratória máxima
PFE: Pico de fluxo expiratório
PImax: Pressão inspiratória máxima
RCR: Reabilitação cardiorrespiratória
RMS: Root mean square
SNC: Sistema nervoso central
SpO2: Saturação periférica de oxigênio
TC6: Teste de caminhada de seis minutos
TCE: Traumatismo cranioencefálico
VEF1/CVF%: Índice de Tiffeneau
VEF1: Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VFC: Variabilidade da frequência cardíaca
VVM: Ventilação voluntária máxima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Doenças Neurológicas	15
<i>2.1.1 Acidente Vascular Encefálico</i>	<i>15</i>
<i>2.1.2 Traumatismo Cranioencefálico</i>	<i>17</i>
<i>2.1.3 Paralisia Cerebral</i>	<i>20</i>
2.2 Espasticidade	22
2.3 Sistema Nervoso Autônomo	26
2.4 Capacidade Funcional e Sistemas Envolvidos	29
<i>2.4.1 Função Respiratória</i>	<i>30</i>
<i>2.4.2 Teste de Tolerância ao Exercício</i>	<i>31</i>
<i>2.4.3 Variabilidade da Frequência Cardíaca</i>	<i>32</i>
2.5 Exercício e Reabilitação Cardiorrespiratória (RCR)	34
2.6 Fotobiomodulação Transcraniana	36
3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	39
4 HIPÓTESES	40
5 OBJETIVO	41
5.1 Objetivo Geral	41
5.2 Objetivos específicos	41
6 MATERIAL E MÉTODOS	42
6.1 Desenho Experimental	42
6.2 Amostra	42
6.3 Critérios de Inclusão	42
6.4 Critérios de Exclusão	42
6.5 Local de Estudo	42
6.6 Aspectos Éticos do Estudo	43
6.7 Grupos do Estudo	43
6.8 Métodos de Avaliações e Instrumentações Biomédicas	43
<i>6.8.1 Função pulmonar</i>	<i>44</i>
<i>6.8.2 Força muscular respiratória</i>	<i>44</i>
<i>6.8.3 Tolerância ao exercício</i>	<i>45</i>
<i>6.8.4 Variabilidade da frequência cardíaca</i>	<i>47</i>
<i>6.8.5 Atividade elétrica muscular</i>	<i>47</i>
<i>6.8.6 Questionário SF-36</i>	<i>49</i>
6.9 Protocolo de experimental	51
6.10 Análise estatística	54

7 RESULTADOS.....	56
8 DISCUSSÃO	73
9 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXO A - COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO.....	101
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	104
ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DE VIDA SF-36.....	107
APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO	111
APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO	112
APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO	113
APÊNDICE E – REGISTRO DE SOFTWARE	114
APÊNDICE F – APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS EM CONGRESSO	115
APÊNDICE G - TRABALHO PREMIADO NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – NO XXIV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	116
APÊNDICE H – APRESENTAÇÃO DE TRABALHO NO SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR DE CARDIOLOGIA DO HOSPITAL PIO XII.....	117
APÊNDICE I – APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS NO SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA DO VALE DO PARAÍBA.....	118
APÊNDICE J – PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSO	119

1 INTRODUÇÃO

As lesões que acometem os neurônios motores superiores como, por exemplo, o acidente vascular encefálico (AVE), o traumatismo cranioencefálico (TCE) e a paralisia cerebral (PC), podem causar a espasticidade como sequela e, posteriormente, acarretar alterações estruturais musculoesqueléticas que incluem a fraqueza muscular e alteração do metabolismo energético das fibras musculares (Neves *et al.*, 2016; Synnot *et al.*, 2017; Song *et al.*, 2020; Sáinz-Pelayo *et al.*, 2020; Handsfield *et al.*, 2022).

A lesão cortical gera uma alteração do sistema nervoso simpático, caracterizada pelo aumento das catecolaminas, o que promove alterações agudas e crônicas no sistema cardiovascular (Chen *et al.*, 2017). A espasticidade também afeta a função cardiorrespiratória e metabólica devido ao desequilíbrio do controle autônomo do fluxo sanguíneo e da regulação cardíaca (Synnot *et al.*, 2017; Hamel; Smoliga, 2019; Handsfield *et al.*, 2022).

As alterações decorrentes da lesão inicial e das repercussões da espasticidade, levam a problemas crônicos de saúde, causadas principalmente pela falta de mobilidade e inatividade física, com maior necessidade do uso de serviços de saúde (Song *et al.*, 2020).

Os exercícios aeróbicos melhoram o condicionamento físico na população saudável e em vários grupos de doenças crônicas, incluindo AVE, TCE e PC. Portanto, a inclusão dessa modalidade em programas de reabilitação está em ascensão devido aos benefícios proporcionados, como melhora da aptidão cardiorrespiratória e da função cognitiva comportamental (Herdy *et al.*, 2014; Winstein *et al.*, 2016; Hamel; Smoliga, 2019; Song *et al.*, 2020).

Outra terapia em crescimento é a fotobiomodulação transcraniana (FBMt), que se trata de uma intervenção não invasiva que proporciona efeitos promissores sobre a função cognitiva, comportamental e neuroprotetora. Moléculas no interior dos neurônios, como citocromo C oxidase, principal fotorreceptor, absorve o estímulo da luz vermelha e do infravermelho próximo que, como efeito final, gera o aumento do fluxo sanguíneo cerebral e da energia metabólica neural (Chan *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2021).

Segundo a literatura, para estimular o cérebro com a fotobiomodulação (FBM), deve-se irradiar diretamente a cabeça, sendo a testa o local de maior precisão para

irradiações não invasivas, porque não há presença de cabelos. Assim, o direcionamento da fotobiomodulação nesta localidade, estimula as regiões frontais parietais do córtex, relacionados com a função de atenção, cognição, planejamento motor, resolução de problemas, memória e linguagem (Lent, 2010; Hennessy; Hamblin, 2017; Delmas *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2021).

Assim, um programa com as intervenções combinadas de reabilitação cardiorrespiratória e da FBMt poderia otimizar o tratamento de pacientes com doenças neurológicas, uma vez que ambos os recursos favorecem a oxigenação cerebral e estimulam regiões corticais, além da melhora da aptidão cardiorrespiratória, pelo exercício aeróbico. Logo, a soma dessas duas terapias pode trazer melhorias em vários sistemas nos parâmetros relacionados à função pulmonar, tolerância ao exercício, variabilidade da frequência cardíaca e na atividade muscular.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Doenças Neurológicas

2.1.1 Acidente Vascular Encefálico

O acidente vascular encefálico (AVE) é uma lesão secundária à diminuição ou interrupção do fluxo sanguíneo no tecido cerebral (Angulo-Parker; Adkinson, 2018). Os dois principais mecanismos que geram alterações do aporte sanguíneo local são: oclusão de vasos sanguíneos da região, por AVE isquêmico, e ruptura dos vasos, característico do AVE hemorrágico (Harvey *et al.*, 2011), sendo a aterosclerose em pequenos e grandes vasos a causa da maioria dos AVEs (Brasil, 2013).

O AVE isquêmico é o subtipo mais comum, representando 87% dos casos (Benjamin *et al.*, 2017). A interrupção do fornecimento de sangue ao tecido cerebral geralmente ocorre devido a oclusão de uma artéria em consequência de eventos aterotrombóticos, cardioembólicos ou estenose grave (Amarengo *et al.*, 2009).

Por outro lado, o AVE hemorrágico é menos comum e está associado a ruptura de um vaso de forma não traumática. O rompimento dos vasos pode ser causado por hipertensão arterial, aneurisma, aterosclerose, presença de má formação arteriovenosa, anticoagulantes ou sangramento tumoral (Brasil, 2013; Benjamin *et al.*, 2017; Angulo-Parker; Adkinson, 2018). Esse último promove o pior prognóstico, sendo responsável por 65% de mortalidade no primeiro ano após lesão (Pontes-Neto, 2009).

O AVE ocupa a segunda posição dentre as 10 principais causas de morte no mundo (World Health Organization, 2020a). A cada ano, nos Estados Unidos 795 mil pessoas sofrem AVE e em 185 mil são eventos recorrentes (Benjamin *et al.*, 2017). Na América Latina, a incidência de AVE varia de 35 a 183 casos por 100 mil habitantes (Oliveira-Filho *et al.*, 2012).

Dados brasileiros indicam que o AVE é a segunda causa de morte no país e a primeira causa de incapacidade, com incidência anual de 108 casos por 100 mil habitantes e índice de recorrência de 15,9% após um ano (Brasil, 2013; Brasil 2016). O AVE apresenta altos níveis de morbimortalidade e, quando não ocorre o óbito pela doença, os indivíduos acometidos geralmente adquirem incapacidades funcionais que se apresentarão como provisórias ou permanentes (Damata *et al.*, 2016). Usando dados disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), indivíduos que sofreram

o AVE em idade produtiva (20-59 anos), demonstraram que 80% dos pacientes relataram algum tipo de incapacidade funcional após o evento. E, após sofrer o AVE, 70% desses pacientes estão desempregados ou recebendo o benefício da aposentadoria precocemente (Falcão *et al.*, 2004).

A fisiopatologia e as complicações do AVE estão diretamente relacionadas com a área afetada. A perfusão reduzida nas áreas cerebrais inicia uma cascata de eventos neuroquímicos, que incluem a ruptura da homeostase dos íons, liberação de glutamato, disfunção dos canais de cálcio, liberação de radicais livres, ruptura de membrana celular, alterações inflamatórias, ativação de necrose e apoptose. Ocorre também falha na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial e fosforilação oxidativa, diminuindo a produção de ATP e falha da bomba Na-K-ATPase, levando ao aumento do sódio neuronal e do influxo de cálcio. A despolarização, consequente a hipóxia/anóxia, leva a liberação de neurotransmissores excitatórios, como o glutamato, causando toxicidade neuronal (Donnan, 2008; Chavez *et al.*, 2009; Pandya *et al.*, 2011).

O dano também é causado por espécies reativas de oxigênio (EROs), radicais livres, ácido araquidônico, óxido nítrico e citocinas geradas nesse processo, levando à inflamação e comprometimento da microcirculação. A ativação do sistema imunológico e a apoptose também são responsáveis pela patogênese. A morte celular necrótica ocorre devido danos ao núcleo celular, onde a hipóxia/anóxia é mais grave, levando a grave depleção de energia e colapso celular. Em áreas não danificadas de modo irreversível, é possível sua recuperação, uma vez que não houve dano neuronal permanente, visto que nessas regiões a hipóxia pode ter sido menos severa devido ao fluxo sanguíneo colateral, evitando que as células sofram a cascata apoptótica. (Donnan, 2008; Pandya *et al.*, 2011).

Os déficits resultantes do AVE incluem a espasticidade, hemiplegia, alteração da sensibilidade, déficit de equilíbrio, ptose da pálpebra, diminuição dos reflexos, alterações do campo visual, apraxia e afasia (Pandya *et al.*, 2011; Angulo-Parker; Adkinson, 2018).

Algumas complicações podem ocorrer em consequência do quadro clínico, e quando não evitadas e minimizadas, podem influenciar negativamente no tratamento e nas atividades de vida diária e sociais (Brasil, 2013). As complicações englobam contratura, subluxação de ombro, dor no ombro, síndromes complexas de dores, edema de extremidades, fadiga, déficit do condicionamento cardiorrespiratório,

pneumonia aspirativa, trombose venosa profunda, disfagia, incontinência urinária, úlceras de pressão, quedas, depressão e ansiedade (Brasil, 2013; Kuptniratsaikul *et al.*, 2013).

Os tratamentos iniciais para os dois subtipos de AVE são distintos. O diagnóstico na fase hospitalar deve ser realizado na presença de exames de neuroimagem, como tomografia e ressonância magnética, e assim determinar o tipo, e indicar a terapia trombolítica ou antiplaquetária, com tempo ideal de intervenção de 60 minutos desde a admissão do paciente na emergência até o início da conduta. E, quando necessário, é realizada a intervenção cirúrgica para redução da pressão ou edema intracraniano (Pontes-Neto *et al.*, 2009; Oliveira-Filho *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2012; Hemphill *et al.*, 2015).

A reabilitação dos pacientes que sofreram o AVE deve ser realizada, preferencialmente, por equipe profissional das áreas de assistência social, enfermagem, fisioterapia, fonoaudiologia, medicina, nutrição, psicologia e terapia ocupacional (Brasil, 2013).

Patel e McMurren (2017) publicaram revisão bibliográfica sobre as opções de tratamento farmacológico que atuam na neuroproteção em pacientes pós AVE. Nessa pesquisa foram mencionados os bloqueadores de canais de cálcio, moduladores de aminoácidos excitatórios e o inibidor da hidroximetilglutaril co-enzima A redutase (estatinas).

Na área da fisioterapia, as condutas são direcionadas à melhora da função do sistema musculoesquelético e, posteriormente melhora das AVDs e da qualidade de vida, por meio do fortalecimento muscular, eletroestimulação, marcha com suporte de peso corporal, terapia robótica assistida e fotobiomodulação para aumento do limiar de fadiga e torque (Kutner *et al.*, 2010; Kluding *et al.*, 2013; Burnfield *et al.*, 2016; Neves *et al.*, 2016). Para o tratamento da hipertonia espástica, é utilizada a toxina botulínica em associação com a fisioterapia (Levy *et al.*, 2018).

2.1.2 Traumatismo Cranioencefálico

O traumatismo cranioencefálico (TCE) é uma lesão de causa externa que tem como consequência alterações anatômicas do crânio, comprometimento das meninges, vasos cerebrais ou qualquer estrutura do encéfalo, resultando em danos

momentâneos ou permanentes, de natureza cognitiva ou funcional (Menon *et al.*, 2010).

As principais causas do TCE são acidentes automobilísticos, quedas e violência. O perfil predominante dos acometidos envolve a faixa etária de 15-24 anos e indivíduos do sexo masculino por causa de acidentes automobilísticos, crianças (menores de 4 anos) e idosos (mais de 75 anos) em consequência de quedas (Brasil, 2015a; Galgano *et al.*, 2017; Haarbauer-Krupa *et al.*, 2021).

Estatísticas globais indicam que cerca de 64 a 74 milhões de pessoas sofrem um TCE a cada ano (Haarbauer-Krupa *et al.*, 2021). Nos Estados Unidos, a incidência anual é de 558 por 100 mil habitantes (Leibson *et al.*, 2011), na Nova Zelândia a taxa é de 811 por 100 mil (Feijin *et al.*, 2013) e na comunidade europeia a taxa anual por TCE varia de 47,3 a 694 casos por 100 mil habitantes e mortalidade de 10,5 a 28,1 (Brazinova *et al.*, 2021).

Em 2016, Almeida e colaboradores publicaram um estudo epidemiológico do Brasil, com referências publicadas no período de 2008 a 2012. Como resultados, os autores mostraram a taxa média anual de internações por TCE é 125,5 mil e incidência de 65,7 por 100.000 habitantes por ano, com custo médio anual de despesas hospitalares de 71 milhões de dólares.

Galgano e colaboradores (2017) relataram que apesar do aumento geral dos casos de TCE do ano 2001 a 2010, a taxa de óbito nos Estados Unidos reduziu, resultando em uma população de indivíduos vivendo com as sequelas do trauma. O impacto econômico ultrapassa 80 bilhões de dólares somente nos EUA entre custos diretos e indiretos, levando em conta que além dos custos hospitalares, a maior prevalência dos acometidos encontra-se em idade economicamente ativa (Vella; Crandall; Patel, 2017).

O TCE resulta de traumas por concussão, contusão, aceleração-desaceleração e movimento rotacional. A fisiopatologia envolve processos resultantes de lesões primárias e secundárias. As lesões primárias são aquelas que ocorrem no momento do trauma, enquanto as lesões secundárias ocorrerão após o acidente, minutos ou dias após o trauma inicial, consistindo em uma cascata de eventos moleculares, químicos e inflamatórios, responsável por danos cerebrais adicionais (Prins *et al.*, 2013; Galgano *et al.*, 2017).

A lesão primária representa os danos focais imediatos do estresse mecânico imposto ao cérebro no momento do trauma, seja por fratura do osso craniano, lesão

dos vasos sanguíneos e das células nervosas ou danos difusos, resultado das forças de cisalhamento. As principais lesões primárias incluem o hematoma intracraniano (hemorragias parenquimatosas, epidural, subdural e subaracnoideas), fraturas de crânio e contusão de golpe e contragolpe (dano vascular e tecidual) e a lesão axonal difusa (Smith; Hicks; Povlishock, 2013; Kaur; Sharma, 2018).

As lesões secundárias ocorrem como resposta a uma agressão inicial, local ou sistêmica. Imediatamente após a injúria primária, o edema cerebral começa a ser formado, com a piora de 24 a 48 horas. O edema pode ser do tipo citotóxico (intracelular) e vasogênico (intersticial), ambos podem resultar em aumento da pressão intracraniana e isquemias secundárias (Unterberg *et al.*, 2004; Galgano *et al.*, 2017).

Outros exemplos de danos responsáveis pelas lesões secundárias incluem disfunção mitocondrial, excitotoxicidade (possui como via final a apoptose), estresse oxidativo, disfunção metabólica cerebral e inflamação com secreção excessiva de citocinas e quimiocinas levando ao dano tecidual (Magnoni *et al.*, 2003; Marmarou *et al.*, 2006; Duschek; Schandry, 2007; Das *et al.*, 2011; Prins *et al.*, 2013).

Maia *et al.* (2013) realizaram a análise de prontuários para o levantamento do perfil clínico-epidemiológico de pacientes com diagnóstico de TCE, internados no período de 2008 a 2011 no serviço de neurologia/neurocirurgia do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Barbacena – Minas Gerais. Em relação as complicações mais comuns pós TCE, o óbito (39,2%) e crises convulsivas (38,6%) foram as prevalentes dentro das complicações sistêmicas e neurológicas, respectivamente.

No ambiente hospitalar, as principais complicações são úlceras de pressão, limitações articulares, contraturas, espasticidade, infecções pulmonares, trombose venosa profunda, distúrbios neurovegetativos e confusão mental (Taricco *et al.*, 2006; Maia *et al.*, 2013). Já na fase mais tardia, os efeitos do imobilismo podem contribuir para complicações respiratórias, circulatórias, lesões de pele, rigidez articular. Outras complicações incluem a espasticidade, distúrbios do trato intestinal e urinário, disfunção da deglutição e entre outros (Brasil, 2015b).

O quadro clínico do paciente pós TCE é variável, podendo apresentar alterações físicas, cognitivas, emocionais e comportamentais. Os déficits relacionados ao sistema sensório-motor envolvem a espasticidade, fraqueza muscular, disfunção da coordenação e da marcha. As alterações cognitivas e comportamentais envolvem alteração de humor, depressão, ansiedade, estresse e

impulsividade (Brasil, 2015b; Angulo-Parker; Adkinson, 2018; Acuña *et al.*, 2018; Cho *et al.*, 2018; Hylín *et al.*, 2018).

O tratamento medicamentoso também é diversificado e prescrito de acordo com cada indivíduo. Para minimizar os sintomas da espasticidade, o uso de fenol e toxina botulínica tipo A podem ser indicados. Analgésicos e drogas adjuvantes como antidepressivos, anticonvulsivantes e neurolépticos podem fazer parte da terapia farmacológica para controle do quadro clínico e dor crônica (Brasil, 2015b; Gracies *et al.*, 2018).

Na fase de tratamento ambulatorial, as abordagens de cinesioterapia, prescrição e uso de órteses são inseridas na reabilitação. Somados a outros tratamentos, como treino de marcha com suporte de peso corporal, fazem parte das abordagens para melhora funcional e qualidade de vida (Lima *et al.*, 2011; Brasil, 2015b).

2.1.3 Paralisia Cerebral

A paralisia cerebral (PC) é definida como um grupo de desordens motoras e posturais, causando limitações nas atividades de execução, que são atribuídas aos distúrbios não progressivos que ocorreram durante o desenvolvimento cerebral do feto ou infantil. Outros déficits também acompanham a PC, como alterações sensitivas, perceptivas, cognitivas e comportamentais (Krägeloh-Mann; Cans, 2009; Colver Fairhurst; Pharoah, 2014; Brasil, 2014).

A maior parte dos casos é resultante de uma alteração no desenvolvimento do cérebro durante a gestação. No primeiro trimestre, está associado ao desenvolvimento anormal do tecido cerebral; no segundo trimestre, são comuns danos periventriculares da substância branca; e no terceiro trimestre, com danos corticais e profundos da substância cinzenta. Como causa perinatal, o acometimento mais comum é a anoxia, responsável por 10% a 20% dos casos de PC (Krägeloh-Mann; Cans, 2009; Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014).

Em resumo, a etiologia da PC envolve fatores pré-natais (prematuridade, infecções congênitas, falta de oxigenação), perinatais (anoxia neonatal e eclâmpsia) e fatores pós-natais (infecções e traumas) (Brasil, 2014).

A prevalência de PC nos países desenvolvidos varia de 2 a 2,5 por mil nascidos vivos (Sienko, 2018) e países em desenvolvimento é estimado que a incidência seja de 7 por mil nascidos vivos (Brasil, 2014).

Diversos artigos propõem a classificação da PC de acordo com:

- Local anatômico da lesão cerebral: córtex cerebral, trato piramidal, sistema extrapiramidal ou cerebelo;
- Quadro clínico: espasticidade, discinesia (distônicos ou coreoatetônicos) ou ataxia;
- Topografia da lesão: diplegia, quadriplegia ou hemiplegia;
- Tônus muscular: isotônico, hipotônico ou hipertônico.

O quadro clínico e complexidade da PC varia de acordo com o local anatômico da lesão. As sequelas são: déficits musculoesqueléticos, distúrbios sensoriais, perceptivos e cognitivos, incapacidade de interpretar as informações e comunicação com o meio externo, e a presença de crises convulsivas. As alterações comportamentais e mentais também podem ocorrer, como distúrbios do sono, transtornos do humor e da ansiedade (Krägeloh-Mann; Cans, 2009; Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014; Brasil, 2014).

As complicações da PC envolvem contraturas musculares e tendíneas, rigidez articular, deslocamento de quadril e deformidade na coluna que se desenvolvem ao decorrer da vida, relacionadas à espasticidade muscular e crescimento (Brasil, 2014).

Em relação a causa de morte, 28% dos casos de óbitos de indivíduos com comprometimento de leve a moderado ocorrem em decorrência da própria PC, seguida de acidentes em 18%, causas cardíacas em 15% e pneumonia em 12% (Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014).

O tratamento da PC, seja farmacológico, cirúrgico ou fisioterápico, é focado na função motora e otimização da funcionalidade (Sienko, 2018). No tratamento medicamentoso são utilizados fármacos com propriedades anticolinérgicas ou análogas à dopamina, anticonvulsivantes, relaxantes musculares e toxina botulínica A (Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014).

As terapias cirúrgicas incluem a rizotomia dorsal seletiva, correção de luxações de quadril e escoliose, e procedimentos para o alongamento ou mudanças de estruturas músculo-tendão (Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014).

A intervenção fisioterapêutica convencional é baseada nos princípios da neuroplasticidade, exercícios envolvendo o treino de equilíbrio postural, fortalecimento muscular ou alongamento (Colver; Fairhurst; Pharoah, 2014; Brasil, 2014).

Apesar da PC ser um distúrbio que perdura ao longo da vida, grande parte dos trabalhos na literatura considera essa doença como sendo pediátrica. Michelsen e colaboradores (2006) estudaram mais de 400 indivíduos adultos com PC. Os autores concluíram que esse perfil de pacientes, na fase adulta, possui desvantagens sociais e empregos inferiores aos indivíduos sem a patologia devido à dificuldade de interação social e outros déficits motores.

Sienko (2018) relatou em seu estudo a dificuldade que os jovens adultos com PC encontram na transição da fase infantil para adulta. A pesquisa foi realizada com 97 pacientes com idade média $23,83 \pm 3,58$ anos. A função motora não foi citada como a maior insatisfação, e sim relatos de dor, fadiga e depressão.

Outro estudo demonstrou achados semelhantes. A pesquisa acompanhou indivíduos adultos com PC durante 14 anos, resultando no final do trabalho 49 pacientes. Foram aplicados questionários de saúde percebida e avaliações de funcionalidade. No período, os índices com piora estatística foram o de dor e fadiga severa, determinantes que contribuíram para a limitação nas atividades do cotidiano (Benner *et al.*, 2017).

Em vista das dificuldades que os indivíduos com PC encontram na fase adulta, é importante o atendimento continuado ao longo da vida, adaptando o tratamento para as novas necessidades.

2.2 Espasticidade

Após uma injúria no tecido cerebral, seja por hipóxia devido ao AVE, pela PC, ou ainda por trauma, com danos aos neurônios motores superiores como o TCE, observam-se sintomas que compõem a síndrome do moto neurônio superior (Synnot *et al.*, 2017; Trompetto *et al.*, 2014; Song *et al.*, 2020).

Os primeiros sintomas, reconhecidos como negativos, são fraqueza, perda de destreza, hipotonia e perda/ redução dos reflexos tendinosos profundos. Posteriormente, surgem outros sinais chamados de sinais positivos da síndrome do moto neurônio superior, caracterizados por hiperatividade muscular: espasticidade,

aumento dos reflexos tendinosos profundos, clônus, espasmos, sinal de Babinski (Trompetto *et al.*, 2014).

A espasticidade foi definida em 1980 por Lance como: “Um distúrbio motor caracterizado por um aumento dependente da velocidade nos reflexos de estiramento tônico com reflexos tendinosos exagerados, resultantes da hiperexcitabilidade do reflexo de estiramento, como um componente da síndrome do neurônio motor superior”.

A espasticidade ocorre devido a danos nos neurônios motores superiores das vias corticoreticulares no córtex cerebral ou na cápsula interna, ou danos aos neurônios motores superiores nos tratos reticulospinal ou vestibuloespinal na medula espinhal. No sistema nervoso central (SNC), ocorre a hipersensibilidade dos receptores resultante da desnervação parcial ou completa. A hiperexcitabilidade resultante na membrana pós-sináptica pode ser causada pela formação de novos receptores ou por alterações morfológicas em receptores desnervados. Este fenômeno pode estar implicado no aumento da excitabilidade dos α -moto neurônios privados de sua excitação descendente regular das vias corticoespinhais (Trompetto *et al.*, 2014; Synnot *et al.*, 2017).

Além disso, após uma lesão, os α -moto neurônios anteriores a ela liberam fatores de crescimento local, que promovem a formação de novos interneurônios, que se ramificam para o α – moto neurônio além da lesão, privado anteriormente da rede neuronal, assim, possibilita novas conexões e vias reflexas. Porém, essas conexões podem ser anormais, em que prevalece impulsos excitatórios (Chinelato; Perpétuo; Krueger-Beck, 2010; Trompetto *et al.*, 2014; Synnot *et al.*, 2017).

A espasticidade leva a alteração do tônus muscular basal, alterando o funcionamento da hierarquia fisiológica normal do controle motor: córtex (área motora e processamento), gânglios da base (aprendizado e ensino de tarefas), cerebelo (ajuste fino), sistema reticular do tronco cerebral (via comum para ascensão e tratos descendentes), medula espinhal (principal via para os tratos ascendentes e descendentes) e fuso muscular (via final para execução do movimento ou sinalização periférica) (Ganguly *et al.*, 2021).

A incidência da espasticidade no AVE é cerca de 38-40%, na PC varia de 72-91% e no TCE pode chegar até 63,4% (Sáinz-Pelayo *et al.*, 2020). Os grupos musculares geralmente afetados são antigravitacionais dos membros superiores e inferiores, como adutores do ombro, flexores do cotovelo, punho e dedos, pronadores

do antebraço, adutores do polegar, os adutores do quadril, flexores do joelho, flexores e inversores plantares do tornozelo e extensores do hálux e os músculos do pescoço (Synnot *et al.*, 2017).

As três doenças citadas (AVE, TCE, PC) são doenças incapacitantes no adulto, geralmente por sequela da espasticidade que leva a alterações estruturais no organismo com um todo, levando a necessidade de tratamento, cuidados contínuos e custos indiretos e impactando na condição socioeconômica e qualidade de vida (Synnot *et al.*, 2017; Liu; Zhang; Wang, 2018; Song *et al.*, 2020).

No quadro 1 estão descritas as principais alterações decorrentes da lesão do SNC e espasticidade.

Quadro 1- Alterações decorrentes do SNC e espasticidade.

(*continua...*)

ALTERAÇÕES	AVE	TCE	PC
Cognitivo/ Comportamental	-Diminuição da função executiva (Yin <i>et al.</i> , 2020) -Alteração da memória, atenção, linguagem (Yin <i>et al.</i> , 2020); -Demência (Yin <i>et al.</i> , 2020); -Depressão (Zhang; Liao, 2020)	-Deficiência da memória (Khan; Baguley; Cameron, 2003); -Controle emocional alterado (Khan; Baguley; Cameron, 2003); -Mudança de personalidade e comportamental (Khan; Baguley; Cameron, 2003); -Depressão (Khan; Baguley; Cameron, 2003)	-Atraso do DNPM (Kriger, 2006) -Depressão (Song <i>et al.</i> , 2020). -Baixa autoestima (Song <i>et al.</i> , 2020).

Quadro 1 - Alterações decorrentes do SNC e espasticidade. *(conclusão)*

<p>Sistema Cardiorrespiratório</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração do controle do SNA do fluxo sanguíneo e regulação cardíaca (Billinger <i>et al.</i>, 2012); -Fraqueza muscular respiratória (Fabero-Garrido <i>et al.</i>, 2022); -Diminuição da aptidão cardiorrespiratória (Billinger <i>et al.</i>, 2012). 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da elastância e resistência das vias aéreas (Ziaka; Exadaktylos, 2021); -Inflamação do tecido pulmonar (Ziaka; Exadaktylos, 2021); -Arritmia cardíaca(Ziaka; Exadaktylos, 2021); -Disfunção do SNA persistente(Ziaka; Exadaktylos, 2021); -Disfunção do ventrículo esquerdo (Ziaka; Exadaktylos, 2021). -Intolerância ao exercício (Hamel; Smoliga, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor número de motoneurônios frênicos (Fogarty; Brandenburg; Sieck, 2021); -Diminuição da aptidão cardiorrespiratória (Song <i>et al.</i>, 2020); - Maior risco de desenvolver obesidade e doenças cardiovasculares (Song <i>et al.</i>, 2020) - Desequilíbrio simpatovagal do SNA (Gąsior <i>et al.</i>, 2020).
<p>Sistema musculoesquelético</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fraqueza muscular (Li <i>et al.</i>, 2019); -Sinergia motora anormal (Li <i>et al.</i>, 2019); -Controle motor desordenado (Li <i>et al.</i>, 2019); -Redução da Mobilidade (Li <i>et al.</i>, 2019); -Alteração da distribuição do tipo de fibra (Fabero-Garrido <i>et al.</i>, 2022). 	<ul style="list-style-type: none"> - Contratura muscular Synnot <i>et al.</i>, 2017; -Rigidez articular Synnot <i>et al.</i>, 2017; -Redução da amplitude de movimento reduzida (Synnot <i>et al.</i>, 2017) -Dor (Synnot <i>et al.</i>, 2017). 	<ul style="list-style-type: none"> -Tamanho do ventre muscular e taxa de crescimento diminuídos (Gillett <i>et al.</i>, 2018); -Fraqueza muscular (Gillett <i>et al.</i>, 2018); -Dor musculoesquelética (Song <i>et al.</i>, 2020); -Redução da locomoção (Song <i>et al.</i>, 2020).
<p>Qualidade de Vida</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Afeta as atividades de vida diárias e vocacionais (Li <i>et al.</i>, 2019); - Dependência de cuidados (Li <i>et al.</i>, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> - Afeta as atividades de vida diárias (Synnot <i>et al.</i>, 2017; -Dificuldade no relacionamento interpessoal (Khan; Baguley; Cameron, 2003). 	<ul style="list-style-type: none"> -Isolamento social (Kriger, 2006).; -Dependência de cuidados (Kriger, 2006).

Legenda: AVE= Acidente vascular encefálico; TCE= Traumatismo cranioencefálico; PC= Paralisia cerebral; DNPM= Desenvolvimento neuropsicomotor.

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3 Sistema Nervoso Autônomo

O sistema nervoso autônomo (SNA) é uma porção do SNC responsável por controlar a maioria das funções viscerais do organismo, tendo como característica mais marcante a ação e resposta intensa e ágil no organismo. Esse sistema possui um conjunto de neurônios situados no tronco encefálico e na medula espinhal, em que os axônios chegam a quase todos os órgãos do corpo, e apesar do nome “autônomo”, suas ações são coordenadas por centros superiores do SNC (Lent, 2010; Guyton; Hall, 2011).

Sua principal função é manter a homeostasia do corpo. A homeostasia ou homeostase refere-se à permanente tendência dos organismos de manter uma certa constância do meio interno, manter-se em equilíbrio, sendo influenciado pelo meio externo. Atua sobre as fibras musculares (lisas e estriadas) e glândulas e sua ação pode ser controlada pelo modo reflexo ou de comando, este último envolvendo a ativação do SNA por regiões corticais e subcorticais, muitas vezes voluntariamente (Lent, 2010).

A distribuição anatômica do SNA é complexa e envolve áreas do SNC e do sistema nervoso periférico. O SNA central compreende várias regiões interconectadas do prosencéfalo, tronco cerebral e medula espinhal (Gibbons, 2019):

- A medula espinhal coordena os reflexos simpáticos parassimpáticos que são modulados por níveis mais altos;

- O tronco encefálico inferior (bulbopontino) está envolvido no controle da circulação, respiração, função gastrointestinal e micção. O sistema do tronco encefálico superior (ponte e mesencéfalo) integra o controle da função autonômica com a dor e as respostas comportamentais ao estresse fisiológico;

- O sistema do tronco prosencefálico inclui o córtex insular (integra e controla funções simpáticas e parassimpáticas viscerais e sensoriais com o processamento emocional e cognitivo); córtex cingulado (controle da função simpática e parassimpática com conexão com o córtex pré-frontal e demais estruturas do prosencéfalo); amígdala (resposta autonômica de cunho emocional sobre o eixo neuroendócrino) e hipotálamo (controle da homeostase e da adaptação às mudanças internas e externas).

O SNA periférico possui duas divisões principais: sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP), e ainda uma divisão gastroentérica,

ainda em controvérsia. A organização é baseada em uma população de neurônios que emergem do SNC (tronco encefálico ou medula) e terminam em uma segunda população de neurônios situados em gânglios (formado por corpos celulares e seus prolongamentos) ou distribuídos em plexos nas paredes das vísceras e que inervam estruturas efectoras. Ao considerar os gânglios como ponto de referência, nomeiam-se os neurônios centrais de pré-ganglionares e os periféricos de pós-ganglionares (Lent, 2010; Guyton; Hall, 2011; Gibbons, 2019).

No SNS, as fibras nervosas se originam na medula espinhal, junto com os nervos espinhais, entre os segmentos T1-L2. Os axônios pré-ganglionares são curtos e as fibras pós-ganglionares longas. Em geral, o neurotransmissor pré-ganglionar é a acetilcolina, e os receptores nos neurônios pós-ganglionares são nicotínicos. O neurotransmissor pós-ganglionar é a norepinefrina para todas as conexões de órgãos terminais, com receptores adrenérgicos nos tecidos-alvo.

Considerando o SNP, cerca de 75% de todas as fibras nervosas parassimpáticas cursam pelo nervo vago (X par craniano), passando para todas as regiões torácicas e abdominais. Por isso, o SNP pode ser chamado de sistema vago. As fibras nervosas parassimpáticas se originam de núcleos no tronco encefálico e medula sacral (até o segmento S4). Os axônios pré-ganglionares são longos e as fibras pós-ganglionares curtas, bem próximas ou dentro do órgão-alvo. O neurotransmissor pré-ganglionar é a acetilcolina, e os receptores nos neurônios pós-ganglionares são nicotínicos. O neurotransmissor pós-ganglionar é a acetilcolina para todas as conexões de órgãos terminais, com receptores muscarínicos nos tecidos-alvo.

O SNS e SNP podem atuar de modo sinérgico, antagonista ou de forma exclusiva sobre um tecido ou órgão (Lent, 2010; Guyton; Hall, 2011; Gibbons, 2019).

No quadro 2 estão descritas as funções do SNA no organismo.

Quadro 2- Ação do sistema nervoso simpático e parassimpático nos órgãos e tecidos.
(*continua...*)

Órgão ou Tecido	Ação SNS	Ação SNP	Mecanismo
Bexiga	Enchimento	Esvaziamento	Antagonista
Brônquios	Broncodilatação	Broncoconstrição	Antagonista
Coração	Taquicardia e aumento da força contrátil	Bradycardia	Antagonista
Cristalino	Acomodação para longe (relaxamento da musculatura ciliar)	Acomodação para perto (contração do músculo ciliar)	Antagonista
Esfíncteres digestórios	Fechamento (contração da musculatura lisa)	Abertura (relaxamento da musculatura lisa)	Antagonista
Fígado	Aumento de liberação de glicose	Armazenamento de glicogênio	Antagonista
Glândulas digestórias	Diminuição da secreção	Aumento da secreção	Antagonista
Glândulas lacrimais	Lacrimejamento	Diminuição do lacrimejamento	Antagonista
Glândulas salivares	Salivação viscosa	Salivação fluída	Sinergista
Glândulas sudoríparas	Sudorese	-	Sinergista ou exclusivo
Íris	Midríase (contração das fibras radiais)	Miose (contração das fibras circulares)	Antagonista
Órgãos linfóides	Imunossupressão (redução da produção de linfócitos)	Imunoativação (aumento da produção de linfócitos)	Antagonista
Pâncreas endócrino	Redução da secreção de insulina	Aumento da secreção de insulina	Antagonista
Pênis e clitóris	Supressão da ereção e do intumescimento após o orgasmo	Ereção e intumescimento (vasodilatação)	Antagonista
Tecido adiposo	Lipólise e liberação de ácidos graxos	-	Exclusivo

Quadro 2- Ação do sistema nervoso simpático e parassimpático nos órgãos e tecidos.
(conclusão)

Trato gastrointestinal	Diminuição do peristaltismo	Ativação do peristaltismo	Antagonista
Vasos sanguíneos em geral	Vasoconstrição	-	Exclusivo
Vasos sanguíneos pélvicos e glândulas salivares, digestórias	Vasoconstrição	Vasodilatação	Antagonista

Fonte: Adaptado de Lent (2010).

2.4 Capacidade Funcional e Sistemas Envolvidos

Por definição, a funcionalidade é a capacidade de que o indivíduo tem por meios próprios ou adaptados de executar suas atividades de vida diária. Diferente da capacidade funcional, que é considerada uma valência física, que pode ser avaliada, quantificada, correlacionada com a capacidade do indivíduo em executar uma atividade física, com intensidade e duração (Cordeiro *et al.*, 2021).

Uma vez que a capacidade funcional está envolvida com a execução de exercícios físicos, esta capacidade está relacionada com a integração do bom funcionamento de sistemas do organismo para manter a homeostase sistêmica e, a partir das alterações geradas pelo esforço físico, por meio de ajustes cardiovasculares, respiratório e neuro-humorais para garantir uma adequada oferta energética, especialmente para a musculatura esquelética (Negrão *et al.*, 2019; Cordeiro *et al.*, 2021).

Em resumo, o sistema respiratório atua em conjunto com o sistema cardiovascular, em que o circuito pulmonar recebe o oxigênio atmosférico, realiza a troca gasosa de O₂ e CO₂ através da membrana alveo-capilar, a musculatura periférica eleva seu metabolismo frente ao esforço, com isso, o sistema cardiovascular fornecem sangue oxigenado suficiente para suprir as demandas metabólicas relacionadas a trabalho muscular, direcionando o fluxo para os tecidos de maior necessidade (Negrão *et al.*, 2019; Cordeiro *et al.*, 2021).

2.4.1 Função Respiratória

O sistema respiratório é um importante componente para manter a performance durante o exercício. Sua função primária é prover o organismo com oxigênio (O_2) e remover gás carbônico (CO_2), resultante do metabolismo celular. Sofre efeitos agudos e crônicos em resposta ao exercício, sendo as alterações agudas mais frequentes, diferente das mudanças crônicas, em que não se observa modificações, na maioria das vezes relacionadas à sua estrutura no parênquima pulmonar, vias aéreas ou na parede torácica (Cordeiro *et al.*, 2021).

Quando o corpo é estimulado ao exercício, a resposta aguda se demonstra com o aumento do sistema ventilatório e cardíaco, assim como têm elevação das temperaturas, recrutamento capilar, recrutamento de fibras neurais e musculares. De forma específica, as adaptações respiratórias agudas relacionadas ao exercício físico são: aumento do volume corrente frequência respiratória, aumento do consumo de oxigênio (VO_2), recrutamento da musculatura inspiratória e expiratória, do trabalho diafragmático, da troca respiratória, broncodilatação, diminuição do espaço morto, entre outras (Negrão *et al.*, 2019; Cordeiro *et al.*, 2021).

Visto a importância deste sistema, é importante a sua avaliação por meio testes da mecânica respiratória, mensurações dos volumes, fluxo e força muscular respiratória. Espirometria e manovacuometria são ferramentas já consolidadas na literatura para mensuração da função pulmonar e medida das pressões respiratórias estáticas máximas avaliar o funcionamento dos músculos respiratórios, respectivamente (Souza, 2002; Barreto, 2002).

A espirometria é a medida do ar que entra e sai dos pulmões. Pode ser realizada durante respiração lenta ou durante manobras expiratórias forçadas. Os valores obtidos devem ser comparados a valores previstos. Considerando que o comportamento mecânico do pulmão é baseado em suas propriedades elásticas e em seu volume, a mensuração dos volumes pulmonares oferece informações que podem ser essenciais para a caracterização do estado fisiopatológico decorrente de anormalidades dos processos pulmonar-ventilatórios. Podem ser avaliados alguns parâmetros derivados da avaliação dos volumes e capacidades pulmonares (Barreto, 2002; Pereira, 2002; Krall *et al.*, 2023).

-O volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) é a quantidade de ar eliminada no primeiro segundo da manobra expiratória forçada. É a medida de

função pulmonar mais útil clinicamente para demonstrar esforço ao longo da expiração, deve-se observar esforço máximo logo no início da manobra;

-Capacidade vital forçada (CVF) representa o volume máximo de ar exalado com esforço máximo, a partir do ponto de máxima inspiração;

-Índice de Tiffeneau (VEF1/CVF%) O indivíduo realiza a manobra expiratória completa e a CVF e o VEF1 são obtidos. A razão derivada da equação $VEF1\% = VEF1/CVF \times 100$ é calculada;

-Pico de fluxo expiratório (PFE): representa o fluxo máximo de ar durante a manobra de capacidade vital forçada. Esta grandeza também é denominada de pico de fluxo expiratório, relacionado com a capacidade de tosse

-Ventilação voluntária máxima (VVM) é o maior volume de ar que o indivíduo pode mobilizar em um minuto com esforço voluntário máximo. O teste dá uma visão global inespecífica da função ventilatória durante o esforço, valores de normalidade são considerados quando atingidos 80% do valor previsto.

Por fim, a manovacuometria avalia as pressões respiratórias, pressão inspiratória máxima (P_Imax) e a pressão expiratória máxima (P_Emax) da força muscular respiratória. A P_Imax costuma ser medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é o volume residual. A P_Emax é geralmente medida a partir da posição de inspiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade pulmonar total (Souza, 2002).

2.4.2 Teste de Tolerância ao Exercício

Pacientes com espasticidades, além da seqüela decorrente da doença, possuem comorbidades de sistemas variados, já mencionadas no quadro 1, como alterações do sistema pulmonar, cardiovascular e muscular, sendo necessária avaliação minuciosa para este perfil de paciente, em que o nível funcional deve ser considerado, para assim proporcionar um tratamento otimizado.

Dentre das avaliações funcionais do sistema cardiorrespiratório, um teste de aceito na literatura para avaliação da capacidade funcional, monitorar resultados da terapia e estabelecer prognóstico é o teste de caminhada de seis minutos (TC6), em que se obtém dados da distância percorrida e alterações dos sinais vitais durante ao esforço (duração de seis minutos) e recuperação pós esforço (American Thoracic Society, 2002; Cordeiro *et al.*, 2021).

Inicialmente, o TC6 foi utilizado para avaliação da tolerância ao exercício de pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias, mas ele demonstrou ser confiável para avaliação de pacientes com doenças neurológicas, como AVC (Macchiavelli *et al.*, 2021).

2.4.3 Variabilidade da Frequência Cardíaca

Diferentes mecanismos de controle estão envolvidos na manutenção da variação da pressão arterial e frequência cardíaca da variação momento a momento, sendo o SNA um dos mais importantes sistemas para esse controle. O SNA possui vias aferentes e eferentes para o coração, sendo as simpáticas distribuídas em todo miocárdio e as vias parassimpáticas no nó sinusal e atrioventricular e no átrio, além das terminações simpáticas presentes nos vasos sanguíneos (Hautala *et al.*, 2009; Vanderlei *et al.*, 2009; Martins-Pinge, 2011).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) reflete a interação entre SNS e o SNP, que regula a função cardiovascular. Como o funcionamento do coração não é engessado, os seus batimentos são variáveis, e essas variações indicam a capacidade do coração de responder a vários estímulos fisiológicos e ambientais, como no exercício físico, estresse da mudança postural, bem como para compensar distúrbios induzidos por doenças (Vanderlei *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2021).

A VFC se tornou uma ferramenta fidedigna e eficaz para avaliar quantitativamente a atividade e o equilíbrio do SNA em indivíduos saudáveis, atletas e pacientes com doenças. O estudo da VFC envolve a monitorização e registro da oscilação dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR). O sinal é captado por eletrocardiograma convencional ou frequencímetros, que dispõem de um sensor (seja os eletrodos do eletrocardiograma ou a cinta torácica do Frequencímetro Polar) e o aparelho aquisitor de sinais, em que partir dos intervalos RR coletados, são calculados índices por meio de métodos matemáticos. Os mais utilizados são métodos lineares (domínio do tempo e da frequência) e métodos não lineares (Vanderlei *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2021).

No domínio do tempo, todos os intervalos RR normais (batimento sinusal) são mensurados durante um determinado tempo, e partir de métodos matemáticos, calculam-se os índices que refletem as flutuações durante os ciclos cardíacos. A

seguir, serão demonstrados os principais índices no domínio do tempo (Vanderlei *et al.*, 2009; Sahoo; Mahapatra; Ruban, 2019; Kubios, 2022):

- RR médio: Média de todos os intervalos RR (ms);
- SDNN: Desvio padrão de todos os intervalos RR normais (medida global de variabilidade);
- pNN50: Percentual de intervalos RR normais que diferem mais que 50 milissegundos;
- RMSSD: Raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre os intervalos normais adjacentes ao quadrado (ms);
- Stress index: Reflete o estresse do sistema cardiovascular. Valores altos indicam variabilidade reduzida e alta ativação simpática cardíaca.

Ainda no domínio do tempo, mas utilizando um método matemático não linear, a análise de Poincaré é um método geométrico para análise dinâmica da VFC. A análise pode ser realizada de forma qualitativa (visual, em um gráfico de distribuição), avaliando o grau de complexidade dos intervalos RR, ou quantitativa, pelos seguintes índices (Vanderlei *et al.*, 2009; Kubios, 2023):

- SD1: Desvio padrão da variabilidade instantânea de batimento a batimento;
- SD2: Desvio padrão de longo prazo dos intervalos RR contínuos.
- SD2/SD1: Razão entre ambos.

O domínio da frequência é outro método matemático linear, pelo qual se realiza o cálculo da área em cada faixa de frequência pela Transformada Rápida de Fourier. Utilizado em análises de repouso, sofre influência do ritmo da respiração, principalmente em exercícios aeróbicos. O software Kubios, na versão *Premium*, possui um algoritmo que estima a faixa de frequência da respiração e consegue retirar este ruído da análise. A seguir, serão descritos os índices no domínio da frequência (Vanderlei *et al.*, 2009; Kubios, 2023).

- Alta frequência (High Frequency-HF): $>0,15-0,4$ Hz, reflete à respiração, sendo um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração;
- Baixa frequência (Low frequency-LF): $>0,04$ e $0,15$ Hz, reflete a ação conjunta vagal e simpática sobre o coração, com predomínio do simpático;
- Frequência muito baixa (Very Low Frequency-VLF): $0-0,04$ Hz, reflete a atuação do sistema renina-angiotensina, termorregulação, mas ainda pouco estudado em comparação aos demais índices da VFC.
- Relação LF/HF: Balanço simpatovagal no coração.

2.5 Exercício e Reabilitação Cardiorrespiratória (RCR)

A inatividade física é um importante fator de risco para doenças cardiovasculares e AVE, sendo o quarto principal fator de risco para mortalidade. Em países desenvolvidos, estima-se que os custos econômicos da inatividade física são responsáveis por 1,5% a 3,0% do total de gastos diretos com saúde (Benjamin *et al.*, 2017). No Brasil, um estudo realizado em Pelotas-RS, evidenciou que o gasto anual do Sistema Único de Saúde (SUS) com doenças cardiovasculares e metabólicas foi cerca de R\$ 4 milhões, sendo que a estimativa de economia se a população fosse fisicamente ativa poderia chegar em R\$ 2,2 milhões em gastos de internação e medicações (Bielemann; Knuth; Hallal, 2010).

Os benefícios do exercício físico para a saúde já estão bem elucidados na literatura e incluem prevenção, retardo e tratamento de doenças crônicas cardiovasculares e metabólicas, câncer, entre outras. Além disso, a atividade física tem efeitos positivos na saúde mental, retarda o início da demência e previne a obesidade (Guthold *et al.*, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda 150 a 300 minutos de atividade aeróbica moderada a vigorosa por semana para todos os adultos, incluindo pessoas com doenças crônicas e incapacidade (WHO, 2020b).

A aptidão cardiorrespiratória é uma medida quantificada por meio de testes máximos que quantificam o consumo de oxigênio (VO_2 pico), fornecendo os limiares aeróbicos e anaeróbicos. O que a aptidão cardiorrespiratória reflete é a capacidade do coração, pulmões, vasos sanguíneos e músculos esqueléticos trabalharem juntos para fornecer oxigênio e remover subprodutos metabólicos durante o exercício, relacionando-se com a condição de saúde cardiovascular, metabólica e funcional do indivíduo (Billinger *et al.*, 2012).

O exercício físico dinâmico, com a ativação e integração de grandes grupos musculares e que gera deslocamento do corpo é um desafio fisiológico à cadeia anatomofuncional que une o meio externo (ambiente) à atividade celular. A elevação das taxas da troca periférica de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) com o exercício exigem complexos ajustes nos dois principais sistemas envolvidos na captação e transporte dos gases: o sistema respiratório e o sistema cardiovascular, assim, possibilitando o bom funcionamento do sistema muscular no esforço (Neder; Nery, 2002).

Nas últimas décadas, a reabilitação cardiovascular ou cardiopulmonar (RCR) foi reconhecida como um instrumento importante no cuidado dos pacientes com doença cardiovascular e pulmonar, além do papel preventivo e melhora da qualidade de vida (Cortez *et al.*, 2006; Herdy *et al.*, 2014). Mas infelizmente, mesmo com os benefícios da RCR, uma fração muito pequena (5 a 30%) dos pacientes elegíveis para participar de um programa de reabilitação, é encaminhada para o mesmo, seja por falta de conhecimento ou acesso entre outros (Herdy *et al.*, 2014).

A RCR inclui sessões de exercícios monitorizadas, principalmente nas fases iniciais, composta por exercícios aeróbicos de moderada à intensidade submáxima, prescritas pela FC, exercícios de fortalecimento muscular periférico, alongamentos e orientações aos indivíduos, buscando melhora dos aspectos físicos e psicossociais (Herdy *et al.*, 2014).

O exercício aeróbico é considerado um anti-inflamatório natural para condições crônicas e agudas, aumenta a aptidão física e a tolerância ao exercício por meio da modulação autonômica, adaptações cardiovasculares, pulmonar e muscular. Também melhora dos aspectos relacionados com a função executiva, cognitiva e comportamental (Mussi *et al.*, 2008; Martins-Pinge, 2011; Bilinger *et al.*, 2012).

Em pacientes com AVE submetidos ao exercício aeróbico e treino muscular foram observadas melhoras significativas da aptidão cardiopulmonar, hipertrofia do músculo esquelético do membro parético e não parético, e da função executiva cognitiva e no aprendizado motor em sobreviventes de AVC crônico (Bilinger *et al.*, 2012).

Pessoas com TCE, submetidos a programas de reabilitação envolvendo exercício aeróbico, apresentaram melhora da aptidão cardiopulmonar, função cognitiva e emocional (Chin *et al.*, 2015; Vanderbeken; Kerckhofs, 2017).

Em sujeitos com PC, o treinamento aeróbico e resistido demonstrou ser eficaz para a melhora do condicionamento físico, fortalecimento muscular, alívio da dor, melhora de aspectos comportamentais, emocional e social (Verschuren *et al.*, 2016; Ryan *et al.*, 2017).

O treinamento aeróbico atua na modulação da plasticidade sináptica subjacente aos processos neuroprotetores e neuroadaptativos, por meio da ativação de cascatas moleculares e celulares que estimulam a oxigenação cerebral pelo aumento do fluxo, síntese do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) e o fator

de crescimento endotelial vascular (Bilinger *et al.*, 2012; Chin *et al.*, 2015; Trombetta *et al.*, 2020).

2.6 Fotobiomodulação Transcraniana

Considerando o consenso da conferência conjunta da Associação Norte-Americana de Terapia de Luz e da Associação Mundial de Terapia a Laser, realizada em 2014, o tratamento que utiliza uma fonte de luz de baixa intensidade com finalidade terapêutica, seja para a bioestimulação, inibição ou biomodulação, com a utilização de cromóforos endógenos é denominada terapia de fotobiomodulação, abrangendo os termos antigos de “terapia a laser de baixo nível”, “terapia a laser de baixa intensidade”, “terapia a laser de baixa potência”, “laser frio”, “laser suave”, “fotobioestimulação” e “fotobiomodulação” (Anders; Lanzafame; Arany, 2015).

A fotobiomodulação (FBM) atua na atividade da Citocromo C oxidase, enzima da cadeia transportadora de elétrons localizada na membrana interna de mitocôndrias. Essa enzima é responsável pela captação e absorção de fótons, que afetam diretamente o metabolismo mitocondrial, otimizando a produção de energia local (Schiffer *et al.*, 2009; Xuan *et al.*, 2014; Lopes-Martins; Mafrá; Nucci, 2016; Thunshelle; Hamblin, 2016; Beltrame *et al.*, 2018). A FBM como resolução ou inibição da inflamação atua em diferentes mediadores inflamatórios e citocinas. Também possui atividade inibitória ou redução do recrutamento e/ou infiltração de neutrófilos ao sítio inflamatório. Esses eventos, podem promover a diminuição da dor, edema local e otimização do processo cicatricial (Lopes-Martins *et al.*, 2020; Arisawa *et al.*, 2022).

O comprimento de onda é um importante fator para os fótons chegarem aos tecidos-alvo, em que a janela de penetração do comprimento de onda está na faixa de 600-1200 nm, espectro vermelho ao infravermelho próximo (Thunshelle; Hamblin, 2016).

Nas últimas décadas houve o aumento no interesse da FBM na região craniana, chamada de fotobiomodulação transcraniana (FBMt) para o tratamento alternativo de acometimentos neurológicos e psicológicos, visto que os tecidos neurais têm uma alta dependência do ATP produzido pelas mitocôndrias (Thunshelle; Hamblin, 2016; Salehpour *et al.*, 2018; Chan *et al.*, 2019).

Jagdeo e colaboradores (2012) usaram cabeças de cadáveres humanos para analisar a penetração de luz de 830 nm no cérebro, e descobriram que a penetração dependia da região anatômica do crânio, sendo a região occipital e frontal com maior penetração, respectivamente. Eles descobriram que a luz de 808 nm apresentava maior penetração, podendo atingir uma profundidade no cérebro de 40-50 mm.

Segundo Hennessy e Hamblin (2017), para estimular o tecido cerebral a com a FBM, de forma não invasiva, deve-se irradiar diretamente a cabeça, mais precisamente na testa, pois não há presença de cabelos, o que pode dissipar/dispersar os fótons de luz. Irradiar a luz laser diretamente na testa, estimularia os lobos frontais do córtex, área responsável pela função motora, resolução de problemas, memória, linguagem, iniciação e controle de impulsos.

Em revisão realizada por Hamblin (2016), é sugerido que benefícios da FBMt no cérebro podem ser explicados por efeitos agudos, como aumento do fluxo sanguíneo cerebral, maior disponibilidade e consumo de oxigênio, melhor produção de ATP e atividade mitocondrial. Mas há também efeitos crônicos, mesmo após uma única aplicação da FBMt. O efeito duradouro da terapia pode ser explicado pela ativação de vias de sinalização e fatores de transcrição, determinando alterações na expressão de proteínas que perduram por um tempo considerável, incluindo atuação no metabolismo do cálcio, liberação de óxido nítrico, BDNF, fatores de crescimento endotelial vascular, Fator nuclear kappa B (envolvido nas respostas inflamatórias) e do TGF beta (Fator transformador de crescimento, envolvido na estimulação da produção de colágeno, induzindo a expressão de componentes da matriz extracelular e inibindo sua degradação pela inibição das metaloproteinases da matriz), entre outros.

Na literatura também é possível encontrar estudos clínicos em humanos com objetivos terapêuticos em relação ao uso da FBMt. Trabalhos demonstraram efeitos benéficos da FBMt, como melhora do cognitivo e da memória, melhora do quadro comportamental, como a atenuação do quadro de depressão e ansiedade, e aumento da oxigenação cortical (Schiffer *et al.*, 2009; Tian *et al.*, 2016; Blanco; Saucedo; Gonzalez-Lima, 2017; Chan *et al.*, 2019).

A FBMt também foi eficaz no efeito neuroprotetor agudo em modelos animais pós-AVE e foi eficaz na redução da lesão após aplicação da irradiação em humanos, também pós-evento isquêmico cerebral (Lampl *et al.*, 2007; Thunshelle; Hamblin, 2016).

Em modelos animais e humanos, a FBMt também demonstrou benefícios pós-TCE quanto melhora da função neurocomportamental e vestibulomotora (Naeser *et al.*, 2011; Thunshelle; Hamblin, 2016; Hipskind *et al.*, 2018).

Até o momento, não foram realizados estudos clínicos utilizando a FBMt em pessoas com PC.

3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Na área da reabilitação, os trabalhos clínicos são importantes para fornecer novas opções de tratamento com bases fidedignas para serem utilizadas por profissionais da área da saúde. Por isso, é necessário estudar os mecanismos e efeitos fisiológicos que ocorrem em novas propostas terapêuticas, tanto na utilização de equipamentos quanto de protocolos de reabilitação.

Diante dos benefícios citados na literatura em relação aos efeitos da fotobiomodulação transcraniana, do exercício aeróbio e de sua importância para a melhora da aptidão física, é justificável o estudo da reabilitação cardiorrespiratória associada à fotobiomodulação transcraniana em pacientes com lesões do SNC, em que na prática clínica é comum participarem apenas da reabilitação do sistema locomotor, e portanto, não são contemplados com os benefícios decorrentes das atividades aeróbicas e da fotobiomodulação.

Além disso, dentro do campo da Engenharia Biomédica, este trabalho pode contribuir no aprimoramento do processamento de sinais para trabalhos futuros em relação a análise da variabilidade da frequência cardíaca e eletromiografia de superfície.

4 HIPÓTESES

A hipótese nula do trabalho é que serão observados apenas efeitos da reabilitação cardiorrespiratória nos voluntários, sendo que a fotobiomodulação transcraniana não terá efeito adicional sobre os participantes, ou seja, não será observado efeito a mais no grupo fotobiomodulação em relação ao grupo controle;

Já como hipótese alternativa, os participantes do grupo fotobiomodulação transcraniana apresentarão resultados adicionais em relação aos sujeitos do grupo controle, em que o provável mecanismo dessa hipótese possa ser por meio da ação vascular local da FBM transcraniana, que por meio do aumento do fluxo sanguíneo e oxi-hemoglobina ative as áreas corticais de interesse, que podem refletir na resposta periférica, ou seja, irradiando pontos específicos para as áreas motoras, por exemplo, pode otimizar a ativação muscular.

5 OBJETIVO

5.1 Objetivo Geral

Elaborar um protocolo de reabilitação cardiopulmonar (RCP) para pessoas com espasticidade e avaliar os efeitos da RCP isolada e da RCP associada à fotobiomodulação nas funções dos sistemas musculoesquelético e cardiopulmonar.

5.2 Objetivos específicos

- Elaborar e validar um protocolo de RCP para pessoas com disfunções neurológicas e mobilidade reduzida;
- Avaliar a influência da RCP antes, durante e ao final do processo de tratamento na:
 - Função pulmonar;
 - Força muscular inspiratória e expiratória;
 - Tolerância ao exercício;
 - Variabilidade da frequência cardíaca;
 - Atividade elétrica muscular;
 - Qualidade de vida com o uso do Questionário SF- 36;
- Verificar a influência da fotobiomodulação transcraniana na:
 - Função pulmonar;
 - Força muscular inspiratória e expiratória;
 - Tolerância ao exercício;
 - Variabilidade da frequência cardíaca;
 - Atividade elétrica muscular;
 - Qualidade de vida com o uso do Questionário SF- 36;

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Desenho Experimental

Trata-se de um estudo longitudinal, randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, que comparou o efeito da reabilitação cardiorrespiratória associada à terapia de fotobiomodulação transcraniana e reabilitação cardiorrespiratória associado ao placebo fotobiomodulação.

6.2 Amostra

15 pacientes com mobilidade reduzida decorrentes de doenças do SNC, como AVE, TCE, PC.

6.3 Critérios de Inclusão

Foram incluídas no estudo pessoas com patologias crônicas, a partir de 6 meses de lesão com AVE, TCE e PC, indivíduos caucasianos, idade entre 18 a 85 anos, ambos os sexos, com cognitivo preservado e conseguem deambular na esteira voluntariamente ou por auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov®;

6.4 Critérios de Exclusão

Foram excluídas participantes tabagistas, portadores de doenças respiratórias crônicas e doenças cardíacas descompensadas, com obesidade grau II, além de pacientes que fazem uso de fármacos betabloqueadores e AVE hemorrágico.

6.5 Local de Estudo

Este estudo foi realizado junto ao Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) e ao Centro de Práticas Supervisionadas pertencente à Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da UNIVAP.

6.6 Aspectos Éticos do Estudo

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba, sob o protocolo CAAE: 94858718.3.0000.5503 com parecer de aprovação 2.879.764 (ANEXO A) e posteriormente registrado no banco internacional de ensaios clínicos (ClinicalTrials.gov, ID number: NCT03751306 (2018/22/11)). Foram fornecidos a todos os participantes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por escrito (APÊNDICE I), assinado por todos os participantes após sua concordância.

Todo o estudo foi conduzido seguindo as resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Os dados pessoais dos participantes foram armazenados de forma segura e sigilosa de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, Lei nº 13.709/2018.

6.7 Grupos do Estudo

Os 15 participantes foram alocados, aleatoriamente, em dois grupos. Utilizou-se o método de randomização de sorteio aleatório em bloco 1:1 para garantir uma distribuição balanceada.

-Grupo Controle Fotobiomodulação (GC) com sete participantes: Foi simulada a aplicação da fotobiomodulação (placebo), de forma que o dispositivo de fotobiomodulação emitia apenas estímulo sonoro, sem a luz terapêutica. Posteriormente, esses participantes realizaram a reabilitação cardiorrespiratória.

-Grupo Fotobiomodulação Transcraniana ativa (GFBMt) com oito participantes: Os indivíduos deste grupo receberam a fotobiomodulação transcraniana seguida de reabilitação cardiorrespiratória.

Os pesquisadores responsáveis pelas avaliações e os participantes da pesquisa não sabiam das alocações nos grupos, somente o terapeuta designado para a aplicação da fotobiomodulação tinha essa informação.

6.8 Métodos de Avaliações e Instrumentações Biomédicas

As avaliações e reavaliações foram realizadas de forma igual para todos os grupos. Realizaram-se 3 coletas de dados:

-Basal (avaliação inicial): Primeira avaliação dos sujeitos, antes de iniciarem a reabilitação;

-8 semanas: Na 8ª semana de reabilitação cardiorrespiratória;

-12 semanas: Na 12ª semana de reabilitação cardiorrespiratória, ao final da reabilitação;

6.8.1 Função pulmonar

Foram avaliados os volumes e capacidades pulmonares, durante a respiração lenta e manobras expiratórias por meio de espirômetro (MicroQuark, Cosmed®), seguindo as recomendações das Diretrizes para Testes de Função Pulmonar de espirometria (Pereira, 2002).

O teste foi realizado com o indivíduo em sedestação. Foram utilizados bocais descartáveis e de uso individual e clipe nasal para a execução das manobras da capacidade vital lenta, capacidade vital forçada e ventilação voluntária máxima. Os parâmetros de volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), capacidade vital forçada (CVF), índice de Tiffeneau (VEF1/CVF%), pico de fluxo expiratório (PFE) e ventilação voluntária máxima (VVM) foram avaliados. Em cada manobra foram coletadas, no mínimo, três medidas que deveriam ser reproduzíveis, considerando-se para registro a de maior valor. Para a coleta e análise dos dados obtidos foi utilizado o software PFTsuite®.

Valores resultantes da mensuração e preditos são demonstrados pelo software, sendo que valor predito é o percentual do resultado do participante em relação a uma amostra de indivíduos saudáveis, com base na idade, altura e sexo (Pereira, 2002).

6.8.2 Força muscular respiratória

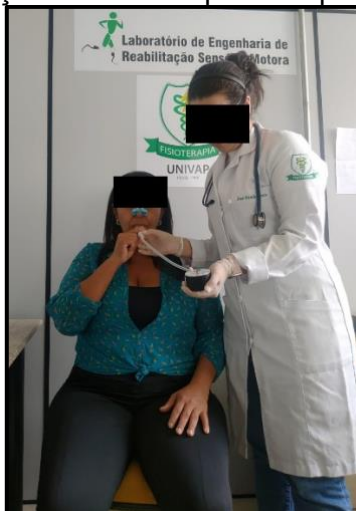
Foram mensuradas as pressões inspiratórias (P_Imax) e expiratórias máximas (P_Emax) para avaliar a força muscular respiratória com manovacuômetro analógico (0±300 cmH₂O, Ger-Ar®).

Para a coleta da P_Imax, o sujeito foi orientado inicialmente a realizar uma expiração máxima, até o volume residual, e com o bocal acoplado na boca (sem deixar escapar ar) o participante realizou um esforço inspiratório máximo, puxando o ar pela boca. Para a coletar o valor da P_Emax, o indivíduo realizou uma inspiração profunda

e, em seguida, efetuou um esforço expiratório máximo (soltar o ar pela boca). Foram realizadas, 3 mensurações e foi escolhida a de maior valor. Os valores preditos foram calculados por meio da equação de Neder e colaboradores (1999).

A figura 1 representa a avaliação da força muscular respiratória por meio da manovacuometria.

Figura 1 - Avaliação da força muscular respiratória por meio do manovacúmetro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

6.8.3 Tolerância ao exercício

Utilizou-se o teste de caminhada de seis minutos (TC6) adaptado para avaliar a tolerância ao exercício, seguindo o protocolo estabelecido pela American Thoracic Society, no guideline de 2002. O protocolo foi adaptado, sendo realizado em esteira ergométrica (Moviment RT200®). Os voluntários tiveram o auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® para a estabilização do tronco e assim se manterem na posição ortostática para deambularem na esteira. A esteira e a estação de reabilitação foram utilizadas como recurso no teste para melhorar a estabilidade e segurança do indivíduo.

Os participantes chegavam ao setor e ficavam em repouso inicial, em sedestação, durante 10 minutos. Em seguida, foi explicado todo o teste e esclarecidas possíveis dúvidas. A seguir, eram coletados os sinais vitais basais, como pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), a frequência respiratória (FR), saturação de pulso de oxigênio (SpO2), o valor da escala de

percepção de esforço (BORG). Finalmente, os voluntários foram conduzidos até a esteira ergométrica e iniciaram o TC6.

A velocidade inicial do TC6 era de 1,1km/h e a cada 30 segundos o voluntário era questionado se era possível aumentar a velocidade da esteira. Imediatamente após o final do teste (6º minuto), no 2º e 4º minuto após o teste (recuperação) eram coletados os dados da FC, FR, SpO2, BORG e PA. Ressalta-se, o indivíduo poderia parar ou pedir para reduzir a velocidade a qualquer momento. Ao final, era anotada a distância percorrida pelo participante e a distância predita conforme a fórmula estabelecida para os gêneros feminino e masculino por Enright e Sherrill (1998).

A figura 2 representa o participante durante a aplicação no TC6 adaptado na esteira.

Figura 2 - Representação do teste de caminhada de seis minutos adaptado na esteira ergométrica e estação BrainMov.



Fonte: Elaborado pelos autores.

6.8.4 Variabilidade da frequência cardíaca

Os sinais da frequência cardíaca e de intervalo entre as ondas RR foram registrados e captados por um cardiofrequencímetro (RS800, Polar®). Como sensor, foi utilizada uma tira elástica com eletrodos na região do tórax, logo abaixo dos músculos peitorais. O sinal foi captado continuamente em 10 minutos de repouso inicial, durante o teste de esforço de 6 minutos (TC6) e 5 minutos após o término do teste (recuperação).

Por meio do monitor cardíaco Polar RS800®, os dados coletados foram transmitidos via sensor infravermelho para um notebook equipado com o software Polar Training®. O sinal foi exportado para o programa HRV Standard (Kubios®), que foi utilizado para o processamento e cálculos dos parâmetros das análises lineares e não lineares e Autonomic Nervous System Indexes (Parasympathetic tone -PNS index e Sympathetic tone -SNS index). Os trechos escolhidos para o processamento e cálculos foram: 5 minutos do repouso inicial mais estáveis; 6 minutos do teste de caminhada completo e 5 minutos de recuperação após o término do teste.

6.8.5 Atividade elétrica muscular

A atividade elétrica muscular foi avaliada por meio da eletromiografia de superfície (EMG), em que o sinal eletromiográfico foi adquirido pelo aparelho EMG800C Wi-fi de oito canais (EMG System do Brasil®), composto por um conversor A/D (conversor analógico-digital) de 16 bits de resolução. Os sinais foram adquiridos com a faixa de frequência de 2000 Hz, a unidade do sinal foi μV , e a calibração de acordo com especificações do fabricante: $X_{\text{min}} = -2000$; $Y_{\text{máx}} = 2000$; Coeficiente $\alpha = 0$; Coeficiente $\beta = 500$, sincronizado a um computador.

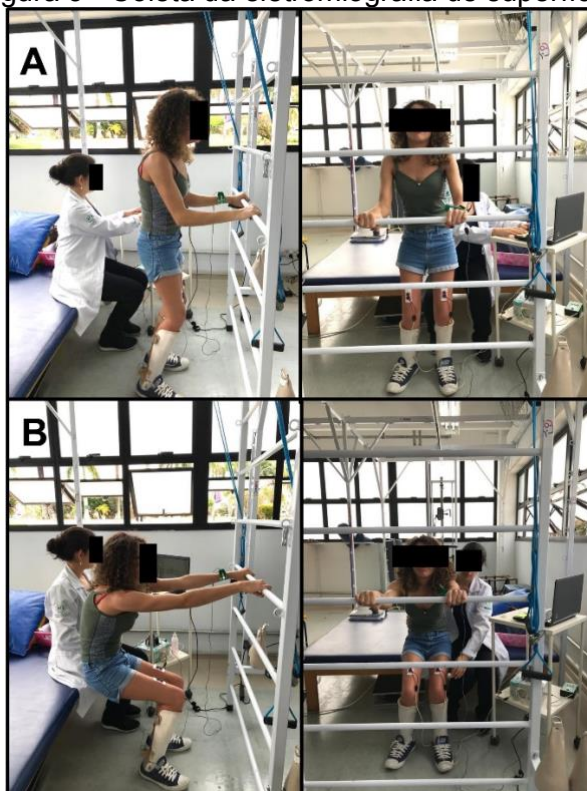
Utilizaram-se eletrodos de superfície Ag/AgCl descartáveis fixados na pele, com distância de 20 mm entre os polos, antecedida pela assepsia da pele com álcool 70% e a tricotomia, quando necessário. O posicionamento dos eletrodos foi no ventre muscular do músculo reto femoral, de acordo com a localização recomendada pela *Surface Electro MyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM). Para identificar o sinal de referência foi utilizada uma pinça (com eletrodo terra), colocada sobre tecidos inativos, especificamente sobre o processo estilóide da ulna.

O músculo reto femoral foi avaliado em ambos os membros inferiores, ou seja, o membro inferior mais afetado (MI+) e membro inferior menos afetado (MI-), nas seguintes condições:

- Posição ortostática (ORT) em uma superfície plana e rígida por 15 segundos;
- Agachamento isométrico (ISOM) por 15 segundos;
- Agachamento isotônico (ISOT) com repetição de dois ou mais movimentos.

A figura 3 representa a coleta da EMG.

Figura 3 - Coleta da eletromiografia de superfície.



Legenda: Linha A= Exemplo da coleta na posição ortostática; Linha B= Exemplo de coleta no agachamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a análise dos sinais EMG, foi utilizado o software Análise de Sinais de Eletromiografia -ASEMG-v.1 (Registro BR512023001270-0). Realizou-se a análise com Transformada Rápida de Fourier (ou do inglês, *Fast Fourier Transform*, abreviado FFT) na obtenção das frequências que compõe o sinal, bem como, a análise das amplitudes com o cálculo dos valores de root mean square (RMS) normalizados dos segmentos selecionados dos sinais. Para a seleção dos intervalos de análise utilizou-se intervalo de tempo central de 8 segundos, igualmente para os dois membros

avaliados nas condições de ORT e ISOM, e intervalo abrangendo dois agachamentos ISOT.

Os sinais foram analisados em quatro faixas de frequência que abrangem o espectro mais significativo de energia envolvendo a faixa de até 200 Hz, relacionadas a impulsos neuronais de máxima velocidade e força, e 10-40 Hz relacionadas a contrações sustentadas (Shaw; Bagha, 2012; Delmas *et al.*, 2018; Del Vecchio *et al.*, 2019). Para isto, na análise das séries, foram utilizados filtros passa baixa, de fase zero, DesignMethod, nas frequências de corte de 200 Hz, 100 Hz, 70 Hz e 40 Hz, e um filtro passa alta de fase zero com frequência de corte de 10 Hz. O intervalo selecionado de 8 segundos para os sinais dos testes ORT e ISOM, foram divididos em 8 segmentos consecutivos de 1 segundo, com janela de Hanning não sobreposta, com 2000 pontos, resultando numa resolução de frequência de 1 Hz, para verificar o comportamento do sinal ao longo do tempo com objetivo de verificar a condição de fadiga (Galen; Malek, 2014).

Para a análise dos valores RMS, foram utilizados os segmentos de 8 segundos, para os membros avaliados nos testes ORT e ISOM, e um intervalo abrangendo dois agachamentos no teste ISOT para a condição em que todas as faixas de frequência estão presentes (filtragem em 200 Hz), igualmente para os dois grupos.

6.8.6 Questionário SF-36

O Questionário de Qualidade de Vida SF-36 é um questionário criado por Ware e Sherbourne (1992) e validado no Brasil por Ciconelli e colaboradores (1999). Trata-se de um formulário genérico e multidimensional que possui 36 itens agrupados em 8 domínios. Os 8 domínios são:

- Capacidade Funcional (Domínio com dez itens): avalia as limitações relacionadas a capacidade física;
- Aspecto Físico (Domínio com quatro itens): avalia o quanto as limitações dificultam as atividades de vida diária e o trabalho;
- Dor (Domínio com dois itens): avalia a intensidade dolorosa e sua influência nas atividades de vida diária;
- Estado Geral de Saúde (Domínio com cinco itens): avalia como o paciente se sente em relação a sua saúde global;

- Vitalidade (Domínio com quatro itens): avalia o nível de fadiga e energia;
- Aspecto Social (Domínio com dois itens): avalia a integração do indivíduo nas atividades sociais;
 - Aspecto Emocional (Domínio com três itens): avalia o bem-estar em relação aos aspectos psicológicos;
 - Saúde Mental (Domínio com cinco itens): avalia o bem-estar psicológico, ansiedade, depressão, comportamento e descontrole emocional.

Para a avaliação dos resultados do Questionário de Qualidade de Vida SF-36 são consideradas duas fases:

A primeira fase é de ponderação dos dados. As respostas de cada item são ponderadas com um valor pré-determinado e recebem uma pontuação de acordo com os autores do questionário.

A segunda fase é o cálculo de Raw Scale. Nesta fase os valores são transformados em notas de 8 domínios que variam de 0 a 100. O cálculo é chamado de Raw Scale porque o valor obtido não apresenta unidade de medida no valor final. Quanto mais próximo ao valor 0, pior é a qualidade de vida, e quanto mais próximo a 100 melhor é a qualidade de vida.

Cálculo:

$$\text{Domínio} = \frac{\text{valor obtido nas questões correspondentes} - \text{limite inferior}}{\text{Variação (Score Range)}} \times 100$$

Para o cálculo, são considerados os valores obtidos das respostas do sujeito, os valores do limite inferior de cada resposta e as variações. A seguir, a tabela 1 demonstra os valores fixos do limite inferior e das variações (escore de Rangel).

Tabela 1 - Valores de referência do limite inferior e variação (Score Range) para obtenção do valor de cada domínio do questionário de qualidade de vida SF-36. (continua...)

Domínio	Pontuações das questões correspondidas	Limite inferior	Variação
Capacidade Funcional	03 (a+b+c+d+e+f+g+h+i+j)	10	20
Aspectos físicos	04	4	4
Dor	07+08	2	10
Estado geral de saúde	01+11	5	20
Vitalidade	09 (a+e+g+i)	4	20

Tabela 1 - Valores de referência do limite inferior e variação (Score Range) para obtenção do valor de cada domínio do questionário de qualidade de vida SF-36. (conclusão...)

Aspectos sociais	06+10	2	8
Aspectos emocionais	05	3	3
Saúde mental	09 (b+c+d+f+h)	5	25

Fonte: Adaptado de Neves (2017).

O questionário está apresentado no ANEXO B.

6.9 Protocolo de experimental

O protocolo de reabilitação foi baseado na *South American Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation* (Herdy et al., 2014), com duração de 12 semanas, frequência de 2x semanais, sendo 1 hora cada sessão.

Para os grupos GC e GFBMt o protocolo de reabilitação cardiorrespiratória foi o mesmo. A primeira etapa, consistiu no repouso inicial por 10 minutos, em que os participantes do GFBMt, receberam o tratamento da fotobiomodulação ativa em três regiões, utilizando um cluster composto por seis lasers (Laser VIV, DMC®, Brasil). A descrição do cluster está descrita na tabela 2:

Tabela 2 - Especificações do cluster.

Dispositivo	Cluster com 6 lasers ativos -3 lasers no $\lambda= 660$ nm -3 lasers no $\lambda= 808$ nm
Potência de saída de cada laser	0,1 W
Área de cada spot	0,018 cm ²
Tempo de irradiação	60 segundos
Energia por laser	6 J
Energia do cluster	36 J
Intensidade de potência do cluster	5,55 W/cm ²
Intensidade de energia do cluster	333,33 J/cm ²
Regiões irradiadas	3

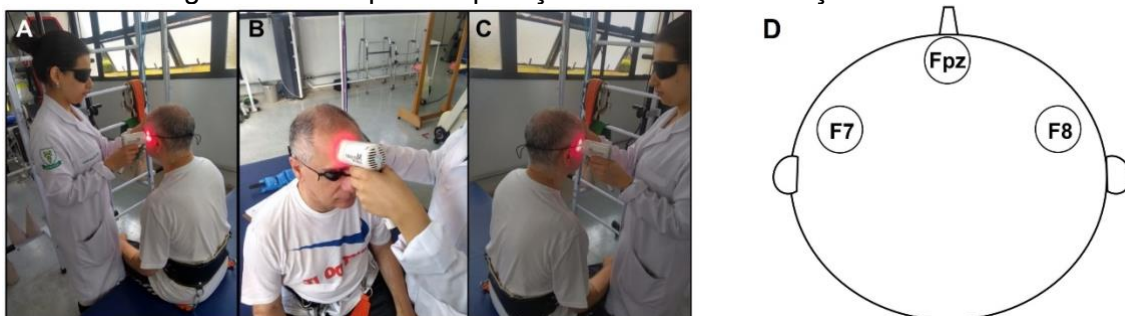
Legenda: λ = Comprimento de onda; nm= Nanômetros; W=Watt; cm²= Centímetro quadrado; J=Joule.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As três regiões irradiadas coincidiam com a posição das artérias cerebrais médias e artéria cerebral anterior, tendo como referência os pontos F7, F8 e Fpz de acordo o Sistema Internacional 10-20 do eletroencefalograma. Foram seguidas as normas de biossegurança, em que o terapeuta e os participantes faziam uso dos

óculos de proteção, sendo que os participantes utilizavam óculos ajustável para bloqueio do campo visual para não revelar em que grupo estavam randomizados. A aplicação foi realizada mantendo distância mínima entre o cluster e a pele dos participantes para evitar possíveis sensações térmicas. Para o GC, foi simulado o processo de irradiação, em que era emitido o estímulo sonoro, mas não era emitida a FBMt. A figura 4 demonstra a aplicação da FBMt.

Figura 4 - Exemplo da aplicação da fotobiomodulação transcraniana.

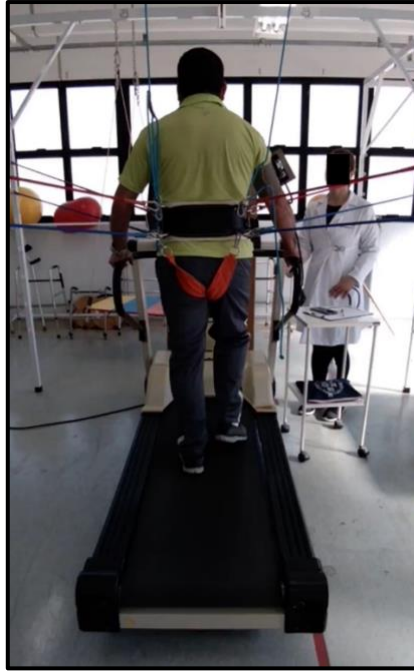


Legenda: Regiões de irradiação. A=Ponto F7; B=Ponto Fpz; C=Ponto F8; D= Esquema ilustrativo dos locais de aplicação da fotobiomodulação transcraniana conforme sistema internacional 10-20 de eletroencefalograma. Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o repouso inicial foram coletados os dados dos sinais vitais e o valor da escala de percepção de esforço (BORG).

Em seguida, foi iniciado o treino aeróbico (25 minutos), contínuo, com aumento de carga gradual, ou intervalado, divididos em intervalos de acordo com a tolerância do participante. A intensidade do exercício aeróbico foi moderada, seguindo a FC de treinamento alvo de 50-75% de intensidade, prescrita pela fórmula de Karvonen: $FC \text{ treinamento} = FC \text{ repouso} + (FC \text{ máxima} - FC \text{ repouso}) \times \% FC (50-75\%)$ (Karvonen; Vuorimaa, 1988). Utilizou-se uma esteira ergométrica (Moviment RT200®) com apoio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® (Brainmov, 2020), sendo monitorados todos os sinais vitais durante o treino. A figura 5 mostra um participante realizando o treino aeróbico.

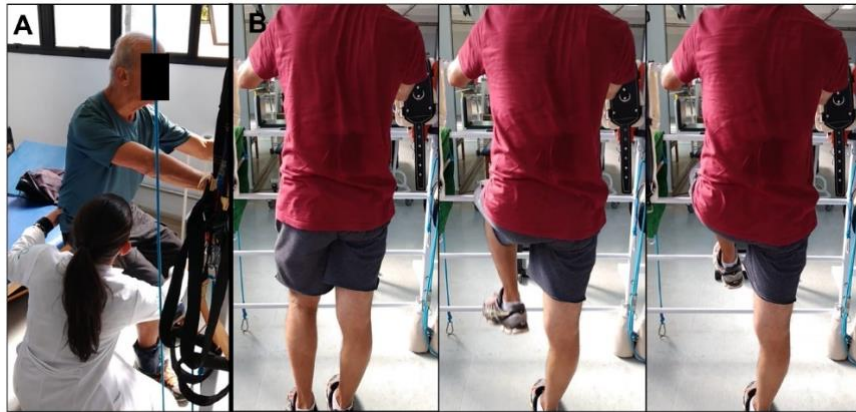
Figura 5 - Posicionamento do participante durante o treino aeróbico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente, foram realizados exercícios respiratórios de respiração diafragmática e inspiração fracionada: 3x5 repetições, seguido de fortalecimento muscular de membros inferiores: agachamento livre e tríplice flexão de membros inferiores (3x10 repetições), inicialmente livres. Na figura 6 está representada a execução dos exercícios de fortalecimento muscular dos membros inferiores, agachamento e tríplice flexão.

Figura 6 - Exercícios de fortalecimento muscular dos membros inferiores.



Legenda: A = Agachamento; B= Tríplice flexão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final, foram realizados alongamentos passivos globais e orientações para os pacientes e seus familiares que facilitassem as atividades de vida diária e elucidação sobre a doença e o processo de reabilitação cardiorrespiratória e coletaram-se os sinais vitais e BORG.

A figura 7 é referente ao resumo esquematizado do desenvolvimento do trabalho.

Figura 7 – Esquema da metodologia do estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.10 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Jamovi versão

2.3.21 (Jamovi, 2022) e os testes utilizados foram os mais adequados para cada situação, conforme recomendação da literatura (Berquó; Souza; Gotlieb, 1981; Martinez, 2015; Universidade de São Paulo, 2023).

A verificação de normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, ideal para amostras pequenas.

Para dados relacionados utilizou-se Teste t pareado para as distribuições normais ou Wilcoxon para dados não normais. E para dados não relacionados, utilizou-se Teste t para distribuições normais ou Mann Whitney para dados não normais.

Foi utilizado o teste Anova de medidas repetidas para análises da EMG por comparar mais que duas situações, com a verificação das premissas para o mesmo. Os dados tiveram a normalidade verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e no caso da premissa de esfericidade violada, foi utilizada a correção de Greenhouse-Geisser.

Foi utilizada também a análise pela correlação de Pearson (Akoglu, 2018).

O índice de significância estatística adotado foi $\leq 0,05$.

7 RESULTADOS

Este estudo foi composto por 15 indivíduos no total. Divididos entre dois grupos: GFBMt (46,50 anos \pm 14,05) e GC (59,43 anos \pm 7,69). A tabela 3 demonstra os dados da caracterização dos participantes:

Tabela 3 - Caracterização dos participantes.

Grupo	n	Altura (m)	Massa Corpórea (kg)	IMC (kg/m ²)	HD	Tempo de Lesão (anos)
GC	7 (6m/ 1f)	1,69 \pm	82 \pm	26 \pm	AVE: 5	11,85 \pm
		0,08	9,25	2,00	TCE:1 PC:1	15,75
GFBMt	8 (3m/ 5f)	1,61 \pm	73,34 \pm	27,49 \pm	AVE: 5	11 \pm
		0,10	22,17	5,94	TCE:1 PC:2	11,45

Valores expressos em média \pm desvio padrão.

GF: Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; n= Número de participantes (sendo m= Gênero masculino; f= Gênero feminino); IMC= Índice de massa corporal; HD= Hipótese diagnóstica; AVE= Acidente vascular encefálico; TCE= Traumatismo cranioencefálico; PC= Paralisia cerebral.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não houve diferença estatística ($p>0,05$) na comparação intergrupos relacionados à altura, massa corpórea, IMC e tempo de lesão.

A seguir, serão mostrados os resultados da pesquisa em tópicos.

Função Pulmonar

Na tabela 4 estão demonstrados os resultados obtidos dos índices da espirometria em percentual dos valores preditos (%) dos índices VEF1, CVF, VEF1/CVF, PFE e VVM dos GC e GFBMt.

Tabela 4 - Valores preditos dos índices da espirometria.

	GC			GFBMt		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
VEF1	91,23± 2,74	90,71± 2,64	92,39± 2,10	84,64± 6,63	82,2± 6,51	83,11± 5,83
CVF	89,17± 3,11	89,41± 3,73	89,21± 3,13	84,76± 5,74	82,72± 6,33	85,10± 5,74
VEF/ CVF	103,13± 3,2	104,44± 4,08	104,73± 4,14	99,87± 3,02	80,28± 1,38	98,12± 2,01
PFE	74,24± 5,56	79,86± 5,40	79,60± 7,14	49,05± 7,27	59,07± 6,02	67,15± 4,38*
VVM	94,91±6,17	93,77± 5,91	99,29± 7,33	73,75± 8,21	72,92± 9,11	77,45± 8,74

Valores preditos (%) dos índices da espirometria, obtidos pelo software PFTsuite®. Dados expressos em média ± erro padrão. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; VEF1= volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF= capacidade vital forçada; VEF1/CVF= VEF1/CVF (%) = índice de Tiffeneau, significa VFE1 em % da CVF; PFE= pico de fluxo expiratório e VVM= Ventilação voluntária máxima. A análise estatística foi verificada pelo teste t pareado (dados normais) ou Wilcoxon (dados não normais). *= Diferença estatística (p<0,05) basal x 12 semanas para o GF, nesta análise, utilizou-se o Teste t pareado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dois grupos não apresentam evidência de diferença da fase basal x 8 semanas e basal x 12 semanas, exceto pelo índice PFE no GF, que apresentou aumento com diferença estatística (p<0,05) em 12 semanas quando comparado com o basal.

Força muscular respiratória

A tabela 5 demonstra os valores brutos (cmH₂O) e preditos (%) da PImax e PEmax dos GF e GP nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

Tabela 5 - Valores brutos e preditos da pressão inspiratória e pressão expiratória do GC e GFBMt.

	GC			GFBMt		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
PI_{max}	75,71±	72,86±	75,71±	61,43±	74,28±	68,57±
(cmH₂O)	6,01	7,20	5,66	8,19	10,27	8,75
PI_{max} % predito	73,78±	71,27±	73,49±	66,39±	79,06±	71,92±
	8,24	9,09	6,91	9,36	10,22	6,98
PE_{max}	122,85±	120±	120±	94,28±	112,85±	107,14±
(cmH₂O)	9,20	6,7	7,00	7,79	9,63	8,81
PE_{max} % predito	63,46±	62,18±	61,84±	54,59±	64,81±	62,67±
	5,35	4,75	4,19	3,80	3,26	5,54

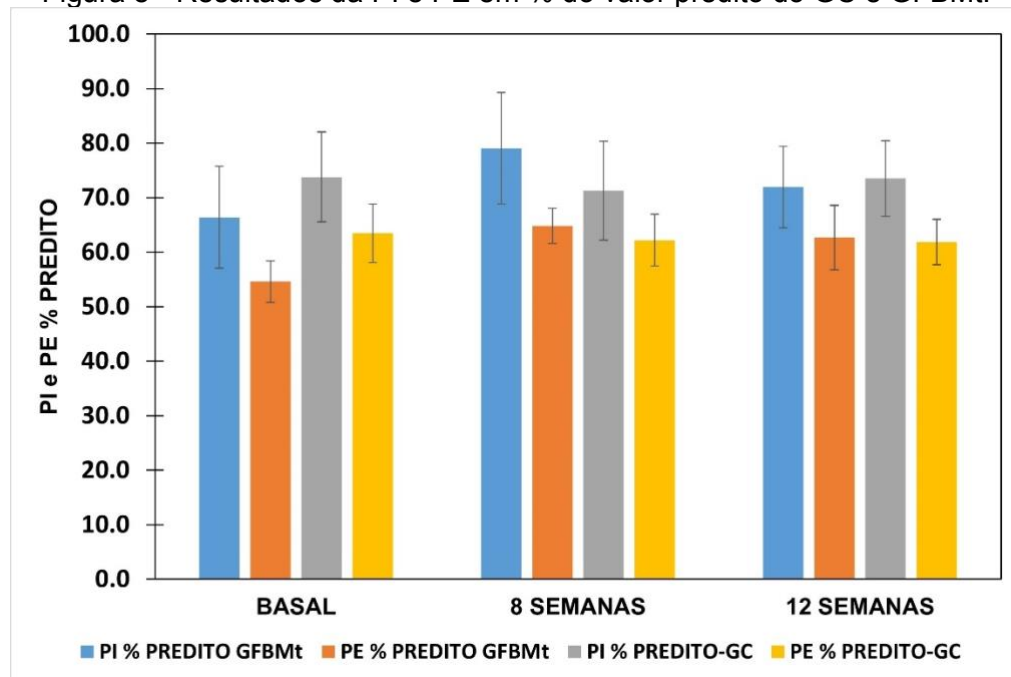
Manovacuometria. Dados expressos em média±erro padrão. PI_{max} (cmH₂O)= Pressão inspiratória máxima na unidade de centímetros de água; PI_{max} % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE_{max} (cmH₂O)= Pressão expiratória máxima na unidade de centímetros de água; PE_{max} % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados da tabela demonstram que os valores da PE_{max} são numericamente maiores que os valores da PI_{max} em ambos os grupos. Também se observa que a variação dos valores da PI_{max} e PE_{max} são pequenas, em comparação ao GF.

Na figura 8 estão demonstrados os valores da PI_{max} % predito e PE_{max} % predito em forma de gráfico de barras.

Figura 8 - Resultados da PI e PE em % do valor predito do GC e GFBMt.



Legenda: Manovacuometria. Dados expressos em média \pm erro padrão. GF= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GP= Grupo placebo; 0= Avaliação basal; 8=Avaliação na oitava semana de tratamento; 12= Avaliação ao término da décima segunda semana de tratamento; PI % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. Comparações basal x 8 semanas, basal x 12 semanas, GF x GP (basal, 8 semanas e 12 semanas) sem diferença estatística ($p>0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses indicadores não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$) intragrupos (basal x 8 semanas, basal x 12 semanas) e intergrupos GFBMt x GC (comparações basal x basal, 8 semanas x 8 semanas, 12 semanas x 12 semanas).

Para os dados da PImax % predito e PEmax % predito foi realizada uma análise de correlação e de tendência com os dados normalizados em relação ao basal.

A figura 9 apresenta, graficamente, os dados da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal x 8 semanas e basal x 12 semanas do GC (9A) e GFBMt (9B).

Figura 9 - Gráfico da tendência da PI% Predito x PE% Predito em relação ao basal.

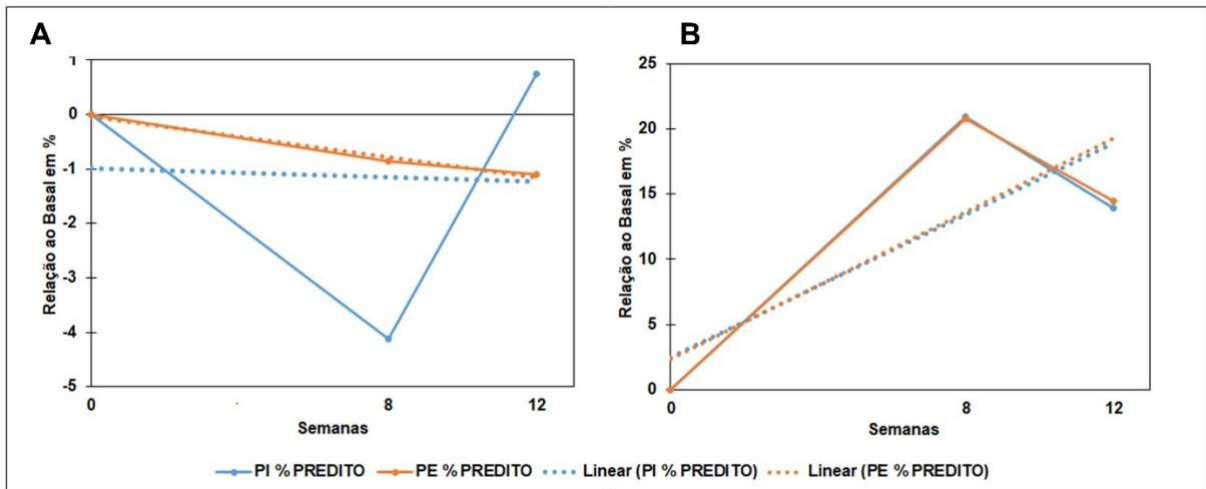


Gráfico de tendência calculado por meio da regressão linear dos índices PI % predito e PE % predito, ambos normalizados em relação ao basal. PI % predito= Percentual do predito da pressão inspiratória máxima; PE % predito= Percentual do predito da pressão expiratória máxima. A=GC; B= GFBMt.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi verificado que no GFBMt, a correlação PI x PE = 0,99, indicando que a evolução tanto da PI como PE ocorreram de forma semelhante, refletindo tendência de melhora no desempenho respiratório. No GC, a correlação PI x PE = 0,17, apresentou uma correlação muito fraca ou inexistente, refletindo a PI e PE não evoluíram de maneira semelhante.

Também foi realizada a análise da tendência desses índices, observando-se um comportamento diferente na evolução PI e PE nos GFBMt e GC, sendo que o comportamento no GFBMt apresenta resultado melhor que GC em relação ao desempenho.

Na verificação da tendência de PI e PE entre GFBMt x GC, as correlações foram PI% GFBMt x PI% GC = -0,65 e PE% GFBMt x PE% GC = -0,87, indicando correlação regular e boa, respectivamente, porém com comportamento contrário, ou seja, quando temos o crescimento dos indicadores no GFBMt, há o decréscimo dos indicadores respectivos do GC. Estes dados sugerem que há uma diferença na tendência dos grupos para estes indicadores, podendo sugerir melhor desempenho do GFBMt.

Tolerância ao exercício

A seguir, serão demonstrados os resultados referentes a tolerância ao exercício por meio do TC6. Na tabela 6 estão demonstrados os dados do TC6 de ambos os grupos, nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

Tabela 6 - Dados dos sinais vitais e distância percorrida do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas. *(continua...)*

		GC			GFBMt		
		Basal	8 sem	12 sem	Basal	8 sem	12 sem
Repouso	FC	86,00±	81,00±1	84,00±	86,00±	87,00±	82,00±
		12,82	6,35	9,62	10,05	5,13	7,45
	PAS	121,00	111,00±	114,00±	124,00±	121,00	118,00±
		±	9,00	9,76	16,85	±	12,82
		3,78				21,00	
	PAD	77,00±	80,00±	73,00±	80,00±	75,00±	80,00±
		4,88	5,77	7,56	11,95	16,04	14,14
	SpO ₂	96,00±	95,00±	96,00±	96,00±	95,00±	96,00±
		1,15	1,11	1,15	1,69	1,85	1,92
	BORG	7,00±	7,00±	6,00±	8,00±	7,00±	8,00±
		2,70	1,83	0,49	1,98	2,10	1,93
	6º minuto do teste	FC	108,00	127,00±	139,00±	115,00±	135,00
±			19,44*	21,67 ^{2*}	21,29*	±	26,22 ^{2*}
		8,64*				*	
PAS		143,00	136,00±	156,00±	150,00±	153,00	151,00±
		±19,76	15,12*	35,05*	20*	±	19,59*
		*				29,64*	
PAD		79,00±	79,00±	80,00±	88,00±	79,00±	90,00±
		6,90	3,78	10	14,88	14,58	10,69
SpO ₂		95,00±	95,00±	95,00±	97,00±	96,00±	97,00±
		3,39	3,40	3,55	2,13	1,75	1,39
BORG		12,00±	13,00±	14,00±	13,00±	12,00±	,00
		2,56*	1,51*	1,51*	1,85*	2,83*	2,59*
Recuperação 2 min	FC	85,00±	93,00±	101,00±	92,00±	94,00±	95,00±
		12,27#	20,78#	15,05 ^{2*#}	13,81*#	7,91*#	16,95*#

Tabela 6 - Dados dos sinais vitais e distância percorrida do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

				(conclusão.)			
Recuperação 4 min	PAS	123,00	119,00±	140,00±	136,00±	136,00	135,00±
		±	11,70#	17,32 ^{2*}	16,85*#	±	13,56*#
		11,13#				15,15#	
	PAD	74,00±	76,00±	81,00±	83,00±	80,00±	90,00±
		5,35	5,35	13,45	17,53	18,52	8,35
	SpO₂	96,00±	96,00±	95,00±	97,00±	97,00±	97,50±
		2,94	1,11	2,15	2,07	0,99	1,41
	BORG	9,00±	10,00±	10,00±	11,00±	10,00±	12,00±
		2,51#	1,60*#	1,51*#	1,73*#	2,7*#	2,53*#
Recuperação 2 min	FC	87,00±	89,00±	96,00±	90,00±	91,00±	87,00±
		10,53#	17,03#	13,01 ^{2*#}	10,56*#	7,96*#	9,55#
	PAS	117,00	113,00±	124,00±	133,00±	120,00	125,00±
		±	11,13#	16,18#	13,89#	±	16,42*#
		9,51#				17,73#	
	PAD	77,00±	74,00±	79,00±	86,00±	76,00±	80,00±
		4,88	7,87	6,90	18,47	14,08	16,04
	SpO₂	96,00±	95,00±	95,00±	97,00±	96,00±	98,00±
		2,12	0,82	1,35	1,49	1,16	1,36
BORG	8,00±	8,00±	8,00±	9,00±	9,00±	9,00±	
	2,44#	1,44*#	0,95*#	1,69#	3,21*#	1,89*#	
Distância percorrida		249,00	425,64±	471,49±	225,67±	362,20	391,10±
		±92,15	124,52 ¹	112,71 ²	103,86	±157 ¹	165,46 ²
%Predito		47,88±	80,25±	89,20±	38,84±	63,00±	68,50±
		19,68	26,83 ¹	28,28 ²	16,2	46,26 ¹	28,67 ²

Valores expressos em média ± desvio padrão.

Legenda: GC= Grupo controle; GFBMt= Grupo fotobiomodulação transcraniana; FR= frequência cardíaca (bpm); PAS= Pressão artereial sistólica (mmHg); PAD= Pressão artereial diastólica (mmHg); SpO₂= Saturação periférica de oxigênio (%); BORG= Escala de percepção de esforço; sem= Semanas; min= Minutos; % predito= percentual da distância percorrida predita; 1= Significância estatística na análise basal x 8 semanas; 2= Significância estatística na análise basal x 12 semanas; *= Significância estatística na análise repouso x 6º minuto do teste; repouso x 2 min de recuperação; repouso x 4 min de recuperação; #= Significância estatística na análise 6º minuto do teste x 2 min de recuperação; 6º minuto do teste x 4 min de recuperação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

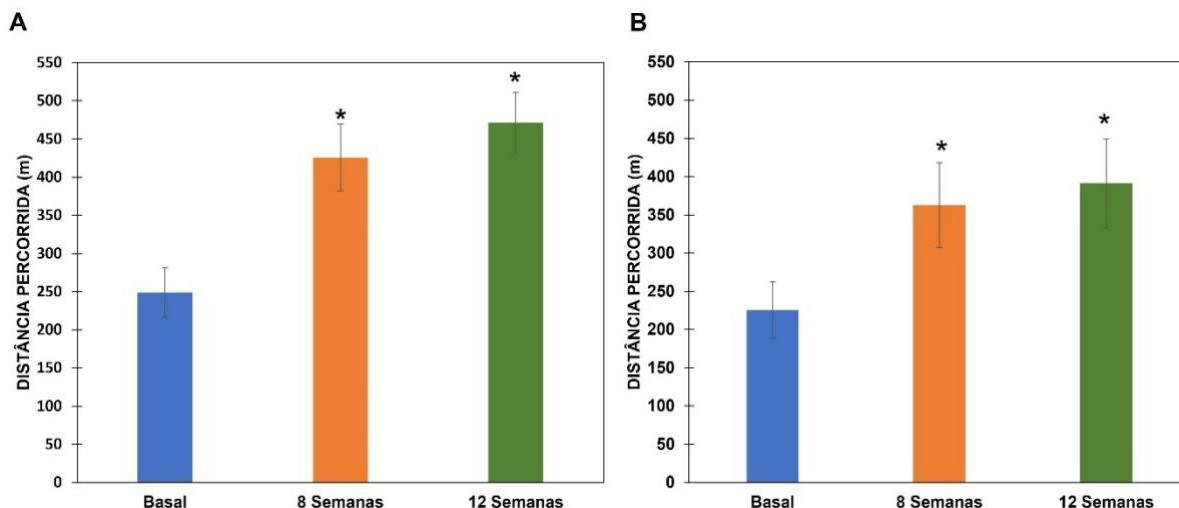
Em uma análise vertical da tabela 6, verifica-se que a FC, PAS, BORG aumentaram em relação ao repouso x esforço ($p < 0,05$).

Para ambos os grupos, a FC do esforço nas comparações basal x 12 semanas se elevaram, sendo que para o GFBMt a diferença no aumento da FC entre o basal para 12 semanas foi 15%, enquanto para o GC de 22%. Já a FC nas recuperações de 2 e 4 minutos se elevaram entre basal e 12 semanas ($p < 0,05$) apenas para o GC.

A FC de recuperação de 2 e 4 minutos foi maior, estatisticamente, que a FC repouso ($p < 0,05$) no GC na avaliação de 12 semanas. No GFBMt, não houve diferença da FC de recuperação aos 4 minutos x repouso ($p > 0,05$).

Na figura 10, observam-se os valores da distância percorrida GC e GFBMt, nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

Figura 10 - Distância percorrida no teste de caminhada de ambos os grupos.



Legenda: Valores expressos em média \pm erro padrão. A= GC; B= GFBMt. *= significância estatística ($p < 0,05$) nas análises basal x 8 semanas; basal x 12 semanas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que a distância percorrida aumentou em 8 semanas ($362,27 \pm 55,48$ metros) e 12 semanas ($391,1 \pm 58,47$ metros) em relação ao basal ($225,67 \pm 36,7$ metros), com diferença estatística nas comparações de basal x 8 semanas e basal x 12 semanas ($p < 0,05$) no GPBMt. Para o GC, a distância percorrida aumentou em 8 semanas ($362,27 \pm 55,48$ metros) e 12 semanas ($391,1 \pm 58,47$ metros) em relação ao basal ($225,67 \pm 36,7$ metros), com diferença estatística nas comparações de basal x 8 semanas e basal x 12 semanas ($p < 0,05$). Nas comparações entre GFBMt x GC não houve diferença estatística ($p > 0,05$) na distância percorrida entre os grupos em relação ao basal x basal; 8 semanas x 8 semanas e 12 semanas x 12 semanas, significando que os dois grupos evoluíram com o tratamento, e que não houve diferença significativa nesta evolução entre os grupos, ambos evoluíram.

Variabilidade da frequência cardíaca

Durante o TC6 foi coletada a VFC conforme descrito na metodologia. A tabela 7 demonstra os resultados dos índices da VFC na análise linear no domínio do tempo e da frequência e análise não linear, nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

Tabela 7 - Dados da VFC do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.
(continua...)

		CG			GFBMt		
		Basal	8 semanas	12 semanas	Basal	8 semanas	12 semanas
Repouso	FC	85,43±8,67	83,14±14,95	82,86±10,01	91,75±11,6 1	87,88±7,13	83,75±6,34
	RR	705,71±74, 82	740,14±111, 40	733,00±80,8 2	665,25±91, 20	686,25±61, 98	719,50±54, 57
	RMSSD	10,46±4,80	10,54±4,55	11,50±5,14	13,53±9,07	13,11±10,2 3	12,59±4,56
	SDNN	17,99±8,21	17,91±7,98	18,93±8,38	21,63±10,8 2	20,68±10,4 5	22,58±9,11
	STRESS INDEX	25,04±9,66	24,74±12,28	25,27±15,57	22,63±10,0 4	22,48±7,26	18,88±4,04
	LF	86,86±9,46	87,87±5,03	85,54±6,40	88,00±3,45	83,67±4,63	85,83±8,12
	HF	13,13±9,46	12,10±5,02	14,44±6,40	11,98±3,45	16,32±4,63	14,15±8,11
	LF/HF	10,43±6,41	8,88±4,18	7,60±3,95	8,05±2,51	5,82±2,62	8,68±5,58
	SD1	7,40±3,43	7,44±3,23	8,14±3,65	9,58±6,43	9,29±7,24	8,91±3,21
	SD2	23,91±11,3 1	24,17±10,93	25,50±11,34	28,94±14,1 5	27,59±13,1 8	30,66±12,5 6
	SD2/SD1	3,32±0,86	3,24±0,57	3,08±0,63	3,40±0,82	3,37±0,68	3,41±0,48
	PNS INDEX	-1,89±0,56	-1,8±0,71	-1,25±1,46	-2,07±0,52	-1,96±0,4	-1,38±1,32
SNS INDEX	3,9±2,32	3,73±3,28	3,73±3,35	3,91±1,84	3,58±1,19	2,76±0,58	
TC6	FC	114,57±13, 06	120,14±16,9 3	127,14±14,5 7	119,13±21, 20	123,13±20, 87	121,63±20, 69
	RR	531,29±63, 26	509,29±75,8 9	478,00±53,9 7*	521±98,57	501,88±89, 19	505,88±74, 16
	RMSSD	4,64±1,57	4,53±1,86	3,40±0,75*	7,16±6,04	6,66±7,25	5,95±3,38
	SDNN	7,17±3,17	6,13±2,45	5,30±1,39	9,11±7,24	8,34±9,84	8,11±7,87
	STRESS INDEX	40,17±10,8	42,1±17,33	41,86±5,45	44,59±23,8 3	51,24±20,1 0	39,50±11,2 4
	SD1	3,27±1,11	3,19±1,31	2,41±0,52*	5,09±4,29	4,73±5,13	4,21±2,40
	SD2	4,46±4,42	7,99±3,24	7,00±2,09	11,73±9,48	10,78±13,0 0	10,53±10,9 9
	SD2/SD1	2,92±0,93	2,57±0,59	2,99±0,89	2,40±0,95	2,12±0,64	2,28±0,91
	PNS INDEX	-3,06±0,51	-3,23±0,65	-3,49±0,47*	-3,08±0,79	-3,22±0,76	-3,16±0,67
	SNS INDEX	8,71±2,97	9,71±4,79	10,23±1,72	10,09±6,29	11,64±5,68	9,24±3,94

Tabela 7 - Dados da VFC do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.
(conclusão)

Recuperação 5 minutos	FC	90,57±11,4 2	93,43±17,72	100,86±12,3 9	92,63±11,7 5	96,00±8,80	95,38±11,1 0
	RR	672,14±80, 63	664,00±114, 95	604,14±75,3 7*	657,38±85, 82	619,75±75, 42	635,88±65, 00
	RMSSD	11,46±5,19	9,20±5,52	7,30±1,39	12,80±9,29	12,68±12,1 5	9,75±10,02
	SDNN	17,99±7,62	13,24±6,95	12,10±7,41	18,98±9,80	15,90±12,3 3	16,00±12,1 0
	STRESS INDEX	23,56±10,6 6	30,59±14,61	35,21±17,73	23,44±11,5 8	28,74±11,7 1	29,13±12,3 2
	LF	82,28±7,72	80,04±10,62	89,51±5,52	81,43±12,6 4	84,84±8,44	89,53±4,60
	HF	17,69±7,71	19,91±10,64	10,46±5,52	18,56±12,6 4	15,14±8,43	10,45±4,61
	LF/HF	5,70±2,55	5,81±3,68	11,77±7,20	9,88±9,46	5,08±3,05	9,73±5,59
	SD1	8,11±3,67	6,50±3,90	5,16±4,44*	9,06±6,58	9,00±8,64	6,90±7,12
	SD2	23,99±10,4 4	17,53±9,09	16,30±9,59	25,11±12,5 5	20,55±15,3 1	21,49±15,6 6
	SD2/SD1	3,2±0,95	2,91±0,56	3,6±0,73	3,27±1,18	2,78±0,75	3,62±0,96
	PNS INDEX	-2,22±0,79	-2,2±0,85	-1,96±1,91	-2,11±0,67	-2,21±0,65	-2,33±0,59
	SNS INDEX	3,99±2,66	5,42±4,17	6,69±3,6	4,11±2,65	5,13±2,54	5,26±2,85

Legenda: Values expressed as mean ± standard deviation. GC= Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; FC= Frequência cardíaca (bpm); RR= media de intervalos R-R entre 2 batimentos consecutivos (ms); RMSSD= Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (ms); SDNN= Desvio padrão dos intervalos RR em um intervalo de tempo (ms); LF= Low Frequency (n.u); HF= High Frequency (n.u); LF/HF: Razão LF/HF; SD1= Desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento (ms); SD2= desvio-padrão em longo prazo dos intervalos RR contínuos (ms); SD2/SD1= Razão SD2/SD1; PNS index = tônus parassimpático; SNS index= tônus simpático. *= Significância estatística basal x 12 semanas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No GFBMt o RR médio aumentou de 665.25 para 719,50 na condição de repouso (basal x 12 semanas), e em GC esse incremento foi de 705.71 para 733,00. Nota-se uma diminuição do stress index também no repouso do GFBMt de 22,63 na avaliação basal para 18,88 na avaliação de 12 semanas, sem diferença estatística ($p>0,05$).

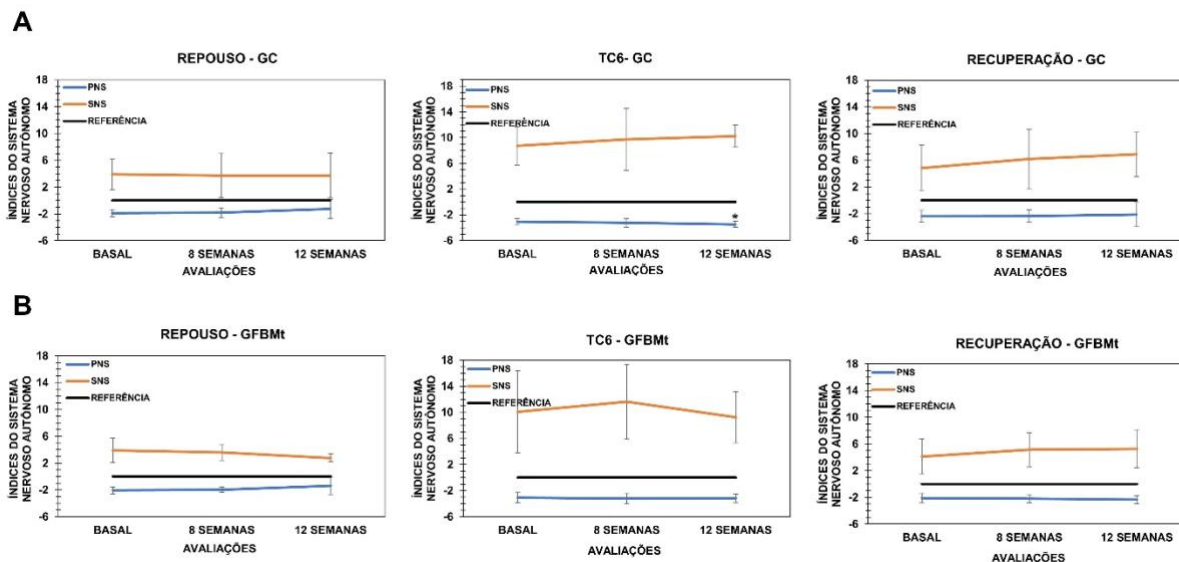
Observa-se que houve diferença estatística no índice RR do CG ($p<0,05$) durante o esforço e recuperação nas análises basal x 12 semanas.

O CG apresentou nas análises de esforço diminuição do RR (basal x 12 semanas= $p<0,05$), aumento da FC (basal x 12 semanas = $p>0,05$), sendo que o tPBMG manteve estável os índices FC e RR na análise basal e de 12 semanas.

A figura 11 é referente aos dados dos índices do sistema nervoso autonômico PNS e SNS do CG e GFBMt em relação aos valores de referência (na condição de

repouso), nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas durante o TC6 (repouso, teste, recuperação).

Figura 11 - Gráficos dos índices PNS e SNS do TC6 nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.



Legenda: Índices PNS e SNS em relação ao valor de referência do GC e GFBMt.

Os gráficos da linha A são referentes ao GC e linha B referentes ao GFBMt., sendo que a primeira coluna representa as condições de repouso, a segunda coluna o teste de caminhada de 6 minutos (esforço) e a terceira coluna a recuperação. Linha preta= valor de referência dos índices (estado de repouso); linha azul= valor do PNS índice; linha laranja= valor do SNS índice, sendo todos nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; PNS= Índice do sistema nervoso parassimpático; SNS= Índice do sistema nervoso simpático. *= Significância estatística basal x 12 semanas ($p < 0.05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

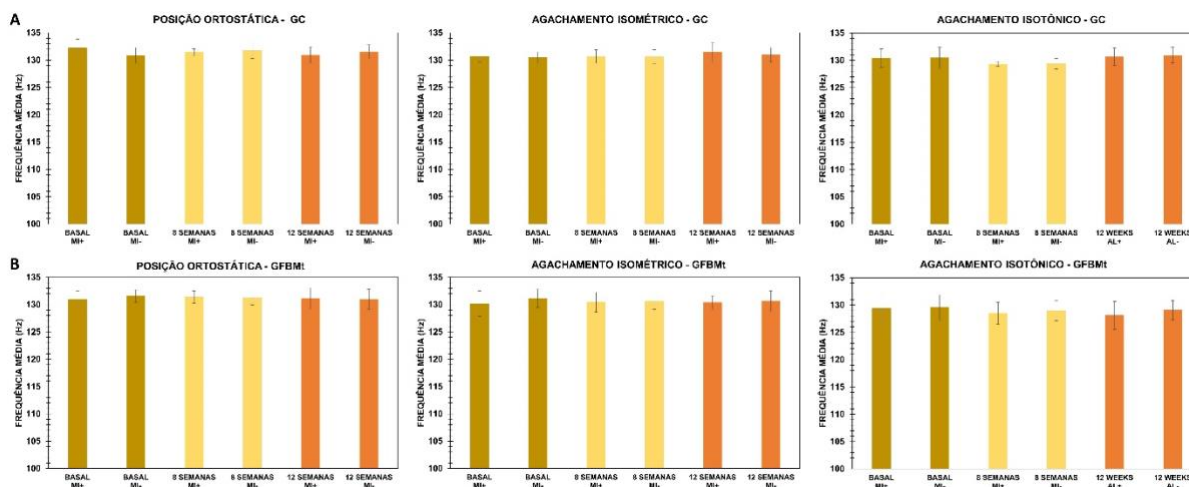
Nos gráficos da figura 11, os índices SNS e PNS da amostra deste estudo refletem que a atividade simpática é maior e a parassimpática menor da população normal.

No CG no gráfico de esforço os índices SNS aumenta e PNS diminui comparados com a linha de normalidade na avaliação basal x 12 semanas, sendo o PNS com diferença estatística ($p < 0.05$). Na mesma condição, o GFBMt não apresenta diferenças significativas ($p > 0.05$).

Atividade elétrica muscular

Na figura 12 estão representados os gráficos referentes as médias das frequências pela FFT do GC e GFBMt.

Figura 12 - Análise das frequências da EMG do GC and GFBMt nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.



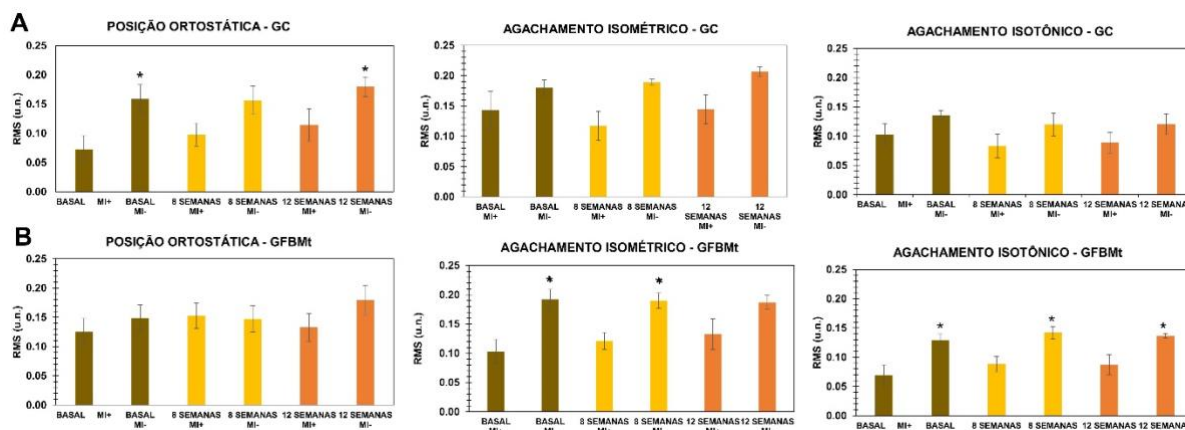
Legenda: Análise das médias das frequências da eletromiografia de superfície do músculo reto femoral do GC e GFBMt pela FFT com filtro passa baixa de 200 Hz. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; MI+=Membro inferior mais comprometido; MI-= Membro inferior menos comprometido. Os gráficos da linha A são referentes ao GC e linha B referentes ao GFBMt, sendo que a primeira coluna representa a coleta na posição ortostática, a segunda coluna a coleta durante o agachamento isométrico e a terceira coluna o agachamento isotônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os gráficos da figura 12 demonstram que MI+ e MI- não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0.05$) nas médias das frequências obtidas por FFT em cada grupo na condição do ORT, ISOM e ISOT. Os gráficos ilustrados são referentes ao filtro passa baixa de 200 Hz, mas o mesmo resultado foi encontrado para as demais faixas de filtros analisadas (40, 70, 100 Hz).

A figura 13 demonstra os gráficos dos valores do RMS normalizados do músculo reto femoral do MI+ e MI- para o GC e GFBMt. Nota-se que há diferença numérica entre o MI+ e MI- em todas as avaliações em ambos os grupos. Estatisticamente, o valor de RMS é maior no AL- ($p < 0.05$) nas análises basal e 12 semanas na ORT, 8 semanas no ISOM para o CG e, basal e 8 semanas no ISOM e basal, 8 semanas e 12 semanas para ISOT no GFBMt.

Figura 13 - Análise do RMS do GC e GFBMt nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.



Legenda: Análise do RMS do músculo reto femoral do GC e GFBMt. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; MI+=Membro inferior mais comprometido; MI- = Membro inferior menos comprometido. Os gráficos da linha A são referentes ao CG e linha B referentes ao GFBMt, sendo que a primeira coluna representa a coleta na posição ortostática, a segunda coluna a coleta durante o agachamento isométrico e a terceira coluna o agachamento isotônico. *= Significância estatística entre membros ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 8 e os gráficos da figura 14 demonstram a evolução dos valores de RMS normalizados das avaliações de 8 e 12 semanas em relação ao basal, de cada membro (MI+ e MI-) para a verificação do desempenho funcional musculoesquelético, além da demonstração da tendência de evolução por meio da regressão linear dos resultados.

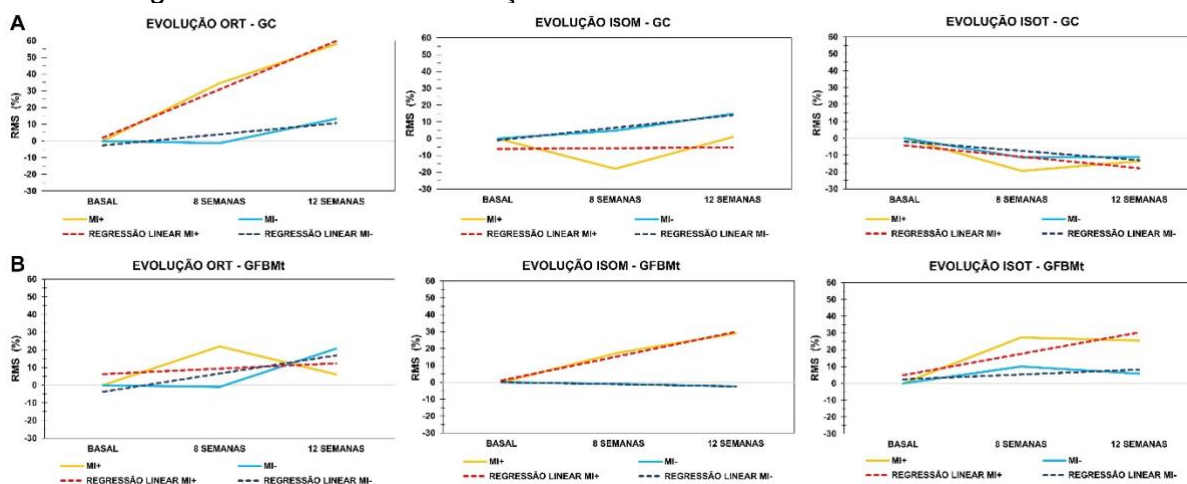
Tabela 8 - Evolução do RMS do MI+ e MI- do GC e GFBMt das avaliações 8 semanas e 12 semanas em relação ao basal.

		GC		GFBMt	
		8 semanas	12 semanas	8 semanas	12 semanas
ORT	MI+	34,54%	57,93%	21,91%	6,00%
	MI-	-1,46%	13,32%	-1,01%	20,66%
ISOM	MI+	-17,99%	0,96%	17,49%	28,93%
	MI-	4,75%	14,79%	-1,06%	-2,43%
ISOT	MI+	-19,38%	-13,56%	27,33%	25,52%
	MI-	-11,33%	-11,04%	10,05%	5,73%

Legenda: Valores expressão do percentual do RMS de 8 e 12 semanas comparados a avaliação basal. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; MI+=Membro inferior mais comprometido; MI- = Membro inferior menos comprometido. ORT= Posição ortostática; ISOM= Agachamento isométrico; ISOT= Agachamento isotônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Gráficos da evolução do RMS dos MI+ e MI- do GC e GFBMt.



Legenda: Análise da evolução do RMS do músculo reto femoral (valores normalizados) do MI+ e MI- do GC e GFBMt. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; MI+=Membro inferior mais comprometido; MI-= Membro inferior menos comprometido. ORT= Posição ortostática; ISOM= Agachamento isométrico; ISOT= Agachamento isotônico. Os gráficos da linha A são referentes ao GC e linha B referentes ao GFBMt, sendo que a primeira coluna representa a coleta na posição ortostática, a segunda coluna a coleta durante o agachamento isométrico e a terceira coluna o agachamento isotônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na avaliação ORT, observa-se que o GC apresentou melhor evolução do RMS do MI+ do que o GFBMt, tanto para 8 e 12 semanas, e que percentual foi melhor para o MI+ do que para o MI-. A regressão linear ilustrada no gráfico demonstra maior desempenho de RMS nessa condição.

Já para a condição de ISOM, nota-se melhor desempenho do RMS para MI+ do GFBMt em 8 e 12 semanas, diferente do GC que o aumento foi mais expressivo apenas para o MI-. E para a condição ISOT, o GFBMt demonstrou aumento da evolução do RMS tanto para o MI+ e MI-. Já o CG, observou-se um declínio do RMS nas avaliações de 8 e 12 semanas em relação ao basal.

A tabela 9 e a figura 15 demonstram os dados e a tendência da diferença de RMS entre os membros MI+ e MI- para os grupos GC e GFBMt, pela regressão linear dos resultados.

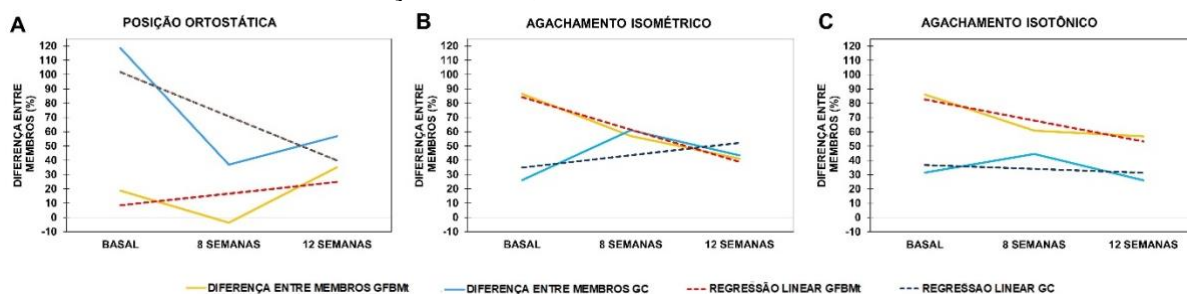
Tabela 9 - Diferença dos valores de RMS entre os membros MI- e MI+ nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.

	CG			GFBMt		
	Basal	8 semanas	12 semanas	Basal	8 semanas	12 semanas
ORT	118,53%	36,98%	56,81%	18,69%	-3,63%	35,10%
ISOM	26,13%	61,11%	43,41%	86,41%	56,98%	41,08%
ISOT	31,42%	44,55%	26,07%	86,15%	60,88%	56,81%

Legenda: Valores expressos em percentagem do RMS da diferença entre o membro inferior menos comprometido (MI-) e o membro inferior mais comprometido (MI+). GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; MI+=Membro inferior mais comprometido; MI-= Membro inferior menos comprometido. ORT= Posição ortostática; ISOM= Agachamento isométrico; ISOT= Agachamento isotônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Gráficos da diferença dos valores de RMS entre os membros MI- e MI+ nas avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas.



Legenda: Análise da diferença do RMS do músculo reto femoral entre membros (MI- e MI+) do GC e GFBMt. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana; A= Análise da posição ortostática; B= Análise na condição de agachamento isométrico; C= Análise na condição de agachamento isotônico. Linha contínua = Percentual do RMS da diferença entre o membro menos afetado (MI-) e membro mais afetado (MI+); linha tracejada = tendência calculada por meio da regressão linear.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na coleta ORT, a diferença entre membros no GC apresentou redução de, 118,53% na avaliação basal para 56.81% em 12 semanas e no GFBMt aumentou de 18,69% para 35,10%, na mesma condição.

Observou-se queda de 45,3% da diferença entre membros para o GFBMt e uma elevação de 17.2% no grupo GC na condição ISOM basal x 12 semanas. Na condição de ISOT, observou-se uma queda de 29,3 % no grupo GFBMt e 5,36 % no grupo GC.

Questionário SF-36

A tabela 10 demonstra as médias das pontuações do questionário de qualidade de vida SF-36 dos grupos GFBMt e GC, ambos referentes a avaliação basal, 8 semanas e 12 semanas.

Tabela 10 - Pontuação do questionário SF-36 dos grupos GC e GFBMt.

	GC			GFBMt		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
Capacidade funcional	48,57±8,79	49,29±9,52	57,86±10,92	43,12±6,18	43,75±6,54	48,13±8,19
Aspectos físicos	67,86±14,91	92,86±6,19	89,29±6,88	46,88±13,58	50,00±14,66	71,88±13,58
Dor	77,50±10,31	93,9±4,00	88,71±5,77	57,62±7,62	51,20±8,78	72,50±8,67
Estado geral de saúde	67,85±8,20	79,29±5,86	83,14±3,92*	73,37±4,34	67,75±4,15	73,12±3,42
Vitalidade	62,86±5,04	71,43±5,89	76,43±5,12*#	52,50±6,37	48,12±4,75	52,50±6,90
Aspectos sociais	69,64±7,93	82,14±3,99	92,86±3,44*#	78,13±5,3	60,94±9,74	78,13±4,82
Aspectos emocionais	42,86±16,10	71,43±9,82	85,70±9,18*	58,32±16,40	41,65±14,30	62,50±14,95
Saúde mental	69,71±6,61	72,00±5,55	80,00±5,99	69,50±6,85	67,87±6,65	65,50±5,96

Legenda: Questionário SF-36. Dados expressos em média±erro padrão. GC=Grupo controle; GFBMt=Grupo fotobiomodulação transcraniana. *= Diferença estatística ($p<0,05$) para o GC nas comparações basal x 12 semanas; #= Diferença estatística ($p<0,05$) para o GC x GFBMt nas comparações da avaliação de 12 semanas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

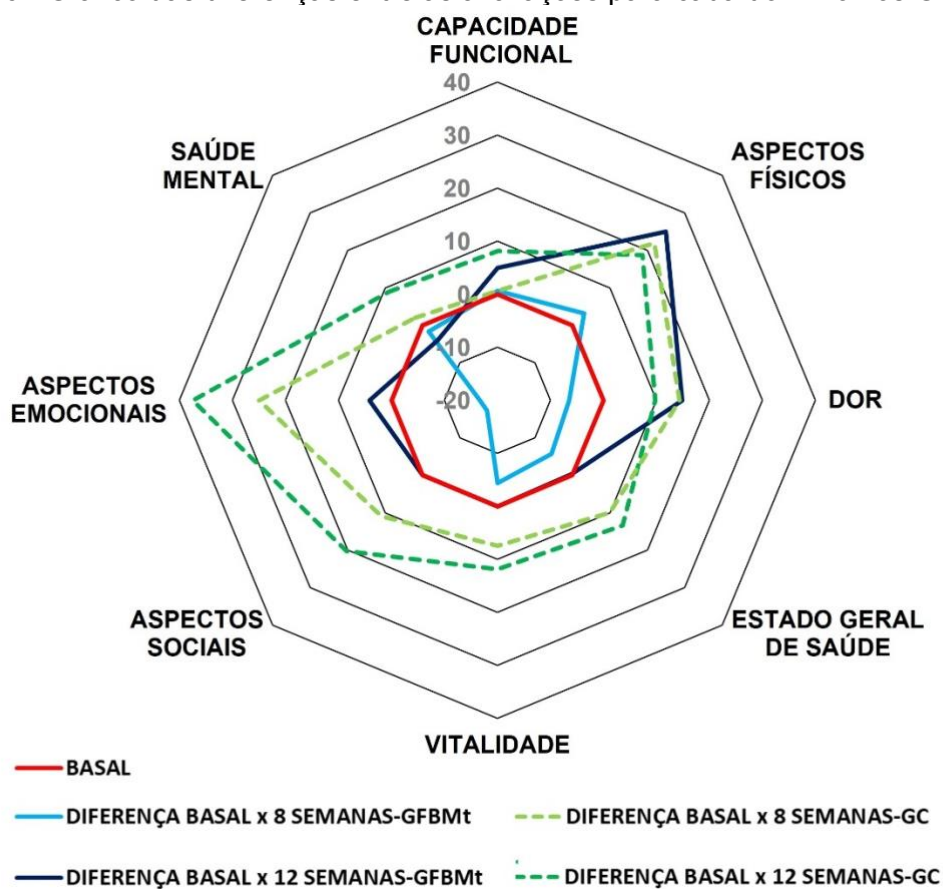
Nota-se que para o GFBMt as médias das pontuações dos domínios de capacidade funcional, aspectos físicos, dor e aspectos emocionais aumentaram na comparação basal x 12 semanas, porém sem significância estatística ($p>0,05$).

Já para o GC, a pontuação média aumentou para todos os domínios nas avaliações de basal x 12 semanas, com diferença estatística ($p<0,05$) nos domínios de estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais e aspectos emocionais.

Ao comparar GC x GFBMt, houve diferença intergrupos nos domínios de vitalidade e aspectos sociais na comparação de 12 semanas, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$). Assim, o escore desses domínios no GC foi maior em relação ao GFBMt.

Na figura 16 observa-se o gráfico de radar, que demonstra as diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GFBMt e GC (diferença da pontuação dos domínios entre as avaliações de 8 e 12 semanas, subtraídas do escore basal).

Figura 16 - Gráfico das diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GFBMt e GC.



Legenda: Gráfico das diferenças entre as avaliações para cada domínio nos GFBMt e GC em relação ao basal. GFBMt= Grupo fotobiomodulação transcraniana; GC= Grupo controle.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verificou-se que as correlações dos domínios aspectos físicos, dor e capacidade funcional foram iguais a 0,48 (fraca), -0,09 (insignificante), 0,99 (forte), respectivamente, sugerindo uma diferença de comportamento dos grupos GFBMt e GC nos domínios aspectos físicos e dor. Nos domínios aspectos físicos e dor, para o GFBMt verificou-se um comportamento de crescimento enquanto para o grupo GC há um comportamento de decréscimo.

8 DISCUSSÃO

No presente estudo avaliou-se a influência da reabilitação cardiorrespiratória isolada e associada à FBMt sobre a função pulmonar, forma muscular respiratória, tolerância ao exercício, VFC, atividade muscular do reto femoral e qualidade de vida.

A escolha das regiões alvo de irradiação F7, F8 e Fpz, de acordo o Sistema Internacional 10-20 do eletroencefalograma (Chan *et al.*, 2019), teve a finalidade de aumentar a oxigenação no lobo frontal - córtex pré-frontal e frontal, responsáveis pelas áreas motoras e planejamento (Lent, 2010; Guyton; Hall, 2011), para assim estudar sua influência na musculatura esquelética e nas respostas diretas ou indiretas nos sistemas autonômico e cardiopulmonares dos participantes, além da proposta do protocolo de exercícios.

Quanto a mecânica respiratória, avaliou-se a influência indireta da RCR na função pulmonar e força muscular respiratória, uma vez que não foram utilizadas técnicas específicas para o fortalecimento muscular respiratório, exercícios resistidos para tal musculatura.

Em relação a função pulmonar, avaliada pela espirometria, o índice PFE no GF apresentou apenas na comparação basal X 12 semanas, sem alteração nos demais índices.

Não foi observada diferença estatística intra e intergrupos relativos aos valores médios de P_Imax e P_Emax. Porém, ao analisar a diferença normalizada da intervenção entre 8 e 12 semanas em relação ao basal, notou-se melhora no GF de 20% após 8 semanas, e cerca de 14% após 12 semanas. Além disso, observou-se forte correlação entre P_Imax e P_Emax (0,99), indicando semelhança de evolução, com crescimento em relação ao basal, para a musculatura respiratória do GFBt, podendo ter refletido no aumento do PFE após 12 semanas de intervenção. Entretanto, para o GC, não houve diferença percentual na evolução da força da musculatura respiratória em percentual e a análise de correlação indicou correlação entre a P_Imax e P_Emax muito fraca (0,17), com comportamento não semelhantes entre elas. Por último, a análise da tendência desses índices permitiu observar comportamento diferente na evolução de P_Imax e P_Emax em GFBMt e GC, sendo que o comportamento no GFBMt apresentou tendência de aumento da força muscular respiratória, diferente de GC que se apresentou estável.

É comum pacientes com disfunções neurológicas apresentarem fraqueza muscular respiratória, diminuição do PFE, tosse voluntária prejudicada e comprometimento da aptidão cardiorrespiratória (Lampe *et al.*, 2014; Chin *et al.*, 2019; Liaw *et al.*, 2020).

O principal músculo respiratório, o diafragma, pode ser ativado de forma automática por vias do sistema nervoso autônomo ou na forma voluntária, onde as vias corticoespinhal parecem estar envolvidas pelo comando do córtex motor. O comprometimento determinado por injúria no córtex motor pode afetar as vias voluntárias interferindo na musculatura respiratória (Liaw *et al.*, 2020). Foi demonstrado por Colebatch e colaboradores (1991) que durante a inspiração voluntária, há um aumento do fluxo sanguíneo na região do córtex motor primário, evidenciado pela tomografia por emissão de pósitrons.

Em estudo realizado com hemiplégicos adultos, foi utilizada a estimulação magnética na região do vértice cerebral motor e cervical (região C3-C5) para verificar o efeito da contração do músculo diafragma quando o estímulo ocorre pela estimulação periférica ou por estimulação cortical (potenciais evocados motores). Notou-se que a contração do diafragma por potenciais evocados pode ser abolida ou retardada no lado plégico/parético, apoiando o comprometimento do controle voluntário do diafragma, sendo que a perseverança da atividade espontânea do diafragma no lado afetado se dá pela atividade autonômica dos núcleos aferentes de origem bulbar (Similowski *et al.*, 1996).

Assim, pela tendência de crescimento apenas no GFBMt, sugere-se que a fotobiomodulação transcraniana pode ter influenciado no aumento da ativação do córtex motor, responsável pela respiração voluntária, interferindo no desempenho da função respiratória.

Na avaliação do TC6, os participantes apresentaram elevação dos sinais vitais no esforço, quando foram submetidos ao teste de caminhada, em comparação ao estado do repouso, em que não estavam em movimento. Na recuperação pós exercício, observou-se redução na maioria dos sinais vitais comparados ao esforço, porém os valores não retornaram nas condições iniciais pré-teste.

Notou-se que o GC obteve maior aumento da FC durante o esforço em relação ao GFBMt (mas sem diferença estatística), e que a FC na recuperação de 2 e 4 minutos se elevou na comparação entre a avaliação basal e 12 semanas ($p < 0.05$),

diferente do grupo GFBMt que não demonstrou esse comportamento, pelo contrário, com queda da FC na recuperação de 4 minutos de 12 semanas.

É normal, fisiológico, a elevação da FC em resposta ao exercício, e posteriormente sua redução com o repouso, descanso após o exercício (Chaitman, 2003). Nos resultados obtidos no presente estudo observou-se capacidade de aumento da FC dos participantes espásticos frente ao teste de esforço. Em relação a recuperação pós-teste, pós esforço, nota-se no GFBMt a FC de recuperação menor em 12 semanas quando comparada a avaliação basal, condição ideal do que seria para a população sem doença neurológica e, demonstrando que a FBMt pode ter contribuído para este resultado, uma vez que o GC teve uma resposta de aumento da FC de recuperação em 12 semanas quando comparada a avaliação basal.

A FC de recuperação é afetada em indivíduos com lesão neurológica devido alteração no sistema nervoso autônomo, por inadequação da regulação da FC nesses indivíduos (Samuels, 2007; Raimundo *et al.*, 2013; Leddy *et al.*, 2018), sendo que a FC de recuperação mais longa é um preditor de doenças cardiometabólicas e mortalidade (Zubac *et al.*, 2021)

Quanto a tolerância ao exercício, verificada por meio da distância de caminhada do TC6, ambos os grupos obtiveram melhora significativa com 8 e 12 semanas, quando comparada ao basal, porém, sem significância estatística na comparação intergrupos. Na avaliação final, obteve-se melhora de 222 e 165 metros para GC e GFBMt, respectivamente.

O objetivo de irradiar as regiões análogas às artérias cerebrais média e cerebral anterior foi aumentar a oxigenação no lobo frontal - córtex pré-frontal e frontal, responsáveis pelas áreas motoras, e planejamento (Lent, 2010; Guyton; Hall, 2011), com a finalidade de observar se repercutiriam efeitos potencializados no movimento voluntário, refletido pelo desempenho no TC6 e da função pulmonar, por interferência da musculatura esquelética periférica e respiratória.

Alguns trabalhos trazem uma variação significativa da distância percorrida em TC6. O índice de diferença mínima é, clinicamente, é um índice que expressa a menor diferença após um tratamento com mudança percebida na condição clínica (Fulk; He, 2018). Para sujeitos com doenças crônicas respiratórias e cardiovasculares, uma variação de 54 e 35 metros de ganho são consideradas significativas (Puhan *et al.*, 2011; Mathai *et al.*, 2012) e para indivíduos adultos, após lesão neurológica, a variação de 44 metros com basal já foi considerada significativa (Fulk; He, 2018).

Duncan e colaboradores (2011) realizaram um ensaio de treinamento locomotor em sujeitos com AVE agudos e crônicos, no período de 12-16 semanas, 3x semana em esteira, mas sem controle da intensidade pela FC alvo, apenas pela tolerância do paciente em poder ou não caminhar mais rápido. Na avaliação final, obteve-se melhora de 41 metros.

No protocolo de exercício aeróbico intervalado de alta intensidade com pacientes com AVE crônico, duração de 3 meses, 3x semana, observou-se melhora da distância percorrida no TC6 (melhora do desempenho em 64,25 metros), aumento no pico de consumo do oxigênio (VO_2 pico- elevação de 4,60 ml/kg/min), demonstrando aumento da capacidade aeróbica, além do decréscimo do custo energético de caminhada (redução de 30,8 ml/kg·km) pós-intervenção (Munari *et al.*, 2018).

Na literatura, não foram encontrados ensaios publicados que realizassem a reabilitação cardiorrespiratória focada em sujeitos com PC na fase adulta que avaliassem o desfecho da TC6 pós-tratamento. Gillett e colaboradores (2018) realizaram um programa de treinamento anaeróbico de alta intensidade de membros inferiores em 17 adultos jovens com PC, com frequência de 3 x semana por 12 semanas, com resistência progressiva. Os participantes obtiveram aumento da força e volume muscular do flexores plantares e melhora do desempenho no TC6 de 30,56 metros.

Mossberg e Fortini (2012) utilizaram o TC6 com avaliação da capacidade aeróbica após a reabilitação de fisioterapia convencional em pacientes com TCE crônico de ambos os gêneros, com duração média de 18 semanas. Como resultado, obtiveram uma variação de 66,3 no período compreendido entre a admissão e a alta do tratamento. Ainda, os autores também realizam o teste da função cardiopulmonar (com mensuração do VO_2) para comparação com o TC6, em que os autores concluindo que o TC6 fornece uma boa estimativa da capacidade aeróbica máxima na população estudada.

Assim como no presente estudo, Lorenz e colaboradores (2018) realizaram um programa de exercícios direcionados para 14 adultos com lesões cerebrais adquiridas (TCE=9; AVE=3; PC por anóxia=1; tumor cerebral=1). O programa com duração de 6 semanas, 3x semana, 60-90 minutos por sessão, envolveu exercícios aeróbicos, fortalecimento muscular e alongamentos. O desempenho no TC6 foi de 131,36 m na avaliação basal para 309,68 metros.

O treino de marcha convencional, ou com a inclusão do uso de suporte de peso corporal na caminhada em esteira, são comuns no tratamento de AVE e disfunções neurológicas que têm como estratégia a melhora da condição da marcha (Duncan *et al.*, 2011). A RCR é muito mais do que um treino de marcha, pois no treinamento aeróbico, os sinais vitais são bem controlados, e com o objetivo de manter o exercício na FC alvo de trabalho (intensidade moderada) para possibilitar as adaptações fisiológicas e obter os benefícios sobre o sistema cardiopulmonar e metabólico (Herdy *et al.*, 2014), e neste estudo por se tratar de um grupo de sujeitos com espasticidades, optou-se em utilizar a esteira como recurso adicional visando obter a melhora do sistema locomotor como um todo em conjunto com o suporte de peso corporal da estação BrainMov® e ajustou-se a compensação mínima, o qual a estação foi utilizada apenas para aumentar a estabilização e a segurança durante o treino, e assim permitir o esforço vindo por parte do paciente, em que a marcha fosse mais próxima da condição de normalidade no participante.

Constatou-se que o protocolo de exercício aeróbico foi eficaz para melhoria do desempenho da distância percorrida em ambos os grupos, sem diferença estatística nas comparações intergrupos (GFBMt x GC), demonstrando que neste ponto não foi possível identificar efeito adicional da fotobiomodulação transcraniana no GF.

Resultado semelhante foi encontrado por Hwang, Castelli e Gonzalez-Lima (2016). Os autores realizam um estudo comparando os efeitos da FBMt e exercício aeróbico agudo em 64 adultos saudáveis. Não foi observado efeito somatório na terapia combinada (fotobiomodulação + exercício aeróbico).

Relatos na literatura pontuam que tanto o exercício aeróbico de moderada a alta intensidade e a fotobiomodulação transcraniana interferem no funcionamento celular, principalmente na função das mitocôndrias, aumento da oxigenação cerebral, aumento de neurotrofinas, como o BDNF (Hwang; Castelli; Gonzalez-Lima, 2016). Talvez seja por isso que não foi encontrada diferença entre grupos, em que hipotetizou-se que o GFBMt teria um desempenho melhor, justamente por ter uma terapia adicional, mas como ambos os grupos receberam a intervenção do exercício aeróbico, o GFBMt e GC apresentaram melhora do desempenho da caminhada no TC6.

Associada ao TC6, foi avaliada a VFC, frequentemente utilizada como ferramenta de diagnóstico do sistema nervoso autônomo por ser um método não-invasivo, facilidade de aplicação e por sua precisão. A modulação autonômica da FC

sobre o sistema cardiovascular se dá pelas terminações simpáticas presentes nos vasos e miocárdio, bem como pelas terminações parassimpáticas presentes principalmente nos nódulos sinusal e atrioventricular. Estudar a VFC é válido por ser um preditor de risco cardiovascular e conhecimento do balanço simpato-vagal sobre este sistema (Vanderlei *et al.*, 2009; Koichubekov *et al.*, 2018).

Na tabela 7 não foi colocado os resultados no domínio da frequência na condição do esforço, uma vez que é recomendado pela literatura não optar por esta análise durante o exercício já que o índice HF sofre interferência da frequência respiratória e volume corrente, portanto não sendo um bom parâmetro de estudo nessa condição (Penttilä *et al.*, 2001). Assim foi utilizada a análise no domínio da frequência na condição de repouso e recuperação após o esforço.

Uma revisão sistemática dos valores de normalidade da VFC em adultos saudáveis, envolvendo 21.438 participantes, relatou que o valor do intervalo RR médio na condição de repouso é de 926 ms e o índice RMSSD de 42 ms (Nunan; Sandercock; Brodie, 2010). Os participantes desse estudo apresentaram a variação do RR médio em repouso de 705-740 ms e 665-719 ms, nas avaliações basal e 12 semanas para o CG e GFBMt, respectivamente. Este resultado demonstrou um aumento do RR médio de 4% para o GC e cerca de 8% para o GFBMt, porém sem diferença estatística. O valor encontrado do RMSSD também em repouso variou de 10.46-13.53 ms, tanto o RR médio quando RMSSD demonstraram valores abaixo da normalidade.

Normalmente, em condição de repouso, há um predomínio do tônus parassimpático mantendo o coração em ritmo desacelerado, efeito ocasionado pela acetilcolina sobre os receptores muscarínicos que aumenta a condutância do K⁺ e desencadeia a hiperpolarização da membrana celular e o prolongamento do tempo de condução ao nodo atrioventricular (Guyton; Hall, 2011; Fisher; Young; Fadel, 2015).

Pessoas com lesões neurológicas, geralmente possuem alterações na modulação autonômica. Doenças como PC (Gaşior *et al.*, 2020), TCE (Hamel; Smoliga, 2019) e AVE (Sposato *et al.*, 2020) proporcionam aumento da FC e redução da VFC em repouso, geralmente causada pelo aumento do tônus simpático e redução da atividade parassimpática. Essa alteração pode estar relacionada diretamente à lesão cerebral e à inatividade física decorrente a redução da mobilidade (Fisher; Young; Fadel, 2015; Gaşior *et al.*, 2020).

Diferente deste estudo, Campos e colaboradores (2016) avaliaram sujeitos com AVE crônico, com os valores da VFC em repouso dentro da normalidade. Porém nossa amostra, demonstrou que mesmo após a fase aguda, os sujeitos ainda possuem alterações da VFC e o SNA.

No TC6, durante o esforço, nota-se no GC diminuição significativa do intervalo RR em 12 semanas, com aumento evidente da FC, situação que não ocorreu no GFBMt. Como já comentado anteriormente, ambos os grupos aumentaram a distância percorrida no TC6, entretanto, o CG obteve uma resposta mais acentuada de elevação da atividade simpática frente ao esforço comparado a tPBMG.

Na avaliação da recuperação após TC6, os índices da VFC não retornaram ao basal em ambos os grupos. No CG observou redução do valor do RR e SD1 na avaliação de 12 semanas em comparação a avaliação basal. O RR na recuperação deveria elevar, assim como o SD1, índices de predomínio da atividade vagal, entretanto, possivelmente o equilíbrio autonômico que rege a resposta de FC durante ou após o exercício está alterado, resultando em uma situação cronotrópica incompetente e/ou uma incapacidade de retardar prontamente o FC imediatamente após o exercício (Vanderlei Et Al., 2009; Roy; Ghatak, 2013; Chaitman, 2003; Raimundo *et al.*, 2013).

Outra forma de avaliar a atividade do SNA é pelos índices do sistema nervoso autonômico PNS e SNS, calculados por meio do software Kubios HRV Standart. Esses índices são baseados em parâmetros da VFC conhecidos que refletem a atividade do SNP e do SNS em relação a normalidade (adultos saudáveis na condição de repouso). Nesses casos, um índice próximo a zero representa o valor de referência, valores negativos demonstram uma situação de afastamento de menor atividade em relação ao normal e valores positivos também refletem uma situação de distanciamento do valor de referência, evidenciando maior atividade (Lundell *et al.*, 2021; Kubios, 2022).

No presente estudo, os valores do índice PNS durante o esforço do GC obteve maior afastamento em 12 semanas em relação a avaliação basal. Considerando-se que os dois grupos tiveram melhora do desempenho físico, a condição do tPBMG sugere melhor condicionamento, pois apesar da atividade física mais intensa, o controle do sistema simpático e parassimpático não apresentou alteração significativa com relação a avaliação basal e nem maior distanciamento do valor de referência, o

que não aconteceu para o CG. Até o momento, não há na literatura estudos com o mesmo tipo de amostra e intervenção para comparar os valores do PNS e SNS index.

Apesar do nosso protocolo não ter irradiado diretamente todas as estruturas responsáveis pelo controle autonômico, se tratando da complexidade do comando central, como os campos de Forel, córtex motor, córtex insular, mesencéfalo e áreas hipotalâmicas (Fisher; Young; Fadel, 2015), observamos tendência da modulação autonômica por meio da FBMt.

A FBM utiliza uma fonte de luz para que os fótons interajam com os cromóforos intracelulares e gere mudanças químicas promovendo reações biológicas que desencadeiam respostas neuroprotetoras, otimização do metabolismo, fluxo sanguíneo e neurogênese (Hennessy; Hamblin 2017).

A FBMt estimula o sistema nervoso central, afetando diversas áreas e pode desencadear respostas locais ou sistêmicas. Os principais desfechos do estímulo cerebral local são: aumento da atividade mitocondrial, controle do estresse oxidativo, vasodilatação, restauração e novas sinapses, neurogênese e angiogênese e propriedades neuroprotetoras. Já as respostas sistêmicas encontradas são referentes a respostas anti-inflamatórias e imunológicas (Hennessy; Hamblin 2017; Nizamutdinov *et al.*, 2022).

Na literatura, os efeitos descritos da FBMt estão relacionados com aumento do fluxo sanguíneo cerebral, melhora da função cognitiva, comportamental, emocional e restauração e gênese tecidual (Hennessy; Hamblin 2017; Chan *et al.*, 2019; Nizamutdinov *et al.*, 2022).

O protocolo de irradiação deste estudo, ofereceu nas 3 regiões, uma energia total de 108 J, com 1000 J/cm² de intensidade de energia, e 16,65 W/cm² de intensidade de potência, o que pode ter causado além do efeito local, também o sistêmico, semelhante ao da terapia intravascular laser irradiation of blood (ILIB). Yang, Lin e Chang (2017) aplicaram ILIB por 10 dias em veias periféricas de um paciente com diagnóstico de AVE recente. Após essa intervenção, observou-se melhora da perfusão no hemisfério cerebelar acometido e melhora dos parâmetros da escala de Barthel.

Tai, Cheng e Chang (2020) também realizaram um estudo de caso de uma paciente com AVE. Após aplicação do ILIB notou-se melhora da perfusão cerebral da área frontal bilateral, temporal e cerebelar.

O ILIB possui efeitos anti-inflamatórios, aumento da diferença arteriovenosa de oxigênio, o que pode acabar com a hipóxia tecidual e promover o enriquecimento de oxigênio, melhora a oxidação de moléculas transportadoras de energia, como glicose e piruvato. Estudos publicados sobre essa ferramenta terapêutica relatam seus efeitos benéficos no tratamento de doenças reumáticas, metabólicas, além de melhorar o sistema cardiovascular. Sua ação no organismo pode ser devido à influência na amplificação do suprimento de oxigênio e melhora da microcirculação (Tai; Cheng; Chang, 2020; Tomé *et al.*, 2020).

A aplicação do ILIB no presente estudo, de forma não invasiva, poderia justificar a ativação local do tecido cerebral, aumento da oxigenação para o sistema nervoso central e, a dissipação da energia induzindo efeitos sistêmicos que repercutem em respostas dos sinais vitais, principalmente da FC de recuperação no grupo FBMt e nos índices da VFC.

Nenhum estudo avaliou o efeito da FBMt sobre a VFC e poucos avaliaram a influência da FBM sobre o SNA. Ferreira Júnior *et al.* (2017) aplicaram a fotobiomodulação na musculatura ipsilateral e contralateral do quadríceps após o protocolo de fadiga do músculo reto femoral (cluster com 69 LEDs -34 no $\lambda=660$ nm and 35 no $\lambda=850$ nm; energia total: 834 J por sessão). Foram relatados benefícios em relação à fadiga, já que na irradiação ipsilateral houve aumento do número de repetições e redução do índice de fadiga em relação ao grupo placebo e irradiação contralateral, demonstrando um efeito local. Porém, em relação à VFC nos índices do domínio da frequência, RMSSD e SD1 na recuperação pós-exercício não houve diferença.

Paolillo e colaboradores (2014) realizaram um protocolo de 8 semanas de exercício de alta intensidade combinado ou não com a PBM aplicada na musculatura tibial anterior de ratos Wistar ($\lambda=780$ nm; P=15 mW; time=10 seconds, DP= 37.5 mW/cm², E= 0.15 J per point DE=3.8 J/cm²). Como desfecho, observou-se que tanto a FBM isolada, quanto associada ao exercício proporcionaram efeitos de modulação autonômica.

Avaliou-se também a atividade muscular. A EMG é um método não invasivo da avaliação da resposta neuromuscular durante situações estáticas e dinâmicas (Galen; Malek, 2014). Uma vez que o movimento voluntário está ligado à frequência na faixa de 10-35 Hz (Delmas *et al.*, 2018), utilizamos no processamento de dados, filtro passa

baixa nas frequências de 40, 70, 100 e 200 Hz, para não excluir informações de interesse. Os resultados foram semelhantes em todos os filtros utilizados.

Nota-se que não houve diferença da FFT do membro mais afetado e do membro menos afetado na posição ortostática, agachamento isométrico e agachamento isotônico em ambos os grupos. Essa informação sugere que até mesmo os músculos espásticos mantiveram a velocidade do comando das vias motoras sem grandes alterações, já que a análise no domínio da frequência reflete a velocidade de condução do potencial de ação da fibra muscular durante a contração (Basmajian; De Luca, 1985; Galen; Malek, 2014) e a excitabilidade dos fusos musculares e motoneurônios que participam dos movimentos são moduladas por meio do controle descendente das vias corticoespinhais (Tanji; Evarts, 1976).

No presente estudo, o protocolo de avaliação da EMG não envolveu fadiga muscular, logo o valor RMS está diretamente associado a força e ao recrutamento muscular. Portanto, a diferença do RMS, em porcentagem, expressa uma referência consistente para a verificação do desempenho funcional, considerando também a comparação entre membros (Galen; Malek, 2014).

Em relação ao RMS, observou-se que o membro inferior mais afetado (MI+) em ambos os grupos, apresentou sinal com amplitudes mais baixas comparadas ao membro inferior menos afetado (MI-). Como já descritos na literatura, os músculos espásticos apresentam fraqueza e alteração do tônus muscular, aumento do gasto energético para execução dos movimentos, além da redução dos valores de RMS (Nalysnyk *et al.*, 2013; Neves *et al.*, 2016; Handsfield *et al.*, 2022; Hwang; Kim, 2019).

O grupo GC apresentou melhor evolução do MI+ do que GFBMt, na avaliação ORT em 8 e 12 semanas. Já o grupo GFBMt demonstrou melhores resultados quanto ao desempenho do RMS do MI+ na condição ISOM e de ambos os membros para a condição de ISOT, diferente do GC, no qual a regressão linear apontou declínio do desempenho nestas condições.

Avaliou-se também a diferença do recrutamento muscular entre membros (MI+ e MI-). O CG obteve menor diferença entre membros na condição de ORT, enquanto foi observado que, após o tratamento, houve diminuição da diferença entre MI+ e MI- do GFBMt nas condições ISOM e ISOT após 8 e 12 semanas, diferente do grupo GC que aumentou essa diferença. A simetria do corpo é um ponto importante para avaliar devido a condição de homeostasia. Diferenças entre membros levam a compensações do organismo, como assimetria da força e recrutamento muscular,

aumentam os riscos de lesões nas atividades e piora no desempenho da marcha. Pacientes com lesões neurológicas podem lesionar o lado não comprometido pela sobrecarga, devido a condição de hemiparesia, impactando sua qualidade de vida (Tajdini *et al.*, 2021; Sung; O'Sullivan; Park, 2021; Lin *et al.*, 2012).

O reto femoral é um importante músculo para capacidade de marcha e independência funcional da população em geral, e seu estudo principalmente em lesões crônicas torna-se necessário (Hwang; Kim, 2019). A musculatura espástica possui coerência corticomuscular reduzida até mesmo na fase crônica após lesão neurológica, sendo o EMG uma alternativa para medir e detectar mudanças no trato cortico espinhal (Larsen *et al.*, 2016).

Na literatura, a FBM aplicada diretamente na musculatura espástica já demonstrou efeitos positivos quanto à elevação do RMS, aumento da amplitude de movimento e diminuição da fadiga muscular (Reis *et al.*, 2015; Lopes-Martins; Mafra; Nucci, 2016; Neves *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2017; Neves *et al.*, 2020). No entanto, não foram encontrados trabalhos citando os efeitos da FBMt sobre a musculatura do quadríceps femoral espástico.

Este trabalho não demonstrou um aumento expressivo da EMG dos participantes do GFBMt, mas evidenciou melhora do desempenho e menor diferença entre o MI+ e MI-, condição mais próxima do fisiológico. Como comentado anteriormente sobre os possíveis efeitos que a PBM aplicada no tecido cerebral repercutiria no SNA, possivelmente a FBMt interferiu não só na VFC, mas também no sistema vascular periférico. Sabe-se que durante a execução de exercícios físicos, ocorre vasoconstrição mediada pelo SNA nos músculos não exercitantes no momento, para que o fluxo sanguíneo possa ser redistribuído, suplementando a musculatura ativa (Fisher; Young; Fadel, 2015). Talvez, associado ao efeito do exercício aeróbico na musculatura espástica (Lorenz *et al.*, 2018), a energia aplicada diretamente sobre o tecido cerebral estimula a área motora. Isso, somado a otimização e reorganização do SNA decorrente da FBMt, refletiu em melhora da redistribuição do fluxo sanguíneo e funcionalidade do músculo espástico.

A contração muscular ocorre por meio da ativação das áreas corticais 4 e 6, em que o comando do ato motor, de forma resumida, é transmitido pelo trato piramidal até a medula espinhal e por fim, pelo sistema nervoso periférico até a musculatura alvo para que ocorra a contração muscular e o movimento (Guyton; Hall, 2011). Logo, o objetivo de irradiar essas áreas cerebrais foi de otimizar a ativação das áreas

motoras para observar se iria repercutir na contração muscular periférica, durante as tarefas de agachamento, uma que já foi demonstrado que a irradiação transcraniana aumenta o fluxo sanguíneo cerebral com aumento da oxi-hemoglobina (Schiffer *et al.*, 2009).

Além desses aspectos, a avaliação da qualidade de vida, por meio do questionário SF-36, permitiu verificar no GFBMt melhora nos domínios capacidade funcional, aspectos físicos, dor e aspectos emocionais, mas sem diferença estatística ($p > 0,05$). Em GC houve melhora significativa nos índices de estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais e aspectos emocionais ($p < 0,05$).

Na avaliação da evolução por meio da diferença entre basal e reavaliações (basal-8 semanas; basal-12 semanas), verificou-se tendência de crescimento nos domínios aspectos físicos e dor para GFBMt, enquanto para o grupo GC observou-se tendência de decréscimo, sugerindo melhor evolução no grupo GFBMt em relação a esses domínios.

Na análise dos outros domínios, uma amostra maior talvez pudesse trazer resultados que corroborassem o estudo de Block e colaboradores (2016) e Bonnefoy-Mazure, De Coulon e Armand (2020), que demonstraram que a melhora do desempenho da marcha e atividade física influenciam positivamente na qualidade de vida.

Munari e colaboradores realizaram um treinamento aeróbico em esteira com 15 pacientes com AVE crônico, com 3 meses de duração. Avaliaram VO₂, TC6, equilíbrio, largura do passo, qualidade de vida. Os achados foram de melhora para todos os testes físicos avaliados, mas sem diferença para a qualidade de vida analisado pelo SF-36, corroborando com os resultados do nosso trabalho. Além disso, a espasticidade presente nos participantes é um fator importante para a deficiência, por ser uma sequela que afeta o sistema musculoesquelético, cardiorrespiratório, interferindo na realização das atividades de vida diária, autocuidado, rotina de trabalho e que afetam a qualidade de vida (Korzhova *et al.*, 2018).

Neste trabalho, observou-se que a ação da FBMt parece estar mais relacionada com a biomodulação e restauração das condições que promovem a homeostase do que um efeito potencializador.

O estudo teve algumas limitações, comentadas a seguir: o número de pacientes, que pela condição clínica e localização da instituição, não tinham fácil

acesso. Também, não foi utilizado um recurso específico para o fortalecimento da musculatura respiratória, que poderia potencializar os efeitos na tolerância ao exercício.

Além disso, para aplicação da FBMt necessita-se de um aparelho que forneça o comprimento de onda ideal e que as especificações permitam oferecer maior energia ao tecido para atingir o tecido cerebral, principalmente um aparelho com maior potência, mas que não gere efeitos térmicos. Logo, para aplicação clínica, o terapeuta além do conhecimento em fotobiomodulação, precisa de aparelhos diferente dos convencionais para atender a proposta da fotobiomodulação transcraniana.

As perspectivas futuras são aumentar o número de participantes, desenvolver um aparelho para aplicação da FBMt que permita acoplar melhor à cabeça, que seja seguro, ausência de sensações térmicas ao participante e possibilite parâmetros diferentes relacionados as opções de energia ao tecido, maior potência. Almeja-se também continuar os estudos baseados em protocolos que compararem os efeitos da FBM entre a aplicação transcraniana e diretamente na musculatura espástica.

9 CONCLUSÃO

O programa de reabilitação cardiorrespiratória (RCR) isolada aumentou a tolerância ao exercício em 8 e 12 semanas, distância de caminhada e melhores escores da qualidade de vida nos domínios de estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais e aspectos emocionais.

Além disso, a RCR demonstrou ter um protocolo seguro, uma vez que foi executado em uma intensidade moderada e monitorizado, sem intercorrências durante as 12 semanas de reabilitação, e pode ser aplicado em pessoas com espasticidade.

Em relação a associação da RCR à fotobiomodulação transcraniana (FBMt), o grupo FBMt apresentou aumento do pico de fluxo expiratório, uma tendência de evolução do desempenho da P_Imax e P_Emax e tendência de comportamento mais próximo ao fisiológico dos sinais vitais e variabilidade da frequência cardíaca no esforço e recuperação pós exercício em 12 semanas e diminuição da diferença da atividade muscular entre os membros inferiores., demonstrando maior simetria entre membros.

REFERÊNCIAS

- ACUÑA, S. A. *et al.* Abnormal muscle activation patterns are associated with chronic gait deficits following traumatic brain injury. **Gait & Posture**, v. 62, p. 510-517, 2018.
- AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turk J Emerg Med.**, v.18, n. 3, p. 91-93, 2018.
- ALMEIDA, C. E. *et al.* Traumatic Brain Injury Epidemiology in Brazil. **World Neurosurgery**, v. 87, p. 540-7, 2016.
- AMARENCO, P. *et al.* Classification of stroke subtypes, **Cerebrovasc. Dis.**, v. 27, n. 5, p. 493-501, 2009.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories, ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 166, n. 1, p. 111-7, 2002.
- ANDERS, J. J.; LANZAFAME, R. J.; ARANY, P. R. Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. **Photomed Laser Surg.**, v. 33, n. 4, p. 183-4, 2015.
- ANGULO-PARKER, F.J.; ADKINSON, J, M, Common Etiologies of Upper Extremity Spasticity, **Hand Clinics**, v. 34, n. 3, p. 437-443, 2018.
- ARISAWA, E. A. L. S. *et al.* Photobiomodulation applied in post-surgical female-to-male surgery- case report. **International Journal Of Development Research**, v. 12, p. 24113, 2022.
- BARRETO, S. S. M. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar – Volumes pulmonares. **J Pneumol**, v. 28, supl. 3, p. S83-S94, 2002.
- BASMAJIAN, J. V.; DE LUCA, C. J. **Muscles Alive**: Their Functions Revealed by Electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985. 561p.
- BELTRAME, T. *et al.* Light-emitting diode therapy (photobiomodulation) effects on oxygen uptake and cardiac output dynamics during moderate exercise transitions: a randomized, crossover, double-blind, and placebo-controlled study. **Lasers Med Sci.**, v. 33, n. 5, p. 1065-1071, 2018.
- BENJAMIN, E. J. *et al.* American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association. **Circulation.**, v. 135, n. 10, p. e146-e603, 2017.
- BENNER, J. L. *et al.* Long-Term Deterioration of Perceived Health and Functioning in Adults With Cerebral Palsy. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 98, n. 11, p. 2196-2205.e1, 2017.

BERQUÓ, E. S, SOUZA, J. M. P, GOTLIEB, S. L. D. **Bioestatística**. EPU: São Paulo, 1981.

BIELEMANN, R. M.; KNUTH, A. G.; HALLAL, P. C. Atividade física e redução de custos por doenças crônicas ao Sistema Único de Saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. v.15, n. 1, p. 9-14, 2010.

BILLINGER, S. A. *et al.* Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. **Stroke Res Treat.**, v. 2012, p. 959120, 2012.

BLANCO, N. J.; SAUCEDO, C. L.; GONZALEZ-LIMA, F. Transcranial infrared laser stimulation improves rule-based, but not information-integration, category learning in humans. **Neurobiol Learn Mem.**, v. 139, p. 69-75, 2017. doi: 10.1016/j.nlm.2016.12.016.

BLOCK, V.A. *et al.* Remote Physical Activity Monitoring in Neurological Disease: A Systematic Review. **PLoS One**, v. 11, n. 4, p. e0154335, 2016.

BONNEFOY-MAZURE, A.; DE COULON, G.; ARMAND, S. Self-perceived gait quality in young adults with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol.**, v. 62, n. 7, p. 868-873, 2020.

BRAINMOV, Equipamentos. Disponível em <http://www.brainmov.com.br/equipamentos/>. Acesso em: 28 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Cerebral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_reabilitacao_acidente_vascular_cerebral.pdf. Acesso em: 30 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de atenção à pessoa com paralisia cerebral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Saúde Brasil 2014**: uma análise da situação de saúde e das causas externas. Brasília: Ministério da Saúde, 2015a. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2014_analise_situacao.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Traumatismo Cranioencefálico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015b. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_reabilitacao_pessoa_traumatisco_cranioencefalico.pdf. Acesso em: 19 nov. 2018.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Painéis Saúde Brasil**: mortalidade geral - Causas de óbito 2000-2016, 2016. Disponível em:

<https://svs.aids.gov.br/daent/centrais-de-conteudos/paineis-de-monitoramento/saude-brasil/mortalidade-geral/>. Acesso em: 24 jan. 2023.

BRAZINOVA, A. *et al.* Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Europe: A Living Systematic Review. **J Neurotrauma**, v. 38, n. 10, p. 1411-1440, 2021.

BURNFIELD, J. M. *et al.* Partial body weight support treadmill training speed influences paretic and non-paretic leg muscle activation, stride characteristics, and ratings of perceived exertion during acute stroke rehabilitation. **Human Movement Science**, v. 47, p. 16-28, 2016.

CAMPOS, M. F. *et al.* Autonomic heart rate modulation and functional aerobic capacity in hemiparetic patients. **Rev Bras Med Esporte**, v. 22, n. 6, p. 491-495, 2016.

CHAITMAN, B. R. Abnormal heart rate responses to exercise predict increased long-term mortality regardless of coronary disease extent: the question is why? **J Am Coll Cardiol.**, v. 42, p. 5, p. 839-41, 2003.

CHAN, A.S. *et al.* Photobiomodulation improves the frontal cognitive function of older adults. **Int J Geriatr Psychiatry**, v. 34, n. 2, p. 369-377, 2019.

CHAVEZ, J. C. *et al.* Pharmacologic interventions for stroke: looking beyond the thrombolysis time window into the penumbra with biomarkers, not a stopwatch. **Stroke**, v. 40, n. 10:e558–563, 2009.

CHEN, Z. *et al.* Brain-Heart Interaction: Cardiac Complications After Stroke. **Circ Res.**, v. 121, n. 4, p. 451-468, 2017.

CHIN, L. M. *et al.* Improved cognitive performance following aerobic exercise training in people with traumatic brain injury. **Arch Phys Med Rehabil.**, v. 96, n. 4, p. 754-9, 2015.

CHIN, L. M. K. *et al.* Oxygen uptake on-kinetics before and after aerobic exercise training in individuals with traumatic brain injury. **Disabil Rehabil**, v. 24, p. 2949-2957, 2019.

CHINELATO, J C. A.; PERPÉTUO, A. M. A.; KRUEGER-BECK, E. Spasticity – neurophysiological and muscle aspects in botulinum toxin type A treatment. **Rev Neurocienc.**, v. 18, n. 3, p. 395-400, 2010.

CHO, H. B. *et al.* Negative Mood States Correlate with Laterobasal Amygdala in Collegiate Football Players. **BioMed research international**, p. 1-11, 2018.

CICONELLI, R. M. *et al.* Tradução para a língua portuguesa e validação do questionário genérico de avaliação de qualidade de vida SF-36 (Brasil SF-36). **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 39, n. 3, p. 143-150, 1999.

COLEBATCH, J.G. *et al.* Regional cerebral blood flow during volitional breathing in man. **J Physiol.**, v. 443:91-103, p. 1991.

COLVER, A.; FAIRHURST. C.; PHAROAH. P. O. D. Cerebral palsy. **The Lancet**, v. 383, n. 9924, p. 1240-1249, 2014.

CORDEIRO, A. L. L. *et al.* **Manual de Reabilitação Cardiorrespiratória**. 1. ed. Salvador: Sanar, 2021. 402 p.

CORTEZ, A. A. *et al.* Diretriz de reabilitação cardiopulmonar e metabólica: aspectos práticos e responsabilidades. **Arq Bras Cardiol.**, v. 86, n. 1, p. 74–82, 2006.

DAMATA, S. R. *et al.* Perfil epidemiológico dos idosos acometidos por acidente vascular cerebral. **Rev. Interd.**, v. 9, n. 1, p. 107-17, 2016.

DAS, M. *et al.* Lateral fluid percussion injury of the brain induces CCL20 inflammatory chemokine expression in rats. **J. Neuroinflammation.**, v. 8, n. 1, p. 148, 2011.

DEL VECCHIO, A. *et al.* The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. **J Physiol.**, v. 597, n. 7, p. 1873-1887, 2019.

DELMAS, S. *et al.* Motor planning perturbation: muscle activation and reaction time. **J Neurophysiol.**, v. 120, n. 4, p. 2059-2065, 2018.

DONNAN, G. A. Stroke. **Lancet**, n. 371, n. 9624, p. 1612-23, 2008.

DUNCAN, P.W. *et al.* Body-Weight–Supported Treadmill Rehabilitation after Stroke. **N Engl J Med**, v. 364, p. 2026-2036, 2011.

DUSCHEK, S.; SCHANDRY, R. Reduced brain perfusion and cognitive performance due to constitutional hypotension. **Clin. Auton. Res.**, v. 17, n. 2, p. 69-76, 2007.

ENRIGHT, P.L.; SHERRILL. D.L. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. **Am J Respir Crit Care Med.**, v. 158, n. 5, p. 1384-7, 1998.

FABERO-GARRIDO, R. *et al.* Respiratory muscle training improves exercise tolerance and respiratory muscle function/structure post-stroke at short term: A systematic review and meta-analysis. **Ann Phys Rehabil Med.**, v. 65, n. 5, p. 101596, 2022.

FALCÃO, I. V. *et al.* Acidente vascular cerebral precoce: implicações para adultos em idade produtiva atendidos pelo Sistema Único de Saúde. **Rev. Bras. Saúde matern. infant.**, v. 4, n. 1, p. 95-102, 2004.

FEIJIN, V. L. *et al.* Incidence of traumatic brain injury in New Zealand: a population-based study, **The Lancet, Neurology**, v.12, n. 1, p. 53-64, 2013.

FERREIRA JUNIOR, A. *et al.* Cardiac autonomic responses and number of repetitions maximum after LED irradiation in the ipsilateral and contralateral lower limb. **Lasers Med Sci.**, v. 33, n. 2, p. 353-359, 2018.

FISHER, J. P.; YOUNG, C. N.; FADEL, P. J. Autonomic adjustments to exercise in humans. **Compr Physiol.**, v. 5, n. 2, p. 475-512, 2015.

FOGARTY, M. J.; BRANDENBURG, J. E.; SIECK, G. C. Diaphragm neuromuscular transmission failure in a mouse model of an early-onset neuromotor disorder. **J Appl Physiol (1985)**, v.130, n. 3, p. 708-720, 2021.

FULK, G. D.; HE, Y. Minimal Clinically Important Difference of the 6-Minute Walk Test in People With Stroke. **J Neurol Phys Ther.**, v. 42, n.4, p. 235-240, 2018.

GALEN, S.S.; MALEK. M.H. A Single Electromyographic Testing Point Is Valid to Monitor Neuromuscular Fatigue During Continuous Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 10, p. 2754-2759, 2014.

GALGANO, M. *et al.* Traumatic Brain Injury: Current Treatment Strategies and Future Endeavors. **Cell transplantation**, v. 26, n. 7, p. 1118-1130, 2017.

GANGULY, J. *et al.* Muscle Tone Physiology and Abnormalities. **Toxins (Basel)**, v. 13, n. 4, p. 282, 2021.

GAŞIOR, J. S. *et al.* Heart Rate Variability in Children and Adolescents with Cerebral Palsy—A Systematic Literature Review. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 4, p. 1141, 2020.

GIBBONS, CH. Basics of autonomic nervous system function. **Handb Clin Neurol.**, v. 160, p. 407-418, 2019.

GILLETT, J. *et al.* Functional Anaerobic and Strength Training in Young Adults with Cerebral Palsy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 8, p. 1549-1557, 2018.

GRACIES, J. M. *et al.* Effects of repeated abobotulinumtoxin A injections in upper limb spasticity. Send to **Muscle Nerve**, v.57, n. 2, p. 245-254, 2018.

GUTHOLD, R. *et al.* Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. **Lancet Glob Health.**, v. 6, n. 10, p. e1077-e1086, 2018.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 1173 p.

HAARBAUER-KRUPA, J. *et al.* Epidemiology of Chronic Effects of Traumatic Brain Injury. **J Neurotrauma.**, v. 38, n. 23, p. 3235-3247, 2021.

HAMBLIN, M. R. Shining light on the head: Photobiomodulation for brain disorders. **BBA Clinical**, v. 6, p. 113–124, 2016.

HAMEL, R. N.; SMOLIGA, J. M. Physical Activity Intolerance and Cardiorespiratory Dysfunction in Patients with Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury. **Sports Med.** v.49, p. 1183–1198, 2019.

HANDSFIELD, G. G. *et al.* Muscle architecture, growth, and biological remodelling in cerebral palsy: a narrative review. **BMC Musculoskelet Disord**, v. 23, p. 233, 2022.

HARVEY, R. *et al.* Stroke syndromes. *In*: BRADDOM, R.L. **Physical medicine and rehabilitation**. 4 ed. Philadelphia: Elsevier, 2011, p. 1177-1222.

HAUTALA, A. J. *et al.* Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 33, n. 2, p. 107-15, 2009.

HEMPHILL, J. C. *et al.* Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. **Stroke**, v. 46, n. 7, p. 2032–2060, 2015.

HENNESSY, M.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. **J Opt**. v.19, n.1, 2017.

HERDY, A.H. *et al.* South American Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 103, n. 2, Supl 1, p.1-31, 2014.

HIPSKIND, S. G. *et al.* Pulsed Transcranial Red/Near-Infrared Light Therapy Using Light-Emitting Diodes Improves Cerebral Blood Flow and Cognitive Function in Veterans with Chronic Traumatic Brain Injury: A Case Series. **Photomed Laser Surg.**, p. 1-8, 2018.

HWANG, B. H.; KIM, T. H. The effects of sand surface training on changes in the muscle activity of the paretic side lower limb and the improvement of dynamic stability and gait endurance in stroke patients. **J Exerc Rehabil.**, v. 15, n. 3, p. 439-444, 2019.

HWANG, J.; CASTELLI, D.M.; GONZALEZ-LIMA, F. Cognitive enhancement by transcranial laser stimulation and acute aerobic exercise. **Lasers Med Sci.**, n. 31, p. 1151–1160, 2016.

HYLIN, M. J. *et al.* Juvenile Traumatic Brain Injury Results in Cognitive Deficits Associated with Impaired Endoplasmic Reticulum Stress and Early Tauopathy. **Dev. Neurosci.**, v. 40, n. 2, p. 175-188, 2018.

JAGDEO, J. R. *et al.* Transcranial red and near infrared light transmission in a cadaveric model. **PLoS One**, v. 7, n. 10, 2012.

JAMOVI PROJECT. **Jamovi** (Version 2.3) [Computer Software]. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 09 jul. 2022.

KARVONEN, J.; VUORIMAA, T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. **Sports Medicine**, v. 5, n. 5, p. 303-311, 1988. doi: 10.2165/00007256-198805050-00002.

KAUR, P.; SHARMA, S. Recent Advances in Pathophysiology of Traumatic Brain Injury. **Curr, Neuropharmacol.**, v. 16, n. 8, p. 1224-1238, 2018.

KHAN, F.; BAGULEY, I. J.; CAMERON, I. D. Rehabilitation after traumatic brain injury. **Med J Aust.**, v. 178, n. 6, p. 290-5, 2003.

KIM, S. W. et al. Aerobic Continuous and Interval Training under Hypoxia Enhances Endurance Exercise Performance with Hemodynamic and Autonomic Nervous System Function in Amateur Male Swimmers. **Int J Environ Res Public Health.**, v.18, n. 8, p. 3944, 2021.

KLUDING, P. M. *et al.* Foot drop stimulation versus ankle foot orthosis after stroke: 30-week outcomes. **Stroke**, v. 44, n. 6, p. 1660–1669, 2013.

KOICHUBEKOV, B. K. *et al.* Nonlinear analyses of heart rate variability in hypertension. **Ann Cardiol Angeiol.**, v. 67, n. 3, p. 174-179, 2018. doi: 10.1016/j.ancard.2018.04.014, 2018.

KORZHOVA, J. *et al.* Transcranial and spinal cord magnetic stimulation in treatment of spasticity: a literature review and meta-analysis. **Eur J Phys Rehabil Med.**, v. 54, n.1, p. 75-84, 2018.

KRÄGELOH-MANN, I.; CANS. C. Cerebral palsy update. **Brain and development**, v. 31, n. 7, p. 537-544, 2009.

KRIGGER, K. W. Cerebral palsy: an overview. **Am Fam Physician.** v. 73, n. 1, p. 91-100, 2006.

KRALL, J. T. W. *et al.* Identification and Management of Acute Neuromuscular Respiratory Failure in the ICU. **Chest**, v. 164, n. 6, p. 1454-1461, 2023.

KUBIOS. **HRV in evaluating autonomic nervous system function**. Disponível em: <https://www.kubios.com/hrv-ans-function>. Acesso em: 13 maio 2022.

KUBIOS. Kubios HRV Software. **USER'S GUIDE**. Disponível em: https://www.kubios.com/downloads/Kubios_HRV_Users_Guide.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.

KUPTNIRATSAIKUL, Y. *et al.* Long-term morbidities in stroke survivors: a prospective multicenter study of Thai stroke rehabilitation registry. **BMC Geriatrics**, v. 13, n. 33, p. 1-9, 2013.

KUTNER, N. G. *et al.* Quality-of-life change associated with robotic-assisted therapy to improve hand motor function in patients with subacute stroke: a randomized clinical trial. **Physical Therapy**, v. 90, n. 4, p. 493–504, 2010.

LAMPE, R. *et al.* Lung vital capacity and oxygen saturation in adults with cerebral palsy. **Patient Prefer Adherence**, v. 9, n. 8, p. 1691-7, 2014.

LAMPL, Y. *et al.* Infrared laser therapy for ischemic stroke: a new treatment strategy: results of the NeuroThera Effectiveness and Safety Trial-1 (NEST-1). **Stroke**, v. 38, n. 6, p. 1843-9, 2007.

LANCE J. W. **Spasticity**: Disordered Motor Control. Chicago: Year Book Medical Publishers, 1980. 485–94 p.

LARSEN, L. H. *et al.* Corticomuscular coherence in the acute and subacute phase after stroke. **Clin Neurophysiol.**, v. 128, n. 11, p. 2217-2226, 2017.

LEDDY, J. J. *et al.* Exercise is Medicine for Concussion. **Curr Sports Med Rep.**, v. 17, n. 8, p. 262-270, 2018.

LEIBSON, C. L. *et al.* Incidence of traumatic brain injury across the full disease spectrum: A population-based medical record review study. **Epidemiology**, v. 22, n. 6, p. 386-844, 2011.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2010. 786 p.

LEVY, J. *et al.* Does botulinum toxin treatment improve upper limb active function? **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**. p. 1-7, 2018.

LI, S. *et al.* A Unifying Pathophysiological Account for Post-stroke Spasticity and Disordered Motor Control. **Front Neurol.**, v.10, p. 468, 2019.

LIAW, M.Y. *et al.* Respiratory muscle training in stroke patients with respiratory muscle weakness, dysphagia, and dysarthria - a prospective randomized trial. **Medicine**, v. 99, n. 10, p. e19337, 2020.

LIMA, F. P.S. *et al.* fMRI of the sensorimotor cortex in patients with traumatic brain injury after intensive rehabilitation. **Neurological Sciences**, v. 32, p. 633-639, 2011.

LIN, S. I. *et al.* Biomechanical assessments of the effect of visual feedback on cycling for patients with stroke. **J Electromyogr Kinesiol.**, v. 22, n. 4, p. 582-8, 2012.

LIU, J.; ZHANG, J.; WANG, L.N. Gamma aminobutyric acid (GABA) receptor agonists for acute stroke. **Cochrane Database Syst Rev.**, v.10, n. 10, p. CD009622, 2018.

LOPES-MARTINS, R. A. B.; MAFRA, F. P.; NUCCI, G. Laser Therapy and Muscle Fatigue: A Promising Research Area. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 34, n. 7, p. 273-275, 2016.

LOPES-MARTINS, R. A. B. *et al.* Photobiomodulation: Inhibition or Resolution of the Inflammatory Process? **Photobiomodul Photomed Laser Surg.**, v. 38, p. 453-454, 2020.

LORENZ, L. S. *et al.* Healthy body, healthy mind: A mixed methods study of outcomes, barriers and supports for exercise by people who have chronic moderate-to-severe acquired brain injury. **Disabil Health J.**, v. 11, n. 1, p. 70-78, 2018.

LUNDELL, R. V. *et al.* Diving Responses in Experienced Rebreather Divers: Short-Term Heart Rate Variability in Cold Water Diving. **Front Physiol.**, v.12, p. 649319, 2021.

MACCHIAVELLI, A. *et al.* Reliability of the six-minute walk test in individuals with stroke: systematic review and meta-analysis. **Neurol. Sci.**, v. 42, n. 1, p. 81-87, 2021.

MAGNONI, S. *et al.* Lack of improvement in cerebral metabolism after hyperoxia in severe head injury: a microdialysis study. **J. Neurosurg.**, v. 98, n. 5, p. 952–958, 2003.

MAIA, B. G. *et al.* Clinical-Epidemiological Profile of Events for Traumatic Brain Injury. **Rev Neurocienc.**, v. 21, n. 1, p. 43-52, 2013.

MARMAROU, A. *et al.* Predominance of cellular edema in traumatic brain swelling in patients with severe head injuries. **J. Neurosurg.**, v. 104, n. 5, p. 720-730, 2006.

MARTINEZ, E. Z. **Bioestatística para os Cursos de Graduação da Área da Saúde.** São Paulo: Blücher, 2015.

MARTINS, S. C. O. *et al.* Guidelines for acute ischemic stroke treatment – Part II: Stroke treatment. **Arq. Neuropsiquiatr.**, v. 70, n. 11, p. 885-893, 2012.

MARTINS-PINGE, M. C. Cardiovascular and autonomic modulation by the central nervous system after aerobic exercise training. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 44, n. 9, p. 848–854, 2011.

MATHAI, S. C. *et al.* The minimal important difference in the 6-minute walk test for patients with pulmonary arterial hypertension. **Am J Respir Crit Care Med.**, v. 186, n. 5, p. 428-33, 2012.

MENON, D. K. *et al.* Position statement: definition of traumatic brain injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 11, p. 1637-1640, 2010.

MICHELSEN, S. I. *et al.* Social integration of adults with cerebral palsy. **Developmental medicine and child neurology**, v. 48, n. 8, p. 643-649, 2006.

MOSSBERG, K, A.; FORTINI, E. Responsiveness and validity of the six-minute walk test in individuals with traumatic brain injury. **Phys Ther.**, v. 92, n. 5, p. 726-33, 2012.

MUNARI, D. *et al.* High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂ peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. **Eur J Phys Rehabil Med.**, v. 54, n. 3, p. 408-418, 2018.

MUSSI, R. K. *et al.* Exercise training reduces pulmonary ischaemia-reperfusion-induced inflammatory responses. **Eur Respir J.**, v. 31, n. 3, p. 645-9, 2008.

NAESER, M. A. *et al.* Improved cognitive function after transcranial, light-emitting diode treatments in chronic, traumatic brain injury: two case reports. **Photomed Laser Surg.**, v. 29, n. 5, p. 351-8.

NALYSNYK, L. *et al.* OnabotulinumtoxinA muscle injection patterns in adult spasticity: a systematic literature review. **BMC Neurol.**, v. 13, p. 118, 2013.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **J Pneumol.**, v. 28, supl. 3, 2002.

NEDER, J. *et al.* Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res.**, v. 32, n. 6, p. 719-27, 1999.

NEGRÃO, C. E. *et al.* **Cardiologia do exercício: do atleta ao cardiopata.** 4. ed. Barueri: Monole, 2019. 836 p.

NEVES, M. F. **Efeito da terapia laser de baixa intensidade sobre a atividade do músculo espástico submetido à terapia robótica.** 2017. 87f. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) –Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2017.

NEVES, M. F. *et al.* Effects of low-level laser therapy (LLLT 808 nm) on lower limb spastic muscle activity in chronic stroke patients. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 7, p. 1293-1300, 2016.

NEVES, M. F. *et al.* Long-term analyses of spastic muscle behavior in chronic poststroke patients after near-infrared low-level laser therapy (808 nm): a double-blinded placebo-controlled clinical trial. **Lasers Med Sci.**, v. 35, n. 7, p. 1459-1467, 2020.

NIZAMUTDINOV, D. *et al.* Transcranial near-infrared light in treatment of neurodegenerative diseases. **Front Pharmacol.** v.13, p.965788, 2022.

NUNAN, D.; SANDERCOCK, G. R.; BRODIE, D. A. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. **Pacing Clin Electrophysiol.**, v. 33, n. 11, p. 1407-17, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, J. *et al.* Guidelines for acute ischemic stroke treatment – Part I. **Arq. Neuropsiquiatr.**, v. 70, n. 8, p. 621-629, 2012.

PANDYA, R. S. *et al.* Central Nervous System Agents for Ischemic Stroke: Neuroprotection Mechanisms. **Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry**, v. 11, n. 2, p. 81–97, 2011.

PAOLILLO, F. R. *et al.* Low-level laser therapy associated with high intensity resistance training on cardiac autonomic control of heart rate and skeletal muscle remodeling in wistar rats. **Lasers Surg Med.**, v. 46, n. 10, p. 796-803, 2014.

PATEL, R. A. G.; MCMULLEN, P. W. Neuroprotection in the Treatment of Acute Ischemic Stroke. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 59, n. 6, p. 542-548, 2017.

PENTTILÄ, J. *et al.* Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. **Clin Physiol.**, v. 21, n. 3, p. 365-76, 2001.

PEREIRA, C.A.C. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar – Espirometria. **J. Pneumol**, v. 28, supl. 3, p. S1-S82, 2002.

PONTES-NETO, O. M. *et al.* Intracerebral hemorrhage: Brazilian guidelines, **Arq. Neuropsiquiatr.**, v. 67, n. 3B, p. 940-950, 2009.

PRINS, M. *et al.* The pathophysiology of traumatic brain injury at a glance. **Dis. Model. Mech.**, v. 6, n. 6, p. 1307-1315, 2013.

PUHAN, M. A. *et al.* The minimal important difference of exercise tests in severe COPD. **Eur Respir J.**, v. 37, n.4, p. 784-90, 2011.

RAIMUNDO, R. D. *et al.* Heart rate variability in stroke patients submitted to an acute bout of aerobic exercise. **Transl Stroke Res.**, v. 4, n. 5, p. 488-99, 2013.

REIS, M. C. *et al.* Immediate effects of low-intensity laser (808 nm) on fatigue and strength of spastic muscle. **Lasers Med Sci.**, v. 30, n. 3, p.1089-96, 2015.

ROY, B.; GHATAK, S. Nonlinear methods to assess changes in heart rate variability in type 2 diabetic patients. **Arq Bras Cardiol.**, v. 101, n. 4, p. 317-27, 2013.

RYAN, J. M. *et al.* Exercise interventions for cerebral palsy. **Cochrane Database Syst Rev.**, v. 6, n. 6, 2017.

SAHOO, T. K.; MAHAPATRA, A.; RUBAN, N. Stress Index Calculation and Analysis based on Heart Rate Variability of ECG Signal with Arrhythmia. **Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)**, p. 1-7, 2019.

SÁINZ-PELAYO, M. P. *et al.* Spasticity in neurological pathologies. An update on the pathophysiological mechanisms, advances in diagnosis and treatment. **Rev Neurol**, v. 70, n. 12, p. 453-460, 2020.

SALEHPOUR, F. *et al.* Brain Photobiomodulation Therapy: a Narrative Review. **Mol Neurobiol.**, v. 55, n. 8, p. 6601-6636, 2018.

SAMUELS, M. A. The Brain–Heart Connection. **Circulation**, v. 116, n. 1, p. 77-84, 2007.

SANTOS, M. T. B. R. *et al.* Efficacy of photobiomodulation therapy on masseter thickness and oral health-related quality of life in children with spastic cerebral palsy. **Lasers Med Sci.**, v. 32, n. 6, p. 1279-1288, 2017.

SCHIFFER, F. *et al.* Psychological benefits 2 and 4 weeks after a single treatment with near infrared light to the forehead: a pilot study of 10 patients with major depression and anxiety. **Behavioral and Brain Functions**, v. 5, n. 46, p. 1-13, 2009.

SHAW, L.; BAGHA, S. Online EMG signal analysis for diagnosis of neuromuscular diseases by using PCA and PNN. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 4, n. 10, p. 4453-4459, 2012.

SIENKO, S. E. An exploratory study investigating the multidimensional factors impacting the health and well-being of young adults with cerebral palsy. **Disabil. Rehabil.**, v. 40, n. 6, p. 660-666, 2018.

SIMIŁOWSKI, T. *et al.* Impairment of central motor conduction to the diaphragm in stroke. **Am J Respir Crit Care Med.**, v. 154, n. 2, p. 436-41, 1996.

SMITH, D. H.; HICKS, R.; POVLISHOCK, J. T. Therapy development for diffuse axonal injury. **Journal of neurotrauma**, v. 30, n. 5, p. 307-23, 2013.

SONG, J. Z. *et al.* Physical Performance Outcome Measures Used in Exercise Interventions for Adults with Childhood-onset Disabilities: A Scoping Review. **NeuroRehabilitation**, v. 47, p. 359–380, 2020.

SOUZA, R. B. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar – Pressões respiratórias estáticas máximas. **J. Pneumol**, v. 28, supl. 3, p. S155-S165, 2002.

SPOSATO, L. A. *et al.* World Stroke Organisation Brain & Heart Task Force. Post-Stroke Cardiovascular Complications and Neurogenic Cardiac Injury: JACC State-of-the-Art Review. **J Am Coll Cardiol.**, v. 76, n. 23, p. 2768-2785, 2020.

SUNG, P. S.; O'SULLIVAN, E.; PARK, M. S. The reaction times and symmetry indices in the bilateral trunk and limb muscles in control subjects and subjects with low back pain that persisted two months or longer. **Eur Spine J.**, v. 30, n. 10, p. 2975-2982, 2021.

SYNNOT, A. *et al.* Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. **Cochrane Database Syst Rev.**, v. 11, n. 11, p. CD008929, 2017.

TAI, C. T.; CHENG, Y. Y.; CHANG, S. T. Top-Down Redistribution of Brain Circulation from Thalamus to Cerebellum in Response to Intravenous Laser Irradiation of Blood in Case of Chronic Cerebellar Stroke: Pilot Observation from Brain Images. **Journal of Physical Medicine Rehabilitation & Disabilities**, v.6, p.054, 2020.

TAJDINI, H. *et al.* Association between Kinesiophobia and Gait Asymmetry after ACL Reconstruction: Implications for Prevention of Reinjury. **Int J Environ Res Public Health**. v. 18, n. 6, p. 3264, 2021.

TANJI, J.; EVARTS, E. V. Anticipatory activity of motor cortex neurons in relation to direction of an intended movement. **J. Neurophysiol.**, v. 39, n. 5, p. 1062-8, 1976.

TARICCO, M. *et al.* National Consensus Conference. The rehabilitation management of traumatic brain injury patients during the acute phase: criteria for referral and transfer from intensive care units to rehabilitative facilities. **Eura Medicophys.**, v. 42, n. 1, p. 73-84, 2006.

THUNSHELLE, C.; HAMBLIN, M. R. Transcranial Low-Level Laser (Light) Therapy for Brain Injury. **Photomed Laser Surg.**, v. 34, n. 12, p. 587-598, 2016.

TOMÉ, R. F. F. *et al.* ILIB (intravascular laser irradiation of blood) as an adjuvant therapy in the treatment of patients with chronic systemic diseases-an integrative literature review. **Lasers Med Sci.**, v. 35, n. 9, p. 1899-1907, 2020.

TROMBETTA, I. C. *et al.* Níveis Séricos do BDNF na Proteção Cardiovascular e em Resposta ao Exercício. **Arq Bras Cardiol.**, v. 115, n. 2, p. 263–9, 2020.

TROMPETTO, C. *et al.* Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. **Biomed Res Int.**, v. 2014, p. 1-8, 2014.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- USP. **Testes de Tendência Central.** Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3832949/mod_resource/content/3/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20testes%20de%20hip%C3%B3teses.pdf. Acesso em: 01 fev. 2023.

UNTERBERG, A. W. *et al.* Edema and brain trauma. **Neuroscience.**, v. 129, n. 4, p. 1021–1029, 2004.

VANDERBEKEN, I.; KERCKHOFS, E. A systematic review of the effect of physical exercise on cognition in stroke and traumatic brain injury patients. **NeuroRehabilitation**, v. 40, n. 1, p. 33-48, 2017.

VANDERLEI, L. C. *et al.* Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. **Rev Bras Cir Cardiovasc.** v. 24, n. 2, p. 205-17, 2009.

VELLA, M. A.; CRANDALL, M. L.; PATEL, M. B. Acute Management of Traumatic Brain Injury. **The Surgical clinics of North America**, v. 97, n. 5, p. 1015-1030, 2017.

VERSCHUREN, O. *et al.* Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol.**, v. 58, n. 8, p. 798-808, 2016.

WANG, X. *et al.* Transcranial photobiomodulation and thermal stimulation induce distinct topographies of EEG alpha and beta power changes in healthy humans. **Sci. Rep.**, v. 11, p.18917, 2021. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97987-w>.

WARE, J. E.; SHERBOURNE. C. D. The MOS 36-item short health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. **Medical Care**, v. 30, n. 6, p. 473-483, 1992.

WINSTEIN, C. J. *et al.* Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. **Stroke**, v. 47, n. 6, p. e98-e169, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Top 10 causes of death**. 2020a. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Acesso em: 30 maio 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance**. Geneva: World Health Organization, 2020b. Disponível em: [who.int/publications/i/item/9789240014886](https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886). Acesso em: 05 fev. 2023.

XUAN, W. *et al.* Transcranial low-level laser therapy enhances learning, memory, and neuroprogenitor cells after traumatic brain injury in mice. **J. Biomed. Opt.**, v. 19, n. 10: 108003, 2014.

YANG, W. H.; LIN, S. P.; CHANG, S. T. Case report: Rapid improvement of crossed cerebellar diaschisis after intravascular laser irradiation of blood in a case of stroke. **Medicine**, v. 96, n. 2, p. e5646, 2017.

YIN, M. *et al.* Effects of rTMS Treatment on Cognitive Impairment and Resting-State Brain Activity in Stroke Patients: A Randomized Clinical Trial. **Front Neural Circuits.**, v. 14, p. 563777, 2020.

ZHANG, E.; LIAO, P. Brain-derived neurotrophic factor and post-stroke depression. **J. Neurosci Res.**, v. 98, n. 3, p. 537-548, 2020.

ZIAKA, M.; EXADAKTYLOS, A. Brain-lung interactions and mechanical ventilation in patients with isolated brain injury. **Crit Care.**, v. 25, n. 1, p. 358, 2021.

ZUBAC, D. *et al.* Independent influence of age on heart rate recovery after flywheel exercise in trained men and women. **Sci Rep.**, v.11, n. 1, p. 12011, 2021.

ANEXO A - COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REABILITAÇÃO SENSORIO-MOTORA E CARDIORRESPIRATÓRIA ASSOCIADA A LASERTERAPIA TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Pesquisador: ANA PAULA PINTO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 04858718.3.0000.5503

Instituição Proponente: Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.879.764

Apresentação do Projeto:

O projeto se refere a uma pesquisa de natureza aplicada, na área da fisioterapia, que será realizado no Centro de Práticas Supervisionadas da FCS-Univap, visando à reabilitação sensorio motora e cardiorrespiratória por meio de exercícios aeróbios e da laserterapia, com a hipótese de que o laser de baixa intensidade aumente o desempenho na atividade física das pessoas com lesões no sistema nervoso central, por atuar no tecido nervoso desencadeando efeitos positivos periféricamente. O design do estudo é um ensaio randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, devidamente justificado, e com a amostra de 90 participantes da pesquisa.

Objetivo da Pesquisa:

A definição dos objetivos determina o que se quer atingir com a realização da pesquisa: "Avaliar os efeitos da laserterapia transcraniana e dos parâmetros relacionados a função do sistema musculoesquelético e cardiorrespiratório, por meio de um programa de reabilitação e treinamento para pessoas com mobilidade reduzida."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos foram descritos corretamente, bem como a forma de minimizá-los. Assim também foram apresentados benefícios para os participantes da pesquisa e para a coletividade.

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911
 Bairro: Urbanova CEP: 12.244-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS
 Telefone: (12)3947-1111 Fax: (12)3947-1149 E-mail: cep@univap.br

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 2.879.764

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é de grande relevância social e está bem fundamentada na literatura, assim como os instrumentos de avaliação que serão utilizados para medir os parâmetros relacionados às funções cardiorrespiratórias e sensório-motoras. O cronograma também apresenta as etapas que serão realizadas e a duração das mesmas adequadamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foi apresentada a declaração da diretora da FCS autorizando a realização do projeto nas dependências da clínica escola de fisioterapia. E, também a declaração do Coordenador do curso de Fisioterapia da UNIVAP autorizando, a realização de contato telefônico com os pacientes da lista de espera e dos prontuários arquivados da Clínica para o recrutamento de participantes da pesquisa. Os questionários que serão utilizados foram apresentados em anexo ao projeto completo.

Recomendações:

Todas as pendências foram solucionadas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências foram solucionadas. Sendo assim o projeto está passível de realização, não tendo mais nenhuma inadequação.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP-Univap alerta que, segundo a Resolução 466/12 (item XI), cabe ao pesquisador "elaborar e apresentar os relatórios parciais e final", sendo esta uma responsabilidade "indelével e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais". A Resolução 510/16, no art. 28, V, reforça que cabe ao pesquisador "apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção."

Segundo a carta circular n. 0226/CONEP/CNS, de 2010, o relatório final deve incluir:

- Dados do projeto: Registro CONEP e

- Título do Projeto e Dados dos participantes: total de participantes recrutados, incluídos, selecionados, excluídos, retirados/descontinuados, concluintes (em cada centro, se for o caso, e no total). Ocorrendo participantes retirados/descontinuados, indicar principais razões disto. Ocorrendo "eventos sérios", indicar as condutas adotadas. Se houve pedido de indenização por danos causados por este estudo, indicar qual o dano e conduta tomada.

Endereço: Av. Shishima Hitomi, 2911
 Bairro: Urbanova CEP: 12.244-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS
 Telefone: (12)3947-1111 Fax: (12)3947-1149 E-mail: cep@univap.br

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 2.879.764

CEP-Univap - (12) 3947-1111 - <http://web.univap.br/cep/>

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1188758.pdf	20/08/2018 21:32:56		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARACAO_ProfMario.pdf	20/08/2018 21:29:03	ANA PAULA PINTO	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.pdf	20/08/2018 21:28:39	ANA PAULA PINTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_NOVO.pdf	20/08/2018 21:28:01	ANA PAULA PINTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_com_ajustes.pdf	20/08/2018 21:27:39	ANA PAULA PINTO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARACAO.pdf	26/07/2018 11:30:39	ANA PAULA PINTO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_cep.pdf	26/07/2018 11:23:33	ANA PAULA PINTO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO JOSE DOS CAMPOS, 06 de Setembro de 2018

Assinado por:
Mauricio Martins Alves
(Coordenador)

Endereço: Av. Shishima Hitomi, 2911
 Bairro: Urbanova CEP: 12.244-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS
 Telefone: (12)3947-1111 Fax: (12)3947-1149 E-mail: cep@univap.br

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: REABILITAÇÃO SENSÓRIO-MOTORA E CARDIORRESPIRATÓRIA ASSOCIADA A LASERTERAPIA TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL,

Pesquisadores Responsáveis: Prof, Dr, Mário Oliveira Lima e Prof, Dr, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins,

Equipe executora: Fisioterapeutas Ana Paula Pinto e Carolina Lobo Guimarães,

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Universidade do Vale do Paraíba (Univap), Faculdade de Ciências e Saúde (FCS) e Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D),

Telefones para contato: (12) 3947-1086/(12) 98158-5874/ (12) 98826-2896

Nome do voluntário: _____

Idade: _____ **R,G,** _____ **CPF:** _____

Endereço: _____

Telefones para contato: _____

O (A) Sr, (a) _____ está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa tendo como título “REABILITAÇÃO SENSÓRIO-MOTORA E CARDIORRESPIRATÓRIA ASSOCIADA A LASERTERAPIA TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL,”, de responsabilidade dos pesquisadores Prof, Dr, Mário Oliveira Lima e Prof, Dr, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins,

Esta pesquisa se justifica uma vez que outros estudos já demonstraram benefícios para as pessoas que realizam atividades aeróbias, Portanto, o principal objetivo deste trabalho será avaliar a ativação muscular, equilíbrio, condicionamento cardiorrespiratório e qualidade de vida, através de um programa de reabilitação e treinamento para pessoas com mobilidade reduzida,

O voluntário será submetido a 4 avaliações: Antes de iniciar a reabilitação, após a 9ª sessão, ao final da reabilitação e após 2 meses do término do tratamento, Serão realizados coletas dos sinais vitais, testes pulmonares, fadiga (lactato sanguíneo), tolerância ao exercício, teste de avaliação cognitiva e questionário de qualidade de

vida, A coleta de lactato sanguíneo pela gotícula sanguínea será feita com uma pequena perfuração na ponta de um dos dedos da mão, realizada com auxílio de agulha descartável, pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório-Motora (UNIVAP), Todas as medidas de higienização e segurança serão utilizadas durante todo o teste, incluindo a utilização de luvas descartáveis pelo pesquisador, Estes testes não causam dor e eventualmente apenas um leve cansaço poderá ser sentido,

O processo de reabilitação será de aproximadamente 2 meses de tratamento, 2x por semana, com cerca de 1 hora cada sessão, e no mínimo 24 horas de intervalo entre elas, Este estudo será realizado no Centro de Práticas Supervisionadas e no Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora, na Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), situado a Av, Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, blocos 7 e 9,

Durante a reabilitação, pode ocorrer leve cansaço, alterações anormais dos sinais vitais, queda da oxigenação e mínimo risco de queda, Mas, serão tomadas medidas para minimizar estes riscos e tornar a terapia mais segura possível, e se caso acontecer alguma intercorrência, os responsáveis pelo estudo irão prestar assistência integral aos voluntários, Sendo assim, o voluntário poderá interromper as sessões ou se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo do acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos,

Caso seja necessário, o voluntário será socorrido pela ambulância do SAMU da cidade de São José dos Campos e encaminhado para o hospital municipal Dr, José de Carvalho Florence de São José dos Campos, a saber, Hospital da Vila Industrial, onde receberá assistência médica pelo SUS,

Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa,

Fui também esclarecido (a) de que minhas informações oferecidas estarão submetidas às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, Minha colaboração se fará de forma anônima, por meio de coleta de dados respiratórios, O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelas pesquisadoras e/ou seus orientadores, Atesto o recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), Fui

informado, ainda, de que a pesquisa é coordenada e orientada pelos professores Prof, Dr, Mário Oliveira Lima e Prof, Dr, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins a quem poderei contatar / consultar a qualquer momento que julgar necessário e para assistência e/ou sanar eventuais dúvidas acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa ou com o tratamento individual através dos telefones nº 3947-1086 ou e-mail apaula@outlook.com,br/caroll,guimaraes@yahoo.com,br ou pessoalmente na Av, Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, bloco 07- de segunda a sexta feira, 8h- 17h, Este protocolo de pesquisa foi aprovado pelo CEP onde o mesmo é co-responsável por garantir e zelar pelos direitos do sujeito da pesquisa-cujo os dados para contato são: Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba- Univap, pelo telefone (12) 3947-1111, ou pessoalmente na Av, Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, bloco 11- Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento II, sala 19, de segunda a sexta feira, 8h- 12h e 13h-17h,

Eu, _____, RG nº _____ fui informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito,

São José dos Campos, _____ de _____ de _____

Nome e assinatura do paciente

Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

Testemunha

Testemunha

ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE QUALIDADE DE VIDA SF-36

1- Em geral você diria que sua saúde é:

Excelente	Muito Boa	Boa	Ruim	Muito Ruim
1	2	3	4	5

2- Comparada há um ano, como você se classificaria sua idade em geral, agora?

Muito Melhor	Um Pouco Melhor	Quase a Mesma	Um Pouco Pior	Muito Pior
1	2	3	4	5

3- Os seguintes itens são sobre atividades que você poderia fazer atualmente durante um dia comum, Devido à sua saúde, você teria dificuldade para fazer estas atividades? Neste caso, quando?

Atividades	Sim, dificulta muito	Sim, dificulta um pouco	Não, não dificulta de modo algum
a) Atividades Rigorosas, que exigem muito esforço, tais como correr, levantar objetos pesados, participar em esportes árduos,	1	2	3
b) Atividades moderadas, tais como mover uma mesa, passar aspirador de pó, jogar bola, varrer a casa,	1	2	3
c) Levantar ou carregar mantimentos	1	2	3
d) Subir vários lances de escada	1	2	3
e) Subir um lance de escada	1	2	3
f) Curvar-se, ajoelhar-se ou dobrar-se	1	2	3
g) Andar mais de 1 quilômetro	1	2	3
h) Andar vários quarteirões	1	2	3
i) Andar um quarteirão	1	2	3
j) Tomar banho ou vestir-se	1	2	3

4- Durante as últimas 4 semanas, você teve algum dos seguintes problemas com seu trabalho ou com alguma atividade regular, como consequência de sua saúde física?

	Sim	Não
a) Você diminui a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b) Realizou menos tarefas do que você gostaria?	1	2
c) Esteve limitado no seu tipo de trabalho ou a outras atividades,	1	2
d) Teve dificuldade de fazer seu trabalho ou outras atividades (p, ex, necessitou de um esforço extra),	1	2

5- Durante as últimas 4 semanas, você teve algum dos seguintes problemas com seu trabalho ou outra atividade regular diária, como consequência de algum problema emocional (como se sentir deprimido ou ansioso)?

	Sim	Não
a) Você diminui a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b) Realizou menos tarefas do que você gostaria?	1	2
c) Não realizou ou fez qualquer das atividades com tanto cuidado como geralmente faz,	1	2

6- Durante as últimas 4 semanas, de que maneira sua saúde física ou problemas emocionais interferiram nas suas atividades sociais normais, em relação à família, amigos ou em grupo?

De forma nenhuma	Ligeiramente	Moderadamente	Bastante	Extremamente
1	2	3	4	5

7- Quanta dor no corpo você teve durante as últimas 4 semanas?

Nenhuma	Muito leve	Leve	Moderada	Grave	Muito grave
1	2	3	4	5	6

8- Durante as últimas 4 semanas, quanto a dor interferiu com seu trabalho normal (incluindo o trabalho dentro de casa)?

De maneira alguma	Um pouco	Moderadamente	Bastante	Extremamente
1	2	3	4	5

9- Estas questões são sobre como você se sente e como tudo tem acontecido com você durante as últimas 4 semanas, Para cada questão, por favor dê uma resposta que mais se aproxime de maneira como você se sente, em relação às últimas 4 semanas,

	Todo Tempo	A maior parte do tempo	Uma boa parte do tempo	Alguma parte do tempo	Uma pequena parte do tempo	Nunca
a) Quanto tempo você tem se sentindo cheio de vigor, de vontade, de força?	1	2	3	4	5	6
b) Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa muito nervosa?	1	2	3	4	5	6
c) Quanto tempo você tem se sentido tão deprimido que nada pode anima-lo?	1	2	3	4	5	6
d) Quanto tempo você tem se sentido calmo ou tranqüilo?	1	2	3	4	5	6
e) Quanto tempo você tem se sentido com muita energia?	1	2	3	4	5	6
f) Quanto tempo você tem se sentido desanimado ou abatido?	1	2	3	4	5	6
g) Quanto tempo você tem se sentido esgotado?	1	2	3	4	5	6
h) Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa feliz?	1	2	3	4	5	6
i) Quanto tempo você tem se sentido cansado?	1	2	3	4	5	6

10- Durante as últimas 4 semanas, quanto de seu tempo a sua saúde física ou problemas emocionais interferiram com as suas atividades sociais (como visitar amigos, parentes, etc)?

Todo Tempo	A maior parte do tempo	Alguma parte do tempo	Uma pequena parte do tempo	Nenhuma parte do tempo
1	2	3	4	5

11- O quanto verdadeiro ou falso é cada uma das afirmações para você?

	Definitivamente e verdadeiro	A maioria das vezes verdadeiro	Não sei	A maioria das vezes falso	Definitivamente falso
a) Eu costumo obedecer um pouco mais facilmente que as outras pessoas	1	2	3	4	5
b) Eu sou tão saudável quanto qualquer pessoa que eu conheço	1	2	3	4	5
c) Eu acho que a minha saúde vai piorar	1	2	3	4	5
d) Minha saúde é excelente	1	2	3	4	5

APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO

“Sensory-motor and cardiorespiratory sensory rehabilitation associated with transcranial photobiomodulation in patients with central nervous system injury”

Study Protocol Clinical Trial

Medicine®

OPEN

Sensory-motor and cardiorespiratory sensory rehabilitation associated with transcranial photobiomodulation in patients with central nervous system injury

Trial protocol for a single-center, randomized, double-blind, and controlled clinical trial

Ana Paula Pinto, BPT^a, Carolina Lobo Guimarães, BPT^a, Gabriela Aparecida da Silveira Souza, BPT^a, Patrícia Sardinha Leonardo, PhD^a, Marcele Florêncio das Neves, PhD^a, Fernanda Pupio Silva Lima, PhD^a, Mário Oliveira Lima, PhD^a, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins, PhD^{a,b,*}

Abstract

Background: Central nervous system diseases such as stroke, spinal cord injury, traumatic brain injury, and multiple sclerosis can be fatal or cause sequelae, affecting sensorimotor and cardiorespiratory systems and quality of life. These subjects present a low response to aerobic and resistance exercise, due to decreased recruitment of muscle fibers and reduction of metabolic capacity. Aerobic exercises bring benefits in terms of fatigue retardation, gait improvement, regulation of the autonomic nervous system, neuroprotection of the brain, stimulation of the production of endogenous neurotransmitters related to general well-being, and a favoring of neuroplasticity. Photobiomodulation (PBM Therapy) (previously known as low-level laser therapy), and especially transcranial PBM Therapy, has shown benefits in animals and humans such as cognitive improvement, memory, and behavioral improvement, including attenuation of depression and anxiety, and increased cortical oxygenation. The aims of this trial will be to evaluate the parameters related to the function of the musculoskeletal and cardiorespiratory system and the impact of PBM therapy on these parameters, as part of a rehabilitation and training program for people with reduced mobility.

Methods: This is a randomized, double-blind, placebo-controlled trial with 3 groups: Control, only cardiorespiratory rehabilitation (CCR), CCR with PBM Therapy (CR-PBM), CCR and placebo PBM Therapy (CR-PlaceboPBM). n=90, 30 per group. PBM Therapy parameters: 810nm laser, 0.028cm², 100mW, 3.5W/cm², 30seconds per point, 3J per point, 107.1J /cm² to 3 electroencephalogram points F7 and F8 and AFz. The trial will be conducted at the University Clinics and the sessions will be 1 hour twice a week for 9 weeks. Baseline, intermediate (4th week), final (9th week), and 2-month follow-up will be performed. Muscular activation, heart rate variability, lung volumes and capacities, fatigability, exercise tolerance, cognition, and quality of life at baseline will be evaluated. Subsequent to baseline evaluations, the PBM Therapy groups will be offered laser therapy (active or inactive); all groups will then receive CCR.

Trial registration number: *ClinicalTrials.gov* ID - NCT03751306 (approval date: November 22, 2018).

APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO

“Comparative assessment of distance covered, lung function and quality of life after cardiorespiratory rehabilitation with and without transcranial photobiomodulation in individuals with spasticity – Pilot study”

Research, Society and Development, v. 11, n. 14, e155111435944, 2022
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11n14.35944>

Avaliação comparativa da distância percorrida, da função pulmonar e da qualidade de vida após reabilitação cardiorrespiratória com e sem fotobiomodulação transcraniana em indivíduos com espasticidade – Estudo piloto

Comparative assessment of distance covered, lung function and quality of life after cardiorespiratory rehabilitation with and without transcranial photobiomodulation in individuals with spasticity – Pilot study

Evaluación comparativa de distancia recorrida, función pulmonar y calidad de vida tras rehabilitación cardiorrespiratoria con y sin fotobiomodulación transcranial en individuos con espasticidad – Estudio piloto

Recebido: 29/09/2022 | Revisado: 16/10/2022 | Aceitado: 18/10/2022 | Publicado: 22/10/2022

Ana Paula Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4433-4152>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: apaula@outlook.com.br

Sérgio Luiz Lemos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-8611>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: lemossl@uol.com.br

Alessandra de Almeida Fagundes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9601-7709>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: alefa@univap.br

Rodrigo Álvaro Brandão Lopes-Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4533-1335>
Universidade Evangélica de Goiás, Brasil
E-mail: ralopesmartins@gmail.com

Marcele Florência das Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-9443>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: marcele2703@gmail.com

Fernanda Pupio Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: fpupio@univap.br

Mário Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: mol@univap.br

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da reabilitação cardiorrespiratória (RC) isolada e associada a fotobiomodulação transcraniana (Ft) na distância percorrida (DP), função pulmonar e qualidade de vida de indivíduos com espasticidade. Os participantes foram alocados em dois grupos: Grupo fotobiomodulação transcraniana (GF, RC + Ft ativa, n=8) e Grupo placebo (GP, RC + Ft simulada, n=7). A RC consistiu em 12 semanas de tratamento, 2x semana por 1 hora, incluindo exercícios aeróbicos, respiratórios e resistidos de membros inferiores. Para Ft utilizou-se o cluster de laser ($\lambda=680$ nm e 3 Lasers no $\lambda=808$ nm, energia total de 36 J/ponto) nos pontos F7, F8, AFz. Foram avaliadas a DP, espirometria, manovacuometria e SF-36 na avaliação basal e reavaliação com 8 e 12 semanas. A DP aumentou em 165,43 metros e 222,46m em 12 semanas para GF e GP, respectivamente, com diferenças estatísticas intragrupos ($p<0,05$) e sem diferença intergrupos ($p>0,05$). Observou-se aumento no índice pico de fluxo expiratório apenas no GF na análise basal x12 semanas ($p<0,05$). O GF apresentou aumento da P1max e PEmax em 20% (8 semanas) e 15% (12 semanas). No SF-36, a diferença em relação ao basal, verificou-se os domínios aspectos físicos e dor para o GF comportamento de crescimento, e para o GP de decréscimo. Concluiu-se que a DP melhorou no GF e

APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO

“Transcranial photobiomodulation therapy associated with cardiorespiratory rehabilitation in spastic subjects”

Lasers in Medical Science (2023) 38:249
<https://doi.org/10.1007/s10103-023-03922-y>

ORIGINAL ARTICLE



Transcranial photobiomodulation therapy associated with cardiorespiratory rehabilitation in spastic subjects

Ana Paula Pinto¹ · Sérgio Luiz Lemos¹ · Alessandra de Almeida Fagundes¹ · Marcele Florêncio das Neves¹ · Rodrigo Álvaro Brandão Lopes-Martins² · Fernanda Pupio Silva Lima¹ · Mário Oliveira Lima¹

Received: 25 July 2023 / Accepted: 24 October 2023
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature 2023

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of cardiorespiratory rehabilitation (CR) and transcranial photobiomodulation (tPBM) on exercise tolerance (ET), heart rate variability (HRV), and peripheral muscle activity in individuals with spasticity. Fifteen participants with spasticity were randomly assigned to two groups: the tPBM group (tPBMG) consisted of eight volunteers who underwent tPBM (on mode) and CR, while the control group (CG) consisted of seven volunteers who underwent simulated tPBM (off mode) and CR. The CR program included 12 weeks of treatment, twice a week for one hour, involving aerobic exercises and lower limb strengthening. For tPBM, a cluster with three lasers ($\lambda = 680$ nm, 808 nm), with a power of 100 mW/laser and energy of 36 J, applied to the F7, F8, and Fpz points. The following parameters were evaluated after 8 and 12 weeks: ET, HRV, and surface electromyography (EMG) of the rectus femoris muscle during orthostasis (ORT), isometric squatting (ISOM), and isotonic squatting (ISOT). Both groups showed a 40% increase in ET for the CG and a 30% increase for the tPBMG. The CG had more pronounced parasympathetic modulation alterations during post-exercise effort and recovery compared to the tPBMG. The EMG results showed that the tPBMG exhibited progressive improvement in muscle activity during ISOM and ISOT, as well as a decrease in the interlimb difference. In conclusion, both CR and tPBMG demonstrated improvements in ET. However, tPBMG specifically showed promising effects on HRV modulation and peripheral muscle electrical activity, providing additional benefits compared to CR alone.

Keywords Spasticity · Cardiorespiratory rehabilitation · Transcranial photobiomodulation therapy · Heart rate variability · Surface electromyography

APÊNDICE E – REGISTRO DE SOFTWARE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

Certificado de Registro de Programa de Computador**Processo Nº: BR512023001270-0**

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 03/01/2023, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: ANALISE DE SINAIS DE ELETROMIOGRAFIA - ASEMG V1.0**Data de publicação:** 03/01/2023**Data de criação:** 07/12/2022**Titular(es):** ANA PAULA PINTO; SERGIO LUIZ LEMOS**Autor(es):** FERNANDA PUPIO SILVA LIMA; MARIO OLIVEIRA LIMA; ANA PAULA PINTO; SERGIO LUIZ LEMOS**Linguagem:** C; MATLAB**Campo de aplicação:** SD-06; SD-09**Tipo de programa:** AP-01; AV-01**Algoritmo hash:** SHA-512**Resumo digital hash:**
ac940c712a090e0b44d89afd9c09f11384691ea9c120cd10ce97aa7f64af7d472e2a1da2d363da9cecc68ac82776593378
127d977643cdd09030c26e815103bb**Expedido em:** 16/05/2023

Aprovado por:
Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO

APÊNDICE F – APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS EM CONGRESSO

XXIV INIC
Encontro Latino Americano de Iniciação Científica

XXI EPG
Encontro Latino Americano de Pós-Graduação

III CONPAT
Congresso de Pós-graduação e Tecnologia

XIV INIC Jr
Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior

XI INID
Encontro Nacional de Iniciação à Docência



SOCIEDADE EM REDE:

EDUCAÇÃO, PESQUISA E DESAFIOS NOS TEMPOS ATUAIS

21, 22 e 23 de outubro de 2020

Evento online
www.inicepg.univap.br

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho intitulado "EFEITOS DA REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR SOBRE A MODULAÇÃO AUTÔNOMICA E TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO DE SUJEITOS ESPÁST" de autoria de Douglas Vinícius de Souza Machado, Ana Paula Pinto, Carolina Lobo Guimarães, Alessandra de Almeida Fagundes, Fernanda Pupio Silva Lima e Mário Oliveira Lima, foi apresentado no XXIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica (XXIV INIC), realizado na Universidade do Vale do Paraíba, nos dias 21, 22 e 23 de outubro de 2020.

São José dos Campos, 23 de outubro de 2020.




 Prof. Dr. Leandro José Raniero
 Pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa

Parceiros:






Realização:





FUNDAÇÃO VALEPARAIBANA DE ENSINO

XXV INIC
Encontro Latino Americano de Iniciação Científica

XXI EPG
Encontro Latino Americano de Pós-Graduação

XV INIC Jr
Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior

XI INID
Encontro Nacional de Iniciação à Docência

III CONPAT
Congresso de Pós-graduação e Tecnologia

II ENEXUN
Encontro Nacional de Extensão Universitária



CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho intitulado "AVALIAÇÃO DOS SINAIS VITAIS E TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO NA PARALISIA CEREBRAL" de autoria de Ana Paula Pinto, Élide Goulart de Abreu, Alessandra de Almeida Fagundes, Rodrigo Álvaro Brandão Lopes-Martins, Fernanda Pupio Silva Lima e Mário Oliveira Lima, foi apresentado no XXI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação (XXI EPG), realizado na Universidade do Vale do Paraíba, nos dias 20, 21 e 22 de outubro de 2021.

São José dos Campos, 22 de outubro de 2021.




 Prof. Dr. Leandro José Raniero
 Pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa

CIÊNCIA, SAÚDE E TECNOLOGIA:
AGENTES DE TRANSFORMAÇÃO E
CONSCIENTIZAÇÃO DA SOCIEDADE

20 A 22 DE OUTUBRO

inicepg.univap.br

Realização:




Apoio:






**APÊNDICE G - TRABALHO PREMIADO NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE –
NO XXIV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

XXIV INIC
XXV EPG
III CONPAT
XIV INICr
X INID



**SOCIEDADE
EM REDE:**
EDUCAÇÃO, PESQUISA E
DESAFIOS NOS TEMPOS ATUAIS

21, 22 e 23 de outubro de 2020

Evento online
www.inicepg.univap.br

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho intitulado "REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR EM ESPÁSTICOS: EFEITOS NO SISTEMA MÚSCULO ESQUELÉTICO E NA QUALIDADE DE VIDA" de autoria de Élide Goulart de Abreu, Kássila Katielle Formigoni, Ana Paula Pinto, Carolina Lobo Guimarães, Fernanda Pupio Silva Lima e Mário Oliveira Lima desenvolvido na instituição Universidade do Vale do Paraíba - Univap foi premiado na área Ciências da Saúde no XXIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica (XXIV INIC), realizado na Universidade do Vale do Paraíba, nos dias 21, 22 e 23 de outubro de 2020.

São José dos Campos, 23 de outubro de 2020.





Prof. Dr. Leandro José Raniero
Pró-reitor de Pós-graduação e Pesquisa

Parceiros:    

Realização:  

APÊNDICE H – APRESENTAÇÃO DE TRABALHO NO SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR DE CARDIOLOGIA DO HOSPITAL PIO XII



**I SIMPÓSIO
MULTIDISCIPLINAR
DE CARDIOLOGIA
DO HOSPITAL PIO XII**
29 de setembro, a partir das 8h,
na UNIVAP Urbanova.
Vamos falar em pontos sobre a arte de cuidar do coração.

CERTIFICADO APRESENTAÇÃO DE TRABALHO

Certificamos que o trabalho **Uso do teste de caminhada de 6 minutos adaptado para a avaliação de tolerância ao exercício em paciente com acidente vascular encefálico: Relato de caso** de autoria de **Ana Paula Pinto, Carolina Lobo Guimarães, Alessandra Almeida Fagundes, Fernanda Pupio Silva Lima, Mário Oliveira Lima** foi apresentado no I Simpósio Multidisciplinar de Cardiologia do Hospital Pio XII realizado no dia 29 de setembro de 2018 na Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP - Campus Urbanova.


Dr. Pedro Augusto Pascoli
Organizador

Apoio:     

Patrocínio:    

Realização: 

APÊNDICE I – APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS NO SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA DO VALE DO PARAÍBA

Verifique o código de autenticidade 2326764.0988798.736475.8.58343106774674531497 em <https://www.even3.com.br/documentos>

 **Univap**
Universidade do Vale do Paraíba

I Simpósio de Engenharia Biomédica do Vale do Paraíba

Avanços Tecnológicos na Área da Saúde

Certificamos que o trabalho intitulado **ANÁLISE DA ATIVIDADE MUSCULAR DE SUJEITOS ESPÁSTICOS** de autoria de Ana Paula Pinto, Sérgio Luiz Lemos, Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins, Fernanda Púpilo Silva Lima e Mario Oliveira Lima, foi aceito para apresentação e publicação nos anais do I Simpósio de Engenharia Biomédica do Vale do Paraíba, realizado na Universidade do Vale do Paraíba.

São José dos Campos, 11 de Novembro de 2022.


Prof. Dr.ª Maiara Lima Castilho
Cordenadora geral do I SEBVaP

ISBN Nº 978-65-88226-08-7

Certificamos que ANA PAULA PINTO, SÉRGIO LUIZ LEMOS, ALESSANDRA DE ALMEIDA FAGUNDES, RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES-MARTINS e os orientadores MÁRIO OLIVEIRA LIMA e FERNANDA PUPIO SILVA LIMA publicaram o trabalho intitulado "INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO AERÓBICO E FOTOBIOMODULAÇÃO TRANSCRANIANA NA MECÂNICA RESPIRATÓRIA DE PESSOAS ESPÁSTICAS" no 2º Simpósio de Engenharia Biomédica realizado na Universidade do Vale do Paraíba, entre os dias 07 e 09 de Novembro de 2023.

São José dos Campos, 09 de Novembro de 2023.


Juliana Ferreira Strixino
Presidente do
II Simpósio de Engenharia Biomédica

       **FVA** FUNDAÇÃO VALEPARAIBANA DE ENSINO

APÊNDICE J – PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSO



XVIII COPATI
Congresso Paulista de Terapia Intensiva
Cursos: 16.08 | Congresso: 17 a 19.08
Campos do Jordão | SP

CERTIFICADO

ANA PAULA PINTO

Participou do XVIII COPATI - CONGRESSO PAULISTA DE TERAPIA, realizado de 17 a 19 de Agosto de 2023, no Centro de Convenções Campos do Jordão, Campos do Jordão - SP, com a carga horária de 25 horas, na qualidade de PARTICIPANTE

Viviane Cordeiro Veiga
Viviane Cordeiro Veiga
Presidente SOPATI - 2022-2023

Flávia Ribeiro Machado
Flávia Ribeiro Machado
Diretora Científica - Adulto

Norberto Antonio Freddi
Norberto Antonio Freddi
Diretor Científico - Pediatria | Neonatal



XVIII COPATI
Congresso Paulista de Terapia Intensiva
Cursos: 16.08 | Congresso: 17 a 19.08
Campos do Jordão | SP

CERTIFICADO

ANA PAULA PINTO

Participou do curso pré-congresso ATUALIZAÇÃO EM NEUROINTENSIVISMO do XVIII COPATI - CONGRESSO PAULISTA DE TERAPIA, realizado em 16 de Agosto de 2023, no Centro de Convenções Campos do Jordão, Campos do Jordão - SP, com a carga horária de 10 horas, na qualidade de PARTICIPANTE

Viviane Cordeiro Veiga
Viviane Cordeiro Veiga
Presidente SOPATI - 2022-2023

Flávia Ribeiro Machado
Flávia Ribeiro Machado
Diretora Científica - Adulto

Norberto Antonio Freddi
Norberto Antonio Freddi
Diretor Científico - Pediatria | Neonatal