

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

CAROLINA LOBO GUIMARÃES

**REABILITAÇÃO SENSORIO-MOTORA ASSOCIADA À  
FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO NO  
SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

São José dos Campos, SP  
2020

Carolina Lobo Guimarães

**REABILITAÇÃO SENSÓRIO-MOTORA ASSOCIADA À  
FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO NO  
SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Mário Oliveira Lima.  
Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins.

São José dos Campos, SP

2020

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA**

**Ficha catalográfica**

Guimarães, Carolina Lobo

Reabilitação Sensório-Motora Associada à Fotobiomodulação Transcraniana em Pacientes com Lesão no Sistema Nervoso Central / Carolina Lobo Guimarães; orientador, Prof. Dr. Mário Oliveira Lima; co-orientador Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins. - São José dos Campos, SP, 2020.

1 CD-ROM, 113 p.

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

Inclui referências

1. Engenharia Biomédica. 2. Lesões do Sistema Nervoso Central. 3. Reabilitação sensório-motora. 4. Fotobiomodulação transcraniana. I. Oliveira Lima, Prof. Dr. Mário, orient. II. Brandão Lopes Martins, Prof. Dr. Rodrigo Alvaro, co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

Eu, Carolina Lobo Guimarães, 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, 29 de Junho de 2020.



Autor(a) da Obra

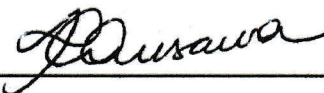
---

**CAROLINA LOBO GUIMARÃES**

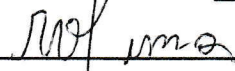
**“REABILITAÇÃO SENSÓRIO-MOTORA ASSOCIADA À LASERTERAPIA  
TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL”.**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, 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:

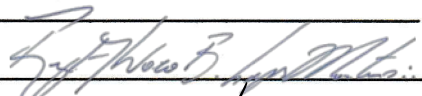
PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> EMILIA ANGELA LO SCHIAVO ARISAWA



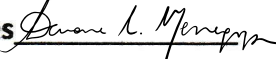
PROF. DR. MÁRIO OLIVEIRA LIMA



PROF. DR. RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES MARTINS



PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> DAIANE TAIS MENEGUZZO – São Leopoldo Mandic - Campinas



Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 21 de maio de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família. A todos vocês que sempre me incentivam...  
Obrigada pelo carinho e paciência. A você Rodrigo, obrigada pela ajuda, carinho,  
amizade e força em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me manter firme apesar das dificuldades. Aos professores que me auxiliaram durante esta caminhada com ensinamentos e contribuições importantes, em especial às Prof<sup>a</sup> Dra. Fernanda Púpio Lima, Dra. Patrícia Sardinha Leonardo Lopes Martins, Dra. Alessandra Almeida Fagundes e Dra. Marcele Florêncio das Neves.

Aos meus colegas do programa de mestrado e de laboratório e aos alunos de iniciação científica pelo apoio e ajuda no decorrer da pesquisa. Vocês tornaram estes dois anos mais leves e animados. Agradeço em especial a Ana Paula Pinto, que de forma muito competente tomou a frente deste projeto... não teria conseguido sem você! Aos alunos Élide, Kassila, Ary e Douglas, sempre muito solícitos e comprometidos... tenho certeza que serão excelentes profissionais!

Ao meu orientador Prof. Dr. Mário Oliveira Lima e ao meu co-orientador Prof. Dr. Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins, exímios pesquisadores. Obrigada pelos ensinamentos e conhecimento divididos ao longo desta jornada. Vocês fazem a diferença conciliando pesquisa científica à prática clínica. Não parem nunca!!!

Ao laboratório de Física e Astronomia pelo trabalho em conjunto. Agradeço em especial a Prof<sup>a</sup> Virginia Klausner e Humberto Gimenes Macedo pelo auxílio durante o processamento de dados, com a criação de um software em pouquíssimo tempo. Estendo o agradecimento a Marina Vedelago Cezarini e Nathália Silva.

Ao meu colega de profissão e eterno professor Dr. Sérgio Takeshi Tatsukawa de Freitas por sempre me incentivar, acreditar no meu potencial e me estimular a ser melhor como pessoa e profissional.

As minhas colegas de profissão e amigas pessoais, Gabrielly e Taciana, por estarem comigo sempre e torcerem pelo meu crescimento. Sei que é de coração.

Aos voluntários desta pesquisa, que durante 3 meses se comprometeram a vir, sob sol e chuva, ao setor de fisioterapia da Univap apesar de todos os compromissos de casa, filhos e trabalho. Não haveria pesquisa sem vocês!

Não menos importante, agradeço aos funcionários da clínica de fisioterapia da Univap e do bloco 9 por nos auxiliarem quando foi preciso.

A Capes e a Fundação Vale Paraibana de Ensino pelo suporte financeiro.

*“Temos muito ainda por fazer,  
Não olhe para trás  
Apenas começamos”.*

Legião Urbana

## RESUMO

As doenças neurológicas podem acometer o tecido nervoso em qualquer fase da vida e geralmente estão associadas a importantes déficits funcionais. A gravidade dos sinais e sintomas clínicos relacionam-se diretamente a extensão e local da lesão, afetando diretamente a execução de atividades de vida diária e auto cuidado. Pesquisas recentes demonstraram os benefícios da Fotobiomodulação Transcraniana (FBM-T) em diferentes condições clínicas como Alzheimer, Traumatismo Cranioencefálico, Acidente Vascular Encefálico e alterações psicológicas, com efeitos positivos para cognição e memória, melhora do quadro comportamental e atenuação sintomas de depressão e ansiedade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a aplicação da fotobiomodulação transcraniana em associação ao treinamento aeróbico pode promover mudanças na função do sistema musculoesquelético. Participaram do estudo 16 voluntários com lesões adquiridas do SNC, de ambos os sexos e idade média de  $50,6 \pm 13,1$  anos, com marcha preservada. Os voluntários foram divididos aleatoriamente em 2 grupos: *Laser + Treinamento aeróbico* e *Laser placebo + Treinamento aeróbico*. Para estímulo do tecido cortical foi utilizado um cluster (*DMC Therapy, MED Light Laser VIV*) composto por 6 lasers (3 lasers no  $\lambda = 650\text{nm}$  e 3 Lasers no  $\lambda = 808\text{nm}$ ), com potência de 100mW e 36J. A aplicação foi realizada em 3 pontos, sendo estes F7, F8 e AFz segundo o Sistema Internacional 10-20 de EEG. Foram avaliados a ativação muscular, lactimetria e cognição antes, durante e ao final do processo de reabilitação, com duração de 12 semanas e frequência de 2 vezes por semana. Os resultados sugerem que os indivíduos pertencentes ao grupo Laser obtiveram um aumento do recrutamento de fibras musculares pela análise do RMS nas coletas isotônica e isométrica, e redução do sinal em ortostatismo, ao final das 12 semanas. Diferenças significativas entre grupos foram encontradas durante o período de avaliação inicial, para as coletas em ortostatismo ( $p=0,009$ ), isotonia ( $p=0,02$ ) e isometria ( $p=0,01$ ). Nota-se aumento significativo da velocidade de treinamento para o Grupo Laser ( $p=0,03$ ) e Placebo ( $p=0,005$ ). Aumento nos valores reais da concentração de lactato sanguíneo foram percebidos ao final da primeira e última sessão de tratamento, porém sem alterações significativas. Diferenças significativas foram encontradas nos escores da avaliação cognitiva MEEN para o grupo Laser, nas comparações: inicial x 8 semanas ( $p=0,0009$ ), inicial x 8 semanas ( $p<0,0001$ ) e 8 semanas x 12 semanas ( $p=0,0003$ ), e para o grupo Placebo: basal x 8 semanas ( $p=0,01$ ). Estes resultados sugerem que a FBM-T associada ao treinamento aeróbico pode influenciar no recrutamento de fibras, na modulação da hiperatividade muscular em repouso e no desempenho cognitivo de pacientes com lesões do sistema nervoso central. Acreditamos que a FBM será uma técnica promissora para a neuroreabilitação nos próximos anos.

**Palavras-chave:** Lesões neurológicas. Espasticidade. Reabilitação Sensório Motora. Fotobiomodulação transcraniana.

# SENSORY MOTOR REHABILITATION ASSOCIATED WITH TRANSCRANIAL PHOTOBIMODULATION IN PATIENTS WITH INJURE IN THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

## ABSTRACT

Neurological diseases can affect nervous tissue at any stage of life and are usually associated with important functional problems. The severity of clinical signs and symptoms is directly related to the extent and location of the lesion, directly affecting the performance of activities of daily living and automatic care. Recent research has demonstrated the benefits of Transcranial Photobiomodulation (T-PBM) in different clinical conditions, such as Alzheimer's, Traumatic Brain Injury, Stroke and Psychological changes, with positive effects on cognition and memory, changes in behavioral conditions and attenuation of tests of depression and anxiety. Therefore, the objective of this work was to evaluate whether the application of transcranial photobiomodulation in association with aerobic training can promote changes in the function of the musculoskeletal system. Sixteen volunteers with injuries acquired in the CNS participated in the study, both sexes and mean age of  $50.6 \pm 13.1$  years, with preserved gait. The volunteers were randomly divided into 2 groups: Laser + aerobic training and Laser placebo + aerobic training. To stimulate the cortical tissue, a cluster (DMC Therapy, MED Light Laser VIV) was used, composed of 6 lasers (3 lasers  $\lambda = 650\text{nm}$  and 3 lasers  $\lambda = 808\text{nm}$ ), with power of 100mW and 36J. The application was carried out in 3 points, these being the F7, F8 and AFz according to the International System 10-20 of the EEG. They were subjected to muscle activation, lactimetry and cognition before, during and at the end of the rehabilitation process, lasting 12 weeks and frequency twice a week. The results suggested for those belonging to the Laser group obtain an increase in the recruitment of muscle fibers by analyzing the RMS in the isotonic and isometric collections, and a reduction in the signal in orthostatism, and at the end of the 12 weeks. Differences considered between groups were found during the initial evaluation period, such as collections in orthostatism ( $p = 0.009$ ), isotonia ( $p = 0.02$ ) and isometry ( $p = 0.01$ ). There is a significant increase in training speed for the Laser Group ( $p = 0.03$ ) and Placebo ( $p = 0.005$ ). Increase in the real values of blood lactate concentration were noticed at the end of the first and last treatment session, but without changes. Isolated differences were found in the MEEN cognitive assessment scores for the Laser group, in the comparisons: initial x 8 weeks ( $p = 0.0009$ ), initial x 8 weeks ( $p = <0.0001$ ) and 8 weeks x 12 weeks ( $p = 0.0003$ ), and for the Placebo group: baseline x 8 weeks ( $p = 0.01$ ). These results suggested by the PBM associated with aerobic training can influence the recruitment of fibers, the modulation of muscle hyperactivity in remains and the cognitive performance of patients with central nervous system injuries. We believe that PBM will be a promising technique for neurorehabilitation in the coming years.

**Keywords:** Neurological injures. Spasticity. Sensory Motor Rehabilitation. Transcranial photobiomodulation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Representação do polígono de Willis.....	39
<b>Figura 02:</b> Fluxograma indicando as propostas de tratamento e periodização das avaliações. ....	55
<b>Figura 03:</b> Local de fixação dos eletrodos segundo SENIAM e demonstrativo do eletrodo adesivo utilizado nas coletas.....	56
<b>Figura 04:</b> Janela do software ELEDA® com espectro do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral parético durante a contração isotônica para extração dos valores de RMS .....	57
<b>Figura 05:</b> Procedimento para coleta do lactato sanguíneo. ....	59
<b>Figura 06:</b> Pontos de referência utilizados para irradiação da FBM-T, seguindo o Sistema Internacional 10-20 para captação de sinal EEG. ....	60
<b>Figura 07:</b> Cluster de laser .....	61
<b>Figura 08:</b> Representação dos pontos de aplicação da FBM-T nos grupos Laser e Placebo. ....	62
<b>Figura 09:</b> Estação de reabilitação e atividade física Brainmov®.....	63
<b>Figura 10:</b> Demonstrativo dos exercícios de fortalecimento. ....	64
<b>Figura 11:</b> Representação em média e desvio padrão do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral parético durante a coleta basal para os grupos Laser e Placebo. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 67
<b>Figura 12:</b> Pontuação do questionário de avaliação cognitiva (MEEN) expressos em média e desvio padrão para os grupos Laser e Placebo, nas coletas basal (início), 8 semanas (intermediário) e 12 semanas (final). ....	68
<b>Figura 13:</b> Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a primeira sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Laser (n=8). ....	70
<b>Figura 14:</b> Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a última sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Laser (n=8) .....	70
<b>Figura 15:</b> Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a primeira sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Placebo (n=8). ....	71
<b>Figura 16:</b> Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a última sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Placebo (n=8) .....	71
<b>Figura 17:</b> Porcentagem de incremento na concentração de lactato sanguíneo para o Grupo Laser e Placebo, quando comparados os valores das coletas pós tratamento da primeira e última sessão do protocolo de reabilitação .....	72
<b>Figura 18:</b> Perfil de incapacidade dos indivíduos do grupos Laser e Placebo.....	72
<b>Figura 19:</b> Incremento da velocidade média (Km/h) entre a primeira e última sessão de reabilitação cardiorrespiratória para o grupo Laser .....	73

**Figura 20:** Incremento da velocidade média (Km/h) entre a primeira e última sessão de reabilitação cardiorrespiratória para o grupo Placebo.**Erro! Indicador não definido.**74

**Figura 21:** Velocidade média de treinamento em Km/h da 1ª e 24ª sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória expresso em média e desvio padrão .....74

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Escala de Ashworth Modificada para análise da espasticidade.....	30
<b>Tabela 02:</b> Produções científicas sobre a fotobiomodulação transcraniana em indivíduos saudáveis ou neurológicos descritos pelo autor e ano, disfunção, número de indivíduos, equipamento utilizado, parâmetros de irradiação, local de aplicação e achados clínicos.....	43
<b>Tabela 03:</b> Caracterização do estudo .....	54
<b>Tabela 04:</b> Caracterização dos grupos .....	66
<b>Tabela 05:</b> Valores da eletromiografia do músculo reto femoral espástico (rms) antes (basal), durante (8 semanas) e ao final (12 semanas) do protocolo de reabilitação .....	66
<b>Tabela 06:</b> Análise da diferença, em porcentagem, do sinal eletromiográfico (RMS) coletados antes do início do tratamento (basal) e ao final (12 semanas). .....	67
<b>Tabela 07:</b> Comparação dos valores de RMS para os grupos Laser vs Placebo. ....	68
<b>Tabela 08:</b> Valores da concentração de lactato sanguíneo expressos em média, desvio padrão e porcentagem durante a 1ª sessão e a 24ª sessão.....	69

## LISTA DE ABREVIações

Ag/AgCL	Prata/Cloreto de prata
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i> (Análise de Variância)
ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
ATP	Adenosina-trifosfato
AVE	Acidente Vascular Encefálico
BDNF	<i>Brain-derived Neurotrophic Factor</i> (Fator Neurtrófico Derivado do Cérebro)
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
Cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
CP	Creatina Fosfato
CREB	<i>cAMP – Response Element Binding Protein</i>
DPOC	<i>Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica</i>
EEG	Eletroencefalograma
EMG	Eletromiografia de Superfície
et al.	E colaboradores
F	Feminino
FBM	Fotobiomodulação
FBM-T	Fotobiomodulação Transcraniana
FC	Frequência Cardíaca
FCS	Faculdade de Ciências da Saúde
GH	<i>Growth Hormone</i> (Hormônio do Crescimento)
GMFCS	<i>Gross Motor Functional Classification System</i> (Sistema de Classificação da Função Motora Grossa)
H+	Hidrogênio
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
Hz	Hertz
IP&D	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
J	Joule
J/cm <sup>2</sup>	Joules por centímetros quadrados

Laser	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação)
LED	Diodos Emissores de Luz
LM	Lesão Medular
M	Masculino
MEEN	Mini-Exame do Estado Mental
Min	Minuto
mmHg	Milímetros de Mercúrio
mmol/L	Milimol por Litro
mW	Miliwatts
N	Número de indivíduos
NF-Kb	Fator Nuclear Kb
NGF	Fator de Crescimento Nervoso
nm	Nanômetro
NO	Óxido Nitrico
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Pressão Arterial
PAS	Pressão Arterial Sistêmica
PC	Paralisia Cerebral
pH	Potencial hidrogeniônico
RMS	Root Mean Square (Raiz quadrática média)
s	Segundo(s)
SENIAN	<i>Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment Of Muscles</i> (Eletromiografia de Superfície para Avaliação Não-Invasiva dos Músculos)
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervoso Central
T6	Sexta vértebra torácica
TLBI	Terapia Laser de Baixa Intensidade
TCE	Traumatismo Crânio-encefálico
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UNIVAP	Universidade do Vale do Paraíba
VO <sub>2</sub>	Volume de Oxigênio
W	Watts

W/cm<sup>2</sup>      Watts por centímetro quadrado

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
®	Marca registrada
$\alpha$	Alfa
$\pm$	Desvio padrão
$\geq$	Igual ou maior

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Lesões neurológicas do Sistema Nervoso Central.....	20
2.2	Espasticidade.....	29
2.3	Treinamento aeróbico.....	32
2.4	Irrigação sanguínea do tecido nervoso e exercício.....	37
2.5.	Fotobiomodulação.....	40
3	HIPÓTESE.....	50
4	OBJETIVO.....	51
4.1	Objetivo geral.....	51
4.2	Objetivos específicos.....	51
5	METODOLOGIA.....	52
5.1	Critérios de Inclusão de voluntários.....	52
5.2	Critérios de Exclusão.....	52
5.3	Amostra.....	53
5.4	Grupos de Estudo.....	53
5.5	Métodos de Avaliações e Instrumentações Biomédicas.....	54
5.5.1	Eletromiografia de Superfície.....	55
5.5.2	Mini-exame do Estado Mental (MEEN).....	58
5.5.3	Lactímetro.....	58
5.5.4	Fotobiomodulação Transcraniana (FBM-T).....	59
5.6	Protocolo de Reabilitação.....	61
5.7	Análise dos Dados.....	65
6	RESULTADOS.....	66
6.1	Eletromiografia de Superfície.....	66
6.2	Mini-exame do Estado Mental.....	68
6.3	Lactato Sanguíneo.....	69
7	DISCUSSÃO.....	76
8	CONCLUSÃO.....	82
	REFERÊNCIAS.....	83
	APÊNDICE A: PARECER DO CEP	103
	APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E	104

ESCLARECIDO TCLE	
APÊNDICE C: FICHA DE AVALIAÇÃO MEEN	107
APÊNDICE D: TABELAS COM DADOS BRUTOS	109

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças neurológicas estão associadas a importantes déficits motores, sensoriais, comportamentais e/ ou cognitivos, gerando grande impacto socioeconômico (PIASSAROLI et al., 2012; BILLINGER et al., 2012; FAGUNDES et al., 2015; O'LEARY; NICHOL, 2018). Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (2011), mais de 1 bilhão de pessoas estariam vivendo com algum tipo de deficiência física. Estima-se que 2,2% da população mundial tenham limitações funcionais importantes e que 3,8% apresentem deficiências graves. Calcula-se um aumento no número de indivíduos acometidos nos próximos anos devido ao aumento da expectativa de vida populacional e de condições crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares e distúrbios mentais.

A principal sequela após lesão do neurônio superior é chamada de espasticidade. Seu mecanismo fisiopatológico pode ser explicado pelo aumento da sinapse devido ao acúmulo de neurotransmissores excitatórios (glutamato) liberados após a lesão cortical. O aumento na frequência dos estímulos elétricos hiperexcitam neurônios adjacentes gerando brotamento axonal, intensificando os sinais do trato corticoespinal e conseqüentemente hiperativando o fuso muscular (HORNBY et al., 2006; BORELLA; SACCHELI, 2009; SYNNOT et al., 2017).

O aumento da tonicidade muscular basal recebe o nome de hipertonia e ocorre em função da diminuição ou perda da influência inibitória sobre as vias alfa e gama. A hiperatividade fusar gerada em resposta ao estiramento muscular hiperativa as vias alfas, o que aumenta a tensão muscular. Essas alterações dificultam o sinergismo e o torque excêntrico dos músculos anti-gravitacionais, evidenciando a fraqueza muscular. A hipertonia é acompanhada de hiperatividade dos reflexos miotáticos e cutâneos, clônus e sinais neurológicos como Babinski e Chaddock (PONTES et al., 2000; PORTELLA et al., 2004; CHINELATO et al., 2010).

A diminuição da inervação reduz pela metade o número de unidades motoras em músculos paréticos. Em longo prazo a espasticidade estimula remodelação do tecido muscular, promovendo alterações na proporção e na tipagem de fibras oxidativas para glicolíticas, sendo estas unidades mais fadigáveis, diminuindo a resistência muscular (TEIXEIRA-SALMELA et al., 2000). Alterações no comprimento e quantidade de fibras musculares estimulam mudanças na propriedade viscoelástica devido ao aumento do tecido conjuntivo intramuscular. Em

conseqüência, há um aumento do gasto energético para realização de movimentos dinâmicos, aumento na produção de ácido láctico, utilização de glicogênio muscular e diminuição da síntese de ácidos graxos. A somatória de todos esses fatores têm impacto direto na qualidade de vida e na execução de atividades de vida diária e auto-cuidado (TEIXEIRA-SALMELA et al., 2000; NEVES et al., 2016).

O acúmulo de metabólitos residuais na musculatura em decorrência da ativação das vias glicolíticas, principalmente o lactato associado ao aumento de íons de H<sup>+</sup>, interrompe a quebra da glicose, diminui a resposta de contração e dificulta a continuidade da atividade (GAYTON; HALL, 2006; BETRUZZI et al., 2009; CAPUTO et al., 2009).

A função e aptidão cardiorrespiratória são essenciais para a realização de qualquer tipo de atividade física e é descrita pela capacidade de desempenhar níveis moderados a intensos de atividade física sem fadiga exagerada, com manutenção dessa capacidade ao longo da vida (ARAUJO; ARAUJO, 2000).

A prática de exercícios físicos regulares promove mudanças importantes na musculatura, como melhora da captação insulínica, melhora da vascularização intramuscular e perfusão sanguínea, aumento do consumo de oxigênio, diminuição da fadiga e acidose muscular (MONTEIRO; SOBRAL, 2004; DENIPOTI; MORAES, HERNANDES, 2006; HELLSTEN; NYBERG, 2016).

Exercícios aeróbicos parecem influenciar no aumento da atividade cortical e memória de trabalho (BADDELEY, 2003). O estímulo aeróbico favorece a liberação do Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF), neuroproteína essencial para o desenvolvimento e sobrevivência neuronal, plasticidade sináptica e cerebral e melhora da função cognitiva (HUANG et al., 2014).

A terapia laser de baixa intensidade (TLBI) vem sendo amplamente estudada e tem se mostrado eficiente na tentativa de estimular o tecido cerebral em diversas patologias (WU et al., 2012; HENDERSON; MORRIES, 2015). Estudos recentes relatam melhora do aspecto cognitivo e memória, melhora comportamental e psicológica, além do aumento da oxigenação cortical após aplicações da terapia laser (SCHIFFER et al., 2009; TIAN et al., 2016; BLANCO; SAUCEDO; GONZALEZ-LIMA, 2017).

O local mais apropriado para aplicação da laserterapia a fim de estimular o tecido cerebral é diretamente sobre a cabeça, onde não há presença de cabelos, para impedir a dispersão dos fótons de luz (HENNESSY; HAMBLIN, 2017)

Acredita-se que a estimulação direta do tecido cerebral pode desencadear efeitos positivos no sistema músculo-esquelético. A combinação do exercício aeróbico regular associado à aplicação da laserterapia transcraniana poderia aumentar a oferta de oxigênio ao tecido nervoso e estimular diretamente a atividade sináptica em áreas corticais responsáveis pelo movimento voluntário, a fim de melhorar o desempenho físico e resistência em pacientes com sequelas neurológicas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Lesões Neurológicas do Sistema Nervoso Central (SNC)**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2017), cerca de 17,9 milhões de pessoas morrem a cada ano em decorrência de eventos isquêmicos. Estima-se que 31% de todos os óbitos ao redor do mundo estejam relacionados a doenças cardiovasculares, e que 85% de todas as mortes por doenças cardiovasculares sejam em decorrência de ataque cardíaco ou Acidente Vascular Encefálico (AVE). Em 2030 espera-se que o AVE seja responsável por 12,2% dos casos de morte em todo o mundo.

O AVE é caracterizado por comprometimento do tecido nervoso em decorrência a um evento vascular, com importante interrupção da demanda de oxigênio e suprimento sanguíneo. Tem como causas principais a interrupção do fluxo sanguíneo por processos ateroscleróticos e estenose ou ruptura de vasos que perfundem o tecido nervoso. Também é uma das principais causas de demência e depressão (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015; JOHNSON et al., 2016).

O AVE isquêmico é a forma mais comum de lesão, correspondendo a mais de 80% dos casos. É decorrente da oclusão do fluxo sanguíneo e conseguinte diminuição da oxigenação. Essa lesão desencadeia uma resposta inflamatória e cascata de eventos bioquímicos, resultando na perda de potencial de membrana da mitocôndria e diminuição dos níveis metabólicos do tecido, que podem culminar em morte neuronal (YANG et al., 2018).

O AVE hemorrágico corresponde a cerca de 10 a 20% de todos os casos, com taxa de mortalidade de aproximadamente 40% no primeiro mês (CHEN; ZENG;

HU, 2014). Fatores habituais como tabagismo, obesidade, etilismo, sedentarismo e dieta não saudável estão relacionadas (JOHNSON et al., 2016).

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é o principal fator de risco para desenvolvimento de eventos vasculares encefálicos isquêmicos, correspondendo a 70% de todos os casos relacionados à doença vascular cardíaca. As cardiopatias aparecem em segundo lugar, com 41,9% para eventos vasculares isquêmicos e 2% para eventos hemorrágicos, seguida de fibrilação atrial crônica, com 22% dos casos e *diabetes mellitos* que associa-se a aceleração da aterosclerose, com 23% (PIRES; GAGLIARDI; GORZONI, 2004).

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é considerado a segunda principal causa de morte no mundo, com alto impacto econômico (ALMEIDA, 2012; FAGUNDES et al., 2015). No Brasil é a principal causa de morte e maior causa de incapacidade devido a deficiências físicas residuais (SANTANA; CHUN, 2017).

Anualmente mais de 700 mil pessoas são acometidas pelo AVE nos Estados Unidos, e estima-se que mais de 7 milhões de americanos tenham sequelas neurológicas. O risco é maior em mulheres, entre 55 e 75 anos, na proporção de 1:5 e 1:6 em homens (BILLINGER et al., 2014). Já Bensenor e colaboradores (2013) relatam que apesar de não haver dados conclusivos a respeito dos índices de AVE no Brasil, a prevalência pontual demonstrada na Pesquisa Nacional de Saúde foi de 1,6% em homens e 1,4% em mulheres, com incapacidades residuais em 29,5% em homens e 21,5% em mulheres.

Segundo Minelli e colaboradores (2007) a taxa de incidência na América do Sul varia de 35 a 183 casos por mil habitantes. A distribuição das taxas de mortalidade e acometimento por AVE não é homogênea dentro do território nacional, sendo maior principalmente em regiões mais pobres, entre pessoas negras e idade acima de 60 anos (BENSENOR et al., 2013).

Para Zétola e colaboradores (2001) a incidência de AVE é maior entre pessoas de 70 a 80 anos devido a alterações cardiovasculares e metabólicas relacionadas à idade. O acometimento de indivíduos mais jovens se relaciona a distúrbios de coagulação, doenças inflamatórias, imunológicas e uso de drogas. Tem incidência de 10% em pessoas com menos de 55 anos e de 3,9% para pessoas abaixo de 45 anos, gerando grande impacto socioeconômico, uma vez que se trata de uma parcela economicamente ativa.

Óbitos por doenças cardiovasculares apresentam crescimento entre adultos jovens a partir dos 20 anos, sendo a principal causa na faixa de 40 anos e mais (FALCÃO et al., 2004).

Aproximadamente 50% a 75% dos indivíduos pós AVE apresentam disfunções motoras ou cognitivas importantes, limitando a autonomia (BILLINGER et al., 2012). Alterações cardiovasculares estão presentes em 75% dos indivíduos após AVE. Na fase aguda, esses mesmos indivíduos têm maior probabilidade de morte por doença cardíaca em comparação a qualquer outra causa, incluindo um novo evento vascular encefálico (MACKEY-LYONS; MAKRIDES, 2002).

O comprometimento do tecido nervoso pode ser focal ou difuso (PIASSAROLI et al., 2012; JOHNSON et al., 2016). A perda da funcionalidade completa ou parcial ocorre contralateralmente ao lado lesado, sendo chamada de hemiplegia ou hemiparesia respectivamente. Durante o estágio mais agudo da lesão, os indivíduos apresentam sinais de flacidez e hipotonia muscular evoluindo para hipertonia, rigidez e/ou distúrbios de movimento voluntário (TEIXEIRA-SALMELA et al., 2000).

A limitação motora causada pela AVE gera quadros de sedentarismo e descondicionamento aeróbico e contribui em longo prazo para o surgimento de eventos vasculares recorrentes ou doenças cardíacas, baixa qualidade de vida, depressão e restrição social. Após o AVE, cerca de 80% dos indivíduos realizam atividades de baixo gasto energético, 15% praticam atividades leves e apenas 5% realizam atividade física de intensidade moderada e alta (CASTRO et al., 2011; AGUIAR et al., 2017; AGUIAR et al., 2018).

A lesão medular (LM) é considerada um problema de saúde pública com grande impacto socioeconômico. Além disso, pode promover alterações psicoafetivas devido ao afastamento social decorrentes ao trauma (CAMPOS et al., 2008; BRASIL, 2013).

É caracterizada por lesão em qualquer estrutura ou segmento da medula, com acometimento neuronal e interrupção parcial ou total das vias de aferência e eferência. Em consequência, pode haver alterações sensório-motoras e autonômicas abaixo da lesão (ALBUQUERQUE; FREITAS; JORGE, 2009).

As estimativas da incidência da lesão medular variam por todo o mundo (FURLAN et al., 2008; MORAWIETZ; MOFFAT, 2013; COVARRUBIAS-ESCUADERO et al., 2017). Apesar de não haver dados específicos sobre a incidência da lesão medular no Brasil, estima-se que ocorram cerca de 40 novos casos a cada ano por

milhão de habitantes, e de 6 a 8 mil novos casos a cada ano (BRASIL, 2013). Para Campos e colaboradores (2008), ocorrem a cada ano mais de 10 mil novos casos de LM, sendo a causa traumática a mais predominante. Astorino e Thum (2016) afirmam que nos Estados Unidos ocorrem aproximadamente 12.500 novos casos a cada ano.

A maior incidência é entre o público masculino, correspondendo a 80% dos casos. Acomete indivíduos jovens, fisicamente ativos, com idades entre 10 e 30 anos (CAMPOS et al., 2008; BRASIL, 2013). Para Souza e colaboradores (2013), as lesões ocorrem preferencialmente em homens, na proporção de 4:1, com idades entre 15 e 40 anos.

A LM pode ter origem traumática ou não traumática. A lesão traumática corresponde à maioria dos casos. São resultantes de laceração ou rompimento nervoso e vascular da medula por meio de transferência cinética de força do tronco e cabeça devido a movimentos exacerbados de flexão, extensão ou flexão-rotação, agressão direta, ferimentos com arma de fogo, quedas e mergulhos em águas rasas (SCHMITZ, 2004). As lesões de origem não traumática correspondem a 20% no número total de casos, exemplificados por doenças degenerativas, tumores intra e extramedular, estenose do canal medular, deformidades ósseas, processos infecciosos e autoimune (BRASIL, 2013).

O comprometimento neuronal pode ocorrer em dois momentos distintos. A lesão primária ocorre em função do trauma propriamente dito, com danos neurais e axonais. Este período compreende as primeiras 18h, onde há modificação do aspecto medular acima e abaixo do nível de lesão. Já a lesão secundária ocorre em função da redução do fluxo sanguíneo, isquemia, citotoxicidade, alterações bioquímicas, cascatas inflamatórias e necrose do tecido adjacente em resposta ao evento traumático. Esta fase pode durar dias ou semanas (BASSO, 2000; ABREU et al., 2011; SUN et al., 2016).

A lesão medular pode ser avaliada quanto ao tipo e nível de comprometimento. Lesões cervicais são classificadas em tetraplegia, com perda da função motora e/ou sensorial nos membros superiores, inferiores e tronco. A paraplegia é descrita pela ausência de motricidade e/ou sensibilidade em regiões de tronco e membros inferiores, com preservação das funções nos membros superiores (KIRSHBLUM et al. 2011). São consideradas completas quando há perda total da sensibilidade e motricidade abaixo do nível lesionado, e incompletas quando o

comprometimento é somente parcial (CEREZETTI et al.,2012; MOTHE; TATOR., 2012; SCHMITZ, 2004).

Uma escala foi desenvolvida pela *American Spinal Injury Association* (ASIA) a fim de padronizar as classificações das lesões neurológicas. A avaliação é feita por meio de estímulos sensitivos a 28 dermatômos e avaliação da função motora de músculos-chave em 10 miótomos, a fim de determinar o nível correspondente à lesão (NEVES et al., 2007). O nível neurológico refere-se ao segmento mais caudal, com funções sensitivas e motoras normais em ambos os lados (KIRSHBLUM et al., 2011; MOTHE; TATOR, 2012).

A ASIA utiliza os achados neurológicos para classificar a lesão medular em categorias de A a E, onde: A) representa a lesão completa, sem função motora e sensitiva abaixo da lesão, incluindo os segmentos sacrais; B) representa a lesão incompleta, onde a sensibilidade se mantém total ou parcialmente preservada com extensão dos segmentos sacrais S4-S5 e sem função motora abaixo do nível neurológico; C) representa lesão incompleta, onde a função motora se mantém preservada abaixo do nível da lesão com grau de força menor que 3 na maioria dos músculos-chave; D) representa lesão Incompleta, onde a função motora se mantém preservada abaixo do nível da lesão com a maior parte dos músculos-chave apresentando um grau de força muscular maior ou igual a 3 e E) representando função normal, sem déficit neurológico (NEVES et al., 2007; SILVA et al., 2012).

A espasticidade é uma das complicações mais frequentes em indivíduos com LM, presente em 70% dos casos após 1 ano de lesão. Contrações rápidas e involuntárias em flexão ou extensão, chamadas de espasmos, também são comuns. A espasticidade se manifesta quando o reflexo de estiramento é ativado voluntária ou involuntariamente. Em lesões lombares e de cauda equina, o reflexo de estiramento é ausente, tendo como característica a hipotonia, arreflexia e flacidez (BIERING-SORENSEN; NIELSEN; KLINGE, 2006; HORNBY et al.,2006).

O traumatismo crânio-encefálico (TCE) é um dos maiores problemas médicos mundiais, com impacto socioeconômico significativo (O'LEARY; NICHOL, 2018; XU et al., 2018). Segundo a Diretriz de Atenção a Reabilitação da Pessoa com Traumatismo Cranioencefálico (2015), o TCE é caracterizado por lesão ao tecido nervoso decorrente de um trauma externo, acompanhado de alterações anatômicas e/ou funcionais cerebrais.

Nos Estados Unidos, 1,5 milhão de pessoas foram diagnosticadas com TCE nos anos 2000, e 1,7 milhão em 2007 (MORRIES; CASSANO; HENDERSON, 2015). Segundo Neaser e colaboradores (2015) mais de 5.000.000 de Americanos vivem com sequelas relacionadas ao TCE, com um custo de U\$ 60 - 76,5 bilhões.

Não há dados específicos sobre a incidência de TCE no Brasil e América Latina. Registros hospitalares do DATASUS entre os anos de 2000 a 2007 demonstraram um total de 440.000 hospitalizações e incidência de 37 casos por 1000 habitantes na faixa etária de 14-49 anos. De 2008 a 2012 houve 65,7 admissões hospitalares por 1000 habitantes. Os gastos anuais somaram R\$156.300,00, não incluídos custos indiretos (MAGALHAES et al., 2017).

Os jovens com idades entre 15 e 24 anos são a principal população afetada, com segundo pico após 65 anos. Os homens são de 2 a 3 vezes mais comprometidos que as mulheres. Acidentes de trânsito são as principais causas de TCE devido ao mecanismo de aceleração e desaceleração da cabeça, seguidas de quedas, lesões por arma de fogo, esportes de contato e decorrência de missão militar (GAUDENCIO; LEÃO, 2013; VOSS et al., 2015; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2018). Segundo dados da OMS, acidentes de trânsito serão a terceira causa global de incapacidade, atrás de doenças vasculares e depressão (HUANG et al.,2012).

As regiões dos lobos frontais e temporais são mais suscetíveis a danos no TCE, mais precisamente o córtex pré-frontal e o giro cingulado anterior que desempenham funções de atenção, memória e comportamento, planejamento do ato motor, resolução de problemas e processamento de informações (CATROPPA; ANDERSON, 2006; NEASER et al., 2011; POPERNACK; GRAY; REUTER-RICE, 2015).

As lesões são classificadas como primárias e secundárias. A lesão primária é resultante do impacto. Após o primeiro momento inicia-se um processo inflamatório, com aumento do estresse oxidativo, disfunção mitocondrial, alteração da permeabilidade vascular e excitotoxicidade celular, resultando em lesões secundárias. O edema subsequente ao aumento da pressão intracraniana e diminuição da perfusão de oxigênio no tecido nervoso causa um aumento do número de morte celular e aumento da área de lesão (ANDRADE et al.,2009; HUANG et al.,2012).

As lesões neurológicas são divididas em difusas e focais. As lesões difusas são caracterizadas por comprometimento em regiões distintas no cérebro devido a

estiramento ou ruptura de axônios e estruturas vasculares por forças rotacionais e cisalhamento. A lesão axonal difusa é um dos tipos mais comuns de lesões primárias traumato-encefálicas, e a mais comum de comprometimento de consciência, estado vegetativo persistente e incapacidade grave. Já lesões focais, são derivadas de edemas ou isquemia de uma área específica decorrentes de impacto direto como, por exemplo, fraturas ou afundamento (ANDRADE et al., 2009; MCKEE; DANESHVAR, 2015; BURDA; BERNSTEIN; SOFRONIEW, 2015).

A escala de coma de Glasgow é comumente utilizada para classificação do TCE. Baseia-se nas respostas a comandos verbais, oculares e motores para avaliar a gravidade da lesão neurológica, cuja classificação varia de leve (14-15), moderada (9-13) e grave (3-8). A classificação de Marshall (informação obtida na tomografia inicial) e exames de imagem também podem auxiliar na diferenciação dos tipos de lesão e seu prognóstico (MCKEE; DANESHVAR, 2015; O'LEARY; NICHOL, 2018).

A melhora das condições de atendimento e evolução em intervenções médicas promove uma diminuição dos casos de morte relacionados ao TCE. Apesar da recuperação, a maioria desses pacientes apresenta sintomas psicológicos ou neurológicos nas semanas subsequentes a lesão, podendo se estender a meses e anos. Cerca de 5 a 22% dos pacientes persistem com problemas cognitivos após as primeiras semanas. Dados atuais indicam que mais de 124.000 das pessoas com internações hospitalares após TCE, desenvolvem algum tipo de deficiência em longo prazo. As disfunções incluem também incapacidade ou dificuldade considerável na execução das atividades de vida diária (SANTOS, 2002).

Os distúrbios neuropsicológicos incluem insônia, irritabilidade, apatia, depressão e ansiedade, dores de cabeça, dificuldade de concentração e diminuição do tempo de atenção, problemas de equilíbrio, tontura, memória, fadiga e convulsões (XIONG et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

As sequelas motoras podem resultar em parestesia, flacidez, tremores ou espasticidade, alteração de coordenação e propriocepção ou equilíbrio. Alterações na percepção de estímulos podem surgir devido a comprometimento auditivo ou visual, bem como percepção alterada do tato, com neuropatias e parestesias resultando em dor ou desconforto (POPERNACK; GRAY; REUTER-RICE, 2015). Segundo revisão sistemática feita por Synnot e colaboradores (2017), a espasticidade pode acometer entre 30% a 50% dos indivíduos pós TCE.

A Paralisia Cerebral (PC) é definida como encefalopatia de caráter não progressivo, acompanhada de distúrbios de movimento e postura. Frequentemente está associada a alterações sensoriais, proprioceptivas, cognitivas e/ou comportamentais. Sua característica não progressiva remete a lesão primária ao tecido nervoso, porém suas consequências clínicas podem progredir com o passar do tempo (NUNES; QUEVEDO; MAGDALON, 2008; LEITE, 2012).

É causada por lesões em uma ou mais áreas do cérebro durante o desenvolvimento intrauterino, perinatal ou infância (FUNAYAMA et al., 2000; MANCINI et al., 2002). Os principais fatores etiológicos no período intrauterino são infecções e parasitoses, intoxicação por drogas ou substâncias nocivas, traumas diretos e fatores maternos como desnutrição, doenças crônicas ou anemia grave. No período perinatal a principal causa de comprometimento cerebral é a asfixia. Pode ser causada durante o parto ou por condições crônicas como insuficiência placentária. A asfixia é a principal causa de morte e maior causa de morbidade neurológica entre recém-nascidos. Já as causas pós-natais ou da infância decorrem por distúrbios metabólicos, infecções, encefalites pós-infecciosas e pós vacinas, hiperbilirrubinemia, traumatismos e alterações vasculares, afogamento, intoxicação ou desnutrição (ROTTA, 2002).

Uma revisão sistemática recente demonstrou que a prevalência global dos casos de PC foi de 2,11 por mil nascidos vivos. Taxas semelhantes foram encontradas na Austrália, Suécia e Inglaterra, com 2 indivíduos acometidos por mil nascidos vivos (SHEPHERD et al., 2018). Segundo Peterson, Kamdar e Hurvits (2018) a prevalência de PC nos Estados Unidos varia de 2.6 a 3.1 casos por mil nascidos vivos. Em países em desenvolvimento observam-se índices maiores, com 7 casos por mil nascidos vivos. No Brasil estima-se que ocorram de 30.000 a 40.000 novos casos a cada ano (MANCINI et al., 2002; PIOVENSANA, 2002; MANCINI et al., 2004).

As disfunções motoras e funcionais estão intimamente ligadas a gravidade e localidade da lesão. Geralmente envolve atraso no desenvolvimento neuropsicomotor, persistência de reflexos primitivos, ausência de reflexos protetores e variações tônicas, além de distúrbios cognitivos, visuais, auditivos e de fala e convulsões (MANCINI et al., 2004; ASSIS-MADEIRA; CARVALHO, 2009).

O maior fator de risco para o desenvolvimento da PC é nascimento prematuro, abaixo de 37 semanas. Dentro do espectro infantil, é a principal causa de

incapacidade física, sendo diagnosticado em média aos 18 meses de idade (SHEPHERD et al., 2018).

A PC pode ser classificada de diferentes formas. A topografia diz respeito à localização das disfunções pelo corpo e inclui tetraplegia ou quadriplegia, monoplegia, diplegia e hemiplegia (LEITE; PRADO, 2004; ESPINDULA et al., 2010).

A forma clínica diz respeito ao tipo de disfunção motora presente. A forma espástica ou piramidal é a mais frequente, geralmente com maior intensidade nos membros inferiores quando o envolvimento é bilateral, e nos membros superiores quando unilateral. A espasticidade interfere no movimento voluntário prejudicando o desenvolvimento motor e as atividades de vida diária. Contribui para desenvolvimento de contraturas e deformidades, aumento do gasto energético e anormalidades biomecânicas (BAR-ON et al., 2015). Entre crianças e adolescentes tetraplégicos espásticos, 75% tem luxações de quadril, 73% desenvolvem contraturas musculares importantes e 72% desenvolvem escoliose. Ocorre diminuição da resistência muscular tanto de membros superiores quanto inferiores. Também notam-se importantes alterações biomecânicas na marcha, aumentando 3 vezes mais o gasto energético em comparação com crianças sem comprometimento (ODDING, ROEBROECK, STAM, 2006).

As formas discinéticas resultam de danos em região de núcleos de base, e manifestam-se por movimentos involuntários distônicos axiais e coreoatetóides nas extremidades durante atividade dinâmica ou manutenção da postura (ROTTA, 2002; BAR-ON et al., 2005).

A forma atáxica é rara e relaciona-se a comprometimento do cerebelo, com alterações no equilíbrio e coordenação e hipotonia importante. Podem apresentar tremor intencional de repouso e marcha com base de sustentação aumentada. As formas mistas combinam alterações tônicas (ROTTA, 2002).

As crianças com PC podem ser classificadas quanto à gravidade da limitação motora por meio do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). Esta ferramenta permite identificar os níveis de funcionalidade motora e discriminar a severidade da disfunção. Tem enfoque no movimento voluntário de sentar, transferências e caminhar, nas faixas etárias de 0 a 12 anos, subdivididas em 0 a 2, 2 a 4, 4 a 6 e 6 a 12 anos, respectivamente (HIRATUKA; MATSUKURA; PFEIFER, 2010; BRASIL, 2013).

As crianças são classificadas nos níveis leve (I e II), moderado (III) e grave (IV e V). O nível I indica que a criança consegue se locomover sem restrições; o nível II remete a limitação na marcha em ambientes externos; o nível III é atribuído a crianças que necessitam de apoio para locomoção; o nível IV há necessidade de tecnologia assistiva para locomoção; nível V onde a criança é gravemente limitada na movimentação, mesmo com uso de equipamentos assistivos (MANCINI et al., 2004; CHAGAS et al., 2008).

Em 2007 houve uma atualização na escala GMFCS incluindo a faixa etária de jovens de 12 a 18 anos, enfatizando os conceitos presentes na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) (PALISANO et al., 2007).

Estudos sugerem que a expectativa de vida pode ser semelhante ao da população em geral. O avanço na assistência médica permite que a taxa de sobrevivência em alguns casos de PC chegue a 90%, com a maioria dos indivíduos alcançando a fase adulta. O sedentarismo é uma importante consequência das limitações físicas. Jovens com PC demonstraram uma redução de 13% a 53% na prática habitual de atividade física quando comparados a indivíduos de mesma idade sem comprometimento. Fato que pode ser associado ao desenvolvimento de fatores de risco cardiovascular, obesidade e doenças metabólicas (OBIED et al., 2015; FORTUNA et al., 2018; WHITNEY et al., 2019).

Segundo Edwards (2010), jovens com PC ter um risco relativamente maior de desenvolverem comorbidades cardiovasculares quando comparados com indivíduos hígidos na mesma faixa etária, como hipertensão e obesidade. O risco de morte se torna maior em adultos com sequelas graves de PC.

## **2.2 Espasticidade**

A espasticidade é a característica mais comum entre as lesões do SNC. É decorrente de lesão do neurônio motor superior das vias corticoreticulares no córtex cerebral ou cápsula interna, ou lesão nos motoneurônios superiores presentes nos tratos reticuloespinal e vestibuloespinal, ambos em região medular (SYNNOT et al., 2017).

A espasticidade é definida como aumento do tônus muscular em decorrência de estiramento velocidade-dependente, e acompanha sinais clínicos como clônus,

hiperreflexia tendínea, sinal de Babinsk, perda da seletividade muscular, fraqueza e atrofia. O aumento da tensão muscular ocorre em resposta ao mecanismo de estiramento, com contração reflexa involuntária. Essa desordem motora provoca uma coativação entre musculaturas agonistas e antagonistas, prejudicando a execução do movimento funcional e estimulando o sinergismo em massa (PANDYAN et al., 2005; HORNBY et al., 2006; ASSUMPÇÃO et al., 2011).

Acredita-se que os mecanismos fisiopatológicos da espasticidade estejam ligados a alterações na excitabilidade de neurônios alfa e gama, aumento do nível de neurotransmissores, perda da influência inibitória descendente e processo de brotamento colateral entre neurônios parcialmente lesados e estruturas adjacentes (TEIXEIRA-SALMELA et al., 2000; HULTBORN, 2003).

A espasticidade afeta principalmente grupos musculares antigravitacionais, incluindo adutores de ombro, flexores de cotovelo, punho e dedos, pronador do antebraço, adutores do polegar, adutores de quadril, flexores de joelho, flexor plantar do tornozelo, inversores de tornozelo e flexores dos dedos do pé (SYNNOT et al., 2017). O aumento do tônus muscular é maior em musculaturas antigravitacionais devido à maior sensibilidade dos receptores musculares ao estiramento, além do maior potencial de disparo elétrico (LIEBER et al., 2004).

A escala de Ashworth Modificada é comumente utilizada para quantificar a espasticidade muscular pelo grau de resistência ao movimento passivo. Trata-se de uma análise subjetiva, uma vez que depende da interpretação do examinador. Possui pontuações que variam de 0 a 4 para quantificação do nível de espasticidade (BIERING-SORENSEN; NIELSEN; KLINGE, 2006).

Tabela 01: Escala de Ashworth Modificada para análise da espasticidade.

<b>Pontuação</b>	<b>Escala de Ashworth Modificada</b>
0	Sem aumento do tônus
1	Discreto aumento do tônus muscular, com resistência mínima ao final da amplitude, quando a(s) parte(s) afetada(s) é(são) movimentada(s) em flexão ou extensão
1+	Discreto aumento do tônus muscular, com mínima resistência em menos da metade da amplitude de movimento
2	Aumento mais acentuado do tônus muscular durante a maior parte da amplitude de movimento, porém a(s) parte(s) afetada(s) é (são)

---

	movimentada(s) facilmente
3	Aumento considerável no tônus muscular; movimento passivo é dificultado.
4	Membro rígido em extensão ou flexão

---

**Fonte:** Adaptado de NIELSEN; KLINGE, 2006.

Mudanças estruturais são observadas na musculatura afetada em decorrência do desuso e hipertonia. A combinação entre estes fatores promovem alterações na proporção e fenótipo muscular, diminuição das unidades contráteis e áreas transversais, redução da capacidade oxidativa, diminuição da circulação sanguínea intramuscular, e aumento do gasto energético. Em longo prazo, há significativa perda de massa muscular e força, diminuição da resistência e aumento da fadiga, aumento da disposição de gordura intra e intermuscular, encurtamentos, contraturas e atrofia (SCHERBAKOV; DOEHNER, 2011; SEVERINSEN et al., 2016; SYNNOT et al., 2017).

A diminuição da força e baixa resistência aumentam proporcionalmente o gasto energético para realização de movimentos funcionais. Em pacientes hemiparéticos, o gasto energético é 1,5 a 2 vezes maior quando comparados a indivíduos hígidos (MACKAY-LYONS; MAKRIDES, 2002; CASTRO et al., 2011).

A limitação da utilização do oxigênio como fonte energética pela musculatura esquelética pode ocorrer pela diminuição no tamanho e quantidade de mitocôndrias, redução das enzimas oxidativas ou deficiência na utilização de intermediários metabólicos (BENETTI; SANTOS; CARVALHO, 2000).

Durante o trabalho de contração muscular, as fibras do tipo I, com alto potencial de disparo elétrico, são as primeiras a serem recrutadas seguidas de fibras do tipo II. Na musculatura espástica ocorre uma inversão na ordem de ativação das fibras, com mudança no perfil metabólico de oxidativo para glicolítico, sendo estas mais suscetíveis a fadiga (NEVES et al., 2014; SILVEIRA et al., 2011).

A fadiga muscular é uma descrita como uma condição de falha ou incapacidade de manutenção da função contrátil e cessação do exercício. Pode ser causada por uma diminuição no impulso neural descendente, chamada de fadiga central, ou por alterações bioquímicas que dificultam a geração do potencial de ação na junção neuromuscular (FINSTERER; MAHJOUB, 2013; WEAVIL et al., 2018)

A eletromiografia de superfície é uma técnica de instrumentação biomédica voltada para captação de sinais elétricos, obtida por meio da somatória dos

potências de ação das unidades motoras ativas durante uma contração muscular. Tem sido amplamente utilizada dentro da pesquisa clínica como forma de avaliação e validação de protocolos de tratamento para diferentes disfunções do sistema neuromuscular, uma vez que permite análise da frequência de disparo, intensidade, duração e variabilidade da ativação muscular (FORTI, 2005; KIAN-BOSTANABAD; AZGHANI, 2017; WANG et al., 2017; KUMAR ET al., 2019).

O sinal da eletromiografia pode ser processado para extração de diversas informações, como sua amplitude e/ou componentes espectrais de potência (frequência média e mediana) (KARLSSON; GERDLE, 2001; DEL VECCHIO et al., 2017).

O valor de RMS (*Root Mean Square*) ou raiz quadrada do valor médio quadrático é indicativo médio da ativação das unidades motoras dentro de um espaço específico de tempo, onde a amplitude do sinal é proporcional a quantidade de unidades disparadas (DE LUCCA, 2002). Para Oliveira e colegas (2007) a manifestação do sinal bioelétrico é correspondente a intensidade da contração muscular.

A eletromiografia de superfície pode ser utilizada para mensuração da espasticidade. Devido à natureza multifatorial da espasticidade, a combinação de diferentes avaliações poderia ser útil para mensuração deste sinal de liberação piramidal. Recomenda-se executar a avaliação dos bio-sinais durante movimentos ativos e funcionais (WANG et al., 2017).

## **2.3 Treinamento Aeróbico**

O condicionamento físico é descrito como a capacidade de realizar atividade física em níveis de intensidades de moderado à intenso sem cansaço excessivo, com manutenção ao longo da vida. Baseia-se nos princípios de aptidão cardiorrespiratória, composição corporal, força, resistência e flexibilidade muscular (*American College of Sports Medicine*, 1998; CIOLAC; GUIMARÃES, 2004).

Segundo a Diretriz Sul-Americana de Prevenção e Reabilitação Cardiovascular (2014), a prescrição da intensidade do exercício aeróbico deve se basear idealmente na resposta ao teste de esforço, levando em consideração variáveis como capacidade física do indivíduo, frequência cardíaca e pressão arterial. Preconiza-se utilizar de 60-80% da frequência cardíaca máxima alcançada

durante teste ergométrico ou entre 50-70% da frequência cardíaca de reserva, com progressão gradual da intensidade de treinamento.

Adaptações cardíacas acontecem em treinamentos com média de duração de três meses e frequência de treinamento de no mínimo 3 vezes por semana, com associação de incentivos para realização de atividades diárias como caminhada e subir escadas. O treino complementar de força passou a fazer parte de programas de reabilitação cardíaca, ajudando a melhorar a força e resistência muscular para manutenção da atividade dinâmica, aumentar reserva de glicogênio muscular e diminuir quadros isquêmicos induzidos pelo esforço (HERDY et al., 2014).

Segundo Canali e Kruehl (2001) prática regular de atividade física, em especial o aeróbico, pode estimular também a liberação hormonal de acordo com a intensidade e duração do exercício, como: Hormônio do crescimento (Growth Hormone GH) para formação de massa muscular e síntese de glicose, *hormônio tireo-estimulante* para aumento do metabolismo, *arginina-vasopressina* para conservação da água corporal, *hormônio tireoidiano* para síntese de enzimas, aumento do número de mitocôndrias e consequente obtenção de energia, *calcitonina* e *hormônio paratireoidiano* para atividade absorviva de osteoclastos e regulação plasmática de cálcio e de fosfato, *adrenalina* para funções de aumento da força de contração do coração e aumento da taxa de metabolismo, *aldosterona* para reabsorção de sódio e equilíbrio homeostático, *cortisol* para produção de energia e facilitação de ação do GH e glucagon, *eritropoietina* para produção de glóbulos vermelhos, *glucagon* para liberação de glicose no sangue e gliconeogênese evitando hipoglicemia, *testosterona* para retenção de proteínas e desenvolvimento muscular, *estrogênio* para ajustes fisiológicos femininos e decomposição da gordura corporal.

A prática de exercícios físicos desencadeia efeitos *agudos imediatos*, como aumento da frequência cardíaca, ventilação pulmonar e sudorese; *agudos tardios*, notados entre as primeiras 24h até 72h, como melhora da sensibilidade insulínica muscular, diminuição do tônus vasoconstritor e melhora da função endotelial, e *efeitos crônicos*, com mudanças morfofuncionais como angiogênese, hipertrofia muscular, hipertrofia ventricular esquerda e aumento do consumo máximo de oxigênio (MONTEIRO; SOBRAL, 2004; HELLSTEN; NYBERG, 2016).

As principais adaptações fisiológicas ao treinamento aeróbico se relacionam com diminuição da frequência cardíaca e pressão arterial durante a prática física e repouso, possivelmente devido à redução da hiperatividade simpática e aumento da

atividade parassimpática, aumento do consumo de oxigênio, melhora da função ventricular, captação periférica de oxigênio permitindo menor débito cardíaco com mesma intensidade de exercício, distribuição do fluxo sanguíneo, maior eficiência na utilização de substratos energéticos, retardo a utilização do glicogênio muscular e acidose (DIRETRIZ DE REABILITAÇÃO CARDIACA, 2005; DENIPOTI; MORAES, HERNADES, 2006).

O desempenho aeróbico sofre influências do consumo de oxigênio, limiares de resposta do lactato e eficiência muscular. Durante o exercício físico, ocorre um aumento do consumo de trifosfato de adenosina (ATP) pelo sistema musculoesquelético. Para manutenção da atividade, a produção energética deve ocorrer na mesma velocidade em que é utilizada. Existem 3 processos para produção energética: *sistema anaeróbico láctico*, com uso de glicose e glicogênio para produção energética, gerando ácido láctico e lactato; *sistema anaeróbico alático*, com quebra de creatina fosfato (CP) e moléculas de ATP dentro do músculo; *sistema aeróbico*, que se relacionam ao metabolismo oxidativo (CAPUTO et al., 2009; URSO et al., 2013).

Durante o exercício, a demanda energética do músculo aumenta, porém os estoques de ATP são limitados. No início do movimento ocorre quebra de creatina fosfato (CP), seguida por um ciclo de combustão de glicose ou glicogênio para produção energética (CAPUTO et al., 2009). A utilização do oxigênio pela musculatura é o passo final de uma série de reações metabólicas, promovendo fornecimento energético por períodos prolongados de tempo (BENETTI; SANTOS; CARVALHO, 2000).

Há hipótese de que o metabolismo aeróbico predomine a partir de 1-2min do exercício cíclico, tempo necessário para que o sistema aeróbico estabeleça a demanda energética suficiente para continuidade do movimento (CAPUTO et al., 2009).

Quando a oferta de  $O_2$  é pequena ou insuficiente, não ocorre a etapa de fosforilação oxidativa, sendo esta a última etapa da respiração celular. Quase 90% do ATP total criado pelo metabolismo celular da glicose é formado durante a oxidação dos átomos de  $H^+$  produzidos nas etapas iniciais de glicólise e ciclo do ácido cítrico (GUYTON; HALL, 2006).

A depleção rápida das reservas de glicogênio muscular, tendo como produto final o lactato, pode ocorrer devido à ineficiência no transporte de íons  $H^+$  para a

mitocôndria ou de uma hipotatuação das enzimas mitocondriais, responsáveis pelo processo oxidativo (LIMA-SILVA et al., 2007).

O aumento da concentração dos produtos das vias glicolíticas como ácido pirúvico e átomos de  $H^+$  acoplados ao  $NAD^+$  impedem a formação de ATP. A reação entre estes dois produtos formam o ácido láctico. Em condições anaeróbicas, grande parte se converte em lactato. Na oferta de  $O_2$ , o ácido láctico é reconvertido em ácido pirúvico,  $NADH$  e  $H^+$ , que serão oxidados para formação de ATP (GUYTON; HALL, 2006).

Acreditava-se que aumento nos níveis de lactato durante exercício muscular estaria relacionado à diminuição da oferta de  $O_2$ , como provável indicador de hipoxia. Porém evidências recentes demonstram que o aumento dos níveis de lactato em exercícios submáximos pode incluir metabolismo de glicose acelerado, falha na remoção do lactato sanguíneo em comparação com sua produção e recrutamento de fibras musculares de contração rápida (FERGUSON et al., 2017).

O metabolismo do lactato ocorre de forma dinâmica. Ao final do exercício, a quantidade de lactato plasmático é muitas vezes menor que a quantidade produzida. Grande parte do lactato derivado do músculo é transportado para o fígado, onde é usado para sintetizar glicose pela gliconeogênese. A seguir, a glicose entra no fluxo sanguíneo e chega aos músculos para ser usada como combustível (GUYTON; HALL, 2006; PROIA et al., 2016; FERGUSON et al., 2017).

Em intensidades altas de exercício ocorre um aumento da concentração de lactato o que contribui significativamente para diminuição do nível de PH intramuscular, chamado de acidose láctica. Essa concentração aumentada favorece o acúmulo de  $H^+$ , deslocando o cálcio do meio intra para o extracelular. A relação inversamente proporcional entre nível de pH e  $H^+$  tem impacto direto na contração e excitação das miofibrilas, com diminuição no tempo de transição de pontes cruzadas de actina e miosina e conseqüente diminuição da potência de contração e força muscular (BENETTI; SANTOS; CARVALHO., 2000; CAPUTO et al., 2009; PROIA et al., 2016). Segundo Bertruzzi e colaboradores (2009), a acidose láctica promove inibição das enzimas associadas à glicogenólise e glicólise, dificultando a manutenção da atividade dinâmica.

A fadiga muscular, caracterizada pela inabilidade muscular de manter a contração, se relaciona intimamente com o esgotamento das reversas metabólicas e acúmulo de seus subprodutos. Também são determinantes para caracterização do

perfil de fadiga de um músculo: sua composição (quantidade e tipos de fibras), características neuromusculares, capacidade de tamponamento, regulação iônica, capilarização, reserva energética e densidade mitocondrial (GAWDA et al., 2018)

A revisão feita por Benetti, Santos e Carvalho (2000) relata que o limiar de lactato varia de indivíduo para indivíduo, tendo relação direta com a intensidade de exercício realizado. Apresenta com valores médios de 2,56mm para homens e de 1,62mm para mulheres. Segundo Smith, Horng e Rech (2019), a hiperlactatemia é definida como nível de lactato sérico igual ou superior a 2mmol/L, sendo classificada como tipo A, B e D. A hiperlactatemia tipo A ocorre devido à hipoxemia tecidual local ou global, tendo alto índice de mortalidade. A tipo B subdivide-se em B1, B2 e B3 e relacionam-se com diminuição de vitamina B1, associação a medicamentos e toxinas ou erros metabólicos respectivamente. Já a tipo D é resultado de produção de lactato por bactérias no trato gastrointestinal, devido ao seu crescimento excessivo.

A incapacidade de manter um ritmo contínuo durante a marcha dificulta a estimulação do sistema cardiovascular (LEE et al., 2008). O uso de esteira ergométrica tem sido cada vez difundido dentro da prática clínica para impulsionar o processo de reabilitação e estimular a marcha em pacientes com sequelas neurológicas. A utilização da esteira proporciona uma prática intensiva da atividade em comparação ao treino no solo (COMBS-MILLER et al., 2014).

Em pacientes com seqüelas de AVE recomenda-se treinamento com exercícios aeróbicos, de 20 a 60 minutos, com 40-70% da frequência cardíaca de reserva, de 3 a 5 vezes por semana (LINDER et al., 2019). Segundo Tweedy e colaboradores (2017), as recomendações de exercícios para melhora da aptidão cardiorrespiratória e força muscular em indivíduos com LM são:  $\geq 30$  minutos de exercício aeróbico moderado (40-59% da FC reserva) em 5 dias da semana ou  $\geq 20$  minutos de exercício vigoroso (60-89% da FC de reserva) em 3 dias da semana, e treinamento de força e flexibilidade em 2 dias da semana, incluindo treinamento de força para estabilizadores de escápula, posterior de ombro, rotadores internos e externos de ombro respectivamente.

Para Batista e colaboradores (2010), o treinamento aeróbico realizado em esteira, com duração de 24 sessões, pode trazer benefícios cardiorrespiratórios para indivíduos diparéticos e hemiparéticos com PC.

Chin e colaboradores (2015) analisaram o efeito de um programa de treinamento aeróbico de 12 semanas em indivíduos com TCE. Os 10 sujeitos tinham idades entre 21 e 45 anos, não tinham histórico de doenças metabólicas, respiratórias ou cardiovasculares, eram sedentários e realizavam marcha com ou sem assistência do suporte de peso corporal na esteira. Cada sessão continha 30 minutos de caminhada com resistência, com adicional de 5 a 10 minutos de aquecimento e desaquecimento, em uma frequência de 3 vezes na semana e intensidade de 70 a 80% da FC alcançada durante teste de esforço. Houve aumento do consumo de oxigênio, melhora da capacidade aeróbica e diminuição da fadiga.

#### **2.4 Irrigação sanguínea do tecido nervoso e o exercício**

O cérebro consome cerca de 20% da energia total produzida pelo organismo para manutenção de suas funções e homeostase corpórea, necessitando de suprimento permanente de nutrientes e oxigênio por fluxo sanguíneo intenso, regulado em maior intensidade por mecanismos intrínsecos e pouca influência do SNA. Há uma íntima ligação entre neurônios, astrócitos, óxido nítrico (NO) e capilares. A interação entre estas unidades permite a liberação de substratos vasodilatadores para aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica, oferecendo maior influxo de sangue ao tecido e aumentando sua atividade neuronal (TAMAYO-ORREGO; DUQUE-PARRA, 2007; FILHO et al., 2014).

O fluxo sanguíneo durante o exercício parece aumentar em regiões correspondentes a representação motora nas áreas somatossensoriais e córtex pré frontal, principalmente relacionadas à área de irrigação da artéria cerebral média (IDE; SECHER, 2000).

O encéfalo é irrigado pelas artérias carótidas internas e externas, que se originam na região do pescoço e a partir de uma anastomose na base do crânio, formam um polígono com artérias que irrigam propriamente o tecido nervoso (IQBAL, 2013).

O polígono de Willis é formado pelas porções proximais das artérias cerebrais anterior, média e posterior, pela artéria comunicante anterior e comunicantes posteriores direita e esquerda. As artérias comunicantes posteriores unem de cada lado o sistema carotídeo interno e vertebral (IQBAL, 2013; KARATAS et al., 2016). As artérias cerebrais anterior, média e posterior dão origem a ramos

corticais e centrais, vascularizando córtex e substância branca adjacente, regiões do diencefalo, núcleos de base e cápsula interna (MACHADO; HAERTEL, 2006).

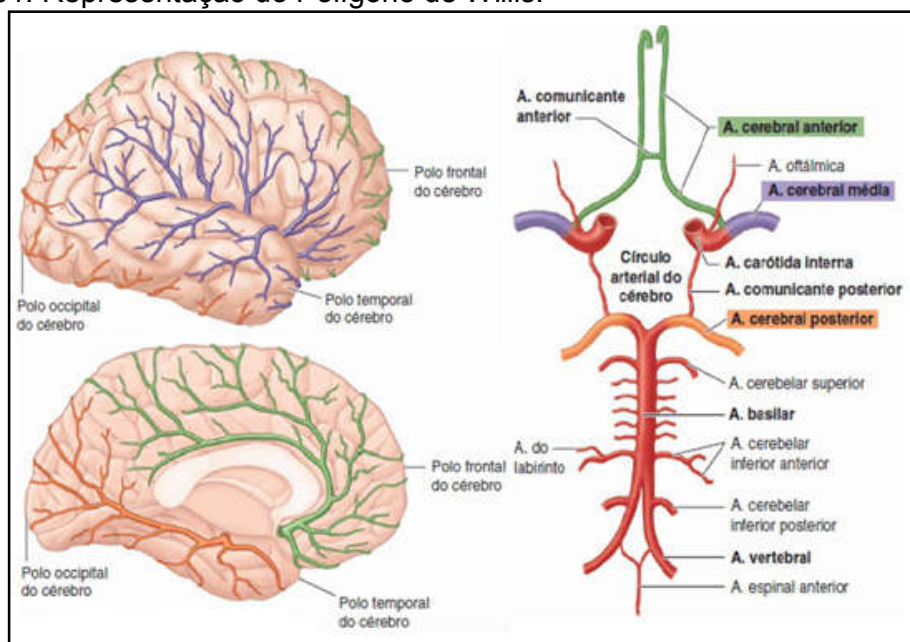
A artéria cerebral anterior se dirige para cima e diante no tecido nervoso, ganha a fissura longitudinal do cérebro, curva-se em torno do joelho do corpo caloso e ramifica-se na face medial de cada hemisfério desde o lobo frontal até o sulco parieto-occipital. Irriga também a parte mais alta da face superolateral de cada hemisfério. A obstrução de uma das artérias cerebrais anteriores causa paralisia e diminuição da sensibilidade do membro inferior do lado contralateral, decorrente da lesão em áreas corticais motora e sensitiva que correspondem a perna e se localizam na porção alta dos giros pré e pós-cental (MACHADO; HAERTEL, 2006)

A artéria cerebral média percorre o sulco lateral em toda sua extensão e vasculariza a maior parte da face supero-lateral bilateral e regiões corticais importantes como área motora e somestésica, entre outras (MACHADO; HAERTEL, 2006).

As áreas somestésicas ou sensitivas recebem aferência de informações como dor, temperatura, tato e pressão, além de sensações do posicionamento das articulações e percepção do corpo no espaço. Possui representação somatotópica de diferentes partes do corpo onde a dimensão varia de acordo com a quantidade de tecido neural que inerva. O córtex motor relaciona-se quase que inteiramente ao controle das contrações musculares e dos movimentos corporais, baseando-se nas respostas aos sinais somatossensoriais. Também possuem diferentes representações, baseadas no homúnculo de Penfield e Rasmussen (MACHADO; HAERTEL, 2006; GUYTON; HALL, 2006).

A artéria cerebral posterior dirige-se para trás, contorna o pedúnculo cerebral e face interna do lado temporal, chegando ao lobo occipital. Irriga a área visual, e sua obstrução causa cegueira em uma parte do campo visual (MACHADO; HAERTEL, 2006).

Figura 01: Representação do Polígono de Willis.



Fonte: Adaptado de MOORE (2014).

Disponível em: <<https://www.anatomia-papel-e-caneta.com/artérias-do-encefalo/>>.

A prática regular de atividade física promove mudanças benéficas a citoarquitetura e funcionalidade do SNC, devido a aumento de proteína BDNF. A BDNF desempenha funções como plasticidade cerebral e sináptica, neurogênese e melhora da função cognitiva. A disponibilidade central e periférica desta neuroproteína pode estar intimamente ligada a fatores como idade, sexo, peso e intensidade do exercício (HUANG et al., 2014).

Sugere-se mudanças positivas no que diz respeito ao volume da substância cinzenta, córtex pré-frontal, hipocampo e substância branca ao estímulo aeróbico. O condicionamento cardiorrespiratório pode estar associado ao aumento do volume da massa encefálica, menor susceptibilidade à lesões periventriculares, diminuição do declínio cognitivo e atrofia cortical. A ativação da musculatura pode estimular a liberação de metabólitos na circulação sanguínea e contribuir para o aumento de expressão de neurotrofinas. Uma análise sobre o condicionamento cardiorrespiratório em uma população de 2103 indivíduos adultos demonstrou relação entre aumento do volume em região de hipocampo, córtex orbitofrontal e giro cingulado bilateral com maior consumo de  $VO_2$  (WITTFELD et al., 2020).

A prática regular de exercícios pode estimular a sinaptogenese cortical e facilitar a recuperação da função perdida após lesão. As células mucosas em região

de hipocampo estão ligadas a representação espacial, formação e armazenamento da memória, desempenhando um papel importante para saúde cerebral e recuperação funcional (TOSCANO-SILVA et al., 2010; ORCZYKOWSKI et al., 2018).

## 2.5 Fotobiomodulação

A Fotobiomodulação (FBM) ou terapia laser de baixa intensidade (TLBI) utiliza luz monocromática e de alta fluência, com características de colimação e coerência para estimulação do tecido biológico. A laserterapia de baixa intensidade possui característica não-térmica, com potência na faixa de 1-1000mW e comprimentos de onda que variam entre 632-1024 nm, dentro no espectro vermelho ao infra-vermelho próximo, respectivamente. (HASHM, 2010; TIAN et al., 2016).

Diodos emissores de luz, conhecidos pelo acrônimo em inglês LED (*Light Emitting Diode*), também são uma alternativa para estimulação do tecido. Além de serem mais baratos, produzem luz com comprimentos de onda semelhantes ao laser, diferindo quanto à coerência e monocromaticidade (HASHMI et al., 2010; BARRETT; GONZALEZ-LIMA, 2013).

A produção do raio laser ocorre pela excitação de fontes energéticas em estado líquido, gasoso ou sólido, chamados de meio ativo. Os lasers terapêuticos ou de baixa intensidade mais utilizados dentro do ambiente clínico para estimulação do tecido, ações analgésicas e antiinflamatórias são o de hélio e neônio (He-Ne), arseneto de gálio-alumínio (Ga-As-Al) e arseneto de gálio (Ga-As), dentro dos espectros vermelho e infra-vermelho, respectivamente (AIMBIRE et al., 2006; LINS et al., 2010).

Os benefícios da TLBI foram descobertos por Endre Mester, em 1967, em um experimento feito a fim de reproduzir dados de McGuff para curar tumores malignos em ratos. Utilizando um laser ruby, Mester observou uma melhora na cicatrização de feridas e aumento do crescimento capilar em ratos (HENNESSY; HAMBLIN, 2016).

A absorção dos fótons de luz pelo tecido ocorre por meio de cromóforos, receptores presentes na membrana celular sensíveis a comprimentos de onda específicos, causando um estado de excitação chamado de fotoativação celular (LINS et al., 2010). A terapia laser não se baseia na produção de calor ou aquecimento para estimulação do tecido biológico, mas em efeitos fotoquímicos, fotoelétricos ou fotofísicos (CATÃO, 2004; LAMPL et al., 2007).

A variabilidade de escolha dos parâmetros como comprimento de onda, fluência, irradiância, tempo de tratamento e tipo de aplicação podem alterar a resposta biológica do tecido (HUANG; CHEN; CARROLL, 2009; CAVALCANTI et al., 2011).

Segundo Hennessy & Hamblin (2017) e Huang e colaboradores (2009), a variabilidade dos efeitos pode ser descrita pela lei de Arndt-Schultz, onde estímulos em doses baixas trazem um aumento significativo da atividade celular, enquanto doses mais altas não aumentam progressivamente seus benefícios, sendo possivelmente prejudiciais quando muito elevadas.

Acredita-se que laserterapia induza uma resposta fotoquímica na célula por um processo conhecido como fotoestimulação ou fotobioestimulação (KONSTANTINOVIC et al., 2013). O efeito biológico estimulador ou inibidor está diretamente relacionado à absorção energética pelo fotorreceptor alvo, modulando o metabolismo mitocondrial e produção energética (ATP), fatores de transcrição gênica, eliminação de metabólitos inflamatórios, síntese colagênica, neovascularização tecidual, atividade quimiotática e fagocitária (FUKUDA et al., 2008; GARCEZ et al., 2012).

A aplicabilidade da Fotobiomodulação dentro de processo terapêutico se estende de cicatrização de feridas, alívio de dor crônica e processos inflamatórios, diminuição da fadiga, diminuição de marcadores bioquímicos pós exercícios à melhora do desempenho muscular de indivíduos saudáveis e neurológicos (LEAL JUNIOR et al., 2010; DE MARCHI et al., 2011; ALMEIDA et al., 2011; CHAIEB et al., 2015; REIS et al., 2015; NAMPO et al., 2016; MONICH; BAVRINA; MALINOVSKAYA, 2018; NEVES et al., 2019).

Pesquisas recentes demonstram que a TLBI pode ser uma ferramenta promissora dentro do processo de reabilitação neurológica, como efeitos positivos para Acidente Vascular Encefálico, Traumatismo Cranioencefálico, doenças neurodegenerativas como Parkinson e Alzheimer, alterações comportamentais, psicológicas e cognitivas (LAMPL et al., 2007; ZIVIN et al., 2009; SCHIFFER et al., 2009; NAESER et al., 2011; GONZALEZ-LIMA, 2012; ROJAS; BRUCHEY; GONZALEZ-LIMA, 2012; OUESLATI et al., 2015; DISNER; BEEVERS, GONZALEZ-LIMA., 2016; TIAN et al., 2016; VARGAS et al., 2017; HIPSKIND et al., 2018; ZINCHENKO et al., 2019; CHAN et al., 2019).

O sistema nervoso é um complexo de células, que desempenha dentre muitas funções, o controle de motricidade. Para que suas funções sejam mantidas, há a necessidade de suprimento permanente de glicose e oxigênio, por meio de um fluxo sanguíneo intenso. O fluxo sanguíneo varia conforme regiões, sendo mais intenso em áreas ricas em sinapse (MACHADO; HAERTEL, 2006).

A célula nervosa possui alta demanda energética, dependendo do suprimento glicolítico e oxigenativo para manutenção das funções normais. O transporte elétrico de informações é a maior função consumidora de energia dos neurônios, devido à constante atividade de polarização e repolarização da membrana plasmática para propagação do impulso nervoso. A mitocôndria é um componente chave para a respiração celular, metabolismo e balanço de íons de cálcio, adaptando a produção energética de acordo com a demanda imposta pelo organismo (GONZALEZ-LIMA et al., 2014)

O aumento do fluxo sanguíneo favorece a oxigenação em áreas do cérebro, estimulando a ação mitocondrial e produção de ATP. Os fatores de transcrição genética como NF- $\kappa$ B (fator nuclear K $\beta$ ), proteína ativadora-1 (AP-1), proteína de ligação responsiva ao AMPc (CREB- *cAMP response element binding protein*), NGF (fator de crescimento nervoso), BDNF, importantes para desenvolvimento e regulação sináptica, síntese de neurotransmissores, diminuição de quadros inflamatórios (regulação negativa de citocinas pró-inflamatórias e regulação positiva de citocinas anti-inflamatórias), diminuição de quadros excitotóxicos e estimulação da plasticidade neuronal também podem ser potencializados por meio da Fotobiomodulação (GLEZER et al., 2000; THUNSHELE; HAMBLIN, 2016; TIAN et al., 2016). Para Naeser e colaboradores (2011), a terapia laser aumenta a ativação de fatores transcrição gênica importantes para a remodelação do tecido cerebral lesionado.

Faixa de onda no comprimento infravermelho se mostrou mais eficiente na estimulação do tecido biológico uma vez que ondas de comprimentos menores possuem menor percentual de penetração, sendo absorvidos por células melanócitas, localizadas superficialmente a pele (ROJAS et al., 2012; GONZALES-LIMA, 2014).

Para Cassano e colaboradores (2012), a fotobiomodulação transcraniana poderia auxiliar a modulação da excitabilidade cortical, estimular a oxigenação e

perfusão sanguínea, aumentar a neuroplasticidade, diminuir o estresse oxidativo e fatores inflamatórios.

Dois estudos realizados por Jagdeo e colaboradores (2012) e Tedford e colaboradores (2015) analisaram a penetração da luz laser em cabeças de cadáveres humanas nos comprimentos de onda de 830nm e 660, 808 e 940nm, respectivamente. No primeiro estudo descobriu-se que a penetração dependia da região anatômica do crânio (0,9% no temporal região, 2,1% na região frontal e 11,7% na região occipital). Observou-se no segundo que a melhor resposta foi encontrada na irradiação do comprimento de onda de 808nm, que atingiram uma profundidade de 40-50mm.

A fim de impedir a dispersão dos fótons de luz, o local mais apropriado para aplicação da laserterapia transcraniana é diretamente sobre a cabeça, onde não há presença de cabelos (HENNESSY; HAMBLIN, 2016)

Os artigos encontrados sobre a utilização da fotobiomodulação transcraniana em modelos humanos, em indivíduos hígidos e com disfunções psicológicas/neurológicas, estão demonstrados na tabela a seguir.

Tabela 02: Produções científicas sobre a fotobiomodulação transcraniana em indivíduos saudáveis ou neurológicos descritos pelo autor e ano, disfunção, número de indivíduos, equipamento utilizado, parâmetros de irradiação, local de aplicação e achados clínicos.

Estudo/ano	Disfunção	n	Equipamento Laser	Parâmetro e irradiação	Local de aplicação	Achados clínicos
Barrett; Gonzalez-Lima. (2013)	Indivíduos saudios	40	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> T:480s	Área FP2 do sistema 10-20 de EEG (pólo frontal direito - área 9 e 10 de Brodmann)	Melhor desempenho em tarefas de memória e estado emocional positivo sustentado comparado ao placebo
Blanco; Saucedo; Gonzalez-Lima. (2016)	Indivíduos saudios	118	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:240s (cada lado) E:816J	Área FP2 e F4-F8 do sistema 10-20 de EEG	Melhora da capacidade de aprendizado após uma única sessão de FBM em comparação ao placebo

Cassano et al. (2015)	Transtorno depressivo	4	Laser NeuroThera by PhotoThera Inc	808nm P:5W DP:704mW/cm <sup>2</sup> DE:84J/cm <sup>2</sup> A:7,1cm <sup>2</sup> T: 120s E: 600J	Lado direito e esquerdo a 20-40mm da linha sagital (córtex pré-frontal)	Remissão na pontuação da Escala de avaliação de depressão de Hamilton (HAM-D) após 6-7 semanas de tratamento. Porém a amostra era muito pequena
Cassano et al. (2018)	Transtorno depressivo	21	LED (Omnilux New U by Photomedex, Inc, Montgomeryville, PA)	823nm P:0,952W DP:3,2mW/cm <sup>2</sup> DE:40J/cm <sup>2</sup> A:28,7cm <sup>2</sup> T:1200s E: 1142J	Área F3-F4 do sistema 10-20 de EGG (simultâneo)	Dados sugerem efeitos antidepressivos em pacientes tratados com FBM-T vs placebo
Chan et al. (2018)	Transtorno depressivo	21	LED (Model 1100, MedX Health, Toronto)	623-870nm P:0,999 DP:4,4mW/cm <sup>2</sup> DE:20J/cm <sup>2</sup> A:22,48cm <sup>2</sup> T:450s E:449,5J (por ponto)	Área FP1 e FP2 e Pz do sistema 10-20 de EEG	Resultados sugerem melhora da função executiva (área frontal) após uma única sessão de FBM em comparação ao placebo
Chaieb et al. (2015)	Indivíduos sadios (destros)	32	Laser (Weber Medical, GmbH: Classe 1, tipo BF)	810nm P:0,15W DP:428mW/cm <sup>2</sup> DE:257,14J/cm <sup>2</sup> A:0,35cm <sup>2</sup> T:600s E:90J	Área de M1-músculo interósseo da mão direita	Diminuição em 20-30% da excitabilidade cortical entre 0 e 30 min após FBM. Os valores basais foram retomados após 30 min
Disner et al. (2016)	Transtorno depressivo	51	Laser Diodo CG- 5000	1064nm P:3,4W	Parte medial e lateral do lado	Melhora dos sintomas de

	severo		(Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:240s (cada lado) E:816J	esquerdo ou direito da testa	depressão
Hesse; Werner; Byhahn (2015)	TCE (distúrbios de consciência)	5	Laser (Power Twin 21 by MKW Laser System)	785nm P:0,21W DP:10mW/cm <sup>2</sup> DE:6J/cm <sup>2</sup> T:600s E:126J	Cinco pontos demarcados na testa, em nível da crista superior da fossa esfenooidal	Aumento do estado de alerta e nível de consciência. Convulsões foram notadas como possível efeito colateral
Hipskind et al. (2018)	TCE (distúrbios de consciência)	12	LED (InLight Wellness System)	629-850nm P:3,3W DP:6,3mW/cm <sup>2</sup> DE:7,6J/cm <sup>2</sup> A:519cm <sup>2</sup> T:1200s E:3960J	Topo todo da cabeça	Resultados sugerem melhora da função cognitiva e aumento da perfusão sanguínea após o TCE
Holmes et al. (2019)	Indivíduos saudáveis	34	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:120J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:480s E:1632J	Área FP2 (pólo frontal direito)	Melhora do desempenho cognitivo e da oxigenação do córtex pré-frontal em comparação ao placebo
Hwang et al. (2016)	Indivíduos saudáveis	60	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:240s (cada lado) E:816J	Parte medial e lateral do lado esquerdo ou direito da testa	Melhora dos sintomas de depressão

Konstantinovic et al. (2013)	Indivíduos saudios	14	Endolaser 476 (Enraf Nonius, Roterdã, Holanda)	905nm DP:50mW/cm <sup>2</sup> DE:3J/cm <sup>2</sup> A:1cm <sup>2</sup> T:60s	Área de M1-músculo interósseo da mão direita	Diminuição temporária (primeiros 20 min) da excitabilidade cortical em 71,5% dos voluntários
Lampl et al. (2007)	AVE isquêmico agudo (24 horas)	120	NeuroThera Laser System (NTS) by PhotoThera Tratamento NEST-1	808nm DE:1/cm <sup>2</sup> T:120s	Vinte pontos pré determinados no tecido cerebral após a retirada do couro cabeludo	Melhora dos índices avaliados. Resultados sugerem que a terapia laser pode ser um tratamento eficaz para casos de AVE isquêmicos agudos
Maiello et al. (2019)	Transtorno generalizado de ansiedade	15	LED cluster headband (Cerebral Science)	830nm P:2,4W DP:30mw/cm <sup>2</sup> DE:11,5-36J/cm <sup>2</sup> A:80cm <sup>2</sup> T:900-1200s E:2160-2880J	Testa sob os pontos FP1, FP2, F7, F8 e FPz	Redução significativa nos sintomas de ansiedade e sua severidade. Melhorias na qualidade do sono
Morries; Cassano; Henderson. (2015)	TCE crônico com transtorno depressivo	10	Laser LT1000 (LiteCure, Newark, DE, USA) Diowave 810 (Diowave, Riviera Beach, FL, USA)	810-980nm e 810nm (pulsado) P:10W-15W DE:14,8-28,3J/cm <sup>2</sup> T:480-720s *ajustamento para cada paciente	(a) Área anterior e medial do lobo temporal e frontal (b) Frontal	Importância de garantir doses individuais adequadas. Remissão (57%) da severidade dos sintomas de depressão e ansiedade
Neaser et al.	TCE	2	LED (cluster	633-870nm	À direita e a	Melhora da

(2011)	crônico		com 3 cabeças de agrupamento)	<p>P:0,5W DP:25,8mW/cm<sup>2</sup> DE:7,7J/cm<sup>2</sup> A:19,39cm<sup>2</sup> T:300s E: 150J</p> <p>P:0,5W DP:22,2mW/cm<sup>2</sup> DE:6,6J/cm<sup>2</sup> A:22,48cm<sup>2</sup> T:300s E:150J</p>	esquerda da linha média	cognição, tempo de atenção e qualidade do sono
Neaser et al. (2019)	AVE com afasia (Lesão em hemisfério esquerdo)	6	Cluster LED (MedX Health, Model 1100, Toronto)	<p>633nm P:0,5W DP:22,2mW/cm<sup>2</sup> A:22,48cm<sup>2</sup> *ajustamento para cada paciente</p>	<p>1a parte: (a) Bilateral (lado D e E) em região de área suplementar; (b) Ipsilateral em lado E; 2a parte; (c)1 ponto do lado E sob a área de Heschl; (d) 2 pontos do lado E sob a área de Heschl</p>	Aumento da conectividade da área de compreensão da linguagem falada e aprimoramento da capacidade de nomeação na aplicação (d)
Poiani et al. (2018)	TCE crônico (CLINICAL TRIAL)	**	Laser (capacete)	<p>623nm P:0,83W DP:2,07mW/cm<sup>2</sup> DE:3,74J/cm<sup>2</sup> A:400cm<sup>2</sup> T:1800s E:1494J</p>	Todo o topo da cabeça	Espera-se melhorias na memória, atenção e função executiva, além da diminuição dos sintomas de depressão e ansiedade em pacientes tratados com FMB-T
Salgado et al. (2015)	Mulheres sadias idosas	25	LED	<p>627nm P:0,2W DP:70mW/cm<sup>2</sup> DE:40J/cm<sup>2</sup> A:13mm T:30s (por ponto)</p>	Quatro pontos da região frontal e parietal	Aumento da velocidade do fluxo sanguíneo para a artéria cerebral média esquerda e basilar. Nota-se diminuição da resistência vascular nas artérias avaliadas

Santos et al. (2018)	TCE lesão axonal difusa (CLINICAL TRIAL)	32	LED	627nm P:0,2W DP:70mW/cm <sup>2</sup> DE:40J/cm <sup>2</sup> A:13mm T:30s (por ponto)	Quatro pontos da região frontal e parietal	Esperam-se melhorias nas escalas Glasgow, classificação da tomografia computadorizada de Marshall e classificação Adams
Schiffer et al. (2009)	Transtorno depressivo	10	LED (Marubeni America Corp, Santa Clara, CA)	810nm P:1w DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> A:4cm <sup>2</sup> T:240s E:240J	F3-F4 do sistema 10-20 de EEG	Maior redução dos índices de depressão (60%) e ansiedade (70%) após duas semanas de tratamento
Tian et al. (2016)	Indivíduos saudáveis	9	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:150J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:600s E:2040J	(a) Centro da testa (lobo frontal medial); (b) Lado D da testa (lobo frontal lateral D)	Aumento da concentração de hemoglobina oxigenada e diminuição da hemoglobina desoxigenada em ambos os grupos
Vargas et al. (2017)	Indivíduos saudáveis (meia idade e idosos)	12	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:60J/cm <sup>2</sup> A:13,6cm <sup>2</sup> T:240s (cada área) E:816J	Área FP2 (pólo frontal direito)	Melhora significativa da função cognitiva
Zivin et al. (2009)	AVE isquêmico agudo (24	660	NeuroThera Laser System (NTS) by	808nm DE:1/cm <sup>2</sup> T:120s	Vinte pontos pré-determinados	Melhora dos índices avaliados, principalmente

	horas)		PhotoThera Tratamento NEST-2		no tecido cerebral após a retirada do couro cabeludo	em pacientes tratados de 0 a 6h após o AVE. Porém sem diferença significativa entre grupos
Wang et al. (2017)	Indivíduos sadios	11	Laser Diodo CG- 5000 (Modelo HD Laser Center, Dallas, TX, USA)	1064nm P:3,4W DP:250mW/cm <sup>2</sup> DE:13,6cm <sup>2</sup> T:55s por ciclo E:187J por ciclo (8 ciclos) E:1496J	Acima da sobrancelha	Aprimoramento do metabolismo cerebral e suprimento de sangue oxigenado

Legenda: P=potência; DP= densidade de potência; DE= densidade de energia; A=área; T= tempo; E= energia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### **3. HIPÓTESE**

As disfunções neurológicas têm grande impacto na vida dos indivíduos promovendo importantes alterações no sistema musculoesquelético e cardiorrespiratório. Juntas, essas alterações diminuem drasticamente a funcionalidade gerando quadros de sedentarismo e de maior suscetibilidade a complicações cardiovasculares. Hipotetizamos que a fotobiomodulação aplicada em áreas específicas do cérebro poderia aumentar o influxo de sangue e oxigênio nas regiões vascularizadas pela artéria cerebral anterior e média, mais precisamente nas áreas cortical e somatotópica responsáveis pelo movimento voluntário e representação de diferentes partes do corpo e, por conseguinte, aumentar o recrutamento muscular periférico em indivíduos com sequelas neurológicas após um programa de treinamento sensório-motor.

## **4. OBJETIVO**

### **4.1 Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da laserterapia transcraniana na função do sistema musculoesquelético por meio de um programa de treinamento aeróbico para pessoas com mobilidade reduzida.

### **4.2 Objetivos específicos**

- ✓ Analisar a atividade elétrica do músculo reto femoral hemiparético ou de maior comprometimento, por meio da eletromiografia de superfície antes, durante e após o protocolo de treinamento sensório-motor na esteira;
- ✓ Mensurar o desempenho cognitivo antes, durante e após o protocolo de treinamento sensório-motor na esteira.
- ✓ Mensurar o nível de lactato produzido após a primeira e última sessão de tratamento sensório-motor na esteira;

## 5 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo experimental aleatorizado, com modelo de ensaio controlado duplo-cego. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), localizado em São José dos Campos, São Paulo, sob o protocolo CAAE: 94858718.3.0000.5503. Este estudo está registrado no *Clinical Trials* N° NCT03751306. Os voluntários foram recrutados da lista de espera da clínica de fisioterapia da UNIVAP e do cadastro de pacientes que não se encontravam em atendimento. Todos os voluntários foram informados sobre os processos de avaliações e tratamento e assinaram o TCLE (Apêndice A). O estudo foi realizado na clínica de Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade do Vale do Paraíba, em conjunto com o Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensorio Motora, pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D).

### 5.1 Critérios de inclusão dos voluntários

Indivíduos com diagnóstico de AVE Isquêmico, TCE, LM, PC, pós-operatório de tumor cerebral e esclerose múltipla;

Doenças neurológicas crônicas a partir de 6 meses de lesão;

Indivíduos caucasianos;

Idade entre 18 a 85 anos;

Ambos os sexos;

Cognição preservada e capacidade de responder a estímulos verbais;

Indivíduos com marcha terapêutica, domiciliar ou comunitária, que conseguissem deambular na esteira voluntariamente ou por auxílio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov<sup>®</sup>;

Regularidade no uso de medicamentos contínuos prescritos pelo médico para o controle e/ou tratamento de doenças crônicas;

Indivíduos com a liberação médica para à reabilitação.

### 5.2 Critérios de Exclusão

Pessoas que não correspondem ao critério de inclusão;

- Tabagistas ativos;
- Portadores de patologias respiratórias crônicas, como DPOC, asma e bronquiectasia;
- Portadores de doenças cardíacas descompensadas;
- Obesidade grau II - índice de massa corpórea maior que 34,99 kg/m<sup>2</sup>;
- Pacientes com nível de lesão medular acima de T6, que venha apresentar disreflexia autonômica;
- Pacientes com lesão medular com escala ASIA A ou B;
- Pacientes com esclerose múltipla que estejam em período de surto;
- Pacientes que fazem uso de fármacos betabloqueadores;
- Acidente vascular encefálico hemorrágico.

### **5.3 Amostra**

Inicialmente 20 indivíduos se encaixavam nos critérios de inclusão do estudo. Deste número, 4 voluntários foram afastados por problemas de saúde. A amostra consistiu de um total de 16 indivíduos com sequelas crônicas de AVEi, LM, TCE e PC (10 indivíduos do gênero masculino e 6 do gênero feminino), com média de idade 50,6 ± 13,1 anos. O protocolo de tratamento teve a duração de 12 semanas, na frequência de 2 sessões por semana.

### **5.4 Grupos de Estudo**

Os indivíduos considerados elegíveis foram divididos aleatoriamente em 2 grupos, com 8 componentes cada. A randomização por aleatoriedade simples foi escolhida para alocação dos voluntários nos grupos de tratamento. Por se tratar de um estudo duplo-cego, o processo de randomização bem como o de aplicação da fotobiomodulação foi realizado por um segundo pesquisador.

*Grupo Laser (GL):* reabilitação cardiorrespiratória associada à aplicação ativa da fotobiomodulação transcraniana.

*Grupo Placebo (GP):* reabilitação cardiorrespiratória associada à aplicação placebo da fotobiomodulação transcraniana.

## 5.5 Métodos de Avaliações e Instrumentações Biomédicas

Foram avaliadas a atividade muscular do músculo Reto Femoral parético ou de maior comprometimento, a cognição por meio de um teste específico (MEEN) e a lactimetria. Uma ordem de avaliação foi criada pelos pesquisadores para que não houvesse interferência nos dados.

As avaliações de eletromiografia e MEEN ocorreram em 3 momentos:

A0: Primeira avaliação dos sujeitos, antes de iniciarem a reabilitação;

A1: Aproximadamente na 8ª semana de reabilitação;

A2: Aproximadamente na 12ª semana de reabilitação, ao final do tratamento.

Já a coleta do lactato sanguíneo aconteceu na primeira (A0) e na última sessão (A2) do protocolo de tratamento.

Tabela 03: Caracterização do estudo.

**Design:** Estudo experimental aleatorizado controlado por placebo

**Critérios para participação:**

Adultos (18 a 85 anos);

Diagnóstico de AVE Isquêmico, TCE, LM, PC, pós-operatório de tumor cerebral e Esclerose Múltipla;

Cognição preservada;

Marcha com ou sem dispositivo de auxílio;

**Intervenção:**

Reabilitação sensório-motora associada à aplicação de Fotobiomodulação Transcraniana ativa vs Placebo

**Critérios avaliados:**

Eletromiografia

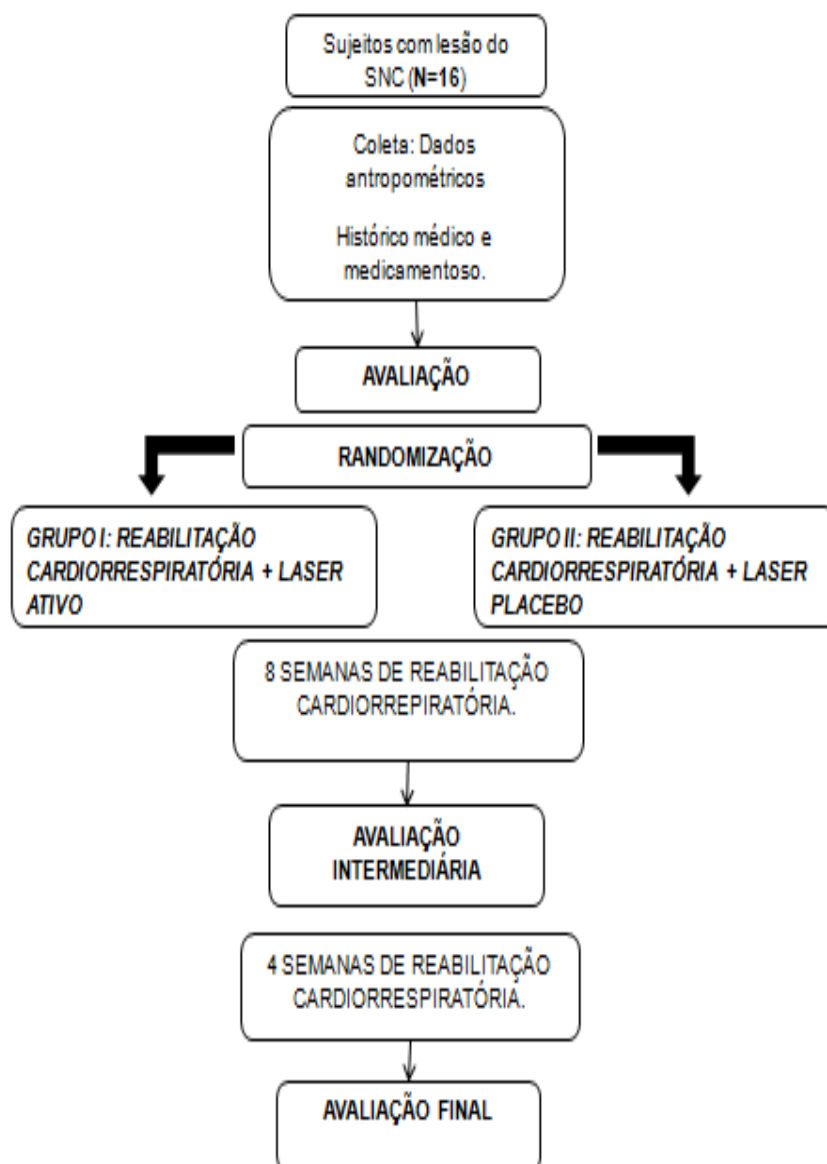
Teste cognitivo MEEN

Lactimetria

---

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 02: Fluxograma indicando propostas de tratamento e periodização das avaliações.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 5.5.1 Eletromiografia de superfície

Para captação do sinal eletromiográfico utilizou-se o aparelho da marca EMG System do Brasil Ltda, modelo EMG832 C - USB, de oito canais, composto por um conversor A/D (conversor analógico-digital) de 12 bits de resolução, acoplados a um computador. A calibração ocorreu de acordo com especificações do fabricante, onde

Xmin= -2000; Ymáx= 2000; Coef $\alpha$ = 0; Coef $\beta$ = 500 e frequência de amostragem de ordem de 2000 Hz.

Os eletrodos foram posicionados medialmente entre a espinha ílica ântero-superior e a parte superior da patela, seguindo recomendação de *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM), juntamente com a prova de função muscular, onde voluntários foram posicionados em sedestação e instruídos a realizar extensão do joelho do lado parético ou de maior comprometimento sem e com resistência externa. Após a delimitação da área, realizou-se tricotomia seguida de higienização com álcool 70%. Os eletrodos foram posicionados no sentido das fibras musculares, na região mais proeminente do ventre muscular.

Foram utilizados eletrodos descartáveis, com gel condutivo adesivo e rebite de prata/cloreto de prata (Ag/AgCL). Os eletrodos sofreram um corte na linha laminada para seguir especificações propostas de 20 mm de distância entre um ponto e outro (SENIAM).

Figura 03: Local de fixação dos eletrodos, segundo SENIAM e demonstrativo do eletrodo adesivo utilizado nas coletas.



Legenda: A= Recomendação de posicionamento para o músculo reto femoral, segundo SENIAM; B= Eletrodos adesivos utilizados para coleta.

Fonte: Adaptado SENIAM, 2019.

Para identificação do sinal de referência utilizou-se um eletrodo em forma de pinça sobre o processo estilóide da ulna, longe do eletrodo ativo. As coletas aconteceram de 3 formas distintas: em ortostatismo, durante o movimento de agachamento (contração isotônica) e durante contração mantida do agachamento (isometria). Todos os voluntários eram instruídos a ficarem em pé, com os pés

levemente afastados, mãos apoiadas e olhar fixo no horizonte. Na coleta em ortostatismo o sinal EMG superficial foi captado durante 15 segundos, com o paciente imóvel.

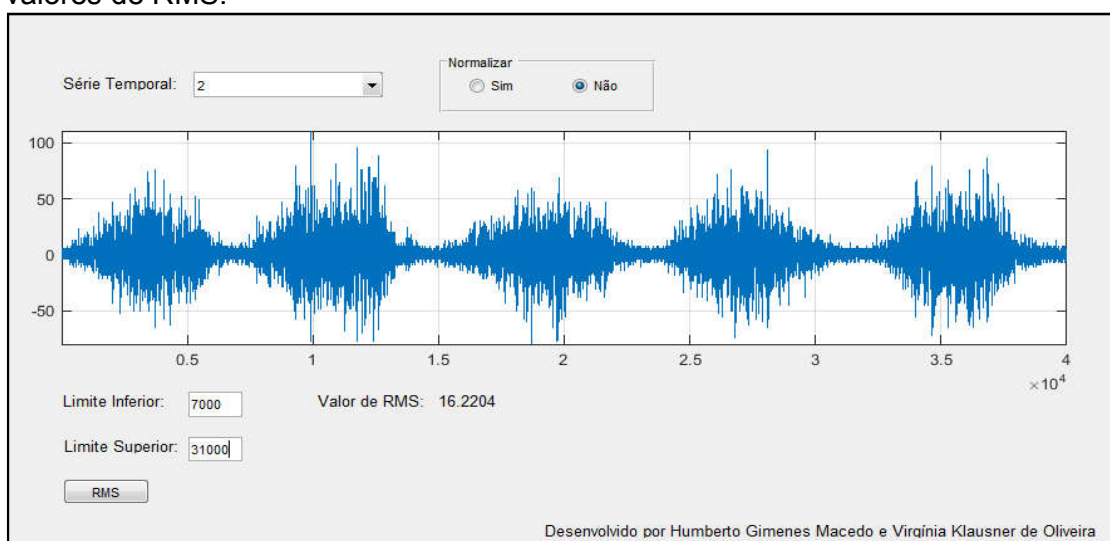
Na segunda coleta os voluntários foram instruídos a realizarem no mínimo 3 repetições do movimento de agachamento a 45°, durante o tempo de coleta de 20 segundos. Na última coleta, os voluntários realizavam o movimento de agachamento e se mantinham na posição por 15 segundos.

Os dados respectivos ao sinal da EMG de superfície foram arquivados em forma de TXT e transportados posteriormente para um software para extração do valor de RMS.

O processamento dos dados foi realizado pelo software ELEDA®, acrônimo de *Electromyography and Dynamometer Data Analysis* (Análise de dados de Eletromiografia e Dinamômetro), desenvolvido por pesquisadores do laboratório de Física e Astronomia, pertencentes ao IP&D da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.

A fim de padronizar a extração de RMS, cortes de tamanhos similares foram feitos nos espectros da contração basal e isométrica. Já na coleta isotônica, foram selecionadas 3 contrações para obtenção de um valor médio do sinal. Todas as janelas de contração foram selecionadas visivelmente.

Figura 04: Janela do software ELEDA® com espectro do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral parético durante a contração isotônica para extração dos valores de RMS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### **5.5.2 Mini-Exame do Estado Mental (MEEM)**

O Mini-exame do estado mental (MEEN) é amplamente utilizado em ambientes clínicos para detecção ou acompanhamento de alterações cognitivas, devido a sua fácil aplicação (WAFTA et al., 2011). É composto por questões que avaliam funções cognitivas específicas, tais como: orientação temporal e espacial, capacidade de linguagem, memória, atenção, cálculo e construção visual. Os valores mais altos da pontuação do MEEN indicam maior desempenho cognitivo, chegando ao máximo de 30 pontos (FOLSTEIN; FOLSTEIN; MCHUGH, 1975; OLIVEIRA; BARROS; SOUZA, 2008; SCALZO et al., 2010).

Sua pontuação total sofre influência do nível de escolaridade, variando de acordo com diferentes graus de instrução. Trabalhos publicados sugerem a nota de corte proposta por Brucki e colaboradores (2003): 20 pontos para analfabetos; 25 pontos para pessoas com escolaridade de 1 a 4 anos; 26,5 pontos para 5 a 8 anos de escolaridade; 28 pontos para indivíduos com 9 a 11 anos de escolaridade e 29 pontos ou mais para indivíduos com mais de 11 anos de estudo, considerando a recomendação de utilização dos escores de cortes mais elevados (NITRINI et al., 2005). O questionário está representado no Apêndice C.

O questionário foi aplicado nas avaliações basal, intermediária (8 semanas) e final (12 semanas). O escore final de cada avaliação foi calculado pelo somatório das pontuações obtidas nos itens avaliados e posteriormente tabulado em um sistema de banco de dados para análise e comparação.

### **5.5.3 Lactímetro (Accutrend PLUS da Roche®)**

Antes do início das coletas o equipamento passou por calibração com o uso de solução de controle Accusport BM-Control-Lactate da Roche®. Foram mensurados os níveis de lactato sanguíneo no primeiro e último dia de reabilitação cardiorrespiratória, em dois momentos diferentes: durante o repouso inicial (medida basal) e após o protocolo de treinamento na esteira (medida final). Para a coleta do sangue venoso, realizou-se higienização da polpa dos dedos. Posteriormente ocorreu a perfuração com auxílio de uma lanceta descartável. Uma pipeta volumétrica foi utilizada para captação da gotícula de sangue sequencialmente

colocada sobre a demarcação da fita de dosagem do lactato BM-Lactate (Roche Accusport), próprias para o equipamento.

Todas as medidas de biossegurança foram tomadas como uso de luvas de procedimento pelo pesquisador e descarte do material biológico e perfurocortante em local específico. Os valores da lactacidemia foram anotados e tabulados em planilhas para análise e comparação.

Figura 05: Procedimento para coleta do lactato sanguíneo.



Legenda: A= Perfuração da polpa do dedo, após higienização; B= Pressão exercida para que formação da gotícula de sangue venoso após perfuração e coletada por uma pipeta volumétrica; C= Transferência do sangue coletado para fita de dosagem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### 5.5.4 Fotobiomodulação Transcraniana (FMB-T)

A aplicação a FMB-T ocorreu em 3 regiões específicas com o intuito de estimular o aumento do fluxo sanguíneo das artérias cerebral anterior e média, e por conseguinte, ofertar mais oxigênio as áreas corticais por elas irrigadas. Utilizou-se como referência o Sistema Internacional 10-20 de EEG para delimitação da área correspondente, sendo estas Fz (artéria cerebral anterior), F7 (artéria cerebral média esquerda) e F8 (artéria cerebral média direita). Para estimular tal resposta, utilizou-se um Cluster (DMC Therapy, MED Light Laser VIV), composto por 6 lasers no total.

##### **Parâmetros adotados:**

**Comprimento de onda:** 3 lasers no  $\lambda = 660\text{nm}$  e 3 Lasers no  $\lambda = 808\text{nm}$

**Potência:** 100 mW

**Energia:** 6J cada laser

**Tempo de tratamento:** 60s em cada área

**Áreas irradiadas:** 3

**Energia por ponto de aplicação: 36J**

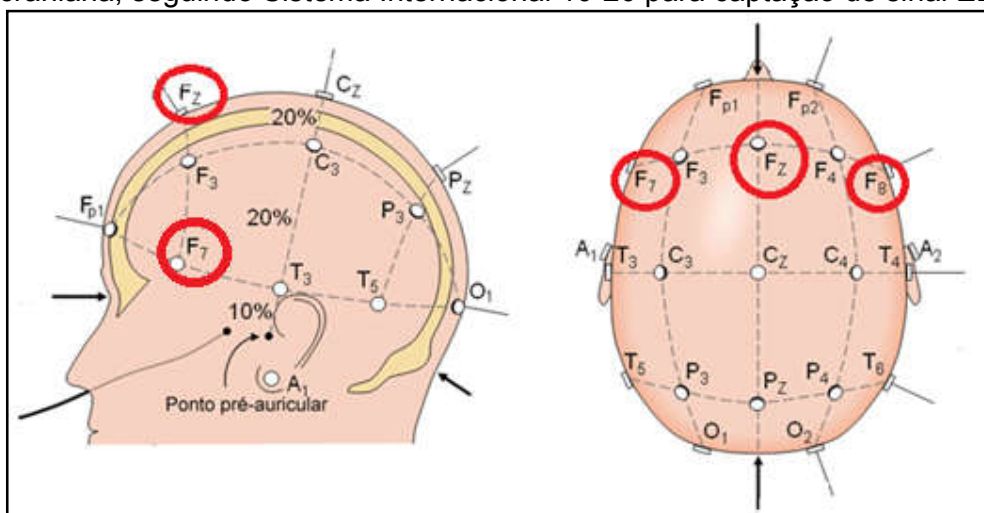
**Energia total: 108J**

**Modo de aplicação:** pontual, sem contato

Um distanciamento mínimo entre o equipamento laser e a pele foi adotado durante a aplicação da FBM-T para evitar quaisquer sensações dérmicas dos voluntários, não sendo possível calcular os parâmetros de densidade de potência e densidade de energia.

Todos os pacientes utilizavam óculos com bloqueio total da visão para que não soubessem da randomização dos grupos durante a irradiação da FBM-T. Por se tratar de um estudo duplo-cego, a aplicação da laserterapia foi feita por um segundo terapeuta. Medidas de biossegurança foram adotadas com uso de óculos de segurança adequado ao comprimento de onda pelo terapeuta.

Figura 06: Pontos de referência utilizados para irradiação da fotobiomodulação transcraniana, seguindo Sistema Internacional 10-20 para captação de sinal EEG.



Fonte: Adaptado de < <https://kandel.com.br/blog-neurofisiologia/como-localizar-os-pontos-do-sistema-10-20-uteis-da-estimulacao-magnetica-transcraniana/> >

Figura 07: Cluster de Laser MDC



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 5.6 Protocolo de Reabilitação

O protocolo de reabilitação sensório motora teve duração de 12 semanas. Cada sessão teve duração de aproximadamente 1 hora, na frequência de 2 vezes semanais, em dias alternados, totalizando 24 sessões.

Os grupos Laser (GL) e Placebo (GP) realizaram o mesmo protocolo. A sessão de tratamento foi dividida em 4 etapas, sendo elas:

### Etapa 1 – Repouso inicial

Após chegarem ao local de atendimento, todos os voluntários eram submetidos a 10 minutos de repouso, dentro do qual recebiam a simulação ou irradiação da FBM-T e tinham coletados os sinais vitais como: pressão arterial sistêmica (PAS), frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SatO<sub>2</sub>) e o valor da escala de percepção de esforço (BORG).

A escala de BORG é o instrumento mais popular para mensuração da sensação de esforço durante a prática de exercícios aeróbicos. A escala original classifica o esforço percebido em níveis de 6 a 20, onde cada número possui descritores verbais respectivos variando entre “muito fácil” a “exaustivo”. Os descritores numéricos relacionam-se com a variação da frequência cardíaca, de 60 a 200 batimentos por minuto (MARTINS; ASSUMPÇÃO; SCHIVINSKI, 2014; MORISHITA et al., 2018).

Para o grupo placebo, o laser esteve desligado no tempo que correspondente a irradiação. A figura 08 demonstra o posicionamento do equipamento para a aplicação da FBM-T nos grupos laser (GL) e placebo (GP), respectivamente.

Figura 08: Representação dos pontos de aplicação da FBM-T nos grupos Laser e Placebo.



Legenda: A= ponto F8 (hemisfério direito); B= ponto Fz (linha média); C= ponto F7 (hemisfério esquerdo)

Fonte:Elaborado pelo autor (2019).

#### Etapa 2 - Treinamento aeróbico.

O protocolo de treinamento foi dividido em aquecimento, resistência aeróbica e desaquecimento. Todas as fases ocorreram na esteira ergométrica (Moviment RT200<sup>®</sup>), com apoio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov<sup>®</sup>.

A Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov<sup>®</sup> (Número de patente: BR 20 2017 020782 5) é composta por quatro pilares de ferro onde extensores e cordas elásticas são adicionados com o objetivo de favorecer a suspensão parcial de peso e a estabilização postural de pessoas com disfunções neuromusculares de comprometimento leve a grave. A estrutura permite a prática de exercícios dinâmicos que não poderiam ser realizados sem o auxílio de terceiros. Além disso, o equipamento é seguro e adaptado para a reabilitação e treinamento de pessoas com mobilidade reduzida (BRAINMOV, 2017).

Os voluntários faziam a colocação de um cinto em região abdominal ao qual eram adicionados 8 elásticos, distribuídos em pares por 4 pilares de ferro, em direção diagonal. Também eram adicionadas 2 cordas de suspensão parcial de peso, com regulagem de tensão, para segurança em caso de perda de equilíbrio.

Figura 09: Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov<sup>®</sup>, utilizada durante o protocolo de reabilitação sensório-motor.



Legenda: A= centralização da esteira entre os pilares da Estação BrainMov<sup>®</sup>; B= posicionamento do voluntário durante o treino aeróbico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Durante o aquecimento, o sujeito caminhava em baixa velocidade por 5 minutos. Ao final do período, ainda em movimento, coletavam-se os sinais de PAS, FC, SatO<sub>2</sub> e BORG.

A fase de resistência teve duração de 15 minutos. A intensidade do treinamento foi monitorada pela frequência cardíaca de treinamento (FCT) determinado pela equação de Karvonen [FCT= x. (FCM – FCRep) + FCRep], previamente estipulada por um teste ergométrico, onde:

FCT= Frequência cardíaca de treinamento; x= % do esforço desejado; FCM= Frequência cardíaca máxima prevista (220-idade); FCRep= Frequência cardíaca de repouso.

Os valores do percentual de esforço considerados na equação da FCT foram entre 50% a 70% (HERDY et al., 2014). O monitoramento também foi realizado por meio da escala de percepção de esforço (BORG), mantendo a percepção subjetiva em moderado, entre os valores de 12 a 14. No 7º e 15º minuto, coletou-se novamente dos dados vitais e BORG. O incremento da velocidade e/ou inclinação acontecia de forma gradual, respeitando as análises supracitadas.

O desaquecimento também ocorreu na esteira ergométrica por 5 minutos, ao final da fase de resistência. A diminuição da velocidade ocorreu de forma gradual para prevenir intercorrências. Para os sujeitos que já deambulavam na velocidade mínima, o desaquecimento ocorreu com a esteira desligada e a manutenção da posição ortostática. Ao final, coletavam-se os dados vitais. Caso necessário, os

voluntários eram auxiliados pelos terapeutas para manutenção da cadência e ritmo dos passos durante as fases do treinamento.

Os pacientes que não conseguiam realizar o protocolo completo de reabilitação na esteira ergométrica, tiveram o treinamento dividido em 2 ou 3 blocos menores de tempo, variando de acordo com índice BORG e com o intervalo de descanso entre as séries.

Após o treino aeróbico, os sujeitos ficaram em repouso durante 5 minutos. Logo após novamente eram coletados os sinais vitais.

### Etapa 3 – Fortalecimento muscular:

A etapa de fortalecimento muscular foi composta de dois exercícios voltados para ativação das musculaturas envolvidas na marcha: (A) flexão de quadril e joelho em cadeia cinética aberta, tanto do lado parético como do lado sadio, e (B) agachamento.

(A) Exercício de fortalecimento muscular em cadeia cinética aberta dos flexores de quadril: O indivíduo era instruído a realizar de flexão de quadril e joelho, na tentativa de favorecer o movimento de tríplice flexão, com as mãos levemente apoiadas no espaldar, em 3 séries de 10 repetições. Conforme evolução, eram adicionadas cargas externas (caneleiras) para resistência ao movimento.

(B) Exercício de fortalecimento muscular em cadeia cinética fechada de isquiotibias, quadríceps femoral, glúteo médio e glúteo máximo: O indivíduo realizou o movimento de agachar, com apoio leve das mãos no espaldar, em 3 séries de 10 repetições.

Figura 10: Demonstrativo dos exercícios de fortalecimento.



Legenda: A= exercício em cadeia cinética aberta para estímulo da tríplice flexão; B= exercício em cadeia cinética fechada de agachamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

#### Etapa 4 – Orientações

Nesta etapa eram fornecidas orientações para a prática de exercícios respiratórios e elucidação sobre o processo de reabilitação cardiorrespiratória. Os voluntários eram treinados durante a primeira sessão para realizar o exercício de respiração diafragmática no ambiente domiciliar, com o objetivo de favorecer a expansão pulmonar e estimular os músculos respiratórios durante o treino cardiorrespiratório. Os sujeitos foram instruídos a inspirar o ar pelas narinas de modo que a região abdominal e torácica fosse expandida. Na fase expiratória, o ar deveria ser exalado pela boca, associado à contração abdominal. O exercício foi realizado em 3 séries de 8 repetições, em decúbito dorsal, com extensão dos membros inferiores, para facilitar a percepção do padrão respiratório diafragmático.

Também deitados, realizavam o exercício respiratório de inspiração fracionada. Os sujeitos eram instruídos a realizar 3 inspirações breves e seguidas uma da outra com o objetivo de atingir a capacidade pulmonar total. Após uma breve pausa inspiratória, o indivíduo era orientado a soltar todo o ar pela boca (expiração) de forma lenta, suave e com os lábios semicerrados. Foram realizadas 3 séries de 5 repetições.

### 5.7 Análise dos dados

Todos os dados coletados durante as avaliações foram organizados e tabulados em forma de planilha no Microsoft Office Excel<sup>®</sup> 2013, apresentando análise descritiva inicial por meio de tendência central e desvio padrão. A análise estatística dos resultados foi realizada com a ajuda do programa comercial Bioestati<sup>®</sup> versão 5.3. Para comparação entre as diferentes etapas do tratamento e medidas pré e pós intervenção dos grupos Laser vs Placebo utilizou-se o teste ANOVA (análise da variância) e teste *t Student*, com valores de significância ajustados para  $p \leq 0,05$ .

## 6 RESULTADOS

A composição e caracterização dos grupos Laser e Placebo estão descritas na tabela 04.

Tabela 04: Caracterização dos grupos.

CARACTERÍSTICA	GRUPO LASER	GRUPO PLACEBO
<i>N° de indivíduos</i>	8	8
<i>Idade</i>	46,6±13,8	55,9±11,7
<i>Peso</i>	73,3±22,2	75,5±12,4
<i>Altura</i>	161,4±10	169,9±8,5
<i>Gênero</i>	62,5% (F) 37,5% (M)	12,5% (F) 87,5%(M)
<i>Distribuição das patologias</i>	AVE(5); PC(2); TCE(1)	AVE(5); PC(1); TCE(1); LM(1)

Legenda: Média±Desvio Padrão; F: Feminino; M: Masculino.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 6.1 Eletromiografia de superfície

As análises do sinal EMG respectivos ao RMS (Root Mean Square) em uV do músculo reto femoral parético nas posturas ortostática, isotônica do movimento de agachamento e isométrica, expressos como média e desvio padrão (DP) para os grupos Laser e Placebo estão descritos na tabela 05.

Tabela 05: Valores da eletromiografia do músculo reto femoral espástico (RMS) antes (basal), durante (8 semanas) e ao final (12 semanas) do protocolo de reabilitação.

Variável	BASAL		8 SEMANAS		12 SEMANAS	
	G. Las	G. Pla	G. Las	G. Pla	G. Las	G. Pla
<i>Passivo</i>	7,6±6,6	7,4±3,7	9,1±8,6	9,3±11,1	4,5±1,2	9,9±13,1
<i>Isotônico</i>	21,5±12,4	25,8±12,7	21,4±8,9	25,2±12,8	25,5±15,1	29,8±19,3
<i>Isométrico</i>	20,3±13,1	28±13	27,8±11,4	30,7±20,1	32,3±16,2	32,3±19,8

Legenda: Valores de média ± Desvio padrão. G. Las= Grupo Laser; G. Pla= Grupo Placebo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A tabela 06 representa a diferença em porcentagem da amplitude do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral parético antes (basal) e ao final do protocolo de reabilitação (12 semanas), nas 3 formas de coleta.

Tabela 06: Análise da diferença em porcentagem do sinal eletromiográfico (RMS) coletados antes do início do tratamento (Basal) e ao final (12 semanas).

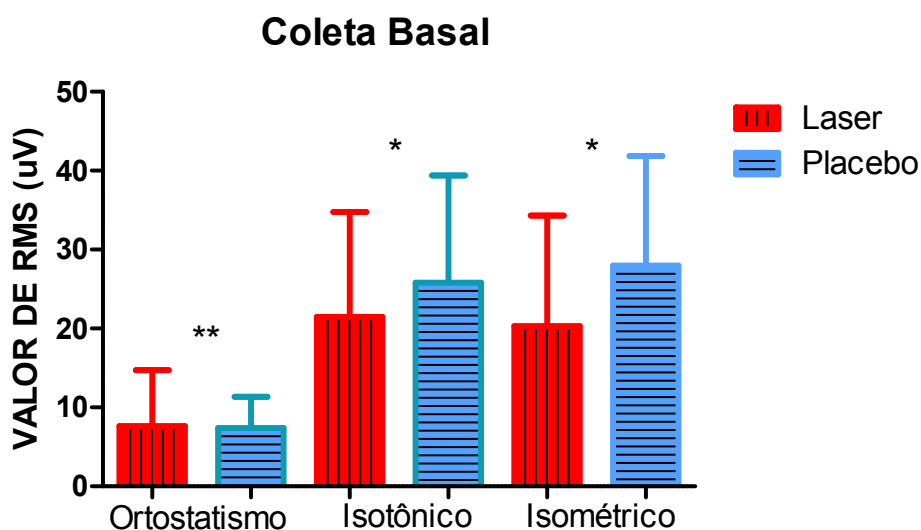
VARIÁVEL	Grupo Laser (%)	Grupo Placebo (%)
<i>Ortostatismo</i>	-40,8	33,8
<i>Isotonia</i>	18,6	15,5
<i>Isometria</i>	59,1	15,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quanto à coleta passiva, onde o indivíduo era instruído a manter a postura ortostática, nota-se uma diminuição da amplitude do sinal do grupo Laser em comparação ao Placebo, o que pode sugerir uma modulação temporária da hiperatividade muscular. Foi possível observar um aumento da atividade elétrica do músculo reto femoral parético durante as coletas de contração isotônica e isométrica para ambos os grupos experimentais, porém em maior proporção para o Grupo Laser.

A análise entre a amplitude do sinal captado durante o ortostatismo ( $p=0,009$ ), isotonia ( $p=0,02$ ) e isometria ( $p=0,01$ ) foram significativamente diferentes antes do início do protocolo de reabilitação para os grupos Laser vs Placebo. Essa diferença não foi demonstrada nas demais avaliações.

Figura 11: Representação em média e desvio padrão do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral parético durante o período de coleta basal para os grupos Laser e Placebo.



Legenda: Os dados foram coletados antes do início do protocolo de tratamento (coleta basal). Os valores estão representados em média e desvio padrão. \*\*P=0,01 e \*P= <0,05 Grupo Laser vs Grupo Placebo.

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos Laser vs Placebo nos tempos de avaliações basal, 8 semanas e 12 semanas para os valores de RMS por meio do teste T de *Student*.

Tabela 07: Comparação dos valores de RMS para os grupos Laser vs Placebo.

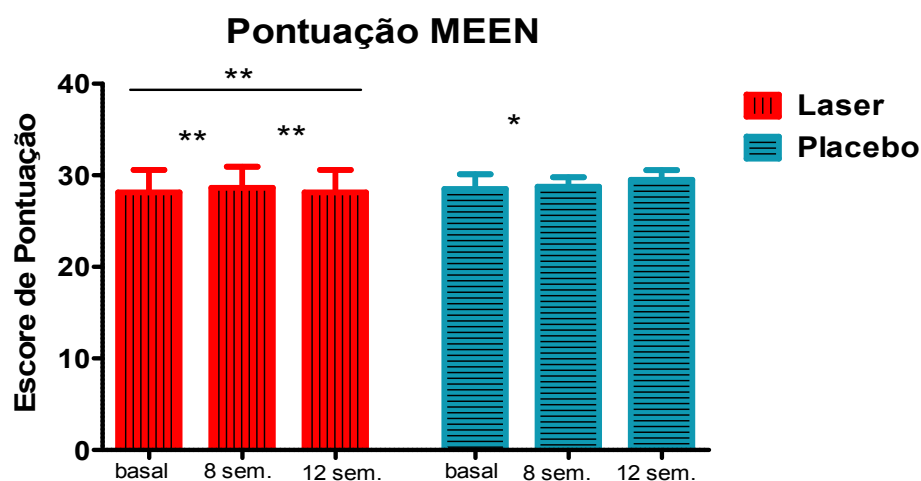
COLETA	BASAL		8 SEMANAS		12 SEMANAS	
	P	IC 95%	P	IC 95%	p	IC 95%
<i>Passivo</i>	0,9329	-3,2 a 3,5	0,9780	-14,4 a 13,9	0,3070	-17,7 a 12,2
<i>Isotônico</i>	0,3020	-13,6 a 4,9	0,3580	-14,1 a 5,7	0,6872	-26,5 a 18,5
<i>Isométrico</i>	0,0826	-16,8 a 1,3	0,6579	-16,8 a 11,3	0,9896	-21,9 a 21,7

Legenda: P=Nível de significância; IC95%=Índice de confiança 95%.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6.2 Mini-exame do estado mental (MEEN)

Figura 12: Pontuação dos questionários de avaliação cognitiva (MEEN) expressos em média e desvio padrão para os grupos Laser e Placebo nas coletas basal (início), 8 semanas (intermediário) e 12 semanas (final).



Legenda: Valores de média ± Desvio padrão. Diferença significativa \*P<0,05, \*\*P=<0,001.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os valores médios de pontuação do teste MEEN sugerem similaridade entre os voluntários avaliados. Na análise intragrupo pode-se observar diferenças extremamente significativas entre as avaliações basal e 8 semanas ( $p=0,0009$ ), 8 semanas e 12 semanas ( $p=0,0003$ ) e basal e 12 semanas ( $p<0,0001$ ) para o Grupo Laser, e basal e 8 semanas ( $p=0,01$ ) para o Grupo Placebo respectivamente. Não foram observadas diferenças na comparação dos resultados entre grupos Laser vs Placebo em todos os tempos de avaliações, sendo: basal ( $p=0,4834$ ); 8 semanas ( $p=0,7064$ ) e 12 semanas ( $p=0,6763$ ).

### 6.3 Lactato Sanguíneo

O lactato sanguíneo foi coletado no primeiro e último dia de treinamento na esteira, em dois períodos diferentes: durante o repouso inicial (coleta basal) e ao final da sessão (coleta final). A tabela 08 apresenta os valores de média e desvio padrão respectiva a lactacidemia antes e ao final do protocolo de reabilitação e percentual de concentração.

Tabela 08: Valores da concentração de lactato sanguíneo expressos em média, desvio padrão e porcentagem durante a 1ª sessão e a 24ª sessão.

GRUPOS	1ª SESSÃO			24ª SESSÃO		
	Antes	Depois	%	Antes	Depois	%
<i>Laser</i>	2,0±0,5	2,3±0,7	15	2,8±0,6	4,2±1,6	50
<i>Placebo</i>	2,5±0,8	3,6±1,1	44	2,9±0,7	3,9±1,1	34,5

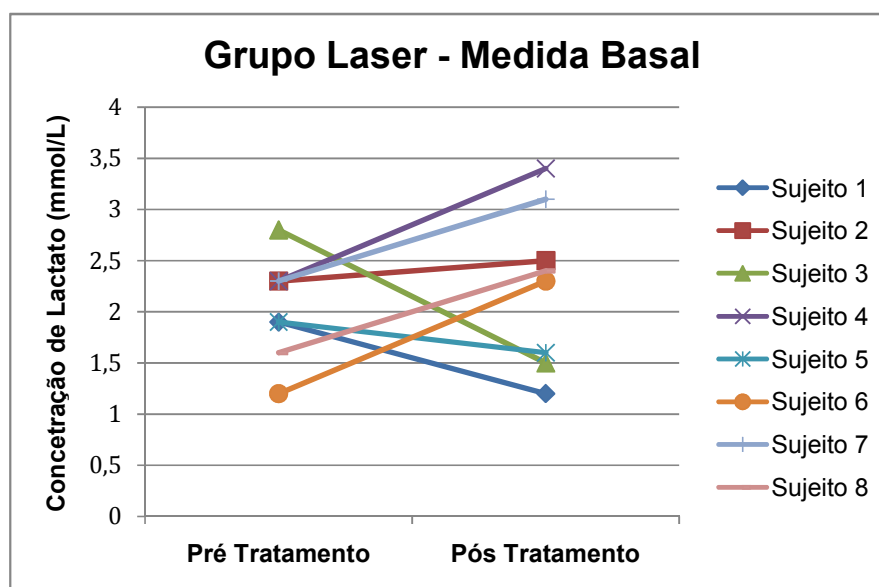
Legenda: Valores de média ± Desvio padrão. %=porcentagem da concentração de lactato sanguíneo coletados *Antes* e *Depois* a primeira e última sessão de treinamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nota-se um aumento nos valores reais coletados antes e após a primeira e última sessão do protocolo de reabilitação aeróbica no Grupo Laser, com incremento de 1,1 mmol/L entre as duas avaliações. Já no Grupo Placebo houve uma ligeira diminuição na concentração de lactato, sendo esta diferença de 0,1 mmol/L. Na análise de variância, não foram observadas diferenças significativas intra e intergrupo.

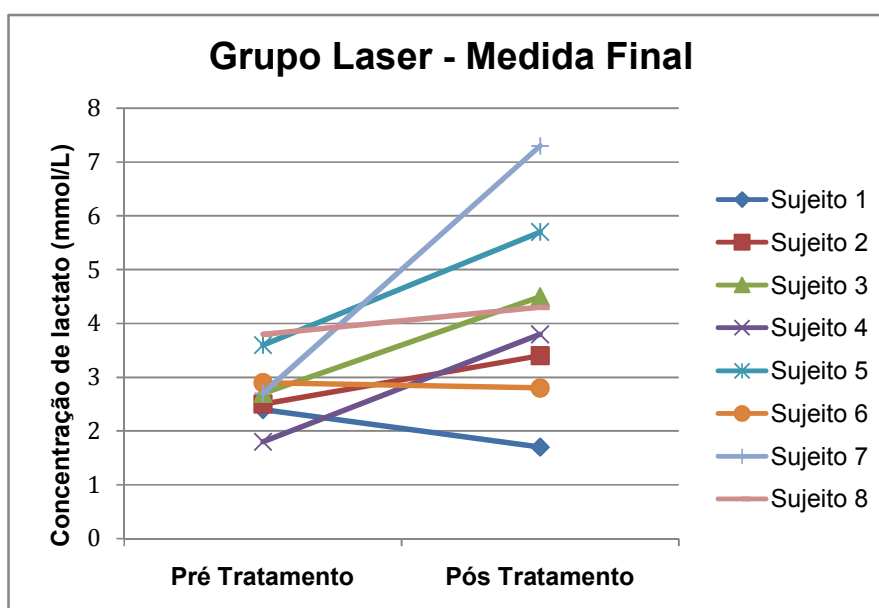
As figuras 13 e 14 demonstram o comportamento das concentrações de lactato sanguíneo para todos os componentes do grupo Laser (n=8) antes (medida basal) e ao final (medida final) do protocolo de reabilitação.

Figura 13: Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a primeira sessão do protocolo de reabilitação cardiopulmonar para todos os indivíduos do Grupo Laser (n=8).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

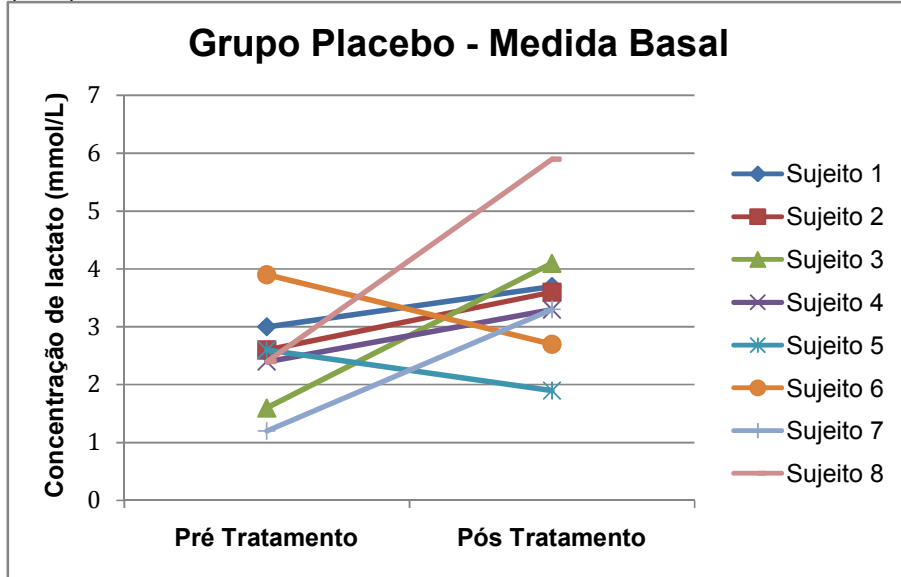
Figura 14: Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a última sessão do protocolo de reabilitação cardiopulmonar para todos os indivíduos do Grupo Laser (n=8).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

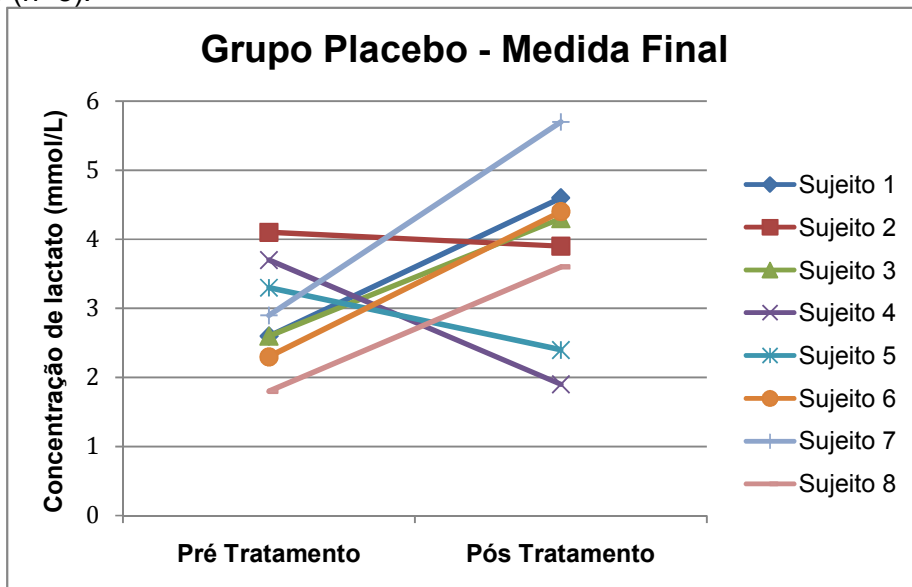
As figuras 15 e 16 demonstram o comportamento das concentrações de lactato sanguíneo para cada voluntário do grupo Placebo (n=8) antes (medida basal) ao final (medida final) do protocolo de reabilitação.

Figura 15: Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a primeira sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Placebo (n=8).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

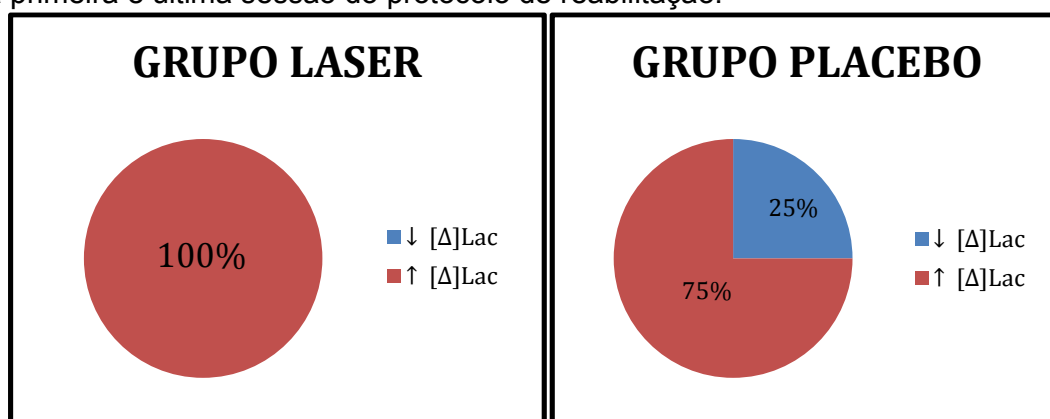
Figura 16: Comportamento do lactato sanguíneo antes e após a última sessão do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória para todos os indivíduos do Grupo Placebo (n=8).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A figura 17 demonstra o comportamento da concentração de lactato sanguíneo em porcentagem, quando comparados os valores da coleta pós tratamento da primeira sessão e pós tratamento da última sessão, tanto para o grupo Laser quanto para o Placebo.

Figura 17: Porcentagem de incremento na concentração de lactato sanguíneo para o Grupo Laser e Placebo, quando comparados os valores das coletas pós tratamento da primeira e última sessão do protocolo de reabilitação.



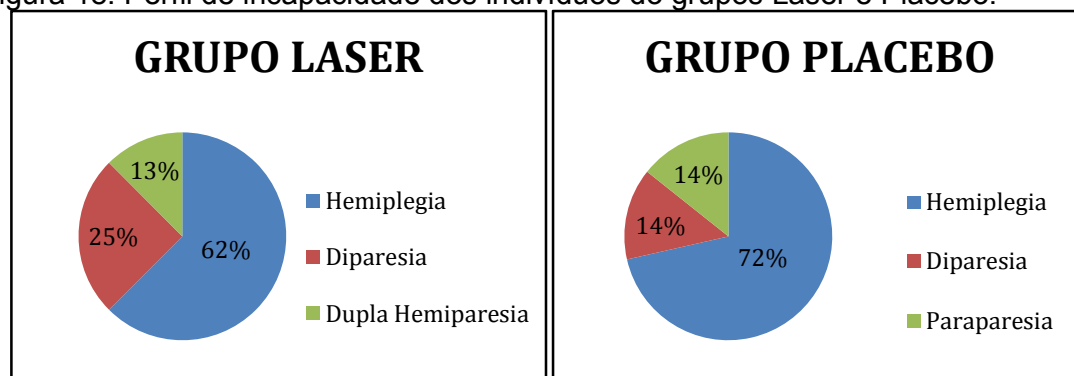
Legenda: ↓=Diminuição; ↑= Aumento;[Δ] Concentração de Lactato.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Afim de complementar os resultados obtidos a partir da lactacidemia, também foram consideradas as disfunções apresentadas pelos indivíduos pertencentes ao Grupo Laser e Placebo, juntamente com as médias de velocidade de treinamento na esteira (Km/h).

Os gráficos a seguir retratam o perfil de incapacidade dos pacientes e distribuição dos diagnósticos fisioterapêuticos.

Figura 18: Perfil de incapacidade dos indivíduos do grupos Laser e Placebo.



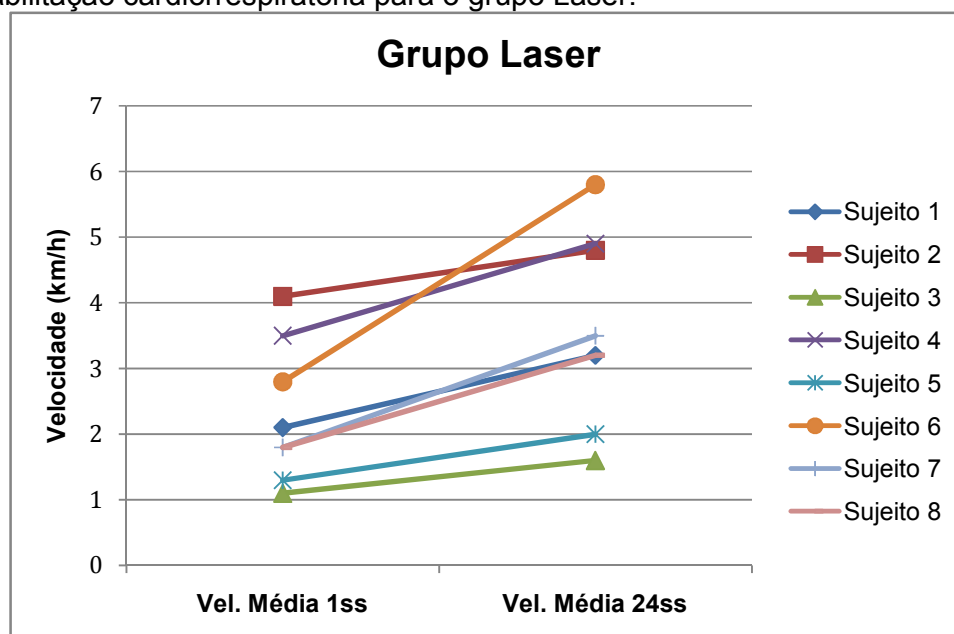
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Todos os voluntários tinham características de espasticidade. No grupo Laser, 62% dos voluntários tinham características de hemiparesia ou hemiplegia, 25% de diparesia e 13% de dupla-hemiparesia. Deste montante, 62,5% dos voluntários não conseguiram realizar a fase de resistência na esteira de forma contínua, sendo necessária a divisão em blocos menores de tempo, com intervalo de descanso entre eles.

Já no grupo Placebo, 72% dos voluntários tinham características de hemiparesia ou hemiplegia, 14% de diparesia e 14% de paraparesia. Neste grupo, apenas 37,5% dos pacientes tiveram a fase de resistência dividida em blocos menores de tempo. Nota-se, portanto, que a concentração de lactato sanguíneo foi maior entre indivíduos pertencentes ao grupo Laser. Porém, este mesmo grupo apresentava maior limitação para a realização do protocolo de treinamento aeróbico na esteira, o que justificaria o incremento.

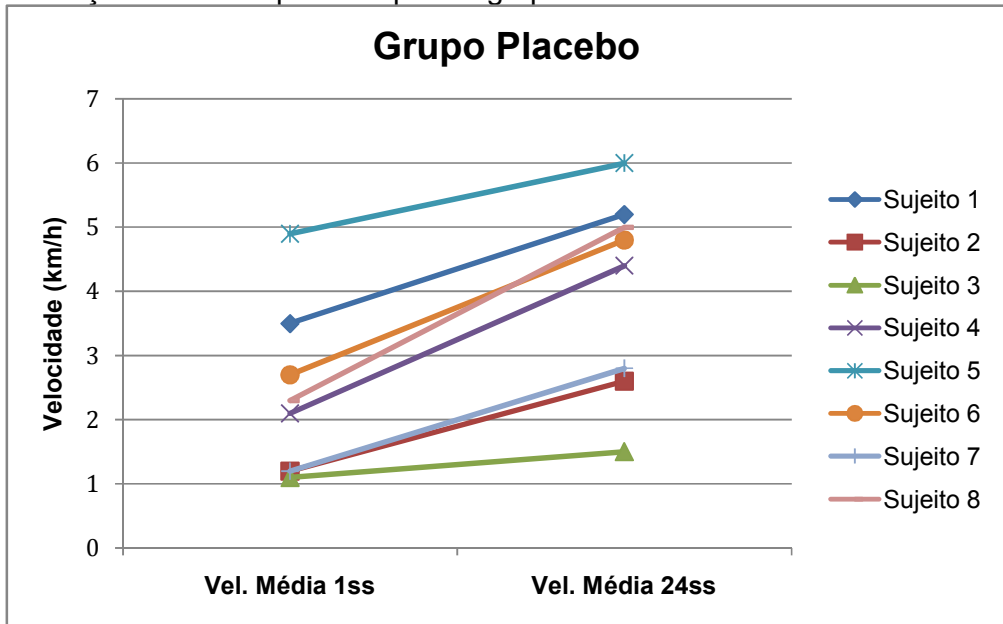
A figura 19 demonstra a velocidade média individual de treinamento em Km/h de todos os integrantes do grupo Laser (n=8) entre a primeira sessão e a última. Já a figura 20 demonstra o mesmo comportamento no que diz respeito a velocidade média para os pertencentes ao grupo Placebo (n=8).

Figura 19: Incremento da velocidade média (Km/h) entre a primeira e última sessão de reabilitação cardiorrespiratória para o grupo Laser.



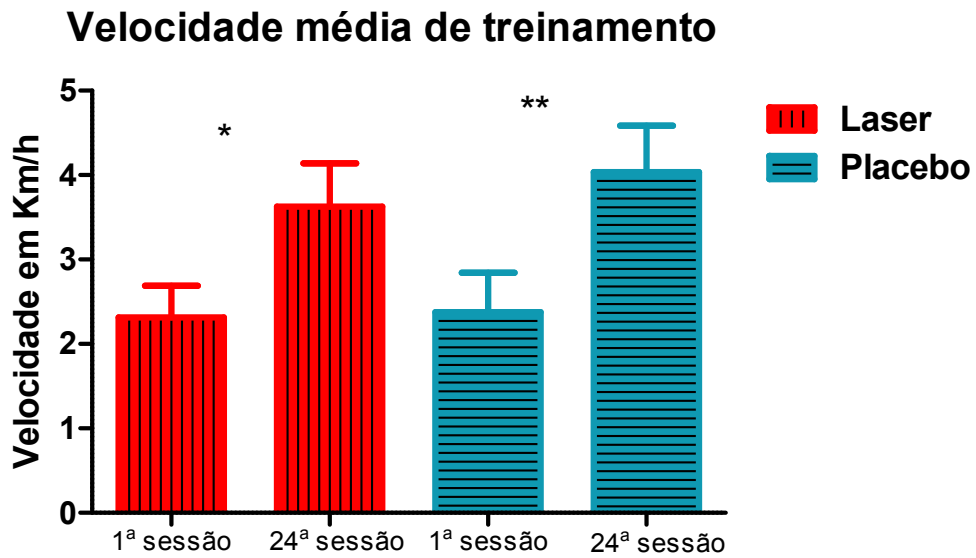
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 20: Incremento da velocidade média (Km/h) entre a primeira e última sessão de reabilitação cardiorrespiratória para o grupo Placebo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 21: Velocidade média de treinamento em Km/h da 1ª e 24ª sessão durante o protocolo de reabilitação cardiorrespiratória expresso em média e desvio.



Legenda: Valores de média ± Desvio padrão. Diferença significativa \*P<0,05, \*\*P=0,005.  
 Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Grupo Laser obteve um aumento de 1,3 km/h entre as médias da primeira e última sessão, enquanto no Grupo Placebo a diferença obtida nos mesmos aspectos avaliados foi de 1,6 km/h. Pode-se sugerir que ambos os grupos obtiveram melhora

da performance no que diz respeito ao incremento da velocidade de treinamento, com melhor índice para o Grupo Placebo.

Na análise de variância intragrupos observou-se diferença extremamente significativa entre a primeira e última sessão à respeito da velocidade média de treino, respectivos ao Grupo Laser ( $p=0,0378$ ) e Grupo Placebo ( $p=0,0054$ ).

Não houve diferenças significativas entre os dois grupos avaliados.

## 7 DISCUSSÃO

Baseados nos achados da literatura onde a FBM-T estaria relacionada à melhora de aspectos cognitivos e neuropsicológicos, hipotetizamos que a irradiação transcraniana poderia promover uma maior ativação do sistema sensório-motor e aumentar o desempenho músculo-esquelético em pacientes com sequelas neurológicas submetidos a treino aeróbico na esteira.

Apesar da vasta literatura disponível, nenhum estudo relacionando a aplicabilidade da FBM-T a um possível aumento da atividade muscular periférica foi encontrado tratando-se, portanto, de estudo pioneiro e de grande relevância. Para tal estímulo, utilizou-se um cluster de laser composto por 3 lasers de 660nm e 3 lasers de 808 nm. Os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho foram aplicados simultaneamente sob os pontos AF, F7 e 78, com dose de energia de 36J por área irradiada e energia total de 108J. Uma distância mínima foi mantida entre o equipamento e a pele dos voluntários para que evitar possíveis sensações dérmicas de formigamento, agulhamento ou aquecimento. Devido a este distanciamento, não foi possível calcular os parâmetros de densidade de potência e densidade de energia, relacionados a intensidade da potência de saída de luz por unidade de área e quantidade de energia por unidade de área transferida ao tecido respectivamente (RIBEIRO et al.,2004).

Quanto à eletromiografia do músculo reto femoral espástico em repouso (ortostatismo), observou-se uma redução de 40,8% do valor de RMS entre as coleta inicial (basal) e final (12 semanas) para o grupo Laser, o que poderia sugerir uma modulação temporária da hiperatividade muscular. O inverso foi percebido nas demais coletas para ambos os grupos, porém em maior proporção para o grupo Laser. Quando comparadas as coletas inicial (basal) e final (12 semanas) detectou-se um aumento do recrutamento de fibras de 18,6% para a contração isotônica e de 59,1% para a contração isométrica nos indivíduos do grupo Laser. Na comparação entre grupos (Laser vs Placebo) observados uma diferença significativa para as coletas realizadas em ortostatismo ( $p=0,009$ ), isotonia ( $p=0,02$ ) e isometria ( $p=0,01$ ) antes do início do protocolo de reabilitação cardiorrespiratória. Essa diferença não foi demonstrada nas demais avaliações.

Um estudo realizado por Konstantinovic e colaboradores (2013) demonstrou que a fotobiomodulação transcraniana foi capaz de modular a excitabilidade do

córtex motor em 14 indivíduos saudáveis. Para tal avaliação, mediu-se a amplitude dos potenciais evocados motores (MEPs) do músculo interósseo da mão direita após irradiação transcraniana sobre o córtex motor primário ( $\lambda 905\text{nm}$ ,  $\text{DP}=50\text{mW}/\text{cm}^2$ , energia total=  $15\text{J}/\text{cm}^2$ ,  $T=60\text{s}$ ). As mensurações dos MEPs foram feitas antes e após a estimulação laser (até 30 minutos) por meio da estimulação magnética transcraniana. Como resultado, notou-se queda na amplitude do MEPs comparados ao baseline, com diferença significativa em 10min ( $T_0-T_{10}$   $p=0,023$ ) e 20min ( $T_0-T_{20}$   $p=0,003$ ). Não houve diferença na comparação  $T_0-T_{30}$  ( $p=0,18$ ). O estudo de Chaieb e colaboradores (2015) corroboram com os resultados supracitados. Também avaliou-se a excitabilidade cortical por meio da medição do MEP do músculo interósseo após irradiação transcraniana ( $\lambda 810\text{nm}$ ,  $P=0,15\text{W}$ ,  $\text{DP}=\text{próximo a } 500\text{mW}/\text{cm}^2$ ,  $\text{DE}=257,14\text{J}/\text{cm}^2$   $A=0,35\text{cm}^2$ ,  $T=600\text{s}$ ,  $E=90\text{J}$ ). Houve diminuição de 20-30% da amplitude dos MEPs imediatamente após a irradiação e até o trigésimo minuto ( $p<0,005$ ) para o grupo Laser, associado a um aumento da inibição cortical de curto intervalo.

Segundo estes autores, estes resultados podem ser atribuídos a estimulação de vias inibitórias, aumentando a neurotransmissão GABAérgica e/ou diminuindo ações Glutamatérgicas. Outro mecanismo citado é a possível alteração do potencial de membrana. Um aumento da atividade da bomba de sódio geraria uma estabilidade membranar e resistência a despolarização, diminuindo a propagação do impulso nervoso.

A hipertonia pode ser explicada pela combinação de fatores importantes como aumento da frequência de disparos elétricos em decorrência do acúmulo de neurotransmissores excitatórios (Glutamato) e diminuição ou perda da influência inibitória sobre as vias alfa e gama (PONTES et al., 2000; BORELLA; SACCHELI., 2009; CHINELATO et al., 2010). Em longo prazo, a espasticidade promove mudanças fisiológicas importantes na musculatura como diminuição do recrutamento de unidades motoras e tempo de disparo, alteração no fenótipo de fibras, redução da capacidade oxidativa, perfusão sanguínea e da resistência muscular (SCHERBAKOV; DOEHNER, 2011; SEVERINSEN et al., 2016; SYNNOT et al., 2017).

Sugere-se que a FBM-T promoveu um efeito modulatório, alterando a excitabilidade dos neurônios do trato corticoespinal em sincronia com o aumento da influência inibitória. A associação com o treinamento aeróbico promoveu um

aumento do recrutamento de fibras pela possível ativação das vias alfa, relacionadas à contração voluntária. Porém, novos estudos clínicos são necessários para confirmar esta hipótese.

Não foram encontradas diferenças significativas na funcionalidade dos indivíduos a partir da aplicação da fotobiomodulação. Devemos considerar portanto, duas possibilidades. A primeira trata-se da cronicidade das lesões e das alterações músculo-esqueléticas já instaladas, necessitando talvez, de um tempo maior de tratamento para que possíveis mudanças morfofuncionais fossem alcançadas. A segunda poderia estar relacionada ao cálculo de energia e o local de aplicação para estímulo do tecido biológico.

Cassano e colaboradores (2015) avaliaram a eficácia da FBM-T (contínuo, 808nm, 5W, 700mW/cm<sup>2</sup>, 84J/cm<sup>2</sup>, 120s de cada lado, 600J), em 4 pacientes com transtorno depressivo, por 6 sessões. A irradiação aconteceu em 4 locais (lado direito e esquerdo a 20 e 40nm da linha sagital – córtex pré-frontal). Observou-se diminuição dos escores da escala de avaliação de depressão ( $p=0,004$ ) após o tratamento. Posteriormente o mesmo autor publicou novo estudo sugerindo que a FMB-T promoveu efeitos antidepressivos em pacientes diagnosticados com transtorno. Vinte e um indivíduos foram randomizados aleatoriamente em dois grupos de tratamento: Placebo vs laser. A aplicação laser aconteceu simultaneamente, nas áreas F3-F4 segundo sistema Internacional 10-20 de EEG (contínuo, 823nm, 0,952W, 33,2Mw/cm<sup>2</sup>, 40J/cm<sup>2</sup>, 28,7cm<sup>2</sup>, 1200s, 1142J), por 8 semanas, na frequência de 2 vezes por semana (CASSANO et al., 2018).

Schiffer e colegas (2009) avaliaram os benefícios da FBM-T em pacientes diagnosticados com transtorno depressivo após uma única sessão de tratamento. A terapia laser (contínuo, 810nm, 1W, 250mW/cm<sup>2</sup>, 60J/cm<sup>2</sup>, 240s, 240J) foi aplicada nas áreas de F3-F4 segundo sistema internacional 10-20 de EEG. Como resultado, índices de depressão (60%) e ansiedade (70%) foram reduzidos após 2 semanas de tratamento.

A grande variabilidade na escolha de parâmetros como tipo de luz, comprimento de onda, tempo de irradiação, potência e energia podem dificultar a modulação do laser e levar a diferentes resultados (SALGADO et al., 2014). Hamblin (2016) relata a importância de considerar o objetivo e a área a ser estimulada para que a escolha dos parâmetros seja clinicamente eficaz para estimulação do tecido biológico.

Características anatômicas e variações de idade também podem influenciar na penetração e interação da luz com tecido. Um estudo realizado por Yuan e colaboradores (2020) avaliou o comportamento de diferentes comprimentos de onda entre faixas etárias que variavam entre 5 e 89 anos. Cinco comprimentos de onda foram utilizados (680nm, 810nm, 850nm, 980nm e 1064nm) para estimulação das áreas F3-F4 e Fp1-Fpz-Fp2 (córtex pré-frontal dorsolateral e córtex pré-frontal ventromedial) relevantes para o transtorno depressivo. Observou-se que a penetração da luz no tecido diminui à medida que a idade aumenta, correlacionada ao aumento da espessura dos tecidos extra-cerebrais (couro cabeludo e crânio) e resistência vascular. A maior deposição de energia é dada pelo comprimento de onda 810nm em comparação com os demais. Também verificou-se que as principais áreas estimuladas estavam localizadas no lobo frontal, recebendo 10 vezes mais energia que as demais. Os resultados deste estudo demonstram a importância do planejamento do tratamento e da personalização dos parâmetros de acordo com as características de cada indivíduo.

A prática regular de exercícios físicos parece estar associada à melhora do desempenho cognitivo (NAGAMATSU et al., 2014; NORTHEY et al., 2018). Acredita-se que os efeitos positivos do exercício na função cortical estejam relacionados a um aumento do fluxo sanguíneo, aumento da liberação de mediadores químicos e da atividade enzimática antioxidante, favorecendo processos de angiogênese e neurogênese (ANTUNES et al., 2006; CHIN et al., 2015). Um maior condicionamento físico estimularia também as funções do lobo frontal e hipocampo, relacionadas à funções executivas e memorização, importantes para a neuroplasticidade (BADDELEY, 2003; LI et al., 2014). O exercício físico influenciaria positivamente a saúde e função cognitiva pela liberação de substratos neurais como o fator de crescimento ligado a insulina (IGF-1) e o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), importantes para proliferação, diferenciação, sobrevivência dos neurônios e plasticidade sináptica (ANTUNES et al., 2006; HUANG et al., 2014; FALCK et al., 2019).

Muitos artigos relataram os benefícios da FBM-T no aprimoramento cognitivo em indivíduos saudáveis ou em condições neurológicas (VARGAS et al., 2009; NEASER et al., 2011; BARRETT; GONZALEZ-LIMA, 2013; BLANCO; SAUCEDO; GONZALEZ-LIMA, 2016; HIPSKIND et al., 2018; HOLMES et al., 2019; NEASER et al., 2019; CHAN et al., 2019).

Apesar de não serem totalmente esclarecidos, estes efeitos biológicos podem ser atribuídos ao aumento da sinapse neuronal e produção energética decorrentes do aumento de fluxo sanguíneo, diminuição da resistência vascular e aumento da perfusão sanguínea no tecido, regulação de espécies reativas de oxigênio, estímulos a fatores de transcrição e diminuição de respostas inflamatórias e/ou excitotóxicas (GONZALEZ-LIMA; BARKSDALE; ROJAS, 2014; SALGADO et al., 2014; THUNSHELLE; HAMBLIN, 2016; POIANE et al., 2018).

Diferenças significativas foram notadas entre as avaliações basal e 8 semanas ( $p=0,0009$ ), 8 semanas e 12 semanas ( $p=0,0003$ ) e basal e 12 semanas ( $p<0,0001$ ) para o Grupo Laser, e basal e 8 semanas ( $p=0,01$ ) para o Grupo Placebo respectivamente. Este dado pode sugerir que a FBM-T associada ao treino aeróbico possa ter contribuído para o aprimoramento cognitivo significativo do grupo Laser em todos os tempos de avaliação. Não foram observadas diferenças significativas entre o grupo Laser vs Placebo nas avaliações basal ( $p=0,4834$ ), 8 semanas ( $0,7064$ ) e 12 semanas ( $p=0,6763$ ).

Um estudo realizado por Chin e colegas (2014) sugeriu que 12 semanas de treinamento aeróbico, com duração de 30 minutos e frequência de 3 vezes por semana, promove melhora de aspectos específicos da função cognitiva em pacientes com TCE. Também Heisz e colaboradores (2017) sugerem que o exercício físico é capaz de aumentar a concentração de neurotróficos séricos e melhorar o desempenho em tarefas de memória, devido a possível ação sinérgica entre estes fatores, após 6 semanas de treinamento físico em adultos saudáveis. Hwang e colaboradores (2016) sugerem que o exercício aeróbico e a FBM-T são igualmente eficazes para o aprimoramento cognitivo, aumentando a atividade pré-cortical de maneira similar.

A especificidade é um princípio fundamental do treinamento físico, tendo como bases o volume, intensidade, frequência de treinamento e tipo de atividade para promover uma resposta adaptativa. Este contexto é essencial para desenvolvimento de força, massa e/ou resistência muscular (COFFEY; HAWLEY, 2016).

É interessante observar a evolução quanto a performance de treinamento ao final das 12 semanas. O protocolo de reabilitação mostrou resultados significativos para o grupo Laser ( $p=0,0378$ ) e Placebo ( $0,005$ ) quando comparadas as médias de velocidade de treinamento da primeira e última sessão. É possível concluir que

ambos os grupos conseguiram impor e manter uma velocidade maior de treino ao final do protocolo de reabilitação.

Este dado corrobora com os achados da revisão sistemática realizada por Nascimento e colaboradores (2015), onde o treino de marcha na esteira produziu melhoras na velocidade, cadência, comprimento dos passos e simetria de caminhada em pacientes adultos acometidos por AVE. A recomendação para ganhos efetivos na marcha foi de 30 minutos de treinamento, em 4 vezes na semana por 4 semanas consecutivas em pacientes moderadamente incapacitados.

Também Chrysagis e colaboradores (2012) concluíram que a velocidade de marcha em esteira e a função motora grossa foram significativamente maiores ao final de 12 semanas de treinamento em adolescentes de 13-19 anos com paralisia cerebral, sem mudanças na espasticidade. Hesse & Werner (2003) relataram que o treino de marcha em esteira permite uma maior intensidade de exercício, com número de passos 10 vezes maior quando comparados a reabilitação convencional.

Em contrapartida, Field-Fote e Roach (2015) citam que o treinamento locomotor no solo permite uma experiência mais próxima à tarefa de caminhar, além de estimular o controle de força para a execução do movimento voluntário.

A concentração de lactato sanguíneo observada entre a primeira e última sessão de treinamento aeróbico foi maior entre indivíduos pertencentes ao grupo Laser quando comparados ao Placebo. Porém, este mesmo grupo apresentava maior limitação para a realização do protocolo de treino na esteira, o que justificaria o incremento.

Corroborando com este achado, Campos e colaboradores (2016) relataram que uma maior concentração de lactato sanguíneo estaria relacionada à ativação compensatória do hemisorpo não comprometido para manutenção da atividade dinâmica, em decorrência da fadiga precoce do músculo parético. Índices maiores de fadiga em indivíduos com LM são notados durante atividade prolongada que requer a ativação simultânea de vários segmentos corporais, como por exemplo, a marcha. Fatores como idade, nível de lesão, tempo de comprometimento, além de alterações fisiológicas e elementos psicológicos podem estar relacionados (GOLLIE et al., 2017).

As disfunções neurológicas geralmente se relacionam a importantes déficits funcionais, com impacto econômico significativo para as políticas de saúde pública. A heterogeneidade dos sinais clínicos e de suas intensidades dificultam a criação de

uma abordagem unicamente efetiva. Uma terapia não invasiva, segura e relativamente de baixo custo como a FBM, utilizada em sinergismo com o processo de neuroreabilitação poderia otimizar a recuperação motora de pacientes neurológicos com sequelas agudas e crônicas.

## **8 CONCLUSÃO**

Diante dos achados encontrados neste estudo, pode-se sugerir que a FBM-T modulou temporariamente a hiperatividade muscular em repouso e, aumentou em maior proporção o recrutamento de fibras do músculo reto femoral parético durante as coletas eletromiográficas isotônicas e isométricas do grupo Laser ao final das 12 semanas de treinamento sensório-motor.

Diferenças significativas foram encontradas entre as pontuações do questionário MEEN para as avaliações basal vs 8 semanas, basal vs 12 semanas e 8 semanas vs 12 semanas para o grupo Laser, e basal vs 8 semanas para o grupo Placebo. Apesar de não haver diferença entre grupos, sugere-se que a FBM-T associada ao treino aeróbico possa ter influenciado o aprimoramento cognitivo dos voluntários do grupo Laser em todos os tempos analisados.

Ambos os grupos foram capazes de impor e manter uma velocidade maior de treinamento na esteira ao final das 12 semanas, porém sem diferenças estaticamente significativas entre eles.

A concentração de lactato sanguíneo foi maior entre os indivíduos do grupo Laser na comparação entre as coletas da primeira e última sessão de reabilitação, o que seria justificado pela maior limitação motora durante o treino na esteira ergométrica.

Os resultados deste trabalho são promissores e abrem caminhos para o desenvolvimento de novas pesquisas para investigar a influência da FBM-T no sistema sensório-motor de pacientes com sequelas neurológicas. Acreditamos que a Fotobiomodulação será a estratégia mais promissora para a neuroreabilitação nos próximos anos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. M. et al. Efeito do laser de baixa intensidade no trauma agudo medular: Estudo piloto. **ConScientia e Saúde**, v.10, n.1, p.11-16, 2011.

AIMBIRE, F. et al. Low-level laser therapy induces dose-dependent reduction of TNF alpha levels in acute inflammation. **Photomed Laser Surg.**24(1):33–37, 2006. doi:10.1089/pho.2006.24.33.

AGUIAR, L. T. et al. Effects of aerobic training on physical activity in people with stroke: protocol for a randomized controlled trial. **Trials**,19:446, 2018. Doi: 10.1186/s13063-018-2823-0.

AGUIAR, L. T. et al. Efficacy of interventions to improve physical activity levels in individuals with stroke: a systematic review protocol. **BMJ Open**, 7(1), e012479, 2017. doi:10.1136/bmjopen-2016-012479

ALBUQUERQUE, A. L. P.; FREITAS, C. H. A.; JORGE, M. S. B. Interpretando as experiências da hospitalização de pacientes com lesão medular. **Rev. Bras. Enferm.**, v.62, n.4, p.552-556, 2009.

ALMEIDA, P., et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better?. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):453–458. doi:10.1007/s10103-011-0957-3

ALMEIDA, S. R. M. Análise epidemiológica do Acidente Vascular Cerebral no Brasil. **Rer Neurocienc**, v.20(4);481-482, 2012.doi: 10.4181/RNC.2012.20.483ed.2p

AL-QUDAH, Z. A, YACOUB, H. A.; SOUAYAH, N. Disorders of the Autonomic Nervous System after Hemispheric Cerebrovascular Disorders: An Update. **J Vasc Interv Neurol.** 2015;8(4):43–52.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. A quantidade e o tipo recomendados de exercícios para o desenvolvimento e a manutenção da aptidão cardiorrespiratória e muscular em adultos saudáveis. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 4, n. 3, 1998.

ANDRADE, A. F. et al. Mecanismos de lesão cerebral no traumatismo cranioencefálico. **Rev. Assoc. Med. Bras.** vol.55 no.1 São Paulo 2009 .<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302009000100020>.

ARAÚJO, D. S. M. S.; ARAÚJO, C. G. S. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 6, n. 5, 2000.

ASSIS-MADEIRA, E. A.; CARVALHO, S. G. Paralisia Cerebral e fatores de risco ao desenvolvimento motor: uma revisão teórica. **Caderno de Pós-Graduação em distúrbios do desenvolvimento**, São Paulo, v.9, n.1, p.142-163, 2009.

ASSUMPTÃO, M. S. et al. Coativação, espasticidade, desempenho motor e funcional na paralisia cerebral. **Motriz: rev. educ. fis.** vol.17 no.4 Rio Claro Oct./Dec. 2011 <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-65742011000400009> .

ASTORINO, T. A.; THUM, J. S. Interval Training Elicits Higher Enjoyment Versus Moderate Exercise in Persons With Spinal Cord Injury. **J Spinal Cord Med**, 41 (1), 77-84, 2018. DOI: 10.1080/10790268.2016.1235754.

AZE, O. et al. Structural and physiological muscle changes after post-stroke hemiplegia: A systematic review. **Ann Phys Rehabil Med**. V.59, suppl., p. e79, 2016.  
BADDELEY, A. D. Working memory: looking back and looking forward. **Nat. Rev. Neurosci.**, v. 4, p. 829–839, 2003.

BAR-ON, L. et al. Spasticity and Its Contribution to Hypertonia in Cerebral Palsy. **BioMed Research International**, 2015, 1–10. doi:10.1155/2015/317047

BARRETT, D. W.; GONZALEZ-LIMA, F. TRANSCRANIAL INFRARED LASER STIMULATION PRODUCES BENEFICIAL COGNITIVE AND EMOTIONAL EFFECTS IN HUMANS. **Neuroscience** 230; 13–23, 2013.

BASSO, M. Neuroanatomia substrates of functional recovery after experimental spinal Cord injure: implications of Basic Science Research for Human Spinal Cord Injury. **Phys Ther**, v. 80 (8), 808-17, 2000.

BATISTA, K. G. et al. Benefícios do condicionamento cardiorrespiratório em crianças ou adolescentes com paralisia cerebral. **Fisioter Mov.** vol.23 no.2, 2010.<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502010000200004>

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.

BENETTI, M.; SANTOS, R. T.; CARVALHO, T. Cinética de lactato em diferentes intensidades de exercícios e concentrações de oxigênio. **Rev Bras Med Esporte** \_ Vol. 6, Nº 2 – Mar/Abr, 2000.

BENSENOR, I. M. et al. Prevalence of stroke and associated disability in Brazil: National Health Survey – 2013. **Arq, Neuropsiquiatr.**, v.73, n. 9, p. 746-750, 2015.

BIERING-SORENSEN, B. et al. MUSCLE AFTER SPINAL CORD INJURY. **Muscle Nerve** 40: 499–519, 2009. DOI 10.1002/mus.21391.

BIERING-SORENSEN, F.; NIELSEN, J. B.; KINGLER, K. Spasticity-assessment: a review. **Spinal Cord**. 44, 708–722, 2006.

BILLINGER, S. A. et al. Reduced Cardiorespiratory Fitness After Stroke: Biological Consequences and Exercise-Induced Adaptations. **Stroke Res Treat**, Article ID 959120, 11 pages, Volume 2012.. doi:10.1155/2012/959120.

BILLINGER, S. A. et al., Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 45 (8), 2532-53, 2014.

BLANCO, J. N.; SAUCEDO, C. L.; GONZALEZ-LIMA, F. Transcranial Infrared Laser Stimulation Improves Rule-Based, but Not Information-Integration, Category Learning in Humans. *Neurobiol Learn Mem*, 139, 69-75, 2017. DOI: 10.1016/j.nlm.2016.12.016.

BORELLA, M. P.; SACCHELLI, T. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. *Rev. Neurocienc.*, v. 17, n. 2, p. 61-9, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Diretriz de Atenção a Reabilitação da Pessoa com Traumatismo Cranioencefálico. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_atencao\\_reabilitacao\\_pessoa\\_traumatismo\\_cranioencefalico.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_reabilitacao_pessoa_traumatismo_cranioencefalico.pdf)> Acesso em: 20.dez.2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. DIRETRIZES DE ATENÇÃO A PESSOA COM LESÃO MEDULAR. 1ª edição, 2013. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_atencao\\_pessoa\\_lesao\\_medular.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_lesao_medular.pdf)> Acesso em: 15.novembro.2019).

BRASIL. Ministério da Saúde. DIRETRIZES DE ATENÇÃO A PESSOA COM PARALISIA CEREBRAL. 1ª edição, 2013. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_atencao\\_paralisia\\_cerebral.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_paralisia_cerebral.pdf)>. Acessado em: 15.nov.2019.

Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 68 p. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_atencao\\_pessoa\\_lesao\\_medular.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_lesao_medular.pdf)>. Acesso em: 19/06/2018.

BRUOK, B. et al. Effect of Aerobic High-Intensity Hybrid Training on Stroke Volume and Peak Oxygen Consumption in Men with Spinal Cord Injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 0894-9115/11/9005-0407/0, 2011. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31820f960f

BURDA, J. E.; BERNSTEIN, A. M.; SOFRONIEW, M. V. Astrocyte roles in traumatic brain injury. *Exp Neurol*. 275 Pt 3(0 3):305-315, 2016. doi:10.1016/j.expneurol.2015.03.020.

CAMPOS, M. F. et al. Epidemiologia do traumatismo da coluna vertebral. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 35, n. 2, p. 88-93, 2008.

CANALI, E.; KRUEL, L. F. Respostas hormonais ao exercício. *Revista Paulista De Educação Física*, 15(2), 141-153, 2001. <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5904.rpef.2001.139895>

CAPUTO, F. et al. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.** 11(1):94-102, 2009.

CASSANO, P. et al. Transcranial Photobiomodulation for the Treatment of Major Depressive Disorder. The ELATED-2 Pilot Trial. **Photomed Laser Surg.** 36(12):634-646, 2018. doi:10.1089/pho.2018.4490.

CASSANO, P. et al. Near-Infrared Transcranial Radiation for Major Depressive Disorder: Proof of concept study. **Psychiatry J**, 2015.

CASTRO, J. B. et al. Treinamento em Esteira e Fortalecimento Muscular no Tratamento de Hemiparéticos Crônicos. **Rev Neurocienc**, 19(3):423-432, 2011.

CATÃO, M. H. C. V. Os benefícios do laser de baixa intensidade na clínica odontológica na estomatologia. **Revista Brasileira de Patologia Oral**, v.3, n.4, p.214-218, 2004.

CATROPPA, C.; ANDERSON, V. Planning, problem-solving and organizational abilities in children following traumatic brain injury: Intervention strategies. **Pediatric Rehabilitation**, v. 9, n. 2, p. 89-97, 2006.

CAVALCANTI, T. M. et al. Conhecimento das propriedades físicas e da interação do laser com os tecidos biológicos na odontologia. **Anais Brasileiro de Dermatologia**, v.86, n.5, p. 955- 960, 2011.).

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Percent distributions of TBI-related emergency department visits by age group and injury mechanism—United States, 2006–2010. Disponível em: <[http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/data/dist\\_ed.html](http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/data/dist_ed.html)>. Acesso em: 30 maio 2018.

CEREZETTI, C. R. N. et al. Lesão Medular Traumática e estratégias de enfrentamento: revisão crítica. **O Mundo da Saúde**, v.36, n.2, p. 318-326, 2012. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/mundo\\_saude/lesao\\_medular\\_traumatica\\_estrategias\\_enfrentamento.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/mundo_saude/lesao_medular_traumatica_estrategias_enfrentamento.pdf)>. Acesso em: 12 dez 2019.

CHAEIB, L. et al. Neuroplastic effects of transcranial near-infrared stimulation (tNIRS) on the motor cortex. ORIGINAL RESEARCH published 2015, doi: 10.3389/fnbeh.2015.00147

CHAGAS, P. S. C. et al. Classificação da função motora e do desempenho funcional de crianças com paralisia cerebral. **Rev. Bras. Fisioter.** vol.12, n.5, pp.409-416, 2008. ISSN 1413-3555. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552008000500011>.

CHAN, A. S. et al. Photobiomodulation Improves the Frontal Cognitive Function of Older Adults. **J Geriatr Psychiatry**, v.34(2): 369–377, 2019. doi: 10.1002/gps.5039.

CHEN, S.; ZENG, L. Z.; HU, Z. Progressing Haemorrhagic Stroke: Categories, Causes, Mechanisms and Managements. **J Neurol**, 261 (11), 2061-78, 2014. DOI: 10.1007/s00415-014-7291-1

CHIN, L. M. et al. Improved Cognitive Performance Following Aerobic Exercise Training in People With Traumatic Brain Injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 96(4), 754–759, 2015. doi:10.1016/j.apmr.2014.11.009

CHIN, L. M. K. et al. Improved Cardiorespiratory Fitness with Aerobic Exercise Training in Individuals with Traumatic Brain Injury. **The Journal of head trauma rehabilitation.**, v. 30, n. 6, p.382-390, 2015.

CHINELATO, J. C. A.; PERPÉTUO, A. M. A.; KRUEGER-BECK, E. Espasticidade – aspectos neurofisiológicos e musculares no tratamento com toxina botulínica do tipo A. **Rev. Neurocienc.**, v. 18, n. 3, p. 395-400, 2010.

CHRYSAGIS, N. et al. The effect of treadmill training on gross motor function and walking speed in ambulatory adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. **Am J Phys Med Rehabil**, 91(9):747-760, 2012. doi:10.1097/PHM.0b013e3182643eba

CIOLAC, E. G.; GUIMARÃES, G. V. Exercício físico e síndrome metabólica. **Rev Bras Med Esporte** \_ Vol. 10, Nº 4 – Jul/Ago, 2004.

CLAYDON, V. E.; KRASSIOUKOV, A. V. Orthostatic Hypotension and Autonomic Pathways after Spinal Cord Injury. **JOURNAL OF NEUROTRAUMA** Volume 23, Number 12, 2006. Pp. 1713-1725.

COFFEY, V. G. et al. Concurrent exercise training: do opposites distract? **The Journal of Physiology**, 595(9), 2883–2896, 2016. doi:10.1113/jp272270

COMBS-MILLER, S. A. et al. Body weight-supported treadmill training vs. overground walking training for persons with chronic stroke: a pilot randomized controlled Trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 28, n. 9, p. 873-884, 2014.

COVARRUBIAS-ESCUADERO, F. et al. Effects of body weight-support treadmill training on postural sway and gait independence in patients with chronic spinal cord injury. **J. Spinal Cord Med.**, v. 23, p.1-12, 2017.

DE LUCCA, C. J. Surface Electromyography: Detection and Recording. **Delsys Incorporated**, Boston. P1-10, 2002.

DE MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med Sci**. Mar;27(2):453-8, 2012. doi: 10.1007/s10103-011-0957-3..

DEFINO H. L. A. Trauma raquimedular. Simpósio: Trauma II. **Medicina, Ribeirão Preto**, 32:388-400, 1999.

DEL VECCHIO, A. et al. Associations between motor unit action potential parameters and surface EMG features. **Journal of Applied Physiology**, 123(4), 835–843, 2017 . doi:10.1152/jappphysiol.00482.2017 .

DENIPOTI, C. H.; MORAES, S. M. F.; HERNANDES, I. Angiogênese e exercício. **Arq Mudi**. 10(2):17-22, 2006.

DIRETRIZ DE REABILITAÇÃO CARDÍACA. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo , v. 84, n. 5, p. 431-440, May 2005 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2005000500015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2005000500015&lng=en&nrm=iso)>. access on 04 Dez. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2005000500015>.

DIRETRIZES DE ATENÇÃO À PESSOA COM LESÃO MEDULAR. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular**. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas e Departamento de Atenção Especializada. –

DISNER SG; BEEVERS CG; GONZALEZ-LIMA F. Transcranial Laser Stimulation as Neuroenhancement for Attention Bias Modification in Adults with Elevated Depression Symptoms. **BrainStimul**. V.9(5):780-787, 2016. doi: 10.1016/j.brs.2016.05.009.

EDWARDS, J. D. Cardiovascular disease and other childhood-onset chronic conditions in adults with cerebral palsy. **Division of Pediatric Critical Care Medicine, Columbia University Vagelos College of Physician and Surgeons**, New York, NY, USA, 2018.

EINSPIELER, C. et al. Cerebral Palsy: Early Markers of Clinical Phenotype and Functional Outcome. **Journal of Clinical Medicine**, 8(10), 1616. 2019. doi:10.3390/jcm8101616.

EINSPIELER, C.; PEHARZ, R.; MARSCHIK, P. B. Movimentos irregulares - pequenos na aparência, porém enormes no impacto. **J. Pediatr.** (Rio J.) vol.92 no.3 supl. 2016 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jped.2015.12.003>.

ENGLISH, C. et al. Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. *Journal compilation & 2010 World Stroke Organization International Journal of Stroke* Vol 5, 395–402, 2010. DOI: 10.1111/j.1747-4949.2010.00467.x.

ESPINDULA, A. P. et al. Avaliação da flexibilidade pelo método do Flexômetro de Wells em crianças com Paralisia Cerebral submetidas a tratamento hidroterapêutico: estudo de casos. **Rev Maringá**. 32: 163-7, 2010.

ESTEROV, D.; GREENWALD, B. D. Autonomic Dysfunction after Mild Traumatic Brain Injury. **Brain Sci**. Aug; 7(8): 100, 2017. doi: 10.3390/brainsci7080100.

FAGUNDES, J. S. et al. Instrumentos de avaliação sensorial pós-acidente vascular encefálico (AVE) descritos em português: uma revisão. **Fisioter Pesq.** 22(4):435-42, 2015. DOI: 10.590/1809-2950/13120122042015.

FALÇÃO, 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.** Recife, 4(1):95-102, jan./mar.,2004.

FERLA, F. L.; GRAVE, M.; PERICO, E. Fisioterapia no tratamento do controle de tronco e equilíbrio de pacientes pós-AVC. **Rev Neurocienc;** 23(2):211-217, 2015.

FERRARI, E. A. M. et al. Plasticidade Neural: Relações com o Comportamento e Abordagens Experimentais. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 17, n. 2, p. 187-194, 2001.

FIELD-FOTE, E. C.; ROACH, K. E. Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. **Phys Ther.** 91(1):48–60, 2011;. doi:10.2522/ptj.20090359.

FINSTERER, J.; MAHJOUR, S. Z. Fatigue in Healthy and Diseased Individuals. **American Journal of Hospice and Palliative Medicine®**, 31(5), 562–575, 2013. doi:10.1177/1049909113494748

FORTUNA, R. J. et al. Health conditions, functional status and health care utilization in adults with cerebral palsy. **Family Practice**, 2018, 1–10. doi:10.1093/fampra/cmy027.

FUKUDA, T. Y.; MALFATTI, C. A. Análise da dose do laser de baixa potência em equipamentos nacionais. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.12, n.1, p.70-74, 2008.

FUNAYAMA, C. A. et al. Paralisia Cerebral Diagnóstico Etiológico. **Medicina, Ribeirão Preto**, 33: 155-160, abr/jun. 2000.

FURLAN, J. C.; FEHLINGS, M. G. Cardiovascular complications after acute spinal cord injury: pathophysiology, diagnosis, and management. **Neurosurg Focus**, v. 25, n. 5: E13, 2008.

G, Q. Transcranial photobiomodulation with near-infrared light from childhood to elderliness: simulation of dosimetry. **Neurophotonics**, v.7(1), 2020. Doi:10.1117/1.NPh.7.1.015009

GARCEZ, A. S.; RIBEIRO, M. S.; NUNEZ, S. C. Laserterapia de baixa Potência: princípios básicos e aplicações clínicas em odontologia. São Paulo: Elsevier, 2012

GAUDÊNCIO, G.; LEÃO, G. M. A Epidemiologia do Traumatismo CrânioEncefálico: Um Levantamento Bibliográfico no Brasil. **Rev Neurocienc** , 21(3):427-434, 2013. doi: 10.4181/RNC.2013.21.814.8p.

GAUZZI, L. D.; FONSECA, L. F. Classificação da Paralisia Cerebral. In: Lima CLA, Fonseca LF. Paralisia cerebral: neurologia, ortopedia, reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; p. 37-44, 2004.

GAWDA, P. et al. Differences in myoelectric manifestations of fatigue during isometric muscle actions. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**. 2018. doi:10.26444/aaem/81716

GLEZER, I. et al. O fator de transcrição NF-KB nos mecanismos de ação de psicofármacos. **Rer Brasil Psiq**, v22,n1, 2000.

GODOY, D. A.; ORQUERA, J.; RABINSTEIN, A. A. Paroxysmal sympathetic hyperactivity syndrome caused by fat embolism syndrome. **Rev Bras Ter Intensiva**. 30(2):237-243, 2018. doi: 10.5935/0103-507X.20180035.

GOLLIE, J. M. et al. Fatigability, oxygen uptake kinetics and muscle deoxygenation in incomplete spinal cord injury during treadmill walking. **Eur J Appl Physiol**, 2017, doi: 10.1007/s00421-017-3685-y.

GONZALEZ-LIMA, F.; BARKSDALE, B. R.; ROJAS, J. C. Mitochondrial respiration as a target for neuroprotection and cognitive enhancement. **Biochemical Pharmacology** 88, 584–593, 2014.

GRIESBACH, G. S.; TIO, D. L.; NAIR, S.; HOVDA, D. A. Temperature and heart rate responses to exercise following mild traumatic brain injury. **J Neurotrauma**.30(4):281–291, 2013. doi:10.1089/neu.2012.2616

GROOT, P. C. E. et al. Effect of training intensity on physical capacity, lipid profile and insulin sensitivity in early rehabilitation of spinal cord injured individuals. **Spinal Cord**. 41, 673–679, 2003.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**, 11ed. São Paulo: Elsevier, 2006.

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

HASHIMI, J.T. et al. Role of Low-Level Laser Therapy in Neurorehabilitation. **American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation**. 1934-1482/10/\$36.00 Suppl. 2, S292-S305, December 2010. DOI: 10.1016/j.pmrj.2010.10.01.

HEISZ, J. J. et al. The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. **J Cogn Neurosci.**, 29(11):1895-1907, 2017. doi:10.1162/jocn\_a\_01164

HELLSTEN, Y.; NYBERG, M. Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. **Comprehensive Physiology**, Vol.6, 2016.

HENDERSON, T. A.; MORRIES, L. D. Near-infrared photonic energy penetration: can infrared phototherapy effectively reach the human brain? **Neuropsychiatr. Dis. Treat.**, v. 11, p. 2191-2208, 2015.

HENNESSY, M.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. **J. Opt.**, v. 19, n. 1: 013003, 2017.

HERDY, A. H. et al. Diretriz Sul-Americana de Prevenção e Reabilitação Cardiovascular. **Revista Brasileira de Cardiologia**, v. 103, n. 2, suplem. 1, 2014.

HERDY, A. H.; UHLENDORF, D. Valores de referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. **Arq. Bras. Cardiol.** vol.96 no.1 São Paulo Jan. 2011 Epub Nov 26, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000155> .

HERDY, A.H. et al. Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. **Arq. Bras. Cardiol.** vol.107, n.5, pp.467-481, 2016. ISSN 0066-782X. <http://dx.doi.org/10.5935/abc.20160171>.

HESSE, S.; WERNER, C.; BYHAHN, M. Transcranial low-level laser therapy may improve alertness and awareness in traumatic brain injured subjects with severe disorders of consciousness: A case series. **Int Arch Med** 6:1, 2015.

HILZ, M. J. et al. Severity of traumatic brain injury correlates with long-term cardiovascular autonomic dysfunction. **J Neurol** 264, 1956–1967, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00415-017-8581-1>.

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. **Photomedicine and Laser Surgery**, 2018. DOI 10.1089/pho.2018.4489.

HIRATUKA, E.; MATSUKURA, T. S.; PFEIFER, L. I. Adaptação transcultural para o Brasil do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). **Rev. bras. fisioter.** vol.14 no.6 São Carlos Nov./Dec. 2010 <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-3552010000600013>.

HOLMES, E. et al. Cognitive Enhancement by Transcranial Photobiomodulation Is Associated With Cerebrovascular Oxygenation of the Prefrontal Cortex. **Front Neurosci**, 13:1129, 2019.. doi:10.3389/fnins.2019.01129

HORNBY, T. G. Temporal facilitation of spastic stretch reflexes following human spinal cord injury. **J Physiol** 571.3, pp 593–604, 2006.

HUANG, T. et al. The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. **Scand J Med Sci Sports** 2014: 24: 1–10. doi: 10.1111/sms.12069.

HUANG, Y. Y. et al. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**. V.7:358–383, 2009.

HUANG, Y. et al. Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy – An Update. **Dose Response**. 9(4): 602–618, 2011. doi: 10.2203/dose-response.11-009.Hamblin

HULTBORN, H. CHANGES IN NEURONAL PROPERTIES AND SPINAL REFLEXES DURING DEVELOPMENT OF SPASTICITY FOLLOWING SPINAL CORD LESIONS AND STROKE: STUDIES IN ANIMAL MODELS AND PATIENTS. **J Rehabil Med Suppl** 41:46-55, 2003 DOI 10.1080/16501960310010142

HWANG, J.; CASTELLI, D. M.; GONZALEZ-LIMA, F. Cognitive enhancement by transcranial laser stimulation and acute aerobic exercise. **Lasers in Medical Science**, 31(6), 1151–1160, 2016. doi:10.1007/s10103-016-1962-3

IDE, K.; SECHER, N. H. Cerebral blood flow and metabolism during exercise. **Prog Neurobiol**. 61(4):397–414, 2000. doi:10.1016/s0301-0082(99)00057-x.  
injury: a complex relationship. **J Neuroinflammation**, v13: 260 . 2016. doi: 10.1186/s12974-016-0736-y.

ISRAELI-MENDLOVIC, H., MENDLOVIC, J., & KATZ-LEURER, M. Heart rate and heart rate variability parameters at rest, during activity and passive standing among children with cerebral palsy GMFCS IV–V. **Developmental Neurorehabilitation**, 17(6), 398–402, 2014. doi:10.3109/17518423.2014.895439.

JAGDEO, J. R.; ADAMS, L. E.; BRODY, N. I.; SIEGEL, D. M. Transcranial red and near infrared light transmission in a cadaveric model, **PLoS One** 7, 2012, e47460.

JOHNSON, W. et al. Stroke: a global response is needed. **Bulletin of the World Health Organization**, 94:634-634A, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.16.181636>.

KALSATOU, A. et al. Age differences in cardiac autonomic regulation during intermittent exercise in the heat. **Eur J Appl Physiol**. 2020;120(2):453–465. doi:10.1007/s00421-019-04290-8.

KARATAS, A. et al. The Anatomy of Circulus Arteriosus Cerebri (Circle of Willis): A Study in Turkish Population. **Turk Neurosurg** 26(1):54-61, 2016. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.13281-14.1.

KARLSSON, S.; GERDLE, B. Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque — a study using the continuous wavelet transform. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 11(2), 131–140, 2001. doi:10.1016/s1050-6411(00)00046-8

KIAN-BOSTANABAD, S. et al. The relationship between RMS electromyography and thickness change in the skeletal muscles. **Medical Engineering & Physics**, 43, 92–96, 2017. doi:10.1016/j.medengphy.2017.01.020

KIRSHBLUM, S. C. et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). **The journal of spinal cord medicine**, v. 34, n. 6, p. 535-546, 2011.

KOK, F. As principais afecções em neurologia infantil: encefalopatias não-progressivas: deficiência mental e paralisia cerebral. In: NITRINI, R.; BACHESCHI, L. A. A neurologia que todo médico deve saber. 2. ed. São Paulo: Atheneu, p. 441-445, 2003.

KONSTANTINOVIC, L. M. et AL. Transcranial application of near-infrared low-level laser can modulate cortical excitability. **Lasers in Surgery and Medicine** 45:648–653, 2013.

KRASSIOUKOV, A.; CLAYDON, V. E. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: an overview. L.C. Weaver and C. Polosa (Eds.) **Progress in Brain Research**, Vol. 152 ISSN 0079-6123, 2006.

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(6):1843–1849, 2007.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**. Aug;40(8):524-32, 2010. doi: 10.2519/jospt.2010.3294.

LEE, M. J. et al. Comparison of Effect of Aerobic Cycle Training and Progressive Resistance Training on Walking Ability After Stroke: A Randomized Sham Exercise–Controlled Study. **J Am Geriatr Soc**. 56(6):976-985, 2008. doi:10.1111/j.1532-5415.2008.01707.x

LEITE, J. M. R. S. O desempenho motor de crianças com Paralisia Cerebral. **Rev Neurocienc**; 20(4):485-486, 2012. DOI:10.4181/RNC.2012.20.725762ed.2p

LEITE, J. M. R. S.; PRADO, G. F. Paralisia cerebral: aspectos fisioterapêuticos e clínicos: artigo de revisão. **Rev Neurocienc**. 12(1):41-4, 2004.

LI, L. et al. Acute Aerobic Exercise Increases Cortical Activity during Working Memory: A Functional MRI Study in Female College Students. **PLoS One**, v. 9, n. 6, e99222, 2014.

LIEBER, R.L. et al. Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. **Muscle and nerve**, pg 615-627; 2004.

LIMA-SILVA, et al. Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 20, n. 4, p. 417-429, Aug. 2007.

LINDER, S. M. Predictors of Improved Aerobic Capacity in Individuals With Chronic Stroke Participating in Cycling Interventions. **Arch Phys Med Rehabil**. S0003-9993(19)31375-9, 2019. doi:10.1016/j.apmr.2019.10.187.

LINS, R. D. A. U. et al. Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. **AnBrasDermatol**, v. 85, n. 6, p. 849-55, 2010.

LOHR N. L. et al. Enhancement of nitric oxide release from nitrosyl hemoglobin and nitrosyl myoglobin by red/near infrared radiation: potential role in cardioprotection. **J Mol Cell Cardiol.**; 47:256–263, 2009.

LOPES, P. F. F. et al. Aplicabilidade clínica da variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Neurocienc.** 21(4):600-603, 2013. DOI: 10.4181/RNC.2013.21.870.4p

LUMP, D.; MOYER, M. Paroxysmal Sympathetic Hyperactivity after Severe Brain Injury. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, 14(11), 2014. doi:10.1007/s11910-014-0494-0.

MACHADO, A. B. M.; HAERTEL, L. M. **Neuroanatomia funcional**. 3.ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

MACKEY-LYONS, M. J.; MAKRIDES, L. Exercise capacity early after stroke. **Arch Phys Med Rehabil**, v.83, 2002. doi:10.1053/apmr.2002.36395.

MAGALHAES, A. L. G. et al. Epidemiologia do Traumatismo Cranioencefálico no Brasil. **Rev Bras Neurol.** 53(2):15-22, 2017.

MAIELLO, M. et al. Transcranial Photobiomodulation with Near-Infrared Light for Generalized Anxiety Disorder: A Pilot Study. **Photobiomodulation, and Laser Surgery**, 37(10), 644–650, 2019. doi:10.1089/photob.2019.4677

MANCINI, M. C. et al. Comparação do Desempenho de Atividades Funcionais em Crianças com Desenvolvimento Normal e Crianças com Paralisia Cerebral. **Arq Neuropsiquiatr.** 60(2-B):446-452, 2002.

MANCINI, M. C. et al. Gravidade da Paralisia Cerebral e Desempenho Funcional. **Rev. Bras. Fisioter.** Vol. 8, n.3, 253-260, 2004.

MARQUES, I. A. et al. Avaliação da espasticidade baseada na detecção do limiar do reflexo de estiramento tônico em tempo real. Uberlândia, 2014 In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA – CBEB**, 24, Anais. Uberlândia, 2014.

MARTINEZ-VALDES, E. et al. Electromyographic adjustments during continuous and intermittent incremental fatiguing cycling. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 26(11), 1273–1282, 2015. doi:10.1111/sms.12578

MCKEE, A. C.; DANESHVAR, D. H. The neuropathology of traumatic brain injury. **Handb Clin Neurol.** 127:45–66, 2015. doi:10.1016/B978-0-444-52892-6.00004-0.

MEYFROIDT, G.; BAGULEY, I. J.; MENON, D. K. Paroxysmal sympathetic hyperactivity: the storm after acute brain injury. **Lancet Neurol.** Mar;17 (3):203. 16(9):721–729, 2018. doi:10.1016/S1474-4422(17)30259-4

MINELLI, C., FU FEN, L., & CAMARA MINELLI, D. P. Stroke Incidence, Prognosis, 30-Day, and 1-Year Case Fatality Rates in Matao, Brazil: A Population-Based Prospective Study. **Stroke**, 38(11), 2906–2911, 2007. doi:10.1161/strokeaha.107.484139 .

MONICH, V. A.; BAVRINA, A. P.; MALINOVSKAYA, S. L. Modification in oxidative processes in muscle tissues exposed to laser- and light-emitting diode radiation. **Lasers Med Sci**. 33(1):159–164, 2018. doi:10.1007/s10103-017-2370-z.

MONTEIRO, M. F.; FILHO, D. C. S. Exercício físico e o controle da pressão arterial. *Rev Bras Med Esporte* \_ Vol. 10, Nº 6 – Nov/Dez, 2004

MOORE: Keith L. **Anatomia orientada para a clínica**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014

MORAWIETZ, C.; MOFFAT, F. Effects of Locomotor Training after Incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 94, p. 2297-308, 2013.

MOREIRA, P. V. S.; TEODORO, B. G.; MAGALHÃES NETO, A. M. Bases neurais e metabólicas da fadiga durante o exercício. **Bioscience Journal Uber**, v.24(1); 81-90, 2008.

MORRIES, L. D.; CASSANO, P.; HENDERSON, T. A. Treatments for traumatic brain injury with emphasis on transcranial near-infrared laser phototherapy. **Neuropsychiatr Dis Treat**. 2015;11:2159–2175. Published 2015 Aug 20. doi:10.2147/NDT.S65809.

MOTHE, A. J.; TATOR, C. H. Advances in stem cell therapy for spinal cord injury. **The Journal of clinical investigation**, v. 122, n. 11, p. 3824-3834, 2012.

NAESER, M. A. et al. Increased Functional Connectivity Within Intrinsic Neural Networks in Chronic Stroke Following Treatment With Red/Near-Infrared Transcranial Photobiomodulation: Case Series With Improved Naming in Aphasia. Photobiomodulation, **Photomedicine, and Laser Surgery**, 2019. doi:10.1089/photob.2019.4630

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(5):351–358, 2011.

NAGAMATSU, L. S. et al. Exercise is medicine, for the body and the brain. **British Journal of Sports Medicine**, 48:943-944, 2014.

NAMPO, F. K. et al. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci**. 31(9):1957–1970, 2016. doi:10.1007/s10103-016-1977-9.

NASCIMENTO, L. R. et al. Walking training with cueing of cadence improves walking speed and stride length after stroke more than walking training alone: a systematic review. **J. Physiother.**, v. 61, n. 1, p. 10-5, 2015.

NEVES, M. A. O. et al. Escalas clínicas e funcionais no gerenciamento de indivíduos com Lesões Traumáticas da Medula Espinhal. **Rev Neurocienc.** V.15/3:234–239, 2007.

NEVES, M. F. et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT 808 nm) on lower limb spastic muscle activity in chronic stroke patients. **Laser 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.** 2019. doi: 10.1007/s10103-019-02920-3.

NEVES, M.F. et al. Efeito imediato do laser de baixa intensidade sobre o músculo espástico fadigado: estudo de caso. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, pg 1337-1340; 2014.

NORTHEY, J. M. et al. Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, **52**:154-160, 2018.

NUNES, L. C. B. G.; QUEVEDO, A. A. F.; MAGDALON, E. C. Effects of neuromuscular electrical stimulation on tibialis anterior muscle of spastic hemiparetic children. **Rev Bras Fisioter.** 2008; 12(4): 317-23.

OBEID, J. et al. Objectively Measured Sedentary Time in Youth With Cerebral Palsy Compared With Age-, Sex-, and Season-Matched Youth Who Are Developing Typically: An Explorative Study. Volume 94 Number 8 **Physical Therapy**, 1163, 2014.

OBERHOLZER, M.; MURI, R. M. Neurorehabilitation of Traumatic Brain Injury (TBI): A Clinical Review. **Med Sci (Basel)**. 2019 Mar 18;7(3). pii: E47. doi: 10.3390/medsci7030047.

ODDING, E.; ROEBROECK, M. E.; STAM, H. J. The epidemiology of cerebral palsy: Incidence, impairments and risk factors. **Disability and Rehabilitation**, 28(4), 183–191, 2006. doi:10.1080/09638280500158422

O'LEARY, R. A.; NICHOL, A. D. Pathophysiology of severe traumatic brain injury. **J Neurosurg Sci.** 62(5):542–548, 2018. doi:10.23736/S0390-5616.18.04501-0.

OLIVEIRA, R. R. Estudo longitudinal sobre a melhora no movimento de dorsiflexão em sujeitos hemiplégicos (paréticos) pós-AVE submetidos ao treino funcional com a técnica de biofeedback. **Monografia (Graduação em Fisioterapia)**- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2007.

ORCZYKOWSKI, M. E. et al. Cell based therapy enhances activation of ventral premotor cortex to improve recovery following primary motor cortex injury. **Experimental Neurology**, v. 305, p. 13-25, 2018.

OUESLATI, A., et al. Photobiomodulation suppress alpha-synuclein-induced toxicity in an AAV-based rat genetic model of Parkinson's disease. **PLoS One**, v.10(10),2015. DOI 10.1371/journal.pone.0140880.

PALISANO, R. J. et al. Performance of Physical Activities by Adolescents With Cerebral Palsy. **physical Therapy**, Volume 87, Issue 1, 1, Pages 77–87 January 2007. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060089>.

PANDYAN, A. et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. **Disability and Rehabilitation**, Vol. 27:2–6, 2005.

PANG, M. Y. C. et al. The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individuals with stroke: a meta-analysis. **SClin Rehabil**. 20(2): 97–111, 2006.. doi:10.1191/0269215506cr926oa.

PETERSON, M. D.; KAMDAR, N.; HURVITZ, E. A. Age-related trends in cardiometabolic disease among adults with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol**. 61(4):484–489, 2019. doi:10.1111/dmcn.13777

PIASSAROLI, C. A. P. et al. Modelos de Reabilitação Fisioterápica em Pacientes Adultos com sequelas de AVE isquêmico. **Rev Neurocienc**. V.20(1); 128-137, 2012.

PIOVENSANA, A. M. S. G. et al. Encefalopatia crônica (Paralisia Cerebral). *Compêndio de Neurologia Infantil*. Rio de Janeiro. **Meds**, p.823-854, 2002.

PIRES, S. L.; GAGLIARDI, R. J.; GORZONI, M. L. Estudo das frequências dos principais fatores de risco para acidente vascular cerebral isquêmico em idosos. **Arq. Neuro-Psiquiatr**. vol.62 no.3b São Paulo, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2004000500020>

POIANI, G. C. R. et al. Photobiomodulation using low-level laser therapy (LLLT) for patients with chronic traumatic brain injury: a randomized controlled trial study protocol. **Trials**, 19(1):17, 2018. Doi: 10.1186/s13063-017-2414-5.

PONTES, L. S. et al. Toxina Botulínica Tipo A Em Pacientes Com Hemiplegia e/ou Hemiparesia Espástica: Uma Abordagem Fisioterapêutica. **Rev. Neurocienc**, v. 8, n. 3, p. 99-102, 2000.

POPERNACK, M. L.; GRAY, N.; REUTER-RICE, K. Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury in Children: Complications and Rehabilitation Strategies. **Journal of pediatric health care**, v. 29, n. 3, p. e1-e7, 2015.

POPOK, D. W. et al. Effects of early and delayed initiation of exercise training on cardiac and haemodynamic function after spinal cord injury. **Exp. Physiol.**, v.102, n. 2, p. 154–163, 2017.

PORTELLA, L. V. et al. Os Efeitos da Toxina Botulínica no Tratamento da Espasticidade: Uma Revisão De Literatura. **Rev. Fisioter. Univ.**,v. 11, n. 1, p. 47-55, 2004.

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(3):1089–1096, 2015. doi:10.1007/s10103-014-1702-5.

RIBEIRO, M. et al. A Odontologia e o Laser: Atualização do laser na especialidade odontologica, 1st edn. Quintessence, Sao Paulo, pp 217–240, 2004.

ROJAS, J. C.; GONZALEZ-LIMA, F. Neurological and psychological applications of transcranial lasers and LEDs. **Biochem Pharmacol.**86:447–57, 2013.

ROJAS, J. C.; BRUCHEY, A. K.; GONZALEZ-LIMA, F. Low-level light therapy improves cortical metabolic capacity and memory retention. . **J Alzheimers Dis**, V.32(3):741–752, 2012. doi:10.3233/JAD-2012-120817.

ROQUE, V.; CUNHA, L.; ROCHA, A.; ANDRADE, M. J. Disfunções autonômicas após Lesão medular. **Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e de Reabilitação**. Vol.24,n.21.ano21, 2013.

ROTTA, N. T. Paralisia Cerebral, novas perspectivas terapêuticas. **J Pediatr (Rio J)**. 78(Supl.1):S48-S54, 2002.

RYAN, J. M. et al. Mortality due to cardiovascular disease, respiratory disease, and cancer in adults with cerebral palsy. The Authors Developmental **Medicine & Child Neurology** published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of Mac Keith Press DOI: 10.1111/dmcn.1417

FERREIRA, M. C. et al. Autonomic nervous system in individuals with cerebral palsy: a controlled study. **Journal of Oral Pathology & Medicine**, 40(7), 576–58, 2011. doi:10.1111/j.1600-0714.2011.01008.x

SALGADO, A. S. I. et al. The effects of transcranial LED therapy (TCLT) on cerebral blood flow in the elderly women. **Lasers in Medical Science**, 30(1), 339–346, 2014. doi:10.1007/s10103-014-1669-2

SANTANA, M. T. M.; CHUN, R. Y. S. Linguagem e funcionalidade de adultos pós-Acidente Vascular Encefálico (AVE): avaliação baseada na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). **CoDAS**;29(1):e20150284, 2017. DOI: 10.1590/2317-1782/20172015284

SANTOS, M. E. Traumatismos crânio-encefálicos características e evolução. **Psicologia** vol.16 no.1 Lisboa jan. 2002.<http://dx.doi.org/10.17575/rpsicol.v16i1.471>

SANTOS, J. G. R. P. et al. Effects of transcranial LED therapy on the cognitive rehabilitation for diffuse axonal injury due to severe acute traumatic brain injury: study protocol for randomized controlled trial. **Trials**, 19:249, 2018.

SCHERBAKOV, N.; DOEHNER, W. Sarcopenia in stroke—facts and numbers on muscle loss accounting for disability after stroke. **J Cachexia Sarcopenia Muscle**. V. 2(1): 5–8, 2011. doi: [10.1007/s13539-011-0024-8](https://doi.org/10.1007/s13539-011-0024-8).

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.

SCHMITZ, T. J. Lesão Traumática da Medula Espinhal. In: O'Sullivan, S, B; SCHMITZ, T.J. Fisioterapia Avaliação e Tratamento. 4ed, São Paulo: Manole, p. 621-663. P.1152. 775p, 2004.

SEVERINSEN, K. et al. Skeletal muscle fiber characteristics and oxidative capacity in hemiparetic stroke survivors. **MUSCLE & NERVE.**, v.53, n.5, p.748-54, 2016.

SHEPHERD, E. et al. Neonatal interventions for preventing cerebral palsy: an overview of Cochrane Systematic Reviews. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 2018. doi:10.1002/14651858.cd012409.pub2

SHIFFER, 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., **Behav Brain Funct**. 5: 46, 2009.

SILVA, G. A. et al. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PESSOAS COM LESÃO MEDULAR: UTILIZAÇÃO DA ESCALA DE INDEPENDÊNCIA FUNCIONAL – MIF. **Texto Contexto Enferm, Florianópolis**, 21(4): 929-36, 2012.

SILVEIRA, L. R. et al. Regulação do metabolismo de glicose e ácido graxo no músculo esquelético durante exercício físico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, V.55, N.5, pq 304-313, 2011.

SMITH, Z. R.; HORNG, M.; RECH, M. A. Medication-Induced Hyperlactatemia and Lactic Acidosis: A Systematic Review of the Literature. **Pharmacotherapy**. 2019;39(9):946–963. doi:10.1002/phar.2316

SOUZA, D. Q. et al. Efeito da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) no músculo agonista e antagonista de indivíduos com hemiplegia espástica decorrente de disfunção vascular encefálica: revisão sistemática. **Revista Univap**, v. 17, n. 30, p. 58-67, 2011.

SOUZA, E. P. D. et al. Principais complicações do Traumatismo Raquimedular nos pacientes internados na unidade de neurocirurgia do Hospital de Base do Distrito Federal. **Com. Ciências Saúde**. 24(4): 321-330, 2013.

SOWA-KUCMA, M. et al. Antidepressant-like activity of zinc: further behavioral and molecular evidence. **J. Neural. Transm**. v. 115, p. 1621–1628, 2008.

SUN, X., et al. Multiple organ dysfunction and systemic inflammation after spinal cord injury: a complex relationship. **J Neuroinflammation**, 13: 260, 2016. Doi: [10.1186/s12974-016-0736-y](https://doi.org/10.1186/s12974-016-0736-y)

SYNNOT, A. et al. Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. **Cochrane Database of Systematic Reviews**. 2017. doi:10.1002/14651858.cd008929.pub2.

TAKAHASHI, C.; HINSON, H. E.; BAGULEY, I. J. Autonomic dysfunction syndromes after acute brain injury. **Handbook of Clinical Neurology**, 539–551, 2005. doi:10.1016/b978-0-444-63521-1.00034-0

TAMAYO-ORREGO, L.; DUQUE-PARRA, J. E. The metabolic regulation of cerebral microcirculation. **Rev Neurol**.44(7):415–425, 2007.

TEDFORD, C. E.; DELAPP, S.; JACQUES, S.; ANDERS, J. Quantitative analysis of transcranial and intraparenchymal light penetration in human cadaver brain tissue, **Lasers Surg. Med.** 47,312–322, 2015.

TEIXEIRA-SALMELA, L. F. et al. Fortalecimento muscular e condicionamento físico em hemiplégicos. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 3, p. 108-118; 2000.

THUNSHELLE, C.; HAMBLIN, M. R. Transcranial Low-Level Laser (Light) Therapy for Brain Injury. **Photomedicine and Laser Surgery**. V.34, N. 12, 2016, Pp. 587–598. DOI: 10.1089/pho.2015.4051.

TIAN, F. et al. Transcranial laser stimulation improves human cerebral oxygenation. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 48, p. 343-349, 2016.

TORRECILHA, L. A. et al. O perfil da sexualidade em homens com lesão medular. **Fisioter Mov.**, v. 27, n.1, p. 39-48, 2014.

TOSCANO-SILVA, M. et al. Hippocampal mossy fiber sprouting induced by forced and voluntary physical exercise. **Physiology & Behavior** 101, 302–308, 2010. 010. doi:10.1016/j.physbeh.2010.05.012.

TRAVAGLIA, A.; LA MENDONA, D. Chapter Three - Zinc Interactions With Brain-Derived Neurotrophic Factor and Related Peptide Fragments. **Vitamins and Hormones**, v. 104, p. 29-56, 2017.

TWEEDY, S. M. et al. Exercise and sports science Australia (ESSA) position statement on exercise and spinal cord injury. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 20(2), 108–115. doi:10.1016/j.jsams.2016.02.001.

VANDELEI, L. C. M. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.** 24(2):205-217, 2009.

VARGAS, E. et al. Beneficial neurocognitive effects of transcranial laser in older adults. **Lasers in Medical Science**, 32(5), 1153–1162, 2017. doi:10.1007/s10103-017-2221-y

VOSS, M. W. et al. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. **Neuroscience**, v. 199, p. 166-176, 2011.

WANG, H. et al. Assessment of elbow spasticity with surface electromyography and mechanomyography based on support vector machine. **39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)**. 2017. doi:10.1109/embc.2017.8037699

WANG, X. et al. Up-regulation of cerebral cytochrome-c-oxidase and hemodynamics by transcranial infrared laser stimulation: A broadband near-infrared spectroscopy study. **Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism**, 37(12), 3789–3802, 2017. doi:10.1177/0271678x17691783

WATFA, G. et al. Study of mini-mental state exam evolution in community-dwelling subjects aged over 60 years without dementia. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, 15(10), 901–904, 2011. doi:10.1007/s12603-011-0367-z

WEAVIL, J. C., et al. The Impact of Age on the Development of Fatigue during Large and Small Muscle Mass Exercise. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 315(4):R741-R750, 2018. doi:10.1152/ajpregu.00156.2018

WEST, C. R. et al. Resting cardiopulmonary function in paralympic athletes with cervical spinal cord injury. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 44, p. 323–329, 2012.

WHITNEY, D. G. et al. Total and regional body fat status among children and young people with cerebral palsy: A scoping review. **Clinical Obesity**. 2019;e12327. wileyonlinelibrary.com/journal/cob. DOI: 10.1111/cob.12327.

WITTFELD, K. et al. Cardiorespiratory Fitness and Gray Matter Volume in the Temporal, Frontal, and Cerebellar Regions in the General Population. **Mayo Clinic Proceedings**, Volume 95, Issue 1, 44 – 56

WOELFEL, J. R. et al. Low-Force Muscle Activity Regulates Energy Expenditure after Spinal Cord Injury. **MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE**. 0195-9131/17/4905-0870/0, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001187.

World Health Organization, The World Bank, 2011. World Report on disability. Disponivel em : [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70670/WHO\\_NMH\\_VIP\\_11.01\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70670/WHO_NMH_VIP_11.01_eng.pdf?sequence=1)

World Health Organization. (WHO). Health statistics and information systems. Disponivel em: [http://origin.who.int/cardiovascular\\_diseases/en/](http://origin.who.int/cardiovascular_diseases/en/).

WU, Q. et al. Low-level laser therapy for closed-head traumatic brain injury in mice: Effect of different wavelengths. **Lasers Surg. Med.**, v. 44, n. 3, p. 218-226, 2012.

XIONG, L. et al. Neural Stem Cell Transplantation Promotes Functional Recovery from Traumatic Brain Injury via Brain Derived Neurotrophic Factor-Mediated

Neuroplasticity. **Mol Neurobiol** 55, 2696–2711 (2018).  
<https://doi.org/10.1007/s12035-017-0551-1>

XU, X. et al. Selective NLRP3 inflammasome inhibitor reduces neuroinflammation and improves long-term neurological outcomes in a murine model of traumatic brain injury. **Neurobiology of Disease**, v. 117, p. 15-27, 2018.

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, L. et al. Photobiomodulation therapy promotes neurogenesis by improving post-stroke local microenvironment and stimulating neuroprogenitor cells. **Exp Neurol**. 2018 January ; 299(Pt A): 86–96. doi:10.1016/j.expneurol.2017.10.013.

YUAN, Y. et al. Transcranial photobiomodulation with near-infrared light from childhood to elderliness: simulation of dosimetry. **Neurophotonic**. 7(1):015009, 2020. doi:10.1117/1.NPh.7.1.015009

ZÉTOLA, V. H. F. et al. ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL EM PACIENTES JOVENS: Análise de 164 casos. **Arq. Neuro-Psiquiatr**. vol.59 no.3B São Paulo Sept. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2001000500017>

ZINCHENKO, E. et al. Pilot study of transcranial photobiomodulation of lymphatic clearance of beta-amyloid from the mouse brain: breakthrough strategies for non-pharmacologic therapy of alzheimer's disease. **Biomed Opt Express**. v.10(8): 4003–4017, 2019. doi: [10.1364/BOE.10.004003](https://doi.org/10.1364/BOE.10.004003).

ZIVIN, J. A., et al. Effectiveness and Safety of Transcranial Laser Therapy for Acute Ischemic Stroke (NEST-2). **Stroke**. v.40;1359-1364, 2009.

## APÊNDICE A COMPROVANTE DE ACEITE DO PROJETO

UNIVERSIDADE DO VALE DO  
PARAÍBA - UNIVAP



UNIVERSIDADE DO VALE DO  
PARAÍBA - UNIVAP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Continuação do Parecer: 2.879.764

CEP-Univap - (12) 3947-1111 - <http://web.univap.br/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:** 94858718.3.0000.5503

**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.

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:  
Maurício Martins Alves  
(Coordenador)

**APÊNDICE B**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE**

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. ShishimaHifumi, 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](mailto:apaula@outlook.com.br)/[caroll.guimaraes@yahoo.com.br](mailto:caroll.guimaraes@yahoo.com.br) ou pessoalmente na Av. ShishimaHifumi, 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. ShishimaHifumi, 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

**APÊNDICE C**  
**QUESTIONÁRIO MINI ESTADO MENTAL –MEEN**

AVALIAÇÃO COGNITIVA DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Nome: \_\_\_\_\_ Data Nasc: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Diagnóstico: \_\_\_\_\_

Escolaridade: Analfabeto( ) 0 à 3 anos( ) 4 à 8 anos( ) mais de 8 anos( )

Avaliador: \_\_\_\_\_

Como o Sr(a) avalia sua memória atualmente?

(1)Muita boa 2)Boa (3)Regular (4)Ruim (5) Péssima(6)Não sabe

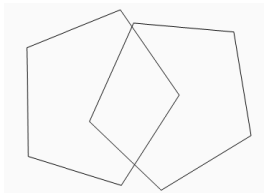
Comparado com um ano atrás, o Sr(a) diria que sua memória está:

(1) Melhor (2) Igual (3) Pior (4) Não sabe

**MINIMENTAL (MEEM)**

<b>1</b>	<b>Orientação Temporal (0 a 5 Pontos)</b>	Ano	
		Semestre	
		Mês	
		Dia da semana	
		Dia	
		<b>TOTAL</b>	
<b>2</b>	<b>Orientação Espacial (0 a 5 pontos)</b> Aonde estamos?	Estado	
		Cidade	
		Bairro	
		Lugar (Ex: sala cozinha)	
		Local (Ex: consultório, hospital)	
		<b>TOTAL</b>	
<b>3</b>	<b>Repita as palavras (0 a 3 pontos).</b> Peça a pessoa que repita as palavras depois de dizê-las. Repita o nome dos objetos até que o entrevistado aprenda (5 repetições no máximo).	ÁRVORE/CANECA(?)	
		MESA/TIJOLO (?)	
		CACHORRO/TAPETE (?)	
		<b>TOTAL</b>	
<b>4</b>	<b>Atenção e cálculo (0 a 5 pontos)</b>	Quanto é 100-7?	<b>93</b>
		Quanto é 93-7?	<b>86</b>
		Quanto é 86-7?	<b>79</b>
		Quanto é 79-7?	<b>72</b>
		Quanto é 72-7?	<b>65</b>
		<b>TOTAL</b>	
<b>5</b>	<b>Memorização (0 a 3 pontos):</b> Peça a pessoa que repita as palavras ditas anteriormente (Item 3)	ÁRVORE/CANECA(?)	
		MESA/TIJOLO (?)	
		CACHORRO/TAPETE (?)	
		<b>TOTAL</b>	

6	Linguagem 1: Mostre um relógio e uma caneta e peça a pessoa para nomeá-los (0 a 2 pontos)	CANETA	
		RELÓGIO	
		<b>TOTAL</b>	
7	Linguagem 2: Peça para repetir a frase "NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ" (0 a 1 ponto)	REPETE	
		NÃO REPETE	
		<b>TOTAL</b>	
8	Linguagem 3: Peça a pessoa que siga a ordem de 3 estágios de comando (0 a 3 pontos)	Pegue o papel com a mão direita	
		Dobre o papel no meio	
		Ponha o papel no chão	
		<b>TOTAL</b>	
9	Linguagem 4: Escreva em um papel: "FECHE OS OLHOS!" Peça a pessoa que leia e faça o que está escrito (0 a 1 ponto)	EXECUTA	
		NÃO EXECUTA	
		<b>TOTAL</b>	
10	Linguagem 5: Peça a pessoa que escreva uma frase completa (0 a 1 ponto)	EXECUTA	
		NÃO EXECUTA	
		<b>TOTAL</b>	
11	Peça a pessoa que copie o desenho (0 a 1 ponto)	EXECUTA	
		NÃO EXECUTA	
		<b>TOTAL</b>	



TOTALIDADE DO TESTE: 30 pontos	
INTERPRETAÇÃO	OBSERVAÇÃO (durante a aplicação do teste)
A nota de corte deve levar em consideração o nível de escolaridade da pessoa avaliada	
<b>ANALFABETOS:</b> 20 pontos	
<b>1 a 4 anos de escolaridade:</b> 25 pontos	
<b>5 a 8 anos de escolaridade:</b> 27 pontos	
<b>9 a 11 anos de escolaridade:</b> 28 pontos	
<b>mais que 11 anos de escolaridade:</b> 29 pontos	<b>Profissional:</b> _____

**APÊNDICE D**  
**TABELAS COM DADOS BRUTOS**

**Tabela 1: Velocidade média.**

	<b>GRUPO LASER</b>					
	<b>1ª SESSÃO</b>			<b>24ª SESSÃO</b>		
	<b>Vel. Res 7'5</b>	<b>Vel. Res 15'</b>	<b>Média</b>	<b>Vel. Res 7'5</b>	<b>Vel. Res 15'</b>	<b>Média</b>
	2	2,1	2,1	3	3,4	3,2
	4,2	4	4,1	4,5	5,1	4,8
	1,1	1,1	1,1	1,6	1,5	1,6
	3,5	3,5	3,5	4,6	5,2	4,9
	1,2	1,3	1,3	1,9	2	2,0
	2,6	3	2,8	5,6	6	5,8
	1,8	1,8	1,8	3,5	3,5	3,5
	1,6	2	1,8	3,1	3,2	3,2
<b>Média</b>	2,3	2,4	2,3	3,5	3,7	3,6
<b>Desv. Pad</b>	1,0	1,0	1,0	1,3	1,5	1,4

	<b>GRUPO PLACEBO</b>					
	<b>1ª SESSÃO</b>			<b>24ª SESSÃO</b>		
	<b>Vel. Res 7'5</b>	<b>Vel. Res 15'</b>	<b>Média</b>	<b>Vel. Res 7'5</b>	<b>Vel. Res 15'</b>	<b>Média</b>
	3	4	3,5	5,2	5,2	5,2
	1,2	1,2	1,2	2,6	2,6	2,6
	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5
	2,2	2	2,1	4,4	4,4	4,4
	4,5	5,2	4,9	5,9	6,1	6,0
	2,5	2,8	2,7	4,7	4,8	4,8
	1,2	1,2	1,2	2,8	2,8	2,8
	2,3	2,3	2,3	4,8	5,2	5,0
<b>Média</b>	2,3	2,5	2,4	4,0	4,1	4,0
<b>Desv. Pad</b>	1,1	1,4	1,2	1,4	1,5	1,3

**Tabela 2: lactato sanguíneo**

	GRUPO LASER				GRUPO PLACEBO			
	Basal		Final		Basal		Final	
	pre tto	pós tto	pré tto	pós tto	pre tto	pós tto	pré tto	pós tto
<b>SUJEITO 1</b>	1,9	1,2	2,4	1,7	3	3,7	2,6	4,6
<b>SUJEITO 2</b>	2,3	2,5	2,5	3,4	2,6	3,6	4,1	3,9
<b>SUJEITO 3</b>	2,8	1,5	2,7	4,5	1,6	4,1	2,6	4,3
<b>SUJEITO 4</b>	2,3	3,4	1,8	3,8	2,4	3,3	3,7	1,9
<b>SUJEITO 5</b>	1,9	1,6	3,6	5,7	2,6	1,9	3,3	2,4
<b>SUJEITO 6</b>	1,2	2,3	2,9	2,8	3,9	2,7	2,3	4,4
<b>SUJEITO 7</b>	2,3	3,1	2,7	7,3	1,2	3,3	2,9	5,7
<b>SUJEITO 8</b>	1,6	2,4	3,8	4,3	2,4	5,9	1,8	3,6
<b>Média</b>	<b>2,04</b>	<b>2,25</b>	<b>2,8</b>	<b>4,19</b>	<b>2,46</b>	<b>3,56</b>	<b>2,9</b>	<b>3,85</b>
<b>DESV. PAD</b>	<b>0,46</b>	<b>0,73</b>	<b>0,60</b>	<b>1,62</b>	<b>0,77</b>	<b>1,09</b>	<b>0,71</b>	<b>1,14</b>

Tabela 3: Eletromiografia de superfície – RMS

	GRUPO LASER			GRUPO PLABECO		
	Avaliação Inicial			Avaliação Inicial		
	Passivo	Isotônico	Isométrico	Passivo	Isotônico	Isométrico
	4,2240	28,8035	32,8406	6,1336	24,9146	25,0632
	5,7561	9,1965	9,4646	7,8062	13,9893	15,7298
	2,8904	16,2204	20,3792	6,7162	19,5430	19,1790
	3,9801	9,9040	9,0266	2,7823	34,6657	38,4594
	17,1124	30,9885	19,0441	10,4238	19,1567	26,0605
	2,8157	25,3114	21,2568	6,1509	22,4484	24,0868
	20,6938	44,7965	46,7187	15,3270	55,5724	57,5457
	3,6788	6,5575	3,8658	3,7414	16,0534	17,7873
<b>SOMA</b>	<b>61,2</b>	<b>171,8</b>	<b>162,6</b>	<b>59,1</b>	<b>206,3</b>	<b>223,9</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>7,6</b>	<b>21,5</b>	<b>20,3</b>	<b>7,4</b>	<b>25,8</b>	<b>28,0</b>
<b>DESV. PAD</b>	<b>6,6</b>	<b>12,4</b>	<b>13,1</b>	<b>3,7</b>	<b>12,7</b>	<b>13,0</b>
	Avaliação 8 semanas			Avaliação 8 semanas		
	Passivo	Isotônico	Isométrico	Passivo	Isotônico	Isométrico
	4,4053	28,9537	42,5793	8,9676	29,4866	33,7525
	3,4562	6,3370	7,9625	6,7132	12,3814	16,5315
	3,5134	14,9089	16,4124	38,3590	24,0720	22,7242
	6,2320	22,4339	38,5324	3,1079	49,3561	73,7375
	25,5703	28,2826	19,5495	5,1511	14,7528	14,4789
	2,7697	19,4327	34,2906	4,1349	24,1366	26,4462
	22,0574	35,9182	36,0969	3,0588	38,1573	49,2111
	4,8705	14,6066	27,0595	4,8676	9,1782	8,6319
<b>SOMA</b>	<b>72,9</b>	<b>170,9</b>	<b>222,5</b>	<b>74,4</b>	<b>201,5</b>	<b>245,5</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>9,1</b>	<b>21,4</b>	<b>27,8</b>	<b>9,3</b>	<b>25,2</b>	<b>30,7</b>
<b>DESV. PAD</b>	<b>8,6</b>	<b>8,9</b>	<b>11,4</b>	<b>11,1</b>	<b>12,8</b>	<b>20,1</b>
	Avaliação 12 semanas			Avaliação 12 semanas		
	Passivo	Isotônico	Isométrico	Passivo	Isotônico	Isométrico
	3,6042	30,9607	39,3710	44,3643	35,0802	36,3677
	6,3273	7,8420	8,9538	4,5955	15,8786	21,4540
	4,5097	15,1416	15,6769	7,1680	40,3488	30,8491
	3,3071	8,3229	13,6020	4,2079	24,8715	35,4113
	5,7769	57,1236	40,1979	7,4094	17,2630	23,0816
	3,5377	34,4028	57,9666	4,7471	17,7921	19,2881
	5,6800	27,4560	43,2663	2,8166	74,8434	80,3110
	2,9139	24,1136	39,2791	4,1190	12,6572	11,5835
<b>SOMA</b>	<b>35,7</b>	<b>205,4</b>	<b>258,3</b>	<b>79,4</b>	<b>238,7</b>	<b>258,3</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>4,5</b>	<b>25,7</b>	<b>32,3</b>	<b>9,9</b>	<b>29,8</b>	<b>32,3</b>
<b>DESV. PAD</b>	<b>1,2</b>	<b>15,1</b>	<b>16,2</b>	<b>13,1</b>	<b>19,3</b>	<b>19,8</b>

**Tabela 4: Questionário MEEN**

	GRUPO LASER			GRUPO PLACEBO		
	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS	BASAL	8 SEMANAS	12 SEMANAS
SUJEITO 1	30	30	30	29	30	29
SUJEITO 2	27	30	29	29	29	27
SUJEITO 3	30	30	29	29	28	30
SUJEITO 4	24	24	23	30	30	30
SUJEITO 5	25	26	26	26	28	30
SUJEITO 6	29	29	28	30	29	30
SUJEITO 7	30	30	30	29	29	30
SUJEITO 8	30	30	30	26	27	30
<b>SOMA</b>	<b>225</b>	<b>229</b>	<b>225</b>	<b>228</b>	<b>230</b>	<b>236</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>28,1</b>	<b>28,6</b>	<b>28,1</b>	<b>28,5</b>	<b>28,8</b>	<b>29,5</b>
<b>DESV. PAD</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>