

EFEITO DA FOTOBIOMODULAÇÃO NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E NA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DE INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-140>

Data de submissão: 14/02/2025

Data de publicação: 14/03/2025

Marina de Moraes Martins

Ensino superior em Fisioterapia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)
Instituto de Biociências (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias),
Rio Claro, Brasil

Agata Cristina Soares

Ensino superior em Fisioterapia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)
Instituto de Biociências (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias),
Rio Claro, Brasil

Maria Clara Helena do Couto

Mestre em Fonoaudiologia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)
Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fonoaudiologia, UNESP – Marília.

Ana Clara da Silva

Graduanda em Fisioterapia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)
Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, UNESP –
Marília.

Flávia Roberta Faganello-Navega

Doutora
Instituto de Biociências, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias,
UNESP – Rio Claro e Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fisioterapia e Terapia
Ocupacional, UNESP – Marília.

Maria Clara Viana Pinheiro

Ensino superior em Fisioterapia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)
Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, UNESP –
Marília.

Cristiane Rodrigues Pedroni

Doutora
Instituto de Biociências, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias,
UNESP – Rio Claro e Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fisioterapia e Terapia
Ocupacional, UNESP – Marília.

Ana Elisa Zuliani Stroppa-Marques

Doutora em Desenvolvimento Humano e Tecnologias
Faculdade de Filosofia e Ciências, Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, UNESP –
Marília; Instituto de Biociências (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e
Tecnologias), UNESP - Rio Claro, Brasil

RESUMO

Introdução: A paralisia cerebral (PC) é caracterizada por um conjunto de desordens não progressivas, mas mutáveis, causadas por uma lesão no encéfalo imaturo e acompanhadas por desajustes no balanço simpático-vagal, com menor variabilidade da frequência cardíaca (VFC) quando comparada aos indivíduos com desenvolvimento típico. A termografia infravermelha (TIV) é capaz de observar a atividade simpática através da temperatura da pele de forma remota e não invasiva. A terapia por fotobiomodulação (TFBM) tem mostrado efeitos promissores nas respostas de modulação de variáveis autonômicas.

Objetivo: Verificar o efeito da TFBM nas variáveis autonômicas de indivíduos com PC.

Métodos: Foram incluídos no estudo oito crianças e adolescentes ($8,75 \pm 1,67$ anos de idade) com PC e randomizados entre os grupos TFBM (GFBM [$n = 5$]) e placebo (GP [$n = 3$]). A intervenção consistiu em 12 sessões, duas vezes por semana, com aplicação da TFBM no GFBM em sete regiões de cada membro inferior (cluster 850 nm, 3.276 J, 3 J/cm²) e simulação de aplicação no GP. O aparelho Polar (RS800CX) foi utilizado para registro dos intervalos R-R e a câmera termográfica FLIR E8 WI-FI (FLIR® Systems, Inc.), com resolução 320 x 240 pixels, foi utilizada para a TIV. A análise estatística foi feita por meio do teste ANOVA de medidas repetidas com post-hoc de Bonferroni e o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Resultados: Foi observada diferença significativa na condição pós-intervenção para iRR ($p = 0,035$), pNN50 ($p = 0,047$) e frequência cardíaca ($p = 0,018$). Os dados de iRR e pNN50 são marcadores parassimpáticos e apresentaram valores aumentados para momento pós no GFBM. Para a frequência cardíaca, indicador do comportamento simpático, houve diminuição no GFBM. Apesar da TIV não ter apresentado diferença estatística significativa, houve aumento da temperatura facial e diminuição da temperatura periférica no GFBM, sugerindo redução da condição de estresse.

Conclusão: A TFBM apontou resultados promissores de maior influência do sistema nervoso parassimpático e modulação do sistema nervoso simpático, podendo promover melhores condições de saúde.

Palavras-chave: Classificação Internacional de Funcionalidade. Incapacidade e Saúde. Paralisia Cerebral. Sistema Nervoso Autônomo. Sistema Nervoso Simpático. Variáveis Autonômicas.

1 INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é caracterizada por um grupo não progressivo de desordens motoras causadas por lesão do cérebro imaturo. Aproximadamente 92% dos casos de PC são atribuídos ao período perinatal, mesmo em partos prematuros (Vitrikas; Dalton; Breish, 2020). Apesar de não progressiva, a PC é frequentemente mutável, de acordo com as limitações funcionais que surgem no decorrer do desenvolvimento. Esse fato leva a alguns questionamentos, como descrito por Rosenbaum (2022), “*Todas as mudanças devem ser atribuídas às deficiências motoras? É possível promover estratégias de saúde ao longo da vida, desde cedo, que resultem em vidas funcionais mais saudáveis e sustentáveis das pessoas com PC?*”

No intuito de buscar novas respostas para o desenvolvimento de indivíduos com PC, estudos estão sendo realizados sobre o comportamento do sistema nervoso autônomo (SNA), responsável por regular a homeostase corporal, adaptando respostas biológicas de acordo com as variações ambientais (Dan, 2017). Os desequilíbrios do SNA desencadeiam uma cascata de complicações relacionadas à saúde e podem se relacionar com a ocorrência de morbidades e o aumento do risco da mortalidade (Katz-Leurer; Amichai, 2019). Conhecer o comportamento autonômico de indivíduos com PC poderia levar à compreensão entre diferentes estímulos e respectivas respostas, condição observável por parâmetros como frequência cardíaca (FC), temperatura corporal e contração muscular (Amichai; Katz-Leurer, 2014), motivando o planejamento de diferentes estratégias de prevenção e reabilitação.

Um parâmetro de avaliação autonômica é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que apresenta valores, durante o repouso e o exercício, menores em crianças com PC comparadas àquelas com desenvolvimento típico (Kholod; Jamil; Katz-Leurer, 2013), assim como ocorre nas situações de estresse (mudanças posturais ou de posição da cabeça) (Amichai, 2019). Essas observações indicam déficit na capacidade de adaptação ao ambiente pelo funcionamento fisiológico inadequado dessa população (Vanderlei et al., 2009).

Outra maneira de observar o funcionamento do SNA é por meio da temperatura da superfície da pele, pois é regulada pela sudorese e atividade vascular subcutânea, controlados pelo SNA (Uddin et al., 2023). A termografia infravermelha (TIV) é uma forma rápida, remota, não invasiva e replicável que monitora a temperatura corporal (Lahiri et al., 2012). A TIV tem sido amplamente empregada na medicina no diagnóstico e na detecção de problemas de saúde, tais como o câncer de mama, distúrbios vasculares periféricos e doenças cardíacas e renais (Lahiri et al., 2012). Além disso, a TIV é capaz de captar alterações térmicas associadas a momentos de estresse (Vinkers et al., 2013).

A terapia por fotobiomodulação (TFBM) ou terapia com luz de baixa intensidade é uma terapia não invasiva e de baixo custo que, por meio da energia luminosa, gera efeitos bioquímicos,

bioelétricos, bioenergéticos e bioestimuladores (Lin et al., 2020). A depender do comprimento de onda e da dose utilizados em diferentes tecidos, a TFBM apresenta respostas diversas, como aumento da síntese de adenosina trifosfato, do fluxo sanguíneo e do metabolismo energético cerebral, estimulação da angiogênese, ações antioxidantes, respostas neurocomportamentais e emocionais e melhora dos distúrbios de sono (Hamblin et al., 2019; Chang et al., 2022), além de efeitos neuroprotetores e modulação de células imunes e citocinas inflamatórias (Hennessy; Hamblin, 2017), gerados tanto pela aplicação local, quanto pela repercussão sistêmica e distante do foco de irradiação (Yang et al., 2018).

A TFBM tem mostrado efeitos promissores e positivos em diferentes populações, como em indivíduos com fibromialgia, que relatam a melhora do sono e do cansaço, indicadores do bom funcionamento do SNA (García et al., 2011). No entanto, seus efeitos ainda não são completamente compreendidos e, até o momento, não foram encontrados estudos sobre os possíveis efeitos da TFBM no SNA de crianças e adolescentes com PC.

Assim, a hipótese deste estudo foi que a TFBM aplicada sobre grandes grupos musculares de crianças e adolescentes com PC produziria efeitos sistêmicos na regulação do SNA, evidenciados pela análise da VFC e da TIV.

2 OBJETIVO

Verificar o efeito da TFBM nas variáveis autonômicas de crianças e adolescentes com PC.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um ensaio clínico randomizado controlado, submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local, registrado na plataforma Registro Brasileiro de Ensaio Clínico (ReBEC) e realizado na clínica da universidade. Todos os participantes e responsáveis foram esclarecidos em relação aos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e quando possível o participante assinou o termo de assentimento livre e esclarecido conforme determina a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

3.1 PARTICIPANTES

O estudo contou com 12 participantes, com idade entre 7 e 13 anos, do sexo masculino e feminino. Como critério de inclusão do estudo era necessário ter diagnóstico de PC, estar classificado dentre os níveis I a V do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS), ser do sexo feminino ou masculino e ter idade entre 6 e 14 anos. Não foram incluídos indivíduos com focos neoplásicos, episódio de hemorragia, distúrbios de sensibilidade térmica, infecções ativas ou que

estivessem fazendo uso de drogas fotossensíveis. Além disso, dois participantes foram excluídos durante a reavaliação devido a quadro gripal, o qual interferiu na coleta dos dados.

A seleção da amostra foi realizada por meio de um levantamento dos pacientes atendidos no CER/CEES e no Projeto Amor de Criança, vinculado ao Hospital Beneficente da Universidade de Marília (UNIMAR). A proposta de participação para o projeto foi realizada por meio de contato telefônico ou de forma presencial, com orientações para uma avaliação inicial, caso tivessem interesse em participar.

A amostra foi por conveniência ($n = 12$) e os participantes foram randomizados por sorteio simples em dois grupos: grupo fotobiomodulação (GFBM), submetido à TFBM, e o grupo placebo (GP), no qual foi realizada a simulação da TFBM. O protocolo de intervenção (aplicação efetiva e simulação) foi realizado ao longo de 12 sessões, duas vezes por semana, sendo permitido até três faltas, as quais, caso ocorressem, seriam remarcadas, garantindo a conclusão do número total de sessões propostas. Caso o número de faltas permitidas fosse excedido, as aplicações seriam descontinuadas.

3.2 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

As avaliações foram realizadas em dois momentos distintos: antes da intervenção e imediatamente após a conclusão das 12 sessões, sendo conduzida em uma sala com temperatura controlada entre 21°C e 24°C.

Para coleta dos dados da VFC, o participante permaneceu em postura confortável, em decúbito dorsal, sobre o tablado revestido com um tecido de algodão grosso, por aproximadamente uma hora. Para fins de padronização da coleta de dados, o período da primeira avaliação dos participantes foi mantido para a reavaliação.

3.2.1 Variabilidade da frequência cardíaca

A avaliação da VFC foi realizada com a coleta de dados utilizando o cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Finlândia) acoplado em uma cinta apropriada e posicionado no tórax, na região do terço distal do esterno. O receptor de frequência cardíaca permaneceu na mão do avaliador. A duração da gravação dos registros cardíacos foi de 20 minutos, onde o participante deveria permanecer deitado em repouso no tablado, após a familiarização com o ambiente.

Para análise dos índices de VFC, a frequência cardíaca foi registrada batimento a batimento durante todo o protocolo experimental com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Foram selecionadas séries estáveis com 256 intervalos RR (Task Force of the European Society of Cardiology and the

North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Nestas séries foram realizadas filtragens digital e manual para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos e somente aquelas com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo (Vanderlei et al., 2009). Para análise dos índices lineares nos domínios da frequência e do tempo foi utilizado o software Kubios HRV 2.1 analysis® (Niskanen et al., 2004).

A análise dos índices de VFC pode ser realizada por meio dos métodos lineares (no domínio do tempo e da frequência) e dos métodos não-lineares. No presente estudo foram utilizadas as médias das variáveis no domínio de tempo, que incluíram: valor médio dos intervalos R-R (iRR [ms]), desvio padrão de todos os intervalos RR (SDNN [ms]), raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR adjacentes (RMSSD [ms]), percentual dos intervalos RR adjacentes que diferiam mais de 50 ms de duração (pNN50 [%]). Referente aos métodos não lineares foi utilizado o desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR (SD1) (Vanderlei et al., 2009).

3.2.2 Termografia infravermelha

Na análise da TIV, a radiação térmica emitida pela superfície da pele foi detectada por uma câmera infravermelha e a intensidade da radiação emitida foi convertida em temperatura na escala Celsius (Lahiri et al., 2012).

Foi utilizada a câmera termográfica FLIR E8 WI-FI (FLIR® Systems, Inc.), com resolução 320x240 pixels, sensores que permitiam a avaliação de temperaturas nas faixas de -20°C a +250°C, sensibilidade <0,06 °C e precisão de ±2 °C, segundo informações do fabricante. A câmera foi posicionada e direcionada para a região da face e dos membros inferiores (MMII). Os dados de média da temperatura foram analisados entre as diferentes regiões corporais.

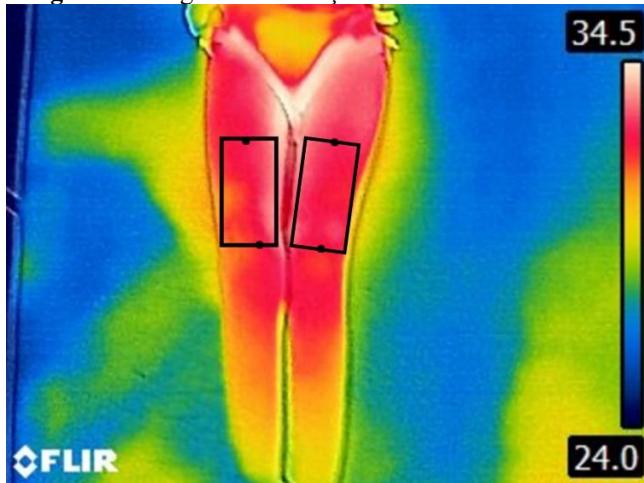
Para realizar a média da temperatura na face, foi utilizado o triângulo da face, considerando o canto externo de cada olho e a protuberância mental (Figura 1), e para média da temperatura em MMII, o terço médio da coxa (Figura 2), formando um retângulo em cada membro e calculando a média entre eles.

Figura 1 – Região do triângulo da face para avaliação.



Fonte: arquivo pessoal, 2024.

Figura 2 – Região de avaliação dos membros inferiores.



Fonte: arquivo pessoal, 2024.

3.2.3 Protocolo de intervenção – Terapia por fotobiomodulação

Para o protocolo da TFBM, foi utilizado o cluster modelo G1 Antares® (IBRAMED, Amparo, SP, Brasil), contendo 13 diodos com comprimento de onda de 850 nm e potência de saída de 500 mW cada, totalizando 6.500 mW, com emissão em modo contínuo e área de contato de 80 cm². A energia utilizada foi de 234 J (3 J/cm²) por ponto de aplicação (sete em cada membro inferior), totalizando 3.276 J ao considerar 14 pontos.

O cluster foi posicionado em contato com a pele do participante, em um ângulo de 90°, visando minimizar a perda de emissão de energia em cada ponto de aplicação. Quando a área de contato do cluster era maior que o membro inferior do participante, os membros foram posicionados lado a lado, considerando essa configuração como um único ponto. O tempo de aplicação por ponto foi de 36 segundos, totalizando 504 segundos (ou 8,4 minutos) para a aplicação total nos 14 pontos. Entre as aplicações na mesma região, foi respeitado um intervalo mínimo de um minuto.

Os participantes do GFBM passaram por 12 sessões de TFBM, duas vezes por semana com um dia de intervalo entre elas, e os do GP passaram pelo mesmo número de simulações da TFBM. As simulações foram realizadas com os mesmos procedimentos que as aplicações efetivas: programação do aparelho com os parâmetros corretos, uso dos óculos de proteção pelo aplicador e participante, e acoplamento do cabeçote do cluster nos pontos de intervenção; com a única exceção do não acionamento do botão que daria início à emissão de luz. Para controle do tempo, foi utilizado um cronômetro pelos aplicadores a fim de contar 36 segundos para cada ponto de aplicação.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após verificação da normalidade e homogeneidade dos dados, foi adotada o teste ANOVA de medidas repetidas com post-hoc de Bonferroni para verificação das variáveis intra e intergrupos. O nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

Foram incluídos 12 participantes no estudo, os quais foram avaliados e randomizados em dois grupos: GFBM ($n = 8$) e GP ($n = 4$). Todos os indivíduos realizaram o protocolo de avaliação e completaram as 12 sessões de intervenção. No entanto, duas crianças do GFBM apresentaram quadro gripal durante a reavaliação, o que impossibilitou o uso de seus dados. Além disso, outras duas crianças, uma do GFBM e outra do GP, foram excluídas da análise devido a falhas no registro dos dados pelo cardiófrequencímetro.

A amostra analisada ($n = 8$), com idade média de $8,75 \pm 1,67$ anos de idade, foi dividida entre GFBM ($n = 5$) e GP ($n = 3$), com quatro (80%) e duas meninas (66,7%) em cada, respectivamente. A respeito do GMFCS, o GFBM tinha quatro indivíduos classificados com GMFCS V (80%) e um com GMFCS III (20%), enquanto o GP era composto inteiramente por indivíduos com GMFCS V (100%). A Tabela 1 apresenta a caracterização da amostra, sem diferença significativa entre os dados.

Tabela 1 – Caracterização da amostra com valores de média e desvio padrão

Características	GFBM (n=5)		GP (n=3)		ANOVA (p)
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	8,4	1,95	9,33	1,15	0,487
Massa (kg)	28,14	12,24	34,76	16,38	0,387
Altura (m)	1,2775	0,12	1,22	0,14	0,534
IMC (kg/m ²)	15,86	4,58	22,63	10,77	0,248

Legenda: GFBM: grupo fotobiomodulação; GP: grupo placebo; DP: desvio padrão; kg: quilogramas; m: metros; IMC: índice de massa corporal; ANOVA: análise de variância One Way.

As Tabelas 2 e 3 mostram a análise comparativa pelo teste ANOVA de medidas repetidas com post-hoc de Bonferroni, considerando nível de significância de $p < 0,05$. Ao analisar os resultados no teste ANOVA de medidas repetidas, foi observado que resultados relacionados ao momento foram significativos ou muito próximos de apresentar significância e por essa razão optou-se por analisar também o teste post-hoc de Bonferroni.

Tabela 2 – Índices da variabilidade da frequência cardíaca nos momentos pré e imediatamente após a última intervenção.

		GFBM (n=5)		GP (n=3)		ANOVA (p)		
		Média	DP	Média	DP	Momento	Grupo	Interação
iRR (ms)	Pré	547,84	103,69	510,63	96,71	0,035*	0,535	0,917
	Pós	675,84	127,11	628,73	79,04			
	% Δ	23,36		23,13				
	p	0,061		0,151				
RMSSD (ms)	Pré	19,56	10,66	14,27	11,07	0,057	0,467	0,679
	Pós	48,30	34,04	34,03	17,80			
	% Δ	146,93		138,55				
	p	0,064		0,272				
pNN50 (%)	Pré	3,76	3,71	3,13	5,08	0,047*	0,554	0,583
	Pós	26,28 ‡	22,66	17,13	14,44			
	% Δ	598,94		446,81				
	p	0,046		0,273				
SD1 (ms)	Pré	13,86	7,56	10,13	7,86	0,058	0,466	0,677
	Pós	34,24	24,09	24,10	12,59			
	% Δ	147,04		137,82				
	p	0,064		0,273				
SDNN (ms)	Pré	47,86	44,37	42,13	25,48	0,677	0,614	0,595
	Pós	59,44	35,20	40,70	19,75			
	% Δ	24,20		-3,40				
	p	0,446		0,940				
HR (bpm)	Pré	113,10	19,51	121,62	23,44	0,018*	0,593	0,8
	Pós	92,16	18,01	96,92	12,73			
	% Δ	-18,51		-20,31				
	p	0,053		0,07				

Legenda: GFBM: grupo fotobiomodulação; GP: grupo placebo; DP: desvio padrão; iRR: intervalos R-R; RMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo; SD1: dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade; SDNN: desvio padrão dos intervalos R-R; HR: frequência cardíaca (*heart rate*); ms: milissegundos; bpm: batimentos por minuto; *: diferença estatisticamente significativa para o momento, no teste ANOVA de medidas repetidas; ‡: diferença estatisticamente significativa em relação ao momento pré intragrupo; *: nível de significância de p<0,05; % Δ: porcentagem de variação entre pré e após a última intervenção.

Os resultados da TIV não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Entretanto, assim como na análise da VFC, o resultado relacionado à interação na face foi significativo no GFBM, por isso optou-se por analisar também o teste post-hoc de Bonferroni.

Tabela 3 – Dados da termografia infravermelha nos momentos pré e imediatamente após a última intervenção.

		GFBM (n=5)		GP (n=3)		ANOVA		
		Média	DP	Média	DP	Momento	Grupo	Interação
FACE	Pré	34	1,76	35,26	0,91	0,082	0,736	0,026*
	Pós	34,9	1,25	34,26	0,06			
	p	0,064		0,099				
	% Δ	2,65		-2,84				
MMII	Pré	32,43	0,72	32,26	1,61	0,740	0,481	0,448

	Pós	32,67	1,47	31,66	1,36			
	p	0,845		0,376				
	% Δ	0,74		-1,86				

Legenda: GFBM: grupo fotobiomodulação; GP: grupo placebo; DP: desvio padrão; MMII: membros inferiores; ANOVA: análise de variância One Way; % Δ: porcentagem de variação entre pré e após a última intervenção.; *: diferença estatisticamente significativa, $p < 0,05$.

5 DISCUSSÃO

5.1 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

O presente estudo foi conduzido no intuito de verificar se a TFBM apresentaria efeitos no ajuste autonômico de crianças e adolescentes com PC, uma vez que, a instabilidade autonômica é uma condição comum após lesão encefálica e que pode se manifestar pela ativação contínua de vias simpáticas (Kholod; Jamil; Katz-Leurer, 2013).

Os resultados da VFC desse estudo, apresentados na Tabela 2, mostraram diferenças estatísticas significativas após 12 sessões de TFBM, na condição momento do teste ANOVA, para o iRR, pNN50 e HR. Ambos os grupos apresentaram aumento nos valores de média de iRR, RMSSD, pNN50 e SD1 (indicadores de atividade parassimpática) no momento pós-aplicação, possivelmente devido à familiaridade dos participantes com os pesquisadores e com o ambiente, reduzindo a tensão gerado pelo desconhecido. No entanto, o comportamento dos dados na análise intragrupo mostrou diferença significativa para o pNN50 no GFBM e aumento expressivo não significativo no iRR, RMSSD e SD1 também no grupo GFBM, sugerindo aumento da atividade parassimpática, como efeito da TFBM (Larsson et al., 2023).

Apesar da atividade simpática ser importante para proteção do organismo em condições de estresse, o aumento da sua atividade, por longos períodos, acompanha uma função parassimpática diminuída, gera desequilíbrios para uma resposta inflamatória e de disfunção da microbiota intestinal, associado a uma cascata de eventos prejudiciais à homeostase corporal (Bellocchi et al., 2022), reforçando a necessidade de desenvolver estratégias para a modulação da atividade parassimpáticas na população de indivíduos com PC.

No GFBM, os valores da porcentagem de variação do SDNN aumentaram em 24,19%, sugerindo um efeito positivo na diminuição do estado ansioso após o uso da TFBM (Hamblin et al., 2019; Chang et al., 2022, Montazeri et al., 2022), diferente do comportamento do GP que teve uma diminuição de 3,39%. Em análises de VFC, o SDNN demonstrou representar a atividade global do SNA e seus valores diminuídos foram associados a um pior quadro de ansiedade (Larsson et al., 2023), bem como o pNN50, usado para refletir o tônus vagal ou parassimpático (Pham et al. 2021).

Valores mais altos de FC sinalizam o comportamento aumentado da atividade simpática (Larsson et al., 2023), relacionado às condições de doença (Vanderlei et al., 2009) e possível diminuição no estado de homeostase corporal (Gasior et al., 2020).

No presente estudo, os valores de FC no GFBM apresentaram uma diminuição mais pronunciada, com valores próximos à significância estatística somente no GFBM pelo este post-hoc de Bonferroni, o que sugere diminuição da ativação simpática e melhor controle autonômico cardíaco. O aumento de ativação de vias simpáticas associado ao tônus vagal baixo mostra resultados negativos relacionados aos transtornos de humor e risco aumentado de desenvolvimento de comorbidades (Pham et al.; 2021).

Desse modo, a TFBM mostrou uma tendência de aumento do tônus vagal e diminuição do simpático que poderia ser utilizada como recurso de modulação das condições de saúde geral e como um regulador para as questões psicológicas.

5.2 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA (TIV)

O SNA regula a temperatura corporal por meio da produção de suor e da atividade vasomotora dos vasos subcutâneos (Gioia et al., 2023). Alterações no fluxo sanguíneo, como aumento ou diminuição, ocorrem por situações de maior ou menor ativação do SNA simpático (Nakayama et al. 2005). Dessa forma, a temperatura corporal pode ser considerada um índice de atividade simpática e um preditor de estresse.

A literatura aponta que, em situação de estresse, a temperatura periférica tende a diminuir, devido a mecanismos fisiológicos envolvendo a resposta de luta ou fuga, como demonstraram Vianna et al. (2005), o quais observaram uma redução na temperatura da cauda e das patas em ratos condicionados ao medo. No presente estudo, houve um pequeno aumento da temperatura nos MMII no GFBM, enquanto o oposto ocorreu no GP, o que sugere uma atividade simpática menos prevalente pós-intervenção, com um estado de estresse reduzido.

A temperatura da face apresentou um aumento no GFBM, enquanto o contrário foi observado no GP. Estudos anteriores apontaram que o aumento da temperatura de eixo após situações de estresse indica maior atividade simpática (Uddin et al., 2023; Ludwig, et al., 2007; Vianna et al.; 2005). No entanto, Merla et al. (2007) demonstraram que na condição de dor ou medo de sentir dor, ocorreu uma redução geral da temperatura facial, devido a atividade sudomotora e à vasoconstricção periférica.

A avaliação das imagens termográficas de face pode ser realizada em diferentes regiões, cada área representando maior ou menor relação com a atividade simpática. Por exemplo, regiões como a testa, bochechas e parte medial dos olhos (ou carúncula lacrimal) que foram relacionadas a maior

atividade simpática quando com temperaturas mais elevadas (Vinkers et al., 2013; Stewart et al., 2007; Uddin et al., 2023). Enquanto o nariz, uma extremidade, tende a apresentar redução da temperatura logo após situações de estresse (Gioia et al., 2023).

Outra possível explicação do aumento da temperatura facial no GFBM é que, na análise realizada, foi utilizada uma área da face na qual o nariz foi a única região sem cortes. Isso implica que sua área foi maior em relação às outras regiões, como a testa e as bochechas, que geralmente possuem áreas maiores (Vinkers et al., 2013). O aumento na temperatura do nariz, possivelmente causado por redução do estresse, pode ter tido maior relevância em comparação com as outras regiões, influenciando o aumento no valor médio da temperatura facial, o que indica uma possível redução da atividade simpática no GFBM.

É importante destacar que, até o presente momento, ainda são escassos estudos sobre a medição da temperatura por meio da TIV em situação de estresse crônico, especialmente em populações que apresentam um desequilíbrio simpático constante, como a deste estudo. Na literatura encontrada, as condições de estresse eram agudas, como em animais condicionados ao medo ou avaliações de situações e testes estressantes em humanos, como descrito por Vianna et al. (2005) e Vinkers et al. (2013), por exemplo.

A associação entre os dados da TIV e VFC demonstraram uma atenuação do sistema simpático e prevalência da atividade parassimpática, o que se traduz em redução do estresse e maior controle autonômico no GFBM.

A VFC pode ser considerada um marcador autonômico mais apropriado do que a TIV (Engert et al., 2014). No entanto, as imagens térmicas apresentam a vantagem de serem remotas, não invasivas e da ausência de necessidade de repouso prolongado para a coleta de dados, que as torna vantajosas na avaliação de crianças e adolescentes com PC.

5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Por se tratar de um número reduzido de participantes, os dados obtidos devem ser interpretados como preliminares. O tamanho da amostra, pode ter tido interferência nos dados de VFC, os quais são sensíveis à medição e requerem repouso para uma medida fidedigna. Durante a gravação, alguns participantes permaneceram agitados e realizaram movimentos bruscos. Tal dificuldade pode ter influenciado a coleta dos dados, ainda que as áreas de comportamento mais estável tenham sido cuidadosamente selecionadas.

A dificuldade na avaliação da VFC nessa população ressalta a necessidade de mais estudos voltados à padronização dessa medida, visando facilitar sua aplicação tanto na prática clínica quanto na pesquisa científica.

6 CONCLUSÃO

Os resultados da TFBM apontaram informações promissoras na ativação do sistema nervoso parassimpático e modulação do sistema nervoso simpático, podendo promover melhores condições de saúde para indivíduos com PC.

REFERÊNCIAS

- AMICHAI, T.; EYLYON, S.; BERGER, I.; KATZ-LEURER, M. The impact of breathing rate on the cardiac autonomic dynamics among children with cerebral palsy compared to typically developed controls. **Dev Neurorehabil.**, v.22, n. 2, p 98-103, 2019. doi: 10.1080/17518423.2018.1434700.
- BELLOCCHI, C.; CARANDINA, A.; MONTINARO, B.; TARGETTI, E.; FURLAN, L.; RODRIGUES, G.D.; TOBALDINI, E.; MONTANO, N. The Interplay between Autonomic Nervous System and Inflammation across Systemic Autoimmune Diseases. **Int J Mol Sci.**, v. 23, n. 5, p. 2449, 2022. doi: 10.3390/ijms23052449.
- CHANG, Y. C., CHEN, C. M., LAY, I. S., LEE, Y. C., & TU, C. H. The Dosage Effect of Laser Acupuncture at PC6 (Neiguan) on Heart Rate Variability: A Pilot Study. **Life (Basel, Switzerland)**, v. 12, n. 12, p. 1951, 2022. <https://doi.org/10.3390/life12121951>
- DAN, B. Understanding the autonomic nervous system in cerebral palsy. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 59, n. 7, p. 668, 2017. doi: 10.1111/dmcn.13440.
- ENGERT, V. et al. Exploring the use of thermal infrared imaging in human stress research. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 27 mar. 2014.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, R. et al. Utilización de un programa con láser en pacientes diagnosticados de fibromialgia. **Reumatología Clinica**, v. 7, n. 2, p. 94–97, mar. 2011.
- GIOIA, F. et al. Autonomic Regulation of Facial Temperature during Stress: A Cross-Mapping Analysis. **Sensors**, v. 23, n. 14, 1 jul. 2023.
- HAMBLIN, M.R. Photobiomodulation for traumatic brain injury and stroke. **J Neurosci Res.**, v.4, p.731-743, 2018. doi: 10.1002/jnr.24190. Epub 2017 Nov 13. Erratum in: J Neurosci Res., v. 3, p.373, 2019. doi: 10.1002/jnr.24376
- HENNESSY M, HAMBLIN MR. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. **J Opt.**, v.19, n.1, p. 013003, 2017. doi:10.1088/2040-8986/19/1/013003
- KATZ-LEURER M., AMICHAI T. Heart rate variability in children with cerebral palsy. **Dev. Med. Child Neurol.**, v. 61, n. 6, p. 730–731, 2019. doi: 10.1111/dmcn.14095
- KHOLOD, H.; JAMIL, A.; KATZ-LEURER, M. The associations between motor ability, walking activity and heart rate and heart rate variability parameters among children with cerebral palsy and typically developed controls. **NeuroRehabilitation**, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2013. doi:10.3233/NRE-130934.
- LAHIRI, B. B. et al. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics and Technology**, jul. 2012.
- LARSSON, C.E.; CABASSUT, V.; PERETOUT, P.; MARLIERE, S.; VAUTRIN, E.; PILIERO, N.; SALVAT, M.; RIOU, L.; VANZETTO, G.; VILOTITCH, A.; BOSSON, J.L.; BARONE-ROCHETTE, G. Assessment of the Objective Effect of Virtual Reality for Preoperative Anxiety in Interventional Cardiology. **Am J Cardiol.**, v. 205, p. 207-213, 2023. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.07.130

LIN, Y.P.; SU, Y.H.; CHIN, S.F.; CHOU, Y.C.; CHIA, W.T. Light-emitting diode photobiomodulation therapy for non-specific low back pain in working nurses: A single-center, double-blind, prospective, randomized controlled trial. **Medicine**, v. 99, n. 32, 2020. doi: 10.1097/MD.00000000000021611

LUDWIG N et al. TECHNICAL NOTE: APPLICABILITY OF INFRARED THERMOGRAPHY AS A NON INVASIVE MEASUREMENT OF STRESS IN RABBIT. **World Rabbit Sci.** [s.l: s.n.].

MCCAFFERTY, D. J. The value of infrared thermography for research on mammals: Previous applications and future directions. **Mammal Review**, v. 37, n. 3, p. 207–223, 2007.

MERLA, A.; ROMANI, G. Thermal Signatures of Emotional Arousal: A Functional Infrared Imaging Study. 2007.

NAKAYAMA, K. et al. Decrease in nasal temperature of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in negative emotional state. **Physiology and Behavior**, v. 84, n. 5, p. 783–790, 13 abr. 2005.

NISKANEN, J. P. et al. Software for advanced HRV analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 76, n. 1, p. 73–81, out. 2004.

PHAM, T.; LAU, Z.J.; CHEN, S.H.A.; MAKOWSKI, D. Heart Rate Variability in Psychology: A Review of HRV Indices and an Analysis Tutorial. **Sensors**, v. 21, p. 3998, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21123998>

ROSENBAUM P. Is cerebral palsy progressive? Why do we ask? **Dev Med Child Neurol.** 64(6):672, 2022. doi:10.1111/dmcn.15168

STEWART, M. et al. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. **Physiology and Behavior**, v. 93, n. 4–5, p. 789–797, 18 mar. 2008.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p.1043-65, 1996.

UDDIN, J.; MCNEILL, D. M.; PHILLIPS, C. J. C. Infrared thermography as a tool for the measurement of negative emotions in dairy cows. **International Journal of Biometeorology Springer Science and Business Media Deutschland GmbH**, , 1 fev. 2023.

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

VIANNA, D. M. L.; CARRIVE, P. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. **European Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 9, p. 2505–2512, maio 2005.

VINKERS, C. H. et al. The effect of stress on core and peripheral body temperature in humans. **Stress**, v. 16, n. 5, p. 520–530, set. 2013.

VITRIKAS, K.; DALTON, H.; BREISH, D. Cerebral Palsy: An Overview. **Am Fam Physician.**, v. 101, n. 4, p. 213-220, 2020.

WESCHENFELDER, A. V. et al. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 616–620, 2013.

YANG, T.F.; CHAN, R.C.; KAO, C.L.; CHIU, J.W.; LIU, T.J.; KAO, N.T.; KUO, T.B. Power spectrum analysis of heart rate variability for cerebral palsy patients. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 5, p.350-4, 2002. doi: 10.1097/00002060-200205000-00005.