

EDUCAÇÃO FÍSICA

VINICIUS DE BELLI

**ATIVIDADE DO CÓRTEX PRÉ-FRONTAL NA
MODULAÇÃO DO ANDAR DE IDOSOS**



Rio Claro
2019

VINICIUS DE BELLI

ATIVIDADE DO CÓRTEX PRÉ-FRONTAL NA MODULAÇÃO DO
ANDAR DE IDOSOS

Orientadora: Prof. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi

Co-orientador: Prof. Me. Diego Orcioli-Silva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para
obtenção do grau de Bacharel em Educação
Física.

Rio Claro
2019

B443a Belli, Vinicius de
Atividade do córtex pré-frontal na modulação do andar de idosos /
Vinicius de Belli. -- Rio Claro, 2019
32 f. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio
Claro
Orientadora: Lilian Teresa Bucken Gobbi
Coorientador: Diego Orcioli-Silva

1. Atividade Cortical. 2. Locomoção. 3. Velocidade do andar. 4.
fNIRS. 5. Envelhecimento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a minha mãe e ao meu pai (in memoriam).

Dedico também aos meus familiares, minha namorada e meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Finalizar esta etapa significa muito trabalho, aprendizagem, dedicação, mas também sacrifícios, superação e gratidão. Chegar aqui foi possível, graças ao apoio e compreensão daqueles que me são mais próximos. Refiro-me principalmente às pessoas que mais impacto tiveram na conclusão deste percurso da minha formação profissional. Ainda assim, o meu agradecimento àqueles que não estando aqui referenciados, me influenciaram mesmo que de forma indireta.

Agradeço primeiramente a Deus por ter me abençoado a todos os momentos, em especial nessa caminhada de quatro anos que vivi dentro da universidade, passando por momentos bons e por momentos ruins. Agradeço por ter sido minha principal base nos momentos mais difíceis, ainda mais nos momentos de realizar escolhas que graças ao “homem lá de cima”, foram as escolhas certas.

Ao financiamento via processo nº 2017/23476-1, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

A minha mãe, Cleide, pessoa que eu amo demais, por estar sempre comigo, em todos os momentos da minha vida e por ter me apoiado e por ter estado do meu lado nos momentos mais difíceis da vida. Além disso, agradeço por todo o carinho, educação, incentivo e amor, por fornecer tudo que eu precisei durante a minha caminhada.

Ao meu pai, Carlos, (in memoriam) que sempre foi e será meu herói e meu maior exemplo de como ser um Homem. Desde as brincadeiras de quando eu era menor (futebol nos campinhos de domingo à tarde) até nos momentos de cobrança, tudo tinha um lado a se aprender. Agradeço pelos ensinamentos e pelos conselhos, principalmente os para a vida. Essa jornada, foi cumprida também por você!!!

Agradeço a todos os membros da minha família, por serem meus refúgios nos momentos de estresse, principalmente a minha Tia Tata, minha Tia Angela, minha priminha Ana Laura, e meus priminhos Gabriel e Cauã.

A minha grande amiga e parceira que a vida me deu, Bárbara, obrigado por ser meu apoio, por me ajudar com seus conselhos e ser meu ombro direito e esquerdo. Mesmo com a distância e a saudade, obrigado pela companhia, paciência, carinho e amor nesses anos. Agradeço também aos seus pais, Adriana e Rodgilson, também ao seu irmão (Gabriel) e sua vó, por terem me acolhido como parte da família. Pelos churrascos e almoços de domingo e tudo mais...

A Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi, orientadora e professora. Agradeço por ter me acolhido no laboratório, por me abrir oportunidades e me ensinar muitas coisas durante esses 3 anos de convivência, por estar sempre ao meu lado e por me ajudar nesses momentos. E por fim, e o melhor (rs), pelos eventos com o pessoal do laboratório (hamburgadas, churrascos e barzinhos).

Ao meu co-orientador e amigo Prof. Me. Diego Orcioli Silva, garoto Jet, pelos ensinamentos, pela paciência em responder meus milhões de e-mails, pelas ajudas no projeto e nos resumos para congressos, coletas, relatórios, por tirar minhas dúvidas sempre que necessário, por me ajudar nas aulas do PROPARKI, pelas broncas e por estar sempre ali, me apoiando e me ajudando em qualquer momento.

A todos os membros do LEPLO, aos meus amigos de graduação Paola, Moraca e Felipinho, pela amizade que criamos nesses anos, pelas ajudas, trabalhos e pelos conselhos. Agradeço também ao Peixe), Priscila e Núbia por me ajudarem SEMPRE (rs) em coletas, análise de dados, revisões e partidas de tênis.

Aos meus amigos e irmãos de Araraquara, pelas brincadeiras, rolezinhos, pizzas e pelo companheirismo. Ferpa, Vitão e Guh, mesmo nos encontrando pouco tempo do ano temos muito em comum. Mesmo não nos encontrando todos os dias, sempre chateamos um aos outros nos grupos do Whats, mudando nada da época de escola. Por fim, por estarem sempre próximos a mim de algum jeito.

A todos da turma de Educação física 016 (BEF ou LEF/Turma 1 ou 2). A equipe de voleibol masculina da Unesp por terem entrado na minha vida no segundo ano de faculdade e por estarem comigo até meu quarto ano, onde mesmo perdendo a maioria dos jogos, sempre fomos MUITO unidos, e essa união trouxe um título que não vinha a 9 anos. A equipe de futsal e de voleibol feminina da Unesp pela vivência, mesmo que pequena, como membro da comissão técnica. A equipe de Futebol de Campo da Unesp, por me darem a oportunidade de mostrar todos os meus estudos e conhecimentos técnicos/táticos e de preparação física, além de ganhar o título do Inter de São José (2019), coroando o trabalho feito durante o ano.

Agradeço também o PROFIT (Programa de Atividade Física para a Terceira Idade) e o PROPARKI (Programa de Atividade para Pacientes com Doença de Parkinson) por me fornecerem a oportunidade de aprender bastante nos projetos e por me dar a oportunidade de colocar meus conhecimentos adquiridos em sala de aula, na prática.

RESUMO

O processo de envelhecimento leva a perda da automaticidade do andar e, como consequência, os idosos precisam recrutar áreas cognitivas durante a locomoção. Em situações mais exigentes, como o andar em velocidade rápida, os idosos aumentam ainda mais a atividade do córtex pré-frontal para manter o desempenho da tarefa. Ainda que os achados anteriores demonstrem o papel do córtex pré-frontal durante o andar em velocidade rápida, os estudos analisaram o andar em esteira. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar a atividade do córtex pré-frontal durante o andar no solo em velocidade preferida e em velocidade rápida de idosos. Vinte e cinco idosos andaram em um circuito de 26,8m de comprimento em duas condições experimentais: andar em velocidade preferida e em velocidade rápida. Cinco tentativas foram realizadas para cada condição, iniciando pela condição de andar em velocidade preferida para todos os participantes. A duração de cada tentativa foi de 60s sendo 30s de repouso e 30s de tarefa. Um tapete com sensores de pressão foi utilizado para o registro dos parâmetros espaço-temporais do andar. Um sistema portátil de espectroscopia funcional de luz próxima ao infravermelho (fNIRS), com 8 canais, foi posicionado na cabeça do participante para registro da atividade do córtex pré-frontal. A concentração de hemoglobina oxigenada (HbO₂) foi utilizada como marcador da atividade hemodinâmica do córtex pré-frontal. A análise da HbO₂ durante o andar foi dividida em dois períodos: baseline (10s, antes do início do andar) e andar (30s, sendo excluídos os 5s iniciais e os 5s finais). Teste t foi utilizado para análise estatística da HbO₂ e das variáveis do andar ($p \leq 0,05$). A análise indicou maior comprimento ($p > 0,001$), velocidade ($p > 0,001$) e menor duração do passo ($p > 0,001$) e fase de balanço ($p > 0,001$) durante o andar em velocidade rápida comparado ao andar em velocidade preferida. Ainda, os idosos apresentaram maior concentração de HbO₂ no córtex pré-frontal ($p = 0,024$) durante o andar rápido. A partir dos resultados, pode-se concluir que os idosos aumentaram a atividade do córtex pré-frontal ao andar no solo, sendo que em situações mais exigentes, como o andar em velocidade rápida, os idosos precisaram aumentar ainda mais a atividade cortical, possivelmente para manter o desempenho da tarefa (aumento de 33,48%).

Palavras-chave: *atividade cortical, locomoção, velocidade do andar, fNIRS, envelhecimento.*

ABSTRACT

Aging leads to loss of gait automaticity, hence older people need to recruit cognitive areas during walking. In greater demanding situations, such as fast walking speed, older people further increase prefrontal cortex activity to maintain task performance. Although previous studies have shown the role of the prefrontal cortex during fast walking, studies have analysed walking in a treadmill. Therefore, the aim of this study was to compare the prefrontal activity during overground walking at preferred and fast speed in older people. Twenty-five older people walked a 26.8m long circuit under two experimental conditions: preferred and fast walk speed. Each experimental condition were composed by five trials of 60s (30s of rest and 30s of data acquisition during walking).. A carpet with sensors pressure was used to record the spatiotemporal parameters of gait. A mobile functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) system, with 8 channels, was placed over forehead of participants to record prefrontal cortex activity. Oxygenated hemoglobin (HbO₂) concentration was used as a hemodynamic activity marker of the prefrontal cortex. The HbO₂ analysis during walking was divided into two periods: baseline (10 last seconds of the rest period) and experimental task (5 to 25 s of the data acquisition during walking). T-tests were used to compare HbO₂ and gait variables between gait condition ($p \leq 0.05$). Analysis indicated longer step length ($p > 0.001$), higher step velocity ($p > 0.001$) and shorter step duration ($p > 0.001$) and swing phase ($p > 0.001$) during fast walking compared to preferred walking speed. In addition, older people presented higher HbO₂ concentration in the prefrontal cortex ($p = 0.024$) during fast walking compared to preferred walking speed. In conclusion, older people increased the prefrontal cortex activity during overground walking, and in a greater demanding situation, such as fast walking speed, older people needed to increase cortical activity even more, possibly to maintain their task performance (33.48% increase).

Keywords: *cortical activity, locomotion, gait speed, fNIRS, aging.*

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Materiais e métodos.....	11
2.1 Participantes	11
2.2 Avaliação cognitiva e de sintomas neuropsiquiátricos.....	11
2.3 Avaliação da atividade cortical durante o andar.....	12
2.4 Análises de dados	13
2.5 Análise estatística	14
3. Resultados.....	15
4. Discussão.....	21
5. Conclusão	23
6. Referências Bibliográficas.....	23
ANEXO 1 – APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	29

1. Introdução

O andar é um movimento complexo que envolve todos os níveis do sistema nervoso e os sistemas musculoesquelético e cardiorrespiratório e é fortemente influenciado pelo processo de envelhecimento (PIRKER e KATZENSCHLAGER, 2017). Dentre as alterações decorrentes do envelhecimento, pode-se destacar o decréscimo da capacidade física e funcional (MOREIRA et al., 2013), que leva a alterações no andar (FIATARONE, et al., 1993; HAUSDORFF et al., 2001) como a redução na velocidade do andar e no comprimento do passo e o aumento na largura do passo (SCHRAGER et al., 2008; WERT et al., 2010; KO et al., 2011; ABOUTORABI et al., 2015). Alterações no andar têm sido associadas com maior risco de resultados adversos, como imobilidade, quedas e demência, o que leva a perda da independência funcional e morte (GURALNIK et al., 2000).

O andar é um indicador sensível para a saúde geral do idoso. Dentre as variáveis do andar, a velocidade tem sido considerada tanto uma medida objetiva importante da mobilidade funcional de idosos (KIM et al., 2016), como tem sido associada com a expectativa de vida dos idosos (STUDENSKI et al., 2011). Estudos anteriores têm demonstrado a importância de analisar o andar em velocidade preferida e em velocidade rápida. Testes da velocidade do andar preferido podem estimar a função física e doenças crônicas, enquanto a velocidade no andar rápido pode estimar a saúde geral e a massa muscular esquelética do indivíduo (KIM et al., 2016; HARADA, et al., 2009). Desta forma, a velocidade do andar é uma medida confiável e válida para o desempenho do andar dos idosos e é considerada um fator fundamental associado à qualidade de vida (KIM et al., 2016).

Alterações na velocidade do andar em idosos têm sido relacionadas a perda de massa muscular e força (ABOUTORABI et al., 2015). Além disso, estudos têm demonstrado que as alterações no andar também ocorrem devido a mudanças no sistema nervoso central. O encéfalo de idosos sofre alterações no volume e no peso cerebral, acompanhados pela redução no número de neurônios, fragmentação e perda da bainha de mielina, redução nos neurotransmissores e, conseqüentemente, redução nas conexões nervosas (SANES e JESSEL, 2014). Entretanto, estas alterações apresentam variações entre as regiões encefálicas, com perda celular mínima em uma região e perdas mais acentuadas em outras (CANÇADO e HORTA, 2002), que pode afetar as regiões associadas ao controle do andar. Mais especificamente, a morte de cerca de 25% dos neurônios motores esqueléticos contribui para a sarcopenia e a fraqueza muscular (SANES e JESSEL, 2014), que certamente afetam o comportamento do andar.

Com os avanços tecnológicos da ciência, equipamentos disponibilizados no mercado, como a espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS), possibilitam o registro da atividade do córtex cerebral durante o andar em situação real (VITORIO et al., 2017; STUART et al., 2018). Estudos mostram que o córtex pré-frontal, área motora suplementar, córtex pré-motor, córtex motor primário, córtex somatossensorial primário e córtex sensório-motor são ativados durante o andar (HAMACHER et al., 2015; STUART et al., 2018). O córtex pré-motor e o córtex pré-frontal são predominantemente responsáveis pelo controle da velocidade do andar (SUZUKI et al., 2004; MIYAI et al., 2001; HATAKENAKA et al., 2007). Desta forma, alterações na ativação destas áreas podem ser responsáveis pelo declínio da velocidade do andar (HAMACHER et al., 2015; AL-YAHYA et al., 2018). Harada e colaboradores (2009) demonstraram que o córtex pré-frontal é mais ativado durante o andar rápido. O aumento da atividade do córtex pré-frontal pode ser atribuído ao controle intencional do movimento durante a locomoção (MALOUIN et al., 2003; POCHON et al., 2001; LAU et al., 2004a, b). Uma vez que o córtex pré-frontal está envolvido no controle intencional de movimentos (LAU et al., 2004a, b), incluindo atenção (AVERBECK et al., 2002), processamento de informações (DEIBER et al., 1991; FRITH et al., 1991) e a organização de ações orientadas por objetivos (FRITH et al., 2000), a ativação desta área pode refletir o aumento das demandas cognitivas necessárias para modulação da velocidade do andar (HARADA et al., 2009). Ainda, o aumento da atividade do córtex pré-frontal é necessário para distinguir estímulos relevantes e irrelevantes (FUNAHASHI e ANDREAU, 2013) e explica porque idosos que conseguem caminhar relativamente rápido, também apresentam alto desempenho das funções executivas (WATSON et al., 2010; KEARNEY et al., 2013; MIELKE et al., 2013).

Embora os achados anteriores demonstrem o papel do córtex pré-frontal durante o andar em velocidade rápida, estes estudos analisaram o andar em esteira, o que pode ser uma limitação, já que a modulação do andar é guiada externamente e não internamente, como ocorre no dia-a-dia. Estudos prévios têm demonstrado diferenças entre o andar em esteira e o andar no solo. Em um estudo com tarefa dupla, Clark e colaboradores (2014) não encontraram diferença na atividade cortical quando os participantes andaram em uma esteira, no entanto, ao andar no solo, os autores observaram aumento da atividade do córtex pré-frontal durante a tarefa dupla. Entretanto, Thuum e colaboradores (2018) observaram menor atividade do córtex pré-frontal durante o andar em esteira quando comparado com o andar no solo, demonstrando que, quando o andar é guiado externamente, a necessidade do mecanismo compensatório é reduzida. Portanto, devido à importância da análise da velocidade do andar de idosos, da investigação da

atividade cortical e buscando uma abordagem mais ecológica, o objetivo deste estudo foi investigar a atividade do córtex pré-frontal na modulação do andar no solo (preferido x rápido) em idosos. Embora em superfície diferente, espera-se resultados semelhantes aos de Harada e colaboradores (2009), ou seja, devido à maior demanda da tarefa, espera-se observar aumento na atividade cortical em idosos durante o andar rápido em relação ao andar preferido.

2. Materiais e métodos

Todos os procedimentos experimentais abaixo descritos foram realizados nas dependências do Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO; Departamento de Educação Física/Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro). Os procedimentos experimentais descritos a seguir foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP campus Rio Claro (CAAE 07945619.0.0000.5465). Os participantes selecionados foram convidados e incluídos no estudo após fornecerem consentimento e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.1 Participantes

O cálculo da amostra a priori foi realizado com base nos achados de Suzuki e colaboradores (2004). A análise do poder da amostra, usando o software G*Power, indicou que o tamanho total da amostra de 19 participantes seria necessário para alcançar 95% do poder usando o teste t pareado com $\alpha < 0,05$. A variável utilizada para o cálculo do tamanho da amostra foi a hemoglobina oxigenada do córtex pré-frontal.

Vinte e cinco idosos neurologicamente sadios foram recrutados para este estudo. Os seguintes critérios de exclusão para a composição da amostra foram adotados: idade abaixo de 60 anos, níveis de demência (Montreal Cognitive Assessment – MoCA ≤ 17 pontos), histórico de problemas visuais, musculares, ortopédicos e neurológicos, que impossibilitem o cumprimento do protocolo experimental e diagnóstico de doenças neurológicas.

2.2 Avaliação cognitiva e de sintomas neuropsiquiátricos

Uma bateria de testes cognitivos e de sintomas neuropsiquiátricos foi aplicada para a caracterização da amostra. A avaliação cognitiva incluiu testes para funções cognitivas globais, funções executivas (incluindo atenção), ansiedade e depressão. O MoCA (NASREDDINE et al., 2005) foi aplicado com a finalidade de avaliar condições cognitivas globais. O MoCA é

composto por questões tipicamente agrupadas em sete categorias: domínio cognitivo, função executiva, capacidade visuo-espacial, memória, atenção, concentração, memória de trabalho, linguagem, orientação para tempo e orientação para local. Quanto maior é a pontuação obtida no MoCA, melhor é a cognição global do avaliado. As funções executivas dos participantes foram avaliadas por meio do Trail Making Test (FITZHUGH et al., 1962). O teste requer que o avaliado conecte com um traçado feito a mão utilizando uma caneta, um conjunto de 25 pontos (ou alvos) impressos em uma folha em uma ordem específica. O avaliado é instruído a completar o teste o mais rápido e acurado possível. O Trail Making Test é composto por duas partes: na parte A, todos os pontos a serem conectados são números (de 1 a 25); na parte B, os pontos combinam números e letras e o avaliado deve alternar entre eles, iniciando pelo número 1 (Ex: 1, A, 2, B, 3, C, ...). O avaliador registrou por meio de um cronômetro manual, o tempo gasto pelo avaliado para executar cada parte do teste. A diferença entre a parte B-A foi utilizada como variável. Sintomas de ansiedade e depressão foram avaliados pela Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão (HAD; MONDOLO et al., 2006). Esta escala contém duas subescalas, depressão e ansiedade, com 14 questões e pontuação de 0 a 21 pontos para cada, sendo que quanto maior a pontuação, maiores são os sintomas.

2.3 Avaliação da atividade cortical durante o andar

Antes do início da tarefa do andar, dados de massa e estatura para caracterizar os idosos foram coletados. Em seguida, os participantes foram preparados para o registro da atividade do córtex cerebral por meio do sistema portátil OctaMon (fNIRS system, Artinis Medical Systems, Elst, Netherlands), com frequência de coleta de 10 Hz. O OctaMon utiliza tecnologia wireless (Bluetooth), permitindo que o participante caminhe sem restrições de fios. Este sistema utiliza luz infravermelha que transmite dois comprimentos de ondas, 760 nm e 850 nm. O sistema é composto por 10 optodos (2 receptores e 8 emissores de luz) que detectam as mudanças na concentração cortical de hemoglobina oxigenada (HbO₂) e hemoglobina não oxigenada (HHb). Uma touca, que contém os optodos em locais pré-determinados, foi posicionada na cabeça do participante, na região pré-frontal do cérebro. O posicionamento da touca seguiu o sistema internacional 10/20.

Após o posicionamento da touca, os participantes foram convidados a andar em um circuito de 26,8 m de comprimento, com duas retas paralelas de 7m. Um carpete de 5,74m de comprimento com sensores de pressão (GAITRite®, CIR Systems Inc., Sparta, USA), com frequência de amostragem de 200 Hz, foi posicionado no centro de uma das retas para o registro de medidas espaço-temporais do andar. Duas condições experimentais foram realizadas: (i)

andar em velocidade preferida e (ii) andar em velocidade rápida. Na condição de velocidade preferida, os idosos foram instruídos a andar pelo circuito normalmente, “como eles andam no dia-a-dia”. Na condição de velocidade rápida, os idosos foram instruídos a andar o mais rápido possível, sem correr, “como se eles estivessem perdendo a hora para algum compromisso”. Para evitar a influência do andar rápido no andar preferido, primeiramente foram realizadas 5 tentativas na condição andar preferido e, em seguida, 5 tentativas na condição andar rápido, totalizando 10 tentativas.

2.4 Análises de dados

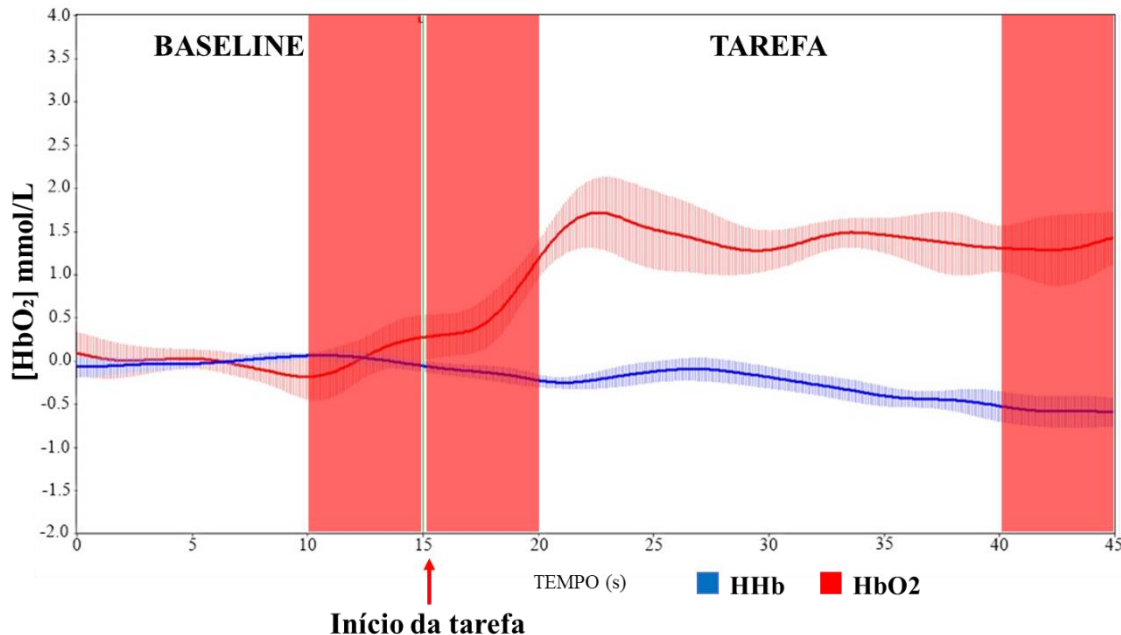
Os dados do carpete eletrônico (variáveis do andar) foram analisados pelo software GAITRite 4.7.5. Todos os passos registrados no carpete eletrônico foram considerados para o cálculo das variáveis dependentes, que incluem: média e variabilidade da velocidade do andar, comprimento e duração do passo e porcentagem do tempo em fase de balanço. Para análise da variabilidade foi utilizado o coeficiente de variação ($CV = (\text{desvio padrão}/\text{média}) * 100$) (HAUSDORFF, 2005).

Os dados da atividade do córtex pré-frontal foram registrados pelo software Oxysoft™ (versão 3.0.52, Artinis Medical Systems, Elst, Netherlands). Os procedimentos para a coleta e análise dos dados seguiram as recomendações de Vitorio e colaboradores (2017). Os procedimentos de análise dos sinais da fNIRS (correções de artefatos e filtragem) foram realizados no software de fonte aberta NIRS-SPM (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/>; YE et al., 2009). Os valores de HbO₂ foram calculados empregando a lei modificada de Beer-Lambert. Um filtro wavelet-minimum description length (MDL) (JANG et al., 2009; BRIGADOI et al., 2014; COOPER et al., 2012) foi utilizado para decompor o sinal em tendência global, resposta hemodinâmica e componentes de ruído. Ainda, ruídos de alta frequência foram reduzidos/removidos por meio de um filtro passa-baixa baseado na função canônica da resposta hemodinâmica (YE et al., 2009).

Um algoritmo customizado escrito em linguagem MATLAB foi utilizado para os cálculos das variáveis de interesse. Apenas a HbO₂ foi considerada na análise, pois, estudos prévios têm demonstrado que esta variável é mais sensível para detectar mudanças na atividade cortical (MIYAI et al. 2001; SUZUKI et al., 2004; HARADA et al., 2009). As concentrações de HbO₂ dos oito canais foram calculados e agrupados por hemisfério (média de canais – 4 de cada lado) – córtex pré-frontal direito e esquerdo. A fim de comparar os dados entre todos os sujeitos, a máxima alteração na concentração de HbO₂ de todas as tentativas e canais foram determinadas para cada indivíduo. Finalmente, os dados individuais foram normalizados

(divisão da amplitude média das respostas hemodinâmicas individuais de todos os canais pela correspondente alteração da concentração máxima durante todo o experimento) (KOENRAADT et al., 2014; VITORIO et al., 2018). Este procedimento foi utilizado para diminuir as diferenças de amplitude entre os indivíduos. Para análise dos dados, a tarefa foi dividida em dois períodos: baseline (15 segundos antes do início do andar; posição em pé parado) e a tarefa experimental. Os últimos 5 segundos do baseline (para evitar sinais de preparação da tarefa), os 5 segundos iniciais do tarefa (tempo entre a ativação cortical e a resposta hemodinâmica) e os 5 últimos segundos da tarefa (para evitar que o idoso já estivesse esperando o final da tarefa) foram excluídos da análise (Figura 1). A média do sinal normalizado de cada período analisado e para cada hemisfério cerebral (considerando a média de todas as tentativas realizadas) foi calculada. A diferença de concentração de HbO₂ entre os períodos (ex. $\text{Diff}_{\text{HbO}_2} = \text{HbO}_{2\text{andar}} - \text{HbO}_{2\text{baseline}}$) foi calculada para avaliar a mudança relativa da atividade cortical entre o andar e o baseline.

Figura 1. Representação dos momentos considerados para análise da HbO₂ (linha vermelha) e HHb (linha azul) do córtex pré-frontal. Os períodos em vermelho foram excluídos da análise.



2.5 Análise estatística

O programa SPSS 22.0 (SPSS, Inc.) foi utilizado para o tratamento estatístico e o nível de significância foi mantido em 0,05 para todas as análises. Teste t pareado foi utilizado para verificar diferença entre baseline e a tarefa do andar em velocidade preferida para confirmar se

os idosos aumentam a atividade cortical durante o andar. A atividade cortical e os parâmetros do andar foram analisados por meio de teste t pareado (andar preferido x andar rápido). A análise de correlação de Pearson foi utilizada para avaliar a relação entre a atividade cortical e os parâmetros do andar. Para isso, três correlações foram realizadas: i) atividade cortical x parâmetros cinemáticos do andar preferido; ii) atividade cortical x parâmetros cinemáticos do andar rápido; iii) diferença entre a atividade cortical no andar preferido e rápido (atividade cortical no andar rápido – atividade cortical no andar preferido) x diferença entre os parâmetros cinemáticos do andar preferido e rápido. Além disso, correlações entre atividade cortical e variáveis cognitivas/ neuropsiquiátricas foram também realizadas.

3. Resultados

Os dados de caracterização dos participantes estão descritos na Tabela 1. De maneira geral, nenhum idoso apresentou quadro de demência ($MoCA \leq 17$, SACZYNSKI et al., 2015), sete idosos apresentaram sintomas de ansiedade (HAD, subescala de ansiedade ≥ 8 , BJELLAND et al., 2002) e nenhum idoso apresentou sintomas de depressão (HAD, subescala de depressão ≤ 8 , BJELLAND et al., 2002).

Tabela 1. Caracterização dos participantes.

Partic.	Idade (anos)	Sexo	Peso (Kg)	Estatura (m)	MoCA (0-30)	HAD		Trail Making Test
						A	D	Parte B - Parte A (s)
1	71,8	F	65,3	1,47	28	1	2	92,00
2	61,5	F	82,1	1,61	29	4	4	11,92
3	65,9	F	64,0	1,54	28	5	4	44,99
4	63,2	M	76,9	1,66	25	8	7	82,34
5	64,5	F	71,5	1,53	23	17	3	82,40
6	66,2	M	99,5	1,74	23	8	2	19,50
7	65,5	F	94,3	1,59	26	7	3	52,70
8	73,6	M	80,2	1,63	23	14	4	63,35
9	61,0	M	97,8	1,74	23	7	4	71,54
10	61,0	M	67,2	1,74	24	9	6	25,37
11	61,0	M	77,0	1,68	27	9	2	82,89
12	62,5	M	70,9	1,77	27	11	5	104,84
13	71,1	M	95,5	1,85	25	7	7	52,57
14	70,4	F	82,2	1,59	23	10	7	138,18
15	72,5	F	89,8	1,63	24	2	3	59,22
16	60,0	F	84,0	1,72	25	7	4	73,35
17	81,0	M	68,0	1,70	25	7	4	71,71
18	64,0	F	85,5	1,65	24	4	6	77,18
19	72,1	F	78,2	1,65	26	6	5	136,28
20	66,6	M	78,2	1,65	27	0	4	64,49
21	64,3	F	63,0	1,63	27	4	2	36,07
22	70,6	M	92,0	1,71	24	6	2	39,25
23	69,0	F	59,5	1,55	29	10	2	18,68
24	69,0	M	51,0	1,62	25	7	4	65,26
25	75,0	F	81,5	1,61	25	7	4	65,26
Média	67,3		78,2	1,65	25,48	7,10	4,00	65,25
Desvio Padrão	5,31	F13/M12	12,70	8,44	1,91	3,74	1,63	32,16

F: Feminino; **M:** Masculino; **MoCA:** Montreal Cognitive Assessment; **HAD:** Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores de média e variabilidade, respectivamente, das variáveis espaço-temporais do andar nas condições de andar em velocidade preferida e rápida dos participantes recrutados para o estudo. O teste t indicou que os idosos aumentaram o comprimento ($t_{24}=-10,843$; $p>0,001$) e velocidade do passo ($t_{24}=-14,372$; $p>0,001$), e diminuiram a duração do passo ($t_{24}=10,989$; $p>0,001$) e fase balanço ($t_{24}=-8,220$; $p>0,001$) no andar rápido em relação ao preferido. Não houve diferença significativa nas variáveis de variabilidade.

Tabela 2. Dados individuais das variáveis espaço-temporais do andar dos participantes analisados durante o andar preferido (VP) e rápido (VR). As três últimas linhas apresentam, respectivamente as médias, desvios padrão e o valores de p das variáveis.

Participantes	Comprimento (cm)		Duração (s)		Velocidade (cm/s)		Largura (cm)		Balanço (%)	
	VP	VR	VP	VR	VP	VR	VP	VR	VP	VR
1	62,88	68,16	0,51	0,46	122,90	149,63	12,46	12,49	72,65	73,63
2	66,02	70,60	0,48	0,42	137,73	168,08	12,24	11,14	75,23	75,74
3	54,80	58,70	0,54	0,50	101,49	117,73	8,72	8,92	72,88	73,51
4	75,03	78,95	0,54	0,47	140,01	166,55	13,53	12,29	71,47	73,90
5	62,02	68,09	0,57	0,45	109,67	149,99	12,05	11,84	68,48	70,76
6	71,46	88,19	0,60	0,51	118,28	174,30	17,01	17,46	72,15	77,24
7	62,85	70,94	0,57	0,47	110,21	150,37	8,64	8,21	66,75	69,54
8	51,87	62,84	0,56	0,49	93,30	128,47	11,23	11,35	65,99	69,21
9	71,52	84,24	0,55	0,49	129,58	172,98	17,29	15,96	73,33	74,63
10	77,53	88,69	0,60	0,50	129,59	177,99	8,01	10,04	71,49	78,17
11	68,31	81,43	0,57	0,48	120,55	168,55	12,28	11,43	71,03	76,40
12	78,35	89,46	0,52	0,49	150,48	183,71	16,84	19,24	77,96	82,17
13	71,70	85,75	0,75	0,55	95,87	155,78	9,96	10,72	64,94	66,61
14	60,03	61,83	0,60	0,59	99,52	105,64	10,66	11,64	68,49	68,85
15	61,38	68,33	0,46	0,39	133,82	173,09	12,62	12,14	72,42	76,13
16	67,62	77,08	0,55	0,48	122,20	159,18	10,84	10,76	70,35	73,15
17	68,89	83,25	0,56	0,49	123,85	168,54	17,25	15,45	72,19	79,48
18	69,35	75,91	0,52	0,45	134,56	168,82	14,29	13,82	74,07	77,68
19	61,85	76,22	0,58	0,48	106,27	159,00	10,21	10,55	72,48	78,79
20	83,31	102,52	0,55	0,47	152,78	216,06	9,74	12,56	75,36	82,14
21	61,69	74,33	0,57	0,44	108,14	170,36	6,71	6,52	70,17	78,72
22	65,42	79,08	0,56	0,48	116,98	165,69	14,53	13,70	71,06	76,61
23	69,51	75,30	0,51	0,42	137,32	179,45	8,17	8,12	74,62	78,49
24	66,92	78,72	0,53	0,44	126,94	180,12	9,98	10,16	75,01	81,19
25	56,50	63,20	0,55	0,49	103,32	128,23	14,70	15,35	72,12	75,43
Média	66,67	76,47	0,55	0,48	121,01	161,53	12,00	12,07	71,71	75,33
Desvio Padrão	7,45	10,28	0,05	0,04	16,50	23,12	3,08	2,96	3,06	4,19
Valor de p	<0,001		<0,001		<0,001		0,737		<0,001	

Tabela 3. Dados individuais da variabilidade das variáveis espaço-temporais do andar preferido (VP) e rápido (VR) dos idosos. As três últimas linhas apresentam as médias, desvios padrão e o valor de p das variáveis.

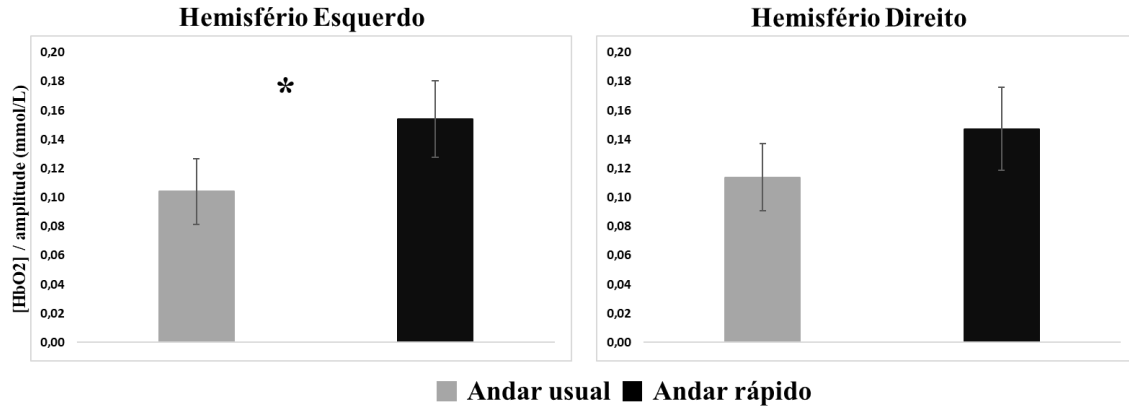
Participantes	Comprimento (%)		Duração (%)		Velocidade (%)		Largura (%)		Balanço (%)	
	VP	VR	VP	VR	VP	VR	VP	VR	VP	VR
1	3,51	3,24	5,10	7,26	7,10	8,49	28,61	30,42	3,88	3,66
2	3,13	3,03	3,52	4,38	4,42	4,99	31,49	28,39	2,74	16,44
3	5,04	6,18	3,51	6,63	5,62	6,94	39,42	44,42	3,17	3,02
4	3,49	4,36	5,26	4,14	6,13	4,66	33,11	41,60	2,55	4,03
5	3,77	4,01	6,91	5,81	8,51	7,01	33,25	33,21	4,29	11,19
6	4,24	3,81	5,37	4,76	7,52	7,44	22,66	25,71	4,20	3,28
7	5,58	3,75	9,10	7,16	12,34	9,07	43,43	42,32	3,87	13,89
8	6,14	5,15	6,80	6,42	9,20	7,33	45,18	44,30	22,84	18,39
9	6,02	3,65	3,80	4,67	5,81	4,38	32,24	27,75	3,42	12,35
10	2,93	4,99	6,94	11,95	7,87	12,37	54,07	53,21	18,34	7,68
11	3,63	3,97	5,22	4,67	6,93	5,76	26,31	39,89	5,01	2,71
12	4,31	4,04	3,57	3,27	6,31	4,80	20,12	20,42	2,94	2,64
13	3,16	5,01	6,54	8,64	8,05	10,73	45,30	34,74	16,07	24,16
14	6,37	5,76	4,21	4,72	7,99	8,15	36,68	42,88	3,55	4,76
15	3,02	3,82	5,73	7,13	6,37	6,74	22,20	28,55	2,55	7,28
16	5,00	2,85	3,50	4,97	6,78	6,00	43,37	34,10	3,57	12,94
17	6,45	23,73	3,67	5,44	5,71	24,50	23,78	30,36	4,63	7,93
18	3,59	17,30	2,12	4,20	4,30	17,06	25,18	26,96	2,24	4,84
19	2,95	2,92	2,79	2,74	4,91	3,81	34,53	43,50	2,91	2,40
20	2,50	3,07	3,58	2,85	4,29	4,28	44,21	31,96	10,67	2,32
21	2,68	2,52	6,12	3,43	7,70	4,26	47,75	45,50	13,63	2,91
22	5,21	4,91	5,96	2,86	8,34	4,05	23,87	25,42	14,62	3,51
23	3,21	2,77	4,43	5,57	6,31	6,83	41,08	49,76	4,46	5,07
24	2,85	7,01	6,57	2,69	8,11	6,28	27,28	35,80	14,07	3,99
25	5,57	4,42	6,19	3,68	10,07	6,31	23,59	25,39	14,52	5,72
Média	4,17	5,45	5,06	5,20	7,07	7,69	33,95	35,46	7,39	7,48
Desvio Padrão	1,28	4,75	1,64	2,13	1,87	4,58	9,59	8,72	6,10	5,84
Valor de p	0,171		0,737		0,544		0,248		0,948	

A Tabela 4 e a Figura 2 apresentam os dados das concentrações hemodinâmicas do córtex pré-frontal do hemisfério direito e esquerdo, por indivíduo e média do grupo, respectivamente. A Tabela 4 apresenta os dados da média das 5 tentativas por condição para cada indivíduo. A Figura 2 apresenta a média dos indivíduos para cada condição experimental. A análise estatística demonstrou que os idosos aumentaram a atividade cortical de ambos os hemisférios (esquerdo: $t_{24}=3,325$; $p=0,003$; direito: $t_{24}=-3,991$; $p=0,001$) na tarefa de andar em velocidade preferida comparada ao período baseline. O teste t indicou que os idosos aumentaram a concentração de HbO₂ no hemisfério esquerdo ($t_{24}=-2,404$; $p=0,024$) no andar em velocidade rápida em relação ao andar em velocidade preferida.

Tabela 4. Média da diferença de concentração de hemoglobina oxigenada (HbO₂) por hemisfério e por participante nas condições de andar em velocidade preferida (VP) e rápida (VR).

Participantes	Hemisfério Esquerdo		Hemisfério Direito	
	[HbO₂]/amplitude	[HbO₂]/amplitude	[HbO₂]/amplitude	[HbO₂]/amplitude
	VP	VR	VP	VR
1	0,16	0,39	0,26	0,48
2	0,09	0,25	-0,03	0,03
3	0,76	0,85	0,76	0,86
4	0,06	0,11	0,00	0,14
5	0,53	0,16	0,58	0,29
6	-0,08	-0,22	-0,17	-0,53
7	-0,19	-0,16	-0,17	-0,30
8	0,14	0,18	0,17	0,21
9	0,21	0,52	0,13	0,20
10	0,16	0,42	0,29	0,63
11	0,40	0,36	0,40	0,32
12	0,09	0,46	0,37	0,59
13	0,53	0,88	0,67	0,91
14	0,13	0,29	0,40	0,52
15	-0,01	0,34	-0,09	0,28
16	0,01	0,39	-0,02	0,37
17	0,71	0,67	0,51	0,46
18	0,14	-0,13	0,13	-0,03
19	0,05	0,00	0,07	0,11
20	0,29	0,72	0,29	0,68
21	0,78	0,76	0,42	0,36
22	0,06	0,25	0,17	0,49
23	0,04	0,16	0,39	0,17
24	-0,08	-0,18	-0,06	-0,09
25	0,21	0,23	0,20	0,23

Figura 2. Médias e desvios padrão da concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) dos hemisférios direito e esquerdo no andar preferido e rápido dos participantes. *diferença ($p=0,024$) entre o andar preferido e o andar rápido.



As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam as correlações entre a atividade cortical e os parâmetros do andar. A análise estatística não apontou correlação significativa.

Tabela 5. Correlação entre a atividade cortical e os parâmetros cinemáticos do andar em velocidade preferida.

	Hemoglobina oxigenada (HbO_2)	
	Hemisfério esquerdo	Hemisfério direito
Comprimento	$r=-0,137$; $p=0,514$	$r=-0,057$; $p=0,787$
Duração	$r=0,292$; $p=0,157$	$r=0,378$; $p=0,062$
Velocidade	$r=-0,299$; $p=0,147$	$r=-0,277$; $p=0,180$
Largura	$r=-0,127$; $p=0,546$	$r=-0,192$; $p=0,358$
Balanço	$r=-0,166$; $p=0,429$	$r=-0,146$; $p=0,488$

Tabela 6. Correlação entre a atividade cortical e os parâmetros cinemáticos do andar em velocidade rápida.

	Hemoglobina oxigenada (HbO₂)	
	Hemisfério esquerdo	Hemisfério direito
Comprimento	r=0,152; p=0,469	r=0,074; p=0,726
Duração	r=0,226; p=0,278	r=0,338; p=0,099
Velocidade	r=0,006; p=0,977	r=-0,116; p=0,580
Largura	r=-0,090; p=0,670	r=-0,089; p=0,671
Balanço	r=-0,037; p=0,862	r=-0,091; p=0,666

Tabela 7. Correlação entre a diferença entre a atividade cortical no andar preferido e rápido vs. diferença entre os parâmetros cinemáticos do andar preferido e rápido

	Hemoglobina oxigenada (HbO₂)	
	Hemisfério esquerdo	Hemisfério direito
Comprimento	r=0,119; p=0,571	r=0,065; p=0,758
Duração	r=0,135; p=0,520	r=0,172; p=0,412
Velocidade	r=-0,009; p=0,966	r=-0,063; p=0,764
Largura	r=0,375; p=0,065	r=0,352; p=0,085
Balanço	r=-0,160; p=0,444	r=-0,051; p=0,809

4. Discussão

O objetivo deste estudo foi investigar a atividade do córtex pré-frontal na modulação (velocidade preferida e rápida) do andar no solo em idosos. Como esperado, nossos achados demonstram que os idosos necessitaram aumentar a atividade do córtex pré-frontal durante o andar (andar em velocidade preferida vs baseline). Ainda, na tarefa mais exigente (andar em velocidade rápida), os resultados encontrados demonstraram que os idosos aumentaram ainda mais a atividade cortical. Em relação às variáveis espaço-temporais do andar, os resultados confirmaram que os idosos modularam o andar de acordo com a tarefa experimental, ou seja, os idosos aumentaram 33,48% a velocidade do andar na condição de andar em velocidade rápida quando comparados com o andar em velocidade preferida.

Os idosos aumentaram a atividade do córtex pré-frontal durante o andar preferido quando comparado ao baseline. Este achado corrobora com estudos prévios que demonstraram que, com o processo de envelhecimento, os idosos necessitam recrutar recursos cognitivos adicionais, como uma forma de compensação cognitiva, para manter o desempenho motor no envelhecimento (BEURSKENS et al., 2014; CABEZA et al., 2002; VANDENBOSSCHE et al., 2011; MIRELMAN et al., 2017). O córtex pré-frontal está envolvido no controle intencional do movimento (LAU et al. 2004a, b), incluindo atenção (AVERBECK et al., 2002), processamento de informação seletiva (DEIBER et al., 1991; FRITH et al., 1991) e organização de ações dirigidas por objetivos (FRITH et al., 2000). Desta forma, o aumento da atividade do córtex pré-frontal pode refletir o aumento da demanda cognitiva necessária para manter o desempenho do andar e isso pode aumentar ainda mais quando o idoso precisa adaptar o padrão locomotor (SUZUKI et al., 2004; HARADA., et al 2009; HEROLD et al., 2017).

Estudos prévios demonstraram que o córtex pré-frontal é mais ativo durante o andar em velocidade rápida (HARADA et al., 2009; SUZUKI et al., 2004), confirmando que essa tarefa é mais complexa/exigente e necessita de maior ativação do córtex pré-frontal para que seja realizada com sucesso. Os resultados do andar demonstraram que, de fato, os idosos modularam as variáveis espaço-temporais do andar. Portanto, esses resultados em conjunto, mostram que, em idosos, o córtex pré-frontal está envolvido no controle da locomoção, principalmente quando é necessário modular o andar, como aumentar a velocidade. Esses achados confirmam o modelo do mecanismo compensatório, ou seja, devido ao declínio funcional relacionado ao envelhecimento, os idosos recrutam áreas cognitivas para modular o andar, de acordo com a demanda da tarefa, visando manter o desempenho (HEROLD et al., 2017; CABEZA et al., 2002).

Até o presente momento, este é o primeiro estudo que investigou a atividade cortical durante o andar rápido realizado no solo em idosos. Embora os estudos prévios tenham sido importantes para entender os substratos neurais durante o andar em velocidade rápida (CLARK et al., 2014; THUUM et al., 2018), esses estudos investigaram o andar em esteira o que pode ser uma limitação. Clark e colaboradores (2014) encontraram que durante o andar em esteira, a atividade cortical foi maior em relação ao andar no solo, enquanto Thuum e colaboradores (2018) encontraram que a atividade do córtex pré-frontal foi maior durante o andar no solo em relação ao andar em esteira. Nosso estudo foi realizado no solo, possibilitando maior validade ecológica, sendo importante para compreender os substratos neurais envolvidos no andar de idoso.

A falta de um grupo controle de adultos jovens foi uma limitação deste estudo. A inclusão deste grupo possibilitaria verificar, principalmente, se o aumento da atividade do córtex pré-frontal nas modulações do andar ocorre somente com o processo de envelhecimento. Além disso, este estudo apresenta outras limitações, como por exemplo a não utilização de um canal de separação curta para controlar a resposta hemodinâmica. Entretanto, foram utilizados filtros (como o Wavelet-MDL, que retira a tendência global desconhecida, por exemplo, respiratória, cardíaca e vaso-movimento - JANG et al., 2009) para minimizar estes aspectos (VITORIO et al. al., 2017; HEROLD et al., 2017). Uma outra limitação foi analisar somente o córtex pré-frontal. Por ser uma tarefa motora, seria interessante analisar outras áreas corticais, como área motora suplementar e o córtex motor primário, para confirmar o uso das vias locomotoras diretas (automáticas) e indiretas (controladas) durante a tarefa de andar.

5. Conclusão

Com base nos resultados, pode-se concluir que os idosos, independente da tarefa experimental, necessitaram aumentar a atividade cortical durante o andar para manter o desempenho da tarefa, confirmando o modelo de mecanismo compensatório. Em situações mais exigentes/complexas, onde modulações do padrão locomotor são necessárias, como o andar em velocidade rápida, a concentração de HbO₂ foi ainda maior quando comparada com o andar em velocidade preferida.

6. Referências Bibliográficas

- ABOUTORABI, A.; ARAZPOUR, M.; BAHRAMIZADEH, M.; HUTCHINS, S. W.; FADAYEVATAN, R. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. **Aging Clinical and Experimental Research**. 2015.
- AL-YAHYA, E.; MAHMOUD, W.; MEESTER, D.; ESSER, P.; DAWES, H. Neural substrates of cognitive motor interference during walking; peripheral and central mechanisms. **Frontiers in human neuroscience**, 2018, 12: 536.
- AVERBECK, B. B.; CHAFEE, M. V.; CROWE, D. A.; GEORGOPOULOS, A. P. Parallel processing of serial movements in prefrontal cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 20, p. 13172-13177, 2002.

- BEURSKENS, Rainer et al. Age-related changes in prefrontal activity during walking in dual-task situations: a fNIRS study. **International journal of psychophysiology**, v. 92, n. 3, p. 122-128, 2014.
- BJELLAND, I. et al. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale: an updated literature review. **Journal of psychosomatic research**, v. 52, n. 2, p. 69-77, 2002.
- BRIGADOI, S.; CECCHERINI, L.; CUTINI, S.; et al. Motion artifacts in functional near-infrared spectroscopy: a comparison of motion correction techniques applied to real cognitive data. **Neuroimage**, v.85, p.181-191, 2014.
- CABEZA, Roberto et al. Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. **Neuroimage**, v. 17, n. 3, p. 1394-1402, 2002.
- CANÇADO, F. A. X.; HORTA, M. L. Envelhecimento cerebral. **Freitas, Tratado de Geriatria e Gerontologia**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, p. 112-127, 2002.
- CLARK, D.J., CHRISTOU, E.A., RING, S.A., WILLIAMSON, J.B., DOTY, L. Enhanced somatosensory feedback reduces prefrontal cortical activity during walking in older adults. **J. The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**. 69, 1422-1428, 2014.
- COOPER, R.J.; SELB, J.; GAGNON, L.; et al. A systematic comparison of motion artifact correction techniques for functional near-infrared spectroscopy. **Frontiers in Neuroscience**, v.6, p.147, 2012.
- DEIBER, M. P.; PASSINGHAM, R. E.; COLEBATCH, J. G.; FRISTON, K. J.; NIXON, P. D.; FRACKOWIAK, R. S. J. Cortical areas and the selection of movement: a study with positron emission tomography. **Experimental Brain Research**, v. 84, n. 2, p. 393-402, 1991.
- FIATARONE M.A., EVANS W.J. The etiology and reversibility of muscle dysfunction in the aged. **Journal of Gerontology**, 48 (1993), pp. 77-83.
- FITZHUGH, K. B.; FITZHUGH, L. C.; REITAN, R. M. Relation of acuteness of organic brain dysfunction to Trail Making Test performances. **Perceptual and Motor Skills**, v. 15, n. 2, p. 399-403, 1962.

- FRITH, C. D.; ELLIOTT, R.; DOLAN, R. J. Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. **Cerebral Cortex**, v. 10, n. 3, p. 308-317, 2000.
- FRITH, C. D.; FRISTON K.; LIDDLE, P.F.; FRACKOWIAK, R.S. Willed action and the prefrontal cortex in man: a study with PET. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 244, n. 1311, p. 241-246, 1991.
- GURALNIK, J.M; FERRUCCI, L.; PIEPER, C.F.; LEVEILLE, S.G.; MARKIDES, K.S.; OSTIR, G.V.; STUDENSKI, S.; BERKMAN, L.F.; WALLACE, R.B. Lower extremity function and subsequent disability consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, 55:M221–M231. 2000.
- HAMACHER, D., HEROLD, F., WIEGEL, P., HAMACHER, D., SCHEGA, L. Brain activity during walking: a systematic review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, 57, 310327. 2015.
- HARADA, T.; MIYAI, I.; SUZUKI, M.; KUBOTA, K. Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly. **Experimental brain research**, v. 193, n. 3, p. 445-454, 2009.
- HATAKENAKA, M.; MIYAI, I.; MIHARA, M.; SAKODA, S.; KUBOTA, K. Frontal regions involved in learning of motor skill—a functional NIRS study. **Neuroimage**, v. 34, n. 1, p. 109-116, 2007.
- HAUSDORFF, J. M.; NELSON, M. E.; KALITON, D.; LAYNE, J. E.; BERNSTEIN, M. J.; NUERNBERGER, A.; FIATARONE, M. A. S. Etiology and modification of gait instability in older adults: a randomized controlled trial of exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 90 no. 6, 2117-2129, 2001.
- HAUSDORFF, Jeffrey M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 2, n. 1, p. 19, 2005.
- HAWKINS, K. A., et al. Prefrontal over-activation during walking in people with mobility deficits: Interpretation and functional implications. **Human Movement Science**, v. 59, p. 46-55, 2018.

- HEROLD, F., et al. Functional near-infrared spectroscopy in movement science: a systematic review on cortical activity in postural and walking tasks. **Neurophotonics**, v. 4, n. 4, p. 041403, 2017.
- JANG, Kwang-Eun et al. Wavelet minimum description length detrending for near-infrared spectroscopy. **Journal of Biomedical Optics**, v. 14, n. 3, p. 034004, 2009.
- KIM, H.; ILHYOEK P.; HYO, J. L.; ON, L. The reliability and validity of gait speed with different walking pace and distances against general health, physical function, and chronic disease in aged adults. **Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry**, v. 20, n. 3, p. 46, 2016.
- KOENRAADT, K. L. M. et al. Cortical control of normal gait and precision stepping: an fNIRS study. **Neuroimage**, v. 85, p. 415-422, 2014.
- LAU, H. C. ROGERS, R.D.; RAMNANI, N.; PASSINGHAM, R.E. Willed action and attention to the selection of action. **Neuroimage**, v. 21, n. 4, p. 1407-1415, 2004a.
- MALOUIN, F.; RICHARDS, C.L.; JACKSON, P.L.; DUMAS, F.; DOYON, J. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: A PET study. **Human Brain Mapping**, v. 19, n. 1, p. 47-62, 2003.
- MIRELMAN, Anat et al. Effects of aging on prefrontal brain activation during challenging walking conditions. **Brain and Cognition**, v. 115, p. 41-46, 2017.
- MIYAI, I.; TANABE, H.C.; SASE, I.; EDA, H.; ODA, I.; KONISHI, I.; TSUNAZAWA, Y.; SUZUKI, T.; YANAGIDA, T.; KUBOTA, K. Cortical mapping of gait in humans: a near-infrared spectroscopic topography study. **Neuroimage**, v. 14, n. 5, p. 1186-1192, 2001.
- MONDOLO, F. et al. The validity of the hospital anxiety and depression scale and the geriatric depression scale in Parkinson's disease. **Behavioural neurology**, v. 17, n. 2, p. 109-115, 2006.
- MOREIRA, M.A.; OLIVEIRA, B.S.; MOURA, K.Q.; TAPAJÓS, D.M.; MACIEL, A.C.C. A velocidade da marcha pode identificar idosos com medo de cair? **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v.16, n.1, p.71-80, 2013.

- NASREDDINE, Z. S. et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 4, p. 695-699, 2005.
- PIRKER, W.; KATZENSCHLAGER, R. Gait disorders in adults and the elderly. **Wiener Klinische Wochenschrift**, v. 129, p. 81-95, 2017.
- POCHON, J. B. et al. The role of dorsolateral prefrontal cortex in the preparation of forthcoming actions: an fMRI study. **Cerebral Cortex**, v. 11, n. 3, p. 260-266, 2001.
- SACZYNSKI, Jane S. et al. The Montreal Cognitive Assessment: Creating a crosswalk with the mini-mental state examination. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 63, n. 11, p. 2370-2374, 2015.
- SANES, J. R.; JESSEL, T. M. O encéfalo que envelhece. In: KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M.; SIEGELBAUM, S.A.; HUDSPETH, A.J. **Princípios de Neurociências**. 5.ed. Porto Alegre: AMGH, p.1158-1174, 2014.
- SCHRAGER, M. A.; KELLY, V. E.; PRICE, R.; FERRUCCI, L.; SHUMWAY-COOK, A. The effects of age on medio-lateral stability during normal and narrow base walking. **Gait Posture**, v.28, n.3, p.466–471, 2008.
- STUART, S.; VITÓRIO, R.; MORRIS, R.; MARTINI, D. N.; FINO, P. C.; MANCINI, M. Cortical activity during walking and balance tasks in older adults and in people with Parkinson's disease: A structured review. **Maturitas**, v. 113, p. 53-72, 2018.
- STUDENSKI, S. et al. Gait speed and survival in older adults. **Journal of the American Medical Association**, v. 305, n. 1, p. 50-58, 2011.
- SUZUKI, M. et al. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. **Neuroimage**, v. 23, n. 3, p. 1020-1026, 2004.
- THUMM, P. C. et al. Treadmill walking reduces pre-frontal activation in patients with Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v. 62, p. 384-387, 2018.
- VANDEBOSSCHE, Jochen et al. Freezing of gait in Parkinson disease is associated with impaired conflict resolution. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 25, n. 8, p. 765-773, 2011.

- VITORIO, R. et al. Reduced gait variability and enhanced brain activity in older adults with auditory cues: a functional near-infrared spectroscopy study. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 32, n. 11, p. 976-987, 2018.
- VITORIO, R.; STUART, S.; ROCHESTER, L.; ALCOCK, L.; PANTALL, A. fNIRS response during walking—Artefact or cortical activity? A systematic review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.83, p.160-172, 2017.
- WERT, D.M.; BRACH, J.; PERERA, S.; VANSWEARINGEN, J.M. Gait biomechanics, spatial and temporal characteristics, and the energy cost of walking in older adults with impaired mobility. **Physical Therapy**, 90:977–98. 2010.
- YE, J.C. et al. NIRS-SPM: statistical parametric mapping for near-infrared spectroscopy. **Neuroimage**, v. 44, n. 2, p. 428-447, 2009.

ANEXO 1 – APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Atividade do córtex pré-frontal na modulação do andar de idosos

Pesquisador: Lillian Teresa Bucken Gobbi

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 07945619.0.0000.5465

Instituição Proponente: Instituto de Biociências de Rio Claro/ Universidade Estadual Paulista -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.255.933

Apresentação do Projeto:

Trata de um projeto de pesquisa envolvendo o aluno de graduação Vinicius de Belli, os membros participantes Diego Orcioli da Silva e Rodrigo Vitório, sob responsabilidade da Profa. Lillian Teresa Bucken Gobbi, do Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP/Rio Claro. O presente estudo investiga a ativação de estruturas cerebrais durante o andar de idosos.

Objetivo da Pesquisa:

O presente projeto de pesquisa tem como objetivo investigar a atividade do córtex pré-frontal na modulação do andar (usual e rápido no solo) em idosos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos decorrentes do estudo são divididos em duas partes, considerando as fases do estudo. Na primeira fase, os possíveis riscos são constrangimentos relacionados aos questionamentos realizados. É informado que tais ocorrências serão minimizadas, porém sem detalhar como, e que as avaliações serão realizadas por avaliadores treinados e que os participantes poderão optar pela presença de um acompanhante no momento da realização das avaliações.

Na segunda fase, foi informado que os procedimentos envolvendo o andar podem proporcionar alguns riscos de tropeço. Como forma de minimizar tal risco, é informado que o participante será acompanhado sempre por algum membro da equipe do estudo. Ainda, menciona que caso ocorra algum evento mais contundente (entorse, escoriações, contusões, etc) o participante será

Endereço: Av.24-A n.º 1515

Bairro: Bela Vista

CEP: 13.506-900

UF: SP

Município: RIO CLARO

Telefone: (19)3526-9678

Fax: (19)3534-0009

E-mail: cepib@rc.unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 3.255.933

conduzido ao pronto atendimento mais próximo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

É informado que 25 idosos, idade acima de 60 anos, realizarão uma bateria de testes cognitivos e de sintomas neuropsiquiátricos com o objetivo de caracterização do grupo. A avaliação cognitiva envolverá testes de função cognitiva, executiva, ansiedade e depressão, com testes padronizados e utilizados para tais propósitos. Ainda, será realizada a análise do andar a ser realizado em um circuito oval em duas condições experimentais: velocidade usual e andar rápido, em um tapete instrumentalizado para registro dos parâmetros do andar. Antes dos procedimentos, uma touca de um sistema portátil de espectroscopia funcional por infravermelho (fNIRS) será vestida no participante para registro das mudanças das concentrações corticais de hemoglobina oxigenada e não oxigenada. Após a obtenção dos dados, do tapete e do fNIRS, serão devidamente tratados, utilizando os softwares específicos para cada análise, e posteriormente os valores serão comparados entre as duas condições experimentais utilizando testes estatísticos específicos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Nas IBPs:

- Informa os possíveis riscos relacionados aos procedimentos relacionados à avaliação cognitiva e à avaliação do andar e apresenta as formas e ações para minimização dos mesmos;
- informa os benefícios da realização do estudo de forma a justificar a realização do mesmos;
- descreve os procedimentos e instrumentos para análise da função cognitiva e as respectivas análises;
- descreve os procedimentos de obtenção dos dados do andar e do fNIRS e as respectivas análises dos dados de forma clara e pertinente;
- apresenta informação sobre os procedimentos e instrumentos utilizados para obtenção e comparação dos dados;
- apresenta cronograma informando seleção e recrutamento da amostra a partir de maio de 2019. O cronograma foi alterado e adequado para a presente proposta.

No TCLE

- apresenta o título e objetivo do estudo;
- apresenta informações sobre o responsável pela pesquisa;
- informa que os procedimentos do estudo envolverão duas fases. Na primeira fase, é mencionado o uso de questionários e de testes. É informado que essa fase terá duração de

Endereço: Av.24-A n.º 1515

Bairro: Bela Vista

CEP: 13.506-900

UF: SP

Município: RIO CLARO

Telefone: (19)3526-9678

Fax: (19)3534-0009

E-mail: cepib@rc.unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 3.255.933

aproximadamente 30 minutos. Na segunda fase, é descrito o procedimento que envolve o andar com a obtenção de parâmetros sobre a tarefa do andar e da atividade pre-frontal;

- Informa os riscos e as formas de minimização dos mesmos, para ambas as fases do estudo;
- Informa os procedimentos de forma detalhada que os participantes terão que realizar;
- Apresenta informação sobre endereço e contato do orientador e aluno/pesquisador;
- Finaliza o TCLE na forma de convite;

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O CEP REFERENDA O PARECER DO RELATOR:

"A presente proposta, após as alterações, sana as pendências apontadas em parecer anterior e, portanto, o parecer é pela aprovação da mesma".

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto encontra-se APROVADO para execução. Pedimos atenção aos seguintes itens:

- 1) De acordo com a Resolução CNS nº 466/12, o pesquisador deverá apresentar relatório final.
- 2) Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas, com justificativa, ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada.
- 3) Sobre o TCLE: caso o termo tenha DUAS páginas ou mais, lembramos que no momento da sua assinatura, tanto o participante da pesquisa (ou seu representante legal) quanto o pesquisador responsável deverão RUBRICAR todas as folhas , colocando as assinaturas na última página.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1284778.pdf	15/03/2019 12:27:31		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_IC_Vinicius.pdf	15/03/2019 12:26:57	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito
Outros	HAD.pdf	28/01/2019 22:13:40	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito

Endereço: Av.24-A n.º 1515

Bairro: Bela Vista

CEP: 13.506-900

UF: SP

Município: RIO CLARO

Telefone: (19)3526-9678

Fax: (19)3534-0009

E-mail: cepib@rc.unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 3.255.933

Outros	Trail_Making_Test.pdf	28/01/2019 22:13:11	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito
Outros	MoCA.pdf	28/01/2019 22:12:18	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto.pdf	28/01/2019 14:57:51	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_II_Final.docx	14/01/2019 11:08:09	Lilian Teresa Bucken Gobbi	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO CLARO, 10 de Abril de 2019

Assinado por:
Flávio Soares Alves
(Coordenador(a))

Endereço: Av.24-A n.º 1515
Bairro: Bela Vista **CEP:** 13.506-900
UF: SP **Município:** RIO CLARO
Telefone: (19)3526-9678 **Fax:** (19)3534-0009 **E-mail:** cepib@rc.unesp.br