



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

Wellington Costa Reis De Andrade

**O EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE BIOFEEDBACK SOBRE
O NÍVEL DE ATIVAÇÃO MUSCULAR EM ORTOSTATISMO EM
JOVENS ADULTOS**

RIO DE JANEIRO

2024

WELLINGTON COSTA REIS DE ANDRADE

**O EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE BIOFEEDBACK SOBRE
O NÍVEL DE ATIVAÇÃO MUSCULAR EM ORTOSTATISMO EM
JOVENS ADULTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Abordagem Terapêutica em Reabilitação

Orientador: Prof. Dr. Fabio Vieira dos Anjos

RIO DE JANEIRO

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

610.28 Andrade, Wellington Costa Reis de
A555e O efeito de diferentes técnicas de biofeedback sobre o nível de ativação muscular em ortostatismo em jovens adultos / Wellington Costa Reis de Andrade. Rio de Janeiro, 2024.
85p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2023.

1. Biofeedback 2. Eletromiografia.3. Equilíbrio Postural. 4. Feedback Visual. I. Título.

CDD 22.ed.

WELLINGTON COSTA REIS DE ANDRADE

**O EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE BIOFEEDBACK SOBRE
O NÍVEL DE ATIVAÇÃO MUSCULAR EM ORTOSTATISMO: UM
ESTUDO COMPARATIVO NÃO-RANDOMIZADO**

Examinada em: 23/08/2024

Fabio Vieira dos Anjos
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

Thiago Lemos de Carvalho
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

Angélica Lodovico
Faculdade Inspirar

RIO DE JANEIRO
2024

Dedico esta obra ao meu amado Tio Luiz Gonzaga da Costa (*in memoriam*), que com o amor de um pai, me ajudou a me tornar o Homem que sou.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por todas as bênçãos recebidas, por toda graça, força e sabedoria derramadas sobre minha vida, sem as quais não conseguiria chegar até aqui.

Agradeço à minha família por todo amor incondicional, cuidado e esforço. Mesmo diante das dificuldades, nunca mediram esforços para me proporcionar a melhor educação e por estarem sempre me apoiando e encorajando em meus objetivos e sonhos.

Agradeço aos meus queridos amigos Ivan Barros, Pérsia Brandão e Thaís Horsth por todo apoio, parceria e incentivo ao longo desta jornada. Vocês foram imprescindíveis e uma inspiração para que este momento ocorresse.

Agradeço aos companheiros do grupo de pesquisa, em especial a João Antunes e Estéphane Penna, pela parceria e apoio no desenvolvimento do projeto e na condução da coleta de dados.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, agradeço por todo conhecimento compartilhado e por incentivarem a disseminação da ciência em alto nível. Ao coordenador do Programa, Prof. Dr. Arthur Ferreira, muito obrigado por proporcionar tamanho aprendizado e experiência dentro do campo científico. Parabéns pela competência e humanidade.

Por fim, agradeço imensamente ao Prof. Dr. Fábio dos Anjos por toda a orientação ao longo desta jornada acadêmica. Obrigado pela paciência, dedicação, disponibilidade e pela excelente condução de todo o projeto. Seu vasto conhecimento se equipara à sua humildade e paciência em ensinar. Muito obrigado por conduzir e elevar meu conhecimento. Gratidão!

Resumo

Introdução: O biofeedback visual tem se mostrado eficiente para treinamentos do equilíbrio a fim de diminuir a oscilação corporal. Ainda não se sabe quais estratégias o sistema de controle postural utiliza para reduzir o balanço postural em ortostatismo, seja por meio da atenuação ou da maior ativação dos músculos posturais. **Objetivos:** Investigar o efeito de diferentes tipos de biofeedback visuais sobre a atividade muscular e o equilíbrio postural em ortostatismo em jovens adultos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal descritivo. Vinte e dois participantes (14 mulheres) participaram do estudo e realizaram quatro tarefas posturais sobre a plataforma de força durante 60 segundos: 1) Sem Biofeedback (controle); 2) Biofeedback por posturografia; 3) Biofeedback por laser portátil, controlado tanto pelo movimento do punho quanto pelo movimento do corpo. Foram analisadas a amplitude raiz quadrática média (RMS) do eletromiograma de superfície (EMG) coletado dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior, e o desvio padrão do deslocamento do centro de pressão (CoP) nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). **Resultados:** A amplitude RMS (mediana; intervalo interquartil) do tibial anterior foi maior nas tarefas de laser punho (46,0; 30,0 μV) e biofeedback por posturografia (44,0; 25,0 μV), quando comparada com a condição sem biofeedback (39,0; 13,0 μV) ($P < 0.05$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as tarefas sem biofeedback e laser corpo (39,0; 16,0 μV) ($P = 0.738$). Para o gastrocnêmio medial, não foi encontrado efeito principal da tarefa para a amplitude RMS ($P = 0.837$). O desvio padrão do deslocamento do CoP na direção AP foi maior nas tarefas laser corpo (9,585; 6,097 mm) e laser punho (8,272; 3,307 mm) do que sem biofeedback (7,071; 2,693 mm) ($P < 0.05$). Uma diferença significativa na variabilidade do CoP AP foi observada entre biofeedback por posturografia (5,858; 2,248 mm) e a tarefa sem biofeedback (7,071; 2,693 mm) ($P = 0.052$). Na direção ML, não foram encontradas diferenças no desvio padrão do deslocamento do CoP entre as tarefas ($P = 0.169$). **Conclusão:** Diferentes tipos de biofeedback parecem conduzir o aumento do esforço muscular a nível do tornozelo na posição ortostática.

Palavras-chave: Biofeedback; Eletromiografia; Controle Postural; Feedback Visual.

Abstract

Introduction: Visual biofeedback has been shown to be effective for balance training in order to reduce body sway. It is not yet known which strategies the postural control system uses to reduce postural sway in the standing position, either by attenuating or increasing the activation of postural muscles. **Objectives:** To investigate the effect of different types of visual biofeedback on muscle activity and postural balance in the standing position in young adults. **Methods:** This is a descriptive cross-sectional study. Twenty-two participants (14 women) participated in the study and performed four postural tasks on the force platform for 60 seconds: 1) No biofeedback (control); 2) Biofeedback by posturography; 3) Biofeedback by portable laser, controlled by both wrist movement and body movement. The root mean square (RMS) amplitude of the surface electromyogram (EMG) collected from the medial gastrocnemius and tibialis anterior muscles, and the standard deviation of the center of pressure (CoP) displacement in the anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) directions were analyzed. **Results:** The RMS amplitude (median; interquartile range) of the tibialis anterior was greater in the wrist laser (46.0; 30.0 μV) and posturography biofeedback (44.0; 25.0 μV) tasks, when compared with the condition without biofeedback (39.0; 13.0 μV) ($P < 0.05$). No significant differences were found between the tasks without biofeedback and body laser (39.0; 16.0 μV) ($P = 0.738$). For the medial gastrocnemius, no main effect of task was found for the RMS amplitude ($P = 0.837$). The standard deviation of CoP displacement in the AP direction was greater in the body laser (9.585; 6.097 mm) and wrist laser (8.272; 3.307 mm) tasks than without biofeedback (7.071; 2.693 mm) ($P < 0.05$). A significant difference in AP CoP variability was observed between posturography biofeedback (5.858; 2.248 mm) and the task without biofeedback (7.071; 2.693 mm) ($P = 0.052$). In the ML direction, no differences were found in the standard deviation of CoP displacement between the tasks ($P = 0.169$). **Conclusion:** Different types of biofeedback appear to lead to increased muscle effort at the ankle in the orthostatic position.

Keywords: Biofeedback; Electromyography; Postural Control; Visual Feedback.

Lista de Ilustrações

FIGURA 1 Representação esquemática das tarefas experimentais

FIGURA 2 Representação do posicionamento dos eletrodos de superfície utilizados no experimento.

FIGURA 2 Boxplots Amplitude RMS dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior

FIGURA 3 Boxplots desvio padrão do centro de pressão (CoP) nos sentidos ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).

Lista de Quadros e Tabelas

- Quadro 1 Apoio financeiro
- Quadro 2 Detalhamento do orçamento
- Quadro 3 Cronograma de execução
- Quadro 4 Declaração de desvios de projeto original

Lista de Abreviaturas e Siglas

AP	Ântero-posterior
BS	Base de Suporte
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CG	Centro de Gravidade
CM	Centro de Massa
COP	Centro de Pressão
EMG	Eletromiograma
IZ	Zona de Inervação
ML	Médio-lateral
RMS	Raiz Quadrática Média
TCLE	Termo de Consentimento livre e esclarecido
UM	Unidade Motora

Sumário

RESUMO	VII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IX
LISTA DE QUADROS E TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
<u>PARTE I – PROJETO DE PESQUISA</u>	<u>14</u>
CAPÍTULO 1 REVISÃO DE LITERATURA	15
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	17
1.2.1 CONTROLE POSTURAL	17
1.2.2 AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL	20
1.2.3 TÉCNICAS POR BIOFEEDBACK APLICADAS PARA CONTROLE POSTURAL	25
1.3 JUSTIFICATIVAS	29
1.3.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO	29
1.3.2 RELEVÂNCIA PARA A AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE	29
1.3.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	30
1.4 OBJETIVOS	30
1.4.1 PRIMÁRIO	30
1.4.2 SECUNDÁRIOS	30
1.5 HIPÓTESES	31
CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS	32
2.1 ASPECTOS ÉTICOS	32
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	32
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	32
2.3 AMOSTRA	32
2.3.1 LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO	32
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	32
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	33
2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA	33
2.4.1 TAREFAS POSTURAS	33
2.4.2 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO	34
2.5 DESFECHOS	36
2.5.1 DESFECHO PRIMÁRIO	36
2.5.2 DESFECHO SECUNDÁRIO	37
2.6 ANÁLISE DOS DADOS	37
2.6.1 TAMANHO AMOSTRAL (CÁLCULO OU JUSTIFICATIVA)	37
2.6.2 PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
2.6.3 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS	37
2.7 RESULTADOS ESPERADOS	38

2.8 ORÇAMENTO E APOIO FINANCEIRO	38
2.9 CRONOGRAMA	39
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	46
APÊNDICE 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO	49
ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	51
<u>PARTE II – PRODUÇÃO INTELECTUAL</u>	<u>55</u>
CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	56
DISSEMINAÇÃO DA PRODUÇÃO	57
MANUSCRITO(S) PARA SUBMISSÃO	59
3.1 TÍTULO DO MANUSCRITO PARA SUBMISSÃO #1	60
3.1.1 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES DO MANUSCRITO PARA SUBMISSÃO #1	60

PARTE I – PROJETO DE PESQUISA

Capítulo 1 Revisão de Literatura

1.1 INTRODUÇÃO

A fim de promover melhores estratégias de reabilitação, prevenção de lesões e melhorar o bem-estar geral, pesquisadores em áreas como biomecânica, cinesiologia e fisioterapia estão estudando ativamente o equilíbrio corporal (DUARTE; FREITAS, 2010). Estes estudos visam entender as estratégias e mecanismos utilizado pelo sistema de controle postural em busca de um equilíbrio corporal eficiente, bem como, o objetivo de desenvolver programas e intervenções de treino eficazes que possam otimizar a estabilidade e a postura em vários contextos. Os resultados das pesquisas relacionadas ao tema de controle postural, podem ter aplicações práticas em áreas como reabilitação, ergonomia e até mesmo no design de dispositivos de assistência para indivíduos com comprometimento do equilíbrio e em diferentes populações (CHIARI et al., 2005).

Programas de treinamentos de equilíbrio corporal têm sido aplicados com o objetivo de reduzir a oscilação postural excessiva em ortostatismo (VAN PEPPEN et al., 2006). Clinicamente, o aumento do risco de quedas ocorre quando indivíduos apresentam deficiências no controle da estabilidade postural, comprometendo o equilíbrio, como observado no processo de envelhecimento e doenças neurológicas. O controle da estabilidade estática pode ser explicado pelo modelo do “pêndulo invertido”, no qual a estabilidade é mantida quando a projeção vertical do centro de massa corporal permanece dentro da base de suporte delimitada pelos pés em ortostatismo. A alteração do equilíbrio corporal ou perda de equilíbrio se caracteriza pela projeção do centro de massa além da base de suporte (NARDONE; SCHIEPPATI, 2010; VISSER et al., 2008; WINTER, 2009). Em relação aos protocolos disponíveis na literatura, como práticas corporais (*Tai-Chi-Chuan*), controle do equilíbrio sobre superfícies instáveis e programas de exercícios de fortalecimento muscular, técnicas de biofeedback tem a vantagem de permitir que o indivíduo ganhe um controle direto sobre a variável de interesse: o movimento corporal em ortostatismo (LI et al., 2005; GAUFFIN et al., 1988; KELLER et al., 2012; SANTOS et al., 2024).

O biofeedback mais comumente utilizado como protocolo de reabilitação e melhora do balanço postural é o posturográfico, (DOZZA et al., 2006). Esta técnica utiliza o deslocamento do Centro de Pressão (CoP) sob os pés na postura ortostática, permitindo ao indivíduo o controle voluntário da sua oscilação postural (DAULT et al., 2003; VAN PEPPEN et al., 2006b; WULF, 2013). Cada vez mais pesquisas são realizadas e necessárias para investigar a relação entre o controle postural induzido por biofeedback e a ativação muscular, esclarecendo os mecanismos subjacentes e possíveis implicações para a prática clínica (DUARTE; FREITAS, 2010). Pois estudos recentes sugerem que a técnica pode permitir ao indivíduo que ajuste a sua postura e movimentos de forma a serem mais precisos e eficientes, aumentando assim a consciência corporal (DAULT et al., 2003).

Outros tipos de biofeedback têm sido utilizados como instrumento de pesquisa para o treinamento do equilíbrio postural. Recentemente a projeção de um ponteiro laser portátil sobre um alvo a frente do corpo tem sido pesquisado com um tipo de biofeedback visual na posição ortostática. Tendo como objetivo controlar o feixe do ponteiro laser portátil através da articulação do punho no alvo, em vez do deslocamento do CoP (TAUBE et al., 2008). Estes estudos demonstraram mudanças nas estratégias posturais utilizadas pelo sistema de controle postural, onde o biofeedback baseado em ponteiro laser portátil gerou menor atividade do sistema de controle postural, quando comparado com biofeedback por posturografia, apresentando maior área de oscilação e diminuição na velocidade média e frequência do CoP, caracterizando um aumento da oscilação corporal sem gerar risco ao participante (DOS ANJOS et al., 2016; PRIETO et al., 1996; TAUBE et al., 2008; WULF, 2013).

O uso do Biofeedback por posturografia conduz a uma redução do tamanho das oscilações corporais através da diminuição da variabilidade do movimento do tornozelo, gerando maior rigidez articular (DOS ANJOS et al., 2016). Segundo autores, a técnica pode estar associada à co-contração muscular a nível do tornozelo, com consequente aumento do esforço e gasto energético na manutenção da postura ortostática (BENJUJA et al., 2004; DOS ANJOS et al., 2017, 2022; LAUGHTON et al., 2003). No entanto, é importante considerar a generalização desses achados para outras populações, e em diferentes condições, e verificar se o efeito imediato de atenuação e/ou compensação em diferentes contextos de feedback irá compensar na atividade dos músculos posturais em indivíduos jovens.

Portanto, este estudo investigou o efeito de diferentes tipos de biofeedback sobre o nível de ativação muscular e o equilíbrio postural em ortostatismo em jovens adultos, a fim de entender os mecanismos gerado pelo corpo e a criação de estratégias efetivas para o controle do equilíbrio corporal.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Controle Postural

O controle postural nos permite realizar tarefas rotineiras do dia a dia, e as realizamos com destreza quando há a convergência altamente precisa entre os sistemas vestibular, ocular e proprioceptivo. Equilibrar o corpo sob a base de apoio oferecida pelos pés é uma das funções mais cruciais do sistema de controle postural humano. Além de diversas forças externas e internas das quais o corpo está sujeito e que o afetam constantemente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Para garantir que a projeção vertical do centro de gravidade (CG) seja mantida dentro da base de suporte, durante as perturbações externas e internas, respostas neuromusculares efetivas e sincrônicas são necessárias (WINTER, 2005). A força gravitacional e a força de reação do solo são as forças externas que atuam sobre o corpo. As forças internas incluem distúrbios provocados pelas contrações musculares para manter a postura e realizar movimentos específicos, bem como distúrbios fisiológicos, como do sistema cardiorrespiratório. Como nenhuma destas forças ou momentos de força é zero durante um longo período, parece que todas elas causam aceleração em todas as direções na área do corpo humano mais próxima e em torno do seu centro de gravidade (CG). Assim, é possível afirmar que o corpo humano está em constante desequilíbrio, buscando incessantemente o equilíbrio com o menor gasto energético, quando em condições normais (DUARTE; FREITAS, 2010).

A postura é uma configuração das articulações do corpo que expressa o arranjo relativo entre seus segmentos por meio de ângulos, e um termo relacionado a descrever o alinhamento biomecânico e a orientação do corpo com o ambiente. Sendo também empregado a esse conceito o termo de orientação postural (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Horak e Macpherson em 1996 definiram orientação postural como a habilidade de manter relações apropriadas entre os segmentos corporais, entre o corpo e meio ambiente da tarefa e com outros indivíduos por meio

de movimentos voluntários. A capacidade do próprio corpo de manter uma determinada postura, como andar, correr, ficar parado, entre outras posturas, mantendo uma orientação vertical do corpo apropriada, é referida como controle postural. Tal controle tem o duplo propósito de gerar estabilidade e orientação do corpo no espaço, permitindo a interação do indivíduo com o ambiente e a tarefa (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Por conta das perturbações externas e internas, mesmo ao ficar parado em posição ortostática, o corpo oscila em torno do seu CG, tornando uma postura “semi-estática”, invalidando o termo de “postura estática ou parada” (DUARTE; FREITAS, 2010; ZATSIORSKY, 1998).

Durante o desenvolvimento do indivíduo, a postura ereta é desafiadora e de grande dificuldade na primeira parte da infância. A criança leva meses para ficar em pé e andar bem, por conta dos muitos mecanismos neuromusculares e cognitivos requererem tempo para amadurecimento (MAINENTI et al., 2022). Com o amadurecimento dos mecanismos necessários a manutenção da postura, a estabilidade adquirida pelo corpo é fundamental para a realização de tarefas cotidianas, na capacidade laboral e na prática de atividades físicas (WINTER; MCFADYEN; DICKEY, 1991). Esta estabilidade adquirida, também conhecida como equilíbrio corporal, apresenta-se como uma habilidade fundamental do controle postural, sendo esta responsável por permitir o controle do Centro de Massa (CM) em relação à base de sustentação. A projeção vertical do CM, que é o ponto central da massa corpórea central determinado pelo peso médio do CM de cada segmento corporal, é definida como Centro de Gravidade. Com tudo, pesquisadores frequentemente falam sobre a estabilidade ser a controladora do CM em relação à base de sustentação, sendo esta referência ao controle da projeção vertical do CM e do CG em relação à base de sustentação (DUARTE; FREITAS, 2010; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010; WINTER, 1990).

Para manter o equilíbrio corporal em cada nova postura adotada são necessários respostas neuromusculares, que são resultados da interação entre os sistemas nervoso, sensorial e motor. A complexa interação entre esses sistemas forma o Controle Postural, que tem como objetivos funcionais a orientação e o equilíbrio postural. O sistema sensorial fornece informação sobre a posição dos segmentos corporais no espaço, o sistema nervoso central processa essas informações e emite impulsos nervosos para o sistema motor gerando respostas neuromusculares, como a ativação adequada e correta para a realização do

movimento (HORAK, 2006; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Quando as respostas neuromusculares ocorrem de forma precisa, garantem que o Centro de Gravidade seja mantido dentro do polígono que é delimitado pelas bordas laterais dos pés, que é a base de suporte (BS). O CG representa o centro de massa onde a força gravitacional resultante é aplicada, sendo o ponto de equilíbrio o corpo. O limite de estabilidade está associado a base de sustentação, representando até que ponto o indivíduo pode utilizar sua base e manter o equilíbrio. Diferentes condições físicas e clínicas podem afetar esses limites e alterar o equilíbrio, como o envelhecimento por exemplo, em que a BS não é alterada, mas há sensível diminuição nos limites da estabilidade com maior oscilação ântero-posterior (BLASZCZYK et al., 2000; DUARTE; FREITAS, 2010; DUARTE; ZATSIORSKY, 2002; WINTER, 2005).

A principal base para a estratégia ou plano de ação do sistema nervoso central que auxilia na manutenção da postura são as teorias de controle motor. Teorias recentes de controle motor sugerem que o movimento surge da interação entre os sistemas de percepção e de ação, e a cognição impacta ambos os sistemas em níveis centrais variados (HORAK, 2006; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Neste caso, a cognição é entendida como processos neurais a nível central, sendo necessário para o desenvolvimento do controle da postura, como a capacidade adaptativa, que ocorre de acordo com a tarefa e o ambiente, e a antecipatória, que são as respostas posturais antecipatórias do controle motor. Esta teoria sugere que tanto para coordenar os músculos como para antecipar as consequências da ação, o sistema nervoso utiliza de um sinal motor, ou cópia eferente, durante o planejamento e a execução da ação. Determinando assim um conjunto de movimentos específicos, antes de efetivamente realizá-la (LORAM; MAGANARIS; LAKIE, 2004, 2005; MELLO; OLIVEIRA; NADAL, 2007).

Para que o corpo coordene os movimentos e responda às diferentes circunstâncias com velocidade e precisão, o controle postural é essencial. É essencial compreender os mecanismos por trás do controle postural para desenhar planos de intervenção e reabilitação para uma variedade de situações clínicas e para promover a saúde geral (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Dentre as formas de estudar o controle postural, a avaliação do comportamento corporal, principalmente a oscilação, na postura ereta quieta. Podemos avaliar por meio da observação, sendo de forma qualitativa, ou através de instrumentos de medição para que se possa quantificar o nível de oscilação corporal, como a posturografia. Para mensurar as

oscilações do corpo tanto na postura ereta quieta como durante a realização de diferentes tarefas na postura em pé, diversos centros de pesquisa, assim como clínicas de reabilitação e clubes esportivos, tem se utilizado da posturografia como recurso. Pois a avaliação do comportamento postural é crucial para identificar a presença de possíveis distúrbios e para o desenvolvimento de planos de prevenção e tratamento específico (HORAK; NASHNER, 1986; LAUGHTON et al., 2003).

1.2.2 Avaliação do Controle Postural

1.2.2.1 Posturografia

A técnica comumente utilizada para avaliar de forma quantitativa o controle do equilíbrio corporal é a posturografia, também conhecida como estatocinesiografia ou estabilometria (DUARTE; FREITAS, 2010; FERNANDES DE OLIVEIRA, 1993). Ela é utilizada para medir e registrar as oscilações nos sentidos anteroposteriores e médio-laterais do corpo, permitindo a análise em determinadas tarefas e funções, assim como grupo de pacientes sem ou com distúrbios do sistema do controle postural (DUARTE; FREITAS, 2010; VISSER et al., 2008). O equipamento utilizado na posturografia é a plataforma de força, constituída de células de carga que detectam a força imposta sobre elas. A análise posturográfica realizada pela plataforma de força utiliza a variação do Centro de Pressão (CoP), que é a resultante das forças verticais que agem sobre a base de suporte (WINTER, 1995).

O deslocamento do CoP de um indivíduo sobre a plataforma de força é analisado por meio de cálculos e/ou gráficos de diversos parâmetros para avaliar os padrões das oscilações corporais espontâneas, de forma dinâmica ou no controle da postura ortostática, de forma estática (DUARTE; FREITAS, 2010). De forma estática, a posição do centro de pressão é calculada enquanto o indivíduo mantém a postura “semi-estática”, devido as perturbações internas, como as geradas pelo sistema cardiorrespiratório, e a ação da gravidade exigindo pequenos movimentos corretivos em busca do equilíbrio (CREATH et al., 2002; DUARTE; FREITAS, 2010; KUO et al., 1998). E as posturas dinâmicas, com o uso de perturbações externas, realização de tarefas, estímulos realizados na parte superior do tronco, assim como respostas posturais antecipatórias (BLOEM; VISSER; ALLUM, 2003).

A plataforma de força consiste em uma placa com transdutores de pressão, sendo células de carga, que detectam as forças nelas aplicadas, transformando-as em sinais elétricos que serão digitalizados. Tais transdutores irão mensurar os três

componentes de força, F_x , F_y e F_z , sendo os seguimentos x , y , z relacionados as direções ântero-posterior, médio-lateral e vertical respectivamente. E os três componentes do momento de força ou torque agindo sobre a plataforma, sendo M_x , M_y e M_z . Os dados do COP se referem a uma medida de posição definida por duas coordenadas na superfície da plataforma de força (DUARTE; FREITAS, 2010; DUARTE; ZATSIORSKY, 2002). O deslocamento do COP pode ser visto graficamente através do estatocinesiograma ou do estabilograma. Sendo o estatocinesiograma a apresentação das posições sucessivas do COP se deslocando sobre a superfície da plataforma de força e apresentando os pontos no plano (x,y) . Já o estabilograma representa o deslocamento do centro de pressão por unidade de tempo, de forma isolada para cada coordenada do plano sobre a plataforma de força, existindo assim uma representação gráfica para o deslocamento do centro de pressão no eixo x , e outro para o eixo y (MAINENTI et al., 2022).

A plataforma de força, considerada modalidade cinética, inclui gravações do COP, com uso de torques reativos e força de cisalhamento aplicadas a superfície de apoio, em função do tempo (VISSER et al., 2008). Sendo um instrumento utilizado para avaliar a distribuição de pressão plantar, o equilíbrio e a estabilidade postural (DUARTE; FREITAS, 2010). Através da visualização dos gráficos gerados pela plataforma, é permitido avaliar preliminarmente de forma subjetiva as oscilações corporais em determinada tarefa postural, sendo importante para a prática clínica. Uma das estratégias mais utilizadas para investigar as modulações nas oscilações corporais é o cálculo de alguns parâmetros estabilométricos, ou variáveis estabilométricas, chamadas de “globais”, que são separadas por suas características. Sendo elas, variáveis temporais, onde é considerado o comportamento do centro de pressão nas direções ântero-posterior e médio-lateral separadamente, variáveis espaciais, sendo considerado o comportamento do centro de pressão em ambas as direções, e variáveis espaço-temporais e espectrais, decompondo o sinal do centro de pressão para cada direção separadamente, em frequências diferentes de oscilações, sendo observado a magnitude da contribuição de cada frequência para o sinal completo (DUARTE; FREITAS, 2010; GAGEY; WEBER, 2000).

A plataforma de força é amplamente utilizada em diversas áreas, como fisioterapia, medicina do esporte, geriatria e neurologia. Ela possui grande relevância técnica para avaliar tanto de forma dinâmica quanto em estática, a oscilação postural, mostrando-se eficaz em diversos grupos de pacientes, como idosos, pessoas com

distúrbios neurológicos e lesões musculoesqueléticas (BLOEM; VISSER; ALLUM, 2003). O uso da posturografia, auxilia na identificação de problemas posturais e a monitoração do progresso de treinamento ou reabilitações, ajudando a manter o equilíbrio e a estabilidade corporal.

1.2.2.2 Eletromiografia (EMG)

O estudo da função muscular e da unidade motora por meio da averiguação da atividade elétrica do músculo é chamada de eletromiografia (EMG). Ela registra os potenciais evocados que originam dos músculos, determinando as características elétricas de um músculo em particular ou de um grupo muscular (OLIVEIRA et al., 2012). Na fisiologia da contração muscular, onde as fibras musculares que compõem os músculos são acionadas por impulsos elétricos, Potencial de Ação, enviados pelos neurônios motores do sistema nervoso central até a unidade motora. Quando um impulso elétrico chega ao músculo, ele desencadeia uma série de eventos que resultam na contração muscular (MORITANI; STEGEMAN; MERLETTI, 2004).

A unidades motoras (UMs) representam os componentes operacionais do sistema neuromuscular. Cada unidade motora consiste em um motoneurônio singular e nas fibras musculares associadas supridas por seus ramos axonais. Após a descarga de um motoneurônio, os potenciais de ação são iniciados nas junções neuromusculares e subseqüentemente viajam por todas as fibras musculares, progredindo em direção às regiões tendinosas. O efeito cumulativo desses potenciais é denominado potencial de ação da unidade motora, que é responsável pela contração muscular (GARCIA; VIEIRA, 2011)

A eletromiografia utiliza de eletrodos para realizar a aquisição dos sinais elétricos que emana do músculo, esses eletrodos podem ser de superfície ou de profundidade. A captação de superfície que, isoladamente ou quando combinadas, pode oferecer informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga, diversas angulações e velocidades de execução, bem como a avaliação do comportamento mioelétrico em diversas circunstâncias (FERREIRA et al., 2007). Para a captação dos sinais elétricos pequenos eletrodos são colocados sobre a pele acima do músculo a ser avaliado. Esses eletrodos captam o sinal eletromiográfico, referente a atividade elétrica dos músculos e a transformam em um sinal elétrico que pode ser amplificado e registrado por um aparelho de Eletromiografia (VIEIRA; WINDHORST; MERLETTI, 2010).

A atividade elétrica captada pelos eletrodos aumenta durante a contração muscular, pois mais fibras musculares são ativadas para produzir a força necessária para a contração. Para a aquisição do sinal do EMG, a amplitude do potencial de ação da unidade motora depende de muitos fatores como a taxa de disparo, a características da membrana da fibra muscular, diâmetro da fibra muscular, distância da fibra muscular ativa e o local de detecção do sinal de EMG, a área de superfície de captação dos eletrodos e a extensão em que os eletrodos são distribuídos (DE LUCA, 1997). Assim, o sinal do EMG fornece informações sobre a intensidade, a duração da contração muscular, a manifestação mioelétrica da fadiga muscular, o recrutamento de unidades motoras e a coordenação entre os músculos, através da forma e da amplitude do sinal (GARCIA; VIEIRA, 2011).

Para a aquisição fidedigna de um sinal EMG, exige uma lista de procedimentos e verificações que deve ser feito para a aquisição e o processamento do sinal. Existem questões metodológicas a serem seguidas diante a variedade de sistemas de detecção para o registro do EMG (GARCIA; VIEIRA, 2011). Os cuidados estão presentes desde o preparo da pele para receber o eletrodo, a fim de diminuir os níveis de ruído e a impedância na relação eletrodo-gel-pele. O tipo de material, tamanho e o posicionamento dos eletrodos, a arquitetura muscular, a saber, ângulo de penetração, do comprimento da fibra e da espessura subcutânea, que irão influenciar diretamente na distribuição de amplitude dos EMGs de superfície (AVANCINI et al., 2015).

Com o objetivo de adquirir o sinal da maior representatividade de EMG de um músculo, com eletrodos de superfície, a distância entre os eletrodos bipolares influencia diretamente. Quanto maior a distância entre eletrodos, maior a representatividade o EMG, porém o sinal adquirido pode estar sendo gerado por um outro músculo, próximo ao músculo de interesse. Esse efeito é chamado de crosstalk, que pode se originar de músculos mais profundos, ou de músculos localizados de forma transversa próximo ao músculo alvo ou ambos (VIEIRA et al., 2017). Eletrodos postos sobre zona de inervação (IZ) podem gerar erros na aquisição dos sinais e as estimativas variáveis ocorrerão por causa dos potenciais correndo em direções opostas (RAINOLDI; MELCHIORRI; CARUSO, 2004).

Como o conhecimento e a aplicação da Eletromiografia de superfície tem aumentado ao longo dos anos, houve a necessidade da construção de padrões metodológicos para a padronização de aquisição de sinais, e assim minimizar os aspectos que podem influenciar na captação, interpretação e comparação do EMG.

Assim surgiu o SENIAM (Eletromiografia de superfície não invasiva para avaliação de músculos). Onde foi desenvolvido recomendações incluindo os eletrodos, posicionamento dos eletrodos, processamento do sinal e modelagem (HERMENS et al., 2000). Porém, em relação a distância entre eletrodos, estudos recentes sugerem que o volume de captação dos eletrodos de superfície pode ser menor do que o anteriormente descrito, o que pode levar à detecção de EMG de superfície insensível à atividade muscular. A escolha da distância entre eletrodos dentro de uma faixa de poucos centímetros influencia substancialmente a localização espacial da gravação e, portanto, o nível de representatividade da gravação e menos o nível de crosstalk (VIEIRA et al., 2017).

O EMG tem se mostrado viável e com resultados promissores na avaliação da ativação muscular durante a postura ortostática e em exercícios proprioceptivos (DOS ANJOS et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2012). As informações geradas através da aquisição do EMG têm sido utilizadas para entender os mecanismos utilizados pelo sistema neuromuscular para a manutenção do equilíbrio postural, tanto na postura ereta quieta, quanto na realização de atividades (DOS ANJOS et al., 2017).

Um dos mecanismos utilizado pelo sistema nervoso central para a manutenção da postura é a co-contração muscular, que é a ativação simultânea de vários músculos que atuam ao redor de uma articulação (KELLIS; ARABATZI; PAPADOPOULOS, 2003). A nível de controle postural, o mecanismo de co-contração tem por consequência o aumento da rigidez articular do tornozelo, com consequente estabilização da articulação gerando menor oscilação corporal. Como dito anteriormente, onde a técnica pode estar associada à co-contração muscular ao nível do tornozelo, no qual pode se dá a um esforço na postura, que irá proporcionar uma rigidez postural permitindo a capacidade de assumir diferentes posições corporais no espaço, e comprometendo a estabilidade postural em manter a orientação vertical adequada do corpo (BENJUYA; MELZER; KAPLANSKI, 2004; DOS ANJOS et al., 2017b, 2022; LAUGHTON et al., 2003). A co-contração muscular resulta em esforço excessivo na musculatura do tornozelo, porém estudos tem sugerido que as co-contrações podem ser cessadas com treinamento (LAUGHTON, 2003; DOS ANJOS et al., 2022).

Uma das formas de treinamento para diminuição de co-contração muscular na posição ortostática, é o uso do EMG como ferramenta de biofeedback. Onde se acredita que a minimização do esforço muscular é o objetivo principal do sistema

nervoso para regular a postura em pé, em vez do tamanho da oscilação corporal. Estudos têm mostrado que ao fornecer ao sujeito um sinal de áudio que varia em amplitude e frequência com a amplitude dos eletromiogramas de superfície registrados em diferentes regiões dos músculos gastrocnêmios, sóleo e tibial anterior, revelaram que os indivíduos foram capazes de manter a estabilidade em pé enquanto reduziam a atividade do gastrocnêmio e do sóleo sem sobrecarregar o músculo tibial anterior quando em pé com o biofeedback EMG. Tais mudanças não foram acompanhadas por maiores deslocamentos do CoP ou por mudanças significativas na posição média do CoP, ou seja, sem alterar a oscilação corporal (VIEIRA; BAUDRY; BOTTER, 2016). A ativação eficiente dos músculos posturais durante a postura em pé e a redução da ativação muscular desnecessária irá trazer vantagens para o controle postural (DOS ANJOS et al., 2022).

Assim como a conversão do sinal EMG em sinal auditivo, este também pode ser convertido em sinal visual para o indivíduo, também para treinamento muscular. Podendo ser utilizado para aumentar a atividade de músculos fracos ou para facilitar a redução do tônus espástico, se mostrando ser eficaz na reabilitação musculoesquelética e neurológica (GIGGINS; PERSSON; CAULFIELD, 2013).

1.2.3 Técnicas por Biofeedback aplicadas para controle postural

1.2.3.1 Biofeedback por posturografia

O biofeedback tem sido utilizado há muitos anos na reabilitação para entender e facilitar os padrões normais de movimento após lesão ou como treinamento do equilíbrio postural, fornecendo informações biológicas aos pacientes em tempo real (GIGGINS; PERSSON; CAULFIELD, 2013).

Em posição ortostática, o corpo humano oscila de forma espontânea e contínua em busca do equilíbrio. Tais oscilações ocorrem através de mecanismos que realizam o controle da postura em pé, sendo eles a rigidez passiva do tornozelo, a informação sensorial integrada a nível espinhal e supraespinhal, e a ativação dos músculos responsáveis pelo controle postural. Esses mecanismos ocorrem em respostas as informações geradas pela interação entre os sistemas visual, proprioceptivo, tátil e vestibular. Caso a integridade de alguns desses sistemas fique alterada, como no processo de envelhecimento e/ou o surgimento de doença ou lesão, o equilíbrio pode ficar ameaçado por conta do aumento da amplitude da oscilação corporal (BOUDRAHEM; ROUGIER, 2009; VIEIRA; BAUDRY; BOTTER, 2016). Recentes

abordagens têm surgido nas literaturas para a melhora do controle do equilíbrio com o uso do feedback. Assim, existe grande relevância para a Ciência da Reabilitação no entendimento e aprimoramento do sistema de controle postural, bem como as formas de avaliação e atuação dos mecanismos que o influenciam diretamente.

O biofeedback tem sido utilizado desde a normalização de padrão de marcha em portadores de lesões medulares, paralisias cerebrais, amputação de membros e fraturas de quadril e joelho. O biofeedback normalmente utiliza equipamentos eletrônicos que fornece ao usuário sinais auditivos, visuais ou ambos, em relações aos eventos fisiológicos internos (TATE; MILNER, 2010). Estudos sugerem que dependendo do tipo do tipo de feedback visual dado ao sujeito, estímulo visual interno ou externo, ocorre a diminuição da oscilação corporal por meio de diferentes estratégias de controle (DAULT et al., 2003).

O biofeedback posturográfico tem sido uma técnica eficaz e promissora para melhorar o equilíbrio, através do treinamento para reduzir a oscilação postural excessiva. As investigações demonstram que pacientes com uma variedade de doenças, tais como problemas neurológicos, pacientes geriátricos e problemas de equilíbrio, respondem bem ao biofeedback fornecido através de feedback visual do deslocamento do sinal do CoP, que é ampliado preferencialmente entre 2 e 4 vezes. A alteração no controle da oscilação corporal, tem com consequência o controle mais rígido da oscilação ou o aumento das ações corretivas do corpo (DAULT et al., 2003; DUARTE; ZATSIORSKY, 2002). Gerando ao indivíduo uma representação visual precisa do seu equilíbrio postural.

Na tentativa de se entender e avaliar os efeitos específicos dos tipos de feedback visual, interno e externo, sobre o controle da oscilação postural, os tipos de feedback visual devem ser realizados na mesma população. Foi apresentado dados de que ao realizar tarefas motoras com o feedback visual interno, houve a redução da oscilação corporal nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral, porém principalmente em ântero-posterior. (BOUDRAHEM; ROUGIER, 2009; DAULT et al., 2003). Tais diferenças nos padrões de oscilação em ambas as direções tendem a indicar ajustes posturais de forma distintas a nível do tornozelo e do quadril, como demonstrado por Dos Anjos e colaboradores em estudo realizado com participantes saudáveis, onde o biofeedback por posturografia gerou menor oscilação do CoP, e ao mesmo tempo a o aumento da velocidade média e da frequência média do CoP em ambas as direções de oscilações durante a tarefa, corroborando com estudos

anteriores, onde a menor oscilação do CoP está relacionada a maior eficácia do controle postural ou melhora do equilíbrio. Foi mostrado também diminuição da variabilidade do tornozelo com o aumento da frequência durante o biofeedback por posturografia (DOS ANJOS; LEMOS; IMBIRIBA, 2016). Diante das pesquisas anteriormente realizadas, respostas às questões sobre o mecanismo da contração muscular, dos músculos envolvidos no controle do equilíbrio a nível do tornozelo, sendo gastrocnêmio medial e tibial anterior, tem o seu aumento da contração muscular, gerando maior gasto energético (KIEMEL; ZHANG; JEKA, 2011).

1.2.3.2 Biofeedback por Laser

Proporcionar manipulações visuais e proprioceptivas ao indivíduo influencia diretamente na capacidade de adaptação a diversas condições, mostrando que o sistema nervoso central possui a capacidade de se adaptar as modificações, fornecendo mais importância para certas informações sensoriais e menos importância para outras (OIE; KIEMEL; JEKA, 2002)

A fim de entender o comportamento do controle postural baseado em biofeedback visual, estudos têm sido realizados com outras fontes visuais. Uma delas é através do feedback visual de fonte externa através de um ponteiro laser portátil. Onde, em vez de visualizar e direcionar a própria oscilação postural através do deslocamento do sinal do CoP no centro do alvo, o sujeito projeta o feixe do laser no alvo a sua frente, controlando-o pelo movimento da articulação do punho na posição ereta (TAUBE; LEUKEL; GOLLHOFER, 2008; WULF, 2013).

Por se tratar de uma metodologia recente, poucos estudos existem até o momento, se fazendo necessário mais pesquisas a fim de comparar técnicas de feedback visual e os mecanismos do controle postural que ocorrem em cada uma delas. Dentro da literatura existente, foi observado que as informações do feedback visual tendem a apresentar menor atividade do sistema de controle postural para manter a estabilidade postural através da redução do comprimento do trajeto do CoP e da velocidade de oscilação do CoP (PRIETO et al., 1996; TAUBE; LEUKEL; GOLLHOFER, 2008).

Em pesquisa realizada por Dos Anjos e colaboradores (2016), onde avaliaram se diferentes tipos de feedback visual (posturografia e ponteiro laser portátil) influenciam o controle do equilíbrio em pé, quando utilizado o feedback por meio de ponteiro laser portátil com controle através do punho, as variáveis posturográficas se

apresentaram de forma oposta quando comparado ao feedback por posturografia no deslocamento do CoP. Foi verificado o aumento na área de oscilação do CoP e no desvio padrão, com diminuição da velocidade média e da frequência média do CoP. Com isso, foi demonstrado que o aumento do tamanho da oscilação postural está relacionado na dificuldade do componente postural no desempenho ao realizar dupla tarefa. Porém, esses dados também demonstram que a oscilação postural lenta e não muito grande, mas não a nível de gerar grande instabilidade, que os mecanismos de estabilidade corporal são controlados por meio de diferentes estratégias posturais. Gerando maiores desafios na tarefa o feedback visual externo utilizando o ponteiro de laser, como a diminuição do alvo, a taxa de movimentos das articulações do corpo tendem a aumentar para o desempenho da tarefa, sugerindo que a baixa frequência do movimento do tornozelo observada no feedback visual com laser, como uma estratégia não rígida de controle do tornozelo, com diminuição da co-contracção dos músculos que cruzam a articulação do tornozelo (DOS ANJOS; LEMOS; IMBIRIBA, 2016; HWANG et al., 2006; MORRISON; KEOGH, 2001).

Em estudos comparativos entre atividades de biofeedback visual por posturografia e laser portátil, onde sugerem que durante o controle da postura ereta, os sistemas de controle postural priorizam a atenuação da atividade muscular em vez da redução da oscilação corporal (KIEMEL; ZHANG; JEKA, 2011). Dentro dos protocolos de feedback visual com ponteiro laser portátil, possui espaço para maior entendimento dos processos realizados pelo sistema de controle postural, diante das tarefas que podem ser propostas dentro do feedback por meio ponteira laser portátil, como a alteração do tamanho do alvo, e a movimentação do ponteiro laser com o punho fixo ao longo do corpo e com o controle do laser através do movimento do corpo.

Por esses achados, onde demonstram a forte influência da visão no controle postural, o treinamento utilizando o feedback através do ponteiro laser portátil mostrou-se promissor por gerar atividade eficiente dos sistemas de controle postural sem gerar instabilidade postural, gerando a necessidade de novos estudos e abordagens para a criação de estratégias de treinamento do equilíbrio postural.

1.3 Justificativas

Estudos prévios demonstram que o controle postural é influenciado pelos tipos de feedback visual, através da oscilação do CoP e do movimento do tornozelo, onde a criação de estratégias posturais são implementadas para melhorar o desempenho da tarefa. É sugerido pela literatura que o biofeedback por posturografia pode levar a um aumento da co-contração muscular, gerando o aumento do gasto energético e maior rigidez postural, podendo comprometer o equilíbrio.

Existe a necessidade de entendimento do comportamento muscular frente as diferentes técnicas de biofeedback, com o objetivo de reduzir e melhorar o controle postural no treinamento do equilíbrio e na reabilitação em indivíduos com comprometimento do controle postural.

1.3.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

Dentre as técnicas utilizadas na reabilitação e treinamento do controle postural, biofeedback do balanço postural tem despertado grande interesse das Ciências da Reabilitação dado o seu impacto no controle da estabilidade postural, a fim de melhorar protocolos de tratamento e treinamento do controle postural.

1.3.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde¹

A qualidade e as atividades de vida diária do indivíduo estão diretamente relacionadas a capacidade de se manter na postura ortostática. A perda desta capacidade está diretamente ligada a distúrbios posturais que podem levar a problemas de equilíbrio, quedas e incapacidade funcional, afetando diretamente a saúde, bem-estar e a capacidade laboral dos jovens adultos. Nesse contexto, o biofeedback do balanço postural e o entendimento dos mecanismos de trás do controle postural, surgem como um potencial abordagem terapêutica para tratamento e melhora da estabilidade postural do indivíduo e reduzir os riscos associados.

Seguindo as prioridades do Ministério da Saúde, onde visa abordagens baseadas em evidências científicas, esta tese visa investigar o efeito do biofeedback do balanço postural sobre a atividade muscular na postura ortostática em jovens

¹ https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/agenda_prioridades_pesquisa_ms.pdf

adultos. O projeto encontra-se alinhado com a temática do Eixo 12 de prioridade da agenda de prioridades do Ministério da Saúde – Saúde do idoso, que enfoca a promoção de práticas baseadas em evidências e a busca por estratégias inovadoras no cuidado da saúde.

Essa pesquisa busca contribuir para o conhecimento científico e prático, fornecendo dados relevantes para embasar a elaboração de diretrizes clínicas e intervenções terapêuticas eficazes no campo do equilíbrio postural.

1.3.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável²

A busca pelo desenvolvimento sustentável é uma prioridade global, conforme estabelecido pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Agenda 2030 da ONU. Entre esses objetivos, destaca-se o ODS 3 - Saúde e Bem-estar, que visa garantir uma vida saudável e promover o bem-estar para todas as pessoas, em todas as idades.

Além disso, ao contribuir para o ODS 3 - Saúde e Bem-estar, também se alinha com outros objetivos da Agenda 2030, como o ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura, que busca promover a adoção de tecnologias e abordagens inovadoras para enfrentar desafios globais, incluindo questões de saúde.

1.4 Objetivos

1.4.1 Primário

Avaliar o efeito de diferentes tipos de biofeedback sobre o nível de atividade muscular na postura ortostática.

1.4.2 Secundários

1. Comparar o equilíbrio postural entre a tarefa de sem biofeedback e o biofeedback por laser manipulado pelo punho.
2. Comparar o equilíbrio postural entre a tarefa de sem biofeedback e o biofeedback por laser manipulado pelo corpo.

² <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=3>

3. Verificar se existe diferenças nos parâmetros posturográficos e eletromiográficos entre as tarefas de biofeedback por posturografia e o biofeedback por laser manipulado pelo corpo.

1.5 Hipóteses

1. Ocorrerá o aumento da área de oscilação CoP com o uso do biofeedback do laser portátil em comparação a tarefa controle.
2. O biofeedback por laser portátil com o controlo através do punho irá gerar menor co-contração dos músculos gastrocnêmio medial e do tibial anterior.
3. Ocorrerá semelhança dos parâmetros posturográficos e eletromiográficos entre as tarefas de biofeedback por posturografia e o biofeedback por laser controlado pelo movimento do corpo.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) via Plataforma Brasil (<https://plataformabrasil.saude.gov.br>) antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012. No qual já foi aprovado pelo CEP, com o número do parecer: 5.007. 430. Todos os participantes assinarão um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; Apêndice 1) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado

2.2 Delineamento do estudo

Como sendo um estudo transversal descritivo, sendo utilizado o Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology – STROBE para descrever a metodologia e reportar os achados do estudo (VON ELM et al., 2008).

2.2.1 Local de realização do estudo

O presente estudo será realizado no Laboratório de Análise do Movimento Humano do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (PPGCR) do Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, campus de Bonsucesso, Rio de Janeiro (RJ).

2.3 Amostra

2.3.1 Local de recrutamento do estudo

Os participantes serão recrutados no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Campus de Bonsucesso, na cidade do Rio de Janeiro (RJ), seguindo os critérios de elegibilidade.

2.3.2 Critérios de inclusão

1. Voluntários de ambos os sexos com idade igual e acima de 18 anos

2.3.3 Critérios de exclusão

1. Relato de desordens musculoesqueléticas nas articulações do punho, quadril, joelho e tornozelo nos últimos doze meses;
2. Presença de acúmulo anormal de fluido (edema), principalmente nos membros inferiores;
3. Alterações de equilíbrio;
4. Distúrbios neurológicas; e
5. Ingestão de medicamentos que que poderiam comprometer ou afetar o equilíbrio em pé por ocasião dos experimentos.

2.4 Procedimentos/Metodologia proposta

2.4.1 Tarefas Posturais

Todas as avaliações de tarefas posturais serão realizadas sobre a plataforma de força, onde os participantes serão instruídos a ficar em pé, descalços, com os braços ao lado do corpo e pés unidos. As tarefas serão realizadas de forma aleatória (sorteio), com duração de 60 segundos, e com intervalo de 2 minutos entre as tarefas para evitar qualquer efeito da fadiga no desempenho da tarefa. Os participantes poderão realizar uma tentativa das tarefas por 60 segundos, para efeito de aprendizagem.

a) Sem Biofeedback (controle)

Dessa forma, ao adotar a posição corporal mencionada, o voluntário permanecerá em pé, com o olhar voltado para um alvo de 2 cm de diâmetro centralizado em um monitor a frente do corpo, na altura dos olhos, a uma distância de 250 cm. Será considerada como condição de controle (Figura 1A).

b) Biofeedback por Balanço postural

b.1 Feedback do centro de pressão

Na tarefa proposta, o participante sobre a plataforma de força irá visualizar o seu CoP no monitor a frente do corpo à altura dos olhos, a uma distância de 250 cm, e será solicitado a deslocar o CoP, biofeedback por posturografia, com o objetivo de aproximar o CoP o máximo possível de um alvo localizado no monitor com um diâmetro de 2 cm (Figura 1B).

b.2 Feedback do Laser

Nesta tarefa o participante estará com os braços estendidos ao longo do corpo com o ponteiro laser portátil na mão direita, apontando o mais próximo possível do alvo de 2 cm projetado na tela a uma distância de 250 cm, manipulando o laser em duas condições diferentes. i) controlando-o através do movimento articular do punho; e ii) com o punho imóvel fixado junto ao corpo por uma faixa rígida, controlando o laser através do movimento do corpo (tornozelo) (Figura 1C).

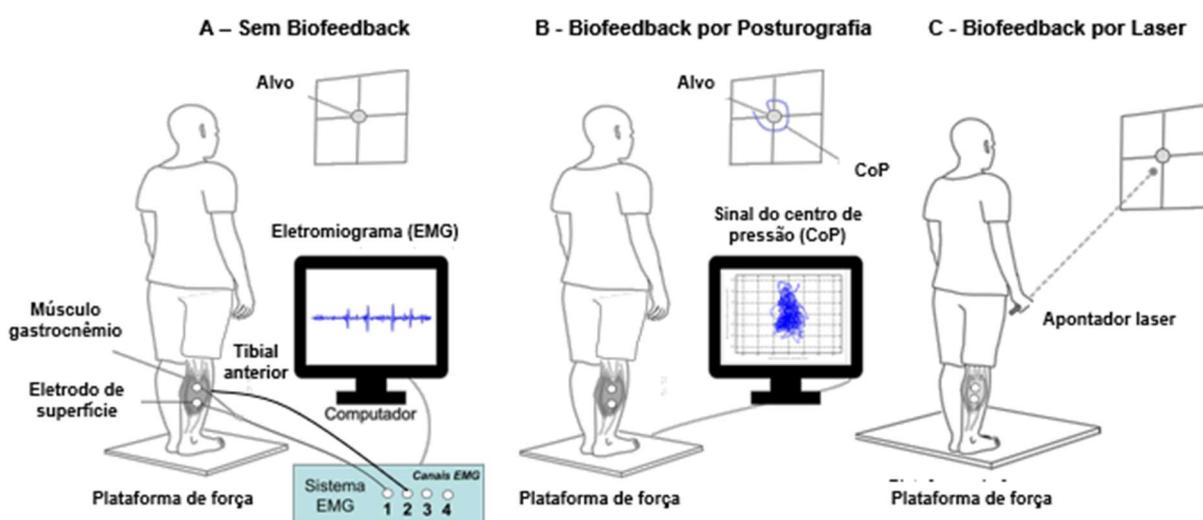


Figura 1 – Tarefas a serem realizadas: Sem biofeedback (A), Biofeedback por Posturografia (B) e Biofeedback por Laser (C).

2.4.2 Instrumentos de Avaliação

2.4.2.1 Anamnese

Todos os participantes serão submetidos a um procedimento de triagem inicial para analisar os critérios de elegibilidade. O preenchimento da anamnese (APENDICE II) será realizado no Laboratório de Análise do Movimento Humano do PPGCR-UNISUAM. Para realização das avaliações as participantes foram orientadas a não ingerir bebida alcoólica e não realizar exercício físico nas 24 horas anteriores; não ingerir cafeína ou se alimentar por 4 horas antes do teste; ingerir de 2 a 4 copos de água dentro de 2 horas antes do teste; usar banheiro dentro de 30 minutos antes da avaliação. Foi orientado como será o procedimento e assinatura do Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE - APENDICE I).

2.4.2.2 Posturografia – Plataforma de Força

O deslocamento CoP será quantificado utilizando as forças de reação do solo e os momentos adquiridos por meio de uma plataforma de força (AccuSwayPLUS, da AMTI, localizada em Watertown, EUA). Os dados brutos serão digitalizados a uma taxa de 50 Hz e em seguida filtrados com um filtro passa-baixa de 5 Hz, sendo posteriormente armazenados para análise posterior. Durante as tarefas, serão demarcadas posições específicas para o posicionamento dos pés dos voluntários sobre a plataforma de força, a fim de garantir a manutenção da mesma posição ao longo de todas as atividades. Essa abordagem visa minimizar a influência da variação no posicionamento dos pés nas medidas do COP, garantindo uma maior consistência nos resultados obtidos.

2.4.2.3 Eletromiografia – Avaliação da Atividade Muscular

Para aquisição e registro do sinal eletromiográfico (EMG), será realizado tricotomia e limpeza da pele com pasta abrasiva no local de posicionamento de cada par de eletrodos. Serão utilizados pares de eletrodos de superfície descartáveis (4,5 x 3,8 cm diâmetro, Eletrodo para Monitorização Cardíaca 2223BRQ, 3M do Brasil Ltda., Registro ANVISA: 80284930186), fixados por gel condutivo adesivo nos músculos gastrocnêmico medial e tibial anterior a nível do tornozelo na perna direita, eletrodos bipolares com 3,5 cm distância entre os centros de cada eletrodo, bem como o eletrodo de referência posto no maléolo lateral da perna direita (Figura 2) (DOS ANJOS et al., 2022). Com o objetivo de abranger o maior número possível de fibras musculares dentro da área de detecção, foi posta tal distância entre eletrodos (LYNN et al., 1978). Estudos demonstraram que a distância de 3,5 cm entre eletrodos em indivíduos com espessura subcutânea e o gastrocnêmio acima de 2,0 cm, os registros eletromiográficos são representativos para o músculo em questão e minimiza o efeito crosstalk (DOS ANJOS et al., 2022). Os eletrodos serão alinhados ao longo do eixo longitudinal de cada músculo, sendo para o gastrocnêmio medial, a fim de obter um EMG bipolar representativo de diferentes fibras próximo-distais (HODSON-TOLE; LORAM; VIEIRA, 2013), o centro do eletrodo distal foi posicionado medialmente à parte distal da junção entre as cabeças do gastrocnêmio e 5 cm acima da junção músculo-tendínea. Para o músculo tibial anterior, o par de eletrodos será posicionado 1 cm lateral à crista tibial, paralelo e proximal ao eixo longitudinal do músculo. O centro

do eletrodo proximal será posicionado 2 cm distalmente à cabeça do osso da tíbia (DOS ANJOS et al., 2022).

Os EMGs bipolares dos dois músculos (unilateral) testados serão primeiro filtrados por passagem de banda com um filtro Butterworth de quarta ordem (corte de 20-350 Hz; filtro bidirecional, sem defasagem). Em seguida, a Raiz Quadrada Média (RMS) será usada para quantificar a amplitude dos EMGs de superfície coletados de cada músculo em quatro condições de pé. Os valores RMS serão calculados durante toda a duração do período em pé (60 s), fornecendo uma indicação geral do grau de atividade muscular durante cada condição com pés unidos.

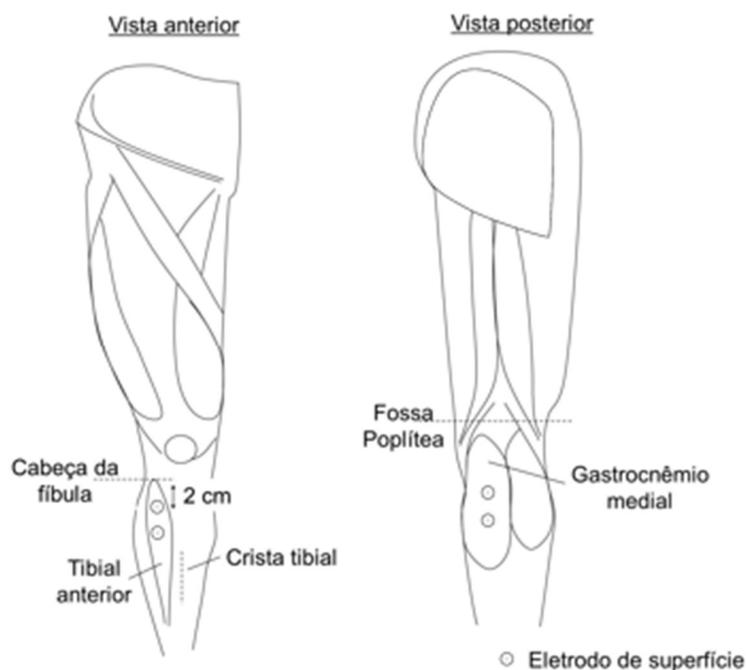


Figura 2- Representação do posicionamento dos eletrodos de superfície utilizados no experimento (adaptado de DOS ANJOS et al., 2022).

2.5 Desfechos

2.5.1 Desfecho primário

Os parâmetros posturográficos computados será o desvio padrão do CoP.

2.5.2 Desfecho secundário

Serão coletados e comparados entre voluntários os perfis demográficos e antropométricos (IMC).

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Tamanho amostral (cálculo ou justificativa)

Foi calculado um tamanho amostral mínimo de 20 participantes, considerando o tamanho de efeito do biofeedback por posturografia sobre a área de oscilação corporal, conforme identificado em nosso estudo anterior ($d_z = 0.695$; $\alpha = 5\%$, $\beta = 80\%$; G*Power) (DOS ANJOS; LEMOS; IMBIRIBA, 2016a; FAUL et al., 2007).

2.6.2 Plano de análise estatística

A tabulação de dados será realizada no Excel (Microsoft, EUA) e a análise estatística utilizará a versão 0.14.1 do Programa de Estatísticas JASP (<https://jasp-stats.org>). A análise descritiva será resumida em tabelas utilizando média e desvio padrão (média \pm DP) ou frequências absolutas e relativas (n, %) dependendo do tipo variável (numérico ou categórico). O teste de Shapiro-Wilk e a análise do histograma serão utilizados para verificar a normalidade das variáveis. No caso de uma distribuição normal dos dados, a análise de variância (ANOVA) de um fator para medidas repetidas, com condição (4 níveis: Sem biofeedback, biofeedback por posturografia, biofeedback por laser punho e biofeedback por laser corpo) como fator, será utilizada para comparar os parâmetros eletromiográfico e posturográfico entre as condições experimentais. Comparações entre pares de tarefas serão realizadas com o teste post-hoc Student-Newman-Keuls, considerando o nível de significância de 5%.

2.6.3 Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados coletados serão disponibilizados nas plataformas digitais da instituição, assim como publicados em artigos científicos indexados em bases acadêmicas. Todas as informações provenientes desta pesquisa serão mantidas em confidencialidade e divulgadas exclusivamente em eventos ou publicações científicas, sem a identificação dos voluntários, exceto para os responsáveis diretos pelo estudo, garantindo-se o sigilo de sua participação. O material coletado nesta pesquisa, incluindo gravações, entrevistas, fotografias e filmagens, será armazenado em local

seguro (como pastas de arquivo ou em computadores pessoais), sob a responsabilidade do pesquisador principal, pelo período de 5 anos. Os participantes terão direito, em qualquer fase do estudo, ao acesso aos resultados dos testes aplicados, bem como a esclarecimentos de dúvidas ou considerações.

2.7 Resultados esperados

Acredita-se que o uso da intervenção de biofeedback por laser provavelmente conduzirá a um aumento do tamanho das oscilações corporais ao custo da diminuição do nível de atividade dos músculos envolvidos no controle do equilíbrio (gastrocnêmio medial e tibial anterior), indicando uma baixa co-contração muscular a nível do tornozelo, quando comparado com a tarefa sem biofeedback. E que os parâmetros eletromiográficos das tarefas de biofeedback por posturografia e do biofeedback por laser portátil controlado pelo movimento do corpo sejam semelhantes.

2.8 Orçamento e apoio financeiro

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Código Financeiro 001; No. 88881.708719/2022-01 e No. 88887.708718/2022-00) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, No. E-26/211.104/2021) (Quadro 1).

Quadro 1: Apoio financeiro.

CNPJ	Nome	Tipo de Apoio financeiro	E-mail	Telefone
00889834/0001-08	CAPES	Bolsa	prosup@capes.gov.br	(061) 2022-6250

Quadro 2: Detalhamento do orçamento.

Identificação do orçamento	Tipo	Valor (R\$)
Financiamento Próprio	Custeio	NDA
NDA	Material permanente	NDA
	Total em R\$	NDA

2.9 Cronograma

	ETAPA	INÍCIO	FIM
Projeto de Pesquisa	Elaboração do projeto de pesquisa	03/2022	02/2024
	Exame de Qualificação	03/2024	03/2024
	Apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa	-	-
	Registro do protocolo de pesquisa	-	-
	Elaboração de manuscrito (protocolo e/ou revisão)	03/2022	03/2024
	Submissão de manuscrito	03/2024	03/2024
Coleta de Dados	Treinamento dos procedimentos e/ou estudo piloto	10/2023	02/2024
	Modelagem do banco de dados	03/2024	03/2024
	Coleta e tabulação de dados	10/2023	04/2024
	Análise dos dados	02/2024	04/2024
	Elaboração de manuscrito	03/2024	04/2024
	Depósito do banco de dados em repositório	-	-
Produção	Submissão de relatório para o Comitê de Ética	-	-
	Elaboração do trabalho de conclusão	01/2024	05/2024
	Exame de Defesa	06/2024	06/2024
	Submissão de manuscrito (resultados)	06/2024	06/2024
	Elaboração de mídias para disseminação	06/2024	06/2024
	Entrega da versão final do trabalho de conclusão	06/2024	06/2024

Quadro 3: Cronograma de execução.

Referências

AVANCINI, C. et al. Variations in the spatial distribution of the amplitude of surface electromyograms are unlikely explained by changes in the length of medial gastrocnemius fibres with knee joint angle. **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, 22 maio 2015.

BENJUJA, N.; MELZER, I.; KAPLANSKI, J. Aging-Induced Shifts From a Reliance on Sensory Input to Muscle Cocontraction During Balanced Standing. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 59A, n. 2, p. 166–171, 2004.

BESOMI, M. et al. Consensus for experimental design in electromyography (CEDE) project: Checklist for reporting and critically appraising studies using EMG (CEDE-Check). **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 76, 1 jun. 2024.

BLASZCZYK, J. W. et al. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1243–1248, 2000.

BLOEM, B. R.; VISSER, J. E.; ALLUM, J. H. J. Posturography. Em: **Handbook of Clinical Neurophysiology**. [s.l.: s.n.]. v. 1p. 295–336.

BOUDRAHEM, S.; ROUGIER, P. R. Relation between postural control assessment with eyes open and centre of pressure visual feedback effects in healthy individuals. **Experimental Brain Research**, v. 195, n. 1, p. 145–152, maio 2009.

CHIARI, L. et al. Audio-biofeedback for balance improvement: An accelerometry-based system. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 52, n. 12, p. 2108–2111, dez. 2005.

CREATH, R. et al. Limited control strategies with the loss of vestibular function. **Experimental Brain Research**, v. 145, n. 3, p. 323–333, 13 ago. 2002.

DAULT, M. C. et al. Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients. **Human Movement Science**, v. 22, n. 3, p. 221–236, ago. 2003.

DAY, B. L. et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. **The Journal of Physiology**, v. 469, n. 1, p. 479–499, set. 1993.

DE LUCA, C. J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 135–163, maio 1997.

DOS ANJOS, F.; LEMOS, T.; IMBIRIBA, L. A. Does the type of visual feedback information change the control of standing balance? **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 9, p. 1771–1779, 2016.

DOS ANJOS, F. V. et al. The Spatial Distribution of Ankle Muscles Activity Discriminates Aged from Young Subjects during Standing. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, 19 abr. 2017.

DOS ANJOS, F. V. et al. Is the attenuation effect on the ankle muscles activity from the EMG biofeedback generalized to – or compensated by – other lower limb muscles during standing? **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 67, p. 102721, dez. 2022.

DOS ANJOS, F. V.; GAZZONI, M.; VIEIRA, T. M. Does the activity of ankle plantar flexors differ between limbs while healthy, young subjects stand at ease? **Journal of Biomechanics**, v. 81, p. 140–144, 16 nov. 2018.

DOZZA, M. et al. Effects of linear versus sigmoid coding of visual or audio biofeedback for the control of upright stance. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 14, n. 4, p. 505–512, dez. 2006.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. 2010.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. **Experimental Brain Research**, v. 146, n. 1, p. 60–69, 27 set. 2002.

FAUL, F. et al. G*Power: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

FERNANDES DE OLIVEIRA, L. Estudo de revisão sobre a utilização da Estabilometria como método de diagnóstico clínico. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 9, n. 1, p. 37–57, 1993.

FERREIRA, L. A. B. et al. Ativação eletromiográfica dos músculos da perna em exercícios proprioceptivos na reabilitação do tornozelo: uma revisão bibliográfica. p. 1119–1122, 2007.

FREITAS, S. M. S. F.; DUARTE, M. Joint coordination in young and older adults during quiet stance: Effect of visual feedback of the center of pressure. **Gait and Posture**, v. 35, n. 1, p. 83–87, jan. 2012.

GAGEY, P. M.; WEBER, B. Posturologia: regulação e distúrbios da posição ortostática. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

GARCIA, M. A. C.; VIEIRA, T. M. Surface electromyography: Why, when and how to use it. **Rev Andal Med Deporte** 4 (1), p. 17–28, 2011.

GIGGINS, O. M.; PERSSON, U. M. C.; CAULFIELD, B. Biofeedback in rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, 2013.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. [s.l.: s.n.].

HODSON-TOLE, E. F.; LORAM, I. D.; VIEIRA, T. M. M. Myoelectric activity along human gastrocnemius medialis: Different spatial distributions of postural and electrically elicited surface potentials. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 1, p. 43–50, fev. 2013.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age and ageing, v. 35 Suppl 2, p. ii7–ii11, set. 2006.

HORAK, F. B.; NASHNER, L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. **JOURNAL OF NEUROPHYSIOLOGY**, v. 55, n. 6, 1986.

HWANG, I. S. et al. Postural fluctuations during pointing from a unilateral or bilateral stance. **Human Movement Science**, v. 25, n. 2, p. 275–291, abr. 2006.

KELLIS, E.; ARABATZI, F.; PAPADOPOULOS, C. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 3, p. 229–238, jun. 2003.

KIEMEL, T.; ZHANG, Y.; JEKA, J. J. Identification of neural feedback for upright stance in humans: Stabilization rather than sway minimization. **Journal of Neuroscience**, v. 31, n. 42, p. 15144–15153, 19 out. 2011.

KUO, A. D. et al. Effect of altered sensory conditions on multivariate descriptors of human postural sway. **Experimental Brain Research**, v. 122, n. 2, p. 185–195, 7 set. 1998.

LAUGHTON, C. A. et al. Aging, muscle activity, and balance control: Physiologic changes associated with balance impairment. **Gait and Posture**, v. 18, n. 2, p. 101–108, 2003.

LEMOS, T. et al. Modulation of tibialis anterior muscle activity changes with upright stance width. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, n. 1, p. 168–174, 1 fev. 2015.

LLEWELLYN, M.; YANG, J. F.; PROCHAZKA, A. Human H-reflexes are smaller in difficult beam walking than in normal treadmill walking. **Experimental Brain Research**, v. 83, n. 1, dez. 1990.

LORAM, I. D.; KELLY, S. M.; LAKIE, M. Human balancing of an inverted pendulum: is sway size controlled by ankle impedance? **The Journal of Physiology**, v. 532, n. 3, p. 879–891, maio 2001.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Paradoxical muscle movement in human standing. **Journal of Physiology**, v. 556, n. 3, p. 683–689, 1 maio 2004.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Active, non-spring-like muscle movements in human postural sway: How might paradoxical changes in muscle length be produced? **Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 281–293, 1 abr. 2005.

LYNN, P. A. et al. Influence of electrode geometry on bipolar recordings of the surface electromyogram. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 16, n. 6, p. 651–660, nov. 1978.

MAINENTI, M. R. et al. Estabilometria como Método de Avaliação do Controle Postural. Em: *Ciência Aplicada ao Exercício Físico e ao Esporte*. 1a ed. Rio de Janeiro: Appris Editora, 2022. p. 143–165.

MELLO, R. G. T.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 17, n. 6, p. 739–746, dez. 2007.

MORITANI, T.; STEGEMAN, D.; MERLETTI, R. Basic Physiology and Biophysics of EMG Signal Generation. Em: **Electromyography**. [s.l.] Wiley, 2004. p. 1–25.

MORRISON, S.; KEOGH, J. Changes in the dynamics of tremor during goal-directed pointing. **Human Movement Science**, v. 20, n. 4–5, p. 675–693, nov. 2001.

NARDONE, A.; SCHIEPPATI, M. The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. **Eur J Phys Rehabil Med.**, v. 46, p. 221–237, 2010.

OIE, K. S.; KIEMEL, T.; JEKA, J. J. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. **Cognitive Brain Research**, v. 14, p. 164–176, 2002.

OLIVEIRA, D. C. S. DE et al. Análise eletromiográfica de músculos do membro inferior em exercícios proprioceptivos realizados com olhos abertos e fechados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 261–266, ago. 2012.

PRIETO, T. E. et al. Measures of Postural Steadiness: Differences Between Healthy Young and Elderly Adults. **IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING**, v. 43, n. 9, 1996.

RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 134, n. 1, p. 37–43, 15 mar. 2004.

SAYENKO, D. G. et al. Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 48, n. 12, p. 886–893, 20 dez. 2010.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. TOP - Controle Motor 3a Edição. 2010.

SMITH, A. M. The coactivation of antagonist muscles. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 59, n. 7, p. 733–747, 1 jul. 1981.

TATE, J. J.; MILNER, C. E. Real-Time Kinematic, Temporospacial, and Kinetic Biofeedback During Gait Retraining in Patients: A Systematic Review. **Physical Therapy**, v. 90, n. 8, p. 1123–1134, 1 ago. 2010.

TAUBE, W.; LEUKEL, C.; GOLLHOFER, A. Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. **Experimental Brain Research**, v. 188, n. 3, p. 353–361, jul. 2008.

VAN PEPPEN, R. P. S. et al. Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: A systematic review. **Journal of Rehabilitation Medicine**, jan. 2006.

VIEIRA, T. M. et al. Specificity of surface EMG recordings for gastrocnemius during upright standing. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 1 dez. 2017.

VIEIRA, T. M. et al. The Sensitivity of Bipolar Electromyograms to Muscle Excitation Scales With the Inter-Electrode Distance. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 31, p. 4245–4255, 2023.

VIEIRA, T. M.; BAUDRY, S.; BOTTER, A. Young, healthy subjects can reduce the activity of calf muscles when provided with EMG biofeedback in upright stance. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. APR, 29 abr. 2016.

VIEIRA, T. M. M.; WINDHORST, U.; MERLETTI, R. Is the stabilization of quiet upright stance in humans driven by synchronized modulations of the activity of medial and lateral gastrocnemius muscles? **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 85–97, jan. 2010.

VISSER, J. E. et al. The clinical utility of posturography. **Clinical Neurophysiology**, nov. 2008.

VON ELM, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 61, n. 4, p. 344–349, abr. 2008.

WINTER, D. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, dez. 1995.

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 2nd ed ed. [s.l.: s.n.].

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 3rd ed. New Jersey: Hoboken, 2005.

WINTER, D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. [s.l.] Wiley, 2009.

WINTER, D. A.; MCFADYEN, B. J.; DICKEY, J. P. Adaptability of the CNS in Human Walking. Em: [s.l: s.n.]. p. 127–144.

WULF, G. Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 2013.

ZATSIORSKY, V. M. Kinematics of Human Motion. [s.l: s.n.].

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE BIOFEEDBACK SOBRE A ATIVIDADE MUSCULAR E O EQUILÍBRIO POSTURAL EM ORTOSTATISMO EM JOVENS ADULTOS

Elaborado a partir da Res. nº 466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: Prezado (a) participante, você participará de uma pesquisa que visa testar o efeito de uma técnica terapêutica, por meio de sistema eletrônico (Biofeedback), que permite a visualização de sinais biomecânicos, como o seu próprio movimento corporal. Esse estudo é importante para: (i) melhorar o conhecimento sobre os efeitos de técnicas que permitem à pessoa voluntariamente regular seus processos fisiológicos (Biofeedback); (ii) ajudar num processo de reabilitação ou treinamento de indivíduos com dificuldades de manter a postura ereta.

Procedimentos: Primeiramente, o(a) senhor(a) responderá a uma simples anamnese, relacionada as seguintes informações: nome completo, data de nascimento, contato (telefone e/ou e-mail), peso, estatura, sexo e algumas informações clínicas. Após irá responder uma avaliação da segurança do equilíbrio, com intuito de observar a sua segurança sobre a plataforma de força, e logo depois irá responder o questionário internacional de atividade física, para observar se o senhor (a) a sua capacidade de atividade física.

Posteriormente, será realizado o protocolo para o Exame de Eletromiografia, indolor e não invasivo. Eletrodos adesivos serão posicionados na região da pele sobre os músculos de interesse para aquisição da atividade elétrica muscular. Para isto, será necessário limpar os locais sobre a pele em que os eletrodos serão posicionados. Para a limpeza, primeiro deverão ser removidos os pelos existentes nos locais de interesse utilizando uma gilete descartável, em seguida as impurezas e células mortas presentes na pele serão removidas através de álcool ou uma pasta abrasiva, a qual será passada sobre a pele de forma que não a machuque, e por último a pasta será removida com água. Após o posicionamento dos eletrodos, o exame de eletromiografia será realizado junto a Posturografia, ferramenta para medida do movimento corporal através de plataforma de força.

O(a) senhor(a) deverá permanecer na postura ereta sobre uma plataforma de força por 60 segundos em quatro situações (aplicadas com 2 minutos de intervalo e com ordem aleatória):

- (1) manter a postura ereta com os olhos abertos com os pés unidos;
- (2) manter o deslocamento do centro de pressão (CP), medido pela plataforma de força, o mais próximo possível de um alvo posicionado na altura dos olhos (biofeedback por posturografia).
- (3) manter o ponteiro do laser portátil no centro do alvo, controlando-o com o punho ao lado do corpo (biofeedback do laser punho)

Participante ou seu responsável legal Responsável por obter o consentimento

(4) manter o ponteiro do laser portátil no centro do alvo, controlando-o com o corpo (biofeedback do laser corpo)

Durante essas tarefas, os movimentos corporais e a atividade elétrica dos músculos da perna serão registrados por meio de uma plataforma de força (Posturografia) e um sistema para aquisição da atividade elétrica muscular (Eletromiografia), respectivamente. Todos os procedimentos serão realizados por um avaliador treinado.

Potenciais riscos e benefícios: Os eletrodos podem gerar pequenas reações na pele, como por exemplo, vermelhidão e pequenas irritações. Para isto, asseguramos que a sensibilidade individual à dor será respeitada. O pesquisador estará atento às suas queixas e as mudanças fisionômicas. Sempre será perguntado se os testes podem prosseguir para assegurar o seu bem-estar durante o experimento. Como benefício, esta pesquisa permitirá avançar no conhecimento sobre os efeitos de técnicas de Biofeedback sobre o controle postural. As técnicas utilizadas são de fácil aplicação, tendo um impacto potencialmente grande no ambiente clínico.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Critérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou danos à saúde dos sujeitos participantes, conseqüente à pesquisa, que não tenha

Participante ou seu responsável legal Responsável por obter o consentimento

sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável Wellington Costa Reis de Andrade, que pode ser encontrada no telefone (21) 99741-3002. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de _____.

Participante ou seu responsável legal Responsável por obter o consentimento

Comitê de Ética em Pesquisa: Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ,
(21) 3882-9797 ramal 2015, e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br

Apêndice 2 – Ficha de avaliação

Anamnese

Início do experimento (hora): _____ Fim do experimento: _____

Número: ____ Nome do Arquivo: _____ Data: __/__/____

1) Dados Pessoais

Nome: _____ Tel: _____

Cel: _____

e-mail: _____

2) Dados Físicos

Estatura: _____ Peso: _____ Idade: _____

Destro () ou Canhoto () ou ambidestro ()

3) Dados Clínicos

Você bebe? _____ Qual a frequência semanal? _____

Você fuma? _____ Qual a frequência diária? _____

Utiliza algum medicamento que possa afetar o seu equilíbrio corporal? Sim () Não ()

Qual? _____

Apresenta distúrbio neurológico? Sim () Não ()

Qual? _____

Apresenta problemas no sistema auditivo ou visual? Sim () Não ()

Qual? _____

Apresenta problema ósteo-mio-articular? Sim () Não ()

Qual? _____

Apresenta qualquer dificuldade para manter a postura de pé ou caminhar?

Sim () Não ()

Se sim, por quê? _____

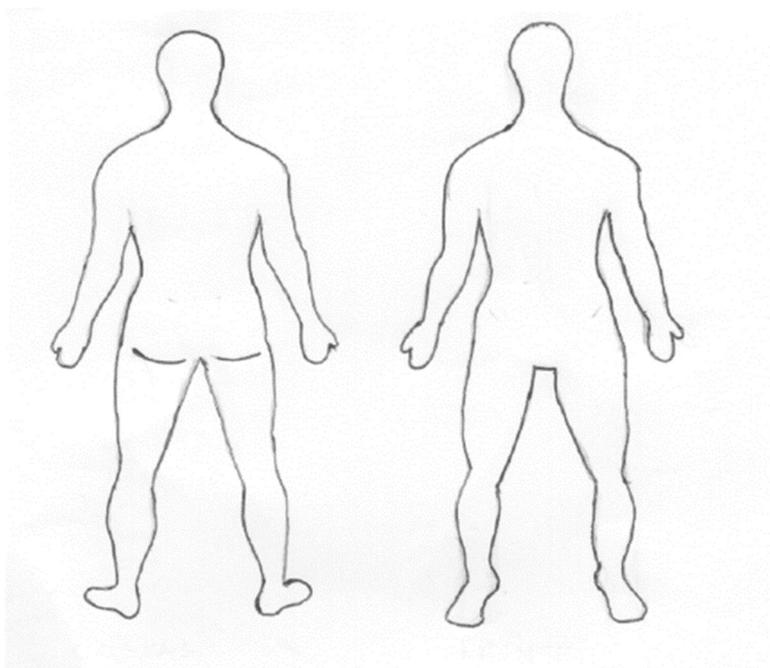
Sente dores frequentes ou já sentiu? Sim () Não ()

Aonde? _____

Qual o grau da dor, de zero (mínima) a dez (insuportável)? _____

Já sofreu alguma lesão física? Sim () Não () Quantas? _____

Aponte a(s) parte(s) do corpo que foi(ram) lesionada(s), e sinalize qual foi o tipo da lesão?



Você tem medo de cair? () Sim () Não

Quantifique seu medo de cair (1 nenhum medo e 7 extremamente com medo):

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Nenhum pouco moderadamente muito extremamente

Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A influência do biofeedback por posturografia sobre o controle postural

Pesquisador: Fabio Vieira dos Anjos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 52142021.9.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.007.430

Apresentação do Projeto:

O biofeedback por posturografia tem despertado grande interesse das Ciências da Reabilitação dado o seu impacto sobre o controle da estabilidade postural. Todavia, se esse efeito é generalizado para outras populações (idosos), assim como, a compreensão dos mecanismos fisiológicos, permanece incerto. O objetivo geral deste projeto envolve avançar no conhecimento sobre as estratégias posturais com o uso do biofeedback por posturografia em indivíduos com diferentes condições de saúde.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Esse projeto tem como objetivo geral avançar no conhecimento sobre as respostas fisiológicas do biofeedback por posturografia.

Objetivo Secundário:

Com o intuito de atingir esse objetivo, pretende-se alcançar as seguintes metas:

Estudo #1: Investigação das estratégias posturais de adultos saudáveis com o uso do biofeedback por posturografia.

1.1) Descrever o perfil eletromiográfico e posturográfico de adultos saudáveis durante o uso do biofeedback por posturografia; 1.2) Comparar o perfil

posturográfico e eletromiográfico de adultos saudáveis entre o biofeedback por posturografia e

Continuação do Parecer: 5.007.430

outro método de biofeedback dos deslocamentos corporais;

Estudo #2: Investigação das estratégias posturais de idosos com o uso do biofeedback por posturografia.

2.1) Descrever o perfil eletromiográfico e posturográfico de idosos e compará-los com o de jovens saudáveis durante o uso do biofeedback por

posturografia; 2.2) Comparar o perfil posturográfico e eletromiográfico entre jovens saudáveis e de idosos durante diferentes tipos de biofeedback

dos deslocamentos corporais;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os eletrodos podem gerar pequenas reações na pele, como por exemplo, vermelhidão e pequenas irritações. Para isto, asseguramos que a sensibilidade individual à dor será respeitada. O pesquisador estará atento às suas queixas e as mudanças fisionômicas. Sempre será perguntado se os testes podem prosseguir para assegurar o seu bem-estar durante o experimento.

Benefícios:

Como benefício, esta pesquisa permitirá avançar o nosso conhecimento sobre os efeitos de técnicas de Biofeedback sobre o controle postural. As técnicas utilizadas são de fácil aplicação, tendo um impacto potencialmente grande no ambiente clínico

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O biofeedback por posturografia tem despertado grande interesse das Ciências da Reabilitação dado o seu impacto sobre o controle da estabilidade postural. Todavia, se esse efeito é generalizado para outras populações (idosos), assim como, a compreensão dos mecanismos fisiológicos, permanece incerto. O objetivo geral deste projeto envolve avançar no conhecimento sobre as estratégias posturais com o uso do biofeedback por posturografia em indivíduos com diferentes condições de saúde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados

Continuação do Parecer: 5.007.430

Recomendações:

Projeto aprovado

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está aprovado.

Cabe ressaltar que o pesquisador se compromete em anexar na Plataforma Brasil um relatório ao final da realização da pesquisa. Pedimos a gentileza de utilizar o modelo de relatório final que se encontra na página eletrônica do CEP-UNISUAM (<http://www.unisuam.edu.br/index.php/introducao-comite-etica-em-pesquisa>). Além disso, em caso de evento adverso, cabe ao pesquisador relatar, também através da Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

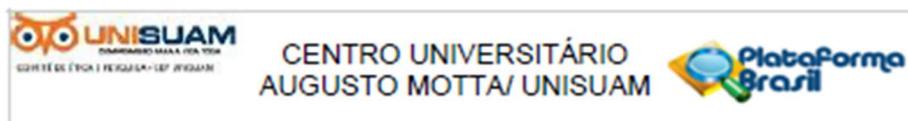
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1833159.pdf	27/09/2021 23:35:37		Aceito
Outros	CEPList.pdf	27/09/2021 23:28:27	Fabio Vieira dos Anjos	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	27/09/2021 23:26:55	Fabio Vieira dos Anjos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	27/09/2021 16:47:16	Fabio Vieira dos Anjos	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado.pdf	27/09/2021 16:47:06	Fabio Vieira dos Anjos	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não



Continuação do Protocolo: 5.007.430

RIO DE JANEIRO, 29 de Setembro de 2021

Assinado por:
Igor Ramathur Telles de Jesus
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso CEP: 21.032-060
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@souunisum.com.br

Página 04 de 04

PARTE II – PRODUÇÃO INTELECTUAL

Contextualização da Produção

Quadro 4: Declaração de desvios de projeto original.

Declaração dos Autores	Sim	Não
A produção intelectual contém desvios substantivos do <u>tema proposto</u> no projeto de pesquisa?		X
<i>Justificativas e Modificações</i>		
A produção intelectual contém desvios substantivos do <u>delineamento do projeto</u> de pesquisa?		X
<i>Justificativas e Modificações</i>		
A produção intelectual contém desvios substantivos dos <u>procedimentos de coleta</u> e análise de dados do projeto de pesquisa?		X
<i>Justificativas e Modificações</i>		

Disseminação da Produção

A disseminação da produção científica deste projeto de pesquisa envolveu a apresentação de trabalhos nos eventos científicos mencionados a seguir.



Certificamos que

Wellington Costa Reis de Andrade

Apresentou o Minicurso "TÉCNICAS DE BIOFEEDBACK PARA TREINAMENTO DO EQUILÍBRIO POSTURAL" na XX Semana Internacional de Pesquisa, Extensão e Inovação da UNISUAM, no dia 18 de outubro de 2023, na Unidade Bonsucesso.

Rio de Janeiro, 18 de outubro de 2023.

Claudia de Freitas Lopes Costa
Diretora de Pesquisa e Extensão

CERTIFICADO

Certifico, para os devidos fins, que João Eduardo Machado da Costa Antunes, Rosangela Romano Lopes John, Wellington Costa Reis de Andrade, Dimas Marciel Lage de Barros, Estéphan Ramos de Souza Penna e Fabio Vieira dos Anjos apresentaram o trabalho intitulado "EFEITOS DO BIOFEEDBACK POR POSTUROGRAFIA NA ATIVIDADE MUSCULAR DURANTE O ORTOSTATISMO EM JOVENS ADULTOS" na Sessão de Pôsteres do VIII Congresso Sudeste de Ciências do Esporte/XIII Simpósio de Educação Física e Dança da UFRJ, entre os dias 16, 17 e 18 de Abril de 2024.

Escola de Educação Física e Desportos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 21 de Abril de 2024.

Renato Sarti
Comissão organizadora

VIII Congresso Sudeste de Ciências do Esporte
XIII Simpósio de Educação Física e Dança da UFRJ



CERTIFICADO

Certifico, para os devidos fins, que João Eduardo Machado da Costa Antunes, Rosângela Romano Lopes John, Wellington Costa Reis de Andrade, Est ephane Ramos de Souza Penna, Luis Aureliano Imbiriba e Fabio Vieira dos Anjos apresentaram o trabalho intitulado "O EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DEBIOFEEDBACK SOBRE OS FATORES EMOCIONAIS E A SUA ASSOCIA AO COM DESEMPENHO DO EQUILÍBRIO POSTURAL EM ORTOSTATISMO" na Sessão de Comunica oes Orais do VIII Congresso Sudeste de Ciências do Esporte/XIII Simpósio de Educaçao Física e Dança da UFRJ, entre os dias 16, 17 e 18 de Abril de 2024.

Escola de Educaçao Física e Desportos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 26 de Abril de 2024.


Renato Sarti
Comissão organizadora

VIII Congresso Sudeste de Ciências do Esporte
XIII Simpósio de Educaçao Física e Dança da UFRJ



**IX CONGRESSO
INTERNACIONAL
DA REDE ACINNET**

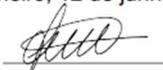

ACINNET


UNISUAM

CERTIFICADO

O Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) certifica que João Eduardo Machado da Costa Antunes; Wellington Costa Reis Andrade; Est ephane R. S. Penna; Fabio Vieira dos Anjos ministraram a palestra com o tema "O biofeedback por posturografia reduz o nível de atividade muscular na postura ortostática: um estudo de piloto" no IX Congresso Internacional da Rede ACINNET "Justiça Social e Desenvolvimento Sustentável". Realizado nos dias 12 e 13 de junho de 2024 no Campus Bonsucesso – Rio de Janeiro – Brasil.
Carga horária: 20 horas

Rio de Janeiro, 12 de junho de 2024.


Arapuan Netto
Reitor UNISUAM

Manuscrito(s) para Submissão

NOTA SOBRE MANUSCRITOS PARA SUBMISSÃO

Este arquivo contém manuscrito(s) a ser(em) submetido(s) para publicação para revisão por pares interna. O conteúdo possui uma formatação preliminar considerando as instruções para os autores do periódico-alvo. A divulgação do(s) manuscrito(s) neste documento antes da revisão por pares permite a leitura e discussão sobre as descobertas imediatamente. Entretanto, o(s) manuscrito(s) deste documento não foram finalizados pelos autores; podem conter erros; relatar informações que ainda não foram aceitas ou endossadas de qualquer forma pela comunidade científica; e figuras e tabelas poderão ser revisadas antes da publicação do manuscrito em sua forma final. Qualquer menção ao conteúdo deste(s) manuscrito(s) deve considerar essas informações ao discutir os achados deste trabalho.

3.1 Título do manuscrito para submissão #1

O EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE BIOFEEDBACK SOBRE O NÍVEL DE ATIVAÇÃO MUSCULAR EM ORTOSTATISMO EM JOVENS ADULTOS

3.1.1 Contribuição dos autores do manuscrito para submissão #1

Iniciais dos autores, em ordem:	WCRA	JEA	ASF	TL	FVA
Concepção					X
Métodos	X	X			X
Programação					X
Validação					
Análise formal	X				X
Investigação	X	X			X
Recursos	X		X		X
Manejo dos dados	X				X
Redação do rascunho	X	X	X	X	X
Revisão e edição	X		X	X	X
Visualização	X				X
Supervisão					X
Administração do projeto					X
Obtenção de financiamento					

*Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*³

³ Detalhes dos critérios em: <https://doi.org/10.1087/20150211>

Título:

O efeito de diferentes técnicas de biofeedback sobre o nível de ativação muscular e equilíbrio postural em jovens adultos

Autores e afiliações:

Wellington Costa Reis de Andrade¹, João Eduardo Machado da Costa Antunes¹, Arthur de Sá Ferreira^{1,2}, Thiago Lemos^{1,3}, Fabio Vieira dos Anjos^{1,2*}

1- Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brasil.

2- Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR)

3- Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia-INTO, Rio de Janeiro, Brasil

***Autor de Correspondência:**

Fabio Vieira dos Anjos

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso. Rio de Janeiro, RJ - Brasil CEP 21041-010

E-mail: fabioanjos@souunisiam.edu.br

Palavras-chave: Biofeedback; Eletromiografia; Controle Postural; Feedback Visual (<http://decs.bvs.br/>);

Resumo

Introdução: O biofeedback visual tem se mostrado eficiente para treinamentos do equilíbrio a fim de diminuir a oscilação corporal. Ainda não se sabe quais estratégias o sistema de controle postural utiliza para reduzir o balanço postural em ortostatismo, seja por meio da atenuação ou da maior ativação dos músculos posturais. **Objetivos:** Investigar o efeito de diferentes tipos de biofeedback visuais sobre a atividade muscular e o equilíbrio postural em ortostatismo em jovens adultos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal descritivo. Vinte e dois participantes (14 mulheres) participaram do estudo e realizaram quatro tarefas posturais sobre a plataforma de força durante 60 segundos: 1) Sem Biofeedback (controle); 2) Biofeedback por posturografia; 3) Biofeedback por laser portátil, controlado tanto pelo movimento do punho quanto pelo movimento do corpo. Foram analisadas a amplitude raiz quadrática média (RMS) do eletromiograma de superfície (EMG) coletado dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior, e o desvio padrão do deslocamento do centro de pressão (CoP) nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). **Resultados:** A amplitude RMS (mediana; intervalo interquartil) do tibial anterior foi maior nas tarefas de laser punho (46,0; 30,0 μV) e biofeedback por posturografia (44,0; 25,0 μV), quando comparada com a condição sem biofeedback (39,0; 13,0 μV) ($P < 0.05$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as tarefas sem biofeedback e laser corpo (39,0; 16,0 μV) ($P = 0.738$). Para o gastrocnêmio medial, não foi encontrado efeito principal da tarefa para a amplitude RMS ($P = 0.837$). O desvio padrão do deslocamento do CoP na direção AP foi maior nas tarefas laser corpo (9,585; 6,097 mm) e laser punho (8,272; 3,307 mm) do que sem biofeedback (7,071; 2,693 mm) ($P < 0.05$). Uma diferença significativa na variabilidade do CoP AP foi observada entre biofeedback por posturografia (5,858; 2,248 mm) e a tarefa sem biofeedback (7,071; 2,693 mm) ($P = 0.052$). Na direção ML, não foram encontradas diferenças no desvio padrão do deslocamento do CoP entre as tarefas ($P = 0.169$). **Conclusão:** Diferentes tipos de biofeedback parecem conduzir o aumento do esforço muscular a nível do tornozelo na posição ortostática.

Palavras-chave: Biofeedback; Eletromiografia; Controle Postural; Feedback Visual.

Abstract

Introduction: Visual biofeedback has been shown to be effective for balance training in order to reduce body sway. It is not yet known which strategies the postural control system uses to reduce postural sway in the standing position, either by attenuating or increasing the activation of postural muscles. **Objectives:** To investigate the effect of different types of visual biofeedback on muscle activity and postural balance in the standing position in young adults. **Methods:** This is a descriptive cross-sectional study. Twenty-two participants (14 women) participated in the study and performed four postural tasks on the force platform for 60 seconds: 1) No biofeedback (control); 2) Biofeedback by posturography; 3) Biofeedback by portable laser, controlled by both wrist movement and body movement. The root mean square (RMS) amplitude of the surface electromyogram (EMG) collected from the medial gastrocnemius and tibialis anterior muscles, and the standard deviation of the center of pressure (CoP) displacement in the anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) directions were analyzed. **Results:** The RMS amplitude (median; interquartile range) of the tibialis anterior was greater in the wrist laser (46.0; 30.0 μ V) and posturography biofeedback (44.0; 25.0 μ V) tasks, when compared with the condition without biofeedback (39.0; 13.0 μ V) ($P < 0.05$). No significant differences were found between the tasks without biofeedback and body laser (39.0; 16.0 μ V) ($P = 0.738$). For the medial gastrocnemius, no main effect of task was found for the RMS amplitude ($P = 0.837$). The standard deviation of CoP displacement in the AP direction was greater in the body laser (9.585; 6.097 mm) and wrist laser (8.272; 3.307 mm) tasks than without biofeedback (7.071; 2.693 mm) ($P < 0.05$). A significant difference in AP CoP variability was observed between posturography biofeedback (5.858; 2.248 mm) and the task without biofeedback (7.071; 2.693 mm) ($P = 0.052$). In the ML direction, no differences were found in the standard deviation of CoP displacement between the tasks ($P = 0.169$). **Conclusion:** Different types of biofeedback appear to lead to increased muscle effort at the ankle in the orthostatic position.

Keywords: Biofeedback; Electromyography; Postural Control; Visual Feedback.

INTRODUÇÃO

A fim de promover melhores estratégias de reabilitação, prevenção de lesões e melhora do bem-estar geral, pesquisadores em áreas como biomecânica, cinesiologia e fisioterapia estão estudando ativamente o equilíbrio corporal (DUARTE; FREITAS, 2010). Estes estudos visam entender as estratégias e mecanismos utilizado pelo sistema de controle postural em busca de um equilíbrio corporal eficiente, bem como o objetivo de desenvolver programas e intervenções de treino eficazes que possam otimizar a estabilidade e a postura em vários contextos. Os resultados das pesquisas relacionadas ao tema de controle postural, podem ter aplicações práticas em áreas como reabilitação, ergonomia e até mesmo no design de dispositivos de assistência para indivíduos com comprometimento do equilíbrio e em diferentes populações (CHIARI et al., 2005).

Programas de treinamentos de equilíbrio corporal têm sido aplicados com o objetivo de reduzir a oscilação postural excessiva em ortostatismo (VAN PEPPEN et al., 2006). Clinicamente, o aumento do risco de quedas ocorre quando indivíduos apresentam deficiências no controle da estabilidade postural, comprometendo o equilíbrio, como observado no processo de envelhecimento e doenças neurológicas. O controle da estabilidade estática pode ser explicado pelo modelo do “pêndulo invertido”, no qual a estabilidade é mantida quando a projeção vertical do centro de massa corporal permanece dentro da base de suporte delimitada pelos pés em ortostatismo. A alteração do equilíbrio corporal ou perda de equilíbrio se caracteriza pela projeção do centro de massa além da base de suporte (NARDONE; SCHIEPPATI, 2010; VISSER et al., 2008; WINTER, 2009). Em relação aos protocolos disponíveis na literatura, como práticas corporais (*Tai-Chi-Chuan*), controle do equilíbrio sobre superfícies instáveis e programas de exercícios de fortalecimento muscular, técnicas de biofeedback tem a vantagem de permitir que o indivíduo ganhe um controle direto sobre a variável de interesse: o movimento corporal em ortostatismo (LI et al., 2005; GAUFFIN et al., 1988; KELLER et al., 2012; SANTOS et al., 2024).

O biofeedback mais comumente utilizado como protocolo de reabilitação e melhora do balanço postural é o posturográfico (DOZZA et al., 2006). Esta técnica utiliza o deslocamento do Centro de Pressão (CoP) sob os pés na postura ortostática, permitindo ao indivíduo o controle voluntário da sua oscilação postural e o aumento a

consciência corporal (DAULT et al., 2003; VAN PEPPEN et al., 2006; WULF, 2013). O uso do Biofeedback por posturografia conduz a uma redução do tamanho das oscilações corporais através da diminuição da variabilidade do movimento do tornozelo, gerando maior rigidez articular (DOS ANJOS; LEMOS; IMBIRIBA, 2016). Dessa maneira, os estudos apontam que a técnica pode estar associada à co-contracção muscular a nível do tornozelo, com conseqüente aumento do esforço e gasto energético na manutenção da postura ortostática (ANKER et al., 2008; DOS ANJOS; LEMOS; IMBIRIBA, 2016). Cada vez mais pesquisas são realizadas e necessárias para investigar a relação entre o controle postural induzido por biofeedback e a ativação muscular, esclarecendo os mecanismos subjacentes e possíveis implicações para a prática clínica (DUARTE; FREITAS, 2010).

Outros tipos de biofeedback têm sido utilizados como instrumento de pesquisa para o treinamento do equilíbrio postural. Recentemente, a projeção de um ponteiro laser portátil sobre um alvo a frente do corpo tem sido pesquisada como um tipo de biofeedback visual na posição ortostática. Tendo como objetivo controlar o feixe do ponteiro laser portátil através da articulação do punho no alvo a frente do indivíduo em ortostatismo (TAUBE et al., 2008). Estes estudos demonstraram mudanças nas estratégias posturais utilizadas pelo sistema de controle postural, onde o biofeedback do laser gerou menor atividade do sistema de controle postural, quando comparado com biofeedback por posturografia. Especificamente, o biofeedback laser apresentou maior área de oscilação e redução na velocidade média e frequência do CoP, caracterizando um aumento da oscilação corporal ao custo de menor atividade postural (DOS ANJOS et al., 2016; PRIETO et al., 1996; TAUBE et al., 2008; WULF, 2013). No entanto, é importante considerar a generalização desses achados para outras populações e em diferentes condições, e verificar se o efeito imediato de atenuação e/ou compensação em diferentes contextos de feedback irá compensar na atividade dos músculos posturais em indivíduos jovens. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito de diferentes tipos de biofeedback sobre o nível de ativação muscular e o equilíbrio postural em jovens adultos, a fim de entender os mecanismos gerado pelo sistema de controle postural para reduzir a oscilação o balanço postural em ortostatismo, seja por meio da atenuação ou da maior ativação dos músculos posturais.

MÉTODOS

Participantes

Trata-se de um estudo transversal descritivo, sendo utilizado o Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology – STROBE para descrever a metodologia e reportar os achados desse estudo (VON ELM et al., 2008). Vinte e dois participantes (14 mulheres e 8 homens; média \pm desvio padrão: 30,44 \pm 6,76 anos; massa corporal: 77,56 \pm 19,47 kg; altura: 1,70 \pm 0,11 m; IMC: 26,42 \pm 4,94 kg/m²) foram avaliados neste estudo. Os participantes foram recrutados por conveniência no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Campus de Bonsucesso, na cidade do Rio de Janeiro (RJ), no período de outubro de 2023 e abril de 2024. Todos os voluntários forneceram consentimento informado por escrito após serem informados dos procedimentos experimentais, aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa local (CAAE: 52142021.9.0000.5235). Os critérios de exclusão foram i) relato de distúrbios musculoesqueléticos nas articulações do punho, quadril, joelho e tornozelo nos últimos doze meses; ii) presença de acúmulo anormal de fluido (edema), principalmente em membros inferiores; iii) alterações de equilíbrio; iv) distúrbios neurológicos; e v) ingestão de medicamentos que poderiam comprometer ou afetar o equilíbrio em pé por ocasião dos experimentos.

Procedimentos

Os voluntários foram instruídos a permanecer em pé, descalços, com os braços ao lado do corpo e pés unidos sobre a plataforma de força para a aquisição do sinal do deslocamento do CoP durante as tarefas. Para o registro eletromiográfico foram utilizados pares de eletrodos bipolares de superfície nos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior da perna direita. Foram realizadas 4 tarefas, sendo uma tarefa como condição controle, onde cada tarefa foi realizada durante 60 segundos, de forma aleatória (sorteio), e com intervalo de 2 minutos entre as tarefas para evitar qualquer efeito da fadiga muscular no desempenho da tarefa. Foi permitido ao voluntário a possibilidade de treinamento para familiarização das tarefas de feedback durante 60 segundos. Durante as tarefas, foram demarcadas posições específicas para o posicionamento dos pés dos voluntários sobre a plataforma de força, a fim de garantir

a manutenção da mesma posição ao longo de todas as atividades, garantindo uma maior consistência nos resultados obtidos.

As tarefas consistiram na seguinte forma: i) Sem Biofeedback (SB), onde ao adotar a posição corporal sobre a plataforma, o objetivo consistia em manter o olhar fixo no alvo de 2 cm, localizado a 2,50 mts de distância da plataforma, onde foi considerada como condição de controle (Figura 1A); ii) Biofeedback do centro de pressão (CoP), na tarefa realizada, o participante permaneceu sobre a plataforma de força, a qual realizou a captação do balanço corporal permitindo ao voluntário a visualização do CoP no monitor a frente do corpo à altura dos olhos, a uma distância de 250 cm, e sendo solicitado ao mesmo aproximar o sinal do CoP o máximo possível do alvo localizado no monitor com um diâmetro de 2 cm (Figura 1B); iii) Biofeedback por laser portátil, nesta tarefa o participante permaneceu com os braços estendidos ao longo do corpo com o ponteiro laser portátil na mão direita, apontando o mais próximo possível do alvo de 2 cm projetado na tela a uma distância de 250 cm, manipulando o laser em duas condições diferentes: a) controlando-o através do movimento articular do punho (LP); e b) com o punho imóvel e fixado junto ao corpo por uma faixa rígida, controlando o laser através do movimento do corpo (tornozelo) (LC) (Figura 1C).

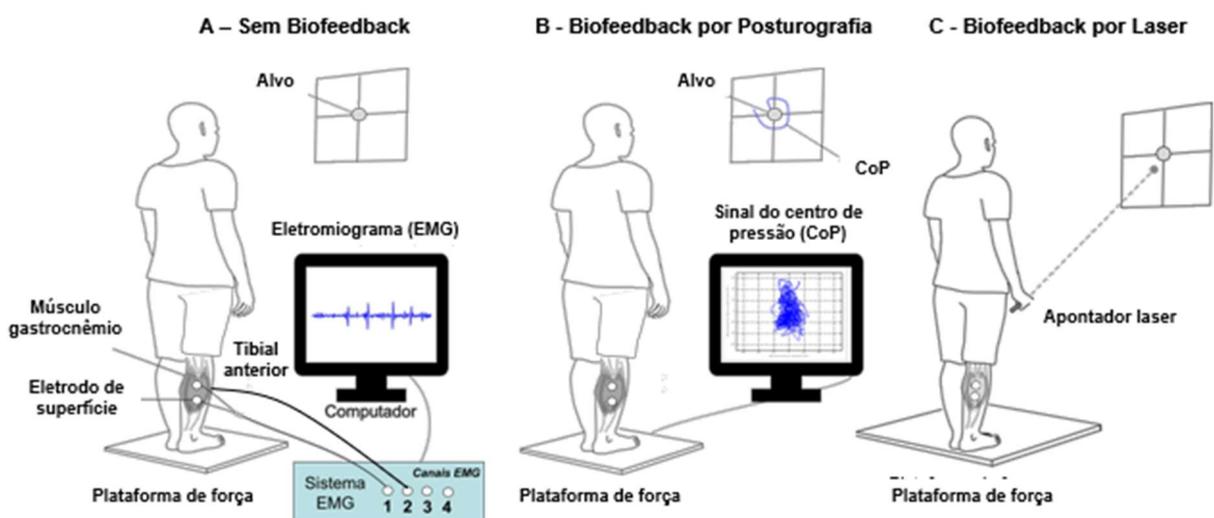


Figura 1. Tarefas posturais. Sem Biofeedback (A); Biofeedback por Posturografia (B); e Biofeedback por Laser (C).

Eletroniografia - Avaliação da atividade muscular

Neste estudo aderiu-se à diretriz do Consensus for Experimental Design in Electromyography (CEDE – Check) para protocolos com eletroniografia (BESOMI et al., 2024).

a) Posicionamento dos eletrodos

Foi realizado tricotomia e limpeza da pele com pasta abrasiva (Nupred 114g, Weaver and Company, Registro ANVISA 80117580103) no local de posicionamento de cada par de eletrodos. Foram utilizados pares de eletrodos de superfície descartáveis (4,5 x 3,8 cm diâmetro, Eletrodo para Monitorização Cardíaca 2223BRQ, 3M do Brasil Ltda., Registro ANVISA: 80284930186), fixados por gel condutivo adesivo. Foram avaliados os músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior da perna direita, com eletrodos bipolares com 3,5 cm distância entre os centros de cada eletrodo, bem como o eletrodo de referência posto no maléolo lateral da perna direita (DOS ANJOS et al., 2022, ver figura 1). Com o objetivo de abranger o maior número possível de fibras musculares dentro da área de detecção, com aumento da sensibilidade e a diminuição da variabilidade na medição do EMG, foi posta tal distância entre eletrodos para os músculos em questão, e minimizando o efeito crosstalk (VIEIRA et al., 2023). Os eletrodos foram alinhados ao longo do eixo longitudinal de cada músculo, sendo para o gastrocnêmio medial, a fim de obter um EMG bipolar representativo de diferentes fibras próximo-distais (HODSON-TOLE; LORAM; VIEIRA, 2013), o centro do eletrodo distal foi posicionado medialmente à parte distal da junção entre as cabeças do gastrocnêmio e 5 cm acima da junção músculo-tendínea. Para o músculo tibial anterior, o par de eletrodos foi posicionado 1 cm lateral à crista tibial, paralelo e proximal ao eixo longitudinal do músculo. O centro do eletrodo proximal foi posicionado 2 cm distalmente à cabeça do osso da tibia (DOS ANJOS et al., 2022).

b) Registro dos Sinais e Análise dos dados

O registro dos sinais se deu por um sistema de aquisição de sinais SAS1000 V8 (EMG System do Brasil). Os sinais EMGs bipolares dos dois músculos (unilateral) testados foram primeiro filtrados por passagem de banda com um filtro Butterworth de

quarta ordem (corte de 20-350 Hz; filtro bidirecional, sem defasagem). Em seguida, a Raiz Quadrada Média (RMS) foi usada para quantificar a amplitude dos EMGs de superfície coletados de cada músculo nas quatro tarefas posturais. Os valores RMS foram calculados durante toda a duração do período em pé (60 s), fornecendo uma indicação geral do grau de atividade muscular durante cada condição com pés unidos (DOS ANJOS et al., 2022).

Aquisição e análise do sinal posturográfico

O deslocamento CoP foi quantificado a partir das forças e momentos de reação do solo por meio de uma plataforma de força (AccuSwayPLUS, da AMTI, localizada em Watertown, EUA). Os dados brutos foram digitalizados a uma taxa de 100 Hz e em seguida filtrados com um filtro passa-baixa de 5 Hz, sendo armazenados para análise posterior. As forças de reação do solo foram coletadas sincronizadamente com os sinais EMG. A variabilidade do CoP (por meio do desvio padrão da série temporal) foi calculada nos eixos ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) (DOS ANJOS et al., 2022).

Análise estatística

Uma análise estatística inicial confirmou a distribuição não-paramétrica para a maioria dos dados (Shapiro-Wilk $P < 0,05$). Assim, foi utilizado o teste de Friedman para avaliar efeito principal da condição experimental (4 níveis) sobre a amplitude RMS dos músculos de interesse e o parâmetro desvio padrão do CoP, seguido do teste de Wilcoxon para comparações por pares entre tarefas, com nível de significância de 5%. A análise estatística foi realizada utilizando o software JASP versão 0.11.0.0 (The JASP Team 2020, Holanda). Os dados serão apresentados como (mediana; intervalo interquartil).

RESULTADOS

a) Amplitude RMS

Diferenças no nível de atividade muscular do tornozelo em ortostatismo foram observadas com o biofeedback. O teste de Friedman revelou um efeito principal da Tarefa sobre a amplitude RMS do músculo tibial anterior (N=18; W=0.258, P=0.002). O teste de Wilcoxon indicou que a tarefa sem biofeedback (SB) foi diferente da tarefa laser punho (LP) (P=0.011), com um valor menor sem biofeedback (39,0, 13,0 μ V) do que laser punho (46,0, 30,0 μ V) (Figura 2A). Além disso, foi detectado diferença entre as tarefas sem biofeedback e biofeedback por posturografia (CoP) (P=0.002), com menores valores em sem biofeedback do que biofeedback por posturografia (44,0, 25,0 μ V) (Figura 2A). Da mesma forma, diferenças foram encontradas entre as tarefas laser punho e laser corpo (LC) (P=0.049), com menores valores em laser corpo (39,0, 16,0 μ V) do que em laser punho (Figura 2A). Diferenças na amplitude RMS também foram encontradas entre as tarefas laser corpo e biofeedback por posturografia (P=0.045), com um valor menor em laser corpo do que biofeedback por posturografia (Figura 2A). Não foram encontradas diferenças significativas entre as tarefas sem biofeedback e laser corpo (P=0.738), e entre as tarefas laser punho e biofeedback por posturografia (P=0.738).

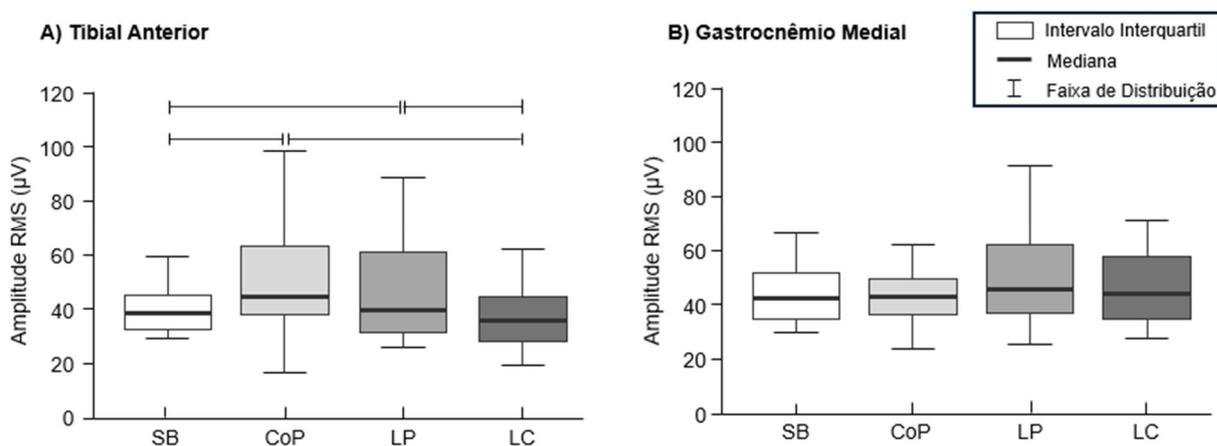


Figura 2– Boxplots da amplitude RMS dos músculos tibial anterior (A) e gastrocnêmio medial (B) nas tarefas sem biofeedback (SB), biofeedback por posturografia (CoP), biofeedback laser punho (LP) e laser corpo (LC). Linhas horizontais indicam diferença significativa entre as tarefas ($p < 0.05$)

Para o músculo gastrocnêmio medial, o teste de Friedman não revelou um efeito principal na amplitude RMS da Tarefa para um o músculo gastrocnêmio medial ($W=0.015$, $P=0.837$) (Figura 2B). Sendo sem biofeedback (42,0; 17,0 μV), biofeedback por posturografia (44,0; 14,0 μV); biofeedback laser punho (46,0; 25,0 μV) e biofeedback laser corpo (44,0; 23,0 μV).

b) Oscilação do CoP

Diferenças também foram observadas no nível do deslocamento do CoP com o biofeedback. O teste de Friedman revelou um efeito principal no deslocamento AP ($N=22$, $W=0.189$, $P=0.005$). O teste de Wilcoxon indicou que a tarefa sem biofeedback (SB) foi diferente da tarefa laser punho (LP) ($P=0.038$), com um valor menor em sem biofeedback (7,071; 2,693 mm) do que laser punho (8,272; 3,307 mm) (Figura 3A). Da mesma forma, foi detectado diferença entre as tarefas sem biofeedback e laser corpo (LC) ($P=0.048$), com menores valores em sem biofeedback do que laser corpo (9,585; 6,097 mm) (Figura 3A). Além disso, diferenças foram encontradas entre as tarefas laser punho e biofeedback por posturografia (CoP) ($P=0.007$), com menores valores em biofeedback por posturografia (5,858; 2,248 mm) do que em laser punho (Figura 3A). Diferenças também foram encontradas entre as tarefas laser corpo e biofeedback por posturografia ($P=0.003$), com um valor menor em biofeedback por posturografia do que laser corpo (Figura 3A). Bem como, encontrada diferença entre as tarefas sem biofeedback e biofeedback por posturografia ($P=0.052$), com menor valor em biofeedback por posturografia do que sem biofeedback (Figura 3A). Não foram encontradas diferenças significativas entre as tarefas laser punho e laser corpo ($P=0.273$).

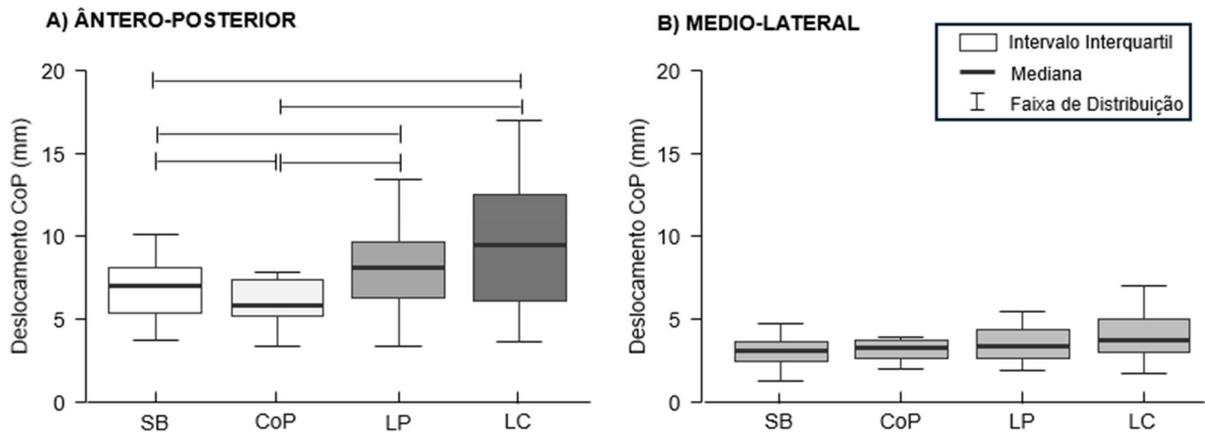


Figura 3- Boxplots deslocamento do Centro de Pressão (CoP) nas direções ântero-posterior (A) e médio-lateral (B) nas tarefas sem biofeedback (SB), biofeedback por posturografia (CoP), biofeedback laser punho (LP) e laser corpo (LC). Linhas horizontais indicam diferença significativa entre as tarefas ($p < 0.05$).

Diferenças no nível do deslocamento do CoP na direção ML não foram observadas com o biofeedback. O teste de Friedman não revelou um efeito principal na oscilação do CoP na direção ML ($W=0.073$ $P=0.169$) (Figura 3B). A Mediana e Intervalo Interquartil para as tarefas sem biofeedback (SB), biofeedback por posturografia (CoP), biofeedback laser punho (LP) e biofeedback laser corpo (LC) respectivamente foram: (3,200; 1,166 mm), (3,284; 1,141 mm), (3,377; 1,753mm), e (3,831; 1.915 mm).

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito de diferentes técnicas de biofeedback sobre o nível de ativação muscular em ortostatismo em jovens adultos. Os resultados indicam que tarefas de biofeedback parecem conduzir a um aumento do esforço muscular, bem como, reduzir o deslocamento AP do CoP, quando comparado a postura ereta sem biofeedback.

Amplitude RMS do EMG durante Tarefas do Biofeedback

Tarefas de biofeedback parecem conduzir um aumento do esforço muscular quando comparado a postura ereta. Entre as tarefas de biofeedback, o biofeedback

por posturografia apresentou maior esforço muscular do tibial anterior (Figura 2A) a fim de minimizar a oscilação corporal (Figura 3). O que demonstra uma estratégia corporal de controle rígido do tornozelo para manter o controle do equilíbrio, presente na população jovem, apesar da contribuição do quadril para diminuir o deslocamento do CoP durante o biofeedback (FREITAS; DUARTE, 2012). Este achado, de maior atividade muscular do tibial anterior, corrobora com estudos anteriores que apresentaram o aumento significativo na modulação do referido músculo, ao adotar posturas com a base de suporte diminuída (LEMOS et al., 2015). A intenção explícita de executar a tarefa de manter o sinal do CoP mais próximo possível do alvo é compensada pelo maior esforço muscular, se mostrando assim uma tática menos eficiente do sistema de controle postural. Bem como estudos anteriores onde demonstraram que o biofeedback por posturografia reduz a variabilidade do deslocamento do CoP com concomitante diminuição da variabilidade dos movimentos do tornozelo, apresentando maior rigidez do tornozelo ao custo do aumento do esforço muscular (DOS ANJOS et al., 2016).

O biofeedback por laser portátil, especialmente quando manipulado pelo punho, levou ao aumento da atividade muscular do tibial anterior quando comparado com a postura ereta sem biofeedback (Figura 2A). Este resultado corrobora com estudos anteriores, onde demonstram que o sistema nervoso central tende a realocar os recursos neurais, como o aumento do esforço muscular dos membros inferiores e a coordenação multiarticular, a fim de priorizar um controle postural eficiente na execução de dupla tarefa e ainda com a base de suporte diminuída (Hwang et al. 2006; Park et al. 2012). A tarefa de biofeedback por laser manipulado pelo corpo, contrariou a hipótese de semelhança da ativação muscular quando comparado com a tarefa de biofeedback por posturografia apresentando menor esforço muscular. Diferenças significativas entre as tarefas de biofeedback por laser, onde a manipulação através do corpo apresentou menor esforço muscular do tibial anterior (Figura 2A), corrobora com evidências anteriores onde sugerem que o músculo tibial anterior exerceria tarefas distintas durante a postura ortostática, tendo uma função proprioceptiva para sinalizar alterações posturais e também uma função de estabilizador ativo a fim de compensar os deslocamentos laterais do corpo (LEMOS et al., 2015). Nossos resultados sustentam estudo anteriores onde sugerem que o biofeedback visual pode influenciar o reflexo espinhal, resultando no aumento da ativação muscular para melhora do controle postural, quando comparado com a

postura ereta sem biofeedback (TAUBE et al., 2008). O sistema nervoso central a fim de suprimir o grau de liberdade do membro superior para execução da tarefa onde é impedido de realizar movimentos articulares com o membro superior, o controle do laser através do corpo, parece gerar mecanismo compensatório para facilitar o controle postural ao executar tarefas, demonstrando um desacoplamento do membro superior em relação ao corpo (HWANG et al., 2006).

Não foi encontrado efeito significativo na amplitude RMS do músculo gastrocnêmio medial entre as diferentes tarefas (Figura 2B), sugerindo que os diferentes tipos de biofeedback podem não gerar influência significativa na atividade deste músculo. Este resultado contrasta com a hipótese inicial de que o biofeedback por laser portátil controlado pelo punho resultaria em menor co-contração dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior. A ausência de diferenças pode indicar que o gastrocnêmio medial não é tão sensível às variações de biofeedback quanto o tibial anterior, ou apesar da base de suporte diminuída, que a tarefa de equilíbrio não foi suficientemente desafiadora para este músculo a nível de alterar o padrão de atividade muscular entre as tarefas. Porém, o músculo permaneceu ativo durante todas as tarefas (Figura 2B), sugerindo uma co-contração muscular, o que está associado ao aumento do esforço muscular durante as tarefas de biofeedback. Este achado corrobora com estudos anteriores onde sugerem que o desempenho de nova tarefa motora envolve nível aumentado de co-contração muscular a fim de estabilizar a articulação (LLEWELLYN et al., 1990; SMITH, 1981).

Deslocamento do CoP nas tarefas de Biofeedback

Tarefas de Biofeedback promovem alterações no deslocamento do CoP, quando comparado com a postura ereta sem biofeedback. Os resultados indicaram diferenças significativas no deslocamento AP do CoP (Figura 3A) entre as tarefas. O biofeedback por posturografia mostrou ser eficaz na redução do deslocamento AP do CoP, corroborando com estudos anteriores que destacam sua utilidade na melhora do controle postural (DOS ANJOS et al., 2016; DOZZA et al., 2006), e melhor controle do CoP, reduzindo a oscilação postural (DAULT et al., 2003; VAN PEPPEN et al., 2006). Nossos resultados suportam essa visão, demonstrando que o biofeedback por posturografia possui maior eficácia na redução do deslocamento AP do CoP em comparação com o biofeedback por laser (Figura 3A). Este achado demonstrando a

eficiência do sistema de controle postural em tarefas e treinamentos que tem por objetivos reduzir a oscilação corporal a partir da visualização do deslocamento corporal. Por outro lado, foi observado nas tarefas utilizando o biofeedback por laser portátil comportamentos opostos quando comparado ao biofeedback por posturografia e a postura ereta sem biofeedback (Figura 3A). Confirmando achados em pesquisas anteriores onde a tarefa de biofeedback com laser demonstrou um aumento na área de oscilação do CoP na direção AP (DOS ANJOS et al., 2016; TAUBE et al., 2008). Este resultado demonstra a atenuação do sistema de controle postural para execução de tarefa externa, aumentando a oscilação corporal dentro dos limites de estabilidade, porém não favorecendo a atenuação da atividade muscular a nível do tornozelo.

Diferenças estatísticas foram encontradas no deslocamento AP do CoP entre as tarefas do biofeedback por laser portátil manipulado pelo corpo em relação a tarefa de biofeedback por posturografia e a tarefa controle (Figura 3A), contrariando a hipótese da semelhança dos parâmetros posturográficos entre as referidas tarefas. Mesmo com a orientação explícita de controlar o laser através do movimento corporal e a utilização de faixa para garantir a fixação do punho junto ao corpo, o sistema de controle postural executou mecanismo similar ao utilizado na tarefa do laser manipulado pelo punho. Este resultado fortalece o pensamento anterior, que o sistema nervoso central a fim de suprimir o grau de liberdade do membro superior para execução da tarefa onde é impedido de realizar movimentos articulares com o mesmo, parece gerar mecanismo compensatório para facilitar o controle postural ao executar tarefas. Demonstrando assim um desacoplamento do membro superior em relação ao corpo (HWANG et al., 2006). Tal pensamento se sustenta pela similaridade nos padrões de deslocamento do CoP na direção AP entre as tarefas de biofeedback por laser manipulado pelo punho e pelo corpo (Figura 3A).

Não foram observadas diferenças significativas no deslocamento ML do CoP entre as tarefas (Figura 3B). Este achado sugere que os sistemas de controle postural nas direções AP e ML funcionam de maneira distinta, com base no movimento do tornozelo e nos mecanismos de carga e descarga do quadril (DAY et al., 1993; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010), e que o biofeedback empregado teve impacto apenas no controle AP, contrastando com estudos anteriores onde apresentaram diferenças significativas na direção ML entre as tarefas (DOS ANJOS et al., 2016). De acordo com informações encontradas na literatura, em que o aumento na oscilação ML é compensado com movimentos do quadril (SHUMWAY-COOK;

WOOLLACOTT, 2010), este achado corrobora com literaturas anteriores onde é descrito que indivíduos jovens utilizam da estratégia dos movimentos do tornozelo para controle do equilíbrio corporal, sendo também o mecanismo usado para ajustes corporais durante tarefas de biofeedback onde o objetivo é reduzir a oscilação corporal e ainda com a base de suporte diminuída (DAULT et al., 2003; DOS ANJOS et al., 2016; FREITAS; DUARTE, 2012; LORAM et al., 2001).

Os resultados encontrados neste trabalho confirmam suposições anteriores de que o biofeedback por posturografia é eficaz para tarefas onde o objetivo é diminuir a oscilação corporal, porém ao custo de maior esforço muscular gerado pelo sistema de controle postural. Demonstrando forte tendência em ser um recurso de menor eficiência para populações onde o objetivo é reduzir a atividade muscular desnecessária, como em idosos ou patologias que apresentam maior rigidez articular do tornozelo. Indicando que a escolha do tipo de biofeedback deve considerar os objetivos específicos do treinamento e a capacidade de resposta neuromuscular de cada indivíduos. O biofeedback por laser portátil manipulado pelo corpo se mostrou eficiente para treinamentos de equilíbrio, permitindo a oscilação corporal dentro dos limites de estabilidade sem comprometer o equilíbrio, não gerando o aumento do esforço muscular, e ainda mostrando-se vantajoso pelo baixo custo do laser e a sua utilização em outros tipos de ambientes. Futuras pesquisas devem explorar a aplicação desses achados em diferentes populações e contextos clínicos, bem como investigar as estratégias utilizadas pelo sistema de controle postural concomitante a ativação muscular durante as tarefas de biofeedback, e ainda se a mudança na base de suporte ou diferenças nos diâmetros dos alvos de referência podem gerar mudanças nesses achados.

É encontrado na literatura que a ativação muscular dos flexores plantares durante a posição ortostática ocorre de forma assimétrica (DOS ANJOS et al., 2018). Bem como, a amostragem local do EMG com eletrodos bipolares pode não apresentar informações precisas sobre a duração e grau de atividade muscular, por não se distribuir de forma uniforme dentro do volume muscular predominantes em músculos penados em profundidade (GARCIA; VIEIRA, 2011; HODSON-TOLE; LORAM; VIEIRA, 2013). E ainda, a menor atividade muscular do gastrocnêmio medial em jovens adultos, quando comparados a população (DOS ANJOS et al., 2017), este estudo apresentou limitações na aquisição dos dados por limitação do sistema utilizado para captação do sinal EMG, sendo possível captação apenas do membro

inferior direito. A fim de minimizar esta limitação, as referidas tarefas foram realizadas com pés unidos. Bem como, a limitação apresentada pela tarefa de biofeedback laser portátil manipulado pelo corpo, onde além da instrução de execução da tarefa sem o movimento do punho, foi realizado a fixação do punho junto ao corpo através de faixa rígida e permitido ao voluntário a ambientação da tarefa durante 60 segundos. Ao longo da execução da tarefa não foram observados por este pesquisador movimentos grosseiros a nível do punho.

CONCLUSÃO

Diferentes tipos de biofeedback parecem conduzir o aumento do esforço muscular a nível do tornozelo na posição ortostática, a fim de controlar a oscilação corporal.

FINANCIAMENTO

Este estudo é financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001 e processos N°. 88881.708719/2022-01 e N°. 88887.708718/2022-00, e pela Fundação Carlos Chagas Filho de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, N°. E26/211.104/2021).

REFERÊNCIAS

ANKER, L.C.; WEERDESTEYN, V.; VAN NES, I.J.; STRAATMAN, H.; GEURTS A.C. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait Posture* 27, 471-477, 2008.

AVANCINI, C. et al. Variations in the spatial distribution of the amplitude of surface electromyograms are unlikely explained by changes in the length of medial gastrocnemius fibres with knee joint angle. **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, 22 maio 2015.

BENJUJA, N.; MELZER, I.; KAPLANSKI, J. Aging-Induced Shifts From a Reliance on Sensory Input to Muscle Cocontraction During Balanced Standing. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 59A, n. 2, p. 166–171, 2004.

BESOMI, M. et al. Consensus for experimental design in electromyography (CEDE) project: Checklist for reporting and critically appraising studies using EMG (CEDE-Check). **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 76, 1 jun. 2024.

BLASZCZYK, J. W. et al. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1243–1248, 2000.

BLOEM, B. R.; VISSER, J. E.; ALLUM, J. H. J. Posturography. Em: **Handbook of Clinical Neurophysiology**. [s.l.: s.n.]. v. 1p. 295–336.

BOUDRAHEM, S.; ROUGIER, P. R. Relation between postural control assessment with eyes open and centre of pressure visual feedback effects in healthy individuals. **Experimental Brain Research**, v. 195, n. 1, p. 145–152, maio 2009.

CHIARI, L. et al. Audio-biofeedback for balance improvement: An accelerometry-based system. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 52, n. 12, p. 2108–2111, dez. 2005.

CREATH, R. et al. Limited control strategies with the loss of vestibular function. **Experimental Brain Research**, v. 145, n. 3, p. 323–333, 13 ago. 2002.

DAULT, M. C. et al. Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients. **Human Movement Science**, v. 22, n. 3, p. 221–236, ago. 2003.

DAY, B. L. et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. **The Journal of Physiology**, v. 469, n. 1, p. 479–499, set. 1993.

DE LUCA, C. J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 135–163, maio 1997.

DOS ANJOS, F.; LEMOS, T.; IMBIRIBA, L. A. Does the type of visual feedback information change the control of standing balance? **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 9, p. 1771–1779, 2016.

DOS ANJOS, F. V. et al. The Spatial Distribution of Ankle Muscles Activity Discriminates Aged from Young Subjects during Standing. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, 19 abr. 2017.

DOS ANJOS, F. V. et al. Is the attenuation effect on the ankle muscles activity from the EMG biofeedback generalized to – or compensated by – other lower limb muscles during standing? **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 67, p. 102721, dez. 2022.

DOS ANJOS, F. V.; GAZZONI, M.; VIEIRA, T. M. Does the activity of ankle plantar flexors differ between limbs while healthy, young subjects stand at ease? **Journal of Biomechanics**, v. 81, p. 140–144, 16 nov. 2018.

DOZZA, M. et al. Effects of linear versus sigmoid coding of visual or audio biofeedback for the control of upright stance. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 14, n. 4, p. 505–512, dez. 2006.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. 2010.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. **Experimental Brain Research**, v. 146, n. 1, p. 60–69, 27 set. 2002.

FAUL, F. et al. G*Power: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

FERNANDES DE OLIVEIRA, L. Estudo de revisão sobre a utilização da Estabilometria como método de diagnóstico clínico. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 9, n. 1, p. 37–57, 1993.

FERREIRA, L. A. B. et al. Ativação eletromiográfica dos músculos da perna em exercícios proprioceptivos na reabilitação do tornozelo: uma revisão bibliográfica. p. 1119–1122, 2007.

FREITAS, S. M. S. F.; DUARTE, M. Joint coordination in young and older adults during quiet stance: Effect of visual feedback of the center of pressure. **Gait and Posture**, v. 35, n. 1, p. 83–87, jan. 2012.

GAGEY, P. M.; WEBER, B. Posturologia: regulação e distúrbios da posição ortostática. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

GARCIA, M. A. C.; VIEIRA, T. M. Surface electromyography: Why, when and how to use it. **Rev Andal Med Deporte** 4 (1), p. 17–28, 2011.

GAUFFIN, H.; TROPP, H.; ODENRICK, P. Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. **International Journal of Sports Medicine**, v. 09, n. 02, p. 141–144, 14 abr. 1988

GIGGINS, O. M.; PERSSON, U. M. C.; CAULFIELD, B. Biofeedback in rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, 2013.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. [s.l.: s.n.].

HODSON-TOLE, E. F.; LORAM, I. D.; VIEIRA, T. M. M. Myoelectric activity along human gastrocnemius medialis: Different spatial distributions of postural and electrically elicited surface potentials. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 1, p. 43–50, fev. 2013.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age and ageing, v. 35 Suppl 2, p. ii7–ii11, set. 2006.

HORAK, F. B.; NASHNER, L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. **JOURNAL OF NEUROPHYSIOLOGY**, v. 55, n. 6, 1986.

HWANG, I. S. et al. Postural fluctuations during pointing from a unilateral or bilateral stance. **Human Movement Science**, v. 25, n. 2, p. 275–291, abr. 2006.

LI, F. et al. Tai Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 60, n. 2, p. 187–194, 2005.

KELLER, M. et al. Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 22, n. 4, p. 471–477, 8 ago. 2012.

KELLIS, E.; ARABATZI, F.; PAPADOPOULOS, C. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 3, p. 229–238, jun. 2003.

KIEMEL, T.; ZHANG, Y.; JEKA, J. J. Identification of neural feedback for upright stance in humans: Stabilization rather than sway minimization. **Journal of Neuroscience**, v. 31, n. 42, p. 15144–15153, 19 out. 2011.

KUO, A. D. et al. Effect of altered sensory conditions on multivariate descriptors of human postural sway. **Experimental Brain Research**, v. 122, n. 2, p. 185–195, 7 set. 1998.

LAUGHTON, C. A. et al. Aging, muscle activity, and balance control: Physiologic changes associated with balance impairment. **Gait and Posture**, v. 18, n. 2, p. 101–108, 2003.

LEMOS, T. et al. Modulation of tibialis anterior muscle activity changes with upright stance width. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, n. 1, p. 168–174, 1 fev. 2015.

LLEWELLYN, M.; YANG, J. F.; PROCHAZKA, A. Human H-reflexes are smaller in difficult beam walking than in normal treadmill walking. **Experimental Brain Research**, v. 83, n. 1, dez. 1990.

LORAM, I. D.; KELLY, S. M.; LAKIE, M. Human balancing of an inverted pendulum: is sway size controlled by ankle impedance? **The Journal of Physiology**, v. 532, n. 3, p. 879–891, maio 2001.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Paradoxical muscle movement in human standing. **Journal of Physiology**, v. 556, n. 3, p. 683–689, 1 maio 2004.

LORAM, I. D.; MAGANARIS, C. N.; LAKIE, M. Active, non-spring-like muscle movements in human postural sway: How might paradoxical changes in muscle length be produced? **Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 281–293, 1 abr. 2005.

LYNN, P. A. et al. Influence of electrode geometry on bipolar recordings of the surface electromyogram. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 16, n. 6, p. 651–660, nov. 1978.

MAINENTI, M. R. et al. Estabilometria como Método de Avaliação do Controle Postural. Em: *Ciência Aplicada ao Exercício Físico e ao Esporte*. 1a ed. Rio de Janeiro: Appris Editora, 2022. p. 143–165.

MELLO, R. G. T.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 17, n. 6, p. 739–746, dez. 2007.

MORITANI, T.; STEGEMAN, D.; MERLETTI, R. Basic Physiology and Biophysics of EMG Signal Generation. Em: **Electromyography**. [s.l.] Wiley, 2004. p. 1–25.

MORRISON, S.; KEOGH, J. Changes in the dynamics of tremor during goal-directed pointing. **Human Movement Science**, v. 20, n. 4–5, p. 675–693, nov. 2001.

NARDONE, A.; SCHIEPPATI, M. The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. **Eur J Phys Rehabil Med.**, v. 46, p. 221–237, 2010.

OIE, K. S.; KIEMEL, T.; JEKA, J. J. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. **Cognitive Brain Research**, v. 14, p. 164–176, 2002.

OLIVEIRA, D. C. S. DE et al. Análise eletromiográfica de músculos do membro inferior em exercícios proprioceptivos realizados com olhos abertos e fechados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 261–266, ago. 2012.

PRIETO, T. E. et al. Measures of Postural Steadiness: Differences Between Healthy Young and Elderly Adults. **IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING**, v. 43, n. 9, 1996.

RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 134, n. 1, p. 37–43, 15 mar. 2004.

SANTOS, M. M. et al. The effectiveness of an exercise program to improve postural balance in independent elderly people: a randomised trial. **Brazilian Journal of Physical Therapy**. 28. 100893. 2024. 10.1016/j.bjpt.2024.100893.

SAYENKO, D. G. et al. Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 48, n. 12, p. 886–893, 20 dez. 2010.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. TOP - Controle Motor 3a Edição. 2010.

SMITH, A. M. The coactivation of antagonist muscles. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 59, n. 7, p. 733–747, 1 jul. 1981.

TATE, J. J.; MILNER, C. E. Real-Time Kinematic, Temporospacial, and Kinetic Biofeedback During Gait Retraining in Patients: A Systematic Review. **Physical Therapy**, v. 90, n. 8, p. 1123–1134, 1 ago. 2010.

TAUBE, W.; LEUKEL, C.; GOLLHOFER, A. Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. **Experimental Brain Research**, v. 188, n. 3, p. 353–361, jul. 2008.

VAN PEPPEN, R. P. S. et al. Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: A systematic review. **Journal of Rehabilitation Medicine**, jan. 2006.

VIEIRA, T. M. et al. Specificity of surface EMG recordings for gastrocnemius during upright standing. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 1 dez. 2017.

VIEIRA, T. M. et al. The Sensitivity of Bipolar Electromyograms to Muscle Excitation Scales With the Inter-Electrode Distance. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 31, p. 4245–4255, 2023.

VIEIRA, T. M.; BAUDRY, S.; BOTTER, A. Young, healthy subjects can reduce the activity of calf muscles when provided with EMG biofeedback in upright stance. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. APR, 29 abr. 2016.

VIEIRA, T. M. M.; WINDHORST, U.; MERLETTI, R. Is the stabilization of quiet upright stance in humans driven by synchronized modulations of the activity of medial and lateral gastrocnemius muscles? **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 85–97, jan. 2010.

VISSER, J. E. et al. The clinical utility of posturography. **Clinical Neurophysiology**, nov. 2008.

VON ELM, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 61, n. 4, p. 344–349, abr. 2008.

WINTER, D. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, dez. 1995.

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 2nd ed ed. [s.l: s.n.].

WINTER, D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 3rd ed. New Jersey: Hoboken, 2005.

WINTER, D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. [s.l.] Wiley, 2009.

WINTER, D. A.; MCFADYEN, B. J.; DICKEY, J. P. Adaptability of the CNS in Human Walking. Em: [s.l: s.n.]. p. 127–144.

WULF, G. Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 2013.

ZATSIORSKY, V. M. Kinematics of Human Motion. [s.l: s.n.].



UNISUAM

COMPROMISSO PARA A VIDA TODA