



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS MINISTRO REIS VELLOSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

SAMARA GÉSSICA GERMANO FACÓ

**ESTUDO DO CONTROLE POSTURAL NA DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR
CRIOTERAPIA NOS PÉS**

**PARNAÍBA – PI
MARÇO – 2017**

SAMARA GÉSSICA GERMANO FACÓ

**ESTUDO DO CONTROLE POSTURAL NA DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR
CRIOTERAPIA NOS PÉS**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

Área de concentração: Medicina Investigativa e Marcadores Epidemiológicos.

Orientador: Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva.

Co-orientadora: Profa. Dra. Alessandra Tanuri Magalhães.

PARNAÍBA – PI
MARÇO – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial Prof. Cândido Athayde – Campus Parnaíba
Serviço de Processamento Técnico

F119e Facó, Samara Géssica Germano.

Estudo do controle postural dessensibilização induzida por crioterapia nos pés [manuscrito] / Semara Géssica Germano Facó. – 2017.

45 f. : il.

Impresso por computador (printout).

Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Universidade Federal do Piauí, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva.

Área de Concentração: Medicina Investigativa e Marcadores Epidemiológicos.

1. Controle Postural. 2. Crioterapia. 3. Mecanorreceptores. 4. Postura. I. Título.

CDD: 613.78

SAMARA GÉSSICA GERMANO FACÓ

**ESTUDO DO CONTROLE POSTURAL NA DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR
CRIOTERAPIA NOS PÉS**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Reis Velloso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biomédicas.

APROVADA EM: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva
Universidade Federal do Piauí
(Orientador)

Profa. Dra. Alessandra Tanuri Magalhães
Universidade Federal do Piauí
(Co-orientadora)

Prof. Dr. Fuad Ahmad Hazime
Universidade Federal do Piauí

PARNAÍBA – PI
MARÇO – 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a finalização desta relevante etapa da minha vida!

Muito obrigada,
À Deus, pelo dom da vida e por ter me cercado com pessoas tão especiais.

À minha família, em especial aos meus pais Lucileide Germano Bezerra Facó e Josenias Alves Facó e meus irmãos Maynara, Josineudo e Josieudo, pelo apoio irrestrito, pela compreensão em não estar sempre presente em casa, pelo incentivo, pelo amor e carinho nas ligações, mensagens e, principalmente, na volta para casa. Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Baldomero Antonio Kato da Silva, por todos os ensinamentos desde a graduação, mas principalmente pelas palavras e atitudes de orientação na vida acadêmica e pessoal.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Alessandra Tanuri Magalhães, pelos ensinamentos, orientações, dicas e, sobretudo, pelo cuidado e carinho.

Aos grandes colaboradores, Prof. Dr. Fuad Ahmad Hazime e Prof. Dr. Vinicius Saura Cardoso, pelas orientações, ensinamentos, questionamentos, paciência, dúvidas plantadas na cabeça, incentivo e, sobretudo, por mostrar que posso sempre melhorar.

Aos professores, colaboradores, alunos e parceiros de estudos do Laboratório de Estudos de Sinais Biológicos (BioSignal).

À minha turma de mestrado “Pelos Olhos da Fé”, que desde a seleção mantém um vínculo de companheirismo.

A todos os voluntários que “*entraram numa fria*”, mas participaram bravamente da pesquisa.

À minha amiga/parceira de tudo, Raynara Veras Farias, que vem me aguentando há 7 anos. Passamos por muitas juntas: graduação, estágios, TCC, seleção do mestrado, coletas, dissertações, concursos, viagens, lanches, etc. Nos momentos mais felizes e também nos mais difíceis, você sempre esteve ao meu lado, como amiga e conselheira. Separadas não funcionamos tão bem, então que venha o próximo ciclo.

Ao melhor grupo que você respeita, Manas da Vida (Karla Uchôa, Raynara Farias, Thomaz Oliveira e Valécia Carvalho), por todo amor, risos, comidas, sofrimento compartilhado, estudos, aniversários. Por serem sempre os melhores motivos de voltar à Parnaíba.

Aos meus queridos amigos, de Parnaíba, Fortaleza, Ocara, Granja (Ceará e Piauí), que mesmo conhecendo minhas limitações de tempo e espaço permaneceram amigos e companheiros, me fazendo sempre muito feliz!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1. CONTROLE POSTURAL	4
2.2. ANÁLISE DO CONTROLE POSTURAL	6
2.2.1. <u>Plataforma de Força e Índices Posturais</u>	8
2.3. DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR CRIOTERAPIA	11
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GERAL.....	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	15
4.2. MATERIAIS UTILIZADOS	15
4.3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	16
4.3.1. <u>Etapa 01: Avaliação Inicial</u>	16
4.3.2. <u>Etapa 02: Dessensibilização Induzida por Crioterapia</u>	17
4.4. ANÁLISE DOS DADOS	18
4.4.1. <u>Análise Estabilométrica</u>	18
4.4.2. <u>Análise Estatística</u>	18
5. RESULTADOS	20
6. DISCUSSÃO	27
7. CONCLUSÃO	31
8. REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES	40

RESUMO

O controle postural emerge da integração sensório-motora, regulada por informações aferentes provenientes dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial, e que pode ser influenciada, ainda, por aspectos cognitivos, como atenção e motivação, com o objetivo de manter a estabilidade postural, evitando, assim, a ocorrência de quedas. Alterações nas aferências somatossensoriais tem demonstrado efeito negativo sobre o controle postural. O objetivo da pesquisa foi avaliar as oscilações posturais, em equilíbrio estático, de indivíduos saudáveis submetidos à indução de alteração somatossensorial por crioterapia nos pés. Foram incluídos 36 adultos jovens saudáveis, com idade entre 19 e 25 anos e do sexo masculino. O experimento foi conduzido em duas etapas. Na primeira os participantes realizaram a avaliação do equilíbrio estático (antes da crioterapia), em quatro posturas (bipodal com olhos abertos, bipodal com olhos fechados, unipodal com olhos abertos e unipodal com olhos fechados). Na segunda etapa, foi realizada a dessensibilização dos pés por crioterapia durante 20 minutos e, em seguida, avaliada novamente a estabilometria em três momentos (imediatamente, com 10 e 20 minutos após a crioterapia). Foram realizadas análises da magnitude e estrutura dos deslocamentos do centro de pressão do corpo, por meio de dados adquiridos em plataforma de força. Os resultados encontrados demonstram alterações de índices posturais, após indução experimental de dessensibilização, nas posturas bipodal com olhos abertos e unipodal com olhos abertos e fechados. A redução de aferência somatossensorial originada dos mecanorreceptores dos pés demonstrou que corpo requer maior atenção para controle o equilíbrio, promovendo uma reorganização dos sistemas de controle postural, evitando possíveis quedas.

Palavras-Chave: Controle Postural; Crioterapia; Mecanorreceptores; Postura.

ABSTRACT

Postural control emerges from sensory-motor integration, regulated by afferent information from the visual, vestibular and somatosensory systems, and can be influenced by cognitive factors such as attention and motivation, aiming to maintain a posture, avoiding occurrence of falls. Changes in somatosensory afferents have shown a negative effect on postural control. The objective of the research was evaluated as postural oscillations, in standing balance, of healthy individuals submitted to the induction of somatosensory alteration by cryotherapy in the feet. Thirty-six healthy young adults, aged 19 to 25 years and male were included. The experiment was conducted in two stages. The first stage performed an evaluation of the standing balance (before cryotherapy) in four postures (bipedal eyes opened, bipedal eyes closed, unipedal eyes opened and unipedal eyes closed). In the second stage, were desensitized to feet for 20 minutes and then re-evaluated a stabilometry in three moments (instantly, 10-min and 20-min after cryotherapy). Analyzes were made of the magnitude and structure of the displacements of the center of pressure the body, through data acquired in force platform. The results showed changes of postural indexes, after experimental induction of desensitization, bipedal eyes opened and unipedal with eyes opened and closed. The reduction of somatosensory afferents originated from the mechanoreceptors of the feet demonstrated that the body requires greater attention to the control of the balance, promoting a reorganization of the systems of postural control, avoiding possible falls.

Key-Words: Postural Control; Cryotherapy; Mechanoreceptors; Posture.

1. INTRODUÇÃO

A postura ereta humana é inerentemente instável devido à dificuldade em manter o centro de gravidade do corpo alto (dois terços da massa corporal está localizado em ou acima de 54-58% da altura do corpo a partir do solo), sobre uma base de apoio, relativamente pequena, prestada pelos pés (JÚNIOR; BARELA, 2006). Durante a postura estática sobre uma superfície firme, o controle postural é caracterizado por pequenos movimentos contínuos corretivos, conhecidos como oscilação postural (PATEL *et al.*, 2008). Esse controle é o resultado de uma integração sensório-motora, regulada por informações aferentes provenientes dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial, e que pode ser influenciada, ainda, por aspectos cognitivos, como atenção e motivação (HORAK; MACPHERSON, 1996). Cada canal sensorial tem propriedades diferentes em termos de resolução e importância para o controle postural. Desta forma, quando o ambiente sensorial é modificado, ocorre a readequação da dominância das informações sensoriais para minimizar as desordens (CARVALHO; ALMEIDA, 2008). Além disso, o uso das informações sensoriais para o controle postural é dependente da situação de realização da tarefa, por exemplo, da dificuldade de execução de determinada postura (TOLEDO; BARELA, 2010).

Uma fonte relevante de informações somatossensoriais, necessária para regular a estabilidade postural, advêm de proprioceptores, localizados em músculos e articulações, e mecanorreceptores cutâneos, localizados principalmente na região plantar (PATEL *et al.*, 2008). Estudos têm investigado a associação entre a perda de sensibilidade cutânea plantar e instabilidade postural (MCKEON; HERTEL, 2007; LIN; YANG, 2011; ZHANG; LI, 2013; BILLOT *et al.*, 2013; BILLOT *et al.*, 2015). Os resultados demonstram que a perda sensorial promove o aumento das oscilações posturais, de modo progressivo. Além disso, o efeito desestabilizador associado a uma maior perda sensorial apresenta-se mais pronunciado em condições de tarefas com redução de redundância sensorial (por exemplo, com interrupção de informação visual) e de base de apoio (WANG; LIN, 2008).

A crioterapia é a aplicação terapêutica de uma substância para remover o calor do corpo, resultando em diminuição da temperatura do tecido (KNIGHT, 1995). Sua aplicação pode ser realizada a partir de diferentes modalidades, como bolsa térmica, imersão em água com gelo, gel, aerossóis, entre outras (COSTELLO;

DONNELLY, 2010; ALONSO; MACEDO; GUIRRO, 2013). Estudos que avaliaram o efeito de diferentes modalidades desta técnica sobre velocidade de condução nervosa (VCN) e a temperatura da pele, observaram que a crioterapia induz efeitos fisiológicos e terapêuticos mais pronunciados, por meio da redução da VCN (HERRERA *et al.*, 2010; 2011). Redução do fluxo sanguíneo e do metabolismo celular são outros efeitos fisiológicos produzidos por essa técnica (DYKSTRA *et al.*, 2009; FREIRE *et al.*, 2015). A combinação destas implicações ocasionadas pela crioterapia está envolvida em alterações de funções sensório-motoras, tais como sensibilidade tátil e vibratória e propriocepção, consequentemente podendo influenciar o controle postural (TANO *et al.*, 2015).

Estudos prévios demonstram resultados controversos quanto ao efeito da crioterapia sobre a oscilação postural. Alguns observaram que a técnica demonstra nenhuma ou mínima influência no controle postural (SAAM *et al.*, 2008; CASSOLATO *et al.*, 2012; WILLIAMS *et al.*, 2013), enquanto outros já trazem resultados significativos com aumento da oscilação postural, em postura bípede e/ou apoio unipodal, após aplicação de crioterapia na extremidade corporal inferior (BILLOT *et al.*, 2013; DOUGLAS *et al.*, 2013; FUKUCHI; DUARTE; STEFANYSHYN, 2014). Douglas *et al.* (2013) investigou condições estáticas e dinâmicas e encontrou um aumento significativo no componente médio-lateral de um teste de equilíbrio dinâmico, após imersão em água gelada. Deste modo, acredita-se que a crioterapia aplicada aos pés favoreça a diminuição da aferência de informações sensoriais necessárias para o controle postural, podendo afetar a manutenção do equilíbrio corporal, por meio do aumento das oscilações posturais.

O estudo do controle postural é realizado a partir da análise de variáveis relacionadas ao deslocamento do centro de pressão do corpo em diversas posturas, sendo a postura estática muito utilizada na investigação das oscilações posturais (DUARTE; FREITAS, 2010). Os métodos de entropia têm sido amplamente utilizados nos campos da biologia e da medicina para quantificar a complexidade das séries temporais fisiológicas, demonstrando a capacidade de discriminar condições de saúde e doença. Devido à natureza não-linear de sistemas fisiológicos, os métodos tradicionais de domínio de tempo e de frequência não descrevem completamente as interações dos sistemas altamente complexos. Assim, os métodos não-lineares avançados são melhores na detecção das mudanças no corpo

humano, por quantificar a quantidade de informação, complexidade e regularidade dentro de um sinal fisiológico (NURWULAN; JIANG, 2016).

A metanálise realizada por Hoch e Russell (2016) sinaliza que o resfriamento da superfície plantar do pé tem um efeito muito fraco e não significativo sobre o equilíbrio estático, apesar dos efeitos anestésicos identificados em cada estudo. Entretanto, os estudos por eles analisados consideraram a avaliação apenas de variáveis tradicionais, que analisam os efeitos da intervenção sobre a magnitude do deslocamento do centro de pressão do corpo (HOCH; RUSSELL, 2016). Assim, análises mais robustas, envolvendo as medidas comportamentais (como a entropia), precisam ser realizadas para esclarecer essa relação. Diante do exposto, a presente pesquisa pretende avaliar a magnitude e estrutura das oscilações posturais, em equilíbrio estático, de indivíduos saudáveis submetidos à alteração somatossensorial nos pés, induzida por crioterapia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CONTROLE POSTURAL

A postura pode ser definida como a configuração das articulações de um corpo, isto é, o conjunto de ângulos que expressam o arranjo relativo entre os segmentos de um corpo, a fim de realizar uma atividade específica. O ser humano, em suas atividades de vida diária (AVD) ou na prática de atividade física e esportiva, pode adotar diversas posturas, como andar, correr, alcançar objetos com as mãos, ou até mesmo quando o corpo permanece parado em pé, que é denominada postura ereta quieta ou estática (*quiet standing*) (DUARTE; FREITAS, 2010). A execução da postura bípede envolve muitos desafios mecânicos impostos pela estrutura do sistema musculoesquelético. Por exemplo, a orientação vertical dos segmentos corporais, a altura do centro de massa do corpo, o grande número de articulações e a base estreita de apoio, todos promovendo instabilidade mecânica, devendo ser contrabalançada pela ativação precisa de vários músculos, abrangendo múltiplas articulações (por exemplo, tornozelo, joelho, quadril e articulações intervertebrais) (KRISHNAMOORTHY; LATASH, 2005; DANNA-DOS-SANTOS *et al.*, 2014).

O controle postural emerge da interação do indivíduo entre a tarefa a ser executada e o meio ambiente em que está inserido. Além disso, a habilidade de controlar a posição do corpo no espaço é fruto de uma interação complexa dos sistemas musculoesquelético e neural, coletivamente referidos como “Sistema de Controle Postural”. Deste modo, o controle postural envolve a tarefa de controlar a posição do corpo no espaço por propósitos duplos de estabilidade (equilíbrio) e orientação (HORAK; MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010; TOLEDO; BARELA, 2010; TASSEEL-PONCHE; YELNIK; BONAN, 2015).

Segundo Shumway-Cook e Woollacott (2010), a orientação postural é compreendida como “a habilidade de manter uma relação apropriada entre os segmentos corporais e entre o corpo e o meio ambiente da tarefa”. Para a maioria das tarefas funcionais, ocorre uma orientação vertical do corpo, sendo utilizada para o seu estabelecimento, múltiplas informações sensoriais, incluindo a gravidade (sistema vestibular), a superfície de sustentação (sistema somatossensorial) e o relacionamento do corpo com os objetos no seu ambiente (sistema visual). Já a estabilidade postural, também referida como equilíbrio corporal, “é a habilidade de controlar o centro de massa do corpo (COM – *Center of Mass*) em relação à base de

sustentação (ou base de apoio)” (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010; CHENG; YEH, 2015).

O centro de massa do corpo é definido como o ponto equivalente ao centro da massa corpórea total, resultando da média ponderada do COM de cada segmento do corpo. A projeção vertical do COM é compreendido como centro de gravidade do corpo (COG – *Center of Gravity*), ponto de aplicação da força gravitacional resultante sobre o corpo. Considera-se que, no corpo humano, o COG coincide com o COM. Assim, a estabilidade postural busca manter o COG dentro dos limites da base de sustentação do corpo, definida como a área em contato com a superfície de apoio. Esses limites são considerados as fronteiras dentro das quais o corpo pode manter estabilidade sem modificar a base de sustentação (DUARTE; FREITAS, 2010; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010).

Nesse sentido, os limites de estabilidade dependem da área da base de apoio, da projeção vertical do COM, da altura do COM e do peso da massa a ser controlada, bem como da interação entre a posição e a velocidade do COM. Portanto, se o indivíduo estiver muito próximo da borda da base de sustentação e com uma velocidade de deslocamento do COM alta, é mais difícil recuperar a estabilidade que se o indivíduo estivesse no centro da base de sustentação com velocidade igualmente alta. Um limite real de estabilidade, em indivíduos normais, é determinado por limitações biomecânicas e neuromusculares, como força e velocidade da resposta muscular (COELHO; DUARTE, 2010).

Durante a postura ereta quieta, apesar do caráter estático do termo, o corpo apresenta pequenos movimentos contínuos corretivos, conhecidos como oscilação postural, sendo esta influenciada por forças que agem sobre o corpo, classificadas em internas e externas. As forças internas podem ser perturbações fisiológicas (por exemplo, o batimento cardíaco e a respiração) ou perturbações geradas pela ativação dos músculos necessários para a manutenção da postura e a realização dos movimentos do próprio corpo. As forças externas mais comumente atuantes são a força gravitacional e a força de reação do solo que, durante a postura estática, atua sobre os pés (DANNA-DOS-SANTOS *et al.*, 2008; DUARTE; FREITAS, 2010; BARELA; DUARTE, 2011; ALONSO *et al.*, 2015).

Em suma, a posição do corpo no espaço é regulada a partir de diversos componentes do controle postural, tais como: sistemas e estratégias sensoriais (integração dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial); componentes

musculoesqueléticos (como as relações biomecânicas entre os segmentos corporais); sinergias neuromusculares; representações internas da orientação do corpo no espaço; e mecanismos antecipatórios (*feedforward*) e adaptativos (*feedback*), relacionados à experiência e aprendizagem prévias (LACOUR *et al.*, 2008; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010; FURMANEK *et al.*, 2014). Em adição, fisiologistas definem que as sensações proprioceptivas são relacionadas com o estado físico do corpo, incluindo sensações de posição, as sensações provenientes dos tendões e dos músculos, as sensações de pressão na sola do pé e até mesmo a sensação de equilíbrio (HALL, 2011). Com base nisso, a configuração de distúrbios posturais pode ser explicada por déficits sensoriais, motores ou, até mesmo, cognitivos (LACOUR *et al.*, 2008; BONAN *et al.*, 2015).

2.2. ANÁLISE DO CONTROLE POSTURAL

Os estudos sobre controle postural demonstram aplicação de diversas técnicas para avaliação do equilíbrio, que pode ser realizada de forma qualitativa (observação) ou quantitativa, utilizando instrumentos de medição, sendo a plataforma de força a ferramenta biomecânica mais utilizada (DUARTE; FREITAS, 2010; PROSPERINI; POZZILLI, 2013). Dentre as diferentes técnicas quantitativas, podemos observar: a análise do centro de pressão (COP – *Center of Pressure*), a posição relativa entre os segmentos corporais, a posição dos segmentos da cabeça e do corpo no espaço e os padrões (magnitude e sequenciação) do músculo, fornecendo melhores informações sobre mecanismos subjacentes ao controle postural que uma simples análise visual clínica da postura ereta (COLLINS; DE LUCA, 1995; DUARTE; FREITAS, 2010; CIMADORO *et al.*, 2013; DEGANI, 2016).

O COP é uma medida de deslocamento, dependente do COG, que representa o ponto de aplicação do vetor resultante das forças verticais aplicadas à superfície de sustentação (por exemplo, plataforma de força) (DUARTE; FREITAS, 2010). Esse vetor é igual e oposto à média ponderada da localização de todas as forças que agem na plataforma de força, como a força peso e as forças internas transmitidas ao chão. A posição do COG também é uma medida de deslocamento, mas independe da velocidade ou aceleração total do corpo e de seus segmentos. Com isso, o deslocamento do COG é a grandeza que realmente indica a oscilação do corpo inteiro, e a grandeza COP, é uma combinação da resposta neuromuscular

à posição e ao deslocamento do COG. Essas duas grandezas expressam conceitos diferentes; mas, em situações específicas, como na postura ereta quieta, podem apresentar variações semelhantes (LEMOS; TEIXEIRA; MOTA, 2009; DUARTE; FREITAS, 2010). Deste modo, a medida do deslocamento do COP reflete o comportamento dos segmentos corporais para manter-se em equilíbrio, explicando a ampla utilização desse sinal para estudar o controle postural, sendo a postura ereta quieta a maneira mais comum de avaliação (CAVALHEIRO *et al.*, 2009).

O comportamento postural pode ser avaliado por meio da Posturografia, que é compreendida como termo geral que abrange todas as técnicas de medição da oscilação do corpo ou de uma variável associada a essa oscilação, em condições estáticas ou dinâmicas, por meio de uma plataforma de força (DUARTE; FREITAS, 2010; PROSPERINI; POZZILLI, 2013). Na posturografia estática, refere-se à caracterização da oscilação postural do COP durante a postura ereta quieta e o controle do equilíbrio depende basicamente de mecanismos de *feedback* (PROSPERINI; POZZILLI, 2013; DEGANI, 2016). Já na posturografia dinâmica, pede-se que o indivíduo fique parado enquanto se aplica experimentalmente uma perturbação (externa ou autogerada) ou uma segunda tarefa (por exemplo, tarefa cognitiva ou movimento voluntário). Durante uma postura com uma perturbação inesperada, os mecanismos de *feedback* são responsáveis pelos ajustes posturais corretivos para restaurar o equilíbrio, enquanto que nas perturbações esperadas e nos movimentos voluntários são desencadeados mecanismos de feedback e ajustes posturais antecipatórios (*feedforward*) (DEGANI, 2016).

A análise posturográfica pode ser influenciada por alguns fatores, tais como o período de tempo de adaptação com a plataforma de força, antes do início da coleta de dados, e a fixação de um ponto visual (DUARTE; FREITAS, 2010). Com isso, inconsistências nos métodos de ensaio de posturografia tem o potencial de afetar significativamente seus resultados, ressaltando a relevância do desenvolvimento de uma metodologia de testes padronizada (TAYLOR *et al.*, 2015). Além disso, essa falta de padronização metodológica elimina a possibilidade de generalizar a sua aplicação para fins multicêntricos (PROSPERINI; POZZILLI, 2013; DEGANI, 2016). Frequentemente, uma avaliação posturográfica consiste em duas condições de ensaio (olhos abertos e fechados) e, às vezes, na condição de dupla tarefa (PROSPERINI; POZZILLI, 2013).

2.2.1. Plataforma de Força e Índices Posturais

As plataformas de força são instrumentos que medem forças de reação do solo geradas por um corpo estático ou em movimento, para quantificar parâmetros biomecânicos de controle postural humano. Essas plataformas são também utilizadas para análise de marcha (PROSPERINI; POZZILLI, 2013). Consistem em uma placa sob a qual alguns (tipicamente quatro) sensores de força do tipo célula de carga ou piezoelétrico estão arrançados para medir os três componentes de força, F_x , F_y e F_z (x , y e z são as direções anteroposterior, médio-lateral e vertical, respectivamente), e os três componentes do momento de força (ou torque), M_x , M_y e M_z , agindo sobre a plataforma (DUARTE; FREITAS, 2010).

A partir dos sinais mensurados pela plataforma de força, a posição do COP nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) são calculados com as seguintes equações:

$$COP_{ap} = (-h * F_x - M_y) / F_z$$

$$COP_{ml} = (-h * F_y + M_x) / F_z$$

em que h é a altura da base de apoio acima da plataforma de força; por exemplo, um tapete sobre a plataforma de força.

Para a aquisição de dados na plataforma de força, à medida que se pisa sobre ela, a força aplicada é detectada pelos sensores, e os sinais elétricos são amplificados e registrados em um computador (BARELA; DUARTE, 2011). Os dados do COP adquiridos podem ser visualizados de duas formas: por um estatocinesigrama ou por um estabilograma. O estatocinesigrama é o mapa do COP na direção AP *versus* da direção ML, enquanto o estabilograma é a série temporal do COP em cada uma das direções: AP e ML (DUARTE; FREITAS, 2010).

O protocolo utilizado para aquisição dos dados da COP é fundamental para garantir a qualidade das medições. Devem ser consideradas as características antropométricas, gênero, idade, estado de saúde e nível de atividade dos indivíduos, bem como as características da tarefa a ser realizada, tais como sua duração, tipo, utilização de diferentes bases de suporte (como pés separados ou juntos, posição em tandem e semi-tandem e postura unipodal), de manipulação de entrada sensorial (obstrução da entrada de informações visuais e/ou somatossensorial da articulação do tornozelo) ou de uma tarefa secundárias (DUARTE; FREITAS, 2010; DEGANI, 2016).

A duração do ensaio recomendada para avaliar a oscilação postural vertical está entre 60 e 120 segundos (LAFOND *et al.*, 2004; DUARTE; FREITAS, 2010; KOOIJ *et al.*, 2011). Apesar dos sinais de COP com menos de 60s em postura ereta poderem não fornecer dados suficientes, vários estudos utilizam durações de 20-30s devido à complexidade da tarefa ou para evitar longa duração de testes e/ou fadiga (GLASS *et al.*, 2014; EVANS *et al.*, 2015; PAILLARD; NOÉ, 2015). Portanto, a escolha da duração do estudo é dependente do contexto clínico. A frequência de aquisição do sinal do COP também depende da tarefa que será investigada e deve ser selecionada com atenção. Frequências de 10Hz, 20Hz ou superiores (100Hz) para aquisição de dados têm sido usadas para avaliar o equilíbrio postural humano. Os dados com frequências de aquisição mais elevadas devem ser amostrados ou filtrados para eliminar ruídos de sinal (DEGANI, 2016). Para a postura estática em indivíduos normais, geralmente são utilizadas frequências mais altas de aquisição, tipicamente 100Hz (DUARTE; FREITAS, 2010).

O estudo do deslocamento do COP fornece informações que podem ser utilizadas por diversas técnicas de análise, onde cada variável mede somente uma parte das características de balanço do corpo, sendo necessária a utilização de medidas de COP de diferentes domínios, tais como domínios espaço-temporal, espectral (das frequências) e estruturais (análise não-linear). Os dois primeiros domínios citados são comumente denominados ferramentas tradicionais de análise do COP. Em geral, as variáveis no domínio espaço-temporal incluem a área de deslocamento do COP, que estima a dispersão dos dados do COP pela área do estatocinesigrama; o comprimento total da trajetória COP; a amplitude do deslocamento COP nas direções AP e ML, a partir da distância entre o deslocamento mínimo e máximo para cada direção; a velocidade média de deslocamento de COP total e para cada direção; e a variabilidade do deslocamento de COP da sua posição média durante um intervalo de tempo, denominada *Root Mean Square* (RMS) (COLLINS; DE LUCA, 1995; DUARTE; FREITAS, 2010; DEGANI, 2016).

As frequências obtidas a partir da análise espectral, representam o número de oscilações por unidade de tempo, para uma determinada direção (APOLONI *et al.*, 2013). Algumas das variáveis extraídas nesta análise incluem a frequência média da potência espectral ($F_{\text{média}}$), a frequência de pico (F_{pico}) e as bandas de frequência

com 50% e 80% da potência espectral para cada direção (AP e ML) (F50 e F80, respectivamente) (DUARTE; FREITAS, 2010).

Além das análises tradicionais, tem se destacado ferramentas alternativas de avaliação da trajetória do COP, denominadas por análise estrutural ou comportamental, representadas principalmente pelas medidas de entropia (BORG; LAXABACK, 2010; CAVALHEIRO, 2010). Ao invés de avaliar a magnitude final das flutuações, as técnicas não-lineares, como a entropia, são sensíveis ao padrão existente nos dados e podem ser técnicas ideais para quantificar a qualidade das oscilações posturais (GODINHO, 2013).

Segundo Nurwulan & Jiang (2016), a entropia é mais conhecida como uma medida de incerteza. Foi utilizada pela primeira vez em mecânica estatística para explicar o comportamento termodinâmico de grandes sistemas. A utilização da análise de entropia em sinais biológicos foi introduzida por Pincus (1991), que propôs o “Método de Entropia Aproximada” para investigar a complexidade dos sinais de frequência cardíaca e pressão arterial (PINCUS, 1991). Métodos de entropia quantificam a quantidade de informação, complexidade e regularidade dentro de um sinal fisiológico, e demonstram a capacidade de favorecer o esclarecimento dos mecanismos de controle motor envolvidos entre postura estática e histórico de quedas (NURWULAN; JIANG, 2016). Elas têm sido utilizadas para detectar mudanças sutis na variabilidade do COP, que podem não ser evidenciadas utilizando medidas biomecânicas da estabilidade postural (CAVANAUGHT *et al.*, 2007). Os métodos de entropia podem ser classificados como entropia de estado e entropia de sequência.

A entropia de estado, como a Entropia de Shannon e a Entropia Rényi, quantifica a quantidade de informação contida no sinal do COP. Esses métodos computacionais medem a probabilidade de o sinal ocupar estados discretos examinando a frequência em que uma posição do COP é visitada ao longo do sinal, sem considerar a trajetória até ou a partir dessa posição (SHANNON, 2001; GAO *et al.*, 2011; NURWULAN; JIANG, 2016). Diferentemente, as entropias de sequência, como a Entropia Aproximada e suas derivadas (entropias de amostra, multiescalar, multiescalar composta e multiescalar multivariada), examinam a frequência de uma série de valores, avaliando a probabilidade de que valores particulares ocorram dentro de um sinal, considerando a repetição de caminhos (sequências) (PINCUS, 1991; RICHMAN; MOORMAN, 2000; NURWULAN; JIANG, 2016). A Entropia

Aproximada (ApEn) pode ser usado para sinais contendo ruído com comprimentos de dados relativamente curtos. A vantagem do uso de ApEn sobre a média e a variância do deslocamento do COP, na análise estatística, é a capacidade de distinguir entre duas séries temporais (NURWULAN; JIANG, 2016). A Entropia Aproximada Cruzada (CrossEn) é muito semelhante ao ApEn em design e intenção, diferindo apenas na medida em que compara sequências de uma série com as da segunda (RICHMAN; MOORMAN, 2000).

2.3. DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR CRIOTERAPIA

Com base no conhecimento de que as informações aferentes provenientes da planta do pé são relevantes para o controle da postura estática e da marcha, pois é geralmente a única parte do corpo que está em contato direto com o ambiente e/ou superfície de apoio, uma abordagem útil para determinar a contribuição da sensibilidade periférica dos pés é induzir experimentalmente um déficit sensorial em indivíduos saudáveis. Isto pode ser alcançado usando algumas técnicas, tais como indução de isquemia (MCDONNELL; WARDEN-FLOOD, 2000), exposição à vibração (SONZA *et al.*, 2013) aplicação de anestésico local (MEYER *et al.*, 2004) ou por meio da indução de hipotermia (HERRERA *et al.*, 2010). Hipotermia induzida é uma técnica particularmente útil, uma vez que produz apenas hipoestesia em curto prazo, não é invasiva e pode atingir níveis consideráveis de perda sensorial (TAYLOR; MENZ; KEENAN, 2004).

A crioterapia é a aplicação terapêutica ou experimental de uma substância para remover o calor de um corpo, resultando em diminuição da temperatura tecidual (hipotermia). Essa técnica produz outros efeitos fisiológicos, tais como redução do fluxo sanguíneo, do metabolismo celular e da velocidade de condução nervosa, tanto de nervos sensoriais como motores (ALGAFLY; GEORGE, 2007; DYKSTRA *et al.*, 2009; HERRERA *et al.*, 2010). A redução gradativa da transmissão de impulsos neurais, em função da redução na velocidade de condução das fibras nervosas, promove a diminuição da propriocepção e da atividade neuromuscular (ALONSO; MACEDO; GUIRRO, 2013; MACEDO *et al.*, 2014). Além disso, demonstrou-se que com abordagem crioterápica houve redução da informação sensorial plantar, conduzindo ao aumento da oscilação corporal e um padrão de distribuição de pressão na marcha modificado, favorecendo uma marcha mais cautelosa (EILS *et*

al., 2004; TAYLOR; MENZ; KEENAN, 2004; DOUGLAS *et al.*, 2013; SAWA *et al.*, 2013).

A intervenção crioterápica pode ser oferecida por meio de diversas modalidades, sendo que a sua efetividade depende do método, tempo de aplicação, área a ser aplicada e do nível da atividade física do indivíduo imediatamente antes e/ou após a intervenção. No geral, compressas de gelo picado, massagem com gelo e imersão em água gelada são consideradas as modalidades clínicas mais eficazes para reduzir a temperatura do tecido (KENNET *et al.*, 2007; FURMANEK *et al.*, 2014). A eficácia dos protocolos de crioterapia é avaliada por comparação da sua capacidade para diminuir a temperatura nas diversas camadas teciduais e manter as mudanças de temperatura (HERRERA *et al.*, 2010; 2011). Outras formas de aplicação da crioterapia compreendem o resfriamento termoelétrico e utilização de gelo seco, com tempos de aplicação estimados entre 15 e 30 minutos (ALONSO; MACEDO; GUIRRO, 2013).

Estudos experimentais que buscam verificar a influência da crioterapia aplicada à extremidade inferior corporal no controle postural observaram que o tratamento com gelo aumenta déficits na oscilação postural entre indivíduos com histórico de lesões, como entorse de tornozelo (DOUGLAS *et al.*, 2013). Esse efeito sobre a estabilidade postural parece estar relacionado à alteração na sensibilidade de mecanorreceptores envolvidos no controle postural, incluindo alterações de sensibilidade tátil, vibratória e/ou propriocepção (COSTELLO; DONNELLY, 2010; FUKUCHI; DUARTE; STEFANYSHYN, 2014; HOHENAUER *et al.*, 2015).

Um estudo realizado por Wang e Lin (2008), demonstrou que para adultos jovens saudáveis, a perda parcial ou total da função somatossensorial induzida experimentalmente resultou em aumento da oscilação postural, ainda mais pronunciada em condições de perdas sensoriais maiores. Assim, maior intensidade de perda sensorial foi associada a uma maior instabilidade postural. Tal associação foi afetada pela disponibilidade de estímulos visuais (redundância sensorial) e pelo tamanho da superfície de apoio (limite de estabilidade) (WANG; LIN, 2008).

A sensação plantar reduzida pode alterar a estabilidade local, tal como definido pela capacidade do sistema locomotor de atenuar as perturbações de pequena escala para regular a posição dos pés. A neuropatia periférica pode exemplificar esta redução de sensibilidade plantar, pois é marcada pela deterioração dos nervos sensoriais periféricos, que resulta na grave redução da pressão plantar e

sensação de vibração. Essa manifestação clínica tem sido associada ao maior risco de quedas nesses pacientes (MANOR *et al.*, 2009). Entretanto, alterações do equilíbrio podem ainda passar despercebidas, devido às estratégias de compensação, como, por exemplo, a redundância sensorial. Assim, no caso de perturbação do equilíbrio, os sistemas envolvidos no controle postural, atuam de modo integrado na detecção do distúrbio e seleção e produção de resposta motora adequada (LELARD; AHMAIDI, 2015).

Em um contexto clínico, a indução experimental de alteração somatossensorial em indivíduos jovens saudáveis simula as condições observadas em processos patológicos, como também no envelhecimento (fisiológico), onde podem ocorrer alterações no sistema nervoso central e/ou periférico, que reduzem a capacidade de discriminação sensorial (UEDA; CARPES, 2012). Quando informações somatossensoriais não são conduzidas para o sistema nervoso central, devido a doenças, como na neuropatia, ou após anestesia, um declínio no controle do equilíbrio pode ocorrer, associado a um risco aumentado de quedas nesses indivíduos. Pacientes com estes distúrbios, como neuropatia diabética, apresentam vários déficits somatossensoriais, como a perda das sensações de posição, vibração e tátil. Quanto ao envelhecimento, idosos formam um grande grupo de pessoas com perda somatossensorial, apesar de não estarem necessariamente incluídos em processos fisiopatológicos, pois este grupo tem frequentemente muitas outras disfunções (por exemplo, alterações motoras) que podem afetar o equilíbrio também. Portanto, os problemas de equilíbrio não podem ser associados à perda isolada da somatossensação (KARS *et al.*, 2009; MEIRELES *et al.*, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a magnitude e a estrutura das oscilações posturais, em equilíbrio estático – postura ereta quieta –, de indivíduos saudáveis submetidos à alteração de sensibilidade nos pés, induzida por crioterapia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar as diferenças no equilíbrio estático em bipedestação, antes e após a redução de sensibilidade induzida pela crioterapia;
- b) Analisar as diferenças no equilíbrio estático em apoio unipodal, antes e após a redução de sensibilidade induzida pela crioterapia;
- c) Verificar o tempo de influência da crioterapia sobre o equilíbrio estático.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Estudos de Sinais Biológicos (BioSignal), da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Ministro Reis Velloso. Procedeu de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), contando com a prévia autorização do Comitê de Ética e Pesquisa da instituição referida anteriormente (Número do Parecer: 900.608). Os indivíduos foram selecionados por meio de convite direcionado aos acadêmicos da UFPI, de modo que preenchessem os critérios de inclusão e não fossem classificados dentro dos critérios de exclusão do estudo. Os voluntários foram informados sobre todo o conteúdo da pesquisa, bem como dos benefícios e possíveis riscos que a mesma poderia trazer ao participante, além de serem informados sobre todos os procedimentos a serem realizados. Ao concordar, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE I). Ao assinar este termo, os pesquisadores responsáveis deixaram de forma bem clara que o participante poderia desistir do estudo em qualquer etapa, sem que essa desistência acarretasse em qualquer forma de prejuízo ou retaliação ao participante. Também era papel dos pesquisadores participantes a resolução de todas as dúvidas por parte dos voluntários em qualquer etapa do estudo.

Desta forma, foram adotados como critérios de inclusão no estudo adultos jovens saudáveis, do sexo masculino e com faixa etária entre 18 e 25 anos. Os critérios de exclusão do estudo foram: indivíduos com história prévia de cirurgias de grande porte (por exemplo: artroplastia de joelho ou quadril), lesões musculoesqueléticas de membros inferiores e/ou esqueleto axial, distúrbios neuromusculares conhecidos e que apresentaram histórico de reação adversa ao gelo. A partir da aplicação destes critérios, foram selecionados para compor a amostra de estudo 36 adultos jovens saudáveis, com faixa etária entre 19 a 25 anos e do sexo masculino.

4.2. MATERIAIS

Os materiais utilizados no desenvolvimento do estudo foram:

- a) Uma plataforma de força (EMG System do Brasil®), para aquisição dos momentos de força em torno dos eixos frontal e sagital (M_y e M_x , respectivamente) e o componente vertical da força de reação do solo (F_z);
- b) Um computador do tipo desktop (HP Inc.®), para coleta, armazenamento e análise dos dados;
- c) Uma caixa térmica, para colocar a água com gelo, utilizada no processo de dessensibilização dos pés;
- d) Um termômetro analógico (INCOTERM®), para monitoramento da temperatura da água com gelo;
- e) Um cronômetro digital (HERWEG®);
- f) Uma balança antropométrica digital com estadiômetro (Welmy®), para verificação de peso e altura dos participantes;
- g) Uma régua, para medição do comprimento dos pés.

4.3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

As avaliações foram realizadas no período compreendido entre setembro e outubro de 2015, em datas e horários predeterminados de acordo com a disponibilidade dos voluntários. Todos os procedimentos experimentais foram realizados pelos mesmos avaliadores.

O experimento foi dividido em duas etapas. A primeira correspondeu à avaliação inicial, incluindo consentimento do participante, avaliação dos critérios de inclusão e exclusão, familiarização com os instrumentos de pesquisa e coleta de dados para linha de base. A segunda etapa corresponde à dessensibilização dos pés induzida por crioterapia, incluindo o processo de arrefecimento e as análises estabilométricas após a crioterapia.

4.3.1. Etapa 01: Avaliação Inicial.

Os participantes, em data e horário previamente marcados, foram ao laboratório para contato inicial com os pesquisadores. Neste momento foram explicados os procedimentos a serem realizados no estudo e consentimento dos voluntários em participar da pesquisa, bem como a avaliação destes quanto aos critérios de inclusão e exclusão, com aplicação do Formulário Experimental de Controle (APÊNDICE II). Na sequência, foi realizada a familiarização dos participantes com os instrumentos de pesquisa e mensuradas as variáveis físicas:

peso corporal; altura; índice de massa corporal; comprimento dos pés; pé dominante para apoio unipodal. Após os momentos citados, foi realizada a primeira coleta de estabilometria, a fim de avaliar o equilíbrio corporal na linha de base, antes da indução de dessensibilização com gelo, denominada como Avaliação Inicial.

Todas as coletas de estabilometria foram realizadas seguindo um protocolo de avaliação em quatro ensaios, com o voluntário sobre a plataforma de força, com o olhar fixo em um ponto marcado na altura dos olhos e distante um metro a frente do participante, com os membros superiores ao longo do corpo e com os pés posicionados em paralelo, com a distância de 10 cm entre eles (MCILROY; MAKI, 1997). A posição dos pés foi marcada no topo da plataforma e reproduzida através de todos os experimentos. Os quatro ensaios diferentes de estabilometria foram, respectivamente: bipedestação com os olhos abertos (*Bipodal Eyes Opened* – BEO); bipedestação com os olhos fechados (*Bipodal Eyes Closed* – BEC); apoio unipodal com os olhos abertos (*Unipodal Eyes Opened* – UEO); apoio unipodal com os olhos fechados (*Unipodal Eyes Closed* – UEC), realizados nesta sequência. Os ensaios em bipedestação e apoio unipodal tiveram duração de 125 e 25 segundos, respectivamente (GLASS *et al*, 2014; EVANS *et al*, 2015; PAILLARD; NOÉ, 2015). O participante teve que escolher previamente o pé dominante para a realização dos ensaios em apoio unipodal durante a avaliação na plataforma de força. Além disso, os voluntários tiveram até três tentativas para realizar cada ensaio da estabilometria.

4.3.2. Etapa 02: Dessensibilização Induzida dos Pés, por Crioterapia.

Após a avaliação inicial, os pés dos voluntários foram imersos em uma caixa térmica contendo água com gelo, até a altura dos maléolos, em uma temperatura entre 0°C e 2°C, durante 20 minutos. A temperatura da água foi verificada constantemente pelos pesquisadores e os participantes foram orientados a não realizar quaisquer tipos de movimento com os pés durante o período de imersão. Ao término do período de arrefecimento, os voluntários realizaram novamente a coleta de estabilometria, do mesmo modo descrito na avaliação inicial, em três momentos: imediatamente após retirar os pés da água com gelo (Avaliação Pós-Crioterapia) (observação: os pés foram secos com uma toalha antes da estabilometria); 10 minutos após a retirada; 20 minutos após a retirada. Os voluntários que não conseguiram permanecer os 20 minutos com os pés imersos na água com gelo ou

que não mantiveram o equilíbrio em apoio unipodal durante a estabilometria, foram registrados e excluídos da análise dos dados.

4.4. ANÁLISES DOS DADOS

4.4.1. Análise Estabilométrica

As avaliações de oscilação postural foram realizadas por meio do estudo do deslocamento do COP de todos os indivíduos. As variáveis foram agrupadas de acordo com a análise a ser realizada em: análise temporal, espectral e não-linear. Na análise temporal foram avaliadas: Área de deslocamento do COP (cm²), representada por uma elipse que contém 95% dos dados do COP; Amplitude de deslocamento (cm); Velocidade média de oscilação (cm/s); Desvio-Padrão do deslocamento do COP ou *Root Mean Square* (RMS). A análise espectral verificou a Frequência média da potência espectral (MPF) (Hz); Frequência de pico (Hz); Frequência mediana ou em 50% da potência espectral (F50) (Hz); Frequência em 80% da potência espectral (F80) (Hz). Por fim, a análise não-linear verificou as entropias, Aproximada (ApEn) e Cruzada (CrossEn). Estas análises foram realizadas para as direções anteroposterior e médio-lateral da trajetória do COP (FINO *et al*, 2015). Estas variáveis comportamentais foram calculadas utilizando sinais de saída da plataforma de força, transmitindo informações sobre os momentos de força nos eixos frontal e sagital (My e Mx, respectivamente) e a componente vertical da força de reação do solo (Fz), exercidas pelos indivíduos. Para aquisição destas informações foi utilizado o *software* Biomec400 (EMG System do Brasil®), calibrado para uma frequência de aquisição dos sinais de 100Hz e ganho de amplificador de 600 vezes. A partir destes dados, foram realizadas as análises do deslocamento do COP utilizando o *software* BalanceLab, programa executado no ambiente de programação MATLAB (MathWorks®). Essas variáveis foram calculadas utilizando toda a duração de um ensaio gravado.

4.4.2. Análise Estatística

As medidas das variáveis foram expressas em média e desvio-padrão. Os resultados foram tabulados de maneira a se observar a disposição dos valores quantificados das variáveis analisadas entre as avaliações: inicial, pós crioterapia e aos 10 e 20 minutos do período de recuperação. A verificação da normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Shapiro-Wilk. As análises de variância entre

as avaliações estabilométricas foram realizadas por meio de ANOVA *one way*, com *post hoc test* de Tukey, nas variáveis com distribuição normal, e Teste de Friedman, com *post hoc test* de Dunn, nas variáveis com distribuição não normal. Consideraram-se como estatisticamente significativas as comparações com $p < 0,05$. Para tabulação dos dados foi utilizado o software *Microsoft Office Excel 2010* e a análise estatística foi realizada com os programas *BioEstat 5.0* e *GraphPad Prism 5*.

5. RESULTADOS

Trinta e seis indivíduos foram selecionados para compor a amostra do estudo, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Destes, quatro foram excluídos por não conseguirem realizar a crioimersão ou por não terem mantido o equilíbrio em apoio unipodal durante a estabilometria. Assim, foram avaliados 32 indivíduos jovens saudáveis, do sexo masculino, com idade média de $21,81 \pm 1,45$ anos, peso médio de $76,18 \pm 14,14$ kg, altura média de $1,74 \pm 0,08$ m e Índice de Massa Corpórea (IMC) médio de $25,10 \pm 4,34$ kg/cm². Metade dos participantes (n=16) utilizou para apoio unipodal o membro inferior direito e metade utilizou o membro inferior esquerdo. A partir das análises dos dados obtidos por meio da plataforma de força, foi possível observar alterações nas análises temporal, espectral e não-linear. Os resultados estão apresentados de acordo com as alterações significativas encontradas nas quatro posturas de estudo (BEO, BEC, UEO e UEC). As médias e desvios-padrão de todas as variáveis analisadas estão descritas nas Tabelas 1 e 2 (APÊNDICES III e IV).

No domínio espaço-temporal foram encontradas alterações significativas nos ensaios BEO e em ambos de apoio unipodal. No ensaio BEO foi observado aumento significativo da área de deslocamento do COP, entre a avaliação inicial e a pós-crioterapia ($p < 0,05$) (Figura 1A). Além disso, houve aumento significativo da amplitude de deslocamento do COP na direção médio-lateral, entre avaliação inicial e pós-crioterapia, e retorno aos valores iniciais logo no primeiro período de recuperação ($p < 0,05$) (Figura 1B). A velocidade média de deslocamento do COP na direção anteroposterior se comportou de modo semelhante à amplitude ML (Figura 1C). Já a RMS, na direção anteroposterior, apresentou alteração significativa apenas nos 20 minutos do período de recuperação, demonstrando redução da dispersão do COP da posição média, comparado à avaliação pós-crioterapia ($p < 0,05$) (Figura 1D).

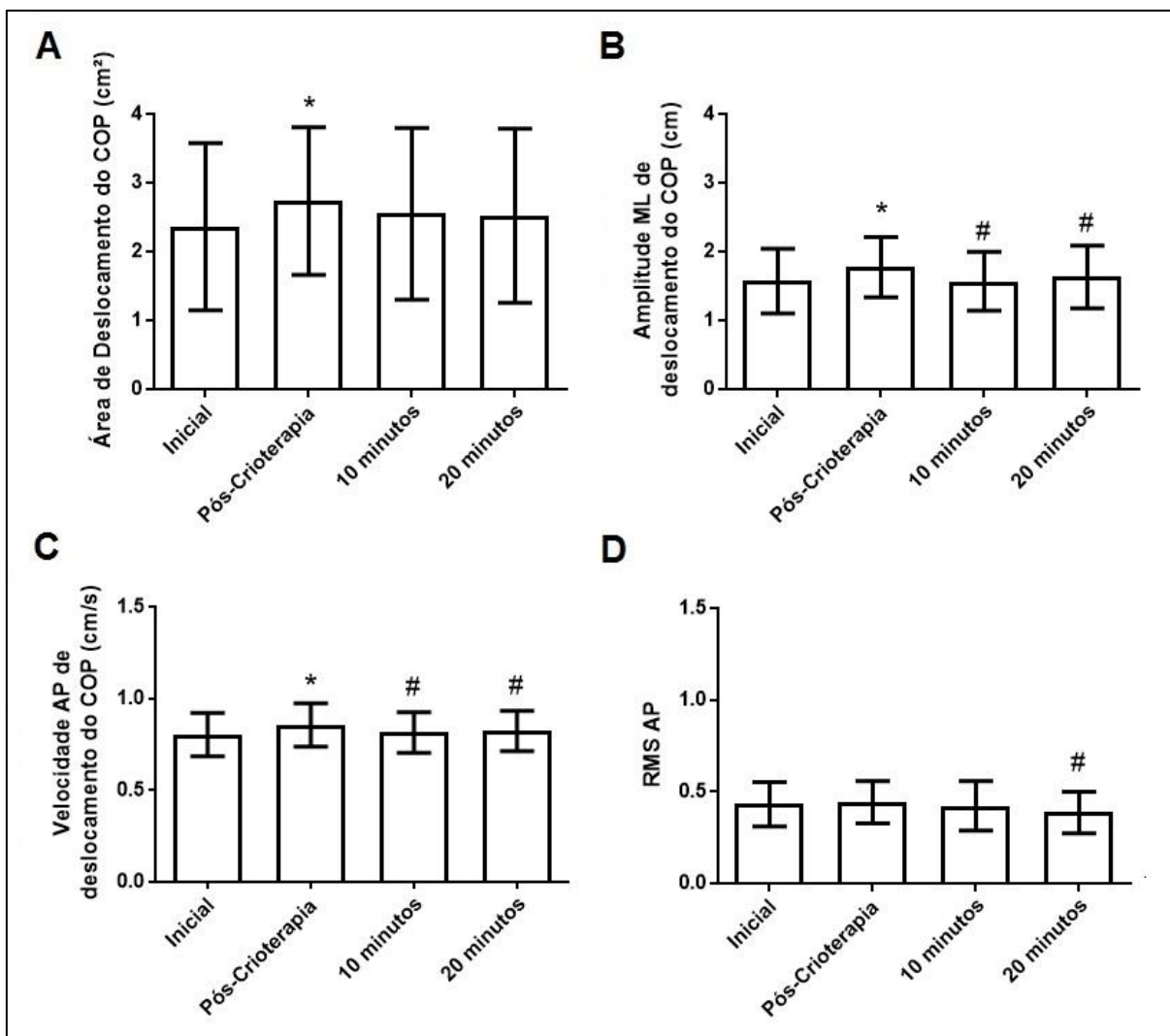


FIGURA 1. Alterações no domínio do tempo durante o ensaio Bipodal com Olhos Abertos. **A.** Área de deslocamento do COP; **B.** Amplitude de deslocamento do COP, na direção médio-lateral; **C.** Velocidade Média de deslocamento do COP, na direção anteroposterior; **D.** RMS, na direção anteroposterior. * $p < 0,05$. Comparado à avaliação inicial; # $p < 0,05$. Comparado à avaliação pós-crioterapia.

No ensaio UEO foram observadas alterações estatisticamente significativas nas velocidades médias de deslocamento do COP, em ambas as direções (anteroposterior e médio-lateral), apresentando diminuição nas comparações entre as avaliações: inicial vs. pós-crioterapia; inicial vs. 10 minutos de recuperação; inicial vs. 20 minutos de recuperação ($p < 0,05$) (Figuras 2A e 2B).

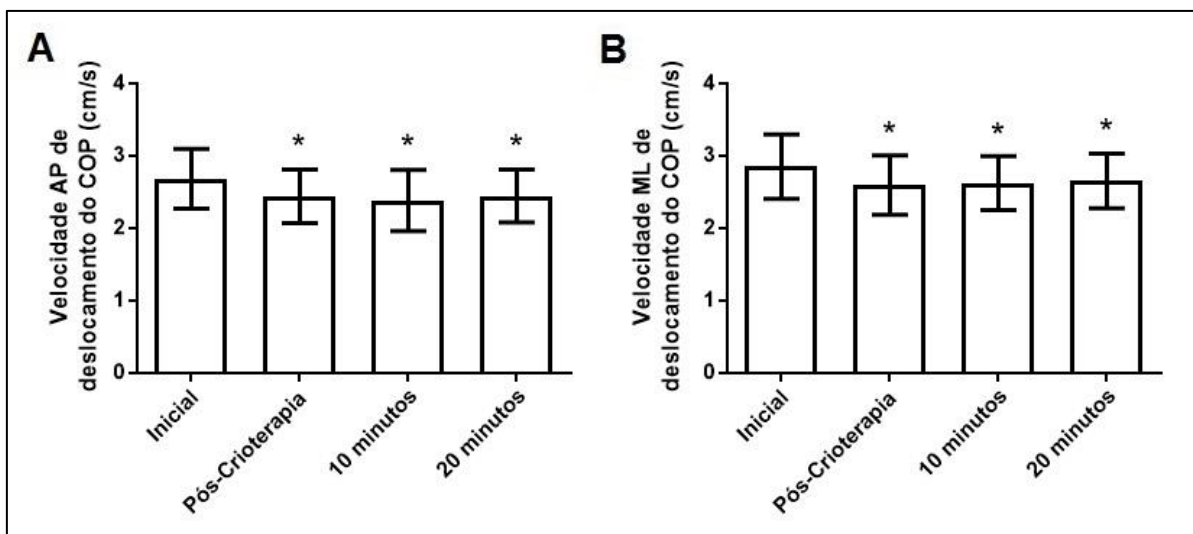


FIGURA 2. Alterações no domínio do tempo durante o ensaio Unipodal com Olhos Abertos. A. Velocidade Média de deslocamento do COP, na direção anteroposterior; **B.** Velocidade Média de deslocamento do COP, na direção médio-lateral.

* $p < 0,05$. Comparado à avaliação inicial.

Ainda nas avaliações do domínio espaço-temporal, durante o ensaio UEC, foi identificado o aumento da área de deslocamento do COP, quando comparamos a avaliação inicial com a pós-crioterapia, porém sem significância estatística ($p > 0,05$). Já nas comparações entre a avaliação pós-crioterapia e o período de recuperação (10 e 20 minutos), houve diminuição da área de deslocamento do COP, com significância estatística ($p < 0,05$) (Figura 3A). Quanto à RMS, foram obtidos resultados semelhantes em ambas as direções, com redução significativa nas avaliações do período de recuperação comparado à avaliação imediatamente após a dessensibilização ($p < 0,05$) (Figuras 3B e 3C).

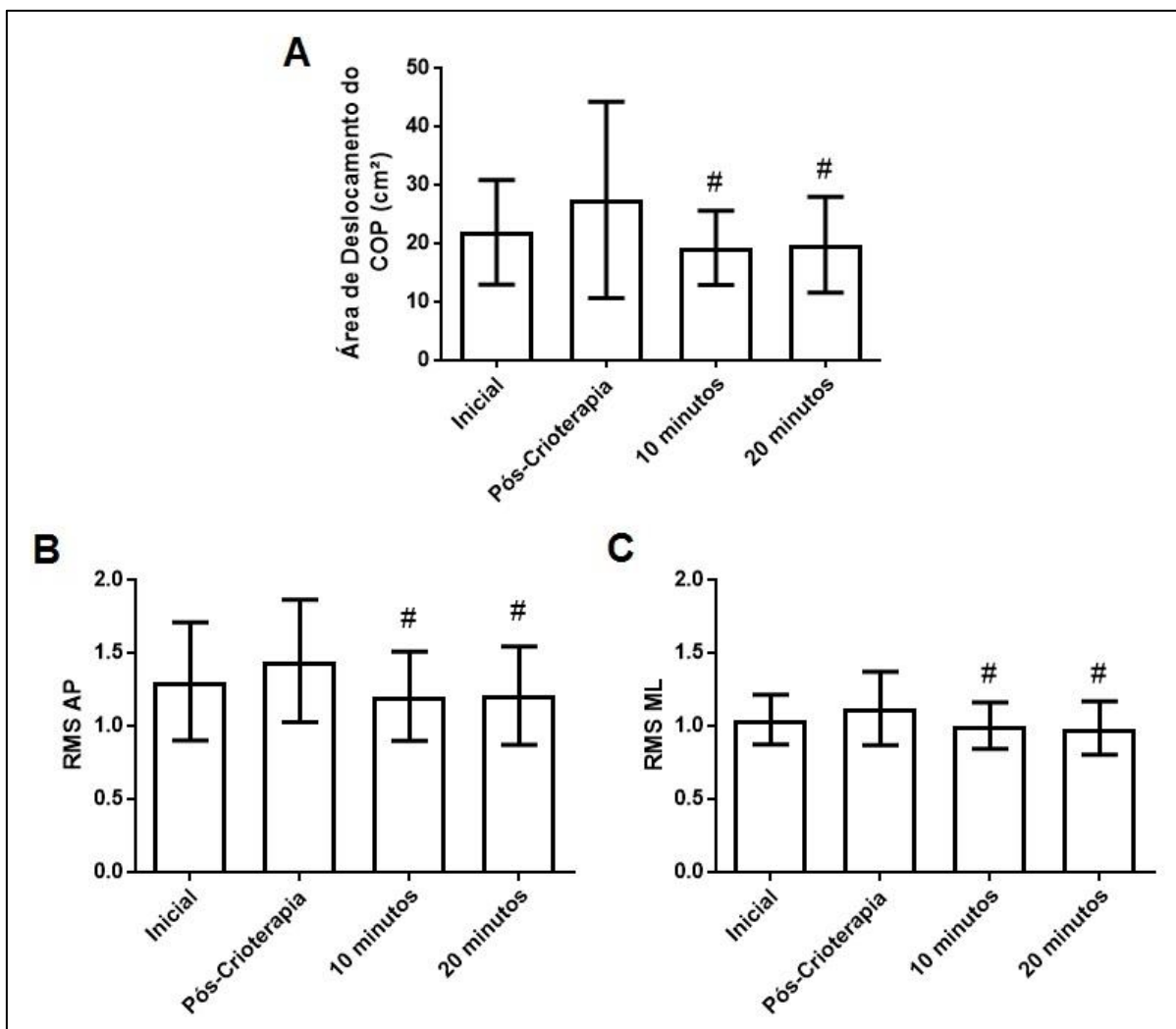


FIGURA 3. Alterações no domínio do tempo durante o ensaio Unipodal com Olhos Fechados. A. Área de deslocamento do COP; **B.** Desvio-Padrão do COP ou RMS, na direção anteroposterior; **C.** Desvio-Padrão do COP ou RMS, na direção médio-lateral.

$p < 0,05$. Comparado à avaliação pós-crioterapia.

No domínio das frequências, foram observadas alterações significativas nos ensaios BEO e UEC. No primeiro, houve diminuição na frequência em 80% da potência espectral (F80) na direção médio-lateral, nas comparações entre avaliação inicial e o período de recuperação (10 e 20 minutos) ($p < 0,05$) (Figura 4A). No segundo ensaio, duas variáveis apresentaram alterações significativas. A frequência em 50% da potência espectral (F50), na direção médio-lateral, apresentou diminuição entre a avaliação inicial e a imediatamente após a crioterapia ($p < 0,05$) e aumento nas duas avaliações do período de recuperação, comparado à medida realizada logo após a aplicação do protocolo de dessensibilização ($p < 0,05$) (Figura 4B). Por fim, foi observado que a frequência média da potência espectral (MPF)

apresentou comportamento semelhante à variável anterior, na direção médio-lateral, com diminuição significativa entre a avaliação inicial e a pós-crioterapia e aumento no período de recuperação ($p < 0,05$) (Figura 4C).

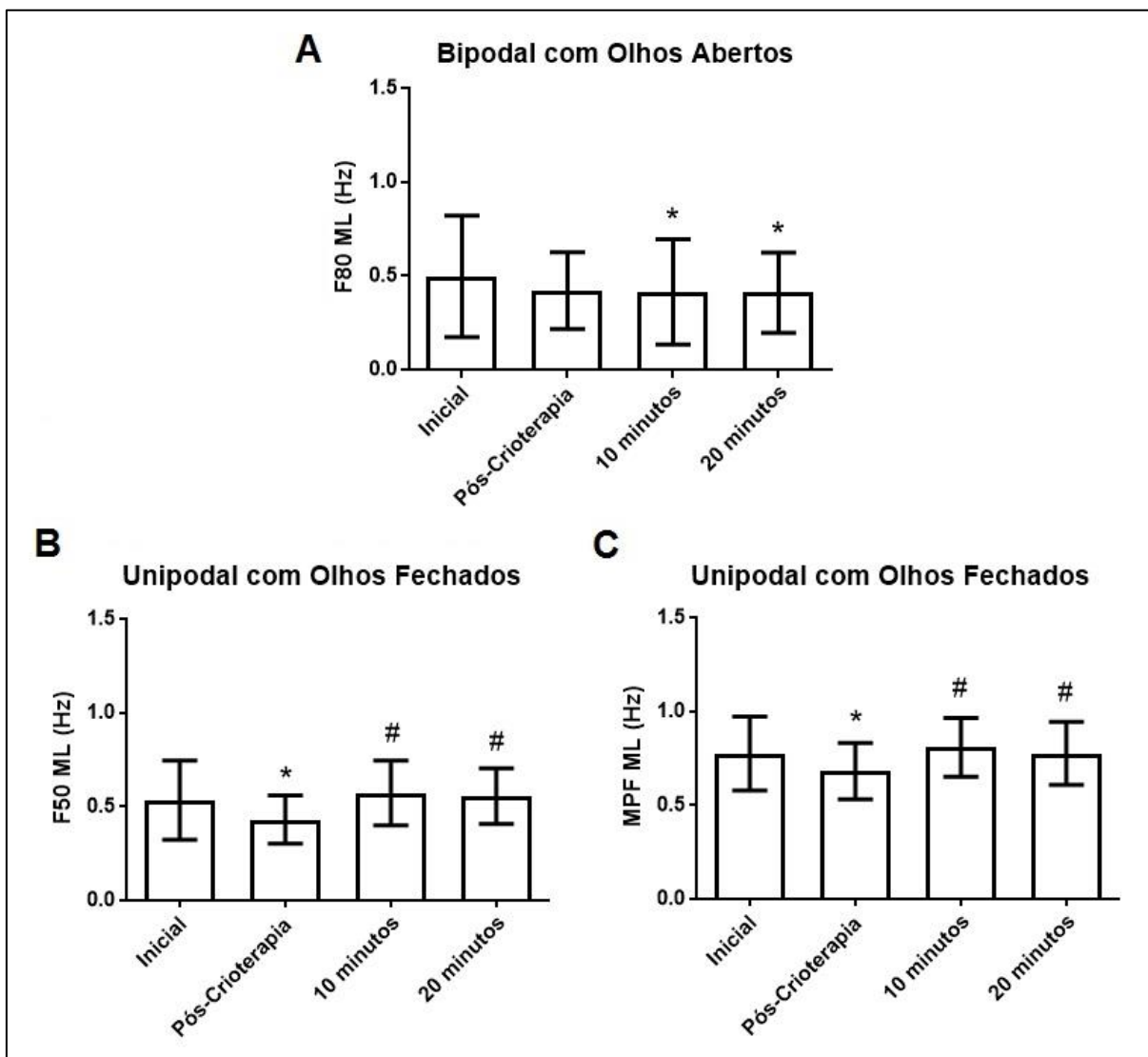


FIGURA 4. Alterações no domínio da frequência, durante os ensaios Bipodal com Olhos Abertos e Unipodal com Olhos Fechados. A. Frequência em 80% da potência espectral (F80), na direção médio-lateral; **B.** Frequência em 50% da potência espectral (F50), na direção médio-lateral; **C.** Frequência média da potência espectral (MPF), na direção médio-lateral.

* $p < 0,05$. Comparado à avaliação inicial;

$p < 0,05$. Comparado à avaliação pós-crioterapia.

Por fim, foram analisadas as modificações estruturais da trajetória do COP, vistas no comportamento das Entropias Aproximada (ApEn), nas direções anteroposterior e médio-lateral, e Aproximada Cruzada (CrossEn), identificando alterações significativas nos ensaios bipodal e unipodal com olhos abertos. No

primeiro ensaio, as variáveis ApEn, na direção anteroposterior, e a CrossEn apresentaram aumento significativo logo após a dessensibilização com crioterapia, comparado à avaliação inicial, e retorno aos valores basais no período de recuperação ($p < 0,05$) (Figuras 5A e 5B).

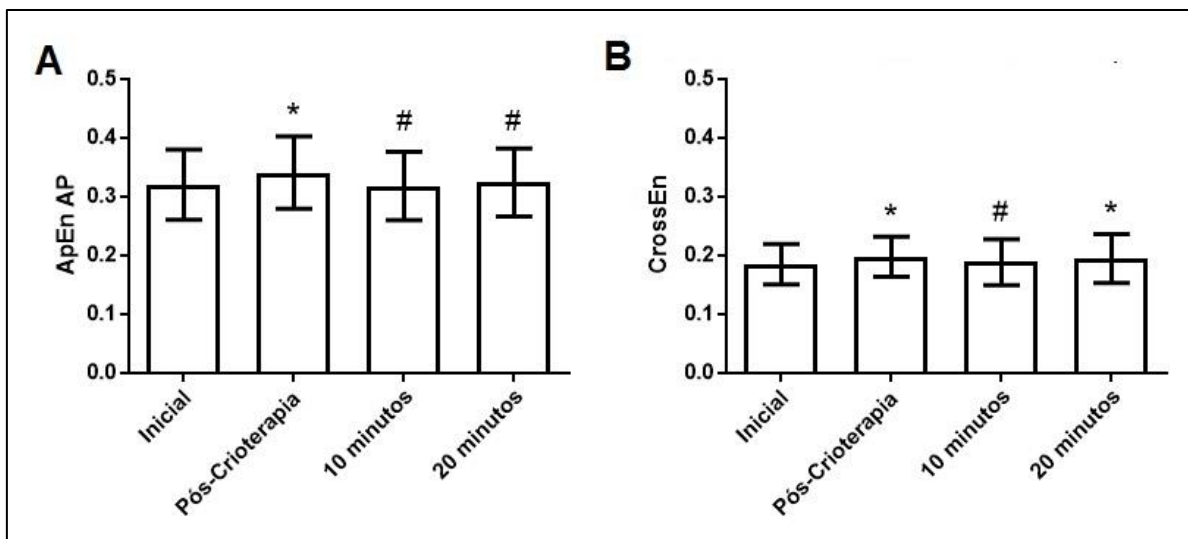


FIGURA 5. Alterações das Entropias no ensaio Bipodal com Olhos Abertos. A. Entropia Aproximada (ApEn), na direção anteroposterior; **B.** Entropia Cruzada (CrossEn).

* $p < 0,05$. Comparado à avaliação inicial;

$p < 0,05$. Comparado à avaliação pós-crioterapia.

No ensaio unipodal com olhos abertos, as três avaliações de entropia apresentaram alterações significativas, com comportamentos semelhantes. Houve diminuição significativa nas três avaliações após a dessensibilização por crioterapia comparadas à avaliação inicial ($p < 0,05$) (Figuras 6A, 6B e 6C).

Os ensaios realizados na postura bipodal com olhos fechados não demonstraram alteração significativa na comparação entre as avaliações estabilométricas realizadas para nenhuma das variáveis analisadas no presente estudo.

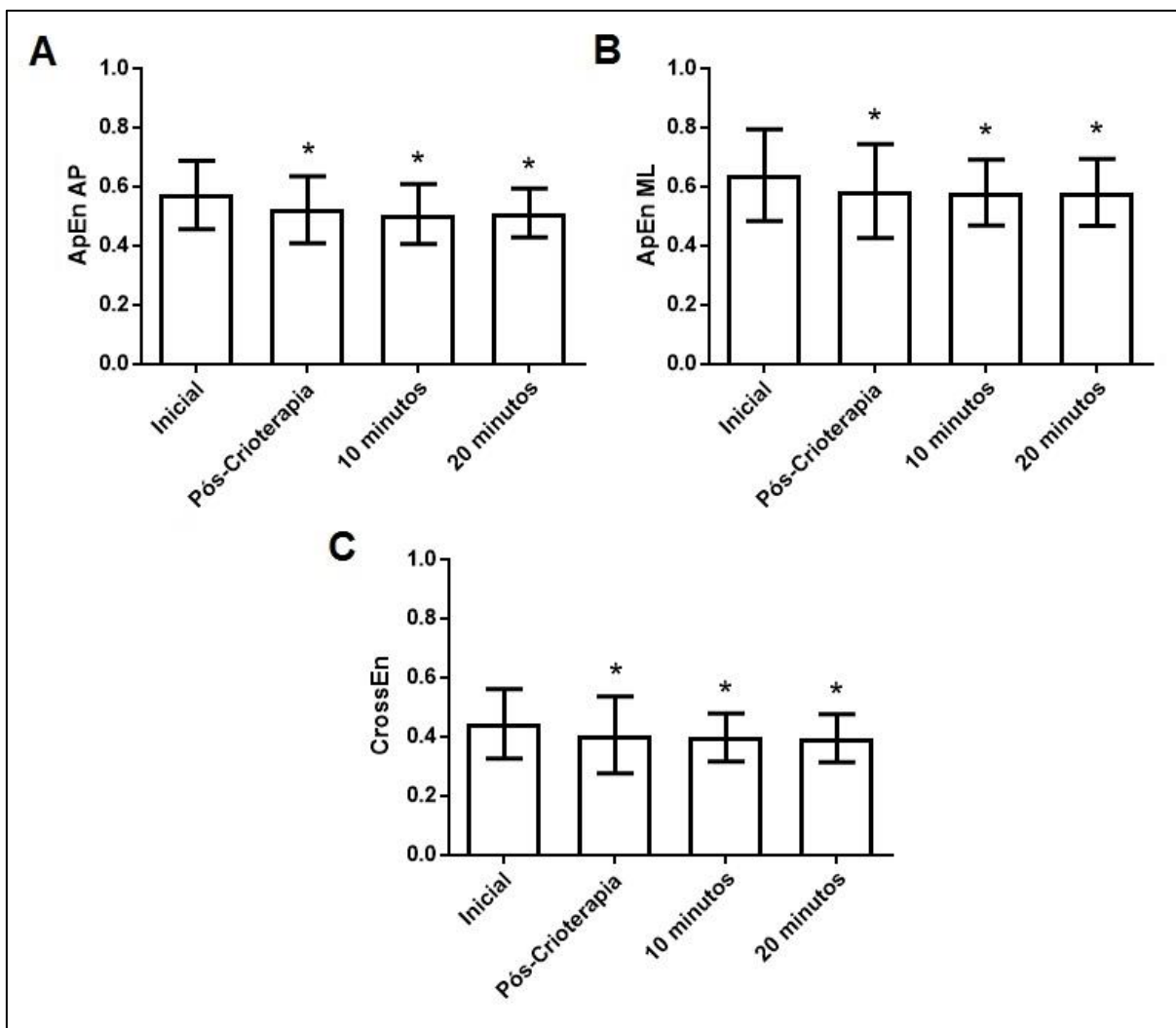


FIGURA 6. Alterações das Entropias no ensaio Unipodal com Olhos Abertos. A. Entropia Aproximada (ApEn), na direção anteroposterior; **B.** Entropia Aproximada (ApEn), na direção médio-lateral; **C.** Entropia Cruzada (CrossEn).
* $p < 0,05$. Comparado à avaliação inicial.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo analisou o efeito da dessensibilização dos pés induzida por hipotermia sobre o controle postural, em indivíduos jovens saudáveis, por meio do estudo do deslocamento do centro de pressão do corpo. Dentre os ensaios na postura bípede, apenas os realizados com os olhos abertos demonstraram resultados significativos, em todas as linhas de análise. No domínio espaço-temporal, foi observado aumento na área, na amplitude médio-lateral e na velocidade anteroposterior de deslocamento do COP, imediatamente após a crioterapia. Adicionalmente, as duas últimas apresentaram retorno às condições basais no período de recuperação de modo significativo. Já a RMS só apresentou significância na comparação entre a avaliação imediatamente após a crioterapia vs. 20 minutos depois, com diminuição da dispersão do deslocamento do COP da posição média no período de recuperação, para a direção anteroposterior.

Os resultados evidenciados nesta postura (BEO) demonstram alterações oriundas preferencialmente do sistema somatossensorial, visto que os demais sistemas sensoriais (vestibular e visual), que respondem pela modulação do controle postural, não foram diretamente manipulados, uma vez que a coleta estabilométrica realizou-se de forma estática e com a presença de estímulo visual (SILVA *et al.*, 2006; PALM *et al.*, 2009; BRUNIERA *et al.*, 2013). O aumento da magnitude das oscilações posturais na postura estática, em meio a perturbações (ou disfunções) somatossensoriais, também foi observado em estudos anteriores que avaliaram indivíduos saudáveis em condições experimentais semelhantes (FUKUCHI; DUARTE; STEFANYSHYN, 2014), que analisaram os efeitos do envelhecimento no controle postural, associado ou não a histórico de quedas (LAUGHTON *et al.*, 2003; MUIR *et al.*, 2013), como também e/ou de algum processo patológico, como a neuropatia diabética (KANADE *et al.*, 2008; PALMA *et al.*, 2013).

Quanto aos experimentos em apoio unipodal, foram observadas alterações nos dois ensaios, com e sem entrada de estímulos visuais. No primeiro ensaio (UEO), ocorreu diminuição das velocidades de deslocamento do COP, em ambas as direções, nas três avaliações após a crioterapia, comparadas à linha de base. No segundo ensaio (UEC), houve aumento da área de deslocamento e da dispersão do COP da posição média (RMS), em ambas as direções, após a crioterapia, apesar de não significativa, apresentando redução destas variáveis, aos níveis da linha de

base, no período de recuperação. Estes resultados, tanto em postura bípede como em apoio unipodal, demonstram que a redução somatossensorial, induzida por hipotermia aguda, desempenha efeito negativo sobre o equilíbrio corporal, por meio do aumento da magnitude do deslocamento do COP em função do tempo.

A análise do domínio das frequências demonstrou a redução da magnitude das variáveis derivadas da potência espectral, após a crioterapia, nos ensaios BEO (F80 ML) e UEC (MPF ML e F50 ML), com retorno às condições da linha de base no período de recuperação, apenas para o ensaio UEC. Tomados em conjunto, variáveis temporais e espectrais, podemos observar que a oscilação postural tende a apresentar maiores deslocamentos (área, amplitude, RMS), com menores frequências, sendo evidenciados principalmente na direção médio-lateral. Resultados estes que podem ser explicados pela associação dos efeitos da crioterapia sobre o sistema somatossensorial, a atividade muscular, as propriedades articulares e a estratégia postural do tornozelo, implicando em redução do tempo de reação muscular aos deslocamentos do corpo para o ajuste postural (CAVALHEIRO, 2010; SHIGAKI *et al.*, 2013).

A crioterapia também induz efeitos negativos sobre função musculoesquelética, promovendo redução do torque muscular e alteração das propriedades biomecânicas de articulações, além de diminuição da atividade eletromiográfica, podendo prejudicar o desempenho motor na realização de atividades diárias e/ou esportivas (MACEDO *et al.*, 2015). Além disso, a redução da excitabilidade dos mecanorreceptores musculares implica em alterações tanto em nível da percepção de estímulos, como da ativação das unidades motoras, o que pode diminuir a coordenação de padrões de movimento e estabilidade (FREIRE *et al.*, 2015).

Em condições fisiológicas, a informação somatossensorial tem uma importância moderada para a manutenção da postura ereta, devido à compensação sensorial gerada pelos demais sistemas (vestibular e visual). Entretanto, o impacto da perda sensorial da região plantar pode ser aumentado caso exista simultaneamente outros déficits de informação proprioceptiva, bem como deterioração dos demais canais sensoriais envolvidos no controle postural, como são comuns em idosos e nos casos patológicos, como as neuropatias periféricas (WANG; LIN, 2008; PATEL *et al.*, 2009; TOLEDO; BARELA, 2010; UEDA; CARPES, 2012; ZHANG; LI, 2013).

Com base nas análises não-lineares realizadas, foram observadas alterações significativas na entropia para os ensaios bipodal e unipodal com a entrada de informação visual. Borg e Laxabach (2010), demonstram duas linhas gerais de interpretação de medidas não-lineares: (1) que a irregularidade e alta entropia são sinais de um sistema vigilante saudável e que podem, assim, serem vistos como um sinal de alerta. Portanto, o sistema estaria pronto para o “inesperado”. Já um sistema prejudicado poderia tornar-se rígido e preso em repetir padrões incapazes de lidar com êxito a novos desafios; (2) que a irregularidade e a alta entropia podem ser tomadas como sinais de que o sistema está perdendo sua estrutura e se tornando menos sustentável. Isto está próximo da interpretação tradicional da entropia como medida de desordem e ruído (BORG; LAXABACH, 2010).

Dessa forma, em uma análise da postura estática quando são mensuradas as excursões do COP, pode-se interpretar excursões "caóticas" como um sinal de equilíbrio e controle postural deficitários. Por outro lado, as excursões caóticas podem também ser interpretadas como uma característica de uma estratégia vigilante bem-sucedida para manter o equilíbrio (BORG; LAXABACK, 2010). Os resultados encontrados na avaliação bipodal com olhos abertos no presente estudo, demonstram que a redução da entrada de sinais originados nos mecanorreceptores, por meio da hipotermia, promoveu maior irregularidade do sinal do COP, que parece estar relacionado a um controle postural deficitário. Além disso, o ensaio bipodal com olhos fechados (BEC) não apresentou resultados significativos após a hipotermia, o que pode ser explicado pela necessidade de maior atenção para manter a estabilidade postural nessa condição experimental, provavelmente devido ao excesso de perturbações (déficits de entradas visuais e somatossensoriais).

Já no ensaio em apoio unipodal, as três medidas de entropia apresentaram comportamento diferente da postura bipodal, com redução das três entropias nas três avaliações após a crioterapia, comparadas à avaliação inicial. Donker *et al.* (2007), demonstram que valores altos de entropia podem ser interpretados por um aumento da “automaticidade do controle postural”, onde o equilíbrio é tratado por um piloto-automático, enquanto que a diminuição da entropia é interpretada como um sinal de que mais atenção é dedicada ao equilíbrio, causando uma regularização do sinal do COP (DONKER *et al.*, 2007; BORG; LAXABACK, 2010). As exigências atencionais significativas para o controle postural variam dependendo da tarefa, da

idade do indivíduo e de suas habilidades de equilíbrio (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002). Os resultados encontrados nessa postura, então, estão em consonância com essa interpretação. O apoio unipodal sendo uma tarefa mais desafiadora ao sistema de controle postural, requer maior atenção para manter a estabilidade sem a ocorrência quedas, principalmente sobre o efeito de redução da entrada de informação somatossensorial.

7. CONCLUSÃO

O trabalho proposto resultou das análises da magnitude e da estrutura do deslocamento do COP para verificar as oscilações posturais e, a partir dos achados, estes sugerem que após redução de aferência somatossensorial dos pés por indução de hipotermia, ocorrem alterações nas estratégias de controle postural, identificadas pelas modificações de índices posturais. Entretanto, mesmo com a alteração das variáveis estabilométricas houve manutenção da estabilidade corporal, visto que o experimento não ocasionou queda nos participantes. As análises comportamentais, por meio da entropia, demonstram que o deslocamento do COP se comporta diferente em tarefas com dificuldades distintas, após comprometimento da função somatossensorial. Assim, com a tarefa bipodal observou-se o aumento de entropia apontando uma maior desordem do sistema, já a unipodal evidenciou diminuição de entropia como direcionamento de maior atenção para realização da tarefa. Estas modificações comportamentais do COP refletem mudanças sutis da estabilidade postural que podem não ser facilmente percebidas em indivíduos saudáveis devido estratégias compensatórias de sistemas íntegros, mas que na prática clínica de reabilitação podem aprimorar a avaliação e direcionar estratégias de tratamento com maior efetividade.

8. REFERÊNCIAS

ALGAFLY, A. A.; GEORGE, K. P. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, p. 365-369, 2007.

ALONSO, A. C.; MOCHIZUKI, L.; LUNA, N. M. S.; AYAMA, S.; CANONICA, A. C.; GREVE, J. M. D. A. Relation between the Sensory and Anthropometric Variables in the Quiet Standing Postural Control: Is the Inverted Pendulum Important for the Static Balance Control?. **BioMed Research International**, 2015.

ALONSO, C. S.; MACEDO, C. S. G.; GUIRRO, R. R. J. Efeito da crioterapia na resposta eletromiográfica dos músculos tibial anterior, fibular longo e gastrocnêmio lateral de atletas após movimento de inversão do tornozelo. **Fisioterapia & Pesquisa**, v. 20, n. 4, p. 316-321, 2013.

APOLONI, B. F.; LIMA, F. E. B.; VIEIRA, J. L. L. Efetividade de um programa de intervenção com exercícios físicos em cama elástica no controle postural de crianças com Síndrome de Down. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 27, n. 2, p. 217-223, 2013.

BARELA, A. M. F.; DUARTE, M. Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 1, p. 56-61, 2011.

BILLOT, M.; HANDRIGAN, G. A.; SIMONEAU, M.; CORBEIL, P.; TEASDALE, N. Short term alteration of balance control after a reduction of plantar mechanoreceptor sensation through cooling. **Neuroscience Letters**, v. 535, p. 40-44, 2013.

BILLOT, M.; HANDRIGAN, G. A.; SIMONEAU, M.; TEASDALE, N. Reduced plantar sole sensitivity induces balance control modifications to compensate ankle tendon vibration and vision deprivation. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 25, p. 155-160, 2015.

BONAN, I.; CHOCHINA, L.; MOULINET-RAILLON, A.; IEBLONG, E.; JAMAL, K.; CHALLOIS-LEPLAIDEUR, S. Effect of sensorial stimulations on postural disturbances related to spatial cognition disorders after stroke. **Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology**, 2015. In Press.

BORG, F. G.; LAXABACK, G. Entropy of balance - some recent results. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 7, n. 38, 2010.

BRUNIERA, C. A. V.; ROGÉRIO, F. R. P. G.; RODACKI, A. L. F. Stabilometric response during single-leg stance after lower limb muscle fatigue. **Brasilian Journal of Physical Therapy**, v. 17, p. 464- 469, 2013.

CARVALHO, R. L.; ALMEIDA, G. L. Aspectos sensoriais e cognitivos do controle postural. **Revista Neurociências**, 2008. In Press.

CASSOLATO, K. M.; ARTIFON, E. L.; BONFIM, A. E. O.; SCALCO, J. C.; NAVARRO, G. T.; CARVALHO, A. R.; BERTOLINI, G. R. F. Influência da crioterapia no controle postural da postura ereta em indivíduos saudáveis. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, v. 10, n. 5, p. 402-406, 2012.

CAVALHEIRO, G. L. **Análise da postura ereta quieta em diferentes faixas etárias utilizando o discriminante linear**. 2010. 95 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

CAVALHEIRO, G. L.; ALMEIDA, M. F. S.; PEREIRA, A. A.; ANDRADE, A. O. Study of age-related changes in postural control during quiet standing through Linear Discriminant Analysis. **BioMedical Engineering OnLine**, v. 8, n. 35, 2009.

CAVANAUGH, J. T.; MERCER, V. S.; STERGIOU, N. Approximate entropy detects the effect of a secondary cognitive task on postural control in healthy young adults: a methodological report. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 4, n. 42, 2007.

CHENG, K. B.; YEH, C. A unified approach for revealing multiple balance recovery strategies. **Human Movement Science**, v. 44, p. 307-316, 2015.

CIMADORO, G.; PAIZIS, C.; ALBERTI, G.; BABAUULT, N. Effects of different unstable supports on EMG activity and balance. **Neuroscience Letters**, v. 548, p. 228-232, 2013.

COELHO, D. B.; DUARTE, M. Identificação paramétrica da relação entre centro de massa e centro de pressão durante postura ereta quieta. **Brazilian Journal of Biomechanics**, v. 11, n. 20, p. 86-92, 2010.

COLLINS, J. J.; DE LUCA, C. J. Age-related changes in open-loop and closed-loop posture control mechanisms. **Experimental Brain Research**, v. 104, p. 480-492, 1995.

COSTELLO, J. T.; DONNELLY, A. E. Cryotherapy and Joint Position Sense in Healthy Participants: A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**, v. 45, n. 3, p. 306-316, 2010.

DANNA-DOS-SANTOS, A.; DEGANI, A. M.; BOONSTRA, T. W.; MOCHIZUKI, L.; HARNEY, A. M.; SCHMECKPEPER, M. M.; TABOR, L. C.; LEONARD, C. T. The influence of visual information on multi-muscle control during quiet stance: a spectral analysis approach. **Experimental Brain Research**, 2014.

DANNA-DOS-SANTOS, A.; DEGANI, A. M.; ZATSIORSKY, V. M.; LATASH, M. L. Is voluntary control of natural postural sway possible?. **Journal of Motor Behavior**, v. 40, n. 3, p. 179-185, 2008.

DEGANI, A. M. **The effects of aging on multiple postural muscle control and postural sway behavior**. 2016. 218 f. Dissertação (Doctor of Philosophy in Interdisciplinary Studies) - The University of Montana, Missoula.

DONKER, S. F.; ROERDINK, M.; GREVEN, A. J.; BEEK, P. J. Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. **Experimental Brain Research**, v. 181, p. 1-11, 2007.

DOUGLAS, M.; BIVENS, S.; PESTERFIELD, J.; CLEMSON, N.; CASTLE, W.; SOLE, G.; WASSINGER, C. A. Immediate effects of cryotherapy on static and dynamic balance. **The International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 8, n. 1, p. 9-14, 2013.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183-192, 2010.

DYKSTRA, J. H.; HILL, H. M.; MILLER, M. G.; CHEATHAM, C. C.; MICHAEL, T. J.; BAKER, R. J. Comparisons of Cubed Ice, Crushed Ice, and Wetted Ice on Intramuscular and Surface Temperature Changes. **Journal of Athletic Training**, v. 44, n. 2, p. 136-141, 2009.

EILS, E.; BEHRENS, S.; MERS, O.; THORWESTEN, L; VÖLKER, K.; ROSENBAUM, D. Reduced plantar sensation causes a cautious walking pattern. **Gait & Posture**, v. 20, p. 54-60, 2004.

EVANS, K. M.; LI, L.; MUNKASY, B. A.; MURRAY, N. G.; POWELL, D.; BUCKLEY, T. A. Linear And Non-linear As Measurements Of Postural Control Recovery Following Concussion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 2015.

FINO, P. C.; MOJDEHI, A. R.; ADJERID, K.; HABIBI, M.; LOCKHART, T. E.; ROSS, S. D. Comparing Postural Stability Entropy Analyses to Differentiate Fallers and Non-fallers. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 44, n. 5, p. 1636-1645, 2015.

FREIRE, T. R.; SANTANA, M. M. S.; FARIAS NETO, J. P.; GRIGOLETTO, M. E. S.; SILVA JUNIOR, W. M. Análise do desempenho físico e do equilíbrio sob influência da crioterapia em atletas de futsal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 6, p. 480-484, 2015.

FUKUCHI, C. A.; DUARTE, M.; STEFANYSHYN, D. J. Postural sway following cryotherapy in healthy adults. **Gait & Posture**, v. 40, p. 262-265, 2014.

FURMANEK, M. P.; SLOMKA, K.; JURAS, G. The Effects of Cryotherapy on Proprioception System. **BioMed Research International**, 14p, 2014.

GAO, J.; HU, J.; BUCKLEY, T.; WHITE, K.; HASS, C. Shannon and Reny entropies to classify effects of mild traumatic brain injury on postural sway. **PLoS ONE**, v. 6, n. 9, p. e2446, 2011.

GLASS, S. M.; ROSS, S. E.; ARNOLD, B. L.; RHEA, C. K. Center of pressure regularity with and without stochastic resonance stimulation in stable and unstable ankles. **Athletic Training and Sports Health Care**, v. 6, n. 4, p. 170-178, 2014.

GODINHO, C. A. **Estudo do comportamento postural em doentes com doença de Parkinson: caracterização e análise segundo metodologias tradicionais e não lineares**. 2013. Tese (Doutorado em Motricidade Humana) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 1151 p.

HERRERA, E.; SANDOVAL, M. C.; CAMARGO, D. M.; SALVINI, T. F. Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 15, n. 3, p. 233-240, 2011.

HERRERA, E.; SANDOVAL, M. C.; CAMARGO, D. M.; SALVINI, T. F. Motor and Sensory Nerve Conduction Are Affected Differently by Ice Pack, Ice Massage, and Cold Water Immersion. **Physical Therapy**, v. 90, n. 4, p. 581-591, 2010.

HOCH, M. C.; RUSSELL, D. M. Plantar cooling does not affect standing balance: A systematic review and meta-analysis. **Gait & Posture**, v. 43, p. 1-8, 2016.

HOHENAUER, E.; TAEYMANS, J.; BAEYENS, J.-P.; CLARYS, P.; CLIJSEN, R. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. **PLoS ONE**, v. 10, n. 9, 2015.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. **Postural orientation and equilibrium**. In Rowell LB, Sherpherd JT (ed.). Handbook of physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts. New York: Oxford American Physiological Society, p. 255-292, 1996.

JÚNIOR, P. F.; BARELA, J. A. Alterações no funcionamento do sistema de controle postural de idosos. Uso da informação visual. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, n. 1, p. 94–105, 2006.

KANADE, R. V.; VAN DEURSEN, R. W. M.; HARDING, K. G.; PRICE, P. E. Investigation of standing balance in patients with diabetic neuropathy at different stages of foot complications. **Clinical Biomechanics**, v. 23, p. 1183-1191, 2008.

KARS, H. J. J.; HIJMANS, J. M.; GEERTZEN, J. H. B.; ZIJLSTRA, W. The Effect of Reduced Somatosensation on Standing Balance: A Systematic Review. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 931-943, 2009.

KENNET, J.; HARDAKER, N.; HOBBS, S.; SELFE, J. Cooling Efficiency of 4 Common Cryotherapeutic Agents. **Journal of Athletic Training**, v. 42, n. 3, p. 343–348, 2007.

KNIGHT, K. L. **Cryotherapy in Sport Injury Management**. Champaign: Human Kinetics, 1995.

KRISHNAMOORTHY, V.; LATASH, M. L. Reversals of anticipatory postural adjustments during voluntary sway in humans. **The Journal of Physiology**, v. 565.2, p. 675-684, 2005.

LACOUR, M.; BERNARD-DEMANZE, L.; DUMITRESCU, M. Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. **Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology**, v. 38, p. 411-421, 2008.

LAFOND, D.; CORRIVEAU, H.; HÉBERT, R.; PRINCE, F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, p. 896-901, 2004.

LAUGHTON, C. A.; SLAVIN, M.; KATDARE, K.; NOLAN, L.; BEAN, J. F.; KERRIGAN, D. C.; PHILLIPS, E.; LIPSITZ, L. A.; COLLINS, J. J. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait & Posture**, v. 18, p. 101-108, 2003.

LELARD, T.; AHMAIDI, S. Effects of physical training on age-related balance and postural control. **Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology**, 2015. In Press.

LEMOES, L. F. C.; TEIXEIRA, C. S.; MOTA, C. B. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 4, p. 83-90, 2009.

LIN, S. I.; YANG, W. C. Effect of plantar desensitization on postural adjustments prior to step initiation. **Gait & Posture**, v. 34, p. 451-456, 2011.

MACEDO, C. S. G.; ALONSO, C. S.; LIPORACI, R. F.; VIEIRA, F.; GUIRRO, R. R. J. Cold water immersion of the ankle decreases neuromuscular response of lower limb after inversion movement. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 18, n. 1, p. 93-97, 2014.

MACEDO, C. S. G.; VICENTE, R. C.; CESÁRIO, M. D.; GUIRRO, R. R. J. Cold-water immersion alters muscle recruitment and balance of basketball players during vertical jump landing. **Journal of Sports Sciences**, 2015.

MACHADO, A. S.; SILVA, C. B. P.; ROCHA, E. S.; CARPES, F. P. Effects of plantar foot sensitivity manipulation on postural control of young adult and elderly. **Revista Brasileira de Reumatologia**, 2016. In press.

MANOR, B.; WOLENSKI, P.; GUEVARO, A.; LI, L. Differential effects of plantar desensitization on locomotion dynamics. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, p. e320-e328, 2009.

MCDONNELL, M.; WARDEN-FLOOD, A. Effect of partial foot anaesthesia on normal gait. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 46, p. 115-120, 2000.

MCKEON, P. O.; HERTEL, J. Diminished plantar cutaneous sensation and postural control. **Perceptual and Motor Skills**, v. 104, p. 56-66, 2007.

MEIRELES, A. E.; PEREIRA, L. M. S.; OLIVEIRA, T. G.; CHRISTOFOLETTI, G.; FONSECA, A. L. Alterações neurológicas fisiológicas ao envelhecimento afetam o sistema mantenedor do equilíbrio. **Revista Neurociências**, v. 18, n. 1, p. 103-108, 2010.

MEYER, P. F.; ODDSSON, L. I. E.; DE LUCA, C. J. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. **Experimental Brain Research**, v. 156, p. 505-512, 2004.

MUIR, J. W.; KIEL, D. P.; HANNAN, M.; MAGAZINER, J.; RUBIN, C. T. Dynamic Parameters of Balance Which Correlate to Elderly Persons with a History of Falls. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. e70566, 2013.

NURWULAN, N. R.; JIANG, B. C. Possibility of Using Entropy Method to Evaluate the Distracting Effect of Mobile Phones on Pedestrians. **Entropy**, v. 18, n. 390, 15p, 2016.

PAILLARD, T.; NOÉ, F. Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. **BioMed Research International**, 15p, 2015.

PALM, H. G.; STROBEL, J.; ACHATZ, G.; LUEBKEN, F. V.; FRIEMERT, B. The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. **Gait & Posture**, v. 30, p. 328-333, 2009.

PALMA, F. H.; ANTIGUAL, D. U.; MARTÍNEZ, S. F.; MONRROY, M. A.; GAJARDO, R. E. Static balance in patients presenting diabetes mellitus type 2 with and without diabetic polyneuropathy. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, n. 9, p. 722-726, 2013.

PATEL, M.; FRANSSON, P. A.; LUSH, D.; GOMEZ, S. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. **Gait & Posture**, v. 28, p. 649-656, 2008.

PATEL, M.; MAGNUSSON, M.; KRISTINSDOTTIR, E.; FRANSSON, P. A. The contribution of mechanoreceptive sensation on stability and adaptation in the young and elderly. **European Journal of Applied Physiology**, v. 105, p. 167-173, 2009.

PINCUS, S. M. Approximate entropy as a measure of system complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, p. 2297-2301, 1991.

PROSPERINI, L.; POZZILLI, C. The Clinical Relevance of Force Platform Measures in Multiple Sclerosis: A Review. **Multiple Sclerosis International**, 2013.

RICHMAN, J.; MOORMAN, J. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 278, p. H2039-H2049, 2000.

SAAM, F.; LEIDINGER, B.; TIBESKU, C. O. The influence of cryotherapy of the ankle on static balance. **Sportverletz Sportschaden**, v. 22, n. 1, p. 45-51, 2008.

SAWA, R.; DOI, T.; MISU, S.; TSUTSUMIMOTO, K.; FUJINO, H.; ONO, R. Decreased skin temperature of the foot increases gait variability in healthy young adults. **Gait & Posture**, v. 38, p. 518-522, 2013.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **ACM Sigmoble Mobile Computing and Communications Review**, v. 5, n. 1, p. 3-55, 2001.

SHIGAKI, L.; RABELLO, L. M.; CAMARGO, M. Z.; SANTOS, V. B. C.; GIL, A. W. O.; OLIVEIRA, M. R.; JUNIOR, R. A. S.; MACEDO, C. S. G. Análise comparativa do equilíbrio unipodal de atletas de ginástica rítmica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 2, p. 104-107, 2013.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor: Teoria e Aplicações Práticas**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2010. 632 p.

SILVA, B. A. R. S.; MARTINEZ, F. G.; PACHECO, A. M.; PACHECO, I. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 12; 85-89, 2006.

SONZA, A.; MAURER, C.; ACHAVAL, M.; ZARO, M. A.; NIGG, B. M. Human cutaneous sensors on the sole of the foot: Altered sensitivity and recovery time after whole body vibration. **Neuroscience Letters**, v. 533, p. 81-85, 2013.

TANO, S. S.; FERNANDES, K. B. P.; MOSER, A. D. L.; PIRES-OLIVEIRA, D. A. A.; GIL, A. W. O.; OLIVEIRA, R. F. Effects of cold water immersion on variables of balance in healthy subjects with open and closed eyes. **Fisioterapia & Movimento**, v. 28, n. 3, p. 467-475, 2015.

TASSEEL-PONCHE, S.; YELNIK, A. P.; BONAN, I. V. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. **Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology**, 2015. In Press.

TAYLOR, A. J.; MENZ, H. B.; KEENAN, A-M. Effects of experimentally induced plantar insensitivity on forces and pressures under the foot during normal walking. **Gait & Posture**, v. 20, p. 232-237, 2004.

TAYLOR, M. R.; SUTTON, E. E.; DIESTELKAMP, W. S.; BIGELOW, K. E. Subtle Differences During Posturography Testing Can Influence Postural Sway Results: The Effects of Talking, Time Before Data Acquisition, and Visual Fixation. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 31, n. 5, p. 324-329, 2015.

TOLEDO, D. R.; BARELA, J. A. Diferenças sensoriais e motoras entre jovens e idosos: contribuição somatossensorial no controle postural. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 267-275, 2010.

UEDA, L. S.; CARPES, F. P. Relação entre sensibilidade plantar e controle postural em jovens e idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 15, n. 2, p. 215-224, 2013.

VAN DER KOOIJ, H.; CAMPBELL, A. D.; CARPENTER, M. G. Sampling duration effects on centre of pressure descriptive measures. **Gait & Posture**, v. 34, p. 19-24, 2011.

WANG, T-Y.; LIN, S-I. Sensitivity of plantar cutaneous sensation and postural stability. **Clinical Biomechanics**, v. 23, p. 493-499, 2008.

WILLIAMS, E. E.; MILLER III, S. J.; SEBASTIANELLI, W. J.; VAIRO, G. L. Comparative immediate functional outcomes among cryotherapeutic interventions at the ankle. **The International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 8, n. 6, p. 828-837, 2013.

WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait & Posture**, v. 16, p. 1-14, 2002.

ZHANG, S.; LI, L. The differential effects of foot sole sensory on plantar pressure distribution between balance and gait. **Gait & Posture**, v. 37, p. 532-535, 2013.

APÊNDICE I: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CURSO DE FISIOTERAPIA – CAMPUS MINISTRO REIS VELOSO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do projeto: ESTUDO DO CONTROLE POSTURAL NA DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR CRIOTERAPIA NOS PÉS.

Pesquisador Responsável: Profa. Dra. Alessandra Tanuri Magalhães.

Instituição / Departamento: Universidade Federal do Piauí (UFPI) - Campus de Parnaíba.

Telefone para contato (inclusive a cobrar): (86) 3321-1044.

Local de coleta de dados: Laboratório de Estudos de Sinais Biológicos – BioSignal, na Universidade Federal do Piauí - Campus Ministro Reis Veloso.

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado (a) de forma alguma. Esta pesquisa pretende investigar a natureza da distribuição de comandos neurais quando há uma alteração de sensibilidade induzida nos pés. Uma série de três experiências são propostas e o foco é dado para o estudo da distribuição da magnitude do input neural comum (tal como medido por coerência intermuscular).

- 1. Procedimentos:** Com um horário marcado, cada participante será avaliado pelos pesquisadores de forma individual para garantir a sua privacidade e fidelidade dos dados. A coleta de dados consta dos seguintes procedimentos:
 - a) Verificar de altura, peso e comprimento dos pés;
 - b) Permanecer sobre uma plataforma de força com os pés paralelos e por 125 segundos com os olhos abertos e o mais estático possível. A seguir, 125 segundos com os pés paralelos com os olhos fechados o mais estático possível. A seguir, 25 segundos com apoio de um pé e olhando para o ponto fixo. E, por fim, 25 segundos com apoio de um pé com os olhos fechados;
 - c) O voluntário colocará os pés em imersão no gelo por 20 minutos;
 - d) A seguir, repetirá o experimento B por três vezes: 1- assim que sair do gelo, 2- depois de 10 minutos e 3- depois de 20 minutos.
- 2. Riscos:** Serão mínimos os riscos nesta pesquisa, devido não prejudicar a integridade física dos voluntários e não realizar procedimentos invasivos. Os riscos apresentados pode ser queda durante a manutenção da postura unipodal na plataforma. Caso aconteça serão tomados os devidos procedimentos na Clínica Escola de Fisioterapia.
- 3. Benefícios:** Os participantes não terão benefícios diretos com sua participação, mas auxiliarão entendimento sobre a influência da insensibilidade no controle postural podendo auxiliar no tratamento de pessoas com patologias que causam a insensibilidade dos pés como diabetes e hanseníase.

4. **Garantia de acesso:** Em qualquer etapa do estudo, você poderá ter acesso aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas.
5. **Confidencialidade:** Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e seu nome e identidade serão mantidos em absoluto sigilo. Nenhum dado será utilizado sem a autorização expressa do participante e os resultados do projeto de pesquisa serão utilizados exclusivamente para trabalhos científicos.
6. **Direito de recusa ou desistência:** Em qualquer momento desta pesquisa, mesmo depois de autorizada, você tem o direito de interromper qualquer procedimento e abandonar este trabalho sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação pela sua decisão.
7. **Consentimento da participação da pessoa como sujeito:**

Eu, _____, portador do RG/CPF _____, concordo em participar deste estudo como sujeito. Fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo intitulado **“ESTUDO DO CONTROLE POSTURAL NA DESSENSIBILIZAÇÃO INDUZIDA POR CRIOTERAPIA NOS PÉS”**. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu acompanhamento/assistência neste Serviço.

Local e data: _____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Parnaíba (PI), _____ de _____ de _____.

Assinatura do pesquisador responsável

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar:

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

RG: _____

Assinatura: _____

Nome: _____

RG: _____

Assinatura: _____

Contatos para informações e esclarecimentos acerca do projeto:

Alessandra Tanuri Magalhães (aletanuri@gamil.com) Telefone: (86) 99984-2931

Observações complementares:

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato: Comitê de Ética em Pesquisa – UFPI - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga CEP: 64.049-550 - Teresina - PI

Tel.: (86)3237-2332 - Email: cep.ufpi@ufpi.edu.br web: www.ufpi.br/cep

APÊNDICE II: Formulário Experimental de Controle – BIOSIGNAL

1. Informações Gerais:

Nome completo: _____

Data da entrevista: __/__/__ ID do sujeito (para fim deste estudo apenas): _____

Idade: _____ Gênero: M F Altura: _____ cm Peso: _____ kg

Mão usada para escrever e comer: DIREITA ESQUERDA

Comprimento dos pés: DIREITO: _____ cm ESQUERDO: _____ cm

Qual o apoio unipodal: DIREITO ESQUERDO

2. Breve Histórico Médico:

2.1. Histórico de Lesões Cerebrais Traumáticas: SIM NÃO

Lesão Simples: SIM NÃO Data da lesão: _____

Causa da lesão: _____

Foi necessária assistência médica/hospitalar devido esta lesão? SIM NÃO

Logo após a lesão, você sofreu de: OBSERVAÇÕES

Confusão ou desorientação? SIM NÃO _____

Perda da consciência (por 30 minutos ou menos)?

SIM NÃO _____

Amnésia por menos de 24 horas? SIM NÃO _____

Escala de Glasgow após 30 minutos da lesão ou mediante cuidados de saúde?

SIM NÃO _____

2.2. Ao longo de toda sua vida você já sofreu de:

OBSERVAÇÕES

Importantes lesões faciais SIM NÃO _____

Convulsões SIM NÃO _____

Ataques de pânico SIM NÃO _____

Pesadelos frequentes SIM NÃO _____

Insônia SIM NÃO _____

Enxaqueca Recorrente SIM NÃO _____

Tonturas SIM NÃO _____

Ansiedade SIM NÃO _____

Depressão SIM NÃO _____

Dificuldade de concentração SIM NÃO _____

Dificuldade de memorização SIM NÃO _____

Dificuldade de leitura, escrita, cálculo

SIM NÃO _____

Dificuldade para resolver problemas

SIM NÃO _____

Dificuldade para executar seu trabalho/estudos

SIM NÃO _____

Dificuldade de julgamento (Ser demitido de empregos, detenções, brigas)

	SIM	NÃO	_____
Fadiga inexplicável	SIM	NÃO	_____
Dor inexplicável	SIM	NÃO	_____
Abuso de álcool	SIM	NÃO	_____
Abuso de drogas	SIM	NÃO	_____

2.3. Você já foi anteriormente diagnosticado com:

Diabetes	Dislexia	Labirintite
Esclerose Múltipla	Paralisia cerebral	Meningite
Parkinson	Déficit de equilíbrio	AVE
Alzheimer	Depressão	IAM
Déficits de atenção	Tumor cerebral	

2.4. Você já sofreu lesão musculoesquelética em MMII? SIM NÃO
Qual? _____ Há quanto tempo? _____

3. Critérios de Seleção:

Participante atende aos critérios de inclusão para o Grupo Controle: SIM NÃO
Participante atende aos critérios de inclusão para o Grupo Experimental: SIM NÃO

4. Observações:

APÊNDICE III: TABELA 1: MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA AS POSTURAS BIPODAL COM OLHOS ABERTOS (BEO) E BIPODAL COM OLHOS FECHADOS (BEC).

	BEO			BEC				
	Inicial	Pós-Crioterapia	10 minutos	20 minutos	Inicial	Pós-Crioterapia	10 minutos	20 minutos
Área	2,36 ± 1,22	2,73 ± 1,07 *	2,55 ± 1,25	2,52 ± 1,27	3,29 ± 2,00	3,94 ± 3,58	3,50 ± 1,89	3,58 ± 2,38
Amplitude AP	2,46 ± 0,78	2,73 ± 0,94	2,47 ± 0,75	2,34 ± 0,64	3,04 ± 1,18	2,98 ± 1,18	3,04 ± 1,10	2,97 ± 1,04
Amplitude ML	1,67 ± 0,59	1,84 ± 0,52 *	1,77 ± 0,76 #	1,73 ± 0,55 #	1,77 ± 0,71	2,02 ± 1,01	1,87 ± 0,73	1,96 ± 1,15
Velocidade AP	0,80 ± 0,12	0,86 ± 0,12 *	0,81 ± 0,11 #	0,82 ± 0,11 #	0,98 ± 0,20	1,02 ± 0,24	0,97 ± 0,15	0,99 ± 0,15
Velocidade ML	0,72 ± 0,11	0,76 ± 0,11	0,73 ± 0,12	0,74 ± 0,13	0,75 ± 0,14	0,79 ± 0,17	0,76 ± 0,14	0,78 ± 0,16
RMS AP	0,43 ± 0,12	0,44 ± 0,12	0,42 ± 0,13	0,39 ± 0,11 #	0,48 ± 0,19	0,48 ± 0,18	0,47 ± 0,16	0,48 ± 0,17
RMS ML	0,28 ± 0,11	0,31 ± 0,08	0,29 ± 0,14	0,30 ± 0,10	0,28 ± 0,10	0,31 ± 0,16	0,29 ± 0,11	0,32 ± 0,18
MPF AP	0,24 ± 0,10	0,26 ± 0,09	0,26 ± 0,12	0,27 ± 0,12	0,28 ± 0,12	0,32 ± 0,11	0,28 ± 0,11	0,28 ± 0,08
MPF ML	0,43 ± 0,22	0,38 ± 0,14	0,41 ± 0,22	0,39 ± 0,21	0,43 ± 0,24	0,43 ± 0,22	0,42 ± 0,20	0,38 ± 0,21
Fpico AP	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,04	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,06	0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,08	0,03 ± 0,04
Fpico ML	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,04	0,04 ± 0,08	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,05	0,06 ± 0,08	0,04 ± 0,07	0,03 ± 0,02
F50 AP	0,07 ± 0,04	0,08 ± 0,04	0,08 ± 0,06	0,08 ± 0,06	0,13 ± 0,08	0,15 ± 0,08	0,13 ± 0,08	0,12 ± 0,06
F50 ML	0,12 ± 0,11	0,13 ± 0,07	0,14 ± 0,11	0,13 ± 0,09	0,17 ± 0,12	0,17 ± 0,09	0,15 ± 0,10	0,14 ± 0,09
F80 AP	0,25 ± 0,14	0,29 ± 0,13	0,29 ± 0,16	0,30 ± 0,18	0,34 ± 0,15	0,40 ± 0,15	0,35 ± 0,15	0,36 ± 0,10
F80 ML	0,50 ± 0,32	0,42 ± 0,20	0,41 ± 0,28 *	0,41 ± 0,21 *	0,52 ± 0,50	0,53 ± 0,47	0,50 ± 0,45	0,48 ± 0,46
ApEn AP	0,32 ± 0,06	0,34 ± 0,06 *	0,32 ± 0,06 #	0,32 ± 0,06 #	0,40 ± 0,11	0,41 ± 0,12	0,40 ± 0,08	0,40 ± 0,08
ApEn ML	0,26 ± 0,06	0,28 ± 0,06	0,26 ± 0,07	0,27 ± 0,07	0,27 ± 0,07	0,28 ± 0,09	0,27 ± 0,07	0,29 ± 0,08
CrossEn	0,19 ± 0,03	0,20 ± 0,03 *	0,19 ± 0,04 #	0,20 ± 0,04 *	0,20 ± 0,05	0,21 ± 0,05	0,20 ± 0,04	0,20 ± 0,05

* p<0,05. Comparado à avaliação inicial; # p<0,05. Comparado à avaliação pós-crioterapia.

APÊNDICE IV: TABELA 2: MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA AS POSTURAS UNIPODAL COM OLHOS ABERTOS (UEO) E UNIPODAL COM OLHOS FECHADOS (UEC).

	UEO			UEC				
	Inicial	Pós-Crioterapia	10 minutos	20 minutos	Inicial	Pós-Crioterapia	10 minutos	20 minutos
Área	4,87 ± 1,65	4,26 ± 1,41	4,59 ± 2,06	4,72 ± 1,84	21,92 ± 8,93	27,42 ± 16,79	19,24 ± 6,36 #	19,76 ± 8,21 #
Amplitude AP	3,12 ± 0,75	2,99 ± 0,70	3,02 ± 0,80	3,05 ± 0,85	7,28 ± 2,40	8,12 ± 3,08	6,65 ± 1,68	6,94 ± 2,30
Amplitude ML	2,57 ± 0,53	2,36 ± 0,45	2,36 ± 0,55	2,42 ± 0,54	4,45 ± 0,60	5,22 ± 3,02	4,48 ± 0,61	4,30 ± 0,69
Velocidade AP	2,68 ± 0,41	2,44 ± 0,37 *	2,38 ± 0,42 *	2,45 ± 0,36 *	5,55 ± 2,49	5,64 ± 1,63	5,04 ± 1,30	4,96 ± 1,18
Velocidade ML	2,98 ± 0,67	2,75 ± 0,73 *	2,70 ± 0,47 *	2,73 ± 0,49 *	5,21 ± 1,05	5,07 ± 1,04	5,03 ± 0,93	4,81 ± 0,81
RMS AP	0,61 ± 0,14	0,57 ± 0,15	0,59 ± 0,16	0,57 ± 0,17	1,30 ± 0,40	1,44 ± 0,42	1,20 ± 0,30 #	1,21 ± 0,34 #
RMS ML	0,49 ± 0,12	0,46 ± 0,09	0,46 ± 0,11	0,47 ± 0,09	1,04 ± 0,17	1,12 ± 0,25	1,00 ± 0,16 #	0,98 ± 0,18 #
MPF AP	0,74 ± 0,20	0,69 ± 0,18	0,68 ± 0,16	0,75 ± 0,18	0,66 ± 0,21	0,65 ± 0,21	0,64 ± 0,16	0,64 ± 0,16
MPF ML	0,98 ± 0,24	0,88 ± 0,25	0,95 ± 0,25	0,96 ± 0,23	0,78 ± 0,20	0,68 ± 0,15 *	0,81 ± 0,16 #	0,78 ± 0,17 #
Fpico AP	0,24 ± 0,29	0,19 ± 0,21	0,20 ± 0,19	0,23 ± 0,22	0,26 ± 0,14	0,20 ± 0,15	0,21 ± 0,18	0,24 ± 0,16
Fpico ML	0,34 ± 0,35	0,28 ± 0,29	0,37 ± 0,28	0,37 ± 0,27	0,25 ± 0,23	0,22 ± 0,13	0,32 ± 0,22	0,28 ± 0,18
F50 AP	0,54 ± 0,25	0,48 ± 0,20	0,49 ± 0,19	0,54 ± 0,19	0,45 ± 0,16	0,44 ± 0,19	0,43 ± 0,13	0,42 ± 0,12
F50 ML	0,67 ± 0,30	0,57 ± 0,23	0,66 ± 0,20	0,66 ± 0,18	0,54 ± 0,21	0,43 ± 0,13 *	0,57 ± 0,17 #	0,56 ± 0,15 #
F80 AP	1,06 ± 0,30	0,95 ± 0,27	0,93 ± 0,22	1,00 ± 0,24	0,95 ± 0,38	0,98 ± 0,38	0,94 ± 0,29	0,92 ± 0,31
F80 ML	1,49 ± 0,39	1,24 ± 0,45	1,31 ± 0,46	1,33 ± 0,43	1,27 ± 0,39	1,10 ± 0,36	1,25 ± 0,33	1,18 ± 0,33
ApEn AP	0,57 ± 0,12	0,52 ± 0,11 *	0,51 ± 0,10 *	0,51 ± 0,08 *	1,06 ± 0,28	1,06 ± 0,25	1,01 ± 0,19	0,99 ± 0,19
ApEn ML	0,64 ± 0,16	0,59 ± 0,16 *	0,58 ± 0,11 *	0,58 ± 0,11 *	1,03 ± 0,19	0,98 ± 0,18	1,01 ± 0,15	0,98 ± 0,15
CrossEn	0,44 ± 0,18	0,41 ± 0,13 *	0,40 ± 0,08 *	0,40 ± 0,08 *	0,79 ± 0,16	0,75 ± 0,16	0,78 ± 0,15	0,74 ± 0,12

* p<0,05. Comparado à avaliação inicial; # p<0,05. Comparado à avaliação pós-crioterapia.