

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU* EM  
EDUCAÇÃO FÍSICA

AVALIAÇÃO DO EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO  
ELÉTRICA TRANSCUTÂNEA NA FUNÇÃO ENDOTELIAL  
EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS ADULTOS E MEIA-IDADE  
USANDO O MÉTODO DE TONOMETRIA DE  
APLANAÇÃO

Marianne Lucena da Silva

Brasília  
2012

AVALIAÇÃO DO EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA  
TRANSCUTÂNEA NA FUNÇÃO ENDOTELIAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS  
ADULTOS E MEIA-IDADE USANDO O MÉTODO DE TONOMETRIA DE  
APLANAÇÃO

MARIANNE LUCENA DA SILVA

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Educação Física da Universidade de  
Brasília, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em  
Educação Física.

**ORIENTADOR:** PROF. DR. GERSON CIPRIANO JUNIOR

MARIANNE LUCENA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA  
TRANSCUTÂNEA NA FUNÇÃO ENDOTELIAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS  
ADULTOS E MEIA-IDADE USANDO O MÉTODO DE TONOMETRIA DE  
APLANAÇÃO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Gerson Cipriano Júnior  
(Orientador – FCE/ UnB)

---

Prof. Dr. Martim Francisco Bottaro Marques  
(Examinador interno – FEF/ UnB)

---

Prof. Dra. Graziella França Bernardelli Cipriano  
(Examinador interno – FCE/ UnB)

Brasília, 13 de julho de 2012

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Gerson Cipriano Júnior, pela paciência, por acreditar no meu trabalho e me auxiliar no meu crescimento profissional. Levo hoje um exemplo de um grande pesquisador a ser seguido.

Ao nosso grupo de pesquisa, Reabilitação Cardiorrespiratória e tecnologias assistidas, pelo carinho, incentivo, por estarem sempre dispostos a ajudar e madrugarem para fazer coletas.

Aos voluntários, por estarem presentes pontualmente nas coletas, por acreditarem no nosso trabalho e por contribuírem para a pesquisa.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da FEF-UnB, em especial ao prof. Alexandre Rezende que sempre fez o possível para ajudar todos os alunos.

A todos os meus amigos de infância, faculdade e aqueles os quais conquistei ao longo dessa jornada e que sempre me apóiam nos meus sonhos e vibram com as minhas conquistas e que hoje fazem parte da minha vida.

Ao Centro de Aperfeiçoamento em Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo auxílio durante todo o curso de mestrado.

Aos meus pais, exemplo de honestidade, dedicação e humildade por me proporcionar esta oportunidade.

Ao Deus que me ensina sempre e têm o melhor para a minha vida.

Muito Obrigada!

" Feliz do homem que encontrou a sabedoria, daquele que adquiriu a inteligência, porque mais vale esse lucro que o do prata, e o fruto que se obtém é melhor que o fino ouro ". (provérbio 3,13-14)

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	2
LISTA DE FIGURAS .....	3
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. OBJETIVO.....	10
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	11
3.1. TENS e aplicação ganglionar.....	11
3.2. Função endotelial.....	13
3.3. Impacto da Eletroestimulação na função endotelial .....	14
3.4. Tonometria de Aplanção (TA) .....	14
4. METODOLOGIA.....	17
4.1. Tipo de Estudo .....	17
4.2. Local.....	17
4.3. Participantes .....	17
4.4. Instrumentação e Procedimentos.....	18
4.5. Tonometria de Aplanção .....	18
4.6. Protocolo da TENS.....	20
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	22
6. RESULTADOS .....	23
7. DISCUSSÃO .....	26
8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
9. BIBLIOGRAFIA .....	31
10. ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO .....	34
11. ANEXO B - FICHA DE AVALIAÇÃO / ANAMNESE .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas dos sujeitos adultos e meia-idade .....	23
Tabela 2 - Efeito agudo da estimulação elétrica transcutânea (TENS) e placebo nas medidas periféricas e centrais no grupo adulto .....	24
Tabela 3 - Efeito agudo da estimulação elétrica transcutânea (TENS) e placebo nas medidas periféricas e centrais no grupo meia-idade .....	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da onda elétrica emitida pela TENS .....	11
Figura 2 – Mapeamento da eletroestimulação transcutânea no Sistema Nervoso Central adaptado (22, 23) .....	12
Figura 3 – Sequência temporal de disfunção endotelial, adaptada (27).....	13
Figura 4 – Onda refletida normal e com aumento da rigidez arterial (26). .....	15
Figura 5 – Propagação da onda de pulso e reflexão do sangue na artéria (26). .....	15
Figura 6 – Ilustração que representa o desenho do estudo. A ordem das intervenções foi aleatorizada para cada sujeito.....	18
Figura 7 – Processo de avaliação pela Tonometria de Aplanção.....	20
Figura 8 – Esquema do local de aplicação da TENS ganglionar (13). .....	21
Figura 9 – Equipamento de eletroestimulação nervosa transcutânea.....	21
Figura 10 – Comportamento da SBP1 frente à aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea em indivíduos saudáveis adultos e de meia-idade.....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**TENS:** Eletroestimulação nervosa transcutânea

**AD:** Adulto

**MA:** Meia-idade

**TA:** Tonometria de Aplanção

**SNS:** Sistema Nervoso Simpático

**PAS:** Pressão arterial sistólica

**PAD:** Pressão arterial diastólica

**PAM:** Pressão arterial média

**PP:** Pressão de Pulso

**AI:** índice de incremento

**AI75%:** AI corrigido para uma frequência de 75bpm

**SBP 1:** Pressão arterial sistólica no primeiro pico.

**SBP 2:** Pressão arterial sistólica no segundo pico

**VOP:** Velocidade de onda de Pulso

## RESUMO

**OBJETIVO:** Avaliar o efeito agudo da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) ganglionar na função endotelial utilizando o método de tonometria de aplanção (TA) em indivíduos saudáveis adultos (AD) e meia-idade (MA).

**MÉTODOS:** Estudo do tipo experimental e transversal. Doze AD ( $27,25 \pm 5,53$  anos;  $81,08 \pm 11,48$  kg;  $177 \pm 0,03$  cm) e doze de MA ( $54,83 \pm 5,10$  anos;  $75,24 \pm 10,37$  kg;  $171 \pm 0,06$  cm). Cada voluntário realizou dois protocolos – TENS e placebo, sendo a TENS aplicado sob a região do gânglio supratorácico (C7 a T4) (Frequência = 80 Hz, Largura de Pulso  $150\mu\text{ms}$ , dose ajustada em limiar sensitivo máximo, por 45 minutos), e o grupo placebo recebeu a mesma intervenção sem fornecimento de corrente. Os protocolos foram aleatorizados e aplicados em dias distintos com intervalo mínimo de 48 horas. Foi analisada pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), índice de incremento (AI), AI corrigido para uma frequência de 75bpm (AI75%), pressão arterial sistólica no primeiro pico (SBP 1) e pressão arterial sistólica no primeiro pico (SBP2).

**RESULTADOS:** Foi encontrada redução significativa no comportamento de pressão de ejeção do ventrículo esquerdo na intervenção TENS no grupo AD ( $p \leq 0,045$ ). E diferença entre a PAS2 e a PAS1 no grupo MA sem intervenção ( $p \leq 0,027$ ). As demais variáveis da TA tiveram respostas semelhantes em ambas as populações (AD e MA), sem alteração significativa.

**CONCLUSÃO:** A aplicação aguda da TENS ganglionar é capaz de produzir um efeito vasodilatador e modular a função endotelial em indivíduos adultos podendo emergir como terapêutica eficaz no manejo da pressão arterial periférica. Novos estudos são necessários para avaliar melhor os impactos desta intervenção aplicada de forma aguda e longitudinal.

**PALAVRAS CHAVE:** TENS, Tonometria de Aplanção e função endotelial

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** To evaluate the acute effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on ganglionic endothelial function using the method of applanation tonometry (AT) in healthy adults (AD) and middle-aged ones (MA).

**METHODS:** Experimental cross-sectional study. Twelve AD ( $27.25 \pm 5.53$  years old,  $81.08 \pm 11.48$  kg,  $177 \pm 0.03$  cm) and twelve MA ( $54.83 \pm 5.10$  years old,  $75.24 \pm 10, 37$  kg,  $171 \pm 0.06$  cm). Each individual performed two protocols - TENS and placebo TENS was applied in the supra thoracic ganglion (C7 to T4) (frequency = 80 Hz, Pulse Width 150mms, sensory threshold dose adjusted maximum of 45 minutes), and the placebo group received the same intervention without power supply. The protocols were randomized and applied on different days with minimum interval of 48 hours. We analyzed systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), increment index (AI), AI fixed to a frequency of 75bpm (AI75%), First peak of systolic blood pressure (SBP1) and Second peak of systolic blood pressure (SBP2).

**RESULTS:** We found significant reduction in the pressure behavior of left ventricular ejection TENS intervention in AD group ( $p \leq 0, 045$ ). And difference between SBP1 and SBP2 at rest in MA group ( $p \leq 0, 027$ ). All other variables of AT responses were similar in both populations (AD and MA) without significant modification.

**CONCLUSION:** The acute application of TENS ganglionic is able to produce a vasodilatory effect and modulate endothelial function in adults possibly emerging as effective therapy in the management of peripheral arterial pressure. Further studies are needed to better assess the impacts of this intervention applied acutely and longitudinally.

**KEYWORDS:** TENS, tonometry, and endothelial function

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1967, Wall and Sweet relataram abolir temporariamente a dor crônica ao estimular eletricamente os nervos periféricos, uma técnica atualmente conhecida como estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) (1). Desde aquela época, a eficácia da TENS tem sido avaliada em pacientes que sofrem dores agudas (2, 3) e crônicas (4), e em saudáveis com dor induzida experimentalmente (5). Esta corrente estimula vias primárias aferentes por pulsos elétricos de baixa frequência por meio de eletrodos aplicados na superfície da pele causando uma parestesia local e inibindo o sintoma da dor (3, 6).

Além dos efeitos analgésicos, outras alterações fisiológicas podem ser produzidas pela TENS frente à aplicação local. Uma revisão publicada por Maliani estudou o efeito do uso de eletroestimulação para potencializar o efeito vasodilatador local durante exercício, o que poderia contribuir na prevenção de lesões musculares (7). Manheiner, 1990, também observaram, após tratamento com TENS, aumento de fluxo muscular sanguíneo periférico, que poderia ter sido gerado por inibição segmentar de vasoconstrição simpática (8, 9), liberação de peptídeos vasodilatadores a partir de neurônios sensoriais e a ação da bomba muscular dos músculos contraídos. Mais recentemente, outros estudos têm relatado os benefícios da TENS em membros de pacientes com déficit de fluxo sanguíneo periférico (10, 11).

Outros estudos também avaliaram os efeitos da aplicação da TENS em outras regiões, como por exemplo, a aplicação sob a coluna dorsal a fim de estimular a região onde se localiza o gânglio cervicotorácico, que é um gânglio simpático formado na maioria das vezes pela fusão do gânglio cervical inferior e do primeiro gânglio torácico. Esta modalidade de estímulo tem sido denominada de *TENS ganglionar*, a qual parece também produzir um efeito anti-isquêmico, acompanhado por uma redução na demanda de oxigênio pelo miocárdio e redução na pressão arterial sistólica (8). Essa resposta tem sido hipoteticamente associada à redução da ativação do sistema nervoso simpático (SNS) com base na observação de redução nos níveis de epinefrina e norepinefrina (8, 12).

Resultados recentes verificaram que a aplicação dessa corrente na região ganglionar pode produzir efeitos sistêmicos importantes. Inicialmente, realizou-se uma aplicação durante contração voluntária máxima, o que promoveu redução da

pressão arterial sistólica (PAS) periférica e incremento do fluxo vascular periférico de jovens e idosos saudáveis, além de produzir melhora significativa no balanço simpato-vagal (13). Em estudo mais recente, a TENS ganglionar foi potencialmente capaz de aumentar a tolerância ao exercício e suprimento de oxigênio, quando aplicados em sujeitos saudáveis durante exercício ativo de alta intensidade (14).

Fisiologicamente, sabemos que as alterações da função endotelial são mais bem avaliadas a partir da PAS central, variável esta que pode ser obtida a partir de métodos invasivos e não-invasivos mais precisos, isso porque, a PAS avaliada pelo esfigmomanômetro convencional, é mais elevada na artéria braquial do que nas artérias centrais, enquanto a pressão arterial diastólica (PAD) e a pressão arterial média (PAM) diferem discretamente (15). Em indivíduos jovens saudáveis, a PAS central (aórtica) é cerca de 20 mmHg mais baixa que a PAS periférica (braquial), enquanto a PAM e a PAD permanecem estáveis ao longo da estrutura arterial, sendo esse efeito conhecido como incrementação da PAS ou da pressão de pulso (PP) (15) (16). Já indivíduos com idade superior a 60 anos apresentam PP ainda mais elevada, em consequência de maior rigidez arterial e de retorno precoce das ondas de reflexão, de modo que a PAS central praticamente se iguala à PAS periférica, ou seja, é mais elevada do que a PAS central observada em indivíduo mais jovem (17)

Dentre os métodos disponíveis para avaliação da função endotelial destaca-se a tonometria de aplanção (TA) da artéria radial, medida não invasiva, validada para determinação da complacência arterial, capaz de fornecer informações sobre a condição funcional do vaso arterial por meio da análise do índice de incremento (*Augmentation Index*), calculado a partir da velocidade da onda de pulso (VOP), utilizando o cálculo da razão entre a onda refletida e a onda ejetada, estimando assim a PAS central (16, 18). Como descrito anteriormente, vimos que a aplicação da TENS na região ganglionar é capaz de promover efeito vasodilatador reduzindo a PAS periférica (13, 14). Entretanto, até o presente momento, nenhum outro estudo avaliou os efeitos dessa intervenção na função endotelial, reproduzindo os efeitos já observados frente à utilização de drogas capazes de promover modulação tanto PAS periférica quanto na central (19). Também não sabemos se as eventuais respostas comportam-se com a mesma magnitude em indivíduos com diferentes faixas-etárias. Estes achados poderiam tornar a TENS ganglionar uma alternativa não farmacológica e não invasiva importante para melhora da função endotelial.

Adicionalmente, o estudo da influência da TENS ganglionar na função endotelial avaliada pela TA, poderia trazer informações relevantes sobre uma possível modulação autonômica no sistema vascular de forma central, e provavelmente de maior relevância clínica, isto porque as variáveis avaliadas pela tonometria para avaliação da função endotelial representam de forma mais fidedigna a pressão aórtica, a qual tem sido mais diretamente relacionada com a rigidez da parede arterial e sendo esta atualmente preditora importante para diversas patologias, tais como infarto do miocárdio, acidente vascular encefálico, insuficiência cardíaca e disfunção endotelial (15, 16, 18, 20).

Nossa hipótese é que a aplicação do TENS na região ganglionar é capaz de promover uma modulação autonômica, que por sua vez pode produzir um efeito vasodilatador e, por conseguinte, melhorar a função endotelial.

## 2. OBJETIVO

Avaliar o efeito agudo da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) ganglionar na função endotelial utilizando o método de tonometria de aplanção (TA) em indivíduos saudáveis adultos e meia-idade

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. TENS e aplicação ganglionar

A TENS é uma corrente de baixa frequência, despolarizada, capaz de fornecer ao tecido corporal um estímulo elétrico a fim de produzir modulações(6, 21).

Suas características elétricas podem ser manipuladas variando sua intensidade, frequência de pulso e comprimento (ou duração) de pulso. Esses ajustes permitem ativar diferentes tipos de fibras nervosas e proporcionar resultados analgésicos diferentes (6, 21).

A intensidade da corrente é a sensação relatada pelo indivíduo sobre o recebimento da corrente chegando até o suportável, alta, porém, não incômoda. A variação entre 0 e 80 (mA) é regulada de acordo com a sensação referida pelo paciente. A frequência de pulso é quantas vezes por minuto os pulsos de energia elétrica serão emitidos. Esta frequência pode variar de 1 a 2 pulsos por segundo (pps, ou Hz – Hertz) atingindo 200 a 250Hz. O comprimento de pulso é o tempo de duração de cada pulso elétrico emitido e pode variar numa faixa de aproximadamente 40 a 250 microssegundos ( $\mu$ s) (21) (Figura 1).

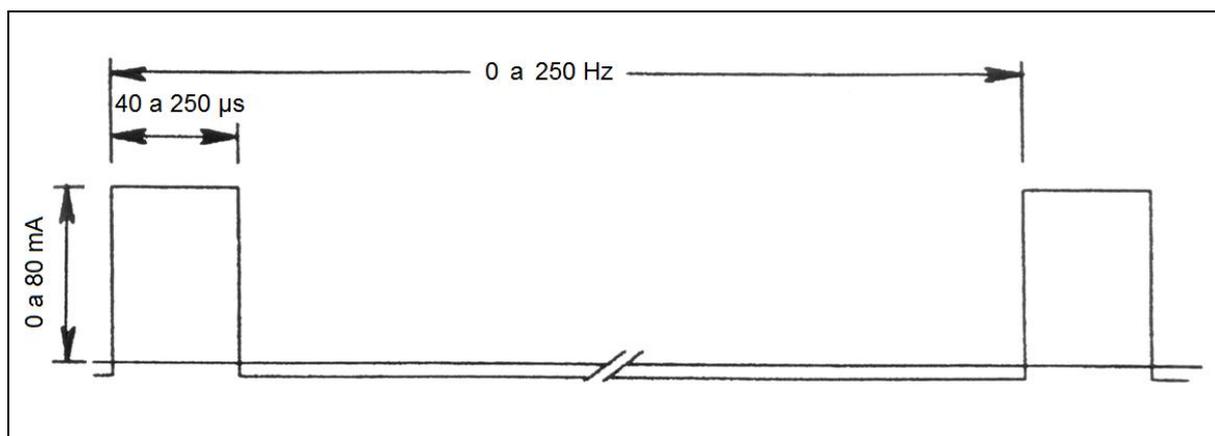


Figura 1 – Esquema da onda elétrica emitida pela TENS

Com excitação dos nervos sensoriais, a TENS estimula diferentes tipos de fibras envolvendo o sistema nervoso, a partir da inibição dos estímulos aferentes de dor e o sistema opióide, denominado teoria do controle das comportas ou *Gate*

*Control Theory* (22). A inibição do estímulo da dor envolve ativação de fibras sensoriais A $\beta$  (beta), diminuindo a transmissão para medula e assim para o sistema central. A estimulação destas fibras parece ocorrer por frequências mais elevadas (entre 80-130 Hz). Estimulações com frequências menores (2-5Hz), ativam principalmente fibras A $\alpha$  (delta), causando a liberação de opióides endógenos induzido em áreas centrais e envolve a inibição pré-sináptica com inibição de serotonina e b-endorfina (Figura 2) (22, 23).

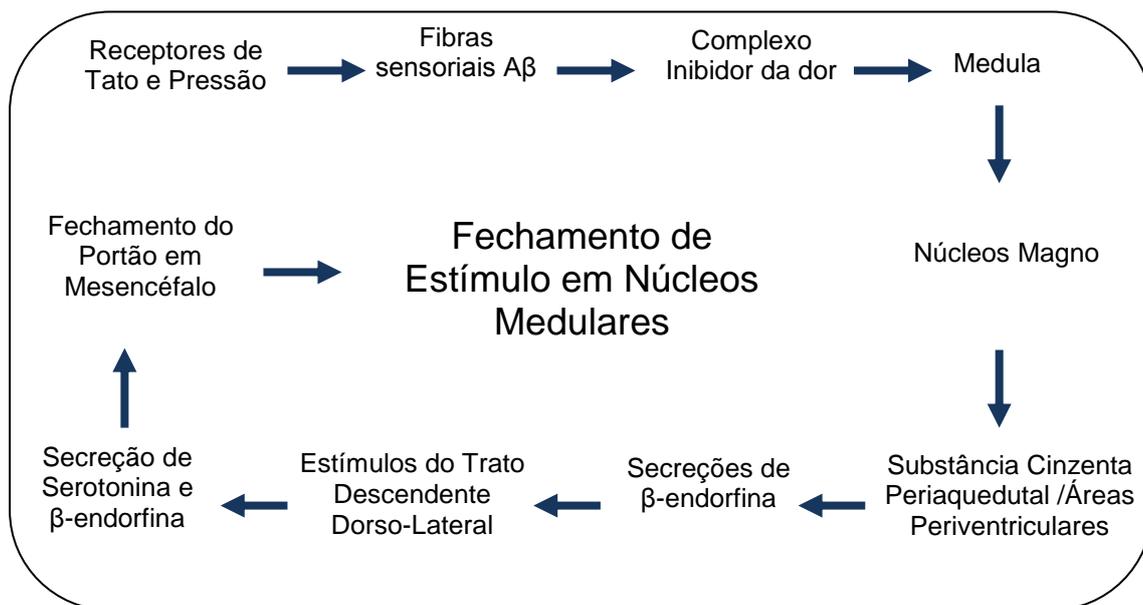


Figura 2 – Mapeamento da eletroestimulação transcutânea no Sistema Nervoso Central adaptado (22, 23)

A TENS, por meio da estimulação nervosa em outras regiões do corpo humano, onde se concentram maior quantidade de estruturas como vaso ou gânglio, pode produzir modulações diferentes. A aplicação desta corrente, por exemplo, na região do gânglio estrelado pode influenciar a perfusão vascular periférica. O Gânglio Estrelado também chamado de gânglio cervicotorácico é um grupo de nervos localizado na região do pescoço, e é formado pela fusão dos gânglios cervical inferior e primeiro torácico (12).

O principal mecanismo é a vasodilatação na região de extremidades dos membros superiores, na presença de hipotermia leve e esse efeito é mediado pela atividade simpática do gânglio estrelado da cadeia paravertebral simpático superior. O gânglio estrelado pode ser seletivamente bloqueado para eliminar temporariamente inervação simpática unilateral da extremidade da cabeça, pescoço

e membros superiores (24) e esse bloqueio pode melhorar o fluxo de sangue em até 50% em pacientes com doença vascular periférica (25).

### 3.2. Função endotelial

A parede arterial tem 3 camadas (isto é, a íntima, incluindo o endotélio, os meios de comunicação, e adventícia), cada uma destas camadas tem papéis individuais em circulação sistêmica (26).

O endotélio vascular regula o tônus vascular, hemostasia e / ou de permeabilidade vascular e os meios de comunicação os quais são os principais determinantes da elasticidade arterial que regulamenta a função da conduta (fornecimento de sangue aos tecidos) e efeito de amortecimento (para geração de sangue contínua de fluxo). A falha desses resultados compromete as funções nos órgãos, propicia o surgimento de disfunção endotelial, o que contribui para a iniciação e progressão da aterosclerose (26).

Os estudos têm avaliado a rigidez arterial como um preditor de disfunção endotelial resultando em boa associação com a capacidade vasodilatadora periférica (16) (20)

A disfunção endotelial vai dar origem inicialmente a alterações funcionais da árvore vascular e mudanças estruturais ( Figura 3).

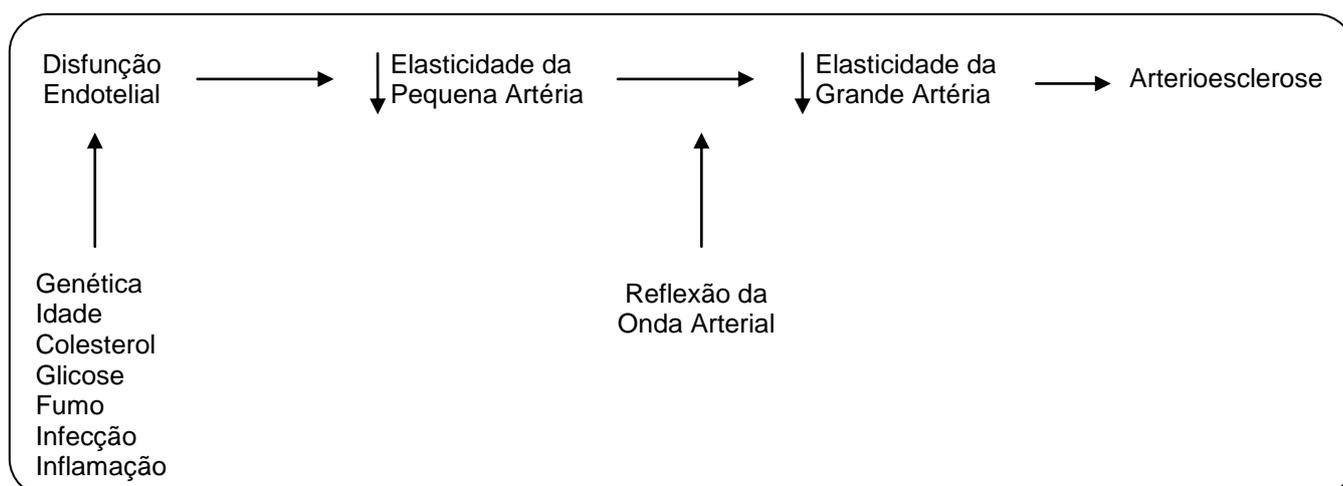


Figura 3 – Sequência temporal de disfunção endotelial, adaptada (27)

### 3.3. Impacto da Eletroestimulação na função endotelial

De acordo com estudos prévios realizados em nosso laboratório, foi observado que a TENS modula o sistema simpático durante o exercício aeróbico e controla o fluxo sanguíneo, o que pode melhorar a pressão arterial periférica (13).

O sistema nervoso autonômico influencia tônica e reflexamente o sistema cardiovascular, uma vez que, tanto a noradrenalina como a acetilcolina liberadas no coração modificam o débito cardíaco por alterar a força de contração das fibras miocárdicas e a frequência cardíaca. Nos vasos de resistência da circulação sistêmica, a liberação de noradrenalina modifica o estado contrátil do músculo liso vascular e, assim, a resistência vascular periférica. Além disto, o sistema simpático pode exercer efeito trófico sobre as células musculares lisas e miocárdicas (28).

Embora os efeitos do sistema nervoso sobre o sistema cardiovascular se devam, em grande parte, à ação da noradrenalina e da acetilcolina, a liberação de outros neurotransmissores nas terminações pós-ganglionares simpáticas e parassimpáticas pode potencializar e/ou minimizar a ação da noradrenalina e da acetilcolina, ampliando as oportunidades de controle cardiovascular por aumentar ou diminuir a sensibilidade do músculo cardíaco e do músculo liso vascular à estimulação simpática e parassimpática (29).

Sabe-se que o efeito vasodilatador da TENS poderia melhorar a complacência arterial, o que favoreceria a função do ventrículo esquerdo, reduzindo sua carga de trabalho e facilitando a perfusão diastólica, crucial para a oferta de sangue ao músculo cardíaco por meio das artérias coronarianas (30).

### 3.4. Tonometria de Aplanção (TA)

A Tonometria de aplanção (TA) é um método não invasivo de fácil reprodutibilidade e acessível, que determina a pressão na aorta por meio da artéria radial e braquial que não só indica a pressão sistólica central, mas também determina a influência do índice de incrementação sobre a pressão central. Este método pode servir como informação adicional importante auxiliando o início e monitoramento de tratamento anti-hipertensivo e para observar os efeitos hemodinâmicos, e prevenir fatores de risco cardiovascular (31).

A pressão registrada em qualquer lugar do sistema arterial é a soma das ondas de ejeção e da onda refletida (Figura 4) e é dependente de quatro fatores: a amplitude e duração de ejeção ventricular, a amplitude da onda refletida e a velocidade da onda (VOP) refletida da periferia (32).

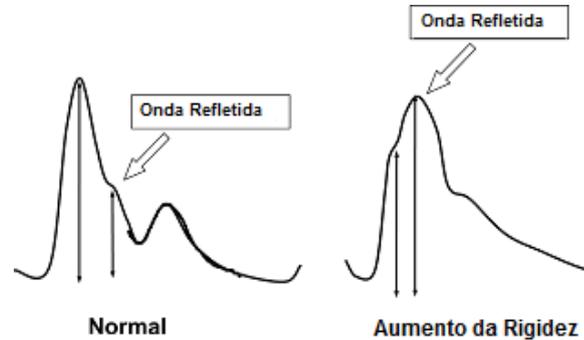


Figura 4 – Onda refletida normal e com aumento da rigidez arterial (26).

A VOP é uma técnica de alta sensibilidade e especificidade para verificação da distensibilidade arterial (18) que influencia a pressão arterial central pelo índice de incremento de pressão radial (r-AI). O r-AI, que é definido como um aumento da VOP, é uma rápida avaliação da pressão central (33).

A contração do ventrículo esquerdo gera uma onda de pulso que é propagada ao longo da árvore arterial. A VOP é calculada dividindo a distância percorrida pela onda de pulso e o tempo gasto durante o percurso do sangue (34).

O aumento da rigidez arterial é associado ao aumento da velocidade de propagação do pulso onda na artéria (Figura 5).

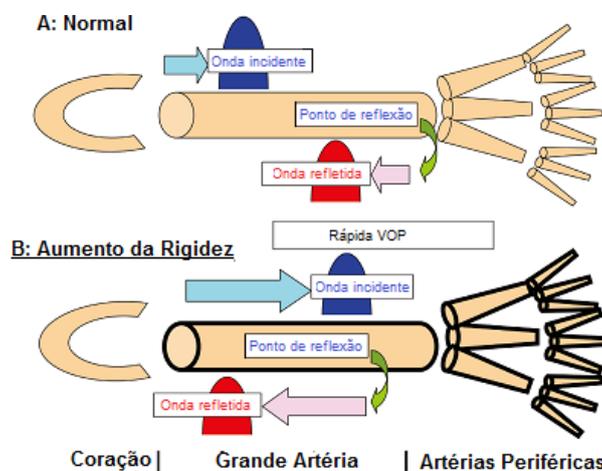


Figura 5 – Propagação da onda de pulso e reflexão do sangue na artéria (26).

Aumento da rigidez arterial, que avaliado pela VOP e / ou AI, é causa de problemas cardíacos por um aumento da pós-carga, deficiente de fornecimento de sangue arterial coronariana aterogênese, e / ou danos microvascular (35).

A combinação de estratificação de risco por meio da avaliação de fatores de doença cardiovascular, não só com uma avaliação morfológica de dano vascular, tais como ultrassom de carótida, mas também com testes de função vascular, pode ser uma estratégia útil para a gestão de eventos cardiovasculares e os seus fatores de risco associados (26).

Portanto, a TA é padrão- ouro para avaliar a função endotelial e esta tem sido relacionada ao aumento da morbidade e mortalidade em indivíduos com doenças cardiovasculares e saudáveis (36).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Tipo de Estudo

O presente estudo é um experimental transversal e segundo Hulley (37) o investigador observa os efeitos e os desfechos em um curto período de tempo. As intervenções foram alocadas de forma contrabalanceada, isto é, os participantes receberam os tratamentos de forma uniforme.

### 4.2. Local

O projeto foi realizado no Laboratório de Treinamento de Força, localizado na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

### 4.3. Participantes

A amostra foi composta por vinte e quatro homens, sendo doze adultos ( $27,25 \pm 5,53$  anos;  $81,08 \pm 11,48$  kg;  $177 \pm 0,03$  cm) e doze de meia-idade ( $54,83 \pm 5,10$  anos;  $75,24 \pm 10,37$  kg;  $171 \pm 0,06$  cm) recrutados por meio de convite na cidade de Brasília.

Os participantes foram submetidos a uma avaliação física, contendo um questionário de dados pessoais, dados clínicos (doenças prévias), peso, altura, índice de massa corpórea (Anexo B). Para serem selecionados deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

(A) Critérios de inclusão: (1) Idade compreendida entre 19 a 44 anos para adultos e 45 a 64 anos para meia-idade; (2) Serem fisicamente ativos (realizar atividade física pelo menos duas vezes por semana); (3) Indivíduos do sexo masculino;

(B) Critérios de exclusão: (1) Apresentarem alterações cardíacas; (2) Uso de medicamentos que interfiram na capacidade cardiorrespiratória ou na frequência cardíaca, tais como, broncodilatador e betabloqueador; (3) Histórico de doença pulmonar e/ou tabagismo; (4) História clínica de doença vascular periférica; Histórico de hipertensão ou diabetes mellitus; (5) Obesidade mórbida ( $IMC > 40$  Kg/m<sup>2</sup>).

Os indivíduos que atenderam aos critérios foram esclarecidos sobre o estudo, e convidados a participarem da pesquisa assinando um Termo de Livre e Esclarecido (Anexo A), de acordo com a Resolução 196 do CNS e devidamente aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Brasília (FM/ UnB) (protocolo n. 071/2011).

#### 4.4. Instrumentação e Procedimentos

De modo geral, os participantes executaram dois protocolos: um com corrente elétrica, denominado TENS, e outro sem corrente elétrica, denominado placebo. Os momentos foram intercalados por um período de no mínimo 48 horas e a ordem dos protocolos foi contrabalanceada para cada participante (Figura 6).

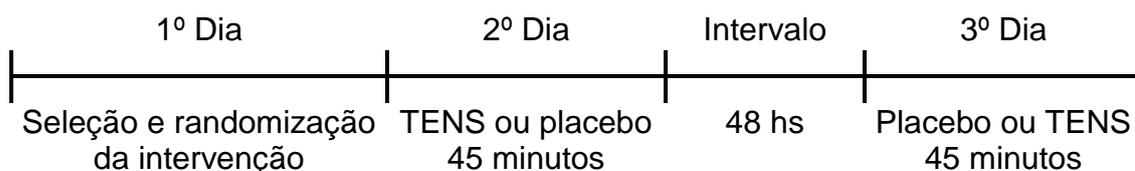


Figura 6 – Ilustração que representa o desenho do estudo. A ordem das intervenções foi aleatorizada para cada sujeito.

#### 4.5. Tonometria de Aplanção

Os indivíduos foram orientados a obedecer estado de jejum de  $\geq 4$  horas, estarem com a bexiga vazia, submetidos em ambiente tranquilo e confortável e a um repouso mínimo de 10 minutos (38). Após o repouso, o especialista encontrou a artéria braquial esquerda e posicionou a interface do aparelho ao paciente, dispositivo validado (Omron HEM-9000AI, Omron, Tóquio, Japão) (Figura 7a), verificou a pressão arterial braquial por duplicata, a fim de obter a estabilidade da pressão arterial, sendo que a diferença entre as duas medidas não foram superiores a 10 mmHg para PAS e 5 mmHg para PAD (32).

Em seguida, foi encontrada a artéria radial com o antebraço posicionado em posição supino, o qual devia estar relaxado e com flexão de cotovelo de 90° (Figura 7b), o sensor foi colocado nessa região (Figura 7c), onde foi feito o aplanamento da artéria radial (Figura 7d) para obtenção das variáveis obtidas pelo equipamento. As análises de onda de pulso foram realizadas no repouso (antes da intervenção de escolha), e após 45 minutos, sob o efeito de uma das intervenções (TENS ganglionar e/ou placebo).

Para avaliação da função vascular foram utilizadas as variáveis:

- AI – índice de incremento que calcula a onda de pulso (curva da pressão radial), AI corrigido para uma frequência de 75bpm (AI75%) e pressão arterial sistólica no segundo pico (SBP2)
- Pressão arterial sistólica (PAS), Pressão arterial diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial no primeiro pico (SBP1);

As formas de onda da artéria radial desse dispositivo, o primeiro pico sistólico (SBP1) e o pico sistólico tardio (SBP2) foram identificados automaticamente utilizando a quarta onda de derivadas, como segundo e terceiro pontos zero cruzamento, respectivamente. O índice de incremento (AI) foi definido como a razão entre a altura de SBP2 e altura de SBP1. A SBP2, como um índice de PA central, foi calculada pela seguinte equação:  $SBP2 = r \cdot AI \times (PAS - PAD) + PAD$ , na qual a PAS e a PAD correspondem a PA sistólica braquial e diastólica, respectivamente.



Figura 7 – Processo de avaliação pela Tonometria de Aplanação.

(a) Posicionamento do Esfigmomanômetro; (b) Localização da artéria radial; (c) Posicionamento da artéria radial no transdutor; (d) Aplanamento da artéria radial.

#### 4.6. Protocolo da TENS

A aplicação da TENS ganglionar foi realizada por um tempo mínimo de 45 min, na região do gânglio supratorácico, localizado entre os processos vertebrais em C7 e T4, sendo os eletrodos posicionados locais equidistantes lateralmente em 3 a 4 centímetros da coluna vertebral ( Figura 8).

Nesse estudo, foram usados equipamentos de eletroestimulação (ProM-710, USA) (Figura 9), com frequência de estimulação de 80 Hz e largura de pulso de 150 $\mu$ s, com intensidade ajustada em miliamperes (mA) de acordo com a sensibilidade individual de cada paciente (13).

A dose utilizada foi sensorial máxima, mas inframotora, sendo, portanto esta oferecida a partir de zero (0 mA) até que a sensação percebida atingisse o máximo do limite sensorial, sem que este estímulo fosse doloroso ou desagradável, nem provocasse contrações involuntárias. Os eletrodos autoadesivos foram colocados

sobre área marcada previamente com caneta cirúrgica na pele dos pacientes, sendo esta marcação utilizada como parâmetro para o posicionamento no 2º dia de intervenção.

Para o controle da estimulação elétrica tipo placebo o aparelho foi posicionado e ligado, no entanto, sem oferta de dose terapêutica. Como neste caso não houve emissão de nenhuma corrente e, portanto, o paciente não teve nenhuma sensação de parestesia, o participante foi orientado quanto à utilização de uma corrente incapaz de produzir sensação.

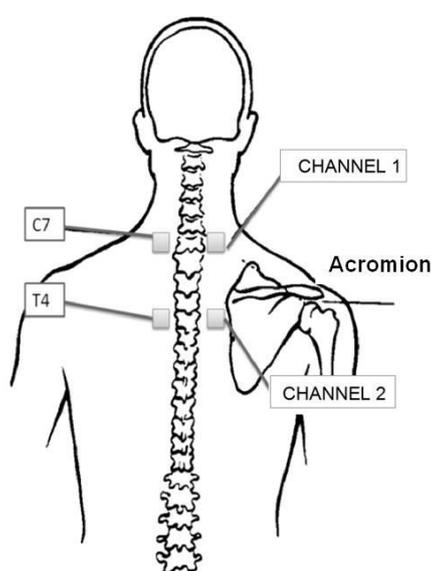


Figura 8 – Esquema do local de aplicação da TENS ganglionar (13).



Figura 9 – Equipamento de eletroestimulação nervosa transcutânea.

## 5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada pelo programa SPSS versão 18.0 (SPSS, Chicago, IL, EUA). Os dados contínuos foram inicialmente comparados com a curva de Gauss por meio do teste de distância K-S.

Foi inicialmente realizado *ANOVA fatorial* one-way para as variáveis PAS, PAD, PP, SBP1, SBP2 considerados paramétricos. Foram vistos seus efeitos em cada grupo; e a *ANOVA two-way* para abordar a relação das intervenções (placebo x tens) com a idade (adulto x meia-idade).

Os dados FC, AI, AI 75%, foram classificados em não-paramétricos. Houve um outliers severos nos sujeitos de meia-idade nas variáveis AI e AI75, após o qual corrigimos realizando média + 2 desvios padrões conforme Field (39). Em seguida, realizou-se o teste de Mann – Whitney.

Foi considerado um valor de p significativo quando menor que 0,05 para todos os testes.

## 6. RESULTADOS

Vinte e quatro participantes homens, sendo 12 adultos com idade média de 27 (19-44 anos), a média do IMC 25,8 (19,8-32,4 kg/m<sup>2</sup>) e 12 sujeitos de meia-idade com idade média de 54 (45-64 anos), a média do IMC 25,5 (20,5-27,8 kg/m<sup>2</sup>) foram investigados (Tabela 1).

Inicialmente, 30 indivíduos foram incluídos, mas seis foram excluídos pelos seguintes motivos: um sujeito apresentou discrepância nas variáveis em relação aos outros participantes, dois por instabilidade da pressão arterial braquial e três optaram por interromper a participação por indisponibilidade de comparecer a um dos dias de coleta.

**Tabela 1** - Características físicas dos sujeitos adultos e meia-idade

<b>Variável</b>	<b>Adultos (n=12)</b>	<b>Meia-Idade (n=12)</b>
<b>Idade (anos)</b>	27,25 ± 5,53	54,83 ± 5,10
<b>Peso (Kg)</b>	81,08 ± 11,48	75,24 ± 10,37
<b>Altura (cm)</b>	177 ± 0,03	171 ± 0,06

Dados apresentados em média ± desvio padrão

Nesse estudo, não houve diferença significativa entre os grupos, o fator idade não influenciou no comportamento das variáveis ( $p > 0,05$ ) conforme análise pela ANOVA two-way.

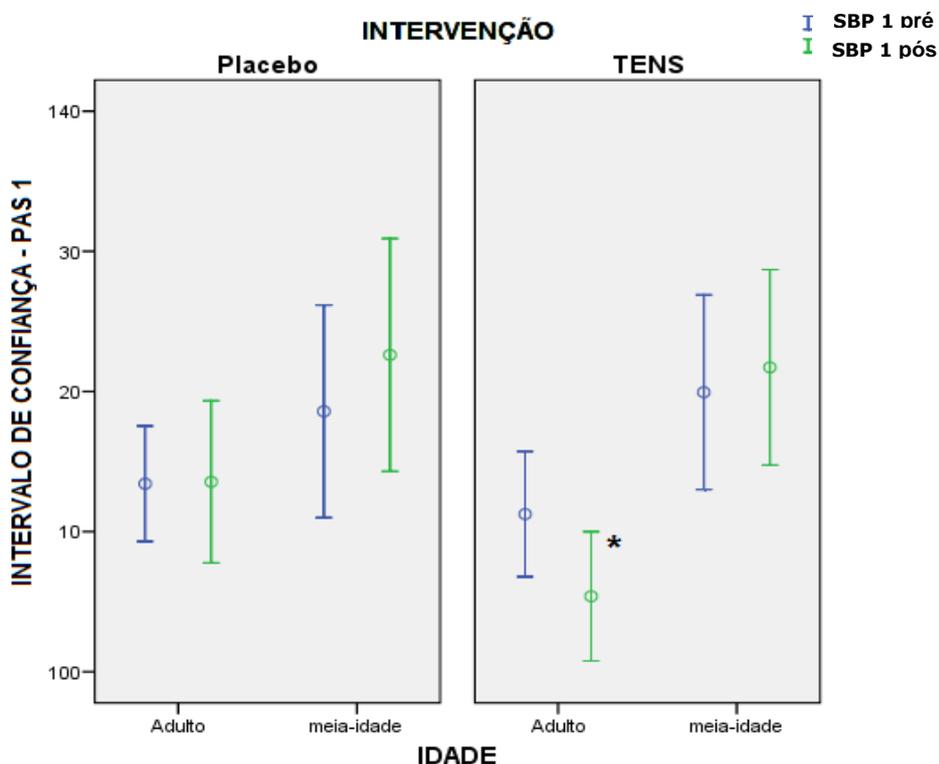
Comparando os valores basais, a aplicação da eletroestimulação ganglionar (TENS) foi capaz de reduzir a PAS (111,28-105,72 mmHg), PP (49,83-47,22 mmHg), FC (69,86-66,75 bpm), AI (58,31-56,39%), AI75 (56,31-53%) e SBP1 (111,25-105,39 mmHg) na população adulta (Tabela 2), porém das variáveis avaliadas apenas a pressão sistólica no primeiro pico (SBP1) teve redução significativa com a aplicação da corrente ( $p \leq 0,045$ ), Figura 10.

**Tabela 2** - Efeito agudo da estimulação elétrica transcutânea (TENS) e placebo nas medidas periféricas e centrais no grupo adulto

ADULTO (N=12)							
	PLACEBO			TENS			
	PRÉ	PÓS	Δ%	PRÉ	PÓS	Δ%	P
<b>PAS (mmHg)</b>	114,0 ± 1,9	113,6 ± 1,6	-0,3	111,28 ± 1,77	105,72 ± 5,76	-4,9	0,14
<b>PAD (mmHg)</b>	61,0 ± 1,4	62,5 ± 2,2	2,5	61,44 ± 1,51	63,58 ± 1,99	3,4	0,88
<b>PP (mmHg)</b>	53,0 ± 1,2	51,7 ± 2,7	-2,5	49,83 ± 1,66	47,22 ± 1,97	-5,2	0,67
<b>FC (bpm)</b>	70,0 ± 0,9	66,9 ± 1,6	-4,5	69,86 ± 1,57	66,75 ± 2,6	-4,4	0,94
<b>AI (%)</b>	56,8 ± 7,0	61,7 ± 2,8	8,7	58,31 ± 4,99	56,39 ± 3,3	-3,2	0,10
<b>AI75 (%)</b>	55,2 ± 7,4	58,6 ± 2,5	6,3	56,31 ± 4,71	53 ± 4,7	-5,8	0,07
<b>SBP1 (mmHg)</b>	114,0 ± 1,9	113,6 ± 1,6	-0,4	111,25 ± 1,75	105,39 ± 2,7*	-5,2	0,04
<b>SBP2 (mmHg)</b>	90,0 ± 3,1	93,9 ± 1,6	4,4	90,39 ± 2,59	91,58 ± 2,4	1,3	0,42

Definição de Abreviações: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão de pulso (PP), frequência cardíaca (FC), índice de incremento na pressão radial (AI%), valor do AI corrigido para uma frequência de 75bpm (AI75%), pressão arterial sistólica no primeiro pico (SBP 1) e pressão arterial sistólica no segundo pico (SBP2), Δ% = Pós-Pré/Pré, ANOVA oneway, \*p< 0,05. Dados representados em média e desvio padrão.

Figura 10 – Comportamento da SBP1 frente à aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea em indivíduos saudáveis adultos e de meia-idade.



Já na população de meia-idade, o TENS reduziu apenas as variáveis PP (47,38 - 45,02 mmHg) e FC (71,63-65,63 bpm), mas nenhuma das variáveis apresentou significância estatística com  $p > 0,05$  (Tabela 3).

**Tabela 3 – Efeito agudo da estimulação elétrica transcutânea (TENS) e placebo nas medidas periféricas e centrais no grupo meia-idade**

MEIA-IDADE (N=12)							
	PLACEBO			TENS			
	PRÉ	PÓS	$\Delta\%$	PRÉ	PÓS	$\Delta\%$	P
PAS (mmHg)	119,28 ± 1,76	123,94 ± 2,02	3,9	120,66 ± 1,6	122,3 ± 2,4	1,3	0,17
PAD (mmHg)	72,25 ± 4,16	75,75 ± 1,16	4,8	73,27 ± 1,25	77,27 ± 1,71	5,4	0,80
PP (mmHg)	47,86 ± 1,33	48,16 ± 2,17	0,6	47,38 ± 1,18	45,02 ± 2,7	-4,9	0,16
FC (bpm)	69,81 ± 1,38	64,83 ± 0,72	-7,1	71,63 ± 1,19	65,63 ± 0,89	-8,3	0,53
AI (%)	82,94 ± 3,02	87,72 ± 3,43	5,8	81,19 ± 2,5	85,69 ± 3,4	5,5	0,93
AI75 (%)	81,11 ± 2,95	83,8 ± 3,2	3,3	80,27 ± 2,4	82,13 ± 3,55	2,3	0,78
SBP1 (mmHg)	118,58 ± 1,69	122,61 ± 2,85	3,4	119,94 ± 1,97	121,72 ± 2,57	1,4	0,27
SBP2 (mmHg)	110,36 ± 1,86	117 ± 1,44	6,0	107,75 ± 15,07	115,19 ± 2,21	6,9	0,74

Definição de Abreviações: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão de pulso (PP), frequência cardíaca (FC), índice de incremento na pressão radial (AI%), valor do AI corrigido para uma frequência de 75bpm (AI75%), pressão arterial sistólica no primeiro pico (SBP1) e pressão arterial sistólica no segundo pico (SBP2),  $\Delta\%$  = Pós-Pré/Pré, ANOVA oneway, \* $p < 0,05$ . Dados representados em média e desvio padrão.

## 7. DISCUSSÃO

O presente estudo levantou a hipótese de que a aplicação aguda e em repouso da TENS na região ganglionar seria capaz de promover uma modulação no sistema nervoso autônomo que, por sua vez, produziria um efeito vasodilatador e melhoraria a função endotelial. Para tal, a resposta foi interpretada nos domínios do instrumento utilizado, dentre os quais: medidas periféricas - PAS, PAD, FC, AI, PAS1 e medida central - PAS2.

A avaliação da modulação da função endotelial por medidas periféricas demonstrou que a aplicação aguda da TENS foi capaz de produzir um efeito vasodilatador no grupo adulto, por meio da redução do PAS1 em 5,86 mmHg, o que indica que promoveu uma melhora na perfusão sanguínea (pressão de ejeção) após esta intervenção. No grupo meia-idade não houve diferença significativa em nenhuma dessas medidas. Mesmo considerando não haver diferença nesse grupo, a PAS e FC tenderam a uma queda nos seus valores, enquanto que as outras medidas periféricas não responderam da mesma forma; essa observação pode representar que essas medidas devem ser mais avaliadas.

Sabe-se que a expectativa de modulação da pressão arterial em repouso é sempre reduzida, recente revisão sistemática demonstrou que o exercício, considerada atualmente como recurso importante no tratamento da hipertensão arterial, é capaz de alterar a pressão arterial sistólica em apenas 3,9 mmHg após um período razoável de treinamento (40) em indivíduos pré-hipertensos e 4,1 mmHg, em indivíduos hipertensos. No presente estudo a TENS foi capaz de reduzir a PAS em 5,56 mmHg no grupo adulto.

A função endotelial, além de ser medida por variável periférica foi também avaliado por medida central. A grande vantagem da medida central é que a redução do risco de doenças cardiovasculares não pode ser explicada apenas pela redução da PA periférica, porque as curvas de pressão diferem muito entre os pontos periféricos e centrais da árvore arterial, sendo que a PAS é muito mais alta na artéria braquial do que nas artérias centrais, e as outras medidas periféricas possuem pouca variação. A medida periférica pode superestimar alterações enquanto que a central é mais precisa para avaliar alteração de hipertrofia do ventrículo esquerdo (VE) e alteração de fluxo sanguíneo.

Neste estudo, não foi observada alteração significativa da PAS2, medida central, com e sem a intervenção TENS em ambos os grupos. Apesar de não haver uma resposta significativa de alteração no comportamento da medida central, a medida periférica (PAS1) se demonstrou mais elevada que a medida central (PAS2) nos indivíduos de meia-idade no repouso, mostrando que a avaliação da função vascular pode diferir entre as medidas.

No estudo de Vieira et al, 2011, foi encontrado que a aplicação aguda da TENS na região do gânglio atenua a pressão sanguínea e as respostas vasoconstritoras, o que pode melhorar a função endotelial. Vieira aplicou o TENS por 30 minutos em região ganglionar cervico-torácico, porém ao contrário do nosso estudo, observou esse efeito após teste incremental em esteira com uma redução no consumo de oxigênio e na frequência cardíaca tanto na população adulta quanto na idosa (13).

Baker, 2007, observou que a aplicação da TENS de baixa frequência diminui a modulação simpática e aumenta a parassimpática. Ele também aplicou a eletroestimulação em região do gânglio estrelado, mas em pacientes pós-traumáticos, e por meio da oximetria de pulso verificou que aqueles que utilizaram a corrente elétrica melhoraram a perfusão sanguínea e, por conseguinte, a função endotelial (12) corroborando nossos achados de modulação autonômica.

Já Stein, 2011, aplicou por onze sessões a TENS em região ganglionar paravertebral em homens e mulheres e observou que a intervenção modulou o sistema simpático por meio da redução da frequência cardíaca, em nosso estudo não encontramos resposta significativa para esta variável e avaliou apenas a resposta aguda do TENS (30).

Mannheimer, 2000, submeteu doze pacientes hipertensos que não respondiam à terapia medicamentosa a TENS no antebraço. Um eletrodo foi posicionado entre o primeiro e segundo metacarpos proximais e o outro no músculo braquiorradial. A estimulação foi aplicada por 4 semanas e como resposta, a pressão arterial sistólica média diminuiu 6,3 milímetros Hg (P, 0,05) e da pressão arterial diastólica média diminuiu 3,7 mm Hg (P, 0,05) (41). Apesar de o local de aplicação da TENS ser divergente do nosso estudo, Mannheimer mostrou que a TENS pode ser usado como terapia para redução da pressão periférica corroborando os nossos achados.

Em estudo prévio de Tomasi, 2011, observou redução do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), frequência cardíaca e pulso de oxigênio após aplicação aguda da

TENS ganglionar em teste incremental em cicloergômetro em jovens (42). Esses achados não corroboram nosso estudo, talvez pelo fato da TENS ser capaz de produzir efeitos mais expressivos durante estresse físico, produzindo alterações na modulação simpática e comportamento vascular.

Não foram encontrados outros estudos com análise de medidas centrais após aplicação do TENS em região periférica ou ganglionar. Contudo, achamos outras condições de intervenção para modulação da função endotelial com avaliação da tonometria de aplanção.

Neta, 2012, demonstrou pela tonometria de aplanção que o atenolol provoca redução da pressão na artéria braquial, mas não na raiz da aorta (AI elevado). É importante ressaltar que a carga de pressão que afeta o ventrículo e os vasos pode ser determinada pelo AI, e esse índice é influenciado por fatores tais como a duração do ciclo cardíaco e a amplitude das ondas refletidas. Assim, sua análise proporciona valiosas informações sobre o sistema cardiovascular e sobre os parâmetros de função do ventrículo esquerdo (17). Em nosso estudo encontramos uma alteração da pressão da arterial braquial com a intervenção de TENS e também não observamos alteração no AI.

Já Sharman et al, 2008, submeteu seus voluntários à infusão de óxido nítrico por soro fisiológico e em seguida, realizaram exercício em uma bicicleta ergométrica estacionária a 50 rpm e uma frequência cardíaca igual a 60% da sua taxa cardíaca máxima. Imediatamente após o exercício, os indivíduos sentaram e foram feitas medições repetidas de frequência cardíaca em intervalos de 2 minutos para 10 minutos. Avaliados pela tonometria, o resultado obtido foi diminuição da velocidade de onda de pulso e aumento da rigidez arterial (43). Em nosso estudo com a TENS, observamos que há melhora da perfusão periférica, mas não houve alteração da velocidade de onda de pulso.

Kenefick, 2008, submeteu a musculatura do antebraço de 9 homens e 5 mulheres saudáveis com 23 anos a exercício estático e dinâmico e avaliou pela tonometria o efeito agudo desse exercício na pressão central. Foi observado que imediatamente após o exercício a onda de reflexão aumenta, bem como a pressão arterial sistólica central. Isto é provavelmente atribuível a um aumento da rigidez arterial como um resultado de aumento da pressão arterial média e vasoconstrição (44). Em nossos achados, não houve qualquer alteração da pressão arterial sistólica

central, porém, em repouso, observou-se diferença entre a medida central e a periférica.

Bortolloto, 2009, observou que em repouso e sem intervenção, assim como nossos achados, que as curvas de PA diferem muito entre os pontos periféricos e centrais da árvore arterial, sendo que a PAS é muito mais alta na artéria braquial do que nas artérias centrais. E por isso, a redução do risco de doenças cardiovasculares seria mais bem explicada não apenas pela redução da PA periférica (15).

## 8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados do presente estudo demonstraram que a TENS aplicada na região ganglionar e de forma aguda proporciona discreta vasodilatação periférica, modulando parcialmente a função endotelial segundo avaliação pelo método de tonometria de aplanção arterial no grupo adulto, o que não foi observado no grupo de meia-idade.

Verificamos, ainda, que a medida de pressão sistólica periférica altera-se mais que a pressão sistólica central no repouso no grupo de meia-idade, o que fornece uma nova visão sobre as respostas de pressão arterial.

Acreditamos que estudos longitudinais de intervenção da TENS ganglionar sejam necessários para melhor verificar os indícios de modulação autonômica do fluxo sanguíneo, podendo emergir como terapêutica eficaz no manejo da pressão arterial.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Wall PD, Sweet WH. Temporary abolition of pain in man. *Science*. 1967;155(3758):108.
2. Strassburg H, Krainick J, Thoden U. Influence of transcutaneous nerve stimulation (TNS) on acute pain. *Journal of Neurology*. 1977;217(1):1-10.
3. Gregorini C, Cipriano Junior G, Aquino LM, Branco JNR, Bernardelli GF. Estimulação elétrica nervosa transcutânea de curta duração no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010;94(3):345-51.
4. Francini F, Maresca M, Procacci P, Zoppi M. The effects of non-painful transcutaneous electrical nerve stimulation on cutaneous pain threshold and muscular reflexes in normal men and in subjects with chronic pain. *Pain*. 1981;11(1):49-63.
5. Andersson S, Hansson G, Holmgren E, Renberg O. Evaluation of the pain suppressive effect of different frequencies of peripheral electrical stimulation in chronic pain conditions. *Acta Orthopaedica*. 1976;47(2):149-57.
6. Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Electrotherapy: evidence-based practice*. 2008:253.
7. Malliani A. The autonomic nervous system: a Sherringtonian revision of its integrated properties in the control of circulation. *Journal of the autonomic nervous system*. 1997;64(2-3):158.
8. Mannheimer C, Emanuelsson H, Waagstein F. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on catecholamine metabolism during pacing-induced angina pectoris and the influence of naloxone. *Pain*. 1990;41(1):27-34.
9. Sanderson JE, Tomlinson B, Lau MSW, So KWH, Cheung AHK, Critchley JAJH, et al. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on autonomic cardiovascular reflexes. *Clinical Autonomic Research*. 1995;5(2):81-4.
10. Kaada B. Vasodilation induced by transcutaneous nerve stimulation in peripheral ischemia (Raynaud's phenomenon and diabetic polyneuropathy). *European Heart Journal*. 1982;3(4):303.
11. Twist DJ. Acrocyanosis in a spinal cord injured patient—effects of computer-controlled neuromuscular electrical stimulation: a case report. *Physical Therapy*. 1990;70(1):45.
12. Barker R, Lang T, Hager H, Steinlechner B, Hoerauf K, Zimpfer M, et al. The influence of stellate ganglion transcutaneous electrical nerve stimulation on signal quality of pulse oximetry in prehospital trauma care. *Anesthesia & Analgesia*. 2007;104(5):1150.
13. Vieira PJC, Ribeiro JP, Cipriano G, Umpierre D, Cahalin LP, Moraes RS, et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on muscle metaboreflex in healthy young and older subjects. *European Journal of Applied Physiology*. 2011:1-8.
14. Reic et al. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation 26th Annual Meeting. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2011;31:269-72.
15. Bortolotto LA, Pimenta E. Pressão central: como interpretar na prática clínica?. *Rev bras hipertens*. 2009;16(1):46-7.
16. Junior LTG, Gomes MAM, Martin JFV. A avaliação da resposta anti-hipertensiva com tonometria de aplanção. *Rev Bras Hipertens vol*. 2010;17(3):189-90.
17. Almeida Neta NM, Gomes MAM, Kanashiro CA, Miranda CC, Paiva AMG, Sampaio DL, et al. Análise do índice de amplificação sistólico em pacientes acima de

- 55 anos utilizando atenolol associado ou não a diurético; Systolic augmentation index analysis in patients over 55 years old using atenolol, associated with a diuretic or not. *Rev bras cardiol(Impr)*. 2012;25(1):35-40.
18. Peres PAT. Efeitos imediatos de um esforço submáximo sobre a velocidade de onda de pulso em pacientes com Síndrome de Marfan. Tese de doutorado da Universidade Federal de São Paulo. 2010:60.
  19. Gonzaga CC, Sousa MG, Amodeo C. Fisiopatologia da hipertensão sistólica isolada. *Rev Bras Hipertens* vol. 2009;16(1):10-4.
  20. Vaz-de-Melo RO, Pimenta AG, Júnior LTG, Martinelli DD, Sacomani CNC, Yugar-Toledo JC, et al. Fatores Associados ao Aumento no Índice de Incremento de Pressão Radial em Indivíduos Hipertensos. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97(3):241-8.
  21. Watson BT. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS).
  22. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science*. 1965;150(699):971-9.
  23. Tasawa N. Modelagem da dor utilizado-se redes neurais artificiais. Dissertação de Mestrado da Escola politécnica da Universidade de São Paulo. 2006:110.
  24. Boas RA. Sympathetic nerve blocks: In search of a role. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 1998;23(3):292-305.
  25. Larsen B, Macher F, Bolte M, Larsen R. Stellate ganglion block with transcutaneous electric nerve stimulation (TENS): a double-blind study with healthy probands]. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS*. 1995;30(3):155.
  26. Hirofumi Tomiyama MAY, MD. Non-Invasive Vascular Function Tests: Their Pathophysiological Background and Clinical Application. *Circulation* 2010;74.
  27. Duprez DA. Is vascular stiffness a target for therapy? *Cardiovascular drugs and therapy*. 2010;24(4):305-10.
  28. De Angelis K, Santos M, Irigoyen MC. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. *Revista de da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul*. 2004;3.
  29. Franchini et al. Função e disfunção autonômica na doença cardiovascular. *Rev Soc Cardiol Estado São de Paulo*. 1998;8:285-97.
  30. Stein C, Lago PD, Ferreira JB, Casali KR, Plentz RDM. Transcutaneous electrical nerve stimulation at different frequencies on heart rate variability in healthy subjects. *Autonomic Neuroscience*. 2011.
  31. Zhang Y, Agnoletti D, Protogerou AD, Wang JG, Topouchian J, Salvi P, et al. Radial late-SBP as a surrogate for central SBP. *Journal of Hypertension*. 2011;29(4):676.
  32. Nelson MR, Stepanek J, Cevette M, Covalciuc M, Hurst RT, Tajik AJ, editors. *Noninvasive Measurement of Central Vascular Pressures With Arterial Tonometry: Clinical Revival of the Pulse Pressure Waveform*, 2010: Mayo Clinic.
  33. Breves et al. Augmentation Index–novo preditor de risco cardiovascular. *Rev Bras Hipertens* vol. 2006;13(1):63-4.
  34. Oswaldo Luiz Pizzi AAB, Roberto Pozzan, Maria Eliane Campos Magalhães, Elizabete Viana de Freitas, Ayrton Pires Brandão. A velocidade de onde de pulso em jovens. Estudo do Rio de Janeiro. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97(1):53-8.
  35. Jidong Sung JHY, Soo Jin Cho, Sun Hee Hong, Eun Hee Huh, and Seung Woo Park. The effects of short-duration exercise on arterial stiffness in patients with stable coronary arterial disease. *Korean Med science*. 2009;24.

36. García et al. Physical exercise, fitness and dietary pattern and their relationship with circadian blood pressure pattern, augmentation index and endothelial dysfunction biological markers: Evident study protocol. *Public Health*. 2010;10.
37. Hulley SB, Cumming SR, Browner WS, Grady DG, Hearst NB, Newman TB. *Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica; Designing clinical research: an epidemiologic approach*. 2008.
38. Mion Jr D, Kohlmann Jr O, Machado C, Amodeo C, Gomes M. Sociedade Brasileira de Cardiologia/Sociedade Brasileira de Hipertensão. V Diretrizes brasileiras de hipertensão. *Rev Bras Hipertens*. 2006;14(4):257-306.
39. Field A. *Descobrimo a Estatística usando o SPSS*. In: Artmed, editor. Segunda edição, 2009. p. 99.
40. Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, Vanhees L. Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors. *Hypertension*. 2011;58(5):950-8.
41. Mannheimer Cea. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with therapy resistant hypertension. *Journal of Human Hypertension*. 2000;14:795–8.
42. Tomasi et al. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Ganglionar Improves Exercise Performance in Healthy Subjects. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2011, em análise.
43. Sharman JE, McEniery CM, Campbell R, Pusalkar P, Wilkinson IB, Coombes JS, et al. Nitric oxide does not significantly contribute to changes in pulse pressure amplification during light aerobic exercise. *Hypertension*. 2008;51(4):856-61.
44. Edwards DG, Mastin CR, Kenefick RW. Wave reflection and central aortic pressure are increased in response to static and dynamic muscle contraction at comparable workloads. *Journal of Applied Physiology*. 2008;104(2):439-45.

## 10. ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO**

#### **TÍTULO: AVALIAÇÃO DO EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA TRANSCUTÂNEA NA FUNÇÃO ENDOTELIAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS ADULTOS E MEIA-IDADE USANDO O MÉTODO DE TONOMETRIA DE APLANAÇÃO**

#### **INTRODUÇÃO**

Este termo de consentimento livre e esclarecido descreve finalidades, procedimentos, benefícios, desconfortos e precauções relativos ao estudo.

Leve o tempo que for necessário para fazer todas as perguntas que o senhor queira. O médico ou algum integrante da equipe do estudo lhe explicará todas as palavras ou informações que não estejam claras para o senhor.

#### **NATUREZA E FINALIDADE DO ESTUDO**

O senhor está sendo convidado a participar de um estudo que envolve aplicação de uma pequena corrente elétrica muito utilizada na fisioterapia. Será realizado na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, prevendo a inclusão de no mínimo 20 indivíduos jovens saudáveis.

Para esse estudo usaremos a aplicação de uma corrente elétrica muito utilizada para diminuição de dor e desconfortos musculares. Funciona como se o senhor recebesse pequenos “choques” na região do pescoço e que fazem sentir um leve formigamento.

A finalidade deste estudo para o qual o senhor está sendo convidado a participar é verificar se após a aplicação desta pequena corrente, melhora a circulação do sangue nos músculos em homens saudáveis.

#### **PROCEDIMENTO DO ESTUDO E TRATAMENTO**

Seu médico ou membro da equipe deste estudo discutirá o propósito e os procedimentos com você e perguntará se está interessado em participar. Caso você esteja interessado, deverá ser submetido aos seguintes procedimentos:

O senhor será submetido a um breve exame antropométrico e perguntado sobre co-morbidades e atividade física. O exame antropométrico consistirá em verificar a sua altura e peso.

Em seguida, será realizada uma avaliação no equipamento de tonometria de aplanção, método não invasivo para verificar pressão arterial central.

Logo, será posto, em dias distintos, correntes de eletroestimulação em que uma a sensação de percepção será baixa e a outra será mais intensa, porém não dolorosa.

O tempo de sua participação no estudo será de aproximadamente 30 dias.

#### RISCOS E BENEFÍCIOS

Normalmente, a TENS é bem tolerada, além disso, após o uso desta corrente o Senhor será convidado a responder um questionário sobre que sintomas o Senhor sentiu. É importante relatar que os efeitos podem ser manifestados de forma diferente para cada indivíduo. O médico fará um acompanhamento de quaisquer efeitos adversos durante o estudo. O senhor deverá imediatamente avisar o médico, se apresentar qualquer evento anormal ou inesperado ocorra, ou se o senhor for internado em hospital por qualquer que seja o motivo. Caso ocorra qualquer sintoma decorrente da participação no estudo, o médico responsável fornecerá tratamento adequado.

A corrente elétrica administrada durante o estudo pode ou não representar um benefício pessoal adicional para você, mas as informações coletadas a partir do estudo fornecerão dados importantes sobre a capacidade da corrente utilizada em melhorar ou diminuir a sensação de cansaço em paciente com insuficiência cardíaca.

#### PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO

Sua participação neste estudo é estritamente voluntária. A recusa em participar não implicará nenhuma penalidade, perda de benefícios ou diminuição na qualidade de atendimento médico. Caso surjam novas informações que possam afetar sua disposição em continuar nesta pesquisa, elas lhe serão fornecidas.

#### CUSTOS, NÃO REMUNERAÇÃO E COMPENSAÇÃO.

O senhor não terá qualquer despesa com os exames requeridos pelo estudo. Portanto, sua participação neste estudo não terá nenhum custo adicional para o senhor. No entanto, sua participação neste estudo não será remunerada.

## DESISTÊNCIA DO ESTUDO

O senhor poderá se retirar deste estudo em qualquer momento, sem necessidade de explicar o motivo sem que o senhor seja punido por isso. Caso isso ocorra, você deve contactar os membros da equipe deste estudo. Além disso, você não perderá os benefícios aos quais possa ter direito. É muito importante para a interpretação deste estudo, que seu médico possa relatar seu estado de saúde por ocasião do término do estudo, e que o senhor permita que estas informações sejam coletadas por meio de meios apropriados. Se o médico achar que é melhor para o senhor interromper sua participação neste estudo, ou se o senhor não seguir as instruções do seu médico, será excluído (a) do estudo, independente da sua aceitação. Nos casos de ocorrência de um efeito colateral ou de uma condição clínica que possa colocá-lo (a) sob risco, a interrupção poderá ser feita imediatamente pelo seu médico. Em qualquer um dos casos o senhor será notificado. A desistência deste estudo, por qualquer motivo, não afetará em hipótese alguma a qualidade de tratamento médico que virá a receber.

## CONFIDENCIALIDADE

Os pesquisadores do estudo irão coletar as informações requeridas para este estudo a seu respeito. Em todos estes registros um código substituirá seu nome. Estas informações coletadas durante a pesquisa serão mantidas de forma confidencial e usadas em publicações médicas, porém seu nome não será revelado. Este estudo respeitará todas as Resoluções e Leis Brasileiras aplicáveis a esta pesquisa, garantindo sigilo e assegurando a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos nesta pesquisa.

## SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Os investigadores Marianne Lucena da Silva, telefone (61) 84973989, e/ou Gerson Cipriano Jr. (61) 78135534, responderão todas as dúvidas que o senhor possa ter sobre sua participação nesse estudo. Em caso de dúvidas ou preocupações quanto aos seus direitos como participante desse estudo, o senhor poderá entrar em contato com o Comitê de Ética e Pesquisa desta Instituição. Uma cópia desse termo lhe será entregue.

O abaixo assinado e identificado, sob a responsabilidade do médico que assina este documento, declara ter recebido uma explicação clara e completa sobre

a pesquisa acima mencionada à qual se submete de livre e espontânea vontade, reconhecendo que:

1º - Foram explicadas as justificativas e os objetivos da pesquisa.

2º - Foram explicados os procedimentos que serão utilizados, incluindo os que ainda são experimentais, junto a outros procedimentos ou testes que se fizerem necessários.

3º - Foram descritos os desconfortos e riscos esperados.

Os procedimentos a serem executados poderão apresentar os seguintes efeitos:

Durante os testes e/ou exames, cansaço, falta de ar e tontura, dor de cabeça ou dor no peito, formigamento ou dor nas pernas e pés.

Caso venha a sentir algum desses sintomas, acima relacionados, devo informar prontamente ao pesquisador responsável.

4º - Foi dada garantia de receber resposta a toda pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, e outros assuntos relacionados à pesquisa.

Caso tenha novas perguntas sobre este estudo, sobre os direitos como participante do mesmo ou se pensar que fui prejudicado pela minha participação, posso chamar o médico cardiologista Gerson Cipriano Jr. (61) 78135534., e/ou fisioterapeuta Marianne Lucena da Silva, telefone (61) 84973989

5º - Foi dada a liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do Estudo, sem que isso traga prejuízo à continuidade do meu cuidado e tratamento.

6º - Foi dada a garantia de não ser identificado e de ser mantido o caráter confidencial de informação em relação à minha privacidade.

7º - Foi assumido o compromisso de proporcionar-me informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar minha privacidade.

8º - Assino o presente documento, em duas vias de igual teor, ficando uma em minha posse.

A minha assinatura neste Consentimento Livre e Esclarecido dará autorização ao pesquisador do estudo, ao Comitê de Ética, e a organização governamental de saúde de utilizarem os dados obtidos quando se fizer necessário, incluindo a divulgação dos mesmos, sempre preservando minha privacidade.

Li e compreendi este termo de consentimento e todas as minhas dúvidas foram resolvidas. Recebi explicações sobre o objetivo da pesquisa, os procedimentos do estudo a que serei submetido (a), os possíveis riscos e desconfortos, e os benefícios que posso apresentar. As alternativas à minha participação nesse estudo também foram discutidas. Portanto, concordo voluntariamente em fornecer meu consentimento para participar desse estudo clínico.

Nome do paciente \_\_\_\_\_

Assinatura do paciente \_\_\_\_\_

Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Se o paciente não puder assinar (limitação física/analfabeto)

Nome da testemunha imparcial \_\_\_\_\_

Assinatura da testemunha \_\_\_\_\_

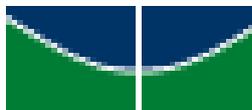
Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Nome do investigador \_\_\_\_\_

Assinatura do investigador \_\_\_\_\_

Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

## 11. ANEXO B - FICHA DE AVALIAÇÃO / ANAMNESE



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



**Projeto: AVALIAÇÃO DO EFEITO AGUDO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA  
TRANSCUTÂNEA NA FUNÇÃO ENDOTELIAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS ADULTOS  
E MEIA-IDADE USANDO O MÉTODO DE TONOMETRIA DE APLANAÇÃO**

### FICHA DE AVALIAÇÃO / ANAMNESE

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

#### Dados Pessoais

Nome: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

Estado Civil: ( ) Solteiro ( ) Casado ( ) Divorciado ( ) Viúvo

Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_. Idade: \_\_\_\_\_

Membro Dominante: ( ) Direito ( ) Esquerdo

#### Dados Antropométricos

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

#### Doenças Metabólicas

( ) Diabetes Tipo: \_\_\_\_\_ Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

( ) Hipertireoidismo Tipo: \_\_\_\_\_ Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

( ) Hipotireoidismo Tipo: \_\_\_\_\_ Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

( ) Obesidade Tipo: \_\_\_\_\_ Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

( ) Outras Quais: \_\_\_\_\_

### Doenças Cardiovasculares

- ( ) Infarto Agudo do Miocárdio Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Hipertensão Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Hipotensão Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Síndrome do Vaso Vagal Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Chagas Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Outras Quais: \_\_\_\_\_

### Doenças Respiratórias

- ( ) Bronquite Crônica Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Enfisema Pulmonar Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Asma Brônquica Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Bronquiectasias Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Apnéia Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Alergias Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Outras Quais: \_\_\_\_\_

### Doenças Psicossomáticas

- ( ) Stress Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Depressão Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Fibromialgia Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Outras Quais: \_\_\_\_\_

### Doenças Neurológicas

- ( ) Labirintite Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) AVC (Derrame Cerebral) Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Traumatismo Cranioencefálico Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Hérnia de Disco Onde: \_\_\_\_\_  
( ) Incontinência Urinária Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Alzheimer Quanto Tempo: \_\_\_\_\_  
( ) Outras Quais: \_\_\_\_\_

### Doenças Osteomioarticulares

- ( ) Osteoporose Onde: \_\_\_\_\_ Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/> Artrite / Artrose	Onde: _____	Quanto Tempo: _____
<input type="checkbox"/> Lombalgia		Quanto Tempo: _____
<input type="checkbox"/> Bursite	Onde: _____	Quanto Tempo: _____
<input type="checkbox"/> Tendinite	Onde: _____	Quanto Tempo: _____
<input type="checkbox"/> Fratura	Onde: _____	Quanto Tempo: _____
<input type="checkbox"/> Síndrome do Túnel do Carpo		Quanto tempo: _____
<input type="checkbox"/> Outras		Doenças Osteomioarticulares

Uso de Medicamentos

Sim    Não

Descreva:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Hábitos da Vida Diária

Fumante:  Sim    Não / Há quanto Tempo? \_\_\_\_\_ Quando Parou? \_\_\_\_\_

Sofreu quedas no ultimo ano?  Sim    Não

Realizou cirurgia nos últimos 5 anos  Sim    Não Onde? \_\_\_\_\_

Pratica Atividade Física:  Sim    Não Qual? \_\_\_\_\_ Frequência? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Qual das Atividades abaixo você realiza e qual a frequência?

Cuidar da Casa    1 a 2 vezes    3 a 4 Vezes    5 a 6 Vezes

Lavar roupa    1 a 2 vezes    3 a 4 Vezes    5 a 6 Vezes

Passar roupa    1 a 2 vezes    3 a 4 Vezes    5 a 6 Vezes

Jardinagem    1 a 2 vezes    3 a 4 Vezes    5 a 6 Vezes

Ir ao Supermercado    1 a 2 vezes    3 a 4 Vezes    5 a 6 Vezes