



UnB

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

IGOR SOUZA ROCHA

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO MUSCULAR PASSIVO NA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

BRASÍLIA

2022

IGOR SOUZA ROCHA

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO MUSCULAR PASSIVO NA
VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDIACA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Educação Física pela Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharelado em Educação Física.
Orientador: Prof. Dr. Lauro Casqueiro Vianna.

ORIENTADOR: PROF. DR. LAURO CASQUEIRO VIANNA

BRASÍLIA

2022

Igor Souza Rocha

Efeito agudo do alongamento muscular passivo na variabilidade da frequência cardíaca

Brasília, 27 de setembro de 2022.

Prof. Dr. Martim Bottaro
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lauro Casqueiro Vianna
Orientador
Universidade de Brasília

Prof. Me. Rosa Virginia Diaz Guerrero
Avaliador
PPGEF-UnB

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito agudo do alongamento muscular passivo na variabilidade da frequência cardíaca. A variabilidade da frequência cardíaca é uma técnica não invasiva usada para avaliar o sistema nervoso autônomo. O experimento foi realizado na faculdade de educação física, localizada na Universidade de Brasília. O alongamento muscular passivo foi aplicado em 25 pessoas jovens, aparentemente saudáveis, normotensas e que não estivessem participando de treinamento de flexibilidade por pelo menos 6 meses. Todos os indivíduos da amostra participaram do grupo controle, em que não foram alongados, e do grupo experimental, em que foram submetidos ao alongamento muscular passivo. A frequência cardíaca e pressão arterial foram aferidas. Os dados da variabilidade da frequência cardíaca não mostraram um aumento na predominância da atividade do sistema nervoso parassimpático. Apesar de uma inclinação para cima e para direita as condições pré vs pós não tiveram diferença estatisticamente significativa. (HF para alongamento pré vs pós $P= 0,508$) e (RMSSD para alongamento pré vs pós $P= 0,411$). Portanto, este trabalho mostrou que não houve diferença na predominância dos índices da variabilidade da frequência cardíaca relacionada ao sistema nervoso parassimpático antes e após um alongamento muscular passivo.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca; alongamento muscular passivo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	2
2.1	Problema	4
3	Métodos	Error! Bookmark not defined.
3.1	Objetivo.....	5
3.2	Hipótese.....	5
3.3	Desenho experimental	6
3.4	Medidas.....	7
3.5	Coleta e análise de dados	8
3.6	Análise estatística	8
4	RESULTADOS	9
5	DISCUSSÃO	14
	REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

O alongamento muscular é uma forma de exercício físico frequentemente usada para melhorar a amplitude de movimento articular e para se preparar para a atividade física. O alongamento estático é um tipo em que um músculo específico ou um grupo de músculos são deliberadamente alongados estaticamente (1). Alguns estudos mostraram que o alongamento muscular prolongado antes do exercício pode reduzir a produção de força ou potência (2,3). No entanto, também foi demonstrado que o alongamento muscular pode proporcionar relaxamento (4,5) e reduzir os hormônios do estresse (4). Assim, o alongamento muscular pode ser utilizado em contextos de reabilitação ou em momentos em que os sujeitos não possam praticar exercício físico, usufruindo assim dos seus conhecidos benefícios.

O exercício evoca respostas cardiovasculares que estão ligadas ao equilíbrio simpático-parassimpático do sistema nervoso autônomo, como aumento da frequência cardíaca, débito cardíaco, vasoconstrição periférica e pressão arterial (6). Esses mecanismos neurais incluem comando central, barorreflexo arterial e cardiopulmonar e o reflexo pressor do exercício (7), que traz alterações no sistema de equilíbrio simpático e parassimpático (8). Essas alterações autonômicas promovem diminuição da atividade nervosa parassimpática no coração e aumento da atividade nervosa simpática no coração e vasos sanguíneos periféricos, promovendo aumento da frequência cardíaca e pressão arterial durante o exercício citado acima (9). O reflexo pressor do exercício é considerado um dos mecanismos essenciais para causar as respostas cardiovasculares ao exercício (10). Isso pode ser evocado por estímulos mecânicos e metabólicos (11). Sabe-se que o componente mecânico pode ser estimulado pelo alongamento muscular (12). Além disso, sugere-se que imediatamente após o alongamento estático há um efeito de relaxamento fisiológico que altera o equilíbrio simpático-parassimpático para dominância parassimpática (13).

Assim, é razoável especular que o alongamento passivo pode afetar o sistema autônomo não apenas durante a manobra de alongamento, mas também após a interrupção do alongamento. No entanto, poucos estudos tentaram investigar

esse fenômeno e estudos de melhor qualidade são necessários para ampliar o conhecimento nessa área.

Apesar das evidências de estudos demonstrando o controle cardiovascular durante o exercício, pouco se sabe sobre as respostas autonômicas após o alongamento muscular passivo, negligenciando os possíveis benefícios do alongamento muscular que pode ser realizado com baixo custo e eficiência de tempo. Portanto, o estudo examinará como o equilíbrio simpático-parassimpático cardíaco se comporta antes e após o alongamento muscular passivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Alongamento muscular

O alongamento muscular é amplamente utilizado na preparação para a atividade física no contexto da reabilitação, ou esporte (13) e para aumentar a amplitude de movimento articular (1). O alongamento estático é uma forma de alongamento muscular em que um músculo específico (ou grupo muscular) é alongado e reflete as características mecânicas do músculo esquelético (1,5). Foi documentado um efeito prejudicial do alongamento muscular prolongado (mais de 1 minuto) na produção de força máxima e produção de potência (15). O alongamento estático ativa os receptores proprioceptivos que estão envolvidos no controle do impulso neural para o músculo devido a projeções excitatórias e inibitórias para diferentes níveis do sistema nervoso central, incluindo o sistema nervoso autônomo (16). Assim, evidências sugerem que fatores neurais contribuem fortemente para o déficit de força observado após alongamento passivo prolongado e também podem desempenhar um papel no controle do sistema nervoso autônomo (13).

É importante ressaltar que os estímulos mecânicos nos músculos do alongamento estático podem induzir mudanças vantajosas no equilíbrio da atividade nervosa autonômica. O alongamento estático causa um efeito de relaxamento fisiológico que muda o equilíbrio simpático-parassimpático para a dominância parassimpática após uma sessão de alongamento (1). Tem sido sugerido que esse relaxamento induzido pelo alongamento pode ser um mecanismo importante na redução do impulso neural para o músculo após o alongamento. A perda e a recuperação subsequente da produção de força após o alongamento seguiriam,

portanto, a mudança induzida pelo alongamento no equilíbrio simpático-parassimpático (13). Portanto, pesquisas investigando como o sistema nervoso autônomo responde ao alongamento muscular passivo podem ajudar a esclarecer os ajustes neurais que ocorrem após o alongamento.

Sistema nervoso autônomo

Em geral, o exercício físico evoca a ativação do sistema nervoso simpático e aumenta a frequência cardíaca, o débito cardíaco, a vasoconstrição periférica e a pressão arterial (6) proporcionalmente à intensidade do esforço. Essas respostas cardiovasculares são mediadas por mecanismos neurais que incluem o comando central, o barorreflexo arterial e cardiopulmonar, o quimiorreflexo arterial e o reflexo pressor do exercício que levam as informações ao centro de controle cardiovascular no tronco encefálico, mais especificamente ao núcleo do trato solitário, que promove alterações no equilíbrio simpático-parassimpático do sistema nervoso autônomo (7). Entre todos esses mecanismos, o reflexo pressor do exercício é o de maior importância devido à sua magnitude de aumento da atividade nervosa simpática durante o exercício físico (7). E, sabe-se que as entradas de aferentes mecanicamente e quimicamente sensíveis no músculo em exercício desempenham um papel importante na evocação da ativação simpática (6), como componente sensível do reflexo pressor do exercício. O componente sensitivo é composto por fibras aferentes mielinizadas (grupo III) e não mielinizadas (grupo IV) (17,18). Os aferentes do grupo III são estimulados principalmente por estímulos mecânicos como alongamento, contração ou pressão (mecanorreceptores) e respondem abruptamente quando um músculo se contrai (19). A maioria das aferências do grupo IV são estimulados por produtos metabólicos ou químicos de contração, como potássio, bradicinina e fosfato inorgânico (metaborreceptores) (20). Sabe-se que o componente mecânico pode ser estimulado pelo alongamento muscular (12). Embora esteja bem estabelecido na literatura que o reflexo pressor do exercício é um dos principais mediadores das respostas cardiovasculares ao exercício, poucos estudos de qualidade têm investigado os possíveis benefícios do alongamento como forma de terapia em contexto de reabilitação.

Variabilidade da frequência cardíaca

A variabilidade da frequência cardíaca quantifica as variações nos intervalos R-R em um eletrocardiograma. A variabilidade da frequência cardíaca é analisada no domínio do tempo e no domínio da frequência. Medidas no domínio do tempo tem sido propostas como o método mais simples para derivar a variabilidade da frequência cardíaca, pois traçam mudanças nos intervalos R-R normais ao longo do tempo (34). Uma das medidas derivadas mais comuns é a raiz quadrada da média da soma das diferenças ao quadrado dos sucessivos intervalos R-R normais adjacentes (RMSSD), uma medida de variabilidade batimento a batimento e um marcador de atividade vagal. Um RMSSD reduzido pode ser indicativo de modulação autonômica cardíaca prejudicada e doença cardiovascular (37,38). As medidas do domínio da frequência expressam a variabilidade da frequência cardíaca em função da frequência e não do tempo, e não do tempo. Este método envolve traçar a frequência no qual o comprimento do intervalo R-R normal muda (34). As medidas derivadas incluem os espectros de muito baixa frequência (VLF 0,04 Hz), baixa frequência (LF, geralmente 0,04 – 0,15 Hz) e alta frequência (HF, 0,15 – 0,40 Hz). A potência HL é um marcador de atividade cardiovagal (34), o LF normalizado é considerado um marcador de atividade simpática, além disso a relação da razão LF para HF (LF/HF) também é frequentemente relatada, quantificando a relação entre atividade nervosa simpática e parassimpática, o balanço simpato vagal (34). O aumento do balanço simpato vagal, evidenciado por um maior LF/HF, é considerado um reflexo da predominância simpática e está associada ao aumento risco cardiovascular (39) e uma longevidade reduzida (40). Para clínicos e cientistas do exercício, o principal interesse na VFC está relacionado ao seu valor prognóstico em eventos cardiovasculares e morbidades (41,42). Além disso, é frequentemente usado para avaliar o controle autonômico cardíaco durante e após (fase de recuperação) exercício agudo (43).

2.1 Problema

O efeito do alongamento passivo muscular no controle autonômico cardíaco ainda é pouco compreendido. Em particular, existem lacunas importantes no conhecimento, tais como: A magnitude e o curso do tempo das mudanças nas

respostas autonômicas. Assim, mais dados são necessários para entender melhor os efeitos do alongamento passivo principalmente após a atividade e se essa abordagem pode modular o equilíbrio simpático-parassimpático.

3 Métodos

3.1 Objetivo

Avaliar o efeito agudo do alongamento muscular passivo na variabilidade da frequência cardíaca.

3.2 Hipótese

Supõe-se que haja uma predominância dos índices da variabilidade da frequência cardíaca relacionadas ao sistema nervoso parassimpático, acima dos níveis de repouso, após o alongamento muscular passivo em indivíduos jovens saudáveis.

Participantes

O objetivo, procedimentos e riscos do estudo foram informados, e um consentimento informado por escrito foi obtido de cada participante. Foram selecionados 35 participantes saudáveis, normotensos e não fumantes de acordo com o sexo (14 homens adultos e 11 mulheres adultas, 21,7 anos em média). Os critérios de exclusão incluem a) disfunção musculoesquelética que limitam o desempenho no membro avaliado; b) distúrbios neurológicos diagnosticados; c) história de doença cardiovascular, ortopédicas, pulmonar, metabólica; d) fazer parte de um treinamento de flexibilidade por pelo menos 6 meses antes do estudo.

3.3 Desenho experimental

Os participantes visitaram o laboratório em três ocasiões no mesmo horário do dia com intervalo mínimo de 48h. Na primeira sessão, eles foram familiarizados com os procedimentos do teste. Além disso, o torque passivo máximo tolerável durante o alongamento foi medido.

Nas visitas seguintes, que foram as sessões experimentais, os participantes fizeram um aquecimento em uma bicicleta ergométrica, modelo: spinning Kikos f51. Em uma baixa intensidade (usamos a escala de borg para mensurar o esforço). Depois disso, eles completaram as seguintes condições experimentais, em ordem aleatória em dias diferentes: 1) controle (por exemplo, sem alongamento) e 2) cinco séries de 1 minuto de alongamento passivo unilateral do tríceps sural com 15 segundos de descanso entre as séries (3).

Para evitar possíveis variações diurnas, os participantes foram sempre testados na mesma hora do dia e na mesma sala silenciosa e com temperatura controlada (~24°C). Foi solicitado que evitassem o consumo de cafeína e álcool e que não pratiquem exercícios físicos ou sessões de alongamento 72h antes dos testes.

As respostas cardíacas autonômicas do grupo controle e experimentais foram avaliadas imediatamente antes e imediatamente após - ex.: 15 minutos e 30 minutos - o alongamento passivo ou nenhum alongamento para o grupo controle.

Protocolo de alongamento muscular

Todo o alongamento foi realizado em dinamômetro isocinético (Biodex System 4, Biodex Medical Systems, EUA), sentado (ângulo de joelho de 0°), com os participantes orientados a manter a musculatura relaxada. Os flexores plantares foram alongados girando o tornozelo em dorsiflexão a 5°/s -1 até que a resistência passiva atinja 90% do torque de alongamento máximo tolerável, Utilizamos a escala de Borg para manter a intensidade do alongamento durante as sessões experimentais. O ângulo articular foi continuamente ajustado em direção à dorsiflexão durante o alongamento para manter o torque passivo.

Durante o alongamento muscular, a atividade eletromiográfica (software PowerLab 4/25T e Lab Chart pro 7; AD Instruments, Austrália) do gastrocnêmio e

sóleo do mesmo membro foi medida usando dois eletrodos (um em cada músculo) revestidos de prata com 10 mm de diâmetro colocados a 15 mm de distância no ventre desses músculos com a placa de referência colocada no maléolo medial do mesmo membro. O sinal foi amplificado, filtrado e exibido em um osciloscópio.



Imagem da disposição do voluntário no dinamômetro isocinético e de todos os equipamentos para medidas cardiovasculares.

3.4 Medidas

Parâmetros cardíacos autônomos

Parâmetros cardíacos como a frequência cardíaca e a pressão arterial foram medidas em uma base contínua batimento a batimento usando eletrocardiograma (BioAmp, MLA2540; ADInstruments, Bella Vista, NSW, Austrália) e fotopletismografia digital (Finometer Pro; Finapres Medical Systems Arnhem, Holanda), respectivamente. A pressão arterial braquial também foi medida com um esfigmomanômetro digital automatizado (Dixtal, DX2022, Manaus, Brazil) para

medidas precisas da pressão arterial e para confirmar as medidas dos dedos. A frequência respiratória foi monitorada visualmente para evitar a potencial influência de confusão de grandes excursões respiratórias nas medidas cardiovasculares. Ele foi monitorado por meio de uma pneumografia com medidor de tensão colocada em posição estável ao redor do abdome (cinta respiratória MLT1132; ADInstruments)

3.5 Coleta e análise de dados

Variabilidade da frequência cardíaca

A variabilidade da frequência cardíaca foi determinada de acordo com as diretrizes da Task force of the European Society of Cardiology e da North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). As variáveis foram amostradas a 1000 Hz e armazenadas para análise off-line (Cardioseries v2.4). Apenas segmentos sem ruído de sinal foram analisados. Todos os batimentos ectópicos no traçado de ECG foram identificados automaticamente e manualmente antes da exclusão da análise. A variabilidade da FC no domínio do tempo foi realizada usando a raiz quadrada da média da soma das diferenças sucessivas no intervalo RR (RMSSD), conforme recomendado para a estimativa da variabilidade de alta frequência de curto prazo da FC que é mediada principalmente pela atividade do nervo parassimpático (34). Uma transformação rápida de Fourier (512 pontos) foi utilizada para análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca. Os espectros de potência foram quantificados medindo a área sob as seguintes bandas de frequência: potência de frequência muito baixa (< 0,04Hz), potência de baixa frequência (0,04–0,15 Hz) e potência de alta frequência (0,15–0,4 Hz). A razão entre a potência de baixa frequência e a potência de alta frequência também foi calculada.

3.6 Análise estatística

Test T para amostras emparelhadas (teste w de wilcoxon) com quatro fatores ($\alpha=0,05$), tempo (imediatamente antes e imediatamente após). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software jamovi versão 2.3.16

4 RESULTADOS

A amostra foi composta por 25 pessoas, sendo 14 homens 11 mulheres. As características dos sujeitos são apresentadas na tabela 1. Homens e mulheres foram pareados por idade. O teste de Shapiro Wilk constatou que a amostra não representa uma distribuição normal.

Tabela 1A: Característica dos indivíduos.

	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão
Idade (anos)	Homem	13	21.77	2.0878	0.5791
	Mulher	11	21.36	3.5853	1.0810
Peso (kg)	Homem	14	79.24	11.0979	2.9660
	Mulher	11	59.93	7.6745	2.3140
Altura (cm)	Homem	14	1.77	0.0819	0.0219
	Mulher	11	1.65	0.0565	0.0170
IMC (kg/m ²)	Homem	14	25.16	2.0564	0.5496
	Mulher	11	22.06	2.5871	0.7800

Tabela 1B.

		Estatística	gl	p
Idade (anos)	t de Student	0.345	22.0	0.733
Peso (kg)	t de Student	4.913	23.0	< .001
Altura (cm)	t de Student	4.223	23.0	< .001
IMC (kg/m ²)	t de Student	3.339	23.0	0.003

Os valores P são derivados do test t de amostra independente. P < 0,05.

Tabela 2. Estatística descritiva do grupo controle.

	Tempo	Condição	N	Intervalo de Confiança a 95%		Mediana	Mínimo	Máximo	Percentis		
				Lim. Inferior	Lim. Superior				25th	50th	75th
LF ABS	Pré	Controle	25	801.301	1750.81	992.440	391.690	5854.30	585.230	992.440	1577.87
	Pós		25	957.685	2138.85	1061.910	117.990	6394.31	568.350	1061.910	2015.25
HF ABS	Pré		25	1030.061	2362.62	1270.950	240.440	7191.22	702.950	1270.950	1703.46
	Pós		25	1010.184	2667.94	1342.500	128.610	9130.80	701.010	1342.500	2073.03
LF/HF	Pré		25	0.752	1.69	0.760	0.190	5.31	0.580	0.760	1.59
	Pós		25	0.890	1.73	0.870	0.220	4.15	0.650	0.870	1.60
RMSSD	Pré		25	47.247	69.47	54.760	24.010	142.35	38.330	54.760	74.06
	Pós		25	47.731	72.95	55.380	17.130	150.53	37.540	55.380	73.25

Tabela 2. Estatística descritiva do grupo controle: Mediana, valor mínimo, valor máximo e percentis.

Tabela 3. Estatística descritiva do grupo alongamento..

	Tempo	Condição	N	Intervalo de Confiança a 95%		Mediana	Mínimo	Máximo	Percentis		
				Lim. Inferior	Lim. Superior				25th	50th	75th
LF ABS	Pré	Alongamento	25	668.473	1874.46	865.640	188.320	7545.95	690.900	865.640	1305.98
	Pós		25	642.404	1389.00	768.190	133.860	4783.05	631.080	768.190	1183.85
HF ABS	Pré		25	1043.340	1917.03	1184.530	137.970	4587.84	574.190	1184.530	2044.28
	Pós		25	1066.772	2369.55	1302.660	149.450	5573.60	485.440	1302.660	2078.90
LF/HF	Pré		25	0.742	1.46	0.860	0.190	4.14	0.570	0.860	1.41
	Pós		25	0.643	1.33	0.820	0.190	3.78	0.380	0.820	1.00
RMSSD	Pré		25	46.473	64.01	55.270	18.180	111.69	39.190	55.270	61.55
	Pós		25	45.662	68.96	53.700	15.800	120.57	35.310	53.700	68.75

Tabela 3. Estatística descritiva do grupo controle: Mediana, valor mínimo, valor máximo e percentil.

A figura 1A apresenta a resposta de um dos índices da análise do domínio da frequência para a variabilidade da frequência cardíaca. Para a condição controle a alta frequência absoluta (HF ABS) que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração, em geral, não se observou diferença estatisticamente significativa nos tempos pré vs pós $P = 0,731$.

A figura 1B apresenta a resposta de um dos índices da análise do domínio do tempo para a variabilidade da frequência cardíaca. Foi calculada a raiz quadrada da média da soma das diferenças ao quadrado dos sucessivos intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo (RMSSD), expresso em milissegundos e que representa a atividade parassimpática. Não foi encontrado diferença significativa para condição controle nos tempos pré vs pós $P = 0,916$.

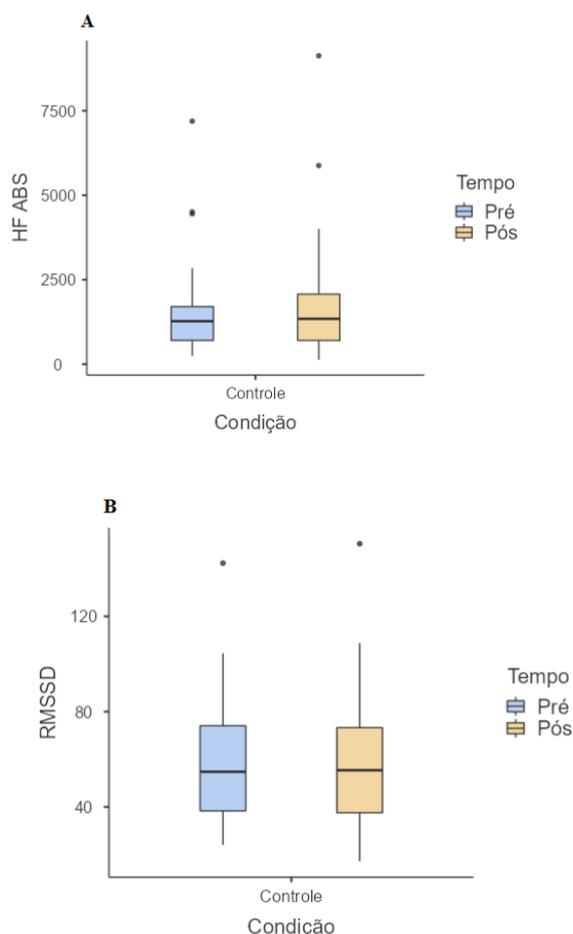


Figura 1: A e B: Resultado do grupo controle para HF ABS e RMSSD nos tempos pré vs pós, respectivamente. Os dados são expressos como mediana

(medida de tendência central), primeiro e terceiro quartil (medida de variabilidade). Os círculos pretos são os valores atípicos. * $P < 0,05$

A figura 2A apresenta a resposta de um dos índices da análise do domínio da frequência para a variabilidade da frequência cardíaca. Para a condição alongamento o HF ABS, em geral, não teve diferença estatisticamente significativa nos tempos pré vs pós $P = 0,508$.

A figura 2B apresenta a resposta de um dos índices da análise do domínio do tempo na variabilidade da frequência cardíaca. Para a condição alongamento, não se observou diferença no RMSSD nos tempos pré vs pós $P = 0,411$.

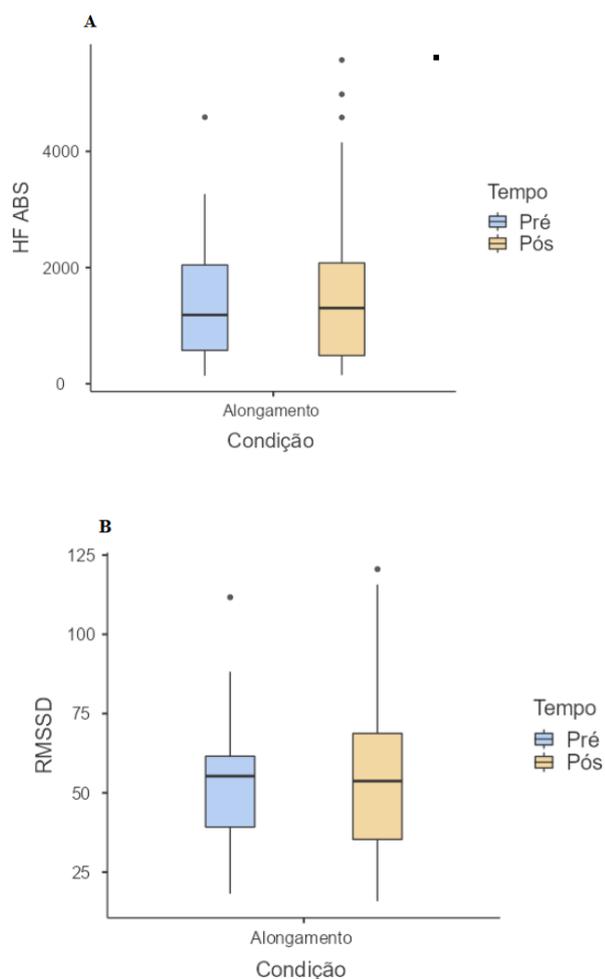


Figura 2: A e B: Resultado do grupo alongamento para HF ABS e RMSSD nos tempos pré vs pós. Os dados são expressos como mediana (medida de tendência

central) e primeiro e terceiro quartil (medida de variabilidade). Os círculos pretos são os valores atípicos. * $P < 0,05$.

5 DISCUSSÃO

Este estudo investigou o efeito do alongamento passivo muscular na variabilidade da frequência cardíaca em jovens saudáveis. O principal achado desse trabalho de conclusão de curso é que não foi observado um aumento significativo no HF ABS e RMSSD índices relacionados ao sistema nervoso parassimpático, após o alongamento muscular passivo, sendo assim, a nossa hipótese não foi confirmada.

Apesar disso, na análise do domínio da frequência, mais especificamente o componente de alta frequência (HF ABS) da variabilidade da frequência cardíaca que representa predominantemente o sistema nervoso autônomo parassimpático teve uma inclinação para cima e para direita, mesmo não sendo estatisticamente significativo. No que se refere à análise do componente de baixa frequência (LF ABS) que representa predominantemente o componente simpático sobre o coração, teve uma tendência a queda após o alongamento muscular passivo, porém, também não foi estatisticamente significativo. A relação LF/HF que reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração, também não teve aumento estatisticamente significativo após o alongamento. Na análise de domínio do tempo, o RMSSD, não teve um comportamento significativo diferente quando comparado os tempos pré vs pós na condição alongamento, e esse resultado foi diferente quando comparado a outro artigo, do Logan e Yeo publicado em 2017, apesar de ter feito alongamento ativo e não passivo como neste trabalho (44).

Silva e colaboradores (44), não relataram mudanças significativas nos índices de frequência cardíaca ou variabilidade da frequência cardíaca 10 minutos após exercício de alongamento em homens jovens treinados. Silva e colaboradores, ainda argumentam que uma possível explicação para a discrepância é que o volume de trabalho realizado durante esta intervenção de alongamento não foi suficiente para produzir mudanças significativas na função autonômica 10 minutos após a intervenção. São resultados semelhantes com os do presente estudo, porém o alongamento foi feito de forma ativa e não passiva.

Até onde sabemos, apenas um estudo examinou os efeitos agudos do alongamento passivo na variabilidade da frequência cardíaca. Inami e colaboradores (1) avaliaram a variabilidade da frequência cardíaca em repouso, durante e até 5 minutos após alongamento passivo em homens jovens saudáveis. Os participantes realizaram cinco séries de 1 minuto de alongamento passivo estático para os músculos da panturrilha em homens jovens saudáveis. Os resultados desta investigação mostraram aumentos na potência de HF durante e 5 minutos após o alongamento passivo muscular. Curiosamente o protocolo desse artigo é bem semelhante ao que fizemos e a análise de domínio da frequência pós exercício resultou em achados diferentes.

A grande maioria dos artigos que abordaram esse tema sobre alongamento muscular estático foram feitas com protocolos de alongamento ativo, tendo poucos artigos com protocolos de alongamento passivo. As descobertas de Inami e colaboradores (1) e as nossas são divergentes umas das outras. Essa lacuna de informações sobre o funcionamento da variabilidade da frequência cardíaca após o alongamento passivo muscular mostra o quanto é importante mais investigações sobre essa área do conhecimento. Protocolos com técnicas minimamente invasivas em humanos saudáveis e até o papel do sistema nervoso autônomo na hipertensão é essencial e uma importante área de investigação (34), por exemplo, podem ser uma contribuição importante para o avanço do entendimento dos seres humanos durante e após o exercício físico.

Portanto, este trabalho mostrou através dos dados da variabilidade da frequência cardíaca que a predominância do tônus parassimpático após o alongamento muscular passivo não superou a predominância do tônus parassimpático no repouso.

REFERÊNCIAS

1. Inami T, Shimizu T, Baba R, Nakagaki A. Acute changes in autonomic nerve activity during passive static stretching. *Am J Sport Sci Med.* 2014;2(4):166–70.
2. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, Mchugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41:1–11.
3. Trajano GS, Nosaka K, B. Seitz L, Blazevich AJ. Intermittent stretch reduces force and central drive more than continuous Stretch. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(5):902–10.
4. Eda N, Ito H, Akama T. Beneficial effects of Yoga stretching on salivary stress hormones and parasympathetic nerve activity. *J Sport Sci Med.* 2020;19:695–702.
5. Khattab K, Khattab AA, Ortak J, Richardt G, Bonnemeier H. Iyengar Yoga increases cardiac parasympathetic nervous modulation among healthy yoga practitioners. *Evidence-based Complement Altern Med.* 2007;4(4):511–7.
6. Sinoway L, Prophet S, Gorman I, Mosher T, Shenberger J, Dolecki M, et al. Muscle acidosis during static exercise is associated with calf vasoconstriction. *J Appl Physiol.* 1989;66(1):429–36.

7. Teixeira AL, Fernandes IA, Vianna LC. Cardiovascular control during exercise: the connectivity of skeletal muscle afferents to the brain. *Exerc Sport Sci Rev.* 2020;48(2):83–91.
8. Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise: Insights from the 1970-1971 Oxford studies. *Exp Physiol.* 2012;97(1):14–9.
9. Michelini LC, O’Leary DS, Raven PB, Nóbrega ACL. Neural control of circulation and exercise: A translational approach disclosing interactions between central command, arterial baroreflex, and muscle metaboreflex. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol.* 2015;309(3):381–92.
10. Fisher JP, Young CN, Fadel PJ. Autonomic adjustments to exercise in humans. *Compr Physiol.* 2015;5(2):475–512.
11. Kaufman MP, Hayes SG. The exercise pressor reflex. *Clin Auton Res.* 2002;12(6):429–39.
12. Fisher JP, Bell MPD, White MJ. Cardiovascular responses to human calf muscle stretch during varying levels of muscle metaboreflex activation. *Exp Physiol.* 2005;90(5):773–81.
13. Trajano GS, Blazeovich AJ. Static stretching reduces motoneuron excitability: the potential role of neuromodulation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2021;49(2):126–32.
14. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JDMD, Després J-P, Dishman RK, Franklin BA, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(6):975–91.

15. Trajano GS, Nosaka K, B. Seitz L, Blazeovich AJ. Intermittent stretch reduces force and central drive more than continuous Stretch. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(5):902–10.
16. Trajano GS, Nosaka K, Blazeovich AJ. Neurophysiological mechanisms underpinning stretch-induced force loss. *Sport Med.* 2017;47(8):1531–41.
17. Coote JH, Hilton SM, Perez-Gonzalez JF. The reflex nature of the pressor response to muscular exercise. *J Physiol.* 1971;215(3):789–804.
18. Gladwell VF, Coote JH. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: A role for mechanoreceptors. *J Physiol.* 2002 May 1;540(3):1095–102.
19. Kaufman MP, Longhurst JC, Rybicki KJ, Wallach JH, Mitchell JH. Effects of static muscular contraction on impulse activity of groups III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1983;55(1):105–12.
20. Mense S, Meyer H. Different types of slowly conducting afferent units in cat skeletal muscle and tendon. *J Physiol.* 1985;363(1):403–17.
21. Antonino D, Teixeira AL, Maia-Lopes PM, Souza MC, Sabino-Carvalho JL, Murray AR, et al. Non-invasive vagus nerve stimulation acutely improves spontaneous cardiac baroreflex sensitivity in healthy young men: A randomized placebo-controlled trial. *Brain Stimul.* 2017;10(5):875–81.
22. Clancy JA, Mary DA, Witte KK, Greenwood JP, Deuchars SA, Deuchars J. Non-invasive Vagus nerve stimulation in healthy humans reduces sympathetic nerve activity. *Brain Stimul.* 2014;7(6):871–7.

23. Teixeira AL, Ritti-Dias R, Antonino D, Bottaro M, Millar PJ, Vianna LC. Sex differences in cardiac baroreflex sensitivity after isometric handgrip exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(4):770–7.
24. Inder JD, Carlson DJ, Dieberg G, Mcfarlane JR, Hess NCL, Smart NA. Isometric exercise training for blood pressure management: A systematic review and meta-analysis to optimize benefit. *Hypertens Res.* 2016;39(2):89–94.
25. Olshansky B, Sabbah HN, Hauptman PJ, Colucci WS. Parasympathetic nervous system and heart failure pathophysiology and potential implications for therapy. *Circulation.* 2008;118(8):863–71.
26. De Ferrari GM, Sanzo A, Bertoletti A, Specchia G, Vanoli E, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity predicts long-term cardiovascular mortality after myocardial infarction even in patients with preserved left ventricular function. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(24):2285–90.
27. Sales ARK, Silva BM, Neves FJ, Rocha NG, Medeiros RF, Castro RRT, et al. Diet and exercise training reduce blood pressure and improve autonomic modulation in women with prehypertension. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(9):3369–78.
28. Pescatello LS, Buchner DM, Jakicic JM, Powell KE, Kraus WE, Bloodgood B, et al. Physical activity to prevent and treat hypertension: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(6):1314–23.
29. Laterza MC, De Matos LDNJ, Trombetta IC, Braga AMW, Roveda F, Alves MJNN, et al. Exercise training restores baroreflex sensitivity in never-treated hypertensive patients. *Hypertension.* 2007;49(6):1298–306.

30. La Rovere MT, Pinna GD, Raczak G. Baroreflex sensitivity: Measurement and clinical implications. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2008;13(2):191–207.
31. Mansur DE, Campos MO, Mattos JD, Paiva ACS, Rocha MP, Videira RLR, et al. Muscle sympathetic nerve activity and hemodynamic responses to venous distension: does sex play a role? *Sustainability.* 2019;11(1):1–14.
32. Naci H, Salcher-Konrad M, Dias S, Blum MR, Sahoo SA, Nunan D, et al. How does exercise treatment compare with antihypertensive medications? A network meta-analysis of 391 randomised controlled trials assessing exercise and medication effects on systolic blood pressure. *Br J Sports Med.* 2019 Jul 1;53(14):859–69.
33. Fisher JP, Ogoh S, Junor C, Khaja A, Northrup M, Fadel PJ, et al. Spontaneous baroreflex measures are unable to detect age-related impairments in cardiac baroreflex function during dynamic exercise in humans NIH Public Access Author Manuscript. *Exp Physiol.* 2009;94(4):447–58.
34. Malik M, John Camm A, Thomas Bigger J, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J.* 1996 Mar 1;17:354–81.
35. Stauss HM. Identification of blood pressure control mechanisms by power spectral analysis. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007;34:362–8.
36. Vianna LC, Fernandes IA, Barbosa TC, Teixeira AL, Nóbrega ACL. Capsaicin-based analgesic balm attenuates the skeletal muscle metaboreflex in healthy humans. *J Appl Physiol.* 2018;125:362–8.
37. Lahiri, MK, Kannankeril, PJ, and Goldberger, JJ. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease. Physiological basis and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol* 51: 1725–1733, 2008.

- 38 Lauer, MS. Autonomic function and prognosis. *Cleve Clin J Med* 76: S18–S22, 2009.
39. Pal, GK, Adithan, C, Ananthanarayanan, PH, Pal, P, Nanda, N, Durgadevi, T, et al. Sympathovagal Imbalance contributes to prehypertension status and cardiovascular risks attributed by insulin resistance, inflammation, dyslipidemia and oxidative stress in first degree relatives of type 2 diabetics. *PLoS One* 8: e78072, 2013.
40. Piccirillo, G, Bucca, C, Bauco, C, Cinti, AM, Michele, D, Fimognari, FL, et al. Power spectral analysis of heart rate in subjects over a hundred years old. *Int J Cardiol* 63: 53–61, 1998.
- 41 Kikuya, M, Hozawa, A, Ohokubo, T, Tsuji, I, Michimata, M, Matsubara, M, et al. Prognostic significance of blood pressure and heart rate variabilities: The ohasama study. *Hypertension* 36: 901– 906, 2000.
- 42 Tsuji, H, Larson, MG, Venditti, FJ, Manders, ES, Evans, JC, Feldman, CL, et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circulation* 94: 2850–2855, 1996.
- 43 Goldberger, JJ, Le, FK, Lahiri, M, Kannankeril, PJ, Ng, J, and Kadish, AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 290: H2446–H2452, 2006
- 44 Logan, JG and Yeo, SA. Effects of stretching exercise on heart rate variability during pregnancy. *J Cardiovasc Nurs* 32: 107–111, 2017
- ,
- 45 Silva, G, Conceição, R, Di Masi, F, Domingos, T, Herdy, C, and Silveira, A. Low intensity static stretching does not modulate heart rate variability in trained men. *MedicalExpress* 3: 1–6, 2016.

