

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

**EFEITO DA ORDEM DE EXECUÇÃO DO EXERCÍCIO COMBINADO NA
GLICEMIA, PRESSÃO ARTERIAL E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA EM MULHERES PÓS-MENOPASADAS COM DIABETES
MELLITUS TIPO 2**

CAROLINE PEREIRA GARCÊS

UBERLÂNDIA
2023

CAROLINE PEREIRA GARCÊS

**EFEITO DA ORDEM DE EXECUÇÃO DO EXERCÍCIO COMBINADO NA
GLICEMIA, PRESSÃO ARTERIAL E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS COM DIABETES
MELLITUS TIPO 2**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Morais Puga

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nadia Carla Cheik

UBERLÂNDIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G215
2023

Garcês, Caroline Pereira, 1998-
Efeito da ordem de execução do exercício combinado na
glicemia, pressão arterial e variabilidade da frequência
cardíaca em mulheres pós-menopausadas com Diabetes
Mellitus tipo 2 [recurso eletrônico] / Caroline Pereira
Garcês. - 2023.

Orientador: Guilherme Morais Puga.

Coorientadora: Nadia Carla Cheik.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Ciências da Saúde.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.13>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ciências médicas. I. Puga, Guilherme Morais, 1982-,
(Orient.). II. Cheik, Nadia Carla, 1977-, (Coorient.).
III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação
em Ciências da Saúde. IV. Título.

CDU: 61

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - Acadêmico

Av. Pará, 1720, Bloco 2H, Sala 11 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3225-8628 - www.ppcsafamed.ufu.br - ppcsafamed@ufu.br

**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências da Saúde				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico Nº 15/PPCSA				
Data:	06.12.2023	Hora de início:	08:30h	Hora de encerramento:	10:30h
Matrícula do Discente:	12122CSD002				
Nome do Discente:	Caroline Pereira Garcês				
Título do Trabalho:	Efeito da ordem de execução do exercício combinado na glicemia, pressão arterial e variabilidade da frequência cardíaca em mulheres pós-menopausadas com Diabetes Mellitus tipo 2				
Área de concentração:	Ciências da Saúde				
Linha de pesquisa:	2: Diagnóstico, Tratamento e Prognóstico das Doenças e Agravos à Saúde				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Avaliação e Intervenção com Atividades Físicas em Pacientes com Doenças Crônicas não Transmissíveis				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, assim composta: Professores Doutores: Ana Cláudia Garcia de Oliveira Duarte (UFSCAR), Lucieli Teresa Cambri (UFMT) e Guilherme Morais Puga (UFU) orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Guilherme Morais Puga, apresentou a Comissão Examinadora e o candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Morais Puga, Professor(a) do Magistério Superior**, em 06/12/2023, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lucieli Teresa Cambri, Usuário Externo**, em 06/12/2023, às 10:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cláudia Garcia de Oliveira Duarte, Usuário Externo**, em 06/12/2023, às 10:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5021289** e o código CRC **B5455260**.

CAROLINE PEREIRA GARCÊS

Efeito da ordem de execução do exercício combinado na glicemia, pressão arterial e variabilidade da frequência cardíaca em mulheres pós-menopausadas com Diabetes Mellitus tipo 2.

Presidente da banca (orientador): Prof. Dr. Guilherme Morais Puga

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Ciências da Saúde.

Banca Examinadora

Titular: Profa. Dra. Ana Cláudia Garcia de Oliveira Duarte

Instituição: Universidade Federal de São Carlos

Titular: Profa. Dra. Lucieli Teresa Cambri

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, me dar sabedoria e força para ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da minha jornada acadêmica, especialmente durante o mestrado.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais e aos meus irmãos, pelo esforço para sempre me proporcionarem o melhor e por sempre me apoiarem, me incentivarem e estarem ao meu lado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme Puga, pela sua orientação, ensinamentos, paciência e por ter me recebido tão bem em seu grupo de pesquisa, tenho muito orgulho de fazer parte do GepemCardio.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Nadia Cheik, pela coorientação, ensinamentos e por todo o suporte e incentivo para a realização dessa pesquisa.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, pelos ensinamentos, momentos vividos e experiências compartilhadas, sobretudo a Tállita, ao Igor e a Ana Luiza por tudo que me ensinaram e por todas as conversas que tivemos, vocês foram fundamentais na minha formação. Agradeço, também, a Tássia, Juliana e a Ana Clara por terem sido minhas parceiras ao longo desses dois anos, pelo apoio, por sempre me encorajarem e terem me ajudado com o desenvolvimento da minha pesquisa, vocês fizeram desse momento mais leve, divertido e feliz.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivo. Em especial, minhas amigas Rayane e Vitória por sempre me ouvirem, torcerem por mim e por cada encorajamento nos momentos desafiadores. Vocês foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

As voluntárias que participaram dessa pesquisa, meus sinceros agradecimentos, sem vocês nada disso teria sido possível. Serei eternamente grata por todo o carinho que recebi, vocês sempre ficarão guardadas no meu coração.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Por fim, a todos que participaram e contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

RESUMO

Introdução: O Diabetes tipo 2 (DM2) pode ocasionar efeitos deletérios na saúde, especialmente em mulheres após a menopausa. Os exercícios aeróbios e resistidos são eficazes no tratamento e prevenção de complicações da doença, entretanto, a ordem ideal da realização desses exercícios em uma sessão simultânea permanece desconhecida. **Objetivo:** Este estudo comparou a ordem de execução de uma sessão de exercício combinado na glicemia, pressão arterial (PA) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em mulheres pós-menopausadas com DM2. **Metodologia:** Ensaio clínico, cruzado e randomizado, com 15 mulheres na pós-menopausa com DM2 que realizaram três condições experimentais: (I) 30 minutos de exercício aeróbio (50 a 60% da frequência cardíaca de reserva) seguido de 30 minutos de exercício resistido (3 séries de 8-12 repetições máximas) (AR); (II) Exercício resistido seguido de exercício aeróbio (RA); (III) Sessão em repouso (CON). A glicemia foi avaliada nos momentos pré, meio, imediatamente no fim do exercício e 20, 40 e 60 minutos após a intervenção. A PA foi avaliada pré-intervenção e 20, 40 e 60 minutos após o exercício. A VFC foi avaliada pré e 10, 30 e 50 minutos pós-exercício. **Resultados:** Após a realização do exercício aeróbio, a sessão AR apresentou menor valor glicêmico em comparação à sessão CON ($p=0,01$). A ordem AR mostrou menor área sob a curva da glicemia durante o exercício em comparação com RA e CON ($p<0,05$). Pós-exercício todas as sessões experimentais reduziram a glicemia ($p<0,05$), sem diferença entre as condições ($p>0,05$). Ambas as sessões com exercício reduziram a PA sistólica ($p<0,05$), entretanto, apenas a ordem AR proporcionou redução da PA diastólica ($p=0,01$) após o exercício. Independente da ordem, as sessões com exercício reduziram os índices de domínio do tempo da VFC ($p<0,05$). **Conclusão:** A ordem AR promoveu maior redução glicêmica durante o exercício e parece ser mais eficaz na redução da PA após o exercício, entretanto, sem diferença na VFC.

Palavras-chave: Exercício aeróbio, Musculação, Controle glicêmico, Hipotensão pós-exercício, Sistema nervoso autônomo, Pós-menopausa, Diabetes tipo 2.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes (T2D) can cause deleterious effects on health, especially in women after menopause. Aerobic and resistance exercises are effective in the treatment and prevention of disease complications; however, the optimal order of performing these exercises in a simultaneous session remains unknown. **Objective:** This study compared the order of execution of a combined exercise session on glycemia, blood pressure (BP), and heart rate variability (HRV) in postmenopausal women with T2D. **Methodology:** Clinical, crossover, and randomized trial with 15 postmenopausal women with T2D who underwent three experimental conditions: (I) 30 minutes of aerobic exercise (50 to 60% of reserve heart rate) followed by 30 minutes of resistance exercise (3 sets of 8-12 maximum repetitions) (AR); (II) Resistance exercise followed by aerobic exercise (RA); (III) Resting session (CON). Glycemia was assessed at pre, mid, immediately at the end of exercise, and 20, 40, and 60 minutes after the intervention. BP was assessed pre-intervention and at 20, 40, and 60 minutes after exercise. HRV was assessed pre and at 10, 30, and 50 minutes post-exercise. **Results:** After the aerobic exercise, the AR session showed a lower glycemic value than the CON session ($p=0.01$). The AR order showed a lower area under the glycemic curve during exercise compared to RA and CON ($p<0.05$). Post-exercise, all experimental sessions reduced glycemia ($p<0.05$), with no difference between conditions ($p>0.05$). Both exercise sessions reduced systolic BP ($p<0.05$); however, only the AR order resulted in a reduction in diastolic BP ($p=0.01$) after exercise. Regardless of the order, exercise sessions reduced time domain indices of HRV ($p<0.05$). **Conclusion:** The AR order promoted greater glycemic reduction during exercise and appears to be more effective in reducing BP after exercise; however, without a difference in HRV.

Keywords: Aerobic exercise, Resistance exercise, Glycemic control, Post-exercise hypotension, Autonomic nervous system, Postmenopause, Type 2 Diabetes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Study design.....	28
Figura 2 - Study Flowchart.....	32
Figura 3 - Glycemic response during and after exercise and their corresponding area under the curve.....	35
Figura 4 - Blood pressure response after exercise and the corresponding area under the curve.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Characteristics of the participants.....	32
Tabela 2 - Dietary intake of participants on the day before the experimental sessions.....	33
Tabela 3 - Absolute blood glucose values pre and post-exercise during experimental sessions.....	34
Tabela 4 - Absolute values of time and frequency domain indices pre and post-exercise in the experimental sessions.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACE	Angiotensin-converting enzyme
AGEs	Produtos finais de glicação avançada
AR	Aerobic - Resistance
AR	Aeróbio - Resistido
ARB	Angiotensin II Receptor Blocker
AUC	Area under the curve
BMI	Body Mass Index
BP	Blood pressure
CCB	Calcium Channel Blockers
CON	Controle
DBD	Diastolic blood pressure
DM	Diabetes Mellitus
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
HbA1c	Glycated hemoglobin
HbA1c	Hemoglobina glicada
HF	High-frequency
HRR	Heart rate reserve
HRV	Heart rate variability
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
LF	Low-frequency
MHR	Maximum heart rate
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
RA	Resistance - Aerobic
RA	Resistido - Aeróbio
RHR	Resting heart rate
RMSSD	Square root of the mean squared difference of successive R-R intervals
RVP	Resistência vascular periférica
SBD	Systolic Blood Pressure
SD	Standard deviation
SDNN	Standard deviation of all normal R-R intervals
T2DM	Type 2 Diabetes Mellitus
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. Período após a menopausa	15
2.2. Diabetes Mellitus tipo 2	16
2.3. Exercício combinado e Diabetes Mellitus tipo 2	17
3 OBJETIVOS	20
3.1. Objetivo geral.....	20
3.2. Objetivos específicos	20
4 MANUSCRITO	21
Abstract.....	22
Introduction.....	23
Materials and methods	25
<i>Study participants</i>	<i>26</i>
<i>First visit</i>	<i>26</i>
<i>Familiarization</i>	<i>27</i>
<i>Breakfast</i>	<i>27</i>
<i>Dietary assessment</i>	<i>27</i>
<i>Experimental sessions</i>	<i>28</i>
<i>Aerobic exercise</i>	<i>29</i>
<i>Resistance exercise</i>	<i>29</i>
<i>Control session</i>	<i>29</i>
<i>Anthropometric and body composition assessment</i>	<i>29</i>
<i>Glycemic assessment</i>	<i>30</i>
<i>Assessment of blood pressure</i>	<i>30</i>
<i>Assessment of heart rate variability</i>	<i>30</i>
<i>Statistical analysis</i>	<i>31</i>

Results	31
Discussion	38
Conclusion	42
References	42
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICES	52
Apêndice 1 - Anamnese	52
Apêndice 2 - Ficha de dados antropométricos e da sessão de familiarização	53
Apêndice 3 - Ficha de coleta	54
ANEXOS	55
Anexo 1 - Avaliação do nível de atividade física	55
Anexo 2 – Aprovação do Comitê de Ética	56

1 INTRODUÇÃO

Após a menopausa, doenças metabólicas e cardiovasculares tornam-se altamente prevalentes devido à redução dos níveis estrogênicos que ocasionam alterações no metabolismo lipídico, glicídico, além de impactar diretamente a função vascular. O aumento da gordura visceral, a redistribuição da gordura corporal para a região abdominal, além da redução da massa magra, são fatores que estão relacionados à maior incidência de doenças, como o Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), nessa população (PASCHOU; PAPANAS, 2019).

O DM2 consiste em um distúrbio metabólico caracterizado por hiperglicemia persistente, devido à falha na secreção do hormônio insulina e/ou na capacidade do organismo de usar efetivamente a insulina que produz (IDF, 2021). O tratamento da doença inclui a adoção de um estilo de vida saudável, como dieta e prática de atividade física, além do uso de antidiabéticos orais e/ou insulina. Quando não tratado, suas complicações incluem doenças renais, cardíacas, cegueira, amputações de membros e morte (IDF, 2021).

O exercício físico é capaz de melhorar a tolerância à glicose, sensibilidade à insulina, reduzir a glicemia de jejum e os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c), além de diminuir e controlar fatores de risco cardiovascular (DUCLOS; VIRALLY; DEJAGER; 2011; CANNATA et al., 2020). As atuais diretrizes recomendam a prática de exercício físico aeróbio e resistido para pessoas com DM2, o que se denomina como exercício combinado (SBD, 2019-2020; ADA, 2020). Entretanto, apesar dos resultados relevantes do exercício físico combinado em pessoas com DM2, ainda não se sabe se fatores, como a ordem de execução dessas modalidades, interferem nas respostas cardiometabólicas ao exercício, especialmente no que se refere às mulheres na pós-menopausa com DM2. Nesse contexto, otimizar a ordem de realização dos exercícios pode ser uma estratégia importante para se obter melhor controle glicêmico, redução do risco de hipoglicemia durante e após a prática de exercício, além de aumentar a eficácia do exercício no que se refere à controle de fatores de risco cardiovascular.

Portanto, torna-se importante identificar a sequência de exercícios (aeróbio + resistido ou resistido + aeróbio) mais eficaz para promover melhores efeitos cardiometabólicos em mulheres na pós-menopausa. Esses achados podem proporcionar novas formas de prescrição de exercícios físicos, que podem ser facilmente adotadas para atingir um melhor controle metabólico e prevenir o desenvolvimento e progressão de complicações relacionadas ao DM2, garantindo a efetividade deste tratamento de forma individualizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Período após a menopausa

Ao longo da vida, a mulher apresenta diferentes ciclos hormonais que se iniciam na puberdade, através da menarca, e perduram até a menopausa, momento que marca o fim da vida reprodutiva (TAKAHASHI; JOHNSON, 2015; SELBAC et al., 2018). A transição fisiológica da fase reprodutiva para a não reprodutiva na vida da mulher é chamada de climatério e durante esse período há uma falência progressiva da função ovariana, resultando na cessação da produção de hormônios esteroides e ovulação, o que ocasiona em amenorreia permanente, conhecida como menopausa (TAKAHASHI; JOHNSON, 2015; SELBAC et al., 2018). A menopausa corresponde à última menstruação, sendo que o diagnóstico é oficializado somente após 12 meses consecutivos de ausência menstrual. Após esse período, inicia-se a fase denominada pós-menopausa, que é definida pelo período que segue após a última menstruação espontânea (TAKAHASHI; JOHNSON, 2015; WARD; DENERIS, 2018).

Após a menopausa, devido à deficiência de estrogênio, ocorrem mudanças na composição corporal, como o aumento da gordura visceral, bem como a redistribuição da gordura para a região abdominal (OPOKU et al., 2023). Esses são fatores importantes que contribuem para a alteração do metabolismo lipídico e glicídico, que por sua vez, podem ocasionar no desenvolvimento e agravamento de doenças (NAIR et al., 2021; OPOKU et al., 2023). Além disso, o estrogênio exerce papel importante na homeostase da glicose. A menopausa está associada à redução da secreção de insulina pelo pâncreas, bem como à redução da sua eliminação, resultando em pequenas alterações nos níveis circulantes de insulina. Por outro lado, a resistência à insulina aumenta progressivamente com a idade, predispondo as mulheres na pós-menopausa a desenvolverem DM2 (WEDISINGHE; PERERA, 2009; OPOKU et al., 2023).

Durante a pré-menopausa, as mulheres apresentam menor prevalência de doenças cardiovasculares em comparação com homens da mesma faixa etária. No entanto, após a menopausa, observa-se um notável aumento na prevalência dessa condição entre as mulheres, o que sugere que as mudanças hormonais associadas à menopausa desempenham papel crucial como fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares nessa população (CARBONEL et al., 2020). O estrogênio atua promovendo vasodilatação, através do aumento da síntese de óxido nítrico, diminui a síntese de endotelina-1, inibe processos de

remodelação vascular e ajusta a atividade do Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona e do sistema simpático. Essa influência confere importantes efeitos protetores durante a idade reprodutiva, mas essa proteção é significativamente revertida após a menopausa (DI GIOSIA et al., 2018; NAIR et al., 2021). Dessa forma, a transição menopausal é responsável por modificações que podem favorecer o desenvolvimento de hipertensão, visto que tais fatores influenciam na regulação da pressão arterial (SABBATINI; KARARIGAS, 2020).

Além disso, há evidências de que o estrogênio influencia no controle autonômico da frequência cardíaca, impactando na modulação vagal e simpática (LIU et al., 2003). Brockbank et al. (2000) encontraram que mulheres na pós-menopausa apresentam menor variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em comparação com mulheres na pré-menopausa. Ademais, Von Holzen et al. (2016) encontraram, através de uma revisão da literatura, um declínio significativo dos parâmetros vagais da VFC em direção a uma dominância simpática após a menopausa. Nesse contexto, acredita-se que as mudanças hormonais desempenham papel essencial na incidência e fisiopatologia da hipertensão e outras doenças cardiovasculares em mulheres após a menopausa (DI GIOSIA et al., 2018; NAIR et al., 2021). Portanto, o controle de fatores de risco cardiovascular nessa população torna-se fundamental.

2.2. Diabetes Mellitus tipo 2

O Diabetes Mellitus (DM) é uma doença que apresenta alta e crescente prevalência em todo mundo. No Brasil, 16,8 milhões de pessoas possuem DM, sendo o 5º país do mundo com maiores números de adultos acometidos por essa doença que ocasiona um conjunto de distúrbios metabólicos. O DM caracteriza-se por uma situação de hiperglicemia persistente decorrente da ausência de insulina ou produção insuficiente desse hormônio e/ou na capacidade do organismo de usar efetivamente a insulina que produz (IDF, 2021).

A classificação do DM baseia-se em sua etiologia e os principais fatores causais são genéticos, biológicos e ambientais (SBD, 2019 - 2020). O DM2 é o tipo mais prevalente da doença, correspondendo a 90% dos casos, e resulta da combinação de fatores ambientais e genéticos que ocasiona deficiência na ação e/ou secreção da insulina (SBD, 2019 - 2020). Os principais fatores de risco para o DM2 são: histórico familiar da doença, processo de envelhecimento, obesidade, sedentarismo, diagnóstico prévio de pré-diabetes ou diabetes

mellitus gestacional, além da presença de componentes da síndrome metabólica, como hipertensão arterial e dislipidemia (SBD, 2019 - 2020).

Um estado de hiperglicemia crônico ocasiona efeitos deletérios em múltiplos sistemas e órgãos do corpo humano, especialmente no sistema cardiovascular. Há evidências de que os produtos finais de glicação avançada (AGEs, do inglês, Advanced Glycation End-products) estão envolvidos na patogênese das complicações vasculares diabética (FUHR et al., 2022). A elevação contínua dos níveis de glicose no sangue está intimamente ligada ao aumento na produção de AGEs, o que resulta em inflamação, hipermeabilidade vascular, redução da elasticidade e flexibilidade dos vasos, além de aumento da rigidez vascular e miocárdica, contribuindo para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como hipertensão arterial e aterosclerose (FUHR et al., 2022; KHALID; PETROIANU; ADEM, 2022).

Além disso, o aumento do estresse oxidativo e da produção de AGEs, devido ao excesso de glicose, também acometem vasos e fibras nervosas, afetando o funcionamento do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático (WILLIAMS et al., 2022). Esses efeitos resultam em danos endoteliais microvasculares nas redes capilares neuronais do sistema nervoso autônomo, ocasionando a neuropatia diabética, que se constitui como uma das principais complicações do DM2 e pode ocasionar manifestações como ortostase, taquicardia em repouso, intolerância ao exercício e infarto do miocárdio (AGASHE; PETAK, 2018; WILLIAMS et al., 2022). Nesse contexto, o controle metabólico é fundamental no manejo do DM2, visto que reduz substancialmente o risco de complicações da doença.

2.3. Exercício combinado e Diabetes Mellitus tipo 2

A prática de exercício físico é uma importante intervenção não farmacológica no tratamento do DM2, capaz de melhorar o controle glicêmico e auxiliar na prevenção de complicações agudas e crônicas da doença (DUCLOS; VIRALLY; DEJAGER; 2011; CANNATA et al., 2020). Dentre os diversos efeitos, o exercício é capaz de aumentar a captação de glicose durante e após a prática, através de mecanismos independentes e dependentes da insulina (COLBERG et al., 2010). Há evidências que após uma única sessão de exercício a captação de glicose permanece aumentada por até 2 horas, por vias que não dependem da insulina, e até 48 horas através de vias mediadas pela insulina (MIKINES et al., 1988, CARTEE et al., 1989).

As atuais diretrizes recomendam a realização do exercício aeróbio e resistido para pessoas com DM2, o que se denomina exercício combinado (KANALEY et al., 2022; SILVA JÚNIOR et al., 2022). O exercício aeróbio consiste em movimentos contínuos e rítmicos de grandes grupos musculares, como caminhada, corrida e ciclismo. Por outro lado, o exercício resistido envolve movimentos utilizando pesos livres, aparelhos de musculação, exercícios com peso corporal ou faixas elásticas (KIRWAN; SACKS; NIEUWOUDT, 2017). Na literatura, tem sido frequentemente discutido o efeito da ordem de execução do exercício combinado em diversas populações e variáveis, visto que o exercício de força e o aeróbio são caracterizados por adaptações cardiovasculares e neuromusculares específicas e diferentes (CADORE et al., 2013).

No que se refere à glicemia, o exercício aeróbio e resistido ocasionam efeitos fisiológicos distintos (BACCHI et al., 2012). Em indivíduos com DM2 que realizam atividade física aeróbia moderada, a captação de glicose geralmente aumenta mais do que a produção hepática de glicose e, portanto, a glicemia tende a cair (MINUK et al., 1981). Por outro lado, durante o exercício resistido, devido ao aumento dos níveis de catecolaminas, hormônio do crescimento e/ou lactato pode haver aumento da glicemia durante o exercício (FARINHA et al., 2017). Jiménez et al. (2009) avaliaram os efeitos agudos do exercício resistido em pessoas com Diabetes tipo 1 e encontraram que a sensibilidade à insulina permaneceu inalterada 12 e 36 horas após a sessão, sugerindo que o exercício resistido pode não causar tanta resposta hipoglicêmica pós-exercício em comparação com o exercício aeróbio. Corroborando com esse achado, um estudo realizado por Ferreira Neta (2017) encontrou que o treinamento aeróbio ocasionou maior número de hipoglicemia em comparação com o treinamento resistido e combinado em mulheres com DM2.

Em relação à ordem de execução do exercício combinado, estudos anteriores relataram diferentes respostas do hormônio de crescimento em homens jovens saudáveis (GOTO et al., 2005) e em pessoas com Diabetes tipo 1 (YARDLEY et al., 2014) e do cortisol em homens jovens sem diabetes (JONES et al., 2017). Além disso, em não diabéticos, a realização do exercício aeróbio após o resistido resultou em maior disponibilidade de gordura durante o exercício (GOTO et al., 2007) e sabe-se que tais fatores influenciam na resposta glicêmica aguda, visto que interferem na liberação e utilização da glicose como substrato energético durante o exercício. Nesse contexto, Bellini et al. (2021) avaliaram os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado e relataram maiores benefícios

para pacientes com DM2 quando o exercício aeróbio foi realizado antes do resistido. Por outro lado, Côrrea et al. (2021) encontraram que o exercício combinado, independente da ordem, foi eficaz na resposta glicêmica aguda em idosos com DM2. Divergindo desses achados, um estudo de Silveira-Rodrigues et al. (2022) realizado com homens e mulheres de meia-idade e idosos com DM2 encontrou maior redução glicêmica quando o exercício resistido precedeu o aeróbio.

No que se refere à desfechos cardiovasculares, sabe-se que tanto o exercício físico aeróbio quanto o resistido podem influenciar o comportamento da pressão arterial (PA) com uma única sessão, podendo reduzir os níveis pressóricos em comparação aos valores pré-exercício ou aos registrados em um dia sem exercício, o que é denominado hipotensão pós-exercício (AZEVEDO et al., 2019). Em pessoas com DM2, estudos agudos e crônicos têm demonstrado os benefícios do exercício físico aeróbio e resistido na redução da PA (MONTEIRO et al., 2010; SIMÕES et al., 2010; SANTIAGO et al., 2018; MACHADO et al., 2020). Entretanto, acredita-se que quando o exercício aeróbio é realizado após o resistido ocorre aumento da produção de óxido nítrico e, conseqüentemente, promove maior dilatação arterial (SHIOTSU et al., 2018). Por outro lado, quando o exercício aeróbio precede o resistido o efeito vasodilatador do exercício aeróbio é atenuado, o que impactaria diretamente na resposta da pressão arterial (KEESE et al., 2012). Entretanto, não há estudos na literatura que avaliaram se a ordem de execução de uma sessão de exercício combinado influencia na resposta hipotensora pós-exercício de pacientes com DM2, especialmente em mulheres após a menopausa.

Em relação aos efeitos do exercício físico no sistema nervoso autônomo, estudos que avaliaram os efeitos agudos do exercício na VFC de pessoas com DM2 são escassos na literatura. Entretanto, evidências com estudos crônicos demonstram os benefícios do treinamento para pessoas com DM2 em parâmetros autonômicos. Bellavere et al. (2018) compararam os efeitos do treinamento físico aeróbio e resistido na função autonômica cardiovascular de indivíduos com DM2 e encontraram que tanto o treinamento aeróbio quanto o resistido melhoraram diversos índices relacionados ao controle autonômico. Su et al. (2022) encontraram que após 12 semanas de treinamento combinado houve melhora na VFC em mulheres de meia-idade e idosas com DM2. Além disso, uma revisão sistemática e meta-análise que avaliou o efeito do treinamento físico na VFC em pacientes com DM2, concluiu que o treinamento físico melhorou os parâmetros da VFC, com nível mais alto de evidência para o treinamento resistido (PICARD et al., 2021).

Em relação à ordem de realização do exercício aeróbio e resistido, Abad Cal et al. (2010) avaliaram os efeitos de uma única sessão de exercício aeróbio e resistido isolado no controle autonômico de indivíduos saudáveis e encontrou que no período de recuperação o exercício resistido promoveu maior alteração autonômica. Além disso, Ruiz et al. (2011) ao avaliarem homens jovens saudáveis, encontrou diferença na reativação vagal após o exercício combinado em comparação com a realização das duas modalidades isoladas. Dessa forma, é possível que a ordem de execução de tais exercícios implique em diferentes respostas autonômicas após o exercício, entretanto, não há estudos que avaliaram os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado na VFC em pacientes com DM2.

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado em desfechos cardiometabólicos de mulheres pós-menopausadas com DM2.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado na resposta glicêmica aguda durante e após o exercício em mulheres pós-menopausadas com DM2.
- Avaliar os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado na pressão arterial após o exercício em mulheres pós-menopausadas com DM2.
- Avaliar os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício combinado na variabilidade da frequência cardíaca após o exercício em mulheres pós-menopausadas com DM2.

4 MANUSCRITO

Effect of the Execution Order of Combined Physical Exercise on Glycemia, Blood Pressure, and Heart Rate Variability in Postmenopausal Women with Type 2 Diabetes Mellitus

Caroline Pereira Garcês¹, Juliana Cristina Silva¹, Tássia Magnabosco Siconeto¹, Igor Moraes Mariano¹, Ana Clara Ribeiro Cunha¹, Nadia Carla Cheik¹ e Guilherme Morais Puga^{1,*}

¹ Laboratory of Cardiorespiratory and Metabolic Physiology, Physical Education Department, Federal University of Uberlândia, Rua Benjamin Constant, 1286. Bairro: Aparecida, Uberlândia, MG, 38400-678, Brazil.

* Corresponding author: gmpuga@gmail.com; Tel: +55 34 3218-2967

Conflict of interest statement: The authors declare no competing interests.

Funding: This work was financed by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Financial Code 001.

Abstract

Aerobic and resistance exercises effectively treat and prevent complications of cardiometabolic diseases in individuals with Type 2 Diabetes (T2D), but the optimal order for a combined session is unknown. This study compared the execution order of a combined exercise session on glycemia, blood pressure (BP), and heart rate variability (HRV) in postmenopausal women with T2D. A clinical, crossover, and randomized trial included 15 postmenopausal women with T2D in three experimental conditions: (I) 30 minutes of aerobic exercise (50 to 60% of reserve heart rate) + 30 minutes of resistance exercise (3 sets of 8-12 repetitions) (AR); (II) Resistance exercise + aerobic exercise (RA); (III) Resting session (CON). Glycemia was assessed pre, mid, and immediately at the end of exercise, and 20, 40, and 60 minutes post-exercise. BP was assessed pre and at 20, 40, and 60 minutes post-exercise. HRV was assessed pre, at 10, 30, and 50 minutes post-exercise. After aerobic exercise, the AR session showed lower glycemic than CON session ($p=0.01$). AR session showed a lower area under the glycemic curve during exercise compared to RA and CON ($p<0.05$). Post-exercise, all sessions reduced glycemia ($p<0.05$), with no difference between conditions ($p>0.05$). Both exercise sessions reduced systolic BP ($p<0.05$), however, only in AR there was a reduction in diastolic BP ($p=0.01$) after exercise. Regardless of the order, exercise sessions reduced time domain indices of HRV ($p<0.05$). In conclusion, the AR order promoted greater glycemic reduction during exercise and seemed more effective in reducing BP after exercise, with no difference in HRV between sessions.

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos: RBR-8z7295b.

Keywords: Aerobic exercise; Resistance exercise; Glycemic control; Post-Exercise Hypotension; Autonomic Nervous System; Postmenopause; Type 2 Diabetes

Introduction

After menopause, there is a decrease in estrogen hormone levels, causing changes such as the reduction of lean mass and an increase and redistribution of adipose tissue, increasing susceptibility to the development of cardiometabolic diseases and related complications (Paschou and Papanas 2019).

A chronic state of hyperglycemia results in the complications of Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM). Deleterious effects on vascular function and structure can lead to elevated blood pressure (BP) and consequently contribute to the development of cardiovascular diseases, such as Hypertension (Bortolotto 2007). On the other hand, the reduction of BP levels is associated with lower mortality and cardiovascular events in individuals with T2DM (Emdin et al. 2015).

Additionally, individuals with T2DM often exhibit reduced heart rate variability (HRV), which is associated with a higher cardiovascular risk and cardiac autonomic neuropathy, one of the main complications of Diabetes (Benichou et al. 2018; Coopmans et al. 2020). In this context, the analysis of HRV can be used to provide important information about the functioning of the autonomic nervous system (Benichou et al. 2018). Thus, the effective management of diabetes should include an approach that considers the optimal control of cardiovascular risk factors along with adequate glycemic control (Naha et al. 2021).

Physical exercise is one of the important pillars in the treatment of T2DM, and the combination of aerobic and resistance exercises has been widely recommended by current guidelines (Kanaley et al. 2022; Silva Júnior et al. 2022). Previous studies have reported that combined exercise improved glycated hemoglobin (HbA1c) levels (Tomas-Carus et al. 2016; Ghodrati et al. 2023), insulin sensitivity (Zhao et al. 2021), diastolic BP (Zhao et al. 2021),

and systolic BP (Balducci et al. 2010; Zhao et al. 2021), beyond autonomic nervous function (Su et al. 2022) in people with T2DM.

Evidence suggests that the order in which aerobic and resistance exercises are performed plays an important role in the exercise response, as they lead to distinct physiological effects. Previous studies have reported different responses of growth hormone and cortisol when the order of combined exercise was altered (Goto et al. 2005; Yardley et al. 2014; Jones et al. 2017). Furthermore, performing aerobic exercise after resistance training resulted in greater fat availability during exercise (Goto et al. 2007). In this context, it is believed that the order of exercise execution may interfere with the selection of energy substrate and hormonal response during exercise, potentially impacting glycemic response. However, there is currently no consensus in the literature on the optimal order of physical exercises to improve glycemic control.

Regarding cardiovascular outcomes, it is presumed that the hemodynamic and muscular differences found in different types of exercise (aerobic and resistance) may also influence BP and cardiac autonomic control after physical activity. It is believed that when aerobic exercise is performed after resistance training, there is an increase in nitric oxide production, consequently promoting greater arterial dilation (Shiotsu et al. 2018). On the other hand, when aerobic exercise precedes resistance training, the vasodilatory effect of aerobic exercise is attenuated, directly impacting BP response (Keese et al. 2012).

Furthermore, Abad Cal et al. (2010) assessed the effects of a single session of isolated aerobic and resistance exercise on the autonomic control of healthy individuals and found that during the recovery period, resistance exercise promoted greater autonomic changes. Moreover, Ruiz et al. (2011), when evaluating healthy young men, found a difference in vagal reactivation after combined exercise compared to the performance of the

two modalities in isolation. Thus, it is possible that the order of execution of such exercises may result in different BP and autonomic responses after exercise; however, there is a lack of studies on the order of combined exercise in cardiovascular outcomes in patients with type 2 diabetes.

In light of this, it becomes important to elucidate the clinical intervention strategy of physical exercise that may potentially contribute to improving glycemic control and preventing the development and progression of cardiovascular complications related to T2DM, especially in postmenopausal women who are more susceptible to potential complications. Therefore, the aim of this study was to assess the effects of the order of execution of a combined exercise session on glycemic response during and after exercise, as well as on BP and HRV response after exercise in postmenopausal women with T2DM.

Materials and methods

Randomized crossover clinical trial conducted at the Cardiorespiratory and Metabolic Physiology Laboratory of the Federal University of Uberlândia. The participants were recruited through social networks and media, and data collection occurred between March and August 2023. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Uberlândia (CAAE: 57236522.1.0000.5152) and registered in the Brazilian Clinical Trials Registry (registration number: RBR-8z7295b). All volunteers signed the informed consent form before starting their participation in the study.

Study participants

The participants were recruited according to the following inclusion criteria: postmenopausal women (at least twelve months of permanent amenorrhea), aged between 45 and 70 years, diagnosed with T2DM by a physician, not using insulin or hormone replacement therapy, and without a history of smoking or cognitive/physical impairment that would affect their participation in the study. Participants were excluded if they had uncontrolled blood glucose levels and were using medications that could influence the heart rate response to exercise. The sample size calculation was carried out considering the difference in post-exercise glycemic response between combined exercise sessions performed in different orders (Aerobic + Resistance and Resistance + Aerobic) (Corrêa et al., 2021). Thus, an effect size "f" of 0.18, α of 0.05, and power of 0.80 were considered. A minimum sample size of 15 individuals, who should complete the 3 intervention sessions, was determined.

First visit

On the first visit to the laboratory, the participants were informed about the study's objectives, methodological procedures, risks and benefits of the sessions, and subsequently, they signed the informed consent form. In addition, a medical history form was filled out, containing information such as age, medical history, and medication usage. The volunteers also completed the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) short version, which assesses the physical activity level through eight questions, and its result classifies the participant as very active, active, irregularly active, or sedentary (IPAQ, 2005). After the completions, the familiarization session was scheduled.

Familiarization

During the familiarization visit, the participants remained seated at rest for ten minutes, and the baseline heart rate was collected and used to calculate the target zone for aerobic training. The volunteers were familiarized with all strength exercises and walking on the treadmill at the required speed and incline. In weight training, a warm-up of 15 repetitions with minimal load was performed for all exercises. Subsequently, four attempts were made in which the volunteers had to perform 8 to 12 maximum repetitions, with a 3-minute interval between each attempt. All procedures and evaluations that would be carried out during the study were reinforced. Finally, the participants were instructed to maintain their usual dietary intake throughout the study, avoid alcohol consumption, and refrain from engaging in strenuous exercise in the days leading up to the experimental sessions.

Breakfast

On the days of the experimental sessions, participants arrived at the laboratory at 7:00 am, with a ten-hour overnight fast, and a standardized breakfast was provided. The meal consisted of 170g of natural yogurt, 4 slices of whole wheat toast, and 10g of butter. This meal provided 325 kcal (61.4% carbohydrates, 23.7% fat, 13.2% protein, and 1.7% fiber). During the experimental sessions, participants were allowed to drink water, but no other food or beverage was consumed. After breakfast, they also took their usual morning medications.

Dietary assessment

On the days of the experimental sessions, food intake was assessed through the 24-hour Dietary Recall, administered by a trained researcher. The volunteers were instructed to recall the foods and beverages they had consumed on the previous day. The food intake was analyzed for total energy content (kcal) and macronutrient intake (g) to

ensure that the dietary consumption was similar before each experimental session. The dietary data were analyzed using the Dietbox® software.

Experimental sessions

The participants underwent three experimental sessions, with a minimum interval of three days and in a random order (www.randomizer.org), as follows: (I) 30 minutes of aerobic exercise followed by 30 minutes of resistance exercise (AR); (II) 30 minutes of resistance exercise followed by aerobic exercise (RA); (III) Participants remained seated at rest (CON). All sessions started 40 minutes after breakfast. After exercise, the participants remained at rest in a seated position for one hour (Figure 1).

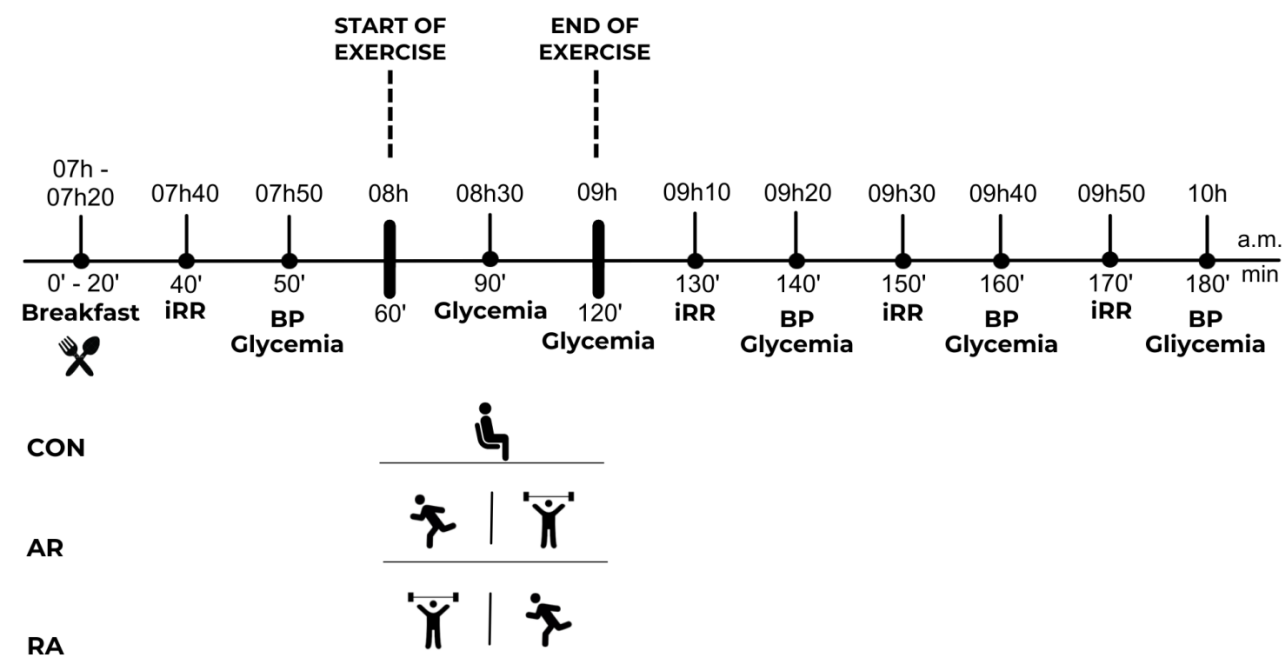


Figure 1. Study design. BP: Blood pressure. iRR: R-R interval

Aerobic exercise

The aerobic exercise consisted of treadmill walking at an intensity of 50% to 60% of the heart rate reserve (HRR). The treadmill speed and incline were adjusted to achieve the target training zone. For the calculation of HRR, the formula used was: Maximum Heart Rate (MHR) - Resting Heart Rate (RHR). RHR was considered the minimum heart rate measured during the 10-minute rest on the familiarization visit day and MHR was estimated using the formula: $220 - \text{age}$.

Resistance exercise

The resistance exercise consisted of five exercises for the upper and lower limbs performed in the following order: barbell bench press, leg press 180°, seated cable row, free dumbbell squat, and shoulder press machine. The participants performed 3 sets of 8 to 12 maximum repetitions, with a 1-minute rest interval between sets and exercises. The load recorded during the adaptation visit was used as a reference for the experimental sessions.

Control session

During the CON session, the volunteers remained seated for 1 hour and were allowed to read and use their cell phones and/or computers during the session.

Anthropometric and body composition assessment

The waist circumference was measured using a 0.5 cm wide inelastic measuring tape from the Filizola® brand, considering the midpoint between the last rib and the iliac crest.

Body composition consisted of measuring muscle mass, body fat, body mass, and Body Mass Index (BMI) using tetra-polar bioimpedance (InBody 230 Trepel®, Perafita, Portugal), with the instrument's own reading software. Stature was measured using a fixed stadiometer (Sanny®, São Bernardo do Campo, SP, Brazil). For the bioimpedance examination, it was necessary to have abstained from foods containing caffeine (e.g., coffee

and tea) and alcohol 48 hours before the exam, have a minimum 4-hour fast of food and beverages, including water, and not engage in intense exercise in the 24 hours leading up to the examination.

Glycemic assessment

Capillary blood glucose was measured pre-exercise, mid-exercise (end of the first exercise modality), immediately at the end of the exercise (end of the second modality), and 20, 40, and 60 minutes after exercise. Capillary blood glucose was assessed using a glucose monitor and test strips (Accu-Chek Active®). After asepsis of the area with alcohol, collection was done through fingertip puncture with a disposable lancet, and the first drop of blood was discarded to prevent sample contamination.

Assessment of blood pressure

BP was assessed pre-exercise and 20, 40, and 60 minutes after exercise, with the participant in a seated position, using a digital and automatic blood pressure monitor (OMRON® BP HEM-7113, Kyoto, Japão). BP was measured three times consecutively, always in the left arm, and the average of these measurements was used for data analysis.

Assessment of heart rate variability

To evaluate HRV, the R-R interval was recorded pre-exercise, at 10, 30, and 50 minutes after exercise, using a chest strap heart rate monitor (POLAR® H10, Kempele, Finland). At each collection moment, the R-R interval was recorded for 10 minutes with the participant seated, and the last 5 minutes were used for HRV analysis. For HRV calculation, indices in the time domain were considered: standard deviation of all normal R-R intervals (SDNN) and the square root of the mean squared difference of successive R-R intervals (RMSSD). The frequency domain indices were: low-frequency power (LF), high-frequency

power (HF), and the LF/HF ratio. HRV analysis was performed using the Kubios HRV Standard® software, version 3.5.0.

Statistical analysis

The data were checked for normality and homoscedasticity using the Shapiro-Wilk test and the Levene's Test, respectively. A two-way repeated measures ANOVA was conducted to determine the differences between conditions at each time point. The sphericity of the variables was checked using the Mauchly's test. The area under the curve (AUC) was calculated using the trapezoidal method, and a one-way ANOVA was used to check the difference between conditions. In case of statistical differences, post-hoc analyses with Bonferroni adjustments were conducted. The AUC for blood glucose was calculated at two moments: during and after exercise, and for the analysis of BP, the AUC was calculated using post-exercise measurements. The Kruskal-Wallis test was used to compare the dietary intake of the participants between experimental conditions. The Cohen's d was calculated to assess the magnitude of the difference between experimental sessions, being considered as follows: small = 0.2 to 0.49; medium = 0.5 to 0.79; and large = ≥ 0.8 (Cohen 1988). For all tests, $p < 0.05$ was considered statistically significant. All statistical analyses were conducted using GraphPad Prism® version 8.0.2 and SPSS® version 23.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)

Results

After the selection, evaluation, and study development process, 15 postmenopausal women with T2DM completed all experimental sessions (Figure 2). The characteristics of the participants are described in Table 1.

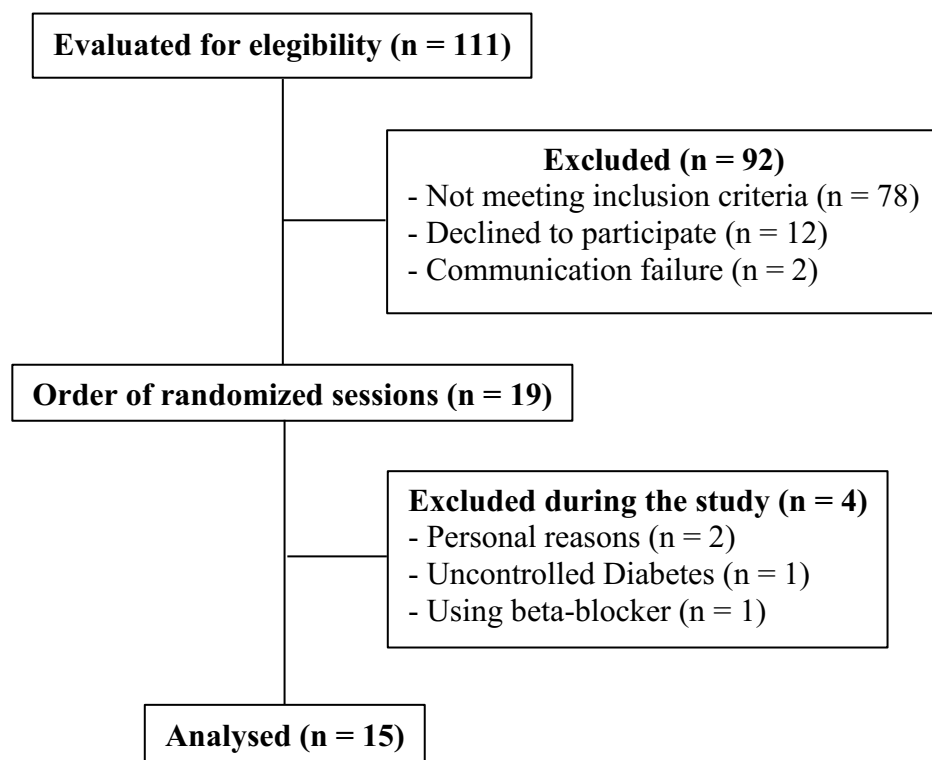


Figure 2. Study Flowchart.

Table 1. Characteristics of the participants (n = 15).

Variables	Mean $\pm$ SD or n (%)
Age (years)	60.6 $\pm$ 5.9
Body mass (kg)	73.8 $\pm$ 8.8
Height (cm)	156.8 $\pm$ 3.9
Waist circumference (cm)	100.5 $\pm$ 7.7
BMI (kg/m ²)	30 $\pm$ 3.5
Fat mass (kg)	32.2 $\pm$ 6.4
Body fat (%)	43.3 $\pm$ 4.2
Skeletal muscle mass (kg)	22.6 $\pm$ 2.3
Postmenopausal time (years)	10.8 $\pm$ 5.1
Diagnosis T2DM time (years)	9.2 $\pm$ 4.1
Fasting glucose (mg/dL)	118 $\pm$ 21
Glycated hemoglobin (%)	6.8 $\pm$ 0.5
Systolic blood pressure (mmHg)	114 $\pm$ 13
Diastolic blood pressure (mmHg)	69 $\pm$ 6
Oral hypoglycemics	
Biguanides (n (%))	14 (93.3)
Gliflozins (n (%))	2 (13.3)
Sulfonylureas (n (%))	5 (33.3)
Hypertension (n (%))	9 (60)
Antihypertensives drugs	

CCB	1 (6.6)
ARB	5 (33.3)
Thiazide diuretic	7 (46.6)
ACE Inhibitor	3 (20)
Physical activity level	
Sedentary (n (%))	1 (6.7)
Active (n (%))	3 (20)
Irregularly active (n (%))	11 (73.3)

BMI: Body Mass Index; T2DM: Type 2 Diabetes Mellitus; CCB: Calcium Channel Blockers; ARB: Angiotensin II Receptor Blocker; ACE: Angiotensin-Converting Enzyme.

The analysis of the 24-hour Dietary Recall showed that the dietary intake of the participants on the day prior to each experimental session was similar, as there was no difference in total energy content and macronutrient intake ($p > 0.05$) (Table 2).

Table 2. Dietary intake of participants on the day before the experimental sessions.

Variables	AR	RA	CON	p
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	
Proteins (g)	75.5 $\pm$ 36.3	65.5 $\pm$ 31.9	55.8 $\pm$ 20.1	0.29
Carbohydrates (g)	218.8 $\pm$ 191.2	199.7 $\pm$ 114.9	225.3 $\pm$ 128.2	0.85
Lipids (g)	87.1 $\pm$ 69.1	55.4 $\pm$ 37.1	48 $\pm$ 23.4	0.18
Calories (kcal)	1683.8 $\pm$ 654.1	1596.7 $\pm$ 831	1603.3 $\pm$ 759.7	0.72

The intragroup analysis of absolute glycemic values showed that in both exercise sessions (AR and RA), a significant decrease in glycemia was observed in the middle of the exercise session (after the end of the first modality) ($p < 0.001$ and $p = 0.01$, respectively), in relation to the pre-exercise value (Table 3). Post-exercise, all experimental sessions reduced blood glucose ($p < 0.05$) compared to the pre-exercise moment, with no difference between conditions ($p > 0.05$) (Table 3). In the intergroup analysis, the AR session presented a lower glycemic value than the CON session in the middle of the exercise (after performing the aerobic exercise) ($d = 1.18$; $p = 0.01$) (Table 3).

Table 3. Absolute blood glucose values pre and post-exercise during experimental sessions.

Variables	AR Mean $\pm$ SD	RA Mean $\pm$ SD	CON Mean $\pm$ SD	p time	p session	p interaction
Pre-exercise	183 $\pm$ 33	175 $\pm$ 33	182 $\pm$ 28			
Mid-exercise	130 $\pm$ 35 [#] *	150 $\pm$ 48 [#]	174 $\pm$ 39			
End of exercise	126 $\pm$ 31 [#]	126 $\pm$ 36 [#]	150 $\pm$ 35 [#]	< 0.001	0.34	< 0.001
20' post-exercise	125 $\pm$ 25 [#]	138 $\pm$ 26 [#]	137 $\pm$ 32 [#]			
40' post-exercise	124 $\pm$ 19 [#]	128 $\pm$ 22 [#]	126 $\pm$ 30 [#]			
60' post-exercise	121 $\pm$ 17 [#]	119 $\pm$ 22 [#]	121 $\pm$ 24 [#]			

significant difference in relation to the pre-exercise moment.* significant difference with the CON session.

On the other hand, the analysis of deltas showed that in the middle of the exercise session, there was a greater reduction in blood glucose in the AR group compared to the RA ($d = 0.94$; $p = 0.02$) and CON sessions ($d = 1.57$; $p < 0.001$) (Figure 3). Furthermore, the AR order showed a lower AUC compared to RA ($d = 0.68$; $p < 0.001$) and CON ($d = 1.25$; $p < 0.001$) during exercise (Figure 3).

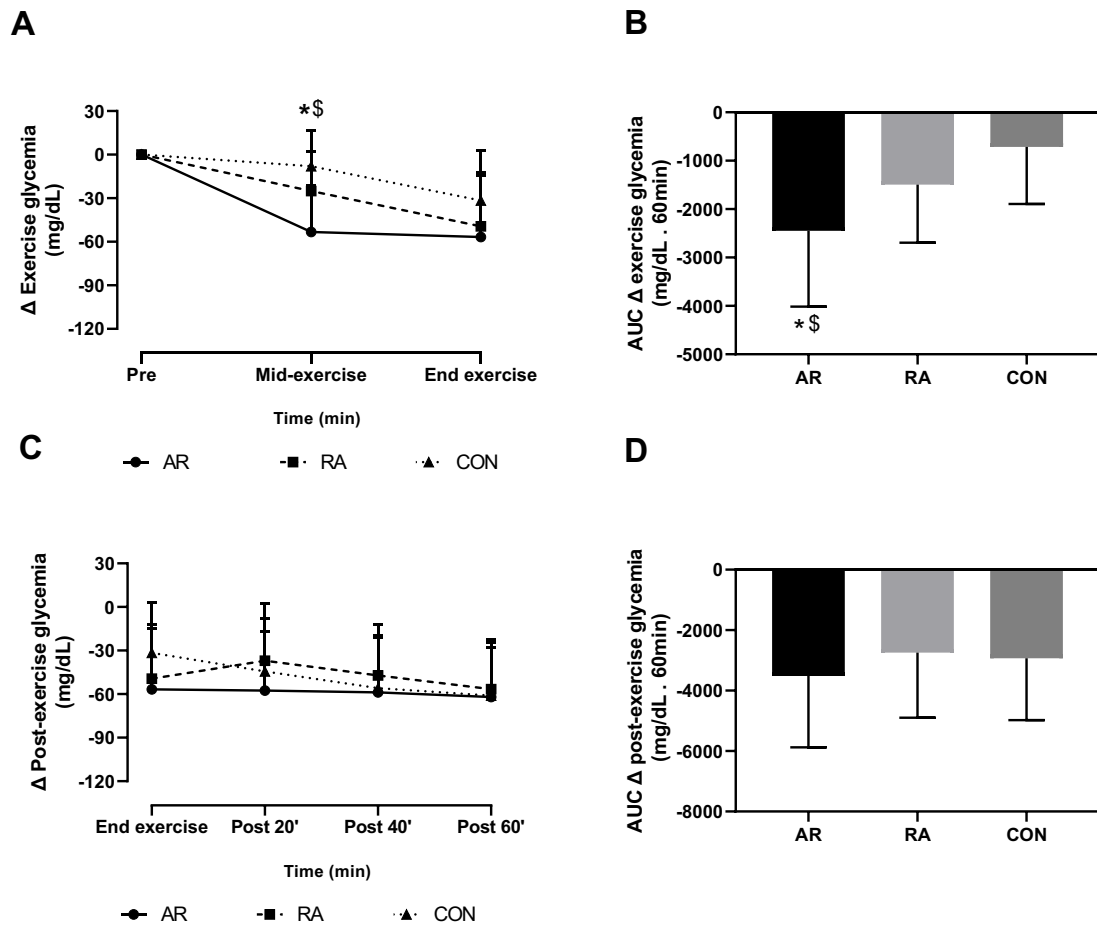


Figure 3. Glycemic response during and after exercise and their corresponding area under the curve. AUC: area under the curve. Figure A: Delta of glycemic response during exercise; Figure B: AUC of the glycemia delta during exercise; Figure C: Delta of glycemic response in the post-exercise period; Figure D: AUC of the glycemia delta in the post-exercise period; * difference between AR and CON sessions; \$ difference between AR e RA sessions.

Regarding BP, the delta analyses showed that 20 minutes after exercise, the AR and RA sessions had a lower systolic blood pressure (SBP) compared to the CON condition ($d = 0.93$, $p = 0.03$, and $d = 1.15$, $p = 0.01$, respectively). Furthermore, 40 minutes after exercise, a significant difference was found only between AR and CON ($d = 0.87$; $p = 0.04$) (Figure 4). However, there was no difference in post-exercise diastolic blood pressure (DBP) in any experimental condition across time points ($p > 0.05$). On the other hand, the AR and RA orders showed a lower AUC compared to the CON session for SBP ($d = 0.90$, $p < 0.001$

and $d = 1.15$, $p = 0.01$, respectively). Additionally, the AR order had a lower AUC compared to the CON condition for DBP ($d = 0.73$; $p = 0.01$) (Figure 4).

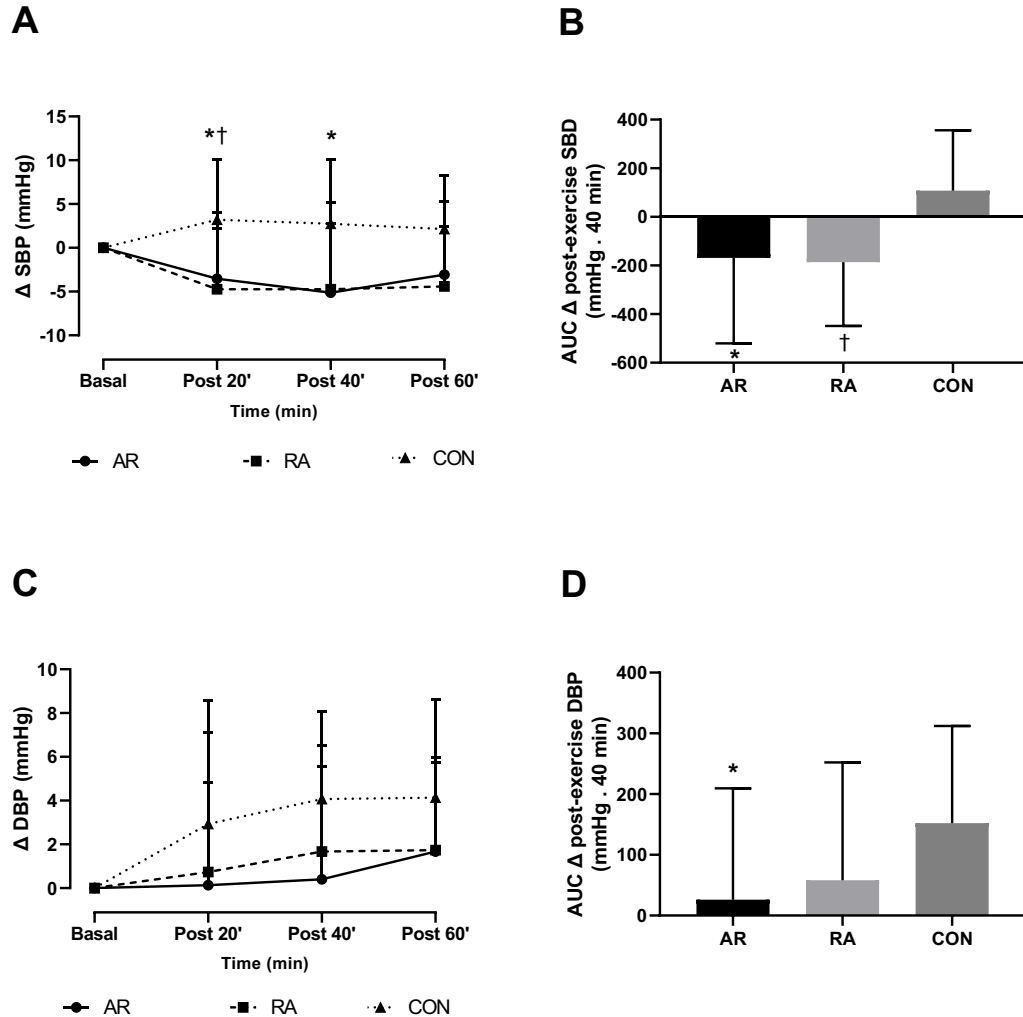


Figure 4. Blood pressure response after exercise and the corresponding area under the curve. AUC: area under the curve; SBD: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; Figure A: Delta of post-exercise systolic blood pressure response; Figure B: AUC of the post-exercise systolic blood pressure delta; Figure C: Delta of post-exercise diastolic blood pressure response; Figure D: AUC of the post-exercise diastolic blood pressure delta; * difference between AR and CON; † difference between RA and CON sessions.

Regarding the analysis of absolute SDNN index data, the AR condition showed significantly lower values at 10 minutes post-exercise compared to baseline ($p = 0.03$). In contrast, the CON condition exhibited significantly higher values at 10, 30, and 50 minutes post-exercise compared to the pre-exercise moment ($p < 0.05$) (Table 4).

Regarding the intergroup analysis of time domain indices, after 10 and 30 minutes of exercise, the AR and RA sessions showed lower values in the SDNN and RMSSD indices compared to the CON session ($d = \geq 1.18$; $p < 0.05$) (Table 4). Furthermore, regarding the SDNN index, the RA session also showed a statistically lower value compared to the CON session 50 minutes after exercise ($d = 0.93$; $p = 0.04$). About the frequency domain indices HF, LF, and LF/HF, there was no significant difference between the experimental conditions ($p > 0.05$) (Table 4).

Table 4. Absolute values of time and frequency domain indices pre and post-exercise in the experimental sessions.

Variables	AR Mean $\pm$ SD	RA Mean $\pm$ SD	CON Mean $\pm$ SD	p time	p session	p interaction
SDNN (ms)						
Pre	19.3 $\pm$ 9.1	18.7 $\pm$ 7.7	20.1 $\pm$ 8.2			
10' post	13.5 $\pm$ 4.1#*	13.9 $\pm$ 7*	26.3 $\pm$ 10.3#	< 0.001	< 0.001	< 0.001
30' post	17.4 $\pm$ 5.2*	16.1 $\pm$ 6.9*	28.3 $\pm$ 11.9#			
50' post	20.6 $\pm$ 9.5	18.6 $\pm$ 9.1*	27.4 $\pm$ 9.8#			
RMSSD (ms)						
Pre	18.2 $\pm$ 10	17.7 $\pm$ 9	20.7 $\pm$ 11.2			
10' post	11.1 $\pm$ 3.7*	11 $\pm$ 6*	27.1 $\pm$ 14.8	0.10	< 0.001	< 0.001
30' post	15.4 $\pm$ 7*	13.5 $\pm$ 6.7*	27 $\pm$ 11.9			
50' post	20.2 $\pm$ 16.8	14.8 $\pm$ 8.1	25.7 $\pm$ 9.9			
HF (n.u.)						
Pre	47.5 $\pm$ 21.6	45 $\pm$ 14.6	49.2 $\pm$ 18.4			
10' post	33.1 $\pm$ 15.2	34.6 $\pm$ 18.1	45.7 $\pm$ 20.7	< 0.001	0.41	0.32
30' post	39.3 $\pm$ 18.4	35.4 $\pm$ 14.4	43.5 $\pm$ 19.5			
50' post	43.4 $\pm$ 19.9	35 $\pm$ 17.7	41 $\pm$ 16.7			
LF (n.u.)						
Pre	52.3 $\pm$ 21.6	54.8 $\pm$ 14.6	50.7 $\pm$ 18.4			
10' post	66.8 $\pm$ 15.2	65.3 $\pm$ 18.1	54.2 $\pm$ 20.7	< 0.001	0.41	0.32
30' post	60.6 $\pm$ 18.4	64.5 $\pm$ 14.4	56.3 $\pm$ 19.6			
50' post	56.4 $\pm$ 19.9	64.9 $\pm$ 17.7	58.9 $\pm$ 16.7			
LF/HF						
Pre	1.7 $\pm$ 1.7	1.4 $\pm$ 0.9	1.4 $\pm$ 1.1			
10' post	2.7 $\pm$ 1.8	2.9 $\pm$ 2.6	1.9 $\pm$ 2.1	< 0.001	0.51	0.32
30' post	2.6 $\pm$ 3.4	2.4 $\pm$ 1.5	1.8 $\pm$ 1.3			
50' post	2.1 $\pm$ 2.5	3.3 $\pm$ 3.4	1.9 $\pm$ 1.6			

significant difference compared to the pre-exercise moment; * significant difference with the CON session.

Discussion

The present study aimed to assess the effects of the order of execution of a combined exercise session on blood glucose during and after exercise, as well as on post-exercise BP and HRV responses in postmenopausal women with T2DM. The main results showed that: (I) The AR order appears to be more effective in reducing blood glucose during exercise; however, there was no difference between the experimental sessions post-exercise; (II) Both exercise sessions, regardless of the order, were effective in reducing SBP; however, only the AR session led to a reduction in DBP; (III) The order of execution of aerobic and resistance exercise does not interfere with autonomic responses after exercise.

In our study, performing aerobic exercise first was more effective in reducing blood glucose during exercise compared to the session where resistance exercise was performed first and the control session. In type 1 diabetics, it was found that when resistance exercise preceded aerobic exercise, there was increased growth hormone secretion, potentially neutralizing the hypoglycemic effect of exercise (Yardley et al. 2014), which could be a possible explanation for our finding. In this context, current guidelines recommend scheduling resistance exercise before aerobic exercise to minimize the risk of hypoglycemia in insulinized patients (SBD 2019-2020); however, such a recommendation is not yet well-established for people with T2DM who do not use insulin and initiate the training session with inadequate blood glucose levels. Thus, our findings indicate that for patients with high postprandial glycemic values pre-exercise, the best strategy would be to start with aerobic exercise. On the other hand, starting with resistance exercise may be more effective for patients with low pre-exercise glycemic values, aiming for a lower risk of hypoglycemia during the practice.

In addition to the lack of evidence comparing the effect of combined exercise order in postmenopausal women, results regarding the order's impact on glycemic response are still

contradictory in the literature. Bellini et al. (2021) reported greater benefits for type 2 diabetics when aerobic exercise was performed before resistance exercise, which corroborates with the result of the present study. On the other hand, a study by Silveira-Rodrigues et al. (2022) conducted with middle-aged and elderly men and women with type 2 diabetes found greater glycemic reduction when resistance exercise preceded aerobic exercise. However, it is important to note that these divergent results may be due to differences in exercise protocols, as the intervention by Silveira-Rodrigues et al. (2022) had a longer duration and exercise volume, and these are variables that influence glycemic response (Li et al. 2012; Umpierre et al. 2013).

Côrrea et al. (2021), who evaluated elderly men and women with type 2 diabetes using an exercise protocol similar to the present study, found that after 30 minutes of exercise, there was a greater reduction in blood glucose in the session where aerobic exercise preceded resistance exercise. However, there was no difference at the end of the exercise, which corroborates with our findings. On the other hand, in the study by Côrrea et al. (2021), aerobic exercise was the main contributor to glycemic reduction during exercise, which differs from our finding, as we observed a decrease in blood glucose after resistance exercise.

In the present study, exercise was performed after a meal, and it is known that postprandial hyperglycemia is associated with the development of cardiometabolic disorders (Ceriello and Genovese 2016). Therefore, after 30 minutes of treadmill walking, we found a significant reduction in blood glucose, which was not observed when resistance exercise preceded aerobic exercise. This is an important finding, as it may contribute to attenuating postprandial glycemic peaks.

On the other hand, although there is evidence that glucose uptake remains increased for up to 48 hours after exercise (Mikines et al. 1988, Cartee et al. 1989), we did not find a difference between the exercise sessions and the control condition. The opposite result to our

study was reported by Bellini et al. (2021), where both exercise sessions, regardless of the order, reduced blood glucose compared to the control condition for up to two hours after exercise. In our study, the reduction in blood glucose in the control group may be related to insulin release, as the research was conducted in a postprandial situation, along with the use of hypoglycemic medications. This is particularly relevant given that most participants took their medications after breakfast. Additionally, since the participants were using different hypoglycemic medications, this factor may have also influenced the exercise response (Shahar et al. 2015).

Type 2 diabetes is a risk factor for the development of hypertension in postmenopausal women (Rossi et al. 2006). In our sample, 60% of the participants had hypertension and were taking antihypertensive medications. Previous studies have reported that combined aerobic and resistance exercises can significantly reduce blood pressure in postmenopausal women (Xi et al. 2021). Although we did not find studies in the literature that assessed the effect of the order of combined exercise on blood pressure response in diabetic patients, previous studies with young normotensive women (Abrantes et al. 2021) and hypertensive elderly individuals (Fernandes et al. 2022) reported a reduction in blood pressure after combined exercise, regardless of the order, which corroborates with our findings regarding SBP.

Only the session where aerobic exercise preceded resistance exercise was effective in reducing DBP. This result partially corroborates with the study by Lovato et al. (2012), conducted with young normotensive men. In the session where aerobic exercise preceded resistance exercise, reductions were observed at some points in systolic and diastolic blood pressure, while the session where resistance exercise was performed first led to minimal changes in blood pressure values.

It is known that autonomic system degeneration can occur quite early in people with diabetes (Picard et al. 2021). There is evidence that combined training improves autonomic nerve function in middle-aged and elderly women with type 2 diabetes (Su et al. 2022); however, acute studies are scarce in the literature. As expected, we found that both experimental exercise sessions had significantly lower values in the time domain indices of HRV compared to the CON session. This could be explained by the increased cardiac autonomic stress imposed by the exercise. Furthermore, these differences were found after 10 and 30 minutes of exercise; however, by 50 minutes, they had already equalized with the control session. Our findings corroborate with the study by Lovato et al. (2012) that assessed HRV (through HF and LF indices) in young men and also found no difference in the order of combined exercise execution.

This study has some limitations that should be considered, such as the small sample size, despite the sample size calculation being performed and reaching the required number of participants, and the lack of a longer follow-up after the exercise sessions. On the other hand, as strengths, we highlight the cross-over and randomized design of the study, the inclusion of a control session, the standardization of breakfast, and the use of a 24-hour Dietary Recall to minimize any influence of diet on our results.

In practical terms, our findings indicate that the sequence in which exercise is conducted can have a significant impact on glycemic control and safety during physical activity. Furthermore, it is crucial to consider the pre-exercise glycemic level when determining the order of exercise to ensure optimal results. Furthermore, in patients requiring better blood pressure control (such as women with coexisting diabetes and hypertension), performing aerobic exercise before resistance exercise may be a more effective strategy for reducing blood pressure levels. Finally, regarding autonomic changes, the exercise execution order can be at the discretion of the practitioner.

Conclusion

The order of combined exercise influenced the behavior of blood glucose during exercise, with a greater reduction observed when aerobic exercise was performed first. However, there was no difference in the post-exercise response. Additionally, performing aerobic exercise first was also more effective in reducing blood pressure, as it led to a decrease in both systolic and diastolic blood pressure. In the end, both sessions, regardless of the order, reduced time domain indices of heart rate variability in postmenopausal women with type 2 diabetes.

Data availability

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request.

References

- Abad Cal, C. C., Silva, R. S. da ., Mostarda, C., Silva, I. C. de M. da., Irigoyen, M. C. 2010. Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis. *Revista Brasileira De Educação Física E Esporte*, 24(4): 535–544. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092010000400010>
- Abrantes, C., Martins, S., Pereira, A., Policarpo, F., Machado, I., and Sousa, N. 2021. Physiological Exercise and Post-Exercise Effects of Inverse Sequences of Combined Bench-Step Aerobics and Resistance Exercise. *Journal of human kinetics*. 77: 61–70. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0011>
- Balducci, S., Zanuso, S., Nicolucci, A., De Feo, P., Cavallo, S., Cardelli, P., Fallucca, S., Alessi, E., Fallucca, F., Pugliese, G., and Italian Diabetes Exercise Study (IDES) Investigators. 2010. Effect of an intensive exercise intervention strategy on modifiable cardiovascular risk factors in subjects with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial: the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). *Arch Intern Med*. **170**(20): 1794-1803. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.380>
- Bellini, A., Nicolò, A., Bulzoni, R., Bazzucchi, I., and Sacchetti, M. 2021. The Effect of Different Postprandial Exercise Types on Glucose Response to Breakfast in Individuals with Type 2 Diabetes. *Nutrients*. **13**(5): 1440. <https://doi.org/10.3390/nu13051440>

Benichou, T., Pereira, B., Mermillod, M., Tauveron, I., Pfabigan, D., Maqdasy, S., and Dutheil, F. 2018. Heart rate variability in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. **13**(4): e0195166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195166>

Bortolotto, L.A. 2007. Alterações das propriedades funcionais e estruturais de grandes artérias no diabetes mellitus. *Arq Bras Endocrinol Metab*. **51**(2): 176-184. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302007000200006>

Cartee, G.D., Young, D.A., Sleeper, M.D., Zierath, J., Wallberg-Henriksson, H., and Holloszy, J.O. 1989. Prolonged increase in insulin-stimulated glucose transport in muscle after exercise. *The American journal of physiology*. **256**(4Pt1): E494–E499. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1989.256.4.E494>

Ceriello, A., and Genovese, S. 2016. Atherogenicity of postprandial hyperglycemia and lipotoxicity. *Rev Endocr Metab Disord*. **17**(1): 111-116. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9341-8>

Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Coopmans, C., Zhou, T.L., Henry, R.M.A., Heijman, J., Schaper, N.C., Koster, A., Schram, M.T., van der Kallen, C.J.H., Wesselius, A., den Engelsman, R.J.A., Crijns, H. J.G.M., and Stehouwer, C.D.A. 2020. Both Prediabetes and Type 2 Diabetes Are Associated With Lower Heart Rate Variability: The Maastricht Study. *Diabetes Care*. **43**(5): 1126–1133. <https://doi.org/10.2337/dc19-2367>

Corrêa, R.F., Vieira, J.G., and Dias, M.R. 2021. Effect of session order in combined aerobic and resistance training on glycemic control in older adults with type 2 diabetes: a crossover study. *Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde*. **26**: 1-6. <https://doi.org/10.12820/rbafs.26e0222>

Emdin, C.A., Rahimi, K., Neal, B., Callender, T., Perkovic, V., and Patel, A. 2015. Blood pressure lowering in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. **313**(6): 603-615. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.18574>

Fernandes, D.R., Sisoneto, T.M., Freitas, S.S., Souza, T.C.F., Delevatti, R.S., Ferrari, R., and Kanitz, A.C. 2022. Effect of the execution order from concurrent exercise session on blood pressure responses in hypertensive older men. *Motriz: Revista de Educação Física*. **28**(spe2): e10220005122. <https://doi.org/10.1590/s1980-657420220005122>

Ghodrati, N., Haghighi, A.H., Hosseini Kakhak, S.A., Abbasian, S., and Goldfield, G.S. 2023. Effect of Combined Exercise Training on Physical and Cognitive Function in Women With Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes*. **47**(2): 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2022.11.005>

Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N., and Takamatsu, K. 2005. Prior Endurance Exercise Attenuates Growth Hormone Response to Subsequent Resistance Exercise. *Eur J Appl Physiol*. **94**(3): 333-338. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1296-x>

Goto, K., Ishii, N., Sugihara, S., Yoshioka, T., and Takamatsu, K. 2007. Effects of resistance exercise on lipolysis during subsequent submaximal exercise. *Med Sci Sports Exerc*. **39**(2): 308-15. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246992.33482.cb>

IDF. International Diabetes Federation. 2021. *IDF Diabetes Atlas 2021*, 10th ed.; International Diabetes Federation: Brussels, Belgium.

IPAQ. 2005. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - short and long forms. Available from: <https://sites.google.com/view/ipaq/score?authuser=0>

Jones, T.W., Howatson, G., Russell, M., and French, D.N. 2017. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *European journal of sport science*. **17**(3): 326–334. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1236148>

Kanaley, J.A., Colberg, S.R., Corcoran, M.H., Malin, S.K., Rodriguez, N.R., Crespo, C. J., Kirwan, J.P., and Zierath, J. R. 2022. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. **54**(2): 353-368. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>

Keese, F., Farinatti, P., Pescatello, L., Cunha, F.A., and Monteiro, W.D. 2012. Aerobic exercise intensity influences hypotension following concurrent exercise sessions. *International journal of sports medicine*. **33**(2): 148–153. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1291321>

Lovato, N.S., Anunciacao, P.G., and Polito, M.D. 2012. Pressão arterial e variabilidade de frequência cardíaca após o exercício aeróbio e com pesos realizados na mesma sessão. *Rev Bras Med Esporte*. **18**(1): 22-5. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000100004>

Li, J., Zhang, W., Guo, Q., Liu, X., Zhang, Q., Dong, R., Dou, H., Shi, J., Wang, J., and Yu, D. 2012. Duration of exercise as a key determinant of improvement in insulin sensitivity in type 2 diabetes patients. *The Tohoku journal of experimental medicine*, **227**(4): 289–296. <https://doi.org/10.1620/tjem.227.289>

Mikines, K.J., Sonne, B., Farrell, P.A., Tronier, B., and Galbo, H. 1988. Effect of physical exercise on sensitivity and responsiveness to insulin in humans. *The American journal of physiology*. **254**(3Pt1):E248–E259. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1988.254.3.E248>

Naha, S., Gardner, M. J., Khangura, D., Kurukulasuriya, L. R., & Sowers, J. R. 2021. Hypertension in Diabetes. In K. R. Feingold (Eds.) et. al., *Endotext*. MDText.com, Inc.

Paschou, S.A., and Papanas, N. 2019. Type 2 Diabetes Mellitus and Menopausal Hormone Therapy: An Update. *Diabetes Ther*. **10**(6): 2313-2320. <https://doi.org/10.1007/s13300-019-00695-y>

Picard, M., Tauveron, I., Magdasy, S., Benichou, T., Bagheri, R., Ugbolue, U. C., Navel, V., and Dutheil, F. 2021. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. **16**(5): e0251863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251863>

Rossi, R., Turco, V., Origliani, G., and Modena, M.G. 2006. Type 2 diabetes mellitus is a risk factor for the development of hypertension in postmenopausal women. *J Hypertens*. **24**(10): 2017-2022. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000244951.72664.4b>

- Ruiz, R.J., Simão, R., Saccomani, M.G., Casonatto, J., Alexander, J. L., Rhea, M., Polito, M.D. 2011. Isolated and combined effects of aerobic and strength exercise on post-exercise blood pressure and cardiac vagal reactivation in normotensive men. *Journal of strength and conditioning research*, **25**(3): 640-645. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c1fcc7>
- Shahar, J., and Hamdy, O. 2015. Medication and exercise interactions: considering and managing hypoglycemia risk. *Diabetes Spectr.* **28**(1): 64-67. <https://doi.org/10.2337/diaspect.28.1.64>
- Shiotsu, Y., Watanabe, Y., Tujii, S., and Yanagita, M. 2018. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Experimental gerontology*. **111**: 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.020>
- Silva Júnior, W.S., Fioretti, A., Vancea, D., Macedo, C., Zagury, R., and Bertoluci, M. 2022. Atividade física e exercício no pré-diabetes e DM2. In *Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes*; Sociedade Brasileira de Diabetes: São Paulo, Brazil. <https://doi.org/10.29327/557753.2022-8>
- Silveira-Rodrigues, J.G., Gonçalves, D.A.P., Correia, A.S.A., Ogando, P.H.M., Delevatti, R.S., Pires, W., Aleixo, I.M.S., and Soares, D.D. 2022. The volume and order of starting exercise modulates the glucose-lowering effect of a single session of combined exercise in middle-aged and older adults with type 2 diabetes. *Journal of Physical Education and Sport*. **22**: 1041-1050. doi:10.7752/jpes.2022.04132. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.04132>
- SBD. Sociedade Brasileira de Diabetes. 2019. *Diretrizes Da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019–2020*; Sociedade Brasileira de Diabetes: São Paulo, Brazil. ISBN 9788593746024.
- Su, X., He, J., Cui, J., Li, H., and Men, J. 2022. The effects of aerobic exercise combined with resistance training on inflammatory factors and heart rate variability in middle-aged and elderly women with type 2 diabetes mellitus. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* **27**(6): e12996. <https://doi.org/10.1111/anec.12996>
- Tomas-Carus, P., Ortega-Alonso, A., Pietilainen, K.H., Santos, V., Goncalves, H., Ramos, J., and Raimundo, A. 2016. A randomized controlled trial on the effects of combined aerobic-resistance exercise on muscle strength and fatigue, glycemic control and health-related quality of life of type 2 diabetes patients. *J Sports Med Phys Fitness*. **56**: 572-578. PMID: 25675417.
- Umpierre, D., Ribeiro, P.A., Schaan, B.D., and Ribeiro, J.P. 2013. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. *Diabetologia*, **56**(2): 242–251. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2774-z>
- Xi, H., He, Y., Niu, Y., Sui, X., Zhang, J., Zhu, R., Xu, H., Zhang, S., Li, Y., Yuan, Y., and Guo, L. 2021. Effect of combined aerobic and resistance exercise on blood pressure in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Exp Gerontol.* **155**: 111560. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111560>
- Yardley, J.E., Sigal, R.J., Riddell, M.C., Perkins, B.A., and Kenny, G. P. 2014. Performing resistance exercise before versus after aerobic exercise influences growth hormone secretion in type 1 diabetes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, **39**(2): 262-265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0329>

Zhao, X., He, Q., Zeng, Y., and Cheng, L. 2021. Effectiveness of combined exercise in people with type 2 diabetes and concurrent overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. **11**(10): e046252. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046252>

REFERÊNCIAS

ABAD CAL, César Cavinato et al. Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 24, p. 535-544, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092010000400010>

ADA - AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in diabetes 2020. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes 2020. **Diabetes Care** 2020;43(Suppl. 1):S48–S65 <https://doi.org/10.2337/dc20-S005>

AGASHE, Shruti; PETAK, Steven. Cardiac autonomic neuropathy in diabetes mellitus. **Methodist DeBakey cardiovascular journal**, v. 14, n. 4, p. 251, 2018. <https://doi.org/10.14797/mdcj-14-4-251>

AZEVEDO, Luan Morais et al. Exercício físico e pressão arterial: efeitos, mecanismos, influências e implicações na hipertensão arterial. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, p. 415-422, 2019.

BACCHI, Elisabetta et al. Differences in the acute effects of aerobic and resistance exercise in subjects with type 2 diabetes: results from the RAED2 Randomized Trial. **PLoS One**, v. 7, n. 12, p. e49937, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049937>

BELLAVERE, F. et al. Effects of aerobic or resistance exercise training on cardiovascular autonomic function of subjects with type 2 diabetes: A pilot study. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 28, n. 3, p. 226-233, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2017.12.008>

BELLINI, Alessio et al. The effect of different postprandial exercise types on glucose response to breakfast in individuals with type 2 diabetes. **Nutrients**, v. 13, n. 5, p. 1440, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13051440>

BROCKBANK, C. L. et al. Heart rate and its variability change after the menopause. **Experimental Physiology**, v. 85, n. 3, p. 327-330, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1469-445X.2000.01902.x>

CADORE, Eduardo L, IZQUIERDO Mikel. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update. **Age**, v. 35, p. 2329-2344, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9503-x>

CANNATA, Francesca et al. Beneficial effects of physical activity in diabetic patients. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 5, n. 3, p. 70, 2020. <https://doi.org/10.3390/jfmk5030070>

CARBONEL, Adriana Aparecida Ferraz et al. Cardiovascular system and estrogen in menopause. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 66, p. 97-98, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.2.97>

- CARTEE, GREGORY D. et al. Prolonged increase in insulin-stimulated glucose transport in muscle after exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 256, n. 4, p. E494-E499, 1989. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1989.256.4.E494>
- COLBERG, Sheri R. et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. **Diabetes care**, v. 33, n. 12, p. e147-e167, 2010. <https://doi.org/10.2337/dc10-9990>
- CORRÊA, Renato Ferreira; VIEIRA, João Guilherme; DIAS, Marcelo Ricardo. Effect of session order in combined aerobic and resistance training on glycemic control in older adults with type 2 diabetes: a crossover study. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 26, p. 1-6, 2021. <https://doi.org/10.12820/rbafs.26e0222>
- DI GIOSIA, Paolo et al. Gender differences in epidemiology, pathophysiology, and treatment of hypertension. **Current atherosclerosis reports**, v. 20, p. 1-7, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11883-018-0716-z>
- DUCLOS, Martine; VIRALLY, Marie-Laure; DEJAGER, Sylvie. Exercise in the management of type 2 diabetes mellitus: what are the benefits and how does it work? **The Physician and sports medicine**, v. 39, n. 2, p. 98-106, 2011. <https://doi.org/10.3810/psm.2011.05.1899>
- FARINHA, Juliano Boufleur et al. Exercise for type 1 diabetes mellitus management: general considerations and new directions. **Medical Hypotheses**, v. 104, p. 147-153, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.05.033>
- FERREIRA NETA, Jacy Souto Maior et al. Hipoglicemia em Diabéticos Tipo 2 Praticantes de exercício físico. **Conscientiae saúde** (Impr.), p. 20175864-20175864, 2017. <https://doi.org/10.5585/conssaude.v16n1.6732>
- FUHR, Joana Cortelete et al. Relationship of advanced glycation end-products in hypertension in diabetic patients: a systematic review. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 44, p. 557-572, 2022. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2022-0006en>
- GOTO, Kazushige et al. Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. **European journal of applied physiology**, v. 94, p. 333-338, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1296-x>
- GOTO, Kazushige et al. Effects of resistance exercise on lipolysis during subsequent submaximal exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 2, p. 308-315, 2007. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246992.33482.cb>
- IDF. International Diabetes Federation. 2021. *IDF Diabetes Atlas 2021*, 10th ed.; International Diabetes Federation: Brussels, Belgium.
- JONES, Thomas W. et al. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. **European journal of sport science**, v. 17, n. 3, p. 326-334, 2017. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1236148>

JIMENEZ, Carolyn et al. Insulin-sensitivity response to a single bout of resistive exercise in type 1 diabetes mellitus. **Journal of sport rehabilitation**, v. 18, n. 4, 2009. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.4.564>

KANALEY, Jill A. et al. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: a consensus statement from the American College of Sports Medicine. **Medicine and science in sports and exercise**, 2022. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>

KEESE, F. et al. Aerobic exercise intensity influences hypotension following concurrent exercise sessions. **International journal of sports medicine**, p. 148-153, 2012. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1291321>

KHALID, Mariyam; PETROIANU, Georg; ADEM, Abdu. Advanced glycation end products and diabetes mellitus: Mechanisms and perspectives. **Biomolecules**, v. 12, n. 4, p. 542, 2022. <https://doi.org/10.3390/biom12040542>

KIRWAN, John P.; SACKS, Jessica; NIEUWOUDT, Stephan. The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. **Cleveland Clinic journal of medicine**, v. 84, n. 7 Suppl 1, p. S15, 2017. <https://doi.org/10.3949/ccjm.84.s1.03>

LIU, C. C.; KUO, Terry BJ; YANG, Cheryl CH. Effects of estrogen on gender-related autonomic differences in humans. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 285, n. 5, p. H2188-H2193, 2003. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00256.2003>

MACHADO, Carlos Leonardo Figueiredo et al. Acute and chronic effects of muscle power training on blood pressure in elderly patients with type 2 diabetes mellitus. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 42, n. 2, p. 153-159, 2020. <https://doi.org/10.1080/10641963.2019.1590386>

MIKINES, KARI J. et al. Effect of physical exercise on sensitivity and responsiveness to insulin in humans. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 254, n. 3, p. E248-E259, 1988. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1988.254.3.E248>

MINUK, HOWARD L. et al. Glucoregulatory and metabolic response to exercise in obese noninsulin-dependent diabetes. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 240, n. 5, p. E458-E464, 1981. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1981.240.5.E458>

MONTEIRO, Luciana Zaranza et al. Decrease in blood pressure, body mass index and glycemia after aerobic training in elderly women with type 2 diabetes. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 95, p. 563-570, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000135>

NAIR, Anjana R.; PILLAI, Aiswarya J.; NAIR, Nandini. Cardiovascular changes in menopause. **Current cardiology reviews**, v. 17, n. 4, 2021. <https://doi.org/10.2174/1573403X16666201106141811>

OPOKU, Albert A.; ABUSHAMA, Mandy; KONJE, Justin C. Obesity and Menopause. **Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology**, p. 102348, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2023.102348>

PASCHOU, Stavroula A.; PAPANAS, Nikolaos. Type 2 diabetes mellitus and menopausal hormone therapy: an update. **Diabetes Therapy**, v. 10, n. 6, p. 2313-2320, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13300-019-00695-y>

PICARD, Mathilde et al. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. **PLoS One**, v. 16, n. 5, p. e0251863, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251863>

RODRIGUES, João Gabriel da Silveira et al. The volume and order of starting exercise modulates the glucose-lowering effect of a single session of combined exercise in middle-aged and older adults with type 2 diabetes. **Journal of Physical Education and Sport**. v. 22. p. 1041-1050, 2022. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.04132>

SABBATINI, Andrea Rodrigues; KARARIGAS, Georgios. Estrogen-related mechanisms in sex differences of hypertension and target organ damage. **Biology of sex differences**, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00306-7>

SANTIAGO, Éder et al. Acute glycemic and pressure responses of continuous and interval aerobic exercise in patients with type 2 diabetes. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 40, n. 2, p. 179-185, 2018. <https://doi.org/10.1080/10641963.2017.1339075>

SBD. Sociedade Brasileira de Diabetes. 2019. *Diretrizes Da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019–2020*; **Sociedade Brasileira de Diabetes**: São Paulo, Brazil. ISBN 9788593746024.

SELBAC, Mariana Terezinha et al. Mudanças comportamentais e fisiológicas determinadas pelo ciclo biológico feminino–climatério à menopausa. **Aletheia**, v. 51, n. 1 e 2, 2018. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-03942018000100016&lng=pt.

SHIOTSU, Yoko et al. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. **Experimental gerontology**, v. 111, p. 27-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.020>

SILVA JÚNIOR, Wellington S. et al. Atividade física e exercício no pré-diabetes e DM2. In *Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes*; **Sociedade Brasileira de Diabetes**: São Paulo, Brazil. 2022. <https://doi.org/10.29327/557753.2022-8>

SIMÕES, Graziela C. et al. Postresistance exercise blood pressure reduction is influenced by exercise intensity in type-2 diabetic and nondiabetic individuals. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 5, p. 1277-1284, 2010. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67488>

SU, Xiaoyun et al. The effects of aerobic exercise combined with resistance training on inflammatory factors and heart rate variability in middle-aged and elderly women with type 2 diabetes mellitus. **Annals of Noninvasive Electrocadiology**, v. 27, n. 6, p. e12996, 2022. <https://doi.org/10.1111/anec.12996>

TAKAHASHI, Traci A.; JOHNSON, Kay M. Menopause. **Medical Clinics of North America**, [s. l.], v. 99, n. 3, p. 521–534, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2015.01.006>

VON HOLZEN, J. J. et al. Impact of endo-and exogenous estrogens on heart rate variability in women: a review. **Climacteric**, v. 19, n. 3, p. 222-228, 2016. <https://doi.org/10.3109/13697137.2016.1145206>

WARD, Katherine; DENERIS, Angela. An update on menopause management. **Journal of Midwifery & Women's Health**, v. 63, n. 2, p. 168-177, 2018. <https://doi.org/10.1111/jmwh.12737>

WEDISINGHE, Lilantha; PERERA, Mahesh. Diabetes and the menopause. **Maturitas**, v. 63, n. 3, p. 200-203, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2009.04.005>

WILLIAMS, Scott et al. Cardiac Autonomic Neuropathy in Type 1 and 2 Diabetes: Epidemiology, Pathophysiology, and Management. **Clinical therapeutics**, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2022.09.002>

YARDLEY, Jane E. et al. Performing resistance exercise before versus after aerobic exercise influences growth hormone secretion in type 1 diabetes. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 2, p. 262-265, 2014. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0329>

APÊNDICES

Apêndice 1 – Anamnese

Nome: _____ Código: _____

Idade: _____ Data nasc.: ____ / ____ / ____

Escolaridade _____

Profissão: _____ Estado civil _____

Fumante: () Não () Sim Tempo de tabagismo: _____ Tempo de pausa: _____

Menopausa: () Não () Sim Anos na menopausa: _____

Uso de terapia de reposição hormonal: () Não () Sim Quanto tempo: _____

Hipertensão: () Não () Sim Medicamentos/dose: _____

Horário: _____ Tempo de uso: _____

Diabetes: () Não () Sim Tempo de diagnóstico: _____

Medicamentos/dose: _____

Horário: _____ Tempo de uso: _____

Acompanhamento médico (Diabetes): () Não () Sim

Última vez que foi ao médico: _____ Monitora glicemia em casa: () Não () Sim

Complicações relacionadas à Diabetes: () Não () Sim

Quais? _____

Insulina exógena: () Não () Sim Histórico familiar de Diabetes: _____

Outras patologias, cirurgias e medicamentos: _____

Histórico de DCV: _____

Possui acompanhamento médico: () Não () Sim Especialidade: _____

Pratica exercícios físicos regularmente: () Não () Sim Horas/dia: _____

Frequência semanal: _____ Tipo de Atividade: _____

Contato de emergência: _____

OBS: _____

Avaliador(a): _____ Data: ____ / ____ / ____

Apêndice 2 - Ficha de dados antropométricos e da sessão de familiarização

Data avaliação: ____/____/____

Altura (m): _____

MC (kg): _____

IMC: _____

C Cintura: _____

C Quadril: _____

C Abdômen: _____

TESTE ZONA DE REPETIÇÃO

Data avaliação: ____/____/____

	Carga – Número de repetições				Observação
Exercício	1ª tentativa	2ª tentativa	3ª tentativa	4ª tentativa	
Supino					
Leg press 180º					
Remada baixa					
Agachamento c/ halteres					
Desenvolvimento					

FAMILIARIZAÇÃO EXERCÍCIO AERÓBIO

Velocidade alcançada: _____

Inclinação: _____

Obs: _____

FCmáx: _____

FC basal: _____

FCreserva: _____

Zona de treinamento: _____

SESSÃO _____						DATA ____/____/____						
Cód. Vol.:						H ultima refeição:						
Nº polar:						Tempo de jejum:						
H medic.:						Avaliador:						
Tempo previsto	Tempo real	Procedimentos	1ª medida			2ª medida			3ª medida			Glicemia
			PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	PAS	PAD	FC	mg/dL
07:00		Cafê da manhã										
07:20		Repouso (Recordatório)										
07:40		VFC										
07:50		PA, Glicemia pré										
08:00		Início da sessão										
08:30		Meio da sessão										
09:00		Término da sessão										
09:10		VFC										
09:20		PA, Glicemia 20min										
09:30		VFC										
09:40		PA, Glicemia 40min										
09:50		VFC										
10:00		PA, Glicemia 60min										

Obs:

ANEXOS

Anexo 1 – Avaliação do nível de atividade física

International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)

ID: _____

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez na **ÚLTIMA** semana:

- Atividades **VIGOROSAS**: precisam de grande esforço e fazem respirar MUITO mais forte que o normal.
- Atividades **MODERADAS**: precisam de algum esforço e fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

1A) Em quantos dias da última semana você caminhou por **pelo menos 10 minutos contínuos** em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício? Dias _____ por **SEMANA** ()
Nenhum

1B) Nos dias em que você caminhou por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**? Horas: _____ Minutos: _____

2A) Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**NÃO INCLUA CAMINHADA**). Dias _____ por **SEMANA** ()
Nenhum

2B) Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por **pelo menos 10 minutos contínuos**, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? Horas: _____ Minutos: _____

3A) Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração. Dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3B) Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? Horas: _____ Minutos: _____

As últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. **Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte** em ônibus, trem, metrô ou carro.

4A) Quanto tempo no total você gasta sentado em um dia de semana? _____ horas _____ minutos

4B) Quanto tempo no total você gasta sentado em um dia de fim de semana? _____ horas _____ minutos



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da ordem de execução do exercício físico concorrente na resposta glicêmica aguda e subaguda em mulheres pós-menopausadas com diabetes mellitus tipo 2

Pesquisador: Nadia Carla Cheik

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57236522.1.0000.5152

Instituição Proponente: Faculdade de Educação Física e Fisioterapia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.464.190

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas dos documentos Informações Básicas da Pesquisa arquivo "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1886613.pdf" e Projeto Detalhado arquivo "projeto_pesquisa_CEP.docx", postados em 30/05/2022.

INTRODUÇÃO

Na pós-menopausa, o Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) torna-se altamente prevalente devido à redução dos níveis estrogênicos e alterações no metabolismo lipídico e glicídico. O exercício físico concorrente (aeróbico e resistido na mesma sessão) tem efeitos benéficos no controle glicêmico e previne o desenvolvimento de complicações relacionadas à doença, no entanto, ainda não está bem estabelecida qual a ordem de realização desses exercícios proporciona melhor controle glicêmico e menor risco de hipoglicemia. Dessa forma, o objetivo desse estudo é avaliar os efeitos da ordem de execução de uma sessão de exercício concorrente nas respostas glicêmicas durante e após o exercício em mulheres pós-menopausadas com DM2. Participarão do estudo 30 mulheres na pós-menopausa com DM2, com idade entre 45 e 60 anos. Cada participante realizará 5 sessões experimentais em ordem aleatória, separadas por pelo menos 3 dias:

- 1) Exercício aeróbico seguido de exercício resistido (AR): 1 sessão de 30 minutos de exercício aeróbico de intensidade moderada

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica

Bairro: Santa Mônica

CEP: 38.408-144

UF: MG

Município: UBERLÂNDIA

Telefone: (34)3239-4131

Fax: (34)3239-4131

E-mail: cep@propp.ufu.br

Continuação do Parecer: 5.464.190

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_participantes.docx	14:00:32	GARCES	Aceito
Outros	links_lattes_pesquisadores.docx	26/05/2022 14:21:46	CAROLINE PEREIRA GARCES	Aceito
Outros	Instrumento_coleta_de_dados.pdf	27/03/2022 21:32:05	CAROLINE PEREIRA GARCES	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Termo_responsabilidade_materialbiologico.pdf	22/03/2022 21:10:42	CAROLINE PEREIRA GARCES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_equipe_executora.pdf	22/03/2022 21:10:03	CAROLINE PEREIRA GARCES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	22/03/2022 21:06:39	CAROLINE PEREIRA GARCES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

UBERLANDIA, 12 de Junho de 2022

Assinado por:
ALEANDRA DA SILVA FIGUEIRA SAMPAIO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLANDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4131 **E-mail:** cep@propp.ufu.br