



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

MARIA CAROLINA SIMÕES VIEIRA DE MELO

**EFICÁCIA DO TREINO AQUÁTICO SOBRE O CONTROLE DA GLICEMIA, A
VELOCIDADE DO FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM
INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Recife

2020

MARIA CAROLINA SIMÕES VIEIRA DE MELO

EFICÁCIA DO TREINO AQUÁTICO SOBRE O CONTROLE DA GLICEMIA, A VELOCIDADE DO FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Área de concentração: Fisioterapia na atenção à Saúde.

Orientadora: Prof^{fa} Dr^a Sílvia Regina Arruda de Moraes

Coorientadora: Prof^{fa} Dr^a Ana Paula de Lima Ferreira

Recife

2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Elaine Freitas, CRB4-1790

M528e Melo, Maria Carolina Simões Vieira de
 Eficácia do treino aquático sobre o controle da glicemia, a
 velocidade do fluxo sanguíneo, equilíbrio e risco de quedas em
 indivíduos com diabetes tipo 2: ensaio clínico randomizado/ Maria
 Carolina Simões Vieira de Melo . – 2020.
 75 f.

 Orientadora: Sílvia Regina Arruda de Moraes
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco,
 Centro de Ciências da Saúde- CCS. Programa de Pós-Graduação
 em Fisioterapia. Recife, 2020.

 Inclui referências e apêndices.

 1. Diabetes Mellitus. 2. Hidroterapia. 3. Equilíbrio Postural. I.
 Moraes, Sílvia Regina Arruda de (Orientadora). II. Título.

616.07 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2020-057)

**EFICÁCIA DO TREINO AQUÁTICO SOBRE O CONTROLE DA GLICEMIA, A
VELOCIDADE DO FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM
INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Fisioterapia da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Fisioterapia.

Aprovado em: 05/02/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Anna Myrna Jaguaribe de Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. André dos Santos Costa (Examinadora Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Vitor Caiaffo Brito (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente louvo Àquele que só faz em mim maravilhas: Jesus Cristo. Ele que mais uma vez concretiza os meus sonhos. E a Nossa Senhora, sempre presente na minha vida através da sua intercessão materna.

Agradeço aos meus avós que construíram uma base familiar de muito amor e sempre mostrando os benefícios da educação. E aos meus pais pelo amor, pelo porto seguro, pelas oportunidades e pelo cuidado, a eles a minha eterna gratidão.

Agradeço ao meu esposo por todo incentivo, por acreditar em mim e reconhecer a minha capacidade de ir além do que imagino. Agradeço por nunca desistir e por nunca me deixar desistir, a você todo meu amor. E as minhas filhas, que mesmo sem ter essa percepção, são minha fonte de energia, minha motivação diária, minha razão em prosseguir buscando ser sempre melhor.

Agradeço as minhas irmãs, minhas sobrinhas e meu sobrinho pelo simples fato de existirem e de saber que estão ali sempre que eu precisar. E aos meus amigos por cada palavra de apoio, cada ombro oferecido, cada lágrima chorada comigo, represento todos no nome da minha grande amiga Carine Wiesiolek.

Obrigada por incrementar o meu ser, Prof^a Sílvia Regina Arruda de Moraes, muito mais que orientadora, professora, amiga... faltam-me palavras ao te descrever, meu eterno: obrigada, meu respeito e a minha admiração. Obrigada a Prof^a Ana Paula pela ajuda nos dias difíceis de intervenção, permitindo a continuidade dessa realização, sem esquecer também do apoio da Prof^a Graça Araújo.

Agradeço a todo o LAPLAN, em especial a Héliida, Douglas, Alice, Izabelly, Tânia e Danila, que foram meu apoio trazendo muita leveza ao meu dia-a-dia. Agradeço aos amigos da Pós e a Niede, também o pessoal da clínica escola fisioterapia da UFPE.

Enfim agradeço por entender que o importante não é o final, mas todo o aprendizado que obtive no caminho. Nesta roda gigante que é a vida, agradeço por ter a certeza que sempre existirão anjos para me ajudar, finalizo como iniciei: Obrigada, Senhor. Quão grande és Tu!

“Até aqui nos ajudou o Senhor!” (1Samuel, 7:12)

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do treino aquático regular sobre o controle da glicemia capilar, a velocidade do fluxo vascular arterial, equilíbrio e risco de quedas de indivíduos com diabetes tipo 2. Foi realizado um ensaio clínico controlado e randomizado, com indivíduos com Diabetes *mellitus* tipo 2 onde os participantes foram randomizados em dois grupos: Grupo Controle (GC) e Grupo Experimental (GE). Todos os grupos foram avaliados, utilizando o *Ultrasonic Vascular Doppler*, *Biodex Balance System* e escala de Berg. A intervenção experimental consistiu na realização do treino em piscina coberta, com temperatura da água entre 32°C e 34°C, durante 8 semanas, realizadas duas vezes semana por 60 minutos. Participaram do estudo 27 indivíduos de ambos os sexos, sendo estes 14 no GC e 13 no GE. Quanto a média da idade foi de 64,71 anos no GC e 66 anos no GE. Na análise da glicemia, velocidade do fluxo sanguíneo, do equilíbrio estático e dinâmico e risco de quedas, não foram observadas melhoras estatisticamente significativas após a intervenção, exceto na comparação do valor médio da artéria dorsal do pé direito. O protocolo de exercício aquático durante 8 semanas realizado 2 vezes por semana mostrou efeito significativo apenas para a velocidade média do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito. Não apresentou efeito significativo para o equilíbrio e o risco de quedas.

Palavras-Chave: Diabetes Mellitus. Hidroterapia. Equilíbrio Postural.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of regular aquatic training on the control of capillary glycemia, the speed of arterial vascular flow, balance and risk of falls in individuals with type 2 diabetes. A controlled and randomized clinical trial was conducted, with individuals with type 2 Diabetes mellitus where the participants were randomized into two groups: Control Group (CG) and Experimental Group (EG). All groups were evaluated using the Ultrasonic Vascular Doppler; Biodex Balance System and Berg scale. The experimental intervention consisted of training in an indoor pool, with water temperature between 32°C and 34°C, for 8 weeks, performed twice a week for 60 minutes. Twenty-seven individuals of both sexes participated in the study, 14 of them in the CG and 13 in the EG. The mean age was 64.71 years in the CG and 66 years in the EG. In the analysis of blood glucose, blood flow speed, static and dynamic balance and risk of falls, no statistically significant improvements were observed after the intervention, except when comparing the mean value of the dorsal artery of the right foot. The 8-week aquatic exercise protocol performed twice a week showed a significant effect only on the mean blood flow rate of the dorsal artery of the right foot. It had no significant effect on balance and the risk of falls.

Keywords: Diabetes Mellitus. Hydrotherapy. Postural Balance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEs	<i>Advanced Glycation End-Products</i>
ASCOM	Assessoria de Comunicação
DE	Disfunção Endotelial
DM	Diabetes <i>Mellitus</i>
DM2	Diabetes <i>Mellitus</i> tipo 2
DMG	Diabetes <i>Mellitus</i> Gestacional
FC	Frequência Cardíaca
FR	Frequência Respiratória
GC	Grupo Controle
GE	Grupo Experimental
HbA1c	Hemoglobina Glicada
IBRADI	Instituto Brasileiro de Diabetes
IMC	Índice de Massa Corporal
AVDs	Atividades de Vida Diária
BBS	<i>Biodex Balance System</i>
DNP	Doença Neuromuscular Periférica
OSI	Índice Geral de Estabilidade
API	Índice de Estabilidade Anterior/Posterior
MLI	Índice de Estabilidade Medial/Lateral
NO	Óxido de Nitrogênio
NPD	Neuropatia Periférica Diabética
OA	Osteoartrite
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Pressão Arterial
QV	Qualidade de Vida
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

1

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	DIABETES MELLITUS.....	14
2.2	DISFUNÇÃO VASCULAR.....	16
2.3	EQUILÍBRIO.....	18
2.4	EXERCÍCIOS EM MEIO AQUÁTICO.....	19
3	OBJETIVOS.....	22
3.1	OBJETIVO GERAL.....	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4	METODOLOGIA.....	23
4.1	DESENHO DO ESTUDO.....	23
4.2	LOCAL DO ESTUDO.....	23
4.3	PERÍODO DO ESTUDO.....	23
4.4	POPULAÇÃO DO ESTUDO.....	23
4.5	AMOSTRAGEM.....	23
4.6	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	24
4.7	COLETA DE DADOS.....	24
4.7.1	Recrutamento e Consentimento dos Voluntários.....	24
4.7.2	Avaliação Inicial.....	25
4.7.2.1	Anamnese e Exame Físico.....	25
4.7.2.2	Avaliação da Circulação Periférica: Velocidade do Fluxo Sanguíneo.....	25
4.7.2.3	Avaliação do equilíbrio e Risco de Quedas.....	26
4.7.3	Intervenção.....	28
4.7.3.1	Informações sobre Autocuidado relativas ao Diabetes.....	28
4.7.3.2	Protocolo de Treinamento Físico.....	28
4.8	ASPECTOS ÉTICOS.....	29
4.9	ANÁLISE DOS DADOS.....	30
5	RESULTADOS.....	31

6	CONCLUSÃO.....	32
7	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	40
	APÊNDICE B – FICHA DE VALIAÇÃO.....	43
	APÊNDICE C – ESCALA DE EQUILÍBRIO DE BERG.....	46
	APÊNCIDE D – ARTIGO 1.....	49
	APÊNDICE E – ARTIGO 2.....	59

1 INTRODUÇÃO

O diabetes *mellitus* (DM) é reconhecido como uma das principais causas de morbidade e mortalidade prematura e tornou-se uma epidemia em muitos países. Pacientes com diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) demonstram quatro vezes maior mortalidade por doença cardiovascular (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

O DM está entre as principais doenças não transmissíveis que afetam grande parte da população em todo o mundo. Sua prevalência continuou a aumentar ao longo das últimas décadas, tornando-a uma das epidemias mais prementes do mundo. Organização Mundial da Saúde (OMS) informou que aproximadamente 422 milhões de pessoas tinham diabetes em 2014 e aproximadamente 1,6 milhões morreram de DM (RAMADHAN *et al.*, 2019).

Caracterizada pela condição hiperglicêmica, que resulta no aumento das espécies reativas de oxigênio, o qual foi apontado como a principal causa subjacente à disfunção endotelial induzida pelo diabetes, e que está amplamente correlacionado ao início do evento da macro e microangiopatia observado precocemente nessa enfermidade, pois o comprometimento da circulação sanguínea da pele ocorre desde o início da patogênese do DM2 (NUTTAMONWARAKUL; AMATYAKUT; SUKSOM, 2014; SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

A disfunção vascular desempenha um papel importante na patogênese da doença vascular diabética, que é caracterizada por vasodilatação reduzida dependente do endotélio e endurecimento das artérias centrais (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

Além disso, o comprometimento da função endotelial, parece contribuir para os déficits da função muscular e o desempenho físico. Pacientes com DM2 sofrem de redução na função física, com diminuição da absorção de oxigênio e má função muscular. Consequências danosas são também encontradas no músculo esquelético, tais como aumento no número de fibras musculares de tipo II, baixa densidade capilar e diminuição da capacidade oxidativa (CIDER *et al.*, 2012).

Mais tardiamente, a instalação de neuropatia periférica, a redução da acuidade visual, a instalação de episódios de tonturas, hipoglicemia resultante do mau uso da medicação, associados às mudanças na adaptação física que geralmente ocorrem no processo fisiológico do envelhecimento, favorecem o risco de quedas nesta população

que apresenta um déficit de equilíbrio (OLIVEIRA *et al.*, 2012; SALES; SOUZA; CARDOZO, 2012).

O exercício é tradicionalmente preconizado para indivíduos com DM2, sendo a caminhada um dos tipos de exercício mais populares. As atuais diretrizes de atividade física e exercício para indivíduos com o DM2 recomenda uma combinação de exercícios aeróbicos e de resistência para regular os níveis glicêmicos e evitar as complicações advindas desta patologia (REIS FILHO *et al.*, 2012; REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017). Recentemente, o reconhecimento de condições coexistentes comumente associadas ao DM2, como osteoartrite (OA), obesidade e neuropatia periférica diabética (NPD), levou à percepção de que modos alternativos de exercício que melhor ajudem na gestão da dor sejam recomendados ou oferecidos a esse grupo populacional (REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017).

Em 2019, a Associação Americana de Diabetes recomendou a prática de exercício de intensidade moderada de pelo menos 150 min semanalmente para todos pacientes com diabetes, além de permanecer fisicamente ativo durante todo o dia e interromper atividades sedentárias pelo menos a cada 30 minutos (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019). Verificou-se que isso melhora o controle glicêmico nível hemoglobina glicada (HbA1c) e diminui complicações macrovasculares associadas. Além disso, vários estudos mostraram uma associação positiva entre atividade física e menor incidência de outras comorbidades como hipertensão, dislipidemia e depressão (RAMADHAN *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o treino aquático surge como uma excelente alternativa de auxílio na melhoria do condicionamento aeróbio, da força e resistência muscular, assim como da flexibilidade. A imersão aquática tem profundos efeitos biológicos, estendendo-se por essencialmente todos os sistemas homeostáticos e em relação ao sistema musculoesquelético, os efeitos são causados pela ação compressiva da imersão, bem como pela regulação reflexa do tônus dos vasos sanguíneos. Esses efeitos são benéficos no manejo de pacientes com problemas musculoesqueléticos, doenças cardiovasculares, doenças reumáticas e outras condições (REIS FILHO *et al.*, 2012; CUGUSI *et al.*, 2015).

Além disso, a prática de exercício aquático tem sido indicada para indivíduos de meia idade e idosos devido ao ambiente diferenciado, que favorece maior adesão,

por tratar-se de uma atividade que possibilita a ativação de grandes grupos musculares em sinergia, conciliando ainda, exercícios aeróbios, e, por possuir menores riscos de quedas. Para pacientes com DM2, que são frequentemente obesos, o exercício aquático deve ser indicado por oferecer um ambiente mais seguro e protetor para pessoas com excesso de peso devido aos efeitos de flutuabilidade de imersão, que reduz o risco de lesão articular. Além de que o treinamento realizado na água pode minimizar alguns dos riscos de exercício como lesões tendíneas ou trauma em pacientes sedentários com DM2 ao iniciarem um programa de atividade física (REIS FILHO *et al.*, 2012; CUGUSI *et al.*, 2015).

Entretanto, apesar do exercício aquático representar uma forma alternativa promissora de exercício que pode reduzir os níveis de glicose no sangue, além de também ajudar no gerenciamento da dor e melhorar a qualidade de vida (QV), as recomendações de exercícios aquáticos permanecem pouco especificadas para a prática clínica de pacientes com diabetes (REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017).

O crescente número de diabetes diagnosticados, associados ao aumento da população idosa, da obesidade e do sedentarismo, leva a uma preocupação na busca de reduzir as complicações envolvidas nesta síndrome. O meio aquático, através da utilização das suas propriedades físicas somado ao exercício físico, apresenta vantagens para esta população quando comparados aos exercícios terrestres (REIS FILHO *et al.*, 2012; CUGUSI *et al.*, 2015). Contudo, os estudos atuais sobre os efeitos dos exercícios aquático nos indivíduos com diabetes *mellitus*, são escassos e não avaliam os seus efeitos sobre o retorno venoso e tão pouco sua repercussão no equilíbrio e consequente risco de quedas nesses indivíduos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DIABETES *MELLITUS*

O termo diabetes *mellitus* (DM) descreve uma síndrome de desordem metabólica de etiologias variadas, caracterizada por hiperglicemia crônica decorrente de defeitos na secreção e/ou ação da insulina, resultando em resistência insulínica. Altas concentrações plasmáticas de glicose levam ao desenvolvimento de degenerações crônicas associadas à falência de diversos órgãos, principalmente olhos, rins, coração, nervos e vasos sanguíneos (FERREIRA *et al.*, 2011; CENCI *et al.*, 2013).

O DM é classificado em tipo 1 e 2, diabetes gestacional e outros tipos. No DM tipo 1 ocorre uma destruição crônica das células β pancreáticas, por meio de mecanismos autoimunes, mediados por células como linfócitos T e macrófagos. O processo de autodestruição se inicia meses a anos antes do diagnóstico clínico da doença e, dependendo da idade do diagnóstico, cerca de 70 a 90% das células β já foram destruídas após os primeiros sintomas de hiperglicemia (FERREIRA *et al.*, 2011).

No DM2, o principal fenômeno fisiopatológico é a resistência à ação da insulina, que está associado principalmente, a defeitos nos secretores de insulina relacionados à inflamação e estresse no metabolismo, entre outros colaboradores, incluindo fatores genéticos, diminuindo a captação de glicose em tecidos insulina dependentes. No início da doença, em resposta a esta resistência, ocorre hiperinsulinemia compensatória, continuando por meses ou anos. Com o avanço do DM2, por causa da disfunção e redução das células β pancreáticas, a síntese e a secreção de insulina poderão ficar comprometidas e, em alguns casos, a insulinoaterapia será essencial (FERREIRA *et al.*, 2011; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019).

O DM 2 também é caracterizado por múltiplas anormalidades metabólicas, tornando-os particularmente propensos a desenvolver doença cardiovascular aterosclerótica devido a um efeito combinado de resistência à insulina, hiperglicemia e anormalidades metabólicas associadas (MADONNA *et al.*, 2018).

O DM gestacional é determinado pela diminuição da tolerância à glicose. O início ou o reconhecimento acontece pela primeira vez durante a gestação, podendo ou não persistir após o parto. No período pós-gestacional há redução da concentração

plasmática de hormônios contrainsulínicos, diminuindo as necessidades maternas de insulina e a glicemia voltando à normalidade. No entanto, as gestantes que apresentam DMG possuem alto risco de desenvolverem DM2 posteriormente (FERREIRA *et al.*, 2011).

Tanto no diabetes tipo 1 quanto no tipo 2, vários fatores genéticos e ambientais podem resultar na perda progressiva de massa e/ou função das células β que se manifesta clinicamente como hiperglicemia. Uma vez apresentando hiperglicemia, pacientes com todas as formas de diabetes correm risco de desenvolver as mesmas complicações crônicas, embora as taxas de progressão possam diferir (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019).

O diabetes pode ser diagnosticado com base nos critérios de glicose no plasma, seja o valor da glicose no plasma em jejum ou o valor da glicose plasmática após 2 h de realização do teste de tolerância oral à glicose (com 75g de glicose) ou teste de hemoglobina glicada (HbA1c). Geralmente, todos estes métodos são igualmente apropriados para teste diagnóstico (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019).

É considerado um problema de saúde pública, com prevalência global prevista para 2025 de 300 milhões de pessoas, devido ao envelhecimento populacional crescente, além das modificações no estilo de vida que geram fatores de risco para essa doença, como estresse, sedentarismo e obesidade. O Brasil é o sexto país no mundo em número de pessoas com DM, com cerca de 11,3 milhões de casos notificados (PINHEIRO; VILAÇA; CARVALHO, 2014).

Os resultados da 9ª edição atual da *International Diabetes Federation – Diabetes Atlas* (2019) confirmam que o diabetes é um dos fatores de saúde global que mais cresce emergencialmente no século XXI. Em 2019, estima-se que 463 milhões de pessoas tenham diabetes e esse número está projetado para chegar a 578 milhões até 2030 e 700 milhões até 2045. Dois terços das pessoas com diabetes vivem em áreas urbanas e três em cada quatro têm idade para trabalhar. Estima-se que mais de quatro milhões de pessoas, entre 20 e 79 anos, morreram de causas relacionadas ao diabetes em 2019. O número de crianças e adolescentes (ou seja, até 19 anos) que vivem com diabetes aumenta anualmente. Em 2019, mais de um milhão de crianças e adolescentes apresentaram diabetes tipo 1. Estima-se que 136 milhões de

peessoas maiores de 65 anos têm diabetes e a prevalência de diabetes nesta faixa etária varia significativamente entre regiões (IDF ATLAS, 2019).

O prognóstico para o indivíduo portador de DM é bem pior quando está associado a doença cardiovascular, além de existir um maior risco para doença arterial coronariana, acidente vascular encefálico, doença vascular periférica e insuficiência cardíaca, que são as principais causas de morte para esta doença (SCHEFFEL *et al.*, 2004).

Como o DM2 está associado a maus resultados cardiovasculares, foi aceito como um equivalente de doença cardiovascular, o que significa que esses pacientes devem ser aceitos como portadores de doença aterosclerótica no momento do diagnóstico. Os fatores subjacentes atribuídos a esses riscos são a inflamação endotelial mencionada e a disfunção microcirculatória. Desde cerca de uma década, um número crescente de estudos relatou a associação entre várias estimativas de disfunção microvasculares no DM2 (ÇAKAR *et al.*, 2015).

2.2 DISFUNÇÃO VASCULAR

Tanto o diabetes tipo 2 quanto o tipo 1 estão associados a complicações microvasculares e macrovasculares, afetando vários órgãos, incluindo músculos, pele, coração, cérebro, rins e membros inferiores. Os mecanismos da doença vascular em pacientes com diabetes são glicação avançada de diferentes constituintes do tecido e biodisponibilidade reduzida de óxido de nitrogênio (NO), que pode causar disfunção endotelial (DE), uma das primeiras deteriorações mensuráveis da parede arterial na aterogênese, seguidas de inflamação crônica e formação de placas ateroscleróticas (BESIC *et al.*, 2017).

A hiperglicemia é o fator primário desencadeador dessas complicações micro e macrovasculares, sendo a formação endógena dos produtos de glicação avançada, também chamados (AGEs) - *advanced glycation end-products*, um dos principais mecanismos responsáveis pelos danos celulares e teciduais observados nessa doença (BARBOSA *et al.*, 2009; NAKAMURA *et al.*, 2019).

Os AGEs são formados através de uma via não enzimática como parte do envelhecimento normal. Como os redutores de açúcares reagem com proteínas ou lipídios, formam-se AGEs irreversíveis. Uma acumulação de AGEs tem sido associada a vários estados patológicos que ocorrem durante o envelhecimento, como doenças cardiovasculares, neurológicas e oculares. A hiperglicemia acelera a formação de AGE e, portanto, o aumento dos níveis de AGEs têm sido associados a várias complicações relacionadas ao diabetes *mellitus* (SHAIKH - KADER *et al.*, 2019).

Os AGEs podem alterar a estrutura e função das proteínas formando ligações cruzadas com proteínas, e quando os AGEs se ligam aos receptores, eles afetam importantes vias de sinalização celular, resultando em apoptose, inflamação e ativação de fatores de transcrição. Estudos demonstraram que níveis elevados de AGE estão associados a apoptose aumentada em estados patológicos, e é através da morte celular que os AGEs têm efeitos tóxicos nos processos fisiológicos normais, como cicatrização de feridas (SHAIKH - KADER *et al.*, 2019).

A disfunção vascular desempenha um papel importante na patogênese da doença vascular diabética, caracterizada por redução do endotélio, vasodilatação dependente e enrijecimento das artérias centrais. Além da lesão macrovascular, a disfunção evidencia um comprometimento microvascular também aparente no diabetes, com o mesmo tempo de diagnóstico, pois o comprometimento do fluxo sanguíneo da pele ocorre precocemente nesta patogênese (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

Além disso, existe o desenvolvimento de doença microvascular específica na retina, no glomérulo renal e nos nervos periféricos, e a doença macrovascular aterosclerótica acelerada afeta as artérias que irrigam coração, cérebro e extremidades, caracterizando as complicações do diabetes dos tipos 1 e 2 (BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2009).

Contudo existe a necessidade de exames complementares para uma melhor avaliação dos vasos, uma vez que a avaliação clínica dos membros inferiores por si só não identifica os sistemas envolvidos ou os níveis anatômicos. Esses exames podem ser invasivos ou não-invasivos. Os invasivos, como flebografia e pressão venosa ambulatoria, apesar de terem boa acurácia, trazem desconforto e complicações. Dentre os não-invasivos, destacam-se o Doppler ultrassom de ondas

contínuas, a fotopletismografia, pletismografia a ar e o mapeamento dúplex (SALIBA JR.; GIANNINI; ROLLO, 2007).

A aplicação da monitorização ultrassonográfica em pacientes com angiopatia dos membros inferiores desempenha um papel no alerta precoce, retardando a ocorrência de doença macrovascular e retardando o desenvolvimento de macroangiopatia como infarto cerebral, pé diabético e assim por diante, o que o torna base significativa para o diagnóstico clínico e tratamento (DUAN *et al.*, 2014).

Dentre as complicações crônicas destacam-se as macrovasculares, as microvasculares e a neuropatia diabética. Que podem provocar déficit significativos de sensibilidade vibratória, propriocepção, cinestesia e sensibilidade tátil, que somado aos efeitos deletérios do envelhecimento, ocasionam declínio na percepção da posição e do movimento articular. A marcha destes indivíduos sofre alterações ocasionando episódios de desequilíbrios, além da existência da instabilidade postural que acarretam num maior risco de quedas (FREGONESI; CAMARGO, 2010; CENCI *et al.*, 2013; PINHEIRO; VILAÇA; CARVALHO, 2014).

2.3 EQUILÍBRIO

Foi descrito retardo nas respostas musculares diante da instabilidade provocada por superfície móvel em portadores de neuropatia diabética. Também foi visto uma piora no desempenho e maior oscilação nos testes de equilíbrio para a mesma população quando comparados aos portadores de diabetes sem neuropatia periférica. A diminuição da sensibilidade plantar e das informações provenientes dos mecanorreceptores acarretam alterações do equilíbrio em indivíduos idosos e diabéticos (CENCI *et al.*, 2013).

Idosos com DM2 têm maior prevalência de risco de quedas e o fator de risco comumente identificado é a redução do equilíbrio, cujo caracteriza-se por ser a manutenção ou restauração do centro de massa de uma pessoa dentro de seus limites de estabilidade. Uma variedade de sistemas de controle do equilíbrio (reativo, antecipatório, sensorial, dinâmico e limites de estabilidade) e sistemas fisiológicos (vestibular, visual, proprioceptivo, força muscular e tempo de reação) contribuem para sua manutenção (DIXON *et al.*, 2017). Esses componentes trabalham de forma integrada e complementar e qualquer alteração de um, ou mais, desses sistemas

resultam em instabilidade postural e, conseqüentemente, aumentam o risco de quedas, lesões cutâneas, fraturas e imobilizações prolongadas, levando assim a redução da qualidade de vida dessa população. Apesar da neuropatia diabética ser comumente associada a causa da instabilidade postural no paciente com diabetes, há alguma evidência de que o diabetes, por si só, pode ter também um impacto negativo no controle postural em condições estressantes (SALES; SOUZA; CARDOZO, 2012).

A hiperglicemia prolongada que ocorre com o DM2 estimula uma série de interações metabólicas. Isso pode causar hipóxia endoneural, alterando a perfusão do nervo, particularmente no tecido dependente de glicose, incluindo nervos periféricos (resultando em neuropatia periférica diabética [NPD]), retina (resultando em retinopatia diabética) e sistema vestibular, NPD pode alterar a percepção do movimento como resultado da diminuição da entrada proprioceptiva e cutânea da pele, músculos e articulações. A retinopatia diabética pode afetar os receptores sensoriais na retina responsáveis por fornecer informações visuais do ambiente circundante e orientação do corpo. A sensibilidade diminuída no sistema vestibular pode alterar a percepção em relação ao movimento, equilíbrio e orientação espacial necessária para manter a postura. Além disso, a hiperglicemia prolongada também pode levar à fraqueza muscular, rigidez articular e alterações degenerativas precoces no cérebro. Todos esses são fatores que podem prejudicar ainda mais o controle do equilíbrio em pessoas com DM2 (DIXON *et al.*, 2017).

2.4 EXERCÍCIOS EM MEIO AQUÁTICO

A atividade física pode contribuir de diversas maneiras para as pessoas com diabetes, incluindo aumento da aptidão cardiorrespiratória, aumento do vigor, melhora do controle glicêmico, diminuição da resistência à insulina, redução do perfil lipídico, redução da pressão arterial (PA) e manutenção da perda de peso. Além disso, o treinamento com exercícios aeróbios também podem reduzir o desenvolvimento da neuropatia periférica (CUGUSI *et al.*, 2015; DELEVATTI *et al.*, 2015; REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017; SIGAL *et al.*, 2018).

Entretanto, foi demonstrado que o exercício resistido melhora a massa muscular esquelética. Por esse motivo, seria desejável incorporar esse tipo de exercício físico em programas de treinamento adaptados para pessoas diagnosticadas com DM2 combinados com os exercícios aeróbios (CUGUSI *et al.*, 2015; REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017; CONNERS *et al.*, 2018). Porém, a

contribuição energética e efeitos metabólicos expressivos exigem que os pacientes sejam geralmente expostos a forças de impacto moderadas a pesadas no sistema osteomuscular (DELEVATTI *et al.*, 2015).

Embora o exercício seja um fator importante no gerenciamento do DM, pessoas com DM geralmente não cumprem as recomendações planos de exercícios. Um estudo realizado na Arábia Saudita relatou que menos de um terço dos pacientes com DM seguiram o nível recomendado de atividade física. Algumas das barreiras que contribuem para não adesão à atividade física são falta de tempo, clima quente, presença de outras doenças crônicas e dependência automobilística (RAMADHAN *et al.*, 2019).

Dentre as alternativas de exercícios para pacientes com DM2 incluem exercícios aquáticos, nos quais as propriedades físicas da água podem fornecer forças de baixo impacto nas articulações dos membros inferiores, o risco de lesão é comparativamente menor devido; o estresse e a compressão nas articulações são menores e a resistência oferecida pela água leva a uma melhor resistência e tônus muscular; além disso, a frequência cardíaca é mantida em uma frequência mais baixa do que em atividades como andar de bicicleta e correr. Essas características são especialmente relevantes no caso do diabetes, devido à sua associação frequente com incapacidade funcional, principalmente quando a neuropatia diabética está presente (SILVA *et al.*, 2010; SPORIŠ; RUŽIÆ; NEDIÆ, 2013; DELEVATTI *et al.*, 2015; FISKEN *et al.*, 2015).

O meio aquático, através do seus princípios físicos, oferece menor ação da gravidade aos exercícios, diminuindo o impacto nas articulações enquanto produz resistência aos movimentos. Além de diminuir o risco de quedas e de lesões articulares, possibilitando a realização de exercícios e movimentos que muitas vezes não poderiam ser realizados em exercícios terrestres pela multiplicidades de sintomas como dor, fraqueza muscular, déficit de equilíbrio, obesidade, doenças articulares, desordens na marcha entre outros (RESENDE; RASSI; VIANA, 2008).

Exercícios aquáticos são recomendados para pacientes com problemas venosos, por proporcionarem movimentos combinados das articulações tarsais e contrações dos músculos da panturrilha, que fazem parte da bomba músculo-vascular e facilitam o retorno do sangue venoso. Os principais benefícios destes exercícios são o aumento da eficiência cardiovascular, melhora do metabolismo, fortalecimento dos

músculos com redução da carga nas articulações e normalização da composição corporal (JASINSKI *et al.*, 2015).

Apresentam vantagens quando comparados com exercícios terrestres para pessoas com dificuldades de mobilidade e excesso de peso corporal proporcionado pela flutuação, que reduz a descarga de peso e o impacto nas articulações permitindo a realização de exercício funcionais de cadeia fechada que, de outra forma, podem ser muito difíceis em terra, também promove a diminuição na percepção da intensidade da dor. Outras propriedades físicas, como a água aquecida e a pressão hidrostática, promovem o relaxamento da musculatura, alívio da tensão e a redução de espasmos musculares, o que facilita a execução dos movimentos. A turbulência da água pode ser usada como um método para aumentar a resistência, e a porcentagem de peso corporal suportada através dos membros inferiores pode ser diminuída ou progredida proporcionalmente à profundidade da imersão. Adicionalmente, estudos com adultos e idosos saudáveis têm mostrado que exercícios na água são efetivos para aumentar a força muscular (HINMAN; HEYWOOD; DAY, 2007; MATTOS *et al.*, 2016).

O exercício aquático mostrou ter efeitos benéficos em adultos mais velhos. Em mulheres idosas saudáveis, foi relatado que um programa de treinamento em água três vezes por semana por 24 semanas melhorou a força muscular significativamente, a flexão do tronco, a capacidade de saltar, e a mobilidade funcional em comparação com um grupo controle sem exercício. Em idosos frágeis, a independência funcional e a qualidade de vida foram melhoradas pela água com programas de exercícios realizados uma vez e duas vezes por semana (HALE; WATERS; HERBISON, 2012).

Portanto, o ambiente aquático favorece o treinamento físico com menor risco de lesões e ulcerações, causado pelo impacto diretamente absorvido pelo pé em contato com o solo. Além disso, o ambiente aquático permite a realização de treinamento com cadeia cinética aberta, sem impacto no sistema músculo-esquelético, como corrida em águas profundas (DELEVATTI *et al.*, 2015).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do treino aquático regular sobre o controle da glicemia capilar, a velocidade de fluxo vascular arterial, equilíbrio e risco de quedas de indivíduos com diabetes tipo 2.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os efeitos do treinamento aquático sob os níveis de glicose capilar;
- Comparar os efeitos do treinamento aquático sob a velocidade do fluxo sanguíneo arterial;
- Comparar os efeitos do treinamento aquático sob o equilíbrio e risco de quedas.

4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Foi realizado um ensaio clínico controlado e randomizado.

4.2 LOCAL DO ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada na Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

4.3 PERÍODO DO ESTUDO

O estudo foi conduzido no período de agosto de 2018 a dezembro de 2019.

4.4 POPULAÇÃO DO ESTUDO

Indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2.

4.5 AMOSTRAGEM

A realização do cálculo amostral estipulou um mínimo de 26 indivíduos (13 para cada grupo), considerando uma taxa de perda de 20%, 32 indivíduos deveriam ser incluídos no total da pesquisa. Para realização desse cálculo, foi utilizado o *software G*Power* (versão 3.1.3), considerando um teste bicaudal com os seguintes parâmetros: $\alpha = 0,05$; $\beta = 0,20$ e poder estatístico de 80%. Para tal cálculo, foram utilizados os valores dos cinco primeiros integrantes do grupo de intervenção e controle, considerando os dados de média e desvio-padrão do risco de queda segundo o *Biodex System*, após o período de seguimento do estudo. Esse desfecho foi escolhido como referência pois, dentre os desfechos avaliados, o risco de queda,

além de clínico, pode ser apontado como crítico e importante para o paciente com diabetes.

4.6 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos no estudo: indivíduos com Diabetes *mellitus* tipo 2, diagnosticados há pelo menos 3 anos, com ou sem neuropatia periférica, de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 50 anos; aptos a deambular sem assistência ou supervisão de outros, ausência de macroangiopatia, sem história de doenças neurológicas, musculares ou reumáticas fora da etiologia da diabetes.

Foram excluídos indivíduos que apresentaram: hipertensão arterial não controlada (sistólica ≥ 140 mmHg e/ou diastólica ≥ 90 mmHg); presença de condição reumatológica que impossibilite a realização ativa dos movimentos realizados na avaliação e na intervenção terapêutica; indivíduos que realizavam algum exercício físico regular; tabagismo, dependência de álcool e drogas ilícitas, pacientes que necessitem de terapia insulínica atual ou prévia (últimos 3 meses), alteração no uso de corticosteroides, hipoglicemiantes orais ou qualquer tipo de dieta hipoglicemiante dois meses antes do início do protocolo de exercício e diagnósticos de patologias que impossibilitasse a atividade em meio aquático.

4.7 COLETA DE DADOS

4.7.1 Recrutamento e Consentimento dos Voluntários

Os indivíduos foram recrutados no setor de endocrinologia do Hospital das Clínicas da UFPE, no Instituto Brasileiro de Diabetes (IBRADI) e através de divulgação com panfletos, no boletim informativo da UFPE (ASCOM) e no Centro Universitário Estácio do Recife.

No primeiro dia previsto, os voluntários foram esclarecidos sobre todos os procedimentos propostos e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (APÊNDICE A).

Após assinatura foi realizada a avaliação inicial, em seguida os participantes foram randomizados em relação à prática ou não de exercício físico aquático em dois grupos: Grupo Controle (GC), Grupo Experimental (GE).

Os sujeitos foram randomizados de acordo com uma lista de números sequenciais de um a 32, por meio do programa *Random Allocation Software* versão 1.0., utilizando as palavras CONTROLE e EXPERIMENTAL. Outra pessoa alheia à pesquisa recebeu a lista de números randômicos e preparou envelopes opacos numerados sequencialmente de um a 32 contendo no interior o grupo para o qual cada paciente foi alocado.

Ambos os grupos receberam orientações de autocuidado em relação ao diabetes, e o grupo experimental, além das orientações, foi submetido a um protocolo de treinamento aquático.

4.7.2 Avaliação Inicial

O processo de avaliação foi constituído de: anamnese e exame físico. Sendo realizada sempre pelos mesmos examinadores e estes examinadores não participaram da intervenção.

4.7.2.1 Anamnese e Exame físico

Foram coletados: dados de identificação pessoal; história clínica (hipertensão, complicações cardíacas, alterações neurológicas e alterações reumatológicas); história social (tabagismo, etilismo e prática de atividade física); independência funcional e limitações nas atividades de vida diária (AVDs); medicações em uso e história de quedas e fraturas. Posteriormente foram aferidos os sinais vitais (pressão arterial-PA, frequência cardíaca-FC e frequência respiratória-FR), mensurados a altura, o peso e calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) (APÊNDICE B).

4.7.2.2 Avaliação da Circulação Periférica: Velocidade do Fluxo Sanguíneo

A análise da velocidade do fluxo sanguíneo foi realizada com o aparelho *Ultrasonic Vascular Doppler* (BV-620VP, Guangdong, China/Mainland) com onda emissora de forma sinusoidal. Foi usado um transdutor de alta frequência (8MHz $\pm$ 10%) para a pesquisa de vasos mais superficiais. A intensidade média de frequência foi de $< 50\text{cmW/cm}^2$.

Antes da análise, foi realizada a tricotomia ampla do local do exame e, em seguida, a área foi revestida por um gel solúvel em água para promover melhor contato entre o transdutor e a pele. O transdutor foi posicionado a um ângulo de 45° em relação aos vasos sanguíneos, sendo analisado contra o fluxo. Os sinais das artérias tibial posterior e a artéria dorsal do pé foram registrados usando um transdutor de alta frequência, tomando como respectivos pontos de referência o terço distal da panturrilha e o dorso do pé. A constatação do local mais adequado para análise de cada vaso sanguíneo foi dado pelos sinais acústicos gerados pelo equipamento (GUIRRO *et al.*, 2014).

Foram realizadas três medidas com 30 segundos de intervalo, o qual foi considerado como resultado final a média dos valores obtidos com as 3 coletas (GUIRRO *et al.*, 2014).

4.7.2.3 Avaliação do Equilíbrio e Risco de Quedas

A avaliação do equilíbrio e risco de quedas foi realizada utilizando *Biodex Balance System* (BBS) e pela escala de equilíbrio de Berg. O BBS é um dispositivo amplamente utilizado para quantificar o desempenho do equilíbrio dinâmico. Avalia a capacidade de manter o equilíbrio em pé sobre uma superfície de suporte móvel com graus variados de instabilidade. O primeiro pré-requisito para o uso do BBS é determinar o grau em que seus escores são reproduzíveis com medições repetidas em condições onde a variável de resposta (isto é, desempenho de equilíbrio) é estável. Estabelecer confiabilidade é necessário para qualquer situação, ao usar o BBS para discriminar o equilíbrio entre indivíduos ou usá-lo para avaliar mudanças no equilíbrio ao longo do tempo após um programa de intervenção (SHERAFAT *et al.*, 2013).

A avaliação do equilíbrio estático foi realizada através do Teste de Estabilidade Postural, com a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

Para avaliação do equilíbrio dinâmico foi utilizado o Teste de Limites de Estabilidade, com a seguinte configuração: 3 testes com duração correspondente ao tempo que o indivíduo necessitar para finalização de cada teste, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

O risco de quedas foi avaliado com o protocolo *Fall Risk Test* (BBS-FR): Teste de Risco de Quedas, no qual a plataforma é instável e permite obter o índice de risco. Para realização desse teste será utilizada a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 6 de estabilidade da plataforma.

Em todos os testes os participantes foram posicionados no BBS em apoio bipodal, de olhos abertos e braços livres, fixando o visor de *feedback* durante toda a execução. Para os testes de equilíbrio estático e risco de quedas, os participantes tinham que manter o ponto do visor o mais próximo possível do centro de um círculo dividido em zonas -A, B, C e D- movimentando o próprio corpo. Para o teste de equilíbrio dinâmico, o participante deveria movimentar o ponto do visor até os locais sinalizados em várias direções movimentando o próprio corpo.

A BBS considera equilíbrio normal e sem risco de quedas, pessoas saudáveis com idade entre 60 e 71 anos que apresentarem uma oscilação entre 0,9 e 3,7 graus; pessoas com idade entre 72 e 89 anos podem oscilar seu centro de pressão de 2.0 a 4.0 graus na plataforma (SANTOS; BORGES; MENEZES, 2013).

Todos os testes foram realizados antes e após intervenção, com os participantes descalços e as posições dos pés foram gravadas utilizando as coordenadas na grade da plataforma para garantir o mesmo posicionamento durante todo o teste.

A escala de equilíbrio de Berg, criada em 1992 por Katherine Berg, tem tido ampla utilização para avaliar o equilíbrio nos indivíduos da terceira idade acima dos 60 anos. Esta escala foi traduzida e adaptada para a língua portuguesa por Miyamoto *et al* (2004), na sua dissertação de mestrado, pelo que a versão brasileira é um

instrumento confiável para ser usado na avaliação do equilíbrio dos pacientes idosos. A escala de equilíbrio de Berg tem uma pontuação máxima de 56 que pode ser alcançada, possuindo cada item uma escala ordinal de 5 alternativas que variam de 0 a 4 pontos. O teste é simples, fácil de administrar e seguro para a avaliação de pacientes idosos. Ele somente requer um cronômetro e uma régua como equipamentos e a sua execução leva-se em torno de 15 minutos (SILVA *et al.*, 2008). (APÊNDICE C)

4.7.3 Intervenção

4.7.3.1 Informações sobre Autocuidado relativas ao Diabetes

Os sujeitos dos dois grupos (controle e experimental) receberam informações sobre autocuidado relativas ao diabetes através de palestras e panfletos explicativos durante o período de intervenção. O grupo experimental além dessas informações, foram submetidos ao protocolo de treinamento aquático. Ambos os grupos foram reavaliados com todos os procedimentos anteriormente citados após um período de no máximo 12 semanas após a avaliação inicial

4.7.3.2 Protocolo de Treinamento Físico

A intervenção experimental consistiu na realização de treino aquático em piscina coberta, com temperatura da água entre 32°C e 34°C, durante 8 semanas, realizadas duas vezes por semana, totalizando 16 sessões, cada sessão com duração média de 60 minutos. Destes, 10 minutos de aquecimento e alongamento muscular (cadeia anterior e posterior dos membros superiores, cadeia posterior dos membros inferiores, músculos adutores e abdutores do quadril); 45 minutos de exercícios localizados: (a) 5 exercícios resistidos para fortalecimento muscular dos membros superiores (músculos flexores e extensores do ombro, músculos adutores e abdutores do ombro) e inferiores (músculos flexores e extensores do quadril, músculos adutores e abdutores do quadril, músculos da panturrilha) (b) 4 exercícios aeróbios (saltos,

simulação de bicicleta, *step*); e, 5 minutos de volta à calma (flutuação). Foram executadas duas séries com 15 repetições para cada exercício de fortalecimento muscular, com descanso de 1 minuto entre as séries. Para os exercícios aeróbios foram marcados o tempo no cronômetro de 3 minutos para cada série, respeitando-se um minuto de intervalo para descanso entre elas. Foram realizadas diariamente, antes e imediatamente após o protocolo, aferições da pressão arterial, frequência cardíaca, glicemia capilar e saturação de oxigênio. Foram utilizados para alguns exercícios os seguintes acessórios: aquafins e flutuadores (macarrão) (REIS FILHO *et al.*, 2012).

A progressão da carga de trabalho foi realizada conforme o sugerido por Ramos (2002) para indivíduos diabéticos, sendo inicialmente realizada a adaptação ao meio líquido, deslocamentos e correções posturais, e, posteriormente, exercícios aeróbios e localizados. A intensidade foi mantida entre 11 a 13 (razoavelmente leve e um pouco difícil) segundo a escala de percepção subjetiva de esforço de 0 a 20. Os voluntários foram dispersos na piscina de forma a manter o nível da água na altura do tórax, assim, em virtude da flutuabilidade foi favorecida uma redução de 80% no impacto sobre o aparelho locomotor (REIS FILHO *et al.*, 2012).

4.8 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa seguiu os princípios éticos de respeito à autonomia das pessoas, apontados pela Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS 466/12). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (Parecer nº 2.605.822). Após receberem as informações acerca do estudo, os interessados assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foi garantido aos indivíduos randomizados para o grupo controle, que será aplicado ao final do período da pesquisa, um protocolo de treinamento físico caso mostre melhora dos resultados em relação aos parâmetros avaliados.

4.9 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram tabulados no programa Microsoft Excel® e exportados para o *software* R (versão 3.6.1 para Mac), onde foi realizada a estatística descritiva e os testes de hipóteses. Inicialmente foi feito o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade da distribuição das variáveis. A estatística descritiva foi realizada por meio de frequências, média e desvio padrão (dados paramétricos), e medianas e intervalos interquartis (dados não paramétricos). O teste qui-quadrado de Pearson foi usado para comparar as variáveis categóricas, enquanto o teste t para amostra independentes foi utilizado para as análises intergrupo antes e após a intervenção quando a distribuição das variáveis era normal e o teste de *Mann-Whitney* foi utilizado quando a distribuição das variáveis não era normal. Ademais, para os desfechos cujos dados eram paramétricos, foi apresentada a diferença de média (DM) e o intervalo de confiança de 95% (IC95%). Em todas as situações o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

Os resultados do estudo estão apresentados em forma de três artigos originais anexados a seguir.

Artigo original 1 (APÊNDICE D) – Avaliação ultrassonográfica vascular dos membros inferiores em indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2

Artigo original 2 (APÊNDICE E) – Qualidade de vida e funcionalidade de escolares com paralisia cerebral: análise da percepção materna baseada na CIF

6 CONCLUSÃO

O protocolo de treino aquático durante 8 semanas realizado 2 vezes por semana mostrou efeito significativo apenas para a velocidade média do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito. Não houveram mudanças para o equilíbrio e o risco de quedas.

Contudo, apesar de não ter tido resultados estatisticamente significativos nas demais variáveis, foi observada alterações nas pontuações do equilíbrio e no risco de quedas, sugerindo mais estudos para comprovação destas mudanças.

7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

No que diz respeito às limitações do presente estudo, pode-se enfatizar a intensidade do treinamento aquático que não foi adequadamente mensurada durante o tratamento. Outros fatores foram a falta de investigação da presença de doença arterial periférica nos voluntários. Além disso, a presença da neuropatia periférica não foi considerada no presente estudo e o tempo de diagnóstico da doenças estava heterogêneo entre os grupos. Sugere-se que novos estudos devem ser realizados para avaliar a presença de patologias existentes e correlacioná-las, além de prolongar a intervenção aquática por no mínimo 12 semanas e controlar a intensidade do treinamento aquático, e considerar a avaliação glicêmica realizada pelo teste de HbA1c.

REFERÊNCIAS

- BABAEI, M. R. et al. Non-invasive vascular assessment in people with type 2 diabetes: Diagnostic performance of Plethysmographic-and-Doppler derived ankle brachial index, toe brachial index, and pulse volume wave analysis for detection of peripheral arterial disease. **Primary Care Diabetes**. 2019.
- BARBOSA, J. H. P.; OLIVEIRA, S. L.; SEARA, L. T. Produtos da glicação avançada dietéticos e as complicações crônicas do diabetes. **Rev. Nutr.**, Campinas, 22(1):113-124, jan./fev., 2009.
- BESIC, H. et al. Deterioration of endothelial function of micro- and macrocirculation in patients with diabetes type 1 and 2. **International Angiology**, august;36(4):354-61, 2017.
- BILLINGER, S. A. et al. Aerobic Exercise Improves Measures of Vascular Health in Diabetic Peripheral Neuropathy. **International Journal of Neuroscience**, 2016.
- CENCI, D. R.; et al. Análise do equilíbrio em pacientes diabéticos por meio do Sistema F-Scan e da Escala de Equilíbrio de Berg. **Fisioter Mov.** Jan/Mar;26(1):55-61, 2013.
- CHAPMAN, A. et al. Exercise interventions for the improvement of falls-related outcomes among older adults with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analyses. **Journal of Diabetes and Its Complications**, 2016.
- CIDER, A.; et al. Aquatic Exercise Is Effective in Improving Exercise Performance in Patients with Heart Failure and Type 2 Diabetes Mellitus. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, Volume 2012.

CONNERS, R. T. et al. Impact of Underwater Treadmill Training on Glycemic Control, Blood Lipids, and Health-Related Fitness in Adults With Type 2 Diabetes. **Clinical Diabetes Journal**, 2018.

CUGUSI, L.; et al. Effects of an Aquatic-Based Exercise Program to Improve Cardiometabolic Profile, Quality of Life, and Physical Activity Levels in Men With Type 2 Diabetes Mellitus. **PM R**, 1-8, 2015.

ÇAKAR, M. et al. Arterial stiffness and endothelial inflammation in prediabetes and newly diagnosed diabetes patients. **Arch Endocrinol Metab.**, 59/5, 2015.

DELEVATTI, R. S. et al. Glucose control can be similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2015.

DIXON, C. J. et al. Clinical measures of balance in people with type two diabetes: systematic literature review. **Gait & Posture**, 58: 325-332, 2017.

DUAN, J. et al. Ultrasonography of lower limb vascular angiopathy and plaque formation in type 2 diabetes patients and finding its relevance to the carotid atherosclerotic formation. **Pakistan Journal of Medical Sciences**, v. 30, n. 1, p. 54–58, 2014.

FERREIRA, L. T.; SAVIOLLI, I. H.; VALENTI, V. E.; ABREU, L. C. Diabetes melito: hiperglicemia crônica e suas complicações. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, v.36, n. 3, p. 182-8, Set/Dez 2011.

FREGONESI, C. E. P. T.; CAMARGO, M. R. Parâmetros da marcha em portadores de diabetes mellitus. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, 12(2):155-163, 2010.

FISKEN, A. L. et al. Comparative Effects of 2 Aqua Exercise Programs on Physical Function, Balance, and Perceived Quality of Life in Older Adults With Osteoarthritis. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, Volume 38, N1, January-March 2015.

GUIRRO, E. C. D. O. et al. Decrease in Talocrural Joint Mobility is Related to Alteration of the Arterial Blood Flow Velocity in the Lower Limb in Diabetic Women. **J. Phys. Ther. Sci.** Vol. 26, No. 4, 2014.

GUIRRO, E. C. D. O. et al. Immediate Effects of Electrical Stimulation, Diathermy, and Physical Exercise on Lower Limb Arterial Blood Flow in Diabetic Women With Peripheral Arterial Disease: A Randomized Crossover Trial. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 38, n. 3, p. 195–202, 2015.

GUIRRO, E. C. O. et al. Intra- and Inter-rater Reliability of Peripheral Arterial Blood Flow Velocity by Means of Doppler Ultrasound. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, Volume 40, N4, 2017.

HALE, L. A.; WATERS, D.; HERBISON, P. A Randomized Controlled Trial to Investigate the Effects of Water-Based Exercise to Improve Falls Risk and Physical Function in Older Adults With Lower-Extremity Osteoarthritis. **Arch Phys Med Rehabil**, Vol 93, January 2012.

HINMAN, R. S.; HEYWOOD, S. E.; DAY, A. R. Aquatic Physical Therapy for Hip and Knee Osteoarthritis: Results of a Single-Blind Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, Volume 87, N 1, Jan 2007.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**, 9ª edição, 2019.
JASINSKI, R. et al. Effect of Nordic Walking and Water Aerobics Training on Body Composition and Blood Flow in Lower Extremities in Elderly Women. **Journal of Human Kinetics**, Vol 45:113-122, March 2015.

KARUKA, A. H.; SILVA, J. A. M. G.; NAVEGA, M. T. Análise da concordância entre

instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. **Rev Bras Fisioter.**, 15(6):460-6, 2011.

MADONNA, R. et al. Diabetic macroangiopathy: Pathogenetic insights and novel therapeutic approaches with focus on high glucose-mediated vascular damage. **Vascular Pharmacology**, n. December 2017, fev. 2018.

MATTOS, F. et al. Efeitos do exercício aquático na força muscular e no desempenho funcional de indivíduos com osteoartrite: uma revisão sistemática. **Ver Bras Reumatol.** 56(6): 530-542, 2016.

MOHAMED, A. A.; JAN, Y. K. Effect of Proprioceptive Exercise to Balance Training in Older Adults with Diabetes: A Systematic Review. **Curr Diabetes Rev**, 2019.

NAKAMURA, T. et al. Poorly controlled type 2 diabetes with no progression of diabetes-related complications and low levels of advanced glycation end products. **Medicine**, 98:30, 2019.

NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Effects of Water-Based Versus Land-Based Exercise Training on Cutaneous Microvascular Reactivity and C-Reactive Protein in Older Women with Type 2 Diabetes Mellitus. **Journal of Exercise Physiology online**, Volume 17, Number 4, August 2014.

OLIVEIRA, P. P. et al. Análise comparativa do risco de quedas entre pacientes com e sem diabetes mellitus tipo 2. **Rev Assoc Med Bras**, 58(2):234-239, 2012.

PINHEIRO, H. A.; VILAÇA, K. H. C.; CARVALHO, G. A. Estabilidade postural, risco de quedas e medo de cair em idosos com neuropatia diabética que realizam exercícios terapêuticos. **Fisioter Pesq.** 21(2): 127-132, 2014

RAMADHAN, B. J. A. L. et al. Adherence to The Recommended Physical Activity Duration Among Saudis With Type 2 Diabetes Mellitus. **Journal of Family Medicine and Primary Care**, 2019.

REES, J. L.; JOHNSON, S. T.; BOULÉ, N. G. Aquatic exercise for adults with type 2 diabetes: a meta-analysis. **Acta Diabetol**, July 2017.

REIS FILHO, A. D.; et al. Efeito de 12 semanas de hidroginástica sobre a glicemia capilar em portadores de diabetes mellitus tipo II. **Rev Bras Ativ Fis e Saúde**, Pelotas/RS, 17(4):252-257, Ago/2012.

RESENDE, S. M.; RASSI, C. M.; VIANA, F. P. Efeitos da hidroterapia na recuperação do equilíbrio e prevenção de quedas em idosos. **Ver Bras Fisioter**, 12(1): 57-63, 2008.

SALES, K. L. S.; SOUZA, L. A.; CARDOZO, V. S. Equilíbrio estático de indivíduos com neuropatia periférica diabética. **Fisioter Pesq**. 19(2):122-7, 2012.

SALIBA JR., O. A.; GIANNINI, M.; ROLLO, H. A. Métodos de diagnóstico não-invasivos para avaliação da insuficiência venosa dos membros inferiores. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 6, n. 3, p. 266–275, set. 2007.

SCHEER, A. S. et al. The Effects of Water-based Exercise Training in People With Type 2 Diabetes. **The Official Journal of the American College of Sports Medicine**, 2019.

SCHEFFEL, R. S. et al. Prevalência de complicações micro e macrovasculares e de seus fatores de risco em pacientes com diabetes melito do tipo 2 em atendimento ambulatorial. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 263–267, set. 2004.

SHAIKH - KADER, A. et al. The link between advanced glycation end products and

apoptosis in delayed wound healing. **Cell Biochem Funct.**, 1 – 11, 2019.

SHERAFAT, S. et al. Intrasession and intersession reliability of postural control in participants with and without nonspecific low back pain using the biodex balance system. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, Volume 36, Number 2, Feb. 2013.

SIGAL, R.J. et al. Physical Activity and Diabetes. **Canadian Journal of Diabetes**, 42: S54–S63, 2018.

SILVA, A. et al. Equilíbrio, Coordenação e Agilidade de Idosos Submetidos à Prática de Exercícios Físicos Resistidos. **Rev Bras Med Esporte**, Vol. 14, n. 2 – Mar/Abr, 2008.

SILVA, T. M. et al. Exercícios aquáticos para equilíbrio em pacientes com Síndrome Pós-Poliomielite – relato de dois casos. **Rev Neurocienc**, 18(1):36-43, 2010.

SPORIŠ, G.; RUŽIÆ, L.; NEDIÆ, A. The Effects of Aqua Aerobic on Patients With Type II Diabetes Mellitus. **Hrvat. Športskomed. Vjesn.**, 28: 33-38, 2013.

SUNTRALUCK, S.; TANAKA, H.; SUKSOM, D. The Relative Efficacy of Land-Based and Water-Based Exercise Training on Macro- and Micro-Vascular Functions in Older Patients With Type 2 Diabetes. **Journal of Aging and Physical Activity**, 2017.

THE AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes – 2019. **Diabetes Care**, Volume 42, Supplement 1, January 2019.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa EFEITO DO TREINO AQUÁTICO SOBRE O FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Maria Carolina Simões Vieira de Melo, residente na rua Guedes Pereira, nº 144, apto 302, Casa Amarela, CEP: 52060-150, Telefone: (81) 992265280 e e-mail: mcarolsimoes@gmail.com.

Está sob a orientação da Profa. Sílvia Regina Arruda de Moraes, Telefone: (81) 9904-8714, e-mail sramoraes@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Este estudo tem o objetivo de avaliar o efeito do exercício aquático regular sobre o controle da glicose capilar, fluxo vascular arterial, o equilíbrio e risco de quedas de indivíduos com diabetes tipo 2, para incluí-lo como treinamento de escolha, especialmente para aqueles pacientes com diabetes *mellitus* tipo 2 que estão mais expostos ao risco de lesão articular durante o exercício. Para isso serão coletados: dados de identificação pessoal; história clínica (hipertensão, complicações cardíacas, alterações neurológicas e alterações reumatológicas); história social (tabagismo, etilismo e prática de atividade física); independência funcional e limitações nas atividades de vida diária (AVDs); medicações em uso e história de quedas e fraturas. Posteriormente serão aferidos os sinais vitais (pressão arterial-PA, frequência cardíaca-FC e frequência respiratória-FR), mensurados a altura, o peso e calculado o Índice de Massa Corporal (IMC). Será realizada avaliação da qualidade de vida utilizando o questionário *Diabetes Quality of Life Measure* (DQOL-Brasil) e a avaliação do autocuidado utilizando o Questionário de Atividades de Autocuidado (QDA) com o Diabetes, a análise da velocidade do fluxo sanguíneo será realizada através do Ultrasonic Vascular Doppler (BV-620VP, Guangdong, China/Mainland) com onda emissora de forma sinusoidal; a avaliação do equilíbrio e risco de quedas será realizada utilizando *Biodex Balance System* (BBS) e a escala de equilíbrio de Berg. Os participantes serão distribuídos em 2 grupos: grupo controle (sedentário) e grupo de intervenção (treinamento aquático). A intervenção experimental consistirá na participação em aulas de hidroginástica, em piscina coberta, com temperatura da água entre 32°C e 34°C, durante 8 semanas, realizadas duas vezes por semana (segunda-feira e quarta-feira), cada aula com duração em média 60 minutos. Os sujeitos de todos os grupos da pesquisa receberão informações sobre auto-cuidado relativas ao diabetes através de palestras e panfletos explicativos durante o período de intervenção.

- **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.** As avaliações ocorrerão em 2 visitas, num primeiro contato antes de iniciar a

intervenção e em outro contato após a última intervenção. O grupo da intervenção participará de 16 sessões de hidroginástica.

- **RISCOS diretos** para o voluntário. O presente estudo oferece riscos em relação a possíveis efeitos do treinamento físico, como dores musculares, taquicardia e taquipneia durante o treinamento, porém haverá uma constante monitorização dos sinais vitais durante toda a intervenção, terá água e biscoito a disposição dos participantes.
- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos** para os voluntários. Os benefícios esperados são a melhora do fluxo sanguíneo, da força em membros inferiores, equilíbrio e marcha, devido à prática de exercício físico, evitando ou minimizando complicações músculo-tendíneas e melhorando o desempenho funcional, além da melhora no controle glicêmico.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (avaliação e exame físico), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade do Pesquisador e Orientador, no endereço Av. da Engenharia, 185-297 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-600 Anexo do Departamento de Anatomia - LAPLAN, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepecs@ufpe.br).**

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo pesquisa EFEITO DO TREINO AQUÁTICO SOBRE O FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Impressão
digital

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____ Sexo: () F () M

Profissão: _____ Estado civil: _____

Endereço: _____

Fone para contato: _____

Tempo de diagnóstico do diabetes: _____

HIPOGLICEMIANTE ORAL:

Tipo: _____ Dose: _____ Horário: _____

INSULINA:

Tipo: _____ Dose: _____ Horário: _____

OUTRAS MEDICAÇÕES

() Sim () Não

Quais:

COMPLICAÇÕES CRÔNICAS

() Retinopatia () Hipertensão () Cardiopatia

() Nefropatia () Pé diabético () Neuropatia

() Reumatológicas () Outras Complicações

EXERCÍCIO FÍSICO REGULAR ANTERIOR

() Sim () Não

SE SIM, QUANTO TEMPO NÃO PRÁTICA-

SE SIM, QUANTO TEMPO PRATICOU

SE SIM, QUAL A MODALIDADE

FUMA?

() Sim () Não

BEBE?

() Sim () Não

ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA

() Independente () apresenta limitações. Quais? _____

JÁ APRESENTOU ALGUM ESPISÓDIO DE QUEDA? () Sim () Não

JÁ FRATUROU ALGUM OSSO? () Sim () Não

Glicemia: _____

Pressão Arterial (PA): _____

Medidas antropométricas:

Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____

Observações: _____

APÊNCIDE C – ESCALA DE EQUILÍBRIO DE BERG

Nome: _____ Idade: _____

1) Posição sentada para posição em pé Instrução: Por favor, levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.	(4) capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente (3) capaz de levantar-se independentemente utilizando as mãos (2) capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas (1) necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se (0) necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se
2) Permanecer em pé sem apoio Instrução: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar . <i>Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos o item N° 3.</i> <i>Continue com o item N°4.</i>	(4) capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos (3) capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão (2) capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio (1) necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio (0) incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio
3) Permanecer sentado sem apoio nas costas, mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho Instrução: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas com os braços cruzados por 2 minutos.	(4) capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por 2 minutos (3) capaz de permanecer sentado por 2 minutos sob supervisão (2) capaz de permanecer sentado por 30 segundos (1) capaz de permanecer sentado por 10 segundos (0) incapaz de permanecer sentado sem apoio durante 10 segundos
4) Posição em pé para posição sentada Instrução: Por favor, sente-se.	(4) senta-se com segurança com uso mínimo das mãos (3) controla a descida utilizando as mãos (2) utiliza a parte posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida (1) senta-se independentemente, mas tem descida sem controle (0) necessita de ajuda para sentar-se
5) Transferências Instrução: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra para uma transferência em pivô. Peça ao paciente para transferir-se de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa.	(4) capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos (3) capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos (2) capaz de transferir-se seguindo orientações verbais e/ou supervisão (1) necessita de uma pessoa para ajudar (0) necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar para realizar a tarefa com segurança
6) Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados Instrução: Por favor, fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.	(4) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança (3) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão (2) capaz de permanecer em pé por 3 segundos (1) incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé (0) necessita de ajuda para não cair

7) Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos Instrução: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.	(4) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com segurança (3) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com supervisão (2) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 30 segundos (1) necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos (0) necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos
8) Alcançar a frente com o braço estendido permanecendo em pé Instrução: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar a frente o mais longe possível.	(4) pode avançar a frente >25 cm com segurança (3) pode avançar a frente >12,5 cm com segurança (2) pode avançar a frente >5 cm com segurança (1) pode avançar a frente, mas necessita de supervisão (0) perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo
9) Apanhar um objeto do chão a partir da posição em pé Instruções: pegar um sapato/chinelo localizado a frente de seus pés	(4) capaz de apanhar o chinelo facilmente e com segurança (3) capaz de apanhar o chinelo mas necessita supervisão (2) incapaz de apanhar o chinelo mas alcança 2-5cm (1-2 polegadas) do chinelo e manter o equilíbrio de maneira independente (1) incapaz de apanhar e necessita supervisão enquanto tenta (0) incapaz de tentar / necessita assistência para evitar perda de equilíbrio ou queda
10) Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé Instrução: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima do seu ombro esquerdo sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito.	(4) olha para trás de ambos os lados com uma boa distribuição do peso (3) olha para trás somente de um lado, o lado contrário demonstra menor distribuição do peso (2) vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio (1) necessita de supervisão para virar (0) necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair
11) Girar 360 graus Instrução: Gire-se completamente ao redor de si mesmo. Pausa. Gire-se completamente ao redor de si mesmo em sentido contrário.	(4) capaz de girar 360 graus com segurança em 4 segundos ou menos (3) capaz de girar 360 graus com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos (2) capaz de girar 360 graus com segurança, mas lentamente (1) necessita de supervisão próxima ou orientações verbais (0) necessita de ajuda enquanto gira
12) Posicionar os pés alternadamente no degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio Instrução: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/ banquinho quatro vezes.	(4) capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos (3) capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em >20 segundos (2) capaz de completar 4 movimentos sem ajuda (1) capaz de completar >2 movimentos com o mínimo de ajuda (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair
13) Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente Instrução: Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha, se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.	(4) capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos (3) capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado, independentemente, e permanecer por 30 segundos (2) capaz de dar um pequeno passo, independentemente, e permanecer por 30 segundos

	(1) necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos (0) perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar de pé
14) Permanecer em pé sobre uma perna Instrução: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.	(4) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por >10 segundos (3) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 5-10 segundos (2) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por ≥ 3 segundos (1) tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé independentemente (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair
Escore Total	____/56

APÊNCIDE D – ARTIGO 1

Manuscrito 1 (SUBMETIDO): Revista Saúde

Avaliação ultrassonográfica vascular dos membros inferiores em indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2

Maria Carolina Simões Vieira de Melo¹, Ana Paula de Lima Ferreira², Alice Sá Carneiro Ribeiro³, Hélida Cristina Cirilo da Silva⁴, Sílvia Regina Arruda de Moraes⁵

1- Fisioterapeuta, , mestranda no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), <https://orcid.org/0000-0001-6828-030X>

2- Doutora, Fisioterapeuta, Professora do departamento de Fisioterapia da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-0925-0183>

3- Mestre, Fisioterapeuta, membro do laboratório de neuroplasticidade da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-5250-7431>

4- Graduanda em fisioterapia pela UFPE, membro do laboratório de neuroplasticidade da UFPE, <https://orcid.org/0000-0003-2285-3082>

5- Doutora, Fisioterapeuta, Professora do departamento de Anatomia da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-3974-4483>

Contato: Rua Guedes Pereira, 144 apto 302. Bairro: Casa Amarela, Recife-PE. Brasil. CEP: 52060-150. Fone: (81) 992265280. E-mail: mcarolsimoes@gmail.com

Palavras-chaves: diabetes *mellitus* tipo 2; ultrassonografia doppler; velocidade de fluxo sanguíneo

Keywords: diabetes mellitus type 2; doppler ultrasound; blood flow velocity

Resumo: Objetivo: O presente estudo teve por objetivo avaliar o fluxo sanguíneo das artérias tibial posterior e dorsal do pé em indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2. **Métodos:** estudo transversal, envolvendo 39 voluntários, de ambos os sexos, com idade média de 63,10 (8,23), diagnosticados com diabetes *mellitus* tipo 2 a pelo menos 3 anos. A análise da velocidade do fluxo sanguíneo foi feita com aparelho Ultrasonic Vascular Doppler (BV-620VP, Guangdong, China/Mainland) com onda emissora de forma sinusoidal e transdutor de alta frequência (8MHz $\pm$ 10%) para vasos superficiais, sendo avaliadas bilateralmente as artérias tibial posterior e dorsal do pé. Foram realizadas três medidas com 30 segundos de intervalo, considerando como resultado final a média das três aferições. **Resultados:** Dos 39 indivíduos analisados 84,62%

eram do sexo feminino e 15,38% do sexo masculino, com idade média de 63,10 anos ($\pm 8,23$). A velocidade média do fluxo arterial da artéria dorsal do pé direito foi de 43,31cm/s ($\pm 15,59$); artéria dorsal do pé esquerdo de 43,97cm/s ($\pm 16,21$); artéria tibial posterior direita de 47,30cm/s ($\pm 12,8$); e artéria tibial posterior esquerda de 39,99cm/s ($\pm 10,57$). **Conclusão:** A ausência de diferença entre os indivíduos com diabetes do estudo e sem diabetes da literatura, sugere que não tenha se instalado uma alteração endotelial na artéria tibial posterior dos indivíduos avaliados neste estudo.

Abstract: Objective: The present study aimed to evaluate the blood flow of the posterior tibial and dorsal foot arteries among individuals with diabetes mellitus type 2. **Methods:** a cross-sectional study was conducted with 39 male and female volunteers, with a mean age of 63.10 (8.23), with diabetes mellitus type 2 diagnosed at least within 3 years. Blood flow velocity analysis was performed with an Ultrasonic Vascular Doppler device (BV-620VP, Guangdong, China / Mainland) with a sinusoidal emitting wave and a high frequency transducer (8MHz $\pm$ 10%) for superficial vessels, Posterior and tibial dorsal arteries of the foot. Three measurements were performed with 30 seconds apart, and the final results were obtained with the average of three measurements. **Results:** Of the 39 individuals analyzed, 84.62% were female and 15.38% male, with a mean age of 63.10 years (± 8.23). The mean arterial flow velocity of the dorsal artery of the right foot was 43.31cm / s (± 15.59); the velocity on the left foot dorsal artery was 43.97 cm / s (± 16.21); right tibial posterior artery velocity was 47.30cm / s (± 12.8); and left tibial posterior artery velocity was 39.99cm / s (± 10.57). **Conclusion:** The lack of difference between individuals with and without diabetes suggests that there was no endothelial change in the posterior tibial artery of the individuals evaluated in this study.

INTRODUÇÃO

O diabetes *mellitus* (DM) tornou-se um dos maiores problemas de saúde pública, trazendo consigo consequências ao indivíduo devido às complicações micro e macroangiopáticas que a doença acarreta. Tais consequências são muitas vezes irreparáveis, aumentando-se a probabilidade de ocorrer esses danos quando há um descontrole grave nos níveis de glicose ou diagnóstico tardio da patologia.^{1,2}

Dentre as muitas complicações macroangiopáticas do diabetes, as Doenças Vasculares Periféricas (DVP) tem ocasionado grande morbimortalidade em todo o mundo, resultante de

disfunções do sistema circulatório devido à danos, oclusão e até mesmo inflamação dos vasos periféricos.³ Um tipo comum de DVPs, é a Doença Arterial Periférica (DAP) que é uma condição altamente prevalente, porém subdiagnosticada, resultante do estreitamento ou bloqueio das artérias devido a placas de ateroma presentes nesses vasos, o que leva a uma deficiência na chegada de sangue rico em oxigênio e nutrientes ao segmento do corpo irrigado pela artéria. Com isso, a relação entre o DM e a DVP aumenta consideravelmente o risco de desenvolvimento de isquemia crítica e consequentemente amputações dos membros acometidos.^{3,4,5}

Diante disso, a disfunção vascular exerce papel importante na patogênese da doença vascular diabética, levando a uma rigidez arterial e reduzida vasodilatação dependente do endotélio, devido ao quadro aterosclerótico comumente presente nesses indivíduos. Da mesma forma, indivíduos diabéticos que também apresentam outros fatores de risco cardiovascular, como hipertensão arterial, acabam desenvolvendo efeitos que são deletérios sobre a estrutura e função vascular, que já estão comprometidas.^{6,7} Diante de um distúrbio sistêmico, as artérias dos membros inferiores acabam se tornando um referencial, principalmente devido ao seu fácil acesso, na investigação e compreensão da capacidade funcional de todo o sistema circulatório, além de serem artérias em que há grande comprometimento aterosclerótico.⁸

Por ser um quadro assintomático, indivíduos com alto risco de desenvolverem DVPs, especialmente aqueles que convivem com a diabetes, precisam ser previamente identificados, para que haja um tratamento eficaz e as complicações advindas desse quadro sejam retardadas. Com isso, nos últimos anos exames complementares não-invasivos têm sido utilizados na identificação desses diagnósticos, onde a detecção precoce de fluxo sanguíneo anormal em membros inferiores contribuirá com medidas preventivas para evitar complicações mais graves, tornando-se base significativa tanto para diagnóstico clínico quanto para o tratamento. Reduzir os eventos adversos da doença cardiovascular induzida por diabéticos continua sendo um imperativo desafio.^{9,10,11}

Portanto, este estudo buscou avaliar o comportamento do fluxo sanguíneo em artérias periféricas dos membros inferiores de indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2, utilizando o ultrassom doppler para identificar os valores da velocidade do fluxo sanguíneo.

MÉTODOS

O estudo do tipo transversal, foi desenvolvido no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e iniciado após aprovação no Comitê de Ética e Pesquisa, sob CAAE de nº 84511518.8.0000.5208.

Foram incluídos no estudo indivíduos portadores de Diabetes mellitus tipo 2, diagnosticados há pelo menos 3 anos, com ou sem neuropatia periférica, com idade igual ou superior a 47 anos; de ambos os sexos, aptos a deambular sem assistência ou supervisão de outros, mediante assinatura formal de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos indivíduos com história de outras doenças vasculares, ortopédicas ou neurológicas fora da etiologia da diabetes.

A pesquisa foi realizada num único encontro, inicialmente foi aplicado um questionário para coletar os dados de identificação pessoal; história clínica do paciente; história social (tabagismo, etilismo e prática de atividade física); independência funcional e limitações nas atividades de vida diária (AVDs) e medicações em uso. Posteriormente, foram aferidos os sinais vitais (pressão arterial-PA, frequência cardíaca-FC e frequência respiratória-FR), mensurados a altura, o peso, calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) e foi verificado a glicemia capilar.

A seguir, foram avaliados o fluxo sanguíneo arterial nos membros inferiores, para esta análise da velocidade do fluxo sanguíneo arterial foi utilizado o aparelho Ultrasonic Vascular Doppler (BV-620VP, Guangdong, China/Mainland) com onda emissora de forma sinusoidal. Foi utilizado um transdutor de alta frequência ($8\text{MHz} \pm 10\%$) para a pesquisa nas artérias tibial posterior e dorsal do pé. Antes da análise, a área foi revestida por um gel solúvel em água para promover melhor contato entre o transdutor e a pele. O transdutor foi posicionado em uma angulação de 45° em relação aos vasos sanguíneos, sendo assim analisado contra o fluxo. Os sinais das artérias foram registrados tomando como respectivos pontos de referência o terço distal da panturrilha (para a artéria tibial posterior) e o dorso do pé (para a artéria dorsal do pé). A constatação do local mais adequado para análise de cada vaso sanguíneo foi dada pelos sinais acústicos gerados pelo equipamento. Foram realizadas três medidas com 30 segundos de intervalo, sendo considerado como resultado a média dos valores obtidos com as 3 coletas.¹²

Os dados foram tabulados no programa Microsoft Excel®, a estatística descritiva foi realizada por meio de frequências, média e desvio padrão.

RESULTADOS

Foram contactados 59 indivíduos a participarem desta pesquisa, sendo 18 indivíduos excluídos por não se enquadrarem aos critérios de inclusão, dos 41 indivíduos que iniciaram a pesquisa, foi registrado um total de 2 perdas por dificuldade na captação dos registros do doppler.

Dos 39 indivíduos analisados 84,62% eram do sexo feminino e 15,38% do sexo masculino, a idade variou entre 47 e 77 anos com idade média de 63,10 anos ($\pm 8,23$), o tempo médio de diagnóstico de diabetes foi de 12,14 anos ($\pm 8,04$), a média do IMC foi de 30,09 kg/m² ($\pm 4,48$) caracterizando uma amostra com obesidade, todas as características estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra quanto as variáveis antropométricas

Variável	Grupo (n=39)
	Média (DP)
Idade (anos)	63,10 (8,23)
Altura (cm)	157,54 (6,74)
Peso (kg)	74,67 (12,44)
IMC (kg/m²)	30,09 (4,48)
Sexo	
Feminino – n (%)	33 (84,62)
Masculino – n (%)	6 (15,38)
Tempo Diabetes (anos)	12,14 (8,04)
Hipoglicemiante	
Nenhum – n (%)	1 (2,56)
Oral – n (%)	31 (79,49)
Insulina – n (%)	1 (2,56)
Ambos – n (%)	6 (15,39)
Glicemia (mg/dl)	192,92 (85,92)

Legenda: DP: desvio padrão; IMC: índice de massa corpórea

Quanto a caracterização do fluxo sanguíneo foi observada uma média de velocidade do fluxo arterial da artéria dorsal do pé direito de 43,31 cm/s ($\pm 15,59$); artéria dorsal do pé esquerdo de 43,97 cm/s ($\pm 16,21$); artéria tibial posterior direita de 47,30 cm/s ($\pm 12,8$); e artéria tibial posterior esquerda de 39,99 cm/s ($\pm 10,57$) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios da velocidade do fluxo sanguíneo das artérias avaliadas nos indivíduos com diabetes tipo 2.

Variável	Grupo (n=39)
	Média (DP)
Velocidade do Fluxo Arterial (cm/s)	
MDPD	43,31 (15,59)
MDPE	43,97 (16,21)
MTPD	47,30 (12,8)
MTPE	39,99 (10,57)

Legenda: DP: desvio padrão; MDPD: média da artéria dorsal do pé direito; MDPE: média da artéria dorsal do pé esquerdo; MTPD: média da artéria tibial posterior direita; MTPE: média da artéria tibial posterior esquerda.

DISCUSSÃO

No presente estudo foi observado a prevalência da Hipertensão Arterial Sistêmica, e da obesidade, que são fatores de risco relacionados as doenças metabólicas.¹³

A média do índice glicêmico da amostra foi de 192,92mg/dl ($\pm 85,92$) e revela um quadro de hiperglicemia, que associada com o tempo de duração do DM, pode ser indicativo da presença de macroangiopatias, além de uma causa potente amputações dos membros inferiores e resultam em redução significativa na qualidade vida acarretando o aumento do risco de morte prematura.^{4,13}

Pacientes com DM2 são mais propensos a desenvolver DAP do que os não-diabéticos. Além disso, eles são afetados pela forma mais grave e extensa da doença, que tende a envolver mais artérias distais, porém são subdiagnosticada⁵ (BABAEI et al, 2019), e por isso ainda são escassos na literatura os valores de normalidade da velocidade do fluxo sanguíneo em artérias como a tibial posterior e dorsal do pé bem como também, valores em situação de disfunção vascular.

Entretanto, Guirro e colaboradores¹⁴ avaliaram, com o auxílio de um aparelho de ultrassom Doppler, a relação existente entre a amplitude de movimento da articulação talocrural com a velocidade do fluxo sanguíneo em artérias dos membros inferiores. A avaliação foi realizada entre dois grupos, um de mulheres diabéticas sedentárias e outro com mulheres não-

diabéticas sedentárias, onde os valores médios da velocidade máxima encontrados na artéria dorsal do pé e tibial posterior foram, respectivamente, 26,11 cm/s ($\pm 11,7$) e 55,47 cm/s ($\pm 13,0$) em mulheres não-diabéticas e de 26,51 cm/s ($\pm 14,5$) e 40,91 cm/s ($\pm 12,2$) em mulheres diabéticas.

Comparando esses resultados de mulheres diabéticas com os obtidos numa amostra mista (homens e mulheres) deste estudo, verificamos que as médias da velocidade do fluxo das artérias dorsal do pé direita e esquerda, foram maiores do que o valor encontrado na literatura, sendo respectivamente de 43,31 cm/s ($\pm 15,59$) e 43,97 cm/s ($\pm 16,21$). Já as médias das artérias tibial posterior, tanto direita quanto esquerda, foram próximas do valor encontrado no estudo de Guirro e colaboradores¹⁴, sendo respectivamente de 47,30 cm/s ($\pm 12,8$) e 39,99 cm/s ($\pm 10,57$).

Contudo, quando comparamos nossos resultados com àqueles de mulheres não-diabéticas, especificamente os valores médios da velocidade de fluxo das artérias dorsal do pé, direita e esquerda, observamos um aumento da velocidade do fluxo sanguíneo dessa artéria, sendo contraditório aos achados na literatura uma vez que a DM com presença de aterosclerose teria um indicativo de redução no diâmetro do vaso, o que pode sugerir problemas de obstrução, de estreitamento do lúmen ou ainda de rigidez arterial.^{6,15,16}

Em pacientes diabéticos tipo 2 a probabilidade de desenvolverem doença cardiovascular aterosclerótica, devido a um efeito combinado de resistência à insulina, hiperglicemia e anormalidades metabólicas associadas, é maior e com um prognóstico mais agressivo, o que por si só já contribui em graus variados para a disfunção endotelial. Além disso, há um risco aumentado para o desenvolvimento de doença arterial coronariana, acidente vascular encefálico, doença vascular periférica e insuficiência cardíaca, que são as principais causas de morte para esta doença.^{17,18}

Um estudo recente explorou a relação entre a variação da glicêmica e calcificação vascular e os mecanismos subjacentes. Verificaram que maiores escores de calcificação correlacionam com maior variação glicêmica e maior variação glicêmica foi relacionado a maior taxa apoptótica e maior conteúdo de calcificação. Demonstrando assim, que as variações glicêmicas são mais perigosas que a hiperglicemia persistente. Este foi o primeiro estudo a mostrar as relação entre variações glicêmicas e calcificação vascular e examinar as possíveis vias e mecanismos através de qual diabetes mellitus promove a calcificação.¹¹ Possivelmente isto explique os achados do presente estudo, pois apesar de apresentarem uma hiperglicemia,

existe a possibilidade de não haver variação glicêmica, fazendo com que os vasos ainda estejam sem alterações capazes de modificar a velocidade do fluxo sanguíneo.

CONCLUSÃO

Considerando as condições experimentais do presente estudo, os dados não mostraram diferenças entre os indivíduos com e sem diabetes, sugerindo ausência de alteração endotelial na artéria tibial posterior dos indivíduos com DM avaliados neste estudo.

No que diz respeito às limitações do presente estudo, pode-se enfatizar a falta de investigação da presença de doença arterial periférica nos voluntários e uso de amostragem por conveniência. Além disso, porque a presença da neuropatia periférica não foi considerada no presente estudo sugere-se que novos estudos devem ser realizados para avaliar a presença de patologias existentes e correlacioná-las. Também enfatizamos a importância de futuras intervenções para investigações clínicas que considerem os resultados do presente estudo.

REFERÊNCIAS

1. Santos TG, Santos FS, Poggetto MTD, Zuffi FB. Assistência de Enfermagem a Doença Arterial Obstrutiva Periférica: Um relato de experiência. Rev. Enferm. Atenção Saúde [online]. 2016 Agosto/Dezembro;5(2):103-109.
2. Teston EF, Senteio JS, Ribeiro BMSS, Maran E, Marcon SS. Fatores de risco para ulceração no pé de indivíduos com Diabetes Mellitus tipo 2. Cogitare Enferm. 2017;22(4):e51508.
3. Varaki ES, Gargiulo GD, Penkala S, Breen PP. Peripheral vascular disease assessment in the lower limb: A review of current and emerging non-invasive diagnostic methods. Biomed. Eng. Online. 2018;17(1):61.
4. Triches CB, Schaan BDA, Gross JL, Azevedo MJD. Complicações macrovasculares do diabetes melito: peculiaridades clínicas, de diagnóstico e manejo. Arq Bras Endocrinol Metab [online]. 2009 Agosto;53(6):698-708.
5. Babaei MR, Malek M, Rostami FT, Emani Z, Madani NH, Khamseh ME. Non-invasive vascular assessment in people with type 2 diabetes: Diagnostic performance of

- Plethysmographic-and-Doppler derived ankle brachial index, toe brachial index, and pulse volume wave analysis for detection of peripheral arterial disease. *Primary Care Diabetes*. 2019.
6. Bortolotto LA. Alterações das propriedades funcionais e estruturais de grandes artérias no diabetes mellitus. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.* [online]. 2007;51(2):176-184.
 7. Suntraluck S, Tanaka H, Suksom D. The Relative Efficacy of Land-Based and Water-Based Exercise Training on Macro- and Microvascular Functions in Older Patients With Type 2 Diabetes. *J Aging Phys Act.* 2017;25(3):446-452.
 8. Besic H, Jeraj L, Spirkoska A, Jezovnik MK, Poredos P. Deterioration of endothelial function of micro- and macrocirculation in patients with diabetes type 1 and 2. *Int. Angiol.* 2017 Aug;36(4):354-361.
 9. Duan J, Zheng C, Gao K, et al. Ultrasonography of lower limb vascular angiopathy and plaque formation in type 2 diabetes patients and finding its relevance to the carotid atherosclerotic formation. *Pak. J. Med. Sci.* 2014;30(1):54–58.
 10. Formosa C, Ellul C, Mizzi A, Mizzi S, Gatt A. Interrater Reliability of Spectral Doppler Waveform: Analysis Among Podiatric Clinicians. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2018;108(4):280-284.
 11. Zhang L, Sun H, Liu S, Gao J, Xia J. Glycemic variability is associated with vascular calcification by the markers of endoplasmic reticulum stress-related apoptosis, Wnt1, galectin-3 and BMP-2. *Diabetology & Metabolic Syndrome.* 2019;11:67.
 12. Guirro ECO, Guirro RRJ, Dibai-Filho AV, Pascote SCS, Rodrigues-Bigaton D. Immediate Effects of Electrical Stimulation, Diathermy, and Physical Exercise on Lower Limb Arterial Blood Flow in Diabetic Women With Peripheral Arterial Disease: A Randomized Crossover Trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.* 2015; 38(3):195–202.
 13. INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. *IDF Diabetes Atlas*, 2019, 9ª edição.
 14. Guirro ECO , Guirro RRJ, Dibai-Filho AV, Montezuma T, Vaz MMOLL. Decrease in Talocrural Joint Mobility is Related to Alteration of the Arterial Blood Flow Velocity in the Lower Limb in Diabetic Women. **J. Phys. Ther. Sci.** 2014;26(4):553–556.
 15. - Matheus CN, Guirro EC. Change in blood flow velocity demonstrated by Doppler ultrasound in upper limb after axillary dissection surgery for the treatment of breast cancer. *Breast. Cancer. Res. Treat.* 2011;127:697-704.

16. Guirro ECO, Leite GPMF, Dibai-Filho AV, Borges NCS, Guirro RRJ. Intra- and inter-rater reliability of peripheral arterial blood flow velocity by means of Doppler ultrasound. *J Manipulative Physiol Ther.* 2017;40(4):236-240.
17. Scheffel RS, Bortolanza D, Weber CS, et al. Prevalence of micro and macroangiopathic chronic complications and their risk factors in the care of out patients with type 2 diabetes mellitus. *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2004 Julho/Setembro;50(3):263-267.
18. Madonna R, Pieragostino D, Balistreri CR, et al. Diabetic macroangiopathy: pathogenetic insights and novel therapeutic approaches with focus on high glucose-mediated vascular damage. *Vascul. Pharmacol.* 2018;107:27-34.

APÊNCIDE E – ARTIGO 2

Manuscrito 2 a ser submetido – Revista Brasileira de Fisioterapia

EFICÁCIA DO TREINO AQUÁTICO SOBRE A O CONTROLE DA GLICEMIA, A VELOCIDADE DO FLUXO SANGUÍNEO, EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Maria Carolina Simões Vieira de Melo¹, Ana Paula de Lima Ferreira², Alice Sá Carneiro Ribeiro³, Hélida Cristina Cirilo da Silva⁴, Sílvia Regina Arruda de Moraes⁵

1- Fisioterapeuta, , mestranda no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), <https://orcid.org/0000-0001-6828-030X>

2- Doutora, Fisioterapeuta, Professora do departamento de Fisioterapia da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-0925-0183>

3- Mestre, Fisioterapeuta, membro do laboratório de neuroplasticidade da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-5250-7431>

4- Graduanda em fisioterapia pela UFPE, membro do laboratório de neuroplasticidade da UFPE, <https://orcid.org/0000-0003-2285-3082>

5- Doutora, Fisioterapeuta, Professora do departamento de Anatomia da UFPE, <https://orcid.org/0000-0002-3974-4483>

Contato: Rua Guedes Pereira, 144 apto 302. Bairro: Casa Amarela, Recife-PE. Brasil. CEP: 52060-150. Fone: (81) 992265280. E-mail: mcarolsimoes@gmail.com

RESUMO: O presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do treino aquático regular sobre o controle da glicemia capilar, a velocidade do fluxo vascular arterial, equilíbrio e risco de quedas de indivíduos com diabetes tipo 2. Foi realizado um ensaio clínico controlado e randomizado, com indivíduos com Diabetes *mellitus* tipo 2 onde os participantes foram randomizados em dois grupos: Grupo Controle (GC) e Grupo Experimental (GE). Todos os grupos foram avaliados, utilizando o *Ultrasonic Vascular Doppler*; *Biodex Balance System* e escala de Berg. A intervenção experimental consistiu na realização do treino em piscina coberta, com temperatura da água entre 32°C e 34°C, durante 8 semanas, realizadas duas vezes semana

por 60 minutos. Participaram do estudo 27 indivíduos de ambos os sexos, sendo estes 14 no GC e 13 no GE. Quanto a média da idade foi de 64,71 anos no GC e 66 anos no GE. Na análise da glicemia, velocidade do fluxo sanguíneo, do equilíbrio estático e dinâmico e risco de quedas, não foram observadas melhoras estatisticamente significativas após a intervenção, exceto na comparação do valor médio da artéria dorsal do pé direito. O protocolo de exercício aquático durante 8 semanas realizado 2 vezes por semana mostrou efeito significativo apenas para a velocidade média do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito. Não apresentou efeito significativo para o equilíbrio e o risco de quedas.

Palavras-Chave: diabetes mellitus tipo 2, hidroterapia, equilíbrio.

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the effect of regular aquatic training on the control of capillary glycemia, the speed of arterial vascular flow, balance and risk of falls in individuals with type 2 diabetes. A controlled and randomized clinical trial was conducted, with individuals with type 2 Diabetes mellitus where the participants were randomized into two groups: Control Group (CG) and Experimental Group (EG). All groups were evaluated using the Ultrasonic Vascular Doppler; Biodex Balance System and Berg scale. The experimental intervention consisted of training in an indoor pool, with water temperature between 32°C and 34°C, for 8 weeks, performed twice a week for 60 minutes. Twenty-seven individuals of both sexes participated in the study, 14 of them in the CG and 13 in the EG. The mean age was 64.71 years in the CG and 66 years in the EG. In the analysis of blood glucose, blood flow speed, static and dynamic balance and risk of falls, no statistically significant improvements were observed after the intervention, except when comparing the mean value of the dorsal artery of the right foot. The 8-week aquatic exercise protocol performed twice a week showed a significant effect only on the mean blood flow rate of the dorsal artery of the right foot. It had no significant effect on balance and the risk of falls.

Keywords: type 2 diabetes mellitus, hydrotherapy, balance.

INTRODUÇÃO

O Diabetes *mellitus* (DM) é caracterizado pela condição hiperglicêmica, que resulta no aumento das espécies reativas de oxigênio, o qual foi apontado como a principal causa subjacente à disfunção endotelial induzida pelo diabetes, e que está amplamente correlacionado

ao início do evento da macro e microangiopatia observado precocemente nessa enfermidade, pois o comprometimento da circulação sanguínea da pele ocorre desde o início da patogênese do DM2 (NUTTAMONWARAKUL; AMATYAKUT; SUKSOM, 2014; SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

A disfunção vascular desempenha um papel importante na patogênese da doença vascular diabética, que é caracterizada por vasodilatação reduzida dependente do endotélio e endurecimento das artérias centrais (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017).

Além disso, o comprometimento da função endotelial, parece contribuir para os déficits da função muscular e o desempenho físico. Pacientes com DM2 sofrem de redução na função física, com diminuição da absorção de oxigênio e má função muscular (CIDER *et al.*, 2012).

Mais tardiamente, a instalação de neuropatia periférica, a redução da acuidade visual, a instalação de episódios de tonturas, hipoglicemia resultante do mau uso da medicação, associados às mudanças na adaptação física que geralmente ocorrem no processo fisiológico do envelhecimento, favorecem o risco de quedas nesta população que apresenta um déficit de equilíbrio (OLIVEIRA *et al.*, 2012; SALES; SOUZA; CARDOZO, 2012).

O exercício é tradicionalmente preconizado para indivíduos com DM2, sendo a caminhada um dos tipos de exercício mais populares. As atuais diretrizes de atividade física e exercício para indivíduos com o DM2 recomenda uma combinação de exercícios aeróbicos e de resistência para regular os níveis glicêmicos e evitar as complicações advindas desta patologia (REIS FILHO *et al.*, 2012; REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017). Recentemente, o reconhecimento de condições coexistentes comumente associadas ao DM2, como osteoartrite (OA), obesidade e neuropatia periférica diabética (NPD), levou à percepção de que modos alternativos de exercício que melhor ajudem na gestão da dor sejam recomendados ou oferecidos a esse grupo populacional (REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017).

Nesse sentido, o treino aquático surge como uma excelente alternativa de auxílio na melhoria do condicionamento aeróbio, da força e resistência muscular, assim como da flexibilidade. A imersão aquática tem profundos efeitos biológicos, estendendo-se por essencialmente todos os sistemas homeostáticos e em relação ao sistema musculoesquelético, os efeitos são causados pela ação compressiva da imersão, bem como pela regulação reflexa do tônus dos vasos sanguíneos (REIS FILHO *et al.*, 2012; CUGUSI *et al.*, 2015).

O crescente número de diabetes diagnosticados, associados ao aumento da população idosa, da obesidade e do sedentarismo, leva a uma preocupação na busca de reduzir as complicações envolvidas nesta síndrome. O meio aquático, através da utilização das suas

propriedades físicas somado ao exercício físico, apresenta vantagens para esta população quando comparados aos exercícios terrestres (REIS FILHO *et al.*, 2012; CUGUSI *et al.*, 2015). Contudo, os estudos atuais sobre os efeitos dos exercícios aquático nos indivíduos com diabetes *mellitus*, são escassos e não avaliam os seus efeitos sobre o fluxo sanguíneo e tão pouco sua repercussão no equilíbrio e consequente risco de quedas nesses indivíduos.

MÉTODOS

O estudo do tipo ensaio clínico randomizado, foi desenvolvido no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no período de agosto de 2018 a dezembro de 2019.

Foram incluídos no estudo indivíduos portadores de Diabetes mellitus tipo 2, diagnosticados há pelo menos 3 anos, com ou sem neuropatia periférica, com idade igual ou superior a 47 anos; de ambos os sexos, aptos a deambular sem assistência ou supervisão de outros, mediante assinatura formal de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos indivíduos com história de outras doenças vasculares, ortopédicas ou neurológicas fora da etiologia da diabetes.

Os participantes foram randomizados em relação à prática ou não de exercício físico aquático em dois grupos: Grupo Controle (GC), Grupo Experimental (GE). Ambos os grupos receberam orientações de autocuidado em relação ao diabetes, e o grupo experimental, além das orientações, foi submetido a um protocolo de treinamento aquático.

O processo de avaliação foi constituído de: anamnese e exame físico. Sendo realizada sempre pelos mesmos examinadores e estes examinadores não participaram da intervenção.

Foram coletados: dados de identificação pessoal; história clínica (hipertensão, complicações cardíacas, alterações neurológicas e alterações reumatológicas); história social (tabagismo, etilismo e prática de atividade física); independência funcional e limitações nas atividades de vida diária (AVDs); medicações em uso e história de quedas e fraturas. Posteriormente foram aferidos os sinais vitais (pressão arterial-PA, frequência cardíaca-FC e frequência respiratória-FR), mensurados a altura, o peso e calculado o Índice de Massa Corporal (IMC).

Avaliação da Circulação Periférica: Velocidade do Fluxo Sanguíneo

A análise da velocidade do fluxo sanguíneo foi realizada com o aparelho *Ultrasonic Vascular Doppler* (BV-620VP, Guangdong, China/Mainland) com onda emissora de forma sinusoidal. Foi usado um transdutor de alta frequência ($8\text{MHz} \pm 10\%$) para a pesquisa de vasos mais superficiais. A intensidade média de frequência foi de $< 50\text{cmW/cm}^2$.

Antes da análise, foi realizada a tricotomia ampla do local do exame e, em seguida, a área foi revestida por um gel solúvel em água para promover melhor contato entre o transdutor e a pele. O transdutor foi posicionado a um ângulo de 45° em relação aos vasos sanguíneos, sendo analisado contra o fluxo. Os sinais das artérias tibial posterior e a artéria dorsal do pé foram registrados usando um transdutor de alta frequência, tomando como respectivos pontos de referência o terço distal da panturrilha e o dorso do pé. A constatação do local mais adequado para análise de cada vaso sanguíneo foi dado pelos sinais acústicos gerados pelo equipamento (GUIRRO *et al.*, 2014).

Foram realizadas três medidas com 30 segundos de intervalo, o qual foi considerado como resultado final a média dos valores obtidos com as 3 coletas (GUIRRO *et al.*, 2014).

Avaliação do Equilíbrio e Risco de Quedas

A avaliação do equilíbrio e risco de quedas foi realizada utilizando *Biodex Balance System* (BBS) e pela escala de equilíbrio de Berg. O BBS é um dispositivo amplamente utilizado para quantificar o desempenho do equilíbrio dinâmico. Avalia a capacidade de manter o equilíbrio em pé sobre uma superfície de suporte móvel com graus variados de instabilidade. O primeiro pré-requisito para o uso do BBS é determinar o grau em que seus escores são reproduzíveis com medições repetidas em condições onde a variável de resposta (isto é, desempenho de equilíbrio) é estável. Estabelecer confiabilidade é necessário para qualquer situação, ao usar o BBS para discriminar o equilíbrio entre indivíduos ou usá-lo para avaliar mudanças no equilíbrio ao longo do tempo após um programa de intervenção (SHERAFAT *et al.*, 2013).

A avaliação do equilíbrio estático foi realizada através do Teste de Estabilidade Postural, com a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

Para avaliação do equilíbrio dinâmico foi utilizado o Teste de Limites de Estabilidade, com a seguinte configuração: 3 testes com duração correspondente ao tempo que o indivíduo necessitar para finalização de cada teste, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

O risco de quedas foi avaliado com o protocolo *Fall Risk Test* (BBS-FR): Teste de Risco de Quedas, no qual a plataforma é instável e permite obter o índice de risco. Para realização desse teste será utilizada a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 6 de estabilidade da plataforma.

Em todos os testes os participantes foram posicionados no BBS em apoio bipodal, de olhos abertos e braços livres, fixando o visor de *feedback* durante toda a execução. Para os testes de equilíbrio estático e risco de quedas, os participantes tinham que manter o ponto do visor o mais próximo possível do centro de um círculo dividido em zonas -A, B, C e D- movimentando o próprio corpo. Para o teste de equilíbrio dinâmico, o participante deveria movimentar o ponto do visor até os locais sinalizados em várias direções movimentando o próprio corpo.

A BBS considera equilíbrio normal e sem risco de quedas, pessoas saudáveis com idade entre 60 e 71 anos que apresentarem uma oscilação entre 0,9 e 3,7 graus; pessoas com idade entre 72 e 89 anos podem oscilar seu centro de pressão de 2.0 a 4.0 graus na plataforma (SANTOS; BORGES; MENEZES, 2013).

Todos os testes foram realizados antes e após intervenção, com os participantes descalços e as posições dos pés foram gravadas utilizando as coordenadas na grade da plataforma para garantir o mesmo posicionamento durante todo o teste.

A escala de equilíbrio de Berg, criada em 1992 por Katherine Berg, tem tido ampla utilização para avaliar o equilíbrio nos indivíduos da terceira idade acima dos 60 anos. Esta escala foi traduzida e adaptada para a língua portuguesa por Miyamoto *et al* (2004), na sua dissertação de mestrado, pelo que a versão brasileira é um instrumento confiável para ser usado na avaliação do equilíbrio dos pacientes idosos. A escala de equilíbrio de Berg tem uma pontuação máxima de 56 que pode ser alcançada, possuindo cada item uma escala ordinal de 5 alternativas que variam de 0 a 4 pontos. O teste é simples, fácil de administrar e seguro para a avaliação de pacientes idosos. Ele somente requer um cronômetro e uma régua como equipamentos e a sua execução leva-se em torno de 15 minutos (SILVA *et al.*, 2008). (APÊNDICE 3)

Intervenção

Informações sobre Autocuidado relativas ao Diabetes

Os sujeitos dos dois grupos (controle e experimental) receberam informações sobre autocuidado relativas ao diabetes através de palestras e panfletos explicativos durante o período de intervenção. O grupo experimental além dessas informações, foram submetidos ao protocolo de treinamento aquático. Ambos os grupos foram reavaliados com todos os procedimentos anteriormente citados após um período de no máximo 12 semanas após a avaliação inicial

Protocolo de Treinamento Físico

A intervenção experimental consistiu na realização de treino aquático em piscina coberta, com temperatura da água entre 32°C e 34°C, durante 8 semanas, realizadas duas vezes por semana, totalizando 16 sessões, cada sessão com duração média de 60 minutos. Destes, 10 minutos de aquecimento e alongamento muscular (cadeia anterior e posterior dos membros superiores, cadeia posterior dos membros inferiores, músculos adutores e abdutores do quadril); 45 minutos de exercícios localizados: (a) 5 exercícios resistidos para fortalecimento muscular dos membros superiores (músculos flexores e extensores do ombro, músculos adutores e abdutores do ombro) e inferiores (músculos flexores e extensores do quadril, músculos adutores e abdutores do quadril, músculos da panturrilha) (b) 4 exercícios aeróbios (saltos, simulação de bicicleta, *step*); e, 5 minutos de volta à calma (flutuação). Foram executadas duas séries com 15 repetições para cada exercício de fortalecimento muscular, com descanso de 1 minuto entre as séries. Para os exercícios aeróbios foram marcados o tempo no cronômetro de 3 minutos para cada série, respeitando-se um minuto de intervalo para descanso entre elas. Foram realizadas diariamente, antes e imediatamente após o protocolo, aferições da pressão arterial, frequência cardíaca, glicemia capilar e saturação de oxigênio. Foram utilizados para alguns exercícios os seguintes acessórios: aquafins e flutuadores (macarrão) (REIS FILHO *et al.*, 2012).

A progressão da carga de trabalho foi realizada conforme o sugerido por Ramos (2002) para indivíduos diabéticos, sendo inicialmente realizada a adaptação ao meio líquido, deslocamentos e correções posturais, e, posteriormente, exercícios aeróbios e localizados. A intensidade foi mantida entre 11 a 13 (razoavelmente leve e um pouco difícil) segundo a escala de percepção subjetiva de esforço de 0 a 20. Os voluntários foram dispersos na piscina de forma

a manter o nível da água na altura do tórax, assim, em virtude da flutuabilidade foi favorecida uma redução de 80% no impacto sobre o aparelho locomotor (REIS FILHO *et al.*, 2012).

Análise dos dados

Os dados foram tabulados no programa Microsoft Excel® e exportados para o *software* R (versão 3.6.1 para Mac), onde foi realizada a estatística descritiva e os testes de hipóteses. Inicialmente foi feito o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade da distribuição das variáveis. A estatística descritiva foi realizada por meio de frequências, média e desvio padrão (dados paramétricos), e medianas e intervalos interquartis (dados não paramétricos). O teste qui-quadrado de Pearson foi usado para comparar as variáveis categóricas, enquanto o teste t para amostra independentes foi utilizado para as análises intergrupo antes e após a intervenção quando a distribuição das variáveis era normal e o teste de *Mann-Whitney* foi utilizado quando a distribuição das variáveis não era normal. Ademais, para os desfechos cujos dados eram paramétricos, foi apresentada a diferença de média (DM) e o intervalo de confiança de 95% (IC95%). Em todas as situações o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Foram contactados 59 indivíduos a participarem desta pesquisa, sendo 27 indivíduos excluídos por não se enquadrarem aos critérios de inclusão, dos indivíduos que iniciaram a pesquisa, foi registrado um total de 5 perdas por motivos variados (problemas de saúde que impossibilitava a prática de exercício em meio aquático: $n = 3$; problema de saúde que impossibilitou a reavaliação: $n = 1$, não conseguiu contato para retornar à reavaliação: $n = 1$). Finalizando o estudo com 27 indivíduos, sendo estes 14 no grupo controle e 13 no grupo experimental.

As características antropométricas e clínicas da amostra estão descritas na Tabela 1. Os grupos estudados apresentaram-se homogêneos para a maioria das variáveis, com exceção do tempo de diagnóstico da doença.

Na análise da glicemia, velocidade do fluxo sanguíneo, do equilíbrio estático e dinâmico e risco de quedas, através da *Biodex Balance System* e escala de Berg, não foram observadas melhoras significativas após a intervenção, exceto na comparação do valor médio da artéria

dorsal do pé direito, onde foi observado uma diferença estatisticamente significativa (Tabela 2).

Tabela 1. Caracterização da amostra quanto as variáveis antropométricas e características clínicas antes da aplicação do protocolo proposto.

Variável	GC (n=14) Média (DP)	GE (n=13) Média (DP)	p-valor
Idade (anos)	64,71 (6,81)	66 (7,13)	0,636
Altura (cm)	158,07 (6,98)	155,54 (6,24)	0,329
Peso (kg)	73,54 (9,92)	69,39 (12,36)	0,349
IMC (kg/m²)	29,42 (3,6)	28,77 (4,77)	0,695
Sexo			0,076
Feminino – n (%)	11 (78,6)	13 (100)	
Masculino – n (%)	3 (21,4)	0 (0)	
Tempo Diabetes (anos) – Mediana (Q₁ – Q₃)	15 (10-19,5)	4 (3-12)	0,032*
Hipoglicemiante			0,265
Nenhum – n (%)	0 (0)	1 (7,7)	
Oral – n (%)	9 (64,3)	11 (84,6)	
Insulina – n (%)	1 (7,1)	0 (0)	
Ambos – n (%)	4 (28,6)	1 (7,7)	
Glicemia (mg/dl) – Mediana (Q₁ – Q₃)	169 (163,25-212,5)	135 (99-199)	0,275
Velocidade do Fluxo Arterial (cm/s)			
MDPD	44,86 (20,8)	56,46 (16,52)	0,120
MDPE	52,53 (17,21)	55,57 (21,52)	0,690
MTPD	51,47 (11,69)	50,72 (14,6)	0,885
MTPE	44,36 (18,56)	51,21 (9,89)	0,241
Equilíbrio Estático			
OSI – Mediana (Q ₁ – Q ₃)	1,9 (1,4-2,07)	1,6 (1,5-2,1)	0,576
API	1,32 (0,55)	1,22 (0,38)	0,592
MLI – Mediana (Q ₁ – Q ₃)	0,9 (0,8-1,17)	1 (0,8-1,1)	0,825

Equilíbrio Dinâmico

OD	19,71 (8,14)	19,92 (7,01)	0,943
----	--------------	--------------	-------

Risco de Queda

RQ – Mediana (Q ₁ – Q ₃)	1,95 (1,8-2,27)	1,8 (1,5-1,8)	0,230
---	-----------------	---------------	-------

Tempo de teste (s) – Mediana (Q₁ –	103,5 (91-134,25)	112 (107-117)	0,481
--	--------------------------	----------------------	--------------

Q₃)			
-----------------------	--	--	--

Berg	50,36 (3,62)	49,15 (4,67)	0,638
-------------	---------------------	---------------------	--------------

Legenda: GC: grupo controle; GE: grupo experimental; DP: desvio padrão; Q₁: primeiro quartil; Q₃: terceiro quartil; IMC: índice de massa corpórea; MDPD: média da artéria dorsal do pé direito; MDPE: média da artéria dorsal do pé esquerdo; MTPD: média da artéria tibial posterior direita; MTPE: média da artéria tibial posterior esquerda; OSI: índice geral de estabilidade, API: índice de estabilidade anterior/posterior, MLI: índice de estabilidade medial/lateral, OD: índice geral de limites de estabilidade; RQ: risco de queda.

Tabela 2. Comparação dos valores dos desfechos avaliados após aplicação do protocolo proposto entre os grupos controle e experimental.

Variáveis	GC	GE	DM	IC95%	p-valor
	Média (DP)	Média (DP)			
Glicemia (mg/dl)	186,43 (70,44)	153,08 (59,69)	33,35	-18,3 a 85,0	0,195
Velocidade do Fluxo					
Arterial (cm/s)					
MDPD	66,15 (27,34)	47,98 (14,29)	18,17	0,82 a 35,51	0,041*
MDPE	60,53 (22,20)	48,26 (18,98)	12,27	-4,07 a 28,61	0,135
MTPD	57,51 (31,94)	53,09 (25,45)	4,42	-18,41 a 27,26	0,693
MTPE	50,09 (20,91)	53,72 (11,08)	-3,63	-16,93 a 9,67	0,575
Equilíbrio Estático					

OSI	1,63 (0,60)	1,65 (0,64)	-0,02	-0,52 a 0,47	0,917
API	1,11 (0,46)	1,08 (0,43)	0,03	-0,32 a 0,37	0,896
MLI	0,99 (0,35)	1,01 (0,42)	0,02	-0,33 a 0,29	0,885
Equilíbrio Dinâmico					
OD	21,14 (8,53)	23,61 (7,14)	-2,47	-8,69 a 3,74	0,421
Risco de Queda					
RQ – Mediana (Q ₁ – Q ₃)	1,8 (1,52 – 2,2)	1,5 (1,2 a 1,8)	-	-	0,131
Tempo de teste (s) – Mediana (Q ₁ – Q ₃)	103 (91,75 – 121,5)	93 (85 - 104)	-	-	0,216
Berg – Mediana (Q₁ – Q₃)	51,5 (50 – 53)	53,0 (51 – 55)	-	-	0,302

Legenda: GC: grupo controle; GE: grupo experimental; DP: desvio padrão; DM: Diferença de média; IC95%: Intervalo de confiança de 95%; Q₁: primeiro quartil; Q₃: terceiro quartil; MDPD: média da artéria dorsal do pé direito; MDPE: média da artéria dorsal do pé esquerdo; MTPD: média da artéria tibial posterior direita; MTPE: média da artéria tibial posterior esquerda; OSI: índice geral de estabilidade, API: índice de estabilidade anterior/posterior, MLI: índice de estabilidade medial/lateral, OD: índice geral de limites de estabilidade; RQ: risco de queda.

DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos, foi observado significância estatística para a variável da média da velocidade do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito, as demais variáveis não apresentaram desfecho estatisticamente significativo.

Pacientes com DM2 são mais propensos a desenvolverem doença arterial periférica do que os não-diabéticos. Além disso, eles são afetados pela forma mais grave e extensa da doença, que tende a envolver mais artérias distais, porém são subdiagnosticados (BABAEI *et al.*, 2019), e por isso ainda são escassos na literatura os valores de normalidade da velocidade do fluxo

sanguíneo em artérias como a tibial posterior e dorsal do pé, bem como também valores em situação de disfunção vascular.

Um estudo realizado com 36 idosos com DM2 randomizados em dois grupos de exercícios de ciclismo aeróbico supervisionado (três vezes por semana durante 12 semanas), sendo um dos grupos realizado em meio aquático e outro em meio terrestre, investigou a dilatação mediada por fluxo na artéria poplítea que aumentou, e a rigidez arterial que diminuiu ($p < 0,05$) nos dois grupos de exercícios. E os índices de reatividade microvascular que melhoraram ($p < 0,05$) apenas no grupo do meio aquático (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017). Semelhantemente ao presente estudo onde foi observada melhora estatisticamente significativa na velocidade média do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito.

Durante uma intervenção de exercício aeróbico de 16 semanas, foi observado que houve melhora da saúde vascular em pessoas com DM2 e doença neuromuscular periférica (DNP). Foi utilizado o ultrassom Doppler para avaliar a diâmetro da artéria e pico de cisalhamento antes e após o exercício. Os resultados analisados concluíram que exercício aeróbico foi benéfico para melhorar as medidas de saúde vascular, mas estes não foram estatisticamente significativos. A magnitude da mudança pode ser afetada pela duração de DPN (BILLINGER *et al.*, 2016). O que pode justificar nossos resultados, onde observamos uma diminuição na velocidade do fluxo sanguíneo arterial, sugerindo um aumento do diâmetro do vaso.

Quando comparado ao estudo cuja amostra era de mulheres com DM com doença arterial periférica (GUIRRO *et al.*, 2014), pode-se observar que os valores estão próximos aos encontrados neste estudo, o que pode justificar os achados estatísticos embora perceba-se um aumento na velocidade do fluxo do grupo controle e uma diminuição no grupo experimental.

Apesar de não ter sido observado melhora significativa no controle da glicemia capilar dos indivíduos do presente estudo; num estudo utilizando exercício em meio aquático de intensidade moderada realizado com 13 indivíduos com diabetes tipo 2 durante oito semanas, com duração de uma hora, três vezes por semana, demonstrou que embora a HbA1c tendesse a melhorar no grupo do treinamento aquático em comparação aos controles ($p = 0,07$), não houve efeitos de interação estatisticamente significativos para qualquer medida de controle glicêmico após a intervenção de oito semanas (SCHEER *et al.*, 2019).

Corroborando nosso estudo, uma pesquisa já mencionada anteriormente com 36 idosos com DM2 randomizados em dois grupos de exercícios de ciclismo aeróbico supervisionado

(três vezes por semana durante 12 semanas), sendo um dos grupos realizado em meio aquático e outro em meio terrestre, demonstraram que a concentração de glicose no sangue e a resistência à insulina não mudaram, mas os níveis de HbA1c diminuíram ($p < 0,05$) nos dois grupos (SUNTRALUCK; TANAKA; SUKSOM, 2017). Embora não tenhamos avaliado a HbA1c no presente estudo, nossos resultados assemelham ao resultado desta pesquisa, uma vez que também não foi verificada alterações no controle da glicemia capilar.

Entretanto, diferentemente do nosso protocolo, um estudo que avaliou os efeitos do exercício aeróbico aquático em 24 pacientes com DM2, três vezes por semana durante 6 meses obteve diferença significativa para o controle glicêmico (SPORIŠ; RUŽIČ; NEDIČ, 2013). O mesmo resultado foi visto no programa de exercício aquático com frequência de 3 vezes por semana durante 12 semanas com 8 homens com diagnóstico de DM2, por no mínimo 10 anos, e verificaram uma melhora significativa no controle glicêmico (CUGUSI *et al.*, 2015). Assim como no programa de caminhada subaquática com aumento gradual e progressivo da velocidade e duração da caminhada, realizado 3 vezes por semana durante 12 semanas, com 26 adultos de meia-idade com DM2, o qual concluiu que houve benefícios para o controle glicêmico (CONNERS *et al.*, 2018).

Além disso, uma metanálise que comparou o treinamento à base de água com um grupo controle no diabetes tipo 2, relataram melhora da hemoglobina glicada, porém a maioria dos estudos incluídos na análise tiveram duração de pelo menos 12 semanas, com os dois estudos de oito semanas duração mostrando resultados variáveis (REES; JOHNSON; BOULÉ, 2017). Possivelmente a realização de treinamentos em meio aquático com maior duração podem ser necessários para obter uma melhora significativa no controle glicêmico.

A queda acidental é um problema sério em adultos mais velhos e sua incidência aumenta por qualquer disfunção no sistema proprioceptivo. A função do sistema proprioceptivo geralmente é muito afetada em pessoas com DM, particularmente em idades mais avançadas (MOHAMED; JAN, 2019). Uma revisão sistemática realizada com dez ensaios clínicos randomizados verificou que os grupos de intervenções com exercícios, quando comparados ao grupo controle, foram mais eficazes para o equilíbrio estático, a força do membro inferior e a marcha. Porém nenhum desses estudos avaliaram o risco de queda; apenas um artigo relatou melhora de quedas durante uma intervenção de 12 meses, sem nenhum efeito diferencial de tratamento (CHAPMAN *et al.*, 2016).

Entretanto no presente estudo não foi encontrada diferença significativa para o equilíbrio e risco de quedas quando analisados pela *Biodex Balance System* (BBS). No presente estudo os indivíduos apresentaram valores considerados normais para o risco de quedas, índice geral de estabilidade (OSI), o índice de estabilidade anterior/posterior (API), e o índice de estabilidade medial/lateral (MLI) em ambos grupos tanto antes quanto após a intervenção, o que dificulta um resultado estatisticamente significativo. Porém foi observado uma diminuição no risco de quedas no grupo experimental, pois iniciou com a pontuação dentro do limite considerado normal para sua idade (1,8-3,4), entretanto após a intervenção, o grupo controle permaneceu nesta pontuação, mas o grupo experimental obteve pontuação média de 1,5 que é considerado normal para a população com idade inferior a 53 anos caracterizando uma mudança da nossa amostra.

Na análise da Escala de equilíbrio de Berg diferentes notas de corte são descritas na literatura para discriminar idosos caídores de não-caídores: Berg *et al.* (1992) propõem 45 pontos; Chiu, Au-Yeung e Lo (2003), 47 e Shumway-Cook *et al.* (1997), 49. Segundo esses autores, pontuações superiores indicam normalidade do equilíbrio, e pontuações iguais ou inferiores a essas notas apontam para o risco de quedas. Shumway-Cook e Woolacott propõem que, entre 53-46 pontos, existe de baixo a moderado risco para quedas, e que pontuações abaixo de 46 pontos indicam alto risco para quedas (KARUKA; SILVA; NAVEGA, 2011).

No presente estudo a pontuação de ambos os grupos ficaram entre 53-49 pontos, classificando os participantes em baixo a moderado risco de quedas, mas dificultando assim como os dados de equilíbrio e risco de quedas da BBS, resultados significativos entre os grupos. Porém em termos de pontuação do teste, foi observada uma alteração clínica, uma vez que o grupo experimental iniciou com a pontuação média de 49,15 pontos e após a intervenção, sua pontuação média foi de 53 pontos.

CONCLUSÃO

O protocolo de treino aquático durante 8 semanas realizado 2 vezes por semana mostrou efeito significativo apenas para a velocidade média do fluxo sanguíneo da artéria dorsal do pé direito. Não houveram mudanças para o equilíbrio e o risco de quedas.

Contudo, apesar de não ter tido resultados estatisticamente significativos nas demais variáveis, foi observada alterações nas pontuações do equilíbrio e no risco de quedas, sugerindo mais estudos para comprovação destas mudanças.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

No que diz respeito às limitações do presente estudo, pode-se enfatizar a intensidade do treinamento aquático que não foi adequadamente mensurada durante o tratamento. Outros fatores foram a falta de investigação da presença de doença arterial periférica nos voluntários. Além disso, a presença da neuropatia periférica não foi considerada no presente estudo e o tempo de diagnóstico da doenças estava heterogêneo entre os grupos. Sugere-se que novos estudos devem ser realizados para avaliar a presença de patologias existentes e correlacioná-las, além de prolongar a intervenção aquática por no mínimo 12 semanas e controlar a intensidade do treinamento aquático, e considerar a avaliação glicêmica realizada pelo teste de HbA1c.

REFERÊNCIAS

- 1.BABAEI, M. R. et al. Non-invasive vascular assessment in people with type 2 diabetes: Diagnostic performance of Plethysmographic-and-Doppler derived ankle brachial index, toe brachial index, and pulse volume wave analysis for detection of peripheral arterial disease. **Primary Care Diabetes**. 2019.
- 2.BILLINGER, S. A. et al. Aerobic Exercise Improves Measures of Vascular Health in Diabetic Peripheral Neuropathy. **International Journal of Neuroscience**, 2016.
- 3.CHAPMAN, A. et al. Exercise interventions for the improvement of falls-related outcomes among older adults with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analyses. **Journal of Diabetes and Its Complications**, 2016.
- 4.CIDER, A.; et al. Aquatic Exercise Is Effective in Improving Exercise Performance in Patients with Heart Failure and Type 2 Diabetes Mellitus. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, Volume 2012.
- 5.CONNERS, R. T. et al. Impact of Underwater Treadmill Training on Glycemic Control, Blood Lipids, and Health-Related Fitness in Adults With Type 2 Diabetes. **Clinical Diabetes Journal**, 2018.

- 6.CUGUSI, L.; et al. Effects of an Aquatic-Based Exercise Program to Improve Cardiometabolic Profile, Quality of Life, and Physical Activity Levels in Men With Type 2 Diabetes Mellitus. **PM R**, 1-8, 2015.
- 7.GUIRRO, E. C. D. O. et al. Decrease in Talocrural Joint Mobility is Related to Alteration of the Arterial Blood Flow Velocity in the Lower Limb in Diabetic Women. **J. Phys. Ther. Sci.** Vol. 26, No. 4, 2014.
- 8.KARUKA, A. H.; SILVA, J. A. M. G.; NAVEGA, M. T. Análise da concordância entre instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. **Rev Bras Fisioter.**, 15(6):460-6, 2011.
- 9.MOHAMED, A. A.; JAN, Y. K. Effect of Proprioceptive Exercise to Balance Training in Older Adults with Diabetes: A Systematic Review. **Curr Diabetes Rev**, 2019.
- 10.NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Effects of Water-Based Versus Land-Based Exercise Training on Cutaneous Microvascular Reactivity and C-Reactive Protein in Older Women with Type 2 Diabetes Mellitus. **Journal of Exercise Physiology online**, Volume 17, Number 4, August 2014.
- 11.OLIVEIRA, P. P. et al. Análise comparativa do risco de quedas entre pacientes com e sem diabetes mellitus tipo 2. **Rev Assoc Med Bras**, 58(2):234-239, 2012.
- 12.REES, J. L.; JOHNSON, S. T.; BOULÉ, N. G. Aquatic exercise for adults with type 2 diabetes: a meta-analysis. **Acta Diabetol**, July 2017.
- 13.REIS FILHO, A. D.; et al. Efeito de 12 semanas de hidroginástica sobre a glicemia capilar em portadores de diabetes mellitus tipo II. **Rev Bras Ativ Fis e Saúde**, Pelotas/RS, 17(4):252-257, Ago/2012.
- 14.SALES, K. L. S.; SOUZA, L. A.; CARDOZO, V. S. Equilíbrio estático de indivíduos com neuropatia periférica diabética. **Fisioter Pesq.** 19(2):122-7, 2012.
- 15.SCHEER, A. S. et al. The Effects of Water-based Exercise Training in People With Type 2 Diabetes. **The Official Journal of the American College of Sports Medicine**, 2019.
- 16.SHERAFAT, S. et al. Intrasession and intersession reliability of postural control in participants with and without nonspecific low back pain using the biodex balance system. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, Volume 36, Number 2, Feb. 2013.
- 17.SILVA, A. et al. Equilíbrio, Coordenação e Agilidade de Idosos Submetidos à Prática de Exercícios Físicos Resistidos. **Rev Bras Med Esporte**, Vol. 14, n. 2 – Mar/Abr, 2008.

- 18.SPORIŠ, G.; RUŽIČ, L.; NEDIČ, A. The Effects of Aqua Aerobic on Patients With Type II Diabetes Mellitus. **Hrvat. Športskomed. Vjesn.**, 28: 33-38, 2013.
- 19.SUNTRALUCK, S.; TANAKA, H.; SUKSOM, D. The Relative Efficacy of Land-Based and Water-Based Exercise Training on Macro- and Micro-Vascular Functions in Older Patients With Type 2 Diabetes. **Journal of Aging and Physical Activity**, 2017.