



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
CURSO DE FISIOTERAPIA

ANDRESSA LIMA DE ARAÚJO

**PERSPECTIVAS, APLICABILIDADE E SEGURANÇA DO TREINAMENTO COM
RESTRICÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO EM PACIENTES DIABÉTICOS: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA**

FORTALEZA

2023

ANDRESSA LIMA DE ARAÚJO

**PERSPECTIVAS, APLICABILIDADE E SEGURANÇA DO TREINAMENTO COM
RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO EM PACIENTES DIABÉTICOS: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Fisioterapia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
à obtenção do grau de Bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Magno Markus Ferreira
Formiga Gonçalves de Oliveira

FORTALEZA

2023

ANDRESSA LIMA DE ARAÚJO

PERSPECTIVAS, APLICABILIDADE E SEGURANÇA DO TREINAMENTO COM
RESTRICÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO EM PACIENTES DIABÉTICOS: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Fisioterapia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
à obtenção do grau de Bacharel em Fisioterapia.

Aprovado em __/__/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Magno Markus Ferreira Formiga Gonçalves de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Carlos Tatmatsu Rocha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rafael Barreto de Mesquita
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A687p Araújo, Andressa Lima de.
Perspectivas, aplicabilidade e segurança do Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo em pacientes Diabéticos : uma Revisão Sistemática / Andressa Lima de Araújo. – 2023.
30 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Curso de Fisioterapia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Magno Markus Ferreira Formiga Gonçalves de Oliveira .

1. Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo. 2. Diabetes. 3. Exercício. I. Título.

CDD 615.82

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Magno Formiga, pela orientação e apoio.

Aos professores participantes da Banca examinadora, Carlos Tatmatsu e Rafael Mesquita, pelo tempo, colaborações e sugestões.

Aos meus colegas de turma, especialmente Ana Beatriz Rabelo, Leticia Campos, Maria Júlia Damasceno, Nicolas Milhome e Yuri Liarth, por todo apoio ao longo desses 5 anos de graduação.

À minha família, em especial minha mãe, Regina, meu pai, Onélio, meu namorado, Nicolas, e meus tios, Deuzelina e Aldo, que enfrentaram comigo todos os desafios para chegar até aqui.

Ao meu filho, Lucas, por todos os dias me dar um motivo para sorrir e continuar buscando o melhor para nós.

RESUMO

Diabetes Mellitus (DM) é um distúrbio metabólico caracterizado por problemas relacionados à secreção ou absorção de insulina, resultando em níveis elevados de glicose sérica. A prática de exercícios é um componente essencial utilizado na prevenção e controle de doenças primariamente cardiovasculares, dentre elas, o DM. Uma modalidade de exercício promissora é do Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo (TRF), que em outras populações, mostrou ter efeitos similares ao do exercício resistido de alta intensidade, quando associado ao exercício resistido de baixa intensidade. Perante o exposto, esta revisão sistemática buscou identificar a aplicabilidade do TRF em pacientes diabéticos para ganho de força muscular e suas repercussões hemodinâmicas e metabólicas, através da busca nas bases de dado PubMed, Cochrane e ferramentas de busca do Google Acadêmico, por estudos em português e inglês, sem restrição temporal, utilizando os descritores “Diabetes Mellitus”, “Exercise Therapy”, “Muscle strength”, “Resistance Training”, “Blood Flow Restriction”, “Blood Flow Restricted”, “KAATSU”, “Cardiovascular System”, “Biomarkers”, “Hemodynamics”, combinados com os operadores booleanos “AND” e “OR”. Como resultados, foram encontrados 2 ensaios clínicos que atendiam aos critérios de inclusão. Nenhum dos estudos encontrados trouxe desfechos sobre performance muscular de indivíduos com DM submetidos ao TRF. Os estudos versavam sobre os efeitos do TRF no sistema cardiovascular e nos marcadores e sinalizadores de ativação plaquetária. Os efeitos do TRF no sistema cardiovascular não apresentaram diferença estatisticamente significativa para o aumento da frequência cardíaca, saturação periférica de oxigênio e duplo produto (frequência cardíaca x pressão arterial sistólica), ao passo que houve diferenças significativas nos marcadores plaquetários imediatamente após a prática, sendo mais elevados no grupo que realizou o TRF. Portanto, sendo o exercício componente essencial no processo de cuidado com o paciente diabético, o TRF parece ser uma alternativa àqueles pacientes que possam ser impedidos de realizar um exercício resistido de alta intensidade, acelerando assim seu processo de reabilitação. Vale salientar, no entanto, que ainda são necessários estudos que avaliem os efeitos do TRF na performance muscular dessa população, além disso, essa prática deve ser realizada apenas sob supervisão de um profissional capacitado, que avalie os riscos e benefícios da técnica.

Palavras-chave: Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo; Diabetes; Revisão Sistemática.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus (DM) is a metabolic disorder characterized by problems related to insulin secretion or absorption, resulting in high serum glucose levels. Exercise is an essential component used in the prevention and control of primarily cardiovascular diseases, including DM. A promising exercise modality is Blood Flow Restriction Training (TRF), which in other populations has shown to have similar effects to high-intensity resistance exercise, when associated with low-intensity resistance exercise. In view of the above, this systematic review sought to identify the applicability of TRF in diabetic patients to gain muscle strength and its hemodynamic and metabolic repercussions, through a search in the PubMed, Cochrane databases and Google Scholar search tools, for studies in Portuguese and English, without temporal restrictions, using the descriptors “Diabetes Mellitus”, “Exercise Therapy”, “Muscle strength”, “Resistance Training”, “Blood Flow Restriction”, “Blood Flow Restricted”, “KAATSU”, “Cardiovascular System”, “Biomarkers”, “Hemodynamics”, combined with the Boolean operators “AND” and “OR”. As a result, 2 clinical trials were found that met the inclusion criteria. None of the studies found provided results on the muscular performance of individuals with DM undergoing TRF. The studies focused on the effects of TRF on the cardiovascular system and on platelet activation markers and signals. The effects of TRF on the cardiovascular system showed no statistically significant difference for the increase in heart rate, peripheral oxygen saturation and double product (heart rate x systolic blood pressure), while there were significant differences in platelet markers immediately after the practice, being higher in the group that took the TRF. Therefore, as exercise is an essential component in the care process for diabetic patients, TRF appears to be an alternative for those patients who may be prevented from performing high-intensity resistance exercise, thus accelerating their rehabilitation process. It is worth noting, however, that studies are still needed to evaluate the effects of TRF on the muscular performance of this population. Furthermore, this practice should only be carried out under the supervision of a trained professional, who evaluates the risks and benefits of the technique.

Keywords: Blood Flow Restriction Training; Diabetes; Exercise.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	Impacto do Diabetes no metabolismo muscular.....	7
1.2	Exercício físico e Diabetes.....	8
1.3	Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo.....	9
2.	METODOLOGIA.....	12
2.1	Estratégias de busca.....	12
2.2	Crítérios de elegibilidade.....	12
2.3	Crítérios de exclusão.....	13
2.4	Avaliação da qualidade metodológica.....	13
3.	RESULTADOS.....	13
4.	DISCUSSÃO.....	19
4.1	Treinamento com restrição do fluxo sanguíneo e Diabetes Mellitus.....	20
4.2	Segurança.....	22
5.	CONCLUSÃO.....	25
	REFERÊNCIAS.....	26
	APÊNDICE A - ESTRATÉGIA PICO	30

1. INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é um distúrbio metabólico caracterizado por problemas relacionados à secreção ou absorção de insulina, resultando em níveis elevados de glicose sérica (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2014). Sua alta prevalência, estimada em 9,4% no Brasil (MUZY et al., 2021), aponta para um importante problema da saúde pública, dada sua elevada morbimortalidade, principalmente em países emergentes (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2021).

O Diabetes Mellitus do tipo 1 (DM1) é de origem genética e está associada à destruição das células beta-pancreáticas pelo próprio organismo. Acomete principalmente pacientes jovens, que são dependentes de insulina (RODACKI et al., 2022). Já o tipo 2 (DM2) está associado à obesidade, envelhecimento, história familiar e acomete 90% dos portadores de diabetes no mundo. Nesse caso, o indivíduo desenvolve uma resistência à insulina, o que aumenta o nível de glicose sérica e a longo prazo, pode lesionar as células beta-pancreáticas, sendo necessária a inclusão da insulina no tratamento medicamentoso. (AMANAT et al., 2020; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2014).

A hiperglicemia crônica causada pelo DM correlaciona-se com diversos problemas a longo prazo, afetando os mais diversos sistemas do organismo, como cardiovascular, renal, músculoesquelético, entre outros, podendo progredir para complicações sérias como doença arterial coronariana e acidente vascular cerebral, responsáveis por um grande número de hospitalizações e óbitos (MARQUES; BRITO, 2016; WIDYAHENING et al., 2022). As repercussões do diabetes no metabolismo têm relação direta com a musculatura esquelética, sendo a resistência à insulina responsável por gerar perda de força e massa muscular, e preditora de limitação funcional e incapacidade no DM (SAMPATH KUMAR et al., 2019).

1.1 Impacto do Diabetes no metabolismo muscular

A massa muscular de pessoas com diabetes é de 2 a 4 vezes menor do que a de indivíduos saudáveis, quando comparada em relação ao peso e altura. A perda de massa, força e qualidade muscular ocorre em um ritmo mais rápido em diabéticos (AL-OZAIRI et al., 2021). Além das mudanças da quantidade de massa e força muscular sofridas no DM, a resistência à insulina na musculatura esquelética é considerada o principal defeito no desenvolvimento do DM2 e pode ser preditora de má saúde muscular (ALBERS et al., 2015; AL-OZAIRI et al., 2021).

Dentre os fatores relacionados à resistência à insulina, tem-se o acúmulo de gordura visceral, que leva a uma cascata pró-inflamatória. Essa descarga de interleucinas pró-inflamatórias e fator de necrose tumoral relaciona-se à pior força, qualidade, desempenho muscular, além de disfunção mitocondrial e sinalização de insulina prejudicada (PURNAMASARI et al., 2022).

O estresse oxidativo, por sua vez, é uma característica presente no metabolismo diabético que também influencia na saúde muscular, gerando inflamação. Desse modo, além da resistência à insulina, a presença dos radicais livres gera complicações micro e macro vasculares e juntamente com a disfunção endotelial, estão relacionadas a fraqueza, hipotrofia e disfunção. Esta última, impacta diretamente na perfusão muscular, exacerbando a disfunção metabólica (ALBERS et al., 2015; JONES; AGUIAR; WINCHESTER, 2021).

Outro mecanismo associado à perda de massa muscular é a redução da atividade da glicogênio-sintase. Sabe-se que o glicogênio muscular é o substrato utilizado pelo músculo para realizar contrações em momentos de demanda metabólica elevada. Sem seu combustível, a degradação de proteínas é uma alternativa nesses casos. Desse modo, o metabolismo muscular é prejudicado tanto por não possuir uma síntese proteica adequada devido à resistência à insulina e seus fatores associados, quanto por apresentar um catabolismo proteico elevado (PURNAMASARI et al., 2022).

A fraqueza muscular no DM representa a perda de independência e deterioração na qualidade de vida. Como foi proposto, diversos mecanismos podem estar relacionados com a perda de força precoce e generalizada nesse perfil de indivíduos, no entanto, eles ainda não são tão claros. Ainda assim, a fraqueza muscular está correlacionada ao nível de atividade física (BALDUCCI et al., 2014).

A prática de exercícios é um componente essencial utilizado na prevenção e controle de doenças cardiovasculares, dentre elas, o Diabetes. Estudos apontam que o exercício realizado regularmente reduz a resistência à insulina e melhora o metabolismo muscular, retardando o declínio muscular associado ao envelhecimento e à doença, além de melhorar o controle glicêmico e reduzir a mortalidade (BALDUCCI et al., 2014; JONES; AGUIAR; WINCHESTER, 2021; NOMURA et al., 2018).

1.2 Exercício físico e Diabetes

O exercício físico regular pode melhorar a função mitocondrial miocelular e aumentar a capacidade de oxidação dos ácidos graxos. Mesmo uma única sessão de exercício tem a

capacidade de aprimorar a eliminação de glicose através da ativação do AMPK (5ª Proteína quinase ativada por AMP), levando à translocação do GLUT4 (transportador de glicose 4) e melhorando o armazenamento de glicogênio, diminuindo assim as anormalidades associadas ao DM2. Desse modo, o exercício físico promove a base da saúde metabólica (SAATMANN et al., 2021).

O exercício resistido (ER) atua na redução de hemoglobina glicada (HbA1c) e do nível de insulina. O ER de alta intensidade, com cargas entre 50 e 80% de 1 repetição máxima (1RM) provocou maiores efeitos benéficos em comparação com a baixa intensidade nesses pacientes. A HbA1c está diretamente relacionada ao risco de complicações relacionadas à diabetes e à mortalidade, sendo seu controle determinante para a redução desse risco (LIU et al., 2019).

Para indivíduos com DM recomenda-se a realização de pelo menos 150 minutos semanais de exercícios físicos, incluindo aeróbico de moderada a alta intensidade e resistidos de moderada intensidade (COLBERG et al., 2016). Entretanto, boa parte dos portadores de diabetes relatam que não atingem os níveis adequados de atividade física propostos, o que pode atenuar os efeitos benéficos inerentes ao exercício (JONES; AGUIAR; WINCHESTER, 2021).

Outro fator a ser considerado é o de que altas cargas sobre a musculatura e tendões podem não ser toleradas por populações acometidas pela fraqueza e fadiga muscular. Portanto, alternativas que evitem tal barreira nesses pacientes são necessárias. Uma modalidade que pode ser promissora é o treinamento com restrição do fluxo sanguíneo (TRF) (SAATMANN et al., 2021).

O TRF tem sido estudado em pacientes com condições musculoesqueléticas, idosos, portadores de doenças cardíacas, entre outros (CAHALIN et al., 2022; CENTNER et al., 2019; HUGHES et al., 2017), com o objetivo de ganho de força, melhora do metabolismo muscular e redução dos danos advindos da imobilização prolongada, como perda de massa muscular e atrofia (MILLER et al., 2021; SAATMANN et al., 2021).

1.3 Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo

Conhecido também como KAATSU, o TRF é um método originado no Japão que se popularizou ao ser usado na reabilitação de atletas, indivíduos saudáveis e idosos (SAATMANN et al., 2021). Ele consiste no uso de um manguito inflável para ocluir parcialmente o fluxo de sangue arterial e completamente o retorno venoso. Esse manguito é colocado na região proximal do membro, que realiza movimentos distais, com uma determinada carga. Diversos estudos indicam que o TRF possibilita um ganho de massa muscular e força

semelhante ao ganho com ER de alta intensidade, usando cargas de treinamento baixas. Além disso, seus efeitos são geralmente observados entre 1 e 3 semanas (PATTERSON et al., 2019).

Fisiologicamente, o TRF gera um ambiente hipóxico e isquêmico que leva a altos níveis de estresse metabólico associado à tensão mecânica gerada pela oclusão. Esses dois mecanismos são considerados fatores primários para hipertrofia, cujo objetivo é ativar outros mecanismos que induzam o crescimento muscular: aumento da produção hormonal, edema celular, produção de espécies reativas de oxigênio, sinalização anabólica/anticatabólica intramuscular e aumento do recrutamento de fibras musculares de contração rápida (HUGHES et al., 2017).

Além dos efeitos locais, Miller e seus colaboradores elencaram os possíveis efeitos sistêmicos do TRF como aumento da frequência cardíaca, melhora da capacidade de exercício, aumento de força global, além de efeitos endócrinos na adaptação muscular, atividade osteoblástica e estresse metabólico. Ainda assim, esses mecanismos necessitam de uma análise mais completa (MILLER et al., 2021).

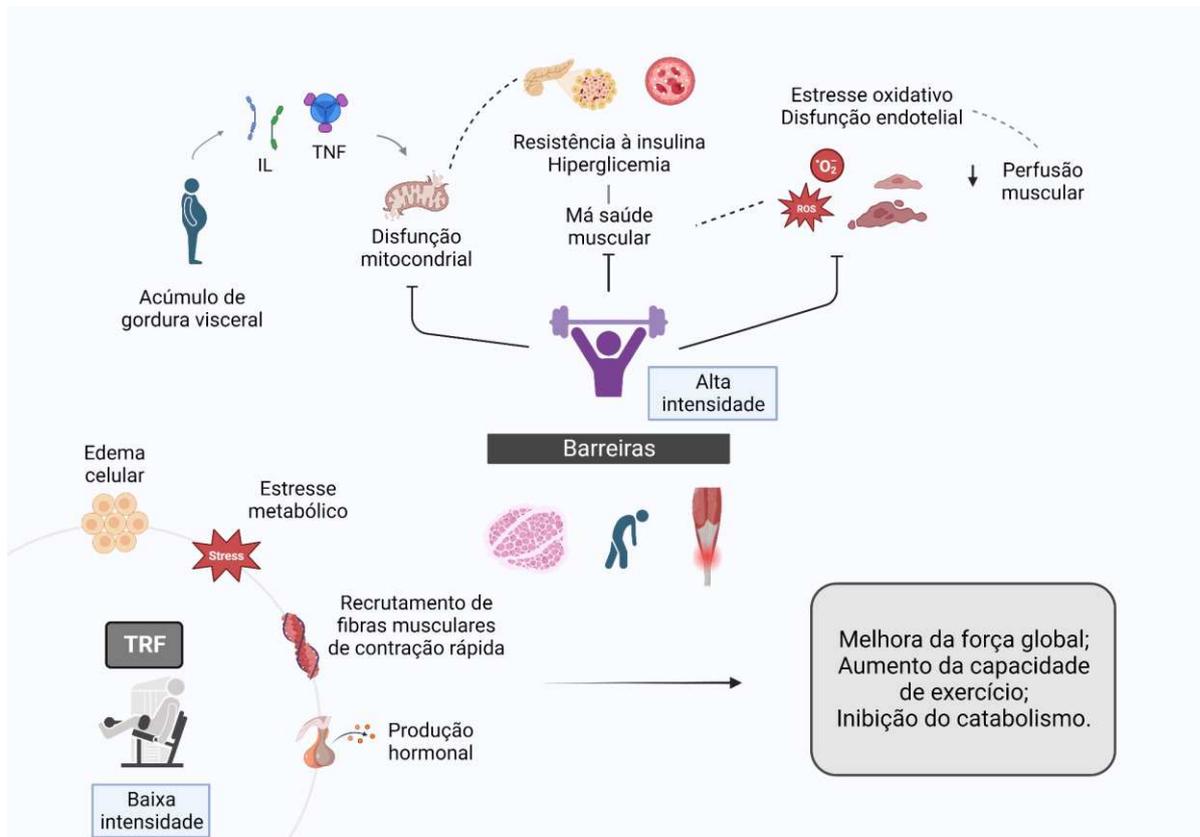
Em suma, o ER de alta intensidade possui a capacidade de atenuar os efeitos deletérios causados pela patologia no sistema musculoesquelético, sendo um importante aliado no tratamento desses pacientes. Entretanto, existem barreiras para a realização dessa modalidade de exercício, já que a tolerabilidade a altas cargas é limitada pela fraqueza, fadiga e dor muscular. É então que o TRF surge como uma alternativa, que quando associado ao ER de baixa intensidade, promove efeitos semelhantes aos gerados pelo ER de alta intensidade convencional. Nesse caso, espera-se que com a tolerância maior a uma menor carga, o paciente consiga melhorar seu metabolismo muscular, aumentando força, capacidade de exercício e reduzindo a perda de massa muscular exacerbada (Figura 01).

Há um interesse crescente em se estudar a aplicabilidade do TRF em diversas populações. Em atletas, essa modalidade de treinamento pode influenciar positivamente as adaptações musculares e melhorar o desempenho de tarefas que são consideradas importantes para o bom desempenho no esporte (PIGNANELLI; CHRISTIANSEN; BURR, 2021). Quando utilizado em mulheres com osteoartrite de joelho, os resultados entre TRF e treinamento convencional foram semelhantes, utilizando menos carga, além de gerar menos desconforto no joelho durante a execução (DE ARAÚJO et al., 2022).

O uso do TRF em indivíduos com sarcopenia reduz a perda de massa muscular, além de melhorar a força e a performance física (ZHANG et al., 2022). Em pacientes com insuficiência cardíaca o TRF pode melhorar força, resistência e trofismo muscular, performance

cardiorrespiratória e tolerância ao exercício (CAHALIN et al., 2022). Em contrapartida, pouco se sabe sobre os efeitos dessa modalidade de treinamento em indivíduos com DM.

Figura 01: Efeitos do exercício resistido e do Treinamento com Restrição do Fluxo sanguíneo em pacientes diabéticos.



Os efeitos deletérios à musculatura advindos do DM são inibidos pela prática de ER de alta intensidade. No entanto, pacientes com DM nem sempre toleram altas cargas, devido fraqueza muscular e fadiga. Assim, o TRF surge como alternativa, promovendo efeitos que inibam o catabolismo e auxiliam o anabolismo muscular, possibilitando ganhos funcionais de maneira mais efetiva. Figura criada com BioRender.com..

É importante salientar a necessidade de parâmetros de segurança bem estabelecidos para a realização do TRF, pois quando realizado de maneira inapropriada, pode gerar efeitos adversos como náuseas, desmaios, dores de cabeça, trombose venosa (NASCIMENTO et al., 2022; SAATMANN et al., 2021). Sendo assim, também é de suma importância avaliar parâmetros como os marcadores de ativação plaquetária e estresse cardiovascular, entre outros, que possam sanar as questões sobre a segurança dos protocolos aplicados na população com DM.

Perante o exposto, este trabalho buscou identificar a aplicabilidade do TRF em pacientes diabéticos para ganho de força muscular, além de identificar as implicações hemodinâmicas e

metabólicas dessa abordagem. Comparando os efeitos do Treinamento Resistido com Restrição do Fluxo Sanguíneo com o treinamento resistido convencional em pacientes com Diabetes Mellitus, identificando os benefícios do TRF para a saúde muscular e metabólica dos pacientes com DM e elencando aspectos importantes sobre a segurança e barreiras da aplicabilidade dessa modalidade de exercício nessa população.

2. MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão sistemática, redigida com base na declaração PRISMA 2020, cujo objetivo foi analisar as informações existentes na literatura sobre a aplicabilidade do TRF em pacientes diabéticos para ganho de força muscular e as implicações hemodinâmicas e metabólicas dessa abordagem.

2.1 Estratégias de busca

A pergunta de partida utilizada é: “Qual é o impacto do treinamento resistido com restrição do fluxo sanguíneo na performance muscular de pessoas com diabetes? Além disso, quais são as implicações hemodinâmicas e metabólicas dessa abordagem para esse grupo específico?”.

Foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, Cochrane e ferramentas de busca do Google Acadêmico, por estudos em português e inglês, sem restrição temporal, utilizando os descritores “Diabetes Mellitus”, “Exercise Therapy”, “Muscle strength”, “Resistance Training”, “Blood Flow Restriction”, “Blood Flow Restricted”, “KAATSU”, “Cardiovascular System”, “Biomarkers”, “Hemodynamics”, combinados com os operadores booleanos “AND” e “OR” (Apêndice A). A lista de referências de estudos elegíveis também foi analisada para identificar outras publicações potencialmente relevantes.

2.2 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos ensaios clínicos randomizados com a única diferença entre os grupos de intervenção sendo a realização do TRF. Os mesmos deveriam estar disponíveis na íntegra e abordar a temática do TRF associado ao exercício resistido em indivíduos diabéticos, sem associação com outras técnicas, independente de idade, sexo ou tipo de população estudada, nos idiomas: inglês ou português, sem restrição temporal, além de seguir a estratégia PICO e

descrever os protocolos utilizados. Também deveriam ser elencados os desfechos, com seus respectivos resultados após intervenção.

2.3 Critérios de exclusão

Estudos observacionais, revisões de literatura, experimentais, relatos de caso ou ensaios clínicos em que houvesse associação do TRF com outra técnica além do exercício resistido, ou ainda, que não atendessem a outros dos critérios de inclusão foram excluídos da revisão.

2.4 Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica foi avaliada através da estratégia PICO utilizada em cada estudo e da escala PEDro, aplicada pelos autores, composta por 11 itens, que avalia tanto qualidade metodológica, quanto a descrição estatística utilizada no estudo (SHIWA et al., 2011).

3. RESULTADOS

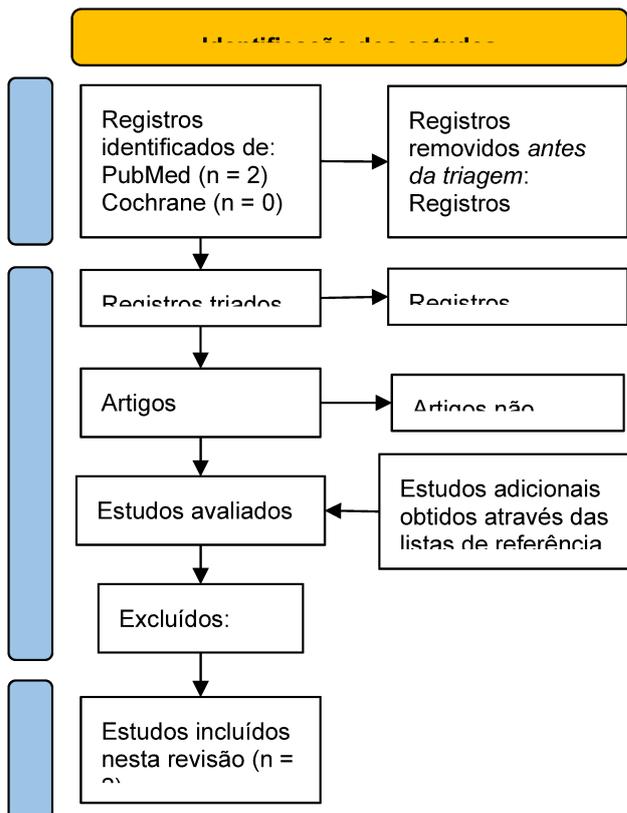
A estratégia de busca identificou 51 estudos nas bases de dados utilizadas. O processo de seleção foi realizado com base na declaração PRISMA 2020, apresentado na figura 2. Quanto à análise metodológica, através da escala PEDro, os estudos foram identificados como de alta qualidade, ambos com uma pontuação 8/10 (quadro 1).

O estudo de Assis (ASSIS et al., 2021) foi realizado em mulheres com DM2 sedentárias, com uma idade média de 57 anos divididas em três grupos de intervenção: ER de alta intensidade, exercício resistido de baixa intensidade e TRF + ER de baixa intensidade. Os desfechos avaliados foram os efeitos do exercício no nível de saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e estresse cardiovascular - avaliado através do duplo produto (DP), obtido pela multiplicação da frequência cardíaca (FC) pela pressão arterial sistólica (PAS) ($DP = FC \times PAS$). Ao longo do estudo, os efeitos do TRF + exercício de baixa intensidade foram comparados aos dos outros dois grupos.

O estudo de Fini (FINI; SALIMIAN; AHMADIZAD, 2022) também foi realizado em mulheres com DM2 com, em média, 48 anos, sem histórico de exercício físico regular. As

participantes foram alocadas em dois grupos: um deles realizou ER de baixa intensidade associado ao TRF e o outro, exercício resistido de alta intensidade. O desfecho avaliado foi o impacto nos índices dos marcadores de ativação e função plaquetária, tais como volume plaquetário médio (VPM), largura de distribuição de plaquetas, volume plasmático - através dos valores de hematócrito (Ht) e hemoglobina (Hb), plaquetócrito e atividades da P-selectina e a glicoproteína (GP) IIb/IIIa (CD61, CD41) e CD42.

Figura 2 - Fluxograma da seleção dos estudos.



Fonte: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Quadro 1 - Avaliação da qualidade metodológica dos artigos presentes nesta revisão.

Escala PEDro	Assis <i>et al</i> , 2021	Fini <i>et al</i> , 2022
Os critérios de elegibilidade foram especificados?	SIM	SIM

Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo cruzado, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido)?	SIM	SIM
A alocação dos sujeitos foi secreta?	SIM	SIM
Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes?	SIM	SIM
Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo?	NÃO	NÃO
Todos os terapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega?	NÃO	NÃO
Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega?	SIM	SIM
Mensurações de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos?	SIM	SIM
Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram mensurações de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a alocação ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por "intenção de tratamento"?	SIM	SIM
Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave	SIM	SIM
O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave?	SIM	SIM
Total	8	8

Fonte: Physiotherapy Evidence Database- PEDro, 2010.

Como resultados, o estudo de Assis aponta que houve um aumento na resposta cardiovascular semelhante entre os três grupos, já o de Fini, revela que, assim como no grupo controle, o TRF + exercício de baixa intensidade afetou os marcadores de ativação plaquetária

e induziu maior trombocitose. Os dados sobre os estudos e o detalhamento dos protocolos utilizados em ambos são apresentados, respectivamente, nos quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2 - Detalhamento dos estudos incluídos nesta revisão.

Autor/Data de publicação	Amostra	Intervenções	Medidas de desfecho	Resultados
Assis et al, 2022	10 mulheres (30 a 65 anos) sedentárias com DM2.	Grupo 1: ER de alta intensidade (65% de 1RM); Grupo 2: ER de baixa intensidade (20% de 1RM) Grupo 3: ER de baixa intensidade + TRF (20% de 1RM; 50% de pressão de oclusão arterial).	Frequência Cardíaca (FC); Duplo produto (DP); Saturação periférica de oxigênio SpO2;	<p>FC: Sem um efeito de interação ($F = 0.051$; $\eta^2 = 0.002$; $p = 0.951$) ou condicional ($F = 2.068$; $\eta^2 = 0.163$; $p = 0.071$) significantes. No entanto, houve um aumento significativo em todos os protocolos testados ($p = 0.009$; $p = 0.006$, $p = 0.018$, para os grupos 1, 2 e 3, respectivamente).</p> <p>DP: Sem um efeito de interação ($F = 0.440$; $\eta^2 = 0.016$; $p = 0.646$); ou condicional ($F = 1.779$; $\eta^2 = 0.062$; $p = 0.178$) significantes. No entanto, foi encontrado um efeito de tempo significativo ($F = 83.521$; $\eta^2 = 0.607$; and $p < 0.001$). A FC aumentou significativamente após todos os protocolos de exercícios ($p < 0.001$).</p> <p>SpO2: Sem um efeito significativo de interação ($F = 1.470$; $\eta^2 = 0.052$; $p = 0.239$) ou condicional ($F = 2.052$; $\eta^2 = 0.071$; and $p = 0.138$) foi encontrado. No entanto, houve um efeito de tempo significativo ($F = 38.795$; $\eta^2 = 0.418$; $p < 0.001$). A SpO2 aumentou significativamente após todos os protocolos de exercício testados ($p = 0.001$; 0.019; 0.001 para os grupos 1,</p>

				2 e 3 respectivamente).
Fini et al, 2022.	15 mulheres com DM2 (47.6±7.2 anos), sem histórico de exercícios regulares.	Grupo 1: ER de alta intensidade (80% de 1RM); Grupo 2: ER de baixa intensidade + TRF (20% de 1RM; 150 mmHg).	Contagem de plaquetas (PLT), plaquetócrito (PCT), volume plaquetário médio (VPM), largura de distribuição de plaquetas (PDW), volume plasmático (Hb e Ht); P-selectina; GPIIb/IIIa (CD61, CD41) e CD42.	<p>PLT: aumentou mais em resposta ao TRF + ER de baixa intensidade do que no ER de alta intensidade (F2,28= 3.8, p = 0.03). Imediatamente após o exercício no grupo do TRF, aumentou 7,5%(p< 0.05) e retornou ao seu nível basal após o repouso, em contrapartida, no grupo sem TRF o aumento (1.2%) não foi significativo.</p> <p>PCT: houve um aumento mais significativo no grupo com TRF (F2,28 = 8.4, p = 0.001) imediatamente após o exercício.</p> <p>VPM e PDW: não foram observadas interações nem efeitos principais significativos do exercício (p>0.05).</p> <p>Volume plasmático: reduziu 4,7% e 2,4% após o exercício resistido com e sem TRF, respectivamente. Após o repouso, as mudanças não foram significativamente diferentes entre os grupos (p>0.05).</p> <p>P-selectina: não houve diferença significativa da resposta da P-selectina ao ER em ambos os grupos (p>0.05). Além de não ter sido detectado efeito significativo do ER na P-selectina.</p> <p>CD61: houve uma redução significativa do CD61 após o ER, mantendo-se nos mesmos níveis após o repouso.</p> <p>CD41 e CD42: a análise estatística não revelou um efeito significativo do exercício, nem interações sessão x tempo significativas</p>

				para CD41 e CD42 ($p>0.05$).
--	--	--	--	--------------------------------

Quadro 3 - Protocolo do estudo de Assis (ASSIS et al., 2021)

Grupos	Protocolo
Exercício resistido de baixa intensidade	Exercício: extensão de joelho bilateral; Volume: 3 séries de 15 repetições; Intensidade: 20% de 1RM predito. Tempo de execução: 1,5s na fase excêntrica e 1,5s na fase concêntrica; Intervalo entre as séries: 30s.
Exercício resistido de alta intensidade	Exercício: extensão de joelho bilateral; Volume: 3 séries de 10 repetições; Intensidade: 65% de 1RM predito; Tempo de execução: 1,5s na fase excêntrica e 1,5s na fase concêntrica; Intervalo entre as séries: 90s.
TRF + exercício resistido de baixa intensidade	Exercício: extensão de joelho bilateral; Volume: 3 séries de 15 repetições; Intensidade: 20% de 1RM predito. Tempo de execução: 1,5s na fase excêntrica e 1,5s na fase concêntrica; Intervalo entre as séries: 30s. Torniquete fixado na região proximal da coxa e inflado até uma pressão de 50% da pressão de oclusão arterial, sendo mantida durante todo o protocolo, inclusive nos períodos de recuperação.

Quadro 4 - Protocolo do estudo de Fini (FINI; SALIMIAN; AHMADIZAD, 2022)

Grupos	Protocolo
Exercício resistido de alta intensidade	<p>Aquecimento geral de 5 minutos e 2 a 3 min de alongamento de MMII, seguido de aquecimento específico: 2 séries de 8 repetições de extensão e flexão do joelho com a máquina sem carga.</p> <p>Exercício resistido:</p> <p>Exercício: extensão e flexão de joelho com o membro dominante;</p> <p>Volume: 3 séries de 6 repetições;</p> <p>Intensidade: 80% de 1RM;</p> <p>Intervalo entre as séries: 2 min.</p>
TRF + exercício resistido de baixa intensidade	<p>Aquecimento geral de 5 minutos e 2 a 3 min de alongamento de MMII, seguido de aquecimento específico: 2 séries de 8 repetições de extensão e flexão do joelho com a máquina sem carga.</p> <p>Exercício resistido:</p> <p>Exercício: extensão e flexão de joelho unilateral;</p> <p>Volume: 3 séries de 15 repetições;</p> <p>Intensidade: 20% de 1RM;</p> <p>Intervalo entre as séries: 30s.</p> <p>Torniquete fixado na região proximal da coxa e inflado até uma pressão de 150 mmHg.</p>

4. DISCUSSÃO

Até onde sabemos, esta é a primeira revisão sistemática de ensaios controlados aleatorizados a comparar os efeitos, a aplicabilidade e a segurança da prática do ER associado ao TRF em pacientes diabéticos. Foi possível identificar a escassez de estudos publicados abordando tal temática, o que aponta para a necessidade de mais pesquisas nesse sentido, dado o potencial dessa modalidade de exercício, tão difundida em outras populações de estudo.

A hipótese de que TRF associado ao ER no Diabetes possa promover de forma mais rápida e efetiva uma melhora em alguns aspectos do metabolismo muscular, como força, trofismo e redução da perda de massa muscular, além de potencializar os efeitos já difundidos do exercício resistido para essa população foi abordada em estudos teóricos e revisões narrativas (JONES; AGUIAR; WINCHESTER, 2021; SATOH, 2011). Os estudos que possuíam o TRF como uma das variáveis de estudo para a população DM tiveram uma maior observância para os fatores de segurança da prática do TRF por essa população. Sendo assim, os efeitos observados nesta revisão versam para além das potencialidades do uso do TRF associado ao ER, mas de sua aplicabilidade na prática clínica.

4.1 Treinamento com restrição do fluxo sanguíneo e Diabetes Mellitus

Em 2021, Assis publicou um ensaio clínico randomizado que avaliou os efeitos do TRF associado ao ER na SpO₂ e no estresse cardiovascular em mulheres diabéticas destreinadas. As participantes foram ao local da pesquisa em quatro ocasiões, espaçadas por um período de 72 a 96 horas. No primeiro encontro, elas recebiam as informações acerca dos procedimentos realizados e realizavam a avaliação de peso, altura, pressão arterial, pressão de oclusão da artéria tibial em repouso e os valores preditos de 1RM. Nos encontros subsequentes elas foram divididas em três grupos: TRF + ER de baixa intensidade, ER de baixa intensidade e ER de alta intensidade. SpO₂, PAS e FC foram avaliadas imediatamente antes e depois dos exercícios. Além disso, as participantes eram instruídas a não consumir substâncias que contivessem cafeína nos dias de avaliação e que não realizassem atividades físicas rigorosas 24h antes das sessões experimentais.

Foi possível identificar que os efeitos do TRF nessa população geraram uma resposta cardiovascular similar aos exercícios tradicionais, após a prática. Por outro lado, no que diz respeito à resposta cardiovascular durante o exercício, propunha-se que o TRF associado ao exercício de fortalecimento poderia exacerbar respostas cardiovasculares, garantindo estímulo muscular e metabólico intenso. Este estudo, no entanto, não realizou mensurações durante o exercício.

Ademais, outras limitações do estudo foram o uso de um protocolo submáximo, enquanto outros estudos conduziam os exercícios até a falha. Também o fato de apenas um movimento específico ter sido avaliado, com uma pressão de oclusão moderada, o que não pode ser extrapolado para outros grupos musculares ou níveis de oclusão. E, por fim, o grupo estudado não possuía hipertensão arterial sistêmica (HAS), o autor sugere que possivelmente os efeitos deste protocolo em pacientes com DM2 associado à HAS sejam diferentes.

Já em 2022, Fini e seus colaboradores, publicaram um estudo que avaliou as respostas dos índices e marcadores de ativação plaquetária ao exercício resistido com e sem restrição do fluxo sanguíneo em mulheres com DM2 que não realizavam exercícios físicos regulares. Primeiramente, elas foram submetidas a duas sessões preliminares de familiarização com os exercícios e para determinar a carga máxima através do método de Brzycki ($1RM = \text{peso (kg)} / [1.0278 - 0.0278 \times \text{repetições}]$).

Após a familiarização, as participantes realizaram o protocolo duas vezes em uma semana, randomizadas em dois grupos - um com TRF + ER de baixa intensidade e outro com ER de alta intensidade. Em cada sessão, três amostras de sangue foram coletadas: uma após um período de 20 minutos de repouso, antes do protocolo, outra imediatamente após o protocolo de exercícios e uma terceira após 30 minutos de repouso após o exercício. Após cada série, eram mensuradas FC e PA.

O estudo mostrou diferenças significativas nos valores da contagem de plaquetas e plaquetócrito (porcentagem de plaquetas presentes no sangue), em relação ao TRF + ER e ER sem TRF. No grupo com TRF essas variáveis estavam aumentadas logo após o exercício. Confirmando que há um aumento plaquetário em diferentes protocolos de exercícios e que esse processo é intensificado em condições de hipóxia. Durante a oclusão vascular, os músculos são afetados por uma depleção de O₂ e assumem um metabolismo anaeróbico. Essa hipóxia induzida gera mudanças no pH, levando à liberação de íons H⁺ durante a atividade e em conjunto com as tensões de cisalhamento e a liberação de catecolaminas, levam a um aumento plaquetário, que pode levar a uma maior predisposição ao surgimento de trombos. No entanto, as mudanças também podem estar associadas à quantidade de lactato produzido nesse processo.

Em contrapartida, não foram encontradas diferenças significativas de resposta da P-selectina entre os grupos. Ela é um dos sinalizadores de ativação plaquetária envolvidos no processo de trombose, sua presença indica um número elevado de plaquetas no sangue. Estudos que avaliaram esse marcador em outras populações em resposta ao exercício, sugerem que a hipóxia elevada induz um acúmulo de adenosina devido à depleção de ATP e ao aumento de AMP intracelular por meio de vias metabólicas musculares.

O AMP é um agente antitrombótico e ativador antiplaquetário, que inibe a expressão da P-selectina como ativadora plaquetária. Por outro lado, as condições de hipóxia levam à produção de NO endotelial, que também interfere na via de sinalização plaquetária, como fator antiplaquetário. Sendo assim, ao passo que há uma tendência à trombocitose, existem outros mecanismos que funcionam como antitrombóticos sendo ativados. O que pode explicar o fato dos efeitos dos marcadores e sinalizadores não perdurarem após o período de repouso do paciente.

As limitações apresentadas no estudo foram que apenas os efeitos agudos foram avaliados, sendo necessária uma análise quanto ao efeito a longo prazo do TRF + ER em pacientes diabéticos. Do mesmo modo do estudo anterior, os resultados deste estudo não podem ser extrapolados para outros exercícios ou níveis de oclusão além dos utilizados, sendo interessante novas pesquisas que avaliem as respostas a diferentes combinações de volume e intensidade dos exercícios. Por fim, os autores afirmam que a trombocitose induzida pelo TRF + ER é maior quando comparada ao ER tradicional e não sugerem a prática em pacientes com DM além de não aconselharem a prescrição do ER sem novos estudos que esclareçam melhor esse processo.

Mediante o exposto, o TRF + ER de baixa intensidade tem seus efeitos semelhantes ao ER de alta intensidade. Quanto às repercussões no sistema cardiovascular, os efeitos foram semelhantes, bem como ao considerar os efeitos tromboticos que poderiam ser desencadeados ao realizar o TRF associado ao ER.

Diante das considerações dos estudos elencados nesta revisão, fica claro que a segurança do TRF em pacientes com DM é o aspecto que mais implica no uso dessa modalidade de treinamento com essa população. Os dois estudos trouxeram aspectos diferentes do impacto do exercício no sistema cardiovascular. O de Assis aborda a questão hemodinâmica, principalmente em relação ao aumento da PA, enquanto o de Fini estuda a função plaquetária e o risco de surgimento de trombos.

Satoh, em 2011, elaborou um estudo sobre a aplicação do KAATSU em pacientes com síndrome metabólica. Resultando em redução da glicemia, pressão arterial e peso corporal. Entretanto, apenas a partir de 2021 foram realizados estudos bibliográficos que abordassem as possíveis aplicações do TRF exclusivamente em pacientes diabéticos.

Jones e seus colaboradores, em 2021, propuseram os mecanismos do TRF em relação às patologias relacionadas ao DM1 em uma revisão de literatura. Nela, eles relataram que o TRF associado ao ER pode melhorar o controle glicêmico, massa e força muscular, capacidade

aeróbica e reduzir a inflamação sistêmica e com isso reduzir os riscos de doenças cardiovasculares e outras complicações relacionadas ao diabetes e o risco de mortalidade.

No que diz respeito ao DM2, Saatman e seus colaboradores (2021), elaboraram uma revisão que versava sobre exercício com restrição do fluxo sanguíneo e suas possíveis aplicações. Bem como no estudo de Jones, o TRF esteve associado à melhora da captação de glicose e aumento da massa muscular, além de melhorar metabolismo do músculo esquelético através da melhora da função endotelial, atividade mitocondrial, síntese proteica e captação de glicose.

Vale salientar que os pacientes diabéticos possuem um risco cardiovascular elevado, associado não somente com fatores de risco modificáveis (colesterol LDL elevado, tabagismo e HAS), mas também aos não modificáveis (idade avançada, tipo de diabetes e sexo) e a doenças microvasculares, como retinopatia e nefropatia (ROSENGREN et al., 2023; KAZE et al., 2021). Liang e colaboradores afirmam que o exercício resistido mostra-se um importante agente no controle glicêmico e na sensibilização à insulina e reduz o risco de DCV (LIANG et al., 2021). No entanto, é preciso cautela ao realizar determinadas modalidades de exercício com essa população.

4.2 Segurança

Diante de uma condição de saúde com elevado risco cardiovascular e sem tantos estudos que avaliem os efeitos do TRF no organismo desses pacientes, é importante assegurar-se que o paciente submetido ao exercício siga alguns critérios de segurança (NASCIMENTO et al., 2022). O DM predispõe o organismo a um estado pró-trombótico devido à disfunção endotelial e plaquetária presente nesse perfil (KAUR et al., 2018), sendo importante avaliar também o risco de TVP nesses pacientes. Além disso, fatores como a resistência à insulina, carga genética e estilo de vida, influenciam diretamente na quantificação deste risco cardiovascular (YUN et al., 2021).

Portanto, para realizar o ER + TRF em pacientes com DM, é crucial que se estabeleça um protocolo de segurança que avalie os fatores possivelmente associados a um risco cardiovascular elevado. Ao propor o TRF a um paciente com uma condição clínica específica, deve-se levar alguns critérios em consideração, como a presença de estudos clínicos que avaliem os desfechos propostos no seu tratamento em uma população que se assemelha ao seu caso e estudar minuciosamente quais os fatores podem apresentar uma contra indicação da prática.

O modelo de estratificação de risco proposto neste estudo foi adaptado de Nascimento (2002) e apresenta os principais fatores de risco que devem ser avaliados previamente ao protocolo do TRF com esses pacientes (Quadro 5). Caso o paciente apresente pelo menos um desses fatores, ele é considerado de alto risco, sendo necessária a autorização médica para a prática do ER com TRF. Além disso, devido ao estado pró-trombótico presente nesses pacientes, aplicar uma estratificação de risco para TVP também se faz necessária. Em seu estudo, Nascimento apresenta um escore para avaliar tal condição (Quadro 6). O modelo de avaliação de risco utilizado tem como base o escore IMPROVE (SPYROPOULOS et al., 2011). Nele, os pacientes são classificados em baixo risco (0-1 ponto), risco moderado (2-3 pontos) e alto risco (4 ou + pontos).

Quadro 5 - Fatores de risco relevantes em pacientes com DM antes de iniciar o TRF.

- Idade e sexo;^a
- **Tempo de diagnóstico do DM2 \geq 10 anos, sem lesões de órgãos-alvo ou DM1 de longa duração (\geq 20 anos);**
- Histórico familiar de doença cardiovascular prematura;
- Presença de síndrome metabólica;
- Hipertensão Arterial Sistêmica não tratada;
- Tabagismo;
- DM2 com lesão de órgãos-alvo;
- Neuropatia cardiovascular autonômica;
- Retinopatia diabética;
- Glicemia $>$ 250mg/dL;
- Escore de cálcio coronariano $>$ 10;
- Placa carotídea (grossura íntima-média $>$ 1.5mm);
- Angiotomografia de coronárias com a presença de placa;
- ITB $<$ 0.9;
- Presença de aneurisma de aorta abdominal;
- Síndrome coronária aguda;
- Insuficiência vascular periférica;
- Amputação não traumática de MMII;
- Doença aterosclerótica severa com obstrução $>$ 50% em qualquer artéria;
- Doença aguda sistêmica;
- Angina ou isquemia com infradesnivelamento do segmento ST com uma carga de trabalho $<$ 6 METs;
- Cardiomiopatia com fração de ejeção $<$ 30%;
- Arritmias ventriculares complexas mal controladas;
- Doença cardíaca congênita;
- Revascularização coronária;
- Capacidade de exercício $<$ 6 METs;
- Queda da pressão arterial sistólica abaixo dos níveis de repouso durante o exercício;
- Hipercolesterolemia familiar com doença cardiovascular aterosclerótica ou com outro fator de risco importante;

- Colesterol total >310 mg/dL, LDL-C >190 mg/dL ou pressão arterial \geq 180/110 mmHg;
- Doença coronariana multiarterial com duas grandes artérias epicárdicas com 50% de estenose;
- Infarto do miocárdio e angina instável;
- Taquicardia ventricular não sustentada com exercício;
- Doença arterial periférica;
- Episódio anterior de parada cardíaca primária (por exemplo, parada cardíaca que não ocorreu na presença de infarto agudo do miocárdio ou durante parada cardíaca procedimento);
- Autorrelato de hematomas fáceis;
- Angina estável;
- AVC;
- Ataque isquêmico transitório;
- Valvopatia com estenose ou regurgitação valvular grave e assintomática;
- PAS \geq 160 mmHg e/ou PAD \geq 100 mmHg antes do exercício;
- Outra condição médica que pode ser agravada pelo exercício;
- Um problema médico que o médico e o usuário do TRF acreditam que pode ser fatal.

^aHomens \geq 55 anos ou mulheres \geq 65 anos; História de DCV prematura em familiares de 1º grau: homens < 55 anos ou mulheres < 65 anos; Tabagismo; Dislipidemia: colesterol total > 190 mg/dL e/ou colesterol LDL > 115 mg/dL e/ou colesterol HDL < 40 mg/dL em homens ou < 46 mg/dL em mulheres e/ou Triglicerídeos > 150 mg/dL; Resistência à insulina: glicemia plasmática em jejum entre 100 e 125 mg/dL, teste oral de tolerância à glicose entre 140 e 199 mg/dL em 2 h, hemoglobina glicada entre 5,7 e 6,4%; Obesidade: IMC \geq 30 kg/m², circunferência da cintura \geq 102 cm para homens ou \geq 88 cm para mulheres. ^bHipertrofia ventricular esquerda; Espessura íntima-média da artéria carótida > 0,9 mm ou placa carotídea; Velocidade da onda de pulso carotídeo-femoral > 10 m/s; Índice tornozelo-braquial (ITB) < 0,9; Doença renal crônica estágio 3; Albuminúria entre 30 e 300 mg/24 h ou relação albumina-creatinina urinária 30–300 mg/g. PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; DCV, doença cardiovascular; LDL, lipoproteína de baixa densidade; HDL, lipoproteína de alta densidade; IMC, índice de massa corporal (adaptado de NASCIMENTO et al., 2022).

Quadro 6 - Escore IMPROVE adaptado:

Avaliação de risco para TVP	Escore
TEV prévio	3
Diagnóstico de trombofilia ^a	2
Paralisia ou paresia nos MMII presentes	2
Presença de câncer	2
Permanência em UTI ou unidade cardiológica	1

Imobilização completa por 7 ou + dias	1
Idade superior ou igual a 60 anos	1

UTI, unidade de terapia intensiva; TEV, tromboembolismo venoso. ^aUma condição congênita ou adquirida que leva ao risco excessivo de trombose (por exemplo, fator V Leiden, anticoagulante lúpico, deficiência de fator C ou fator S). ^bPerna cai na cama por 5s, mas faz algum esforço contra a gravidade ou presença de hemiparesia, hemiplegia, paraplegia e quadriplegia. ^cCâncer (exceto câncer de pele não melanoma) presente em qualquer momento nos últimos 5 anos (o câncer deve estar em remissão para atender aos critérios de elegibilidade). ^dConfinado para a cama ou cadeira (adaptado de NASCIMENTO et al., 2022).

5.CONCLUSÃO

O Diabetes Mellitus é um problema de saúde pública, cujas repercussões epidemiológicas e clínicas são diversas. Pacientes diabéticos possuem um grande impacto no seu metabolismo muscular, apresentando perda de força e trofismo muscular acentuados. Some-se a isso o fato dos pacientes com tal condição muitas vezes não conseguirem progredir de maneira tão efetiva na prática de exercícios, principalmente no fortalecimento muscular.

O TRF surge como uma alternativa que possibilita ganhos musculares de maneira mais rápida, podendo ser usado em pacientes em um contexto de maior fragilidade muscular. No entanto, fica clara com esta revisão, a escassez de estudos na literatura que abordem a aplicabilidade dessa técnica nessa população específica, avaliando ganhos de força e massa muscular.

Ainda assim, o TRF tem o potencial de promover melhoras no metabolismo muscular desses pacientes, promovendo efeitos similares ao ER de alta intensidade, que muitas vezes não é tolerado pelo paciente diabético durante o processo de reabilitação. Além de apresentar efeitos redução da glicemia e aumento da sensibilidade à insulina, sendo um possível aliado na promoção de uma melhor capacidade física e qualidade de vida a esses pacientes.

Um ponto importante sobre o uso do TRF em pacientes diabéticos é o risco cardiovascular inerente à essa condição. Sendo a segurança da prática um componente primordial para sua realização. Os dois estudos analisados nessa revisão observam efeitos fisiológicos no sistema cardiovascular e endotelial, sendo essencial considerar alguns aspectos clínicos no momento de prescrever tal modalidade de exercício, no entanto, não abordaram os efeitos da prática no sistema musculoesquelético. Por fim, ressalta-se a importância de mais estudos clínicos que avaliem não somente os impactos no sistema cardiovascular, como também os efeitos a nível muscular e metabólico.

REFERÊNCIAS

ALBERS, P. H. et al. Human Muscle Fiber Type–Specific Insulin Signaling: Impact of Obesity and Type 2 Diabetes. **Diabetes**, v. 64, n. 2, p. 485–497, 1 fev. 2015.

AL-OZAIRI, E. et al. Skeletal Muscle and Metabolic Health: How Do We Increase Muscle Mass and Function in People with Type 2 Diabetes? **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 106, n. 2, p. 309–317, 23 Jan. 2021.

AMANAT, S. et al. Exercise and Type 2 Diabetes. Em: [s.l: s.n.]. p. 91–105.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. **Diabetes Care**, v. 37, n. Supplement_1, p. S81–S90, 1 jan. 2014.

ASSIS, M. et al. Effect of Resistance Exercise with Blood Flow Restriction on Peripheral Oxygen Saturation and Cardiovascular Stress in Untrained Diabetic Women: A Cross and Randomized Study. **Journal of Endocrinology and Diabetes Mellitus**, v. 9, n. 1, p. 1–6, 2021.

BALDUCCI, S. et al. Correlates of muscle strength in diabetes. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 24, n. 1, p. 18–26, Jan. 2014.

CAHALIN, L. P. et al. Beneficial Role of Blood Flow Restriction Exercise in Heart Disease and Heart Failure Using the Muscle Hypothesis of Chronic Heart Failure and a Growing Literature. **Frontiers in Physiology**, v. 13, n. July, p. 1–13, 2022.

CENTNER, C. et al. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 95–108, 10 Jan. 2019.

COLBERG, S. R. et al. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v. 39, n. 11, p. 2065–2079, 1 nov. 2016.

DE ARAÚJO, J. P. et al. Efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo na força muscular e capacidade funcional de populações clínicas: uma revisão sistemática. / Effect

of resistance training with blood flow restriction on muscle strength and functional capacity. **Motricidade**, v. 18, n. 2, p. 1–15, 2022.

FINI, E. M.; SALIMIAN, M.; AHMADIZAD, S. Responses of platelet CD markers and indices to resistance exercise with and without blood flow restriction in patients with type 2 diabetes. **Clinical Hemorheology and Microcirculation**, v. 80, n. 3, p. 281–289, 2022.

HUGHES, L. et al. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 13, p. 1003–1011, 2017.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**. 10. ed. Brussels, Belgium: [s.n.].

JONES, M. T.; AGUIAR, E. J.; WINCHESTER, L. J. Proposed Mechanisms of Blood Flow Restriction Exercise for the Improvement of Type 1 Diabetes Pathologies. **Diabetology**, v. 2, n. 4, p. 176–189, 2021.

KAZE, Arnaud D.; SANTHANAM, Prasanna; ERQOU, Sebhat; et al. Microvascular disease and cardiovascular outcomes among individuals with type 2 diabetes. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 176, p. 108859, 2021.

LIANG, Minyu; PAN, Yichao; ZHONG, Tong; et al. Effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic syndrome parameters and cardiovascular risk factors: a systematic review and network meta-analysis. **Reviews in Cardiovascular Medicine**, v. 22, n. 4, p. 1523, 2021.

LIU, Y. et al. Resistance Exercise Intensity is Correlated with Attenuation of HbA1c and Insulin in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 1, p. 140, 7 Jan. 2019.

MARQUES, A. R.; BRITO, I. Espectro clínico das manifestações musculoesqueléticas da diabetes mellitus. **Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo**, v. 11, n. 2, p. 307–313, jul. 2016.

MILLER, B. C. et al. The Systemic Effects of Blood Flow Restriction Training: A Systematic Review. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 16, n. 4, 2 ago. 2021.

MUZY, J. et al. Prevalência de diabetes mellitus e suas complicações e caracterização das lacunas na atenção à saúde a partir da triangulação de pesquisas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 5, 2021.

NASCIMENTO, D. DA C. et al. A Useful Blood Flow Restriction Training Risk Stratification for Exercise and Rehabilitation. **Frontiers in physiology**, v. 13, p. 808622, 11 mar. 2022.

NOMURA, T. et al. Assessment of lower extremity muscle mass, muscle strength, and exercise therapy in elderly patients with diabetes mellitus. **Environmental Health and Preventive Medicine**, v. 23, n. 1, p. 20, 17 dez. 2018.

PATTERSON, S. D. et al. Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. MAY, p. 1–15, 2019.

PIGNANELLI, C.; CHRISTIANSEN, D.; BURR, J. F. Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. **Journal of Applied Physiology**, v. 130, n. 4, p. 1163–1170, 1 abr. 2021.

PURNAMASARI, D. et al. Sarcopenia and Chronic Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. **Review of Diabetic Studies**, v. 18, n. 3, p. 157–165, 28 set. 2022.

RODACKI, M. et al. Classificação do diabetes. Em: **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes**. [s.l.] Conectando Pessoas, 2022.

ROSENGREN, Annika; DIKAIYOU, Pigi. Cardiovascular outcomes in type 1 and type 2 diabetes. **Diabetologia**, v. 66, n. 3, p. 425–437, 2023.

SAATMANN, N. et al. Effects of Blood Flow Restriction Exercise and Possible Applications in Type 2 Diabetes. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, v. 32, n. 2, p. 106–117, 2021.

SAMPATH KUMAR, A. et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 62, n. 2, p. 98–103, mar. 2019.

SATOH, I. Kaatsu Training: Application to Metabolic Syndrome. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 7, n. 1, p. 7–12, 2011.

SHIWA, S. R. et al. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 3, p. 523–533, set. 2011.

SPYROPOULOS, Alex C.; ANDERSON, Frederick A.; FITZGERALD, Gordon; et al. Predictive and Associative Models to Identify Hospitalized Medical Patients at Risk for VTE. **Chest**, v. 140, n. 3, p. 706–714, 2011.

WIDYAHENING, I. S. et al. Editorial: Achieving Effective Management and Treatment of Diabetes Mellitus in Future Primary Care. **Frontiers in Endocrinology**, v. 13, 17 mar. 2022.

YUN, Jae-Seung; KO, Seung-Hyun. Current trends in epidemiology of cardiovascular disease and cardiovascular risk management in type 2 diabetes. **Metabolism**, v. 123, p. 154838, 2021.

ZHANG, X. Z. X.-Z. et al. Blood Flow Restriction Training for the Intervention of Sarcopenia: Current Stage and Future Perspective. **Frontiers in Medicine**, v. 9, 13 jun. 2022.

APÊNDICE A - ESTRATÉGIA PICO

A estratégia PICO foi utilizada para desenvolver a busca baseada na seguinte questão: “Qual é o impacto do treinamento resistido com restrição do fluxo sanguíneo na performance muscular de pessoas com diabetes? Além disso, quais são as implicações hemodinâmicas e metabólicas dessa abordagem para esse grupo específico?”.

P: Indivíduos com diabetes	I: Treinamento com restrição do fluxo sanguíneo	C: -	O: Força e massa muscular; capacidade aeróbica
Diabetes Mellitus (MeSH)	Exercise Therapy (MeSH)		Muscle strength (MeSH)
	Resistance Training (MeSH)		Cardiovascular System (MeSH)
	Blood Flow Restriction (KW)		Hemodynamics (MeSH)
	Blood Flow Restricted (KW)		Biomarkers (MeSH)
	KAATSU (KW)		

PubMed:

((diabetes mellitus[MeSH Terms]) AND (((((exercise therapy[MeSH Terms]) OR (resistance training[MeSH Terms])) AND ("blood flow restriction")) OR ("blood flow restricted")) OR ("KAATSU")) AND (((muscle strength[MeSH Terms]) OR (cardiovascular system[MeSH Terms])) OR (hemodynamics[MeSH Terms])) OR (biomarkers[MeSH Terms]))

Cochrane:

- #1 MeSH descriptor: [Diabetes Mellitus]
- #2 MeSH descriptor: [Resistance Training]
- #3 ("Blood flow restriction"):ti,ab,kw
- #4 (Blood flow restricted):ti,ab,kw
- #5 (KAATSU):ti,ab,kw
- #6 MeSH descriptor: [Muscle Strength]
- #7 MeSH descriptor: [Cardiovascular System]
- #8 MeSH descriptor: [Hemodynamics]
- #9 MeSH descriptor: [Biomarkers]
- #10 #3 OR #4 OR #5
- #11 #2 AND #10
- #12 #6 OR #7 OR #8 OR #9
- #13 #1 AND #11 AND #12

Google Scholar:

"blood flow restriction training" AND "Diabetes Mellitus" AND "muscle strength" AND "cardiovascular system"