



Revista da Universidade Vale do Rio Verde
ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362
v. 22 | n. 2 | Ano 2023

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS FISIOLÓGICOS DOS EXERCÍCIOS AERÓBIO E RESISTIDO NA DOENÇA MIOCÁRDICA DIABÉTICA: REVISÃO COM RECORTE TEMPORAL DE 2002- 2022

RESUMO

Esse estudo objetivou identificar os estudos dos últimos 20 anos, que têm focado em descrever os principais benefícios fisiológicos do exercício aeróbio e resistido em pessoas com doença miocárdica diabética. Trata-se de uma revisão integrativa com abordagem qualitativa e natureza descritiva, na qual buscou-se artigos nas bases de dados PubMed e SciELO, entre 2002 a 2022. Na estratégia de buscas foram empregados os descritores encontrados no *Medical Subject Headings* e no Descritores em Ciências da Saúde da BIREME. Os operadores booleanos AND e OR também foram aplicados. Ao aplicar as estratégias de buscas, foram identificados nas bases de dados 603 artigos referentes ao tema. No entanto, apenas 11 artigos foram elegíveis e incluídos, pois a maioria dos artigos incluía outros tipos de cardiomiopatias ou outros desfechos. Além de aumentar a sensibilidade à insulina no tecido adiposo, muscular e cardíaco, os estudos incluídos nesta revisão mostraram que o exercício pôde ajudar a tratar a doença miocárdica em pessoas e ratos com diabetes, aumentando a absorção de glicose por meio da contração muscular e reduzindo a progressão da fibrose no miocárdio. O exercício também ajudou a regular o metabolismo mitocondrial no coração e a reduzir os danos do estresse oxidativo. Conclui-se que o exercício físico provoca efeitos fisiológicos benéficos em pessoas com doença miocárdica diabética, e os principais são a melhora a sensibilidade à insulina nos tecidos, aumento da captação de glicose sanguínea, redução dos danos teciduais provocados pelo estresse oxidativo, auxílio na regulação mitocondrial e retardamento da fibrose no músculo cardíaco.

Palavras-chave: Cardiomiopatia. Diabetes. Exercício físico. Lesão.

MAIN PHYSIOLOGICAL BENEFITS OF AEROBIC AND RESISTANCE EXERCISES IN DIABETIC MYOCARDIAL DISEASE: REVIEW WITH TIME SNIP 2002-2022

ABSTRACT

This study aimed to identify studies from the last 20 years that have focused on describing the main physiological benefits of aerobic and resistance exercise in people with diabetic myocardial disease. This is an integrative review with a qualitative approach and descriptive nature, in which articles were searched in the PubMed

and SciELO databases, between 2002 and 2022. In the search strategy, the descriptors found in the Medical Subject Headings and in the Descriptors in BIREME Health Sciences. The Boolean operators AND and OR were also applied. When applying the search strategies, 603 articles related to the topic were identified in the databases. However, only 11 articles were eligible and included, as most articles included other types of cardiomyopathies or other outcomes. In addition to increasing insulin sensitivity in adipose, muscle, and cardiac tissue, the studies included in this review showed that exercise could help treat myocardial disease in people and rats with diabetes by increasing glucose uptake through muscle contraction and reducing the progression of fibrosis in the myocardium. Exercise also helped to regulate mitochondrial metabolism in the heart and reduce damage from oxidative stress. It is concluded that physical exercise causes beneficial physiological effects in people with diabetic myocardial disease, and the main ones are the improvement of insulin sensitivity in tissues, increased blood glucose uptake, reduction of tissue damage caused by oxidative stress, aid in regulation mitochondrial function and retardation of fibrosis in cardiac muscle.

Keywords: Cardiomyopathy. Diabetes. Physical exercise. Lesion.

1. INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus (DM) é uma síndrome metabólica caracterizada por hiperglicemia persistente, ocasionado por problemas na produção e/ou secreção da insulina no pâncreas (ISLAM et al., 2022). Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD), a prevalência do DM é estimada em até 463 milhões de pessoas em todo o mundo. No Brasil, mais de 16 milhões de pessoas vivem com essa doença metabólica atualmente (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019).

Esses dados da Sociedade Brasileira de Diabetes, que se relacionam com o aumento exponencial da incidência e prevalência do DM nas últimas décadas, sugerem que o estilo de vida da população deve ser modificado com o objetivo de minimizar os fatores de risco para o desenvolvimento de problemas clínicos no DM (SALES-PERES et al., 2016). Fatores como obesidade, falta de exercícios e irregularidade na

alimentação podem alterar de forma negativa a glicemia sanguínea e desencadear complicações cardiovasculares como hipertensão arterial sistêmica (HAS), doença vascular periférica e doença miocárdica em indivíduos com diabetes (BAENA et al., 2016).

A doença miocárdica diabética (DMD), também conhecida como cardiomiopatia diabética, é uma doença crônica e irreversível caracterizada por desordens estruturais e funcionais do miocárdio (SALDARRIADA-GIRALDO; NAVAS; MORALES, 2020). Além da hiperglicemia, fatores como resistência à insulina no tecido cardíaco, excesso de lipídios e insulina no organismo, são as causas principais desse tipo específico de cardiomiopatia (OKOSHI et al., 2007). Em casos de diagnóstico confirmada e da não ocorrência do tratamento adequado, com o passar dos anos, a doença miocárdica diabética pode levar o indivíduo a uma insuficiência cardíaca e posteriormente a óbito (VERA; ESTANY; RUIZ, 2018).

Sob esse ponto de vista, estratégias terapêuticas como uso de medicamentos, alimentação saudável e prática regular de exercícios têm sido utilizadas em pessoas com doença miocárdica diabética (JIA et al., 2018). O tratamento medicamentoso da DMD pode ser realizado com o uso de inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECA) e não é diferente de outras cardiomiopatias (BATISTA, 2015). Quanto à nutrição, deve ser adequada para perda de peso, controle de glicemia e níveis lipídicos (EVERT et al., 2014). Em relação ao exercício físico (EF), já está bem estabelecido na literatura científica que tanto o exercício aeróbio, quanto o exercício resistido tem efeito protetor contra eventos adversos e complicações decorrentes do DM como a DMD (BOWMAN, SMITH; GOULD, 2021). Os benefícios dessas modalidades de exercício na DMD incluem redução da resistência à insulina, melhora dos níveis lipídicos e de glicose, da função endotelial, melhora da sensibilidade à insulina e aumento da aptidão cardiorrespiratória (COLBERG, 2016).

No entanto, sabe-se também que poucos estudos têm analisado os benefícios dos exercícios aeróbio e resistido em humanos com diabetes e doença miocárdica, pois a maioria das pesquisas tem utilizado modelos transgênicos, tendo como amostra alguns ratos diabéticos (SEO et al., 2019). Além disso, poucos estudos têm buscado comparar se os efeitos dos exercícios aeróbios e resistidos diferem em pessoas com DMD e aquelas com diabetes, porém sem comprometimento cardíaco. Portanto, é necessário realizar novos estudos sobre essa temática, visando identificar de fato os efeitos benéficos proporcionados por esses exercícios em pessoas com doença miocárdica diabética, o que pode auxiliar os profissionais de saúde a tomarem

decisões clínicas baseadas em evidências e reduzir os riscos de mortalidade nessa população (XU; FANG, 2021).

A hipótese desse estudo é que os exercícios aeróbio e resistido provocam efeitos fisiológicos benéficos que alteram a glicemia e a sensibilidade à insulina nos tecidos adiposo, muscular e cardíaco. Conseqüentemente, essa alteração leva a uma diminuição da carga de trabalho no miocárdio e dos riscos de insuficiência cardíaca em pessoas diabéticas e doença miocárdica. Dessa forma, o presente estudo objetivou identificar os estudos dos últimos 20 anos, que têm focado em descrever os principais benefícios fisiológicos dos exercícios aeróbio e resistido em pessoas com doença miocárdica diabética (DMD).

2. MÉTODOS

2.1 Características do estudo

Trata-se de uma revisão integrativa com abordagem qualitativa e de natureza descritiva. Esse tipo de estudo é amplo e utiliza uma abordagem metodológica baseada em síntese de conhecimento, no qual permite revisar estudos experimentais, quase experimentais, empíricos, teóricos, para compreender um fenômeno ou gerar resultados que auxiliem na prática clínica (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Esse tipo de revisão da literatura científica compreende seis etapas: 1- definição da pergunta norteadora; 2- Processo de busca e seleção dos artigos; 3- Extração dos dados; 4- avaliação crítica dos estudos/análise dos dados; 5- síntese dos resultados; 6- apresentação da revisão (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2019).

A abordagem qualitativa diz respeito à qualidade de escolha dos artigos, sem a necessidade de apresentar dados estatísticos, apenas apresentando-os de forma descritiva (MINAYO; DINIZ; GOMES, 2016).

2.1.1 Elaboração da questão norteadora

Para guiar o presente trabalho, foi utilizada a estratégia PICO, no qual P se refere a população (indivíduos e ratos diabéticos com cardiomiopatia); I se refere a intervenção (exercícios aeróbio e resistido); C se refere a comparação (grupos controle ou com diabetes e sem DMD); O se refere a “outcome” ou desfecho (benefícios fisiológicos) (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2019). Com isso, formulou-se a seguinte questão norteadora: “os exercícios aeróbio e resistido provocam efeitos

fisiológicos benéficos em pessoas com a doença miocárdica diabética?”

2.1.2 Estratégias de buscas

Inicialmente, buscou-se artigos nas bases de dados PubMed (National Library of Medicine) e SciELO (Scientific Electronic Library Online) entre 2002 e 2022, com recorte temporal avaliado em 20 anos. Aplicou-se os descritores “cardiomiopatia”, “diabetes”, “exercício físico”, “lesão”, encontrados no MESH (*Medical Subject Headings*) e no DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) tanto em português, quanto em inglês e na língua espanhola. Os operadores booleanos “AND” e “OR”, além do filtro “últimos 20 anos” também foram utilizados, visando buscas mais específicas. No **quadro 1**, consta toda a relação da estratégia de buscas utilizada.

Quadro 1 - Estratégias de buscas nos bancos de dados, com recorte temporal de 2002-2022.

Bases de dados	Estratégias de busca	Filtros aplicados
PubMed	"Physical exercise" OR "Physical activity" AND "Cardiomyopathy" AND "Diabetes"; "Diabetes" AND "Cardiomyopathy" AND "Physical exercise"; "Lesion" AND "Diabetes" AND "Exercise".	Intervalo do ano de publicação: 2002-2022 Idioma: português, inglês e espanhol Tipo de estudo: estudos primários e secundários Filtro: últimos 20 anos.
SciELO	"Physical exercise" OR "Physical activity" OR "Physiology" AND "Cardiomyopathy" AND "Diabetes"; "Diabetes" AND "Cardiomyopathy" AND "Physical exercise"; "Lesion" AND "Diabetes" AND "Exercise" OR "Physiology".	Intervalo do ano de publicação: 2002-2022 Idioma: inglês Tipo de estudo: estudos primários e secundários Filtro: últimos 20 anos.

Fonte: Os autores (2022).

2.1.3 Critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão para este estudo foram os seguintes: estudos primários e secundários avaliando os principais benefícios fisiológicos do exercício físico (fosse aeróbio e/ou

resistido) em pacientes com DMD de ambos os sexos, com 18 anos ou mais. Além disso, foram incluídos estudos os quais avaliaram os desfechos: maior sensibilidade à insulina nos tecidos, captação de glicose sanguínea, redução dos danos teciduais provocados pelo estresse oxidativo, regulação

mitocondrial, retardamento na progressão da fibrose no músculo cardíaco, redução da pressão arterial e da resistência à insulina em pacientes com DMD.

Incluiu-se também estudos que avaliaram modelos transgênicos, visando fazer uma discussão dos efeitos do exercício aeróbio e resistido entre modelos animais e seres humanos.

Por outro lado, os critérios de exclusão foram estudos em pacientes com outras cardiomiopatias e estudos avaliando outros desfechos (questões voltadas a aspectos psíquicos e/ou socioculturais).

2.2 Tipos de estudos elegíveis e incluídos

Desenhos de estudos observacionais analíticos (coorte retrospectivo e prospectivo, caso-controle e transversal) foram considerados nesta revisão sintética da literatura científica. Estudos experimentais e quase-experimentais, como ensaios clínicos controlados randomizados, estudos controlados não randomizados, estudos cruzados e de séries temporais interrompidas também foram incluídos.

Nesta revisão também se considerou desenhos de estudos observacionais descritivos, incluindo estudos descritivos transversais de séries de casos, relatos de casos únicos e registros. Além disso, foram consideradas revisões narrativas, de escopo e sistemáticas.

2.2.1 Coleta e extração dos dados

Para essa fase da pesquisa, foi utilizado um instrumento no Microsoft Excel (versão 16.0), construído pelas autoras, o qual possibilitou identificar e remover os artigos duplicatas. Após

isso, os títulos e resumos foram selecionados por dois revisores, os quais os avaliaram e mantiveram aqueles que atenderam os critérios de elegibilidade.

Em seguida, o texto completo dos artigos selecionados foi avaliado em detalhes por dois revisores independentes. As divergências que surgiram entre os revisores, foram resolvidas por meio de discussão.

Os resultados da busca e do processo de inclusão dos estudos, foram relatados na íntegra dessa revisão e apresentados em um diagrama de fluxo de Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA), conforme apresentado na **Figura 1**.

2.2.3 Análise dos dados

Os dados foram analisados através do método denominado análise de conteúdo, proposto por Bardin et al. (2009), o qual permite a descrição dos achados e a agregação de informações temáticas e em seguida, uma discussão crítica-reflexiva sobre os principais achados (ABAD; ABAD, 2022). Os dados coletados e analisados dos estudos incluídos nessa revisão foram, respectivamente: autor e ano; título; objetivos; tipo de pesquisa; revista/periódico e os principais resultados (consta no **Quadro 2**).

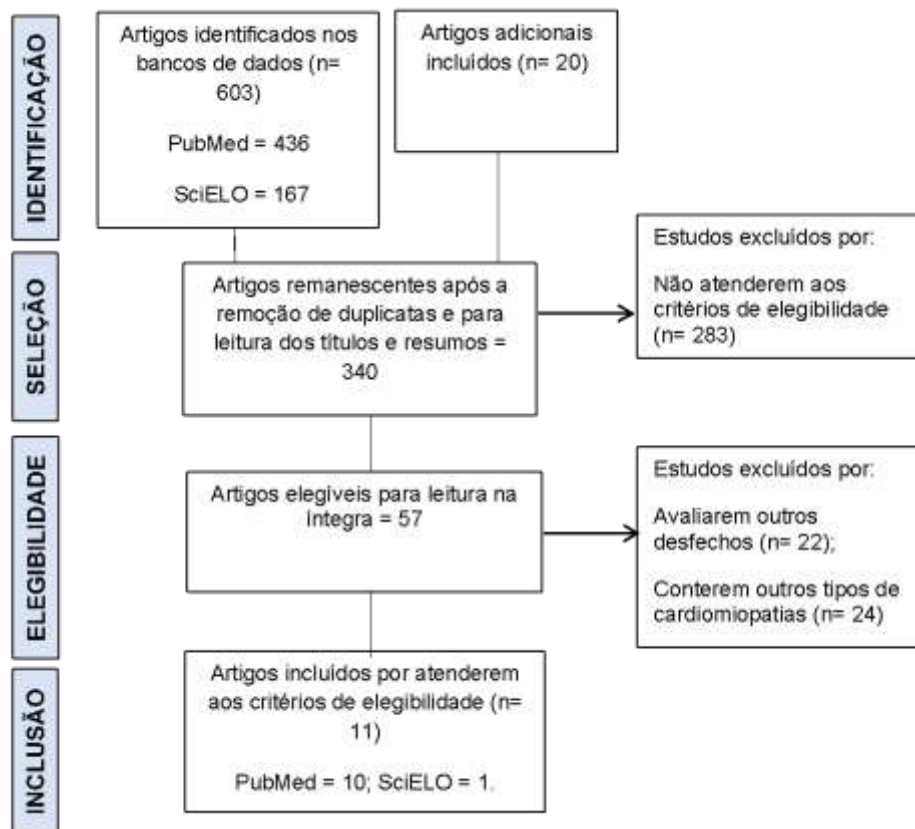
3. RESULTADOS

Inicialmente, nas bases de dados PubMed e SciELO foram identificados 603 artigos. Já os artigos identificados a partir das referências, foram equivalentes a 20. Após a aplicação dos filtros, avaliação de duplicatas e leitura de título e resumo, foram excluídos 283 artigos, por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Depois da leitura

completa dos estudos 57 artigos elegíveis, apenas 11 artigos atenderam foram incluídos. Já os artigos excluídos continham: 22 com desfechos diferentes

e 24 contendo outras cardiomiopatias. Esses dados estão descritos na **figura 1**.

Figura 1 – Fluxograma de buscas dos artigos com base no PRISMA.



Fonte: Os autores, adaptado de Galvão, Tiguman e Sarkis-Onofre (2022).

Quadro 2 - Relação dos autores, ano de publicação, título do artigo, bem como os objetivos dos estudos, revista/periódico onde foram publicados e os principais resultados.

AUTOR E ANO	OBJETIVOS	TIPO DE ESTUDO E DE AMOSTRA	REVISTA/ PERIÓDICO E BASE DE DADOS	PRINCIPAIS RESULTADOS
Silva, Carneiro Júnior e Natali (2009)	Discutir os efeitos do treinamento físico sobre a DMD.	Revisão narrativa Investigou somente humanos	Revista Brasileira Ciências do Movimento SciELO	O EF possibilitou o controle metabólico no diabetes através de maior utilização de glicose e ácidos graxos pelos miócitos cardíacos, promovendo adaptações mecânicas, morfológicas e fisiológicas no miocárdio que contribuem para a melhora da função cardíaca, assim como melhor tolerância ao exercício em indivíduos com DMD.
Sacre et al. (2014)	Avaliar a eficácia do EF para melhoria da alta captação de oxigênio	Ensaio clínico Investigou somente humanos	Metabolism Journal PubMed	Após 6 meses de EF, o pico de VO ² aumentou 11% no GEF, comparado ao GC. Além disso, o EF promoveu adaptações autônomas cardíacas e

	(VO ² (pico)) e da função autônoma cardíaca em pessoas com DMD.			funcionais como a redução da FC em repouso.
Hafstad et al. (2015)	Discutir como o exercício pode melhorar os distúrbios metabólicos na DMD.	Revisão narrativa Investigou humanos e camundongos	Antioxidantes e Sinalização Redox PubMed	Foi identificado na discussão que o EF pode corrigir muitos dos distúrbios metabólicos que caracterizam a DMD. Essas alterações se devem tanto a efeitos indiretos, alterações sistêmicas mediadas pelo exercício, quanto a efeitos diretos decorrentes da alta atividade contrátil do coração durante o EF.
Chengji e Xianjin (2018)	Investigar o mecanismo biológico do efeito de exercícios de diferentes intensidades na DMD.	Delineamento experimental Investigou ratos machos	Endocrine Connections PubMed	Quando comparado o DCG, a glicemia de jejum e o GSP apresentaram uma diminuição, enquanto o índice de sensibilidade à insulina e o nível de insulina aumentaram em todos os ratos dos três grupos de exercício. E os níveis de PKC diminuíram drasticamente nos três grupos de EF e os níveis de DAG diminuíram ligeiramente.
Zheng et al. (2018)	Descrever os mecanismos do exercício físico na DMD pode fornecer uma nova teoria para aliviar, ou mesmo reverter o desenvolvimento da DMD, e evitar que ela evolua para insuficiência cardíaca.	Mini Revisão narrativa Investigou humanos e camundongos	Frontiers in Endocrinology PubMed	Foi identificado que o EF pode inibir os processos patológicos de apoptose miocárdica, fibrose miocárdica e doenças microvasculares miocárdicas, melhorando o metabolismo miocárdico, aumentando a regulação de Ca ²⁺ e protegeu a função das mitocôndrias. Eventualmente, pode aliviar a ocorrência e desenvolvimento de complicações diabéticas.
Chengji e Xianjin (2019)	Comparar o estresse de exercício resistido e a sinalização de apoptose em ratos treinados em exercícios de baixa e alta intensidade com DMD.	Delineamento experimental Investigou ratos diabéticos	Journal of Cellular Physiology PubMed	Diferentes intensidades (baixa e alta) de ER reduziram significativamente a porcentagem de células miocárdicas apoptóticas, melhorando também, os parâmetros da função cardíaca.
Seo et al. (2019)	Reunir os recentes achados científicos, visando descrever os mecanismos potenciais pelos quais o EF pode prevenir o DMD e a insuficiência cardíaca.	Revisão narrativa Investigou somente humanos	International Journal of Molecular Sciences PubMed	Após realização do EF, houve melhor regulação do metabolismo mitocondrial cardíaco, redução dos danos do estresse oxidativo e melhora da apoptose, assim como dos distúrbios vasculares.
Sun et al. (2020)	Avaliar se o EF alivia a remodelação cardíaca em camundongos com DMD.	Delineamento experimental Investigou camundongos transgênicos	Revista Iraniana de Ciências Médicas Básicas PubMed	Em comparação com o GCD sedentário, o EF aliviou a remodelação cardíaca em camundongos com DMD, conforme evidenciado por reduções na LVESD e LVEDD, aumentos da FEVE e da LVFS, atenuação da deposição de colágeno e supressão da apoptose. Assim, O exercício físico surgiu como uma terapia eficaz para

				atenuar a remodelação cardíaca na cardiomiopatia diabética (CMD).
Crisafulli et al. (2020)	Analisar os efeitos cardiovasculares específicos das formas emergentes e não convencionais de exercício físico em pessoas com DMD.	Artigo de revisão narrativa Investigou humanos e camundongos	Jornal Internacional de Ciências Moleculares PubMed	O EF aumentou a captação de glicose no músculo esquelético, aumentando rapidamente a expressão de GLUT-4 mRNA no músculo esquelético. Este efeito foi alcançado devido a mecanismos dependentes de insulina e independentes de insulina e pôde ser observado por até 48 horas pós EF.
Bowman, Smith e Gould (2021)	Compreender de que forma o EF pode auxiliar na maior transportação de GLUT4 nos tecidos em adultos com DMD.	Revisão narrativa Investigou somente humanos	Biochemistry, biophysics and molecular biology PubMed	Foi identificado aumento do GLUT4 nos tecidos em reposta ao EF. Este aumento mediou a regulação da absorção de glicose nos tecidos sensíveis à insulina, com maior predominância dos tecidos muscular e adiposo. A contração muscular também melhorou a absorção de glicose no tecido cardíaco de indivíduos com DMD.
Sun e Ding (2021)	Descrever a ligação entre o inflamassoma NLRP3 e o DCM e fornecer evidências que destaquem a importância do treinamento físico na intervenção do DCM.	Revisão narrativa Investigou somente humanos	Jornal Internacional de Ciências Moleculares PubMed	O estudo identificou que a intervenção de EF crônicos é um método preventivo e terapêutico eficaz para aliviar o DMD por meio da modulação do inflamassoma NLRP3.

Legenda: N°= número do artigo; NVE= nível de evidência. GEF= grupo de exercício físico; GC= grupo controle; FC= frequência cardíaca; VO2= volume máximo de oxigênio; ER= exercício resistido; FEVE= fração de ejeção do ventrículo esquerdo; LVFS= fração de encurtamento do ventrículo esquerdo; LVEDD= dimensão interna diastólica final do ventrículo esquerdo; LVESD= dimensão interna sistólica final do ventrículo esquerdo; GLUT4= transportador de glicose 4; DCG= grupo controle diabético; GSP= proteína sérica glicosilada; PKC= proteína quinase C; DAG= diacilglicerol.
Fonte: Autoria própria (2022).

3.1 Métodos de pesquisa e indicadores bibliométricos

Referente aos métodos de pesquisa dos estudos incluídos, observou-se que cerca de 77% foram artigos de revisão narrativa e apenas 23% de estudos originais. Já no que diz respeito aos indicadores bibliométricos, a maior parte dos estudos foi publicada e indexada em periódicos internacionais que tratam sobre aspectos moleculares e metabolismo humano.

3.2 Recorte temporal e análise de conteúdo abordado

Referente ao recorte temporal, observou-se que cerca de 88% dos artigos foram publicados nos

últimos 5 anos e apenas 12% publicados há mais de 8 anos. Quanto ao tema, ambos os estudos (100%) trataram sobre aspectos fisiológicos, bem como moleculares e morfológicos, que envolviam a doença miocárdica diabética e exercícios físicos.

4. DISCUSSÃO

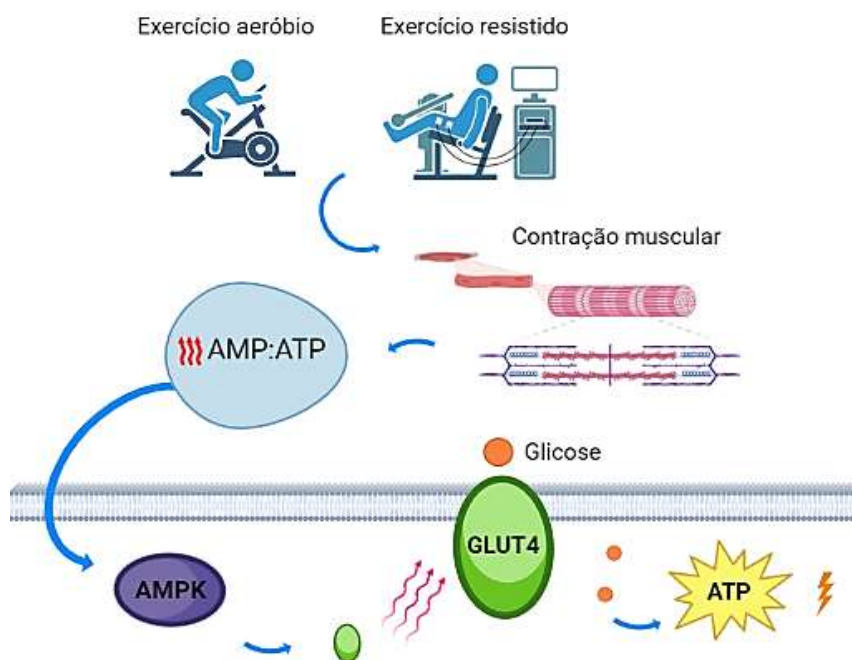
Em suma, os resultados deste estudo indicam que o EF foi capaz de proporcionar benefícios fisiológicos em indivíduos com DMD, ajudando no tratamento da doença nesse público alvo. Para autores como Seo et al. (2019), o EF é, portanto, entendido como uma importante intervenção não farmacológica na DMD, pois

ajuda a regular o metabolismo mitocondrial cardíaco, reduzir o dano do estresse oxidativo e melhorar a apoptose e a doença vascular.

Esses resultados estão de acordo com o estudo de Da Franca (2021), no qual foi possível detectar aumento da captação e absorção tecidual de glicose no DM2 e aumento da sensibilidade à insulina em resposta ao EF. Em concordância, o estudo de revisão de Bowman, Smith e Gould (2021), discutiu e analisou o aumento do GLUT4 nos tecidos em resposta ao EF. Este aumento mediou a regulação da absorção de glicose nos

tecidos sensíveis à insulina, com maior predominância dos tecidos muscular e adiposo. A contração muscular também melhorou a absorção de glicose no tecido cardíaco de indivíduos com DMD. Na **Figura 2**, analisa-se uma esquematização do processo de captação de glicose no tecido muscular de pessoas com DMD, mediado pelo GLUT4, através da contração muscular.

Figura 2 – Esquematização sobre a captação de glicose no diabetes tipo 2 em resposta ao exercício físico.



Legenda: Ao realizar exercícios aeróbicos e/ou resistido, ocorre a contração muscular por meio do deslizamento dos filamentos de actina e miosina e, conseqüentemente, a elevação na taxa AMP:ATP no organismo de pessoas com doença miocárdica diabética (DMD). Em seguida, ocorre um decréscimo de energia, o qual provoca uma cascata de sinalizações intracelulares e ativação da via da quinta proteína quinase ativada por AMP (via AMPK). A enzima AMPK, por sua vez, estimula o transportador de glicose 4 (GLUT4), a se transloucar para a membrana e captar a glicose sanguínea, carregando-a para o interior da célula no músculo esquelético e convertendo-a em adenosina trifosfato (ATP). **Fonte:** autoras. Adaptado de Da Franca (2021).

Não obstante, no ensaio clínico randomizado de Sacre et al. (2014), foi analisado que após 6 meses de treinamento, o EF foi capaz de melhorar em 11% o consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) dos indivíduos com DMD que

participaram do grupo intervenção. Além disso, o EF promoveu adaptações autônomas cardíacas e funcionais como a redução da frequência cardíaca de repouso e do potencial da fibrose miocárdica.

Esses resultados corroboram a um estudo realizado no Brasil pelos autores Silva, Carneiro Júnior e Natali (2009), o qual demonstrou a importância do exercício físico em pessoas com DMD, à medida que foi observado nos modelos experimentais que o EF promovia não somente adaptações fisiológicas, mas também as modulações morfológicas e autonômicas em indivíduos com essa doença e complicação clínica.

Ainda nesse sentido, Chengji e Xianjin (2018) demonstraram que não somente os diferentes tipos de EF mas, também, as intensidades podem estar relacionadas à melhorias na DMD. Após fazerem uma análise de diferentes intensidades (baixa e alta) de exercício resistido, perceberam uma redução significativa da porcentagem de células miocárdicas apoptóticas, e consequente melhora dos parâmetros da função cardíaca ($p < 0,05$).

Sob outra perspectiva, o estudo experimental de Silva (2010), avaliou modelos transgênicos, buscando verificar os efeitos de um programa de natação sobre as propriedades morfológicas e mecânicas de miócitos cardíacos dos ventrículos esquerdos de ratos com diabetes experimental. Constatou-se então que, houve alterações morfológicas e atenuação das disfunções mecânicas nos animais investigados, após a realização de exercício aeróbico, com frequência semanal equivalente a 5x e duração de 90 minutos por sessão.

Ao que tudo indica, o exercício físico (aeróbico e resistido) não é eficiente somente para o tratamento, mas também para a prevenção de doenças cardíacas em indivíduos com diabetes. Nessa perspectiva, a revisão realizada recentemente por Seo et al. (2019) indicou que o exercício possui efeito protetor e preventivo contra

a DMD. De acordo ainda com os autores, isso ocorre pelo fato de o exercício físico melhorar a regulação do metabolismo mitocondrial cardíaco, reduzir os danos do estresse oxidativo e melhorar a apoptose, assim como os distúrbios vasculares em pessoas com diabetes.

4.1 Fisiopatologia da doença miocárdica diabética

Uma das características principais da doença miocárdica diabética é a manifestação clínica da hipertrofia ventricular esquerda patológica, também denominada de hipertrofia concêntrica (JIA et al., 2018). Contudo, é válido ressaltar que em muitos momentos a disfunção diastólica é observada em indivíduos com DM sem anormalidades na estrutura do tecido cardíaco equivalentes (BRAHMA; PEPIN; WENDE, 2017). Ainda nessa perspectiva, embora a hiperglicemia seja uma característica presente na DMD, evidências de modelos transgênicos com camundongos diabéticos indicam que a resistência à insulina específica cardíaca é um dos primeiros eventos patológicos detectáveis, antes da deterioração da função cardíaca (BOWMAN, SMITH; GOULD, 2021).

Isso demonstra que alterações intrínsecas do músculo cardíaco, podem dar início ao DMD antes mesmo da manifestação da resistência à insulina de forma sistêmica, além de surgir antes que fatores extrínsecos aumentem a progressão da doença (BEERS, 2002).

De acordo com Crisafulli et al. (2020), a DMD é consequência da ativação de processos decorrentes de vários fatores, os quais danificam os miócitos, através de alterações de inúmeras vias moleculares. No estudo desses autores foi demonstrado que a hiperglicemia é um dos

principais desencadeadores da DMD, que inclui o comprometimento da sinalização da insulina, levando à diminuição do transportador de glicose (GLUT4), ativação da proteína quinase C (PKC), aumento de poliol e hexosamina, bem como produção de produtos finais de glicação avançada (AGE) e espécies reativas de oxigênio (ROS).

4.1.1 Sinalização insulino-metabólica na DMD

Nos cardiomiócitos, a sobrecarga de nutrientes, a mobilização de ácidos graxos, a aldosterona e a angiotensina II prejudicam a sinalização do metabolismo da insulina cardíaca por meio de PI3K/Akt, pois ativam a fosforilação de mTOR/S6K1 e IRS-1/2 (KING; PARK; LI, 2016).

A diminuição do NO inibe o cGMP/PKG, aumentando assim a proporção das isoformas de timina N2B/N2BA e Ca²⁺ nos cardiomiócitos (ARAÚJO, 2018).. A deterioração da sinalização metabólica da insulina também inibe o recrutamento de GLUT4 para a membrana plasmática e a subsequente captação de glicose no coração, o que reduz a atividade da Ca²⁺ ATPase e, assim, aumenta o Ca²⁺ intracelular (DLUDLA et al., 2017). Essas anormalidades levam à rigidez cardíaca e disfunção diastólica (JIA et al., 2018).

4.1.2 Retardamento na progressão da DMD em resposta ao exercício físico

Técnicas como a ecocardiografia transtorácica têm demonstrado a capacidade do EF de induzir adaptações crônicas tanto na função, quanto na estrutura cardíaca. Embora alguns estudos demonstrem que a hipertrofia pode estar associada a desfechos negativos no contexto de doenças cardiovasculares, com o EF ocorrem

respostas adaptativa benéficas, que melhoram a produção contrátil do músculo cardíaco (BOWMAN, SMITH; GOULD, 2021).

Nessa perspectiva, a maioria dos estudos tem demonstrado que o EF de intensidade moderada/alta é mais eficaz na elevação da taxa de sobrevivência do DM2 (TAYLOR ET AL., 2014). Estes estudos corroboram com a pesquisa de Hu et al. (2005), onde relataram que o EF de moderada a alta intensidade reduz os fatores de risco para doenças cardiovasculares, após a atenuação do índice de massa corporal (IMC) e da pressão arterial (PA).

Não obstante, indivíduos com DMD, o EF pode neutralizar uma série de mecanismos fisiológicos. Portanto, programas de EF devem ser desenvolvidos e incentivados, visando elevar a expressão do GLUT4, por meio da contração muscular. À medida em que ocorre a translocação do GLUT4 no tecido cardíaco por meio do EF, essa proteína pode aumentar a absorção de glicose e assim reduzir os riscos de insuficiência cardíaca em indivíduos com DMD (LAPP et al., 2017).

4.1.3 Limitações do exercício físico para a DMD

Uma das limitações do EF na DMD é a adesão dos pacientes com DM a um tipo específico de intervenção ou mais. Comumente, os pacientes preferem atividades domiciliares. No entanto, o estudo de Shinji et al. (2007) evidenciou que somente um programa com exercícios domiciliares não foi significativamente eficaz pra atenuar os fatores de risco de doenças cardiovasculares em indivíduos com DM.

4.2 Pontos fortes e limitações do estudo

Reconhece-se como pontos fortes desse estudo, o fato de as autoras terem buscado seguir as recomendações do checklist PRISMA, visando aumentar o rigor metodológico da pesquisa e diminuir os riscos de vieses. Além disso, o fato de a análise ter sido qualitativa, permitiu maior riqueza das informações. Não obstante, a não restrição de idiomas, permitiu uma busca mais abrangente e sensível, diminuindo os riscos de viés de linguagem/publicação.

Por outro lado, considerou-se duas grandes limitações neste estudo que poderiam ser abordadas em pesquisas futuras. Primeiro, 75% dos resultados desse estudo advieram de artigos de revisão narrativa e esse tipo de revisão não possui evidência científica com alto rigor metodológico, capaz de fornecer informações que sejam aplicáveis de forma segura na prática clínica; logo, a validade externa desse tipo de estudo é muito baixa e não deve ser generalizada, além de aumentar o risco de viés de confirmação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o exercício físico pode provocar efeitos fisiológicos benéficos em pessoas com doença miocárdica diabética, visto que, após a sua prática, observa-se a melhora a sensibilidade à insulina nos tecidos, aumento da captação de glicose sanguínea, redução dos danos teciduais provocados pelo estresse oxidativo, auxílio na regulação mitocondrial e retardamento da fibrose no músculo cardíaco. No entanto, as pesquisas atuais têm investigado mais frequentemente os efeitos fisiológicos em camundongos, através de modelos transgênicos.

Poucos estudos tem buscado avaliar os efeitos do exercício físico em humanos com doença miocárdica diabética. Também, poucas

investigações compararam os efeitos do exercício em pessoas com DMD e aquelas com diabetes, sem complicações cardíacas. Dessa forma, os autores desse estudo sugerem a realização de ensaios clínicos randomizados, para que o programa de exercício físico seja prescrito de forma adequada e não resulte em implicações clínicas negativas nesse público alvo.

REFERÊNCIAS

- ABAD, A.; ABAD, T. M. Análise de Conteúdo na Pesquisa Qualitativa. **Alternativas cubanas en Psicología**, v. 10, p. 28, 2022.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições, 2009.
- BAENA, C. P. *et al.* Neck Circumference Is Independently Associated with Cardiometabolic Risk Factors: Cross-Sectional Analysis from ELSA-Brasil. **Metabolic Syndrome and Related Disorders**, v. 14, n. 3, p. 145-53, 2016.
- BATISTA, C. C. F. Tratamento do remodelamento cardíaco associado ao diabetes mellitus tipo II com fármacos que atuam sobre o Sistema Renina Angiotensina-Aldosterona. – **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso de Ciências Biológicas). Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- BERS, D. M. Acoplamento de excitação cardíaca- contração. **Natureza**, v. 415, n. 6868, p. 198-205, 2002.
- BOWMAN, P. R. T.; SMITH, G. L.; GOULD, G. W. 2021. Run for your life: can exercise be used to effectively target GLUT4 in diabetic cardiac disease? **PeerJ**, v. 9, n. 1, 1-35.
- BRAHMA, M. K.; PEPIN, M. E.; WENDE, A. R. My sweetheart is broken: role of glucose in diabetic cardiomyopathy. **Diabetes & Metabolism Journal**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017.
- COLBERG, S. R. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v. 39, n. 11, p. 2065-2079, 2016.
- CHENGJI, W.; XIANJIN, F. Treadmill exercise alleviates diabetic cardiomyopathy by suppressing plasminogen activator inhibitor expression and enhancing eNOS in streptozotocin-induced male diabetic rats. **Endocrine connections**, v. 7, n. 4, p. 553, 2018.

- CHENGJI, W.; XIANJIN, F. Exercise protects against diabetic cardiomyopathy by the inhibition of the endoplasmic reticulum stress pathway in rats. **Journal of cellular physiology**, v. 234, n. 2, p. 1682-1688, 2019.
- CRISAFULLI, A. *et al.* Diabetic cardiomyopathy and ischemic heart disease: prevention and therapy by exercise and conditioning. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 8, p. 2896, 2020.
- DA FRANCA, R. Exercício físico e mecanismos moleculares da captação de Glicose no Diabetes tipo 2: revisão integrativa. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 22, n. 2, p. 1-15, 2021.
- DLUDLA, P. V. *et al.* Hyperglycemia-induced oxidative stress and heart disease-cardioprotective effects of rooibos flavonoids and phenylpyruvic acid-2-O- β -D-glucoside. **Nutrition & metabolism**, v. 14, n. 1, p. 1-18, 2017.
- EVERT, A. B. *et al.* Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. **Diabetes Care**, v. 37, n. 1, p. 120-143, 2014.
- HAFSTAD, A. D.; BOARDMAN, N.; AASUM, E. How exercise may amend metabolic disturbances in diabetic cardiomyopathy. **Antioxidants & redox signaling**, v. 22, n. 17, p. 1587-1605, 2015.
- HU, G. *et al.* Atividade física, fatores de risco cardiovasculares e mortalidade entre adultos finlandeses com diabetes. **Diabetes Care**, v. 28, n. 1, p. 799-805, 2005.
- ISLAM, F. *et al.* Investigando nanoformulações de polifenóis para alvos terapêuticos contra diabetes mellitus. **Medicina Complementar e Alternativa Baseada em Evidências**, 2022.
- JIA, G. *et al.* Diabetic cardiomyopathy: a hyperglycaemia and insulin-resistance induced heart disease. **Diabetologia**, v. 61, n. 1, p. 21-28, 2018.
- KING, G. L.; PARK, K.; LI, Q. Selective Insulin Resistance and the Development of Cardiovascular Diseases in Diabetes: The 2015 Edwin Bierman Award Lecture. **Diabetes**, v. 65, n. 6, p. 1462-1471, 2016.
- MINAYO, M. C. D. S.; DINIZ, D.; GOMES, R. O artigo qualitativo em foco. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, 2326-2326, 2016.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Uso de gerenciador de referências bibliográficas na seleção dos estudos primários em revisão integrativa. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 28, p. 1-13, 2019.
- OKOSHI, K. *et al.* Diabetes Mellitus e Doença Miocárdica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 51, n. 2, p. 160-167, 2007.
- SALES-PERES, S. H. C. *et al.* Estilo de vida em pacientes portadores de diabetes mellitus tipo 1: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 1197-1206, 2016.
- SALDARRIAGA-GIRALDO, C.; NAVAS, V.; MORALES, C. Do diabetes à insuficiência cardíaca, É cardiomiopatia diabética?. **Revista Colombiana de Cardiología**, v. 27, p. 12-16, 2020.
- SACRE, J. W. *et al.* Uma intervenção de exercício de seis meses em doença cardíaca diabética subclínica: Efeitos sobre a capacidade de exercício, função autônoma e miocárdica. **Metabolismo-clínico e experimental**, v. 63, n. 9, p. 1104-1114, 2014.
- SEO, D. Y.; *et al.* Exercício como alvo terapêutico potencial para cardiomiopatia diabética: Insight sobre os Mecanismos Subjacentes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 24, p. 6284, 2019.
- SILVA, M. F.; CARNEIRO JÚNIOR, M. A.; NATALI, A. J. Atividade física e diabetes: uma revisão dos efeitos do exercício na cardiomiopatia diabética. **Revista Brasileira de Ciências do Movimento**, v. 17, n. 2, 1-22, 2009.
- SILVA, M. F. D. Efeitos do exercício físico sobre as propriedades morfológicas e mecânicas de miócitos cardíacos de ratos diabéticos. – **Dissertação de Mestrado** (Curso de Pós-graduação em Educação Física). Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- SHINJI, S. *et al.* Adesão a um programa de exercícios domiciliares e incidência de doenças cardiovasculares em pacientes com diabetes tipo 2. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 1, p. 877-879, 2007.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020**. São Paulo: Clannad, 2019.
- SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n.1, p. 102-106, 2010.
- SUN, Y.; DING, S. NLRP3 Inflamassoma na Cardiomiopatia Diabética e Intervenção no Exercício. **Revista Internacional de Ciências Moleculares**, v. 22, n. 24, p. 13228, 2021.
- TAYLOR, J. D. *et al.* Effects of moderate-versus high-intensity exercise training on physical fitness and physical function in people with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Physical Therapy**, v. 94, n. 1, p. 1720-1730, 2014.
- VERA, Nelson Campos; ESTANY, Eduardo Rivas; RUIZ, Mirna Andrade. Cardiomiopatia diabética, o que sabemos hoje. **Revista Cubana de Cardiologia e Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 1, p. 80-104, 2018.

XU, C. R.; FANG, Q. J. A Inibição do Metabolismo da Glicose por miR-34a e miR-125b protege contra a Morte Celular de Cardiomiócitos Causada por Hiperglicemia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 3, p. 415-422, 2021.

ZHENG, J. et al. Physical exercise and its protective effects on diabetic cardiomyopathy: what is the evidence?. **Frontiers in endocrinology**, v. 9, p. 729, 2018.

Autor (a) Raquel da Franca

Bacharel em Educação Física pela Faculdade Social da Bahia - FSBA

Especialista em Saúde da Família pela Residência Multiprofissional em Saúde da Família – FESF-SUS/FIOCRUZ

Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor (a) Ana Karielle da Silva Santos

Licenciada em Educação Física pela Universidade Estadual do Piauí – UESPI

Mestranda em Educação Física Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor (a) Juliana Rodrigues Ferreira Andrade

Licenciada em Educação Física pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Especialista pelo Programa de Residência Multiprofissional da Rede de Atenção Psicossocial da Secretaria de Saúde de Recife

Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor Cristiano dos Santos Almeida

Bacharel em Enfermagem pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Especialista em Saúde da Família pela Fundação Estatal Saúde da Família/Fundação Oswaldo Cruz - FESF-SUS/FIOCRUZ

Autor (a) Larissa Lima Falcão Pantoja Higa

Graduada em Fisioterapia pela Universidade Católica de Pernambuco - UFP

Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor (a) Erika Batista dos Santos Valença

Fisioterapeuta pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor (a) Glacithane Lins da Cunha

Licenciada em Educação Física pela Universidade Regional do Cariri - URCA

Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Autor Ferdinando Oliveira Carvalho

Doutor em Educação Física pela Universidade Católica de Brasília – UCB

Mestre em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina - UEL
