



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - FEF

JOÃO VICTOR CARVALHO ROCHA E SILVA

Orientadora: Prof. Dra. Jane Dullius

**EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA GLICEMIA: UMA REVISÃO  
NARRATIVA**

Brasília/DF, 2023

## RESUMO

A glicemia é um aspecto fundamental do metabolismo, e seu desbalanço pode ocasionar complicações, agudas e crônicas, especialmente para indivíduos com diabetes, caracterizada pelo desbalanço crônico da glicemia. Nesse sentido, o exercício se apresenta como forma de controle glicêmico. Foi realizada uma revisão de literatura acerca dos efeitos agudos do exercício sobre a glicemia, que incluiu artigos dos últimos 10 anos, em inglês e português, das bases de dados PubMed, Scielo e Google Acadêmico, além daqueles obtidos por busca manual em periódicos. O exercício aeróbico gera efeitos mais imediatos e hipoglicemiantes, enquanto exercícios de predominância anaeróbica causam, inicialmente, um aumento na glicemia, e posteriormente um efeito de redução. Ambas as formas apresentam benefícios expressivos para o controle glicêmico, especialmente em diabéticos. A prática de exercícios, principalmente aeróbicos, pode aumentar a chance de hipoglicemia, notadamente no caso de diabetes tipo 1. Porém, há estratégias para mitigar essa chance, e a prática de exercícios é vastamente recomendada.

Palavras-chave: efeitos; agudos; exercício; glicemia; diabetes.

## ABSTRACT

Glycemia is a fundamental aspect of metabolism, and its imbalance may entail complications, acute and chronic, especially for individuals with diabetes, characterized by chronic glyceimic imbalance. In this sense, exercise presents itself as a form of glyceimic control. A literature review was done about the acute effects of exercise on glyceimic, which included articles from the last 10 years, taken from the databases PubMed, Scielo and Google Scholar, and also obtained from manual search in scientific journals. Aerobic exercise leads to more immediate and glucose-lowering effects, while predominantly anaerobic exercise causes, initially, an increase in glyceimic, and a posterior reduction effect. Both forms of exercise present large benefits to glyceimic control, especially in diabetics. Exercise practice, mainly aerobic, can increase the chance of hypoglycemia, notably in the case of type 1 diabetes. Although, there are strategies to mitigate this chance, and exercise practice is highly recommended.

Keywords: effects; acute; exercise; glyceimic; diabetes.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	10
1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	10
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>12</b>
<b>4 EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA GLICEMIA</b> .....	<b>15</b>
4.1 O EXERCÍCIO FÍSICO NO METABOLISMO DA GLICOSE .....	15
4.2 INSULINA, GLUCAGON E EXERCÍCIO .....	16
4.3 IMPACTOS DO EXERCÍCIO NA GLICEMIA .....	19
4.4 HIPOGLICEMIA INDUZIDA POR EXERCÍCIO .....	24
4.5 ESTRATÉGIAS CONTRA A HIPOGLICEMIA INDUZIDA POR EXERCÍCIO.....	27
4.6 EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA GLICEMIA .....	29
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>31</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A glicose é um monossacarídeo de papel vital na fisiologia dos seres vivos, e, dessa forma, um elemento central no metabolismo energético humano. Ela é obtida através da alimentação, geralmente na forma de outros carboidratos mais complexos, e também pode ser sintetizada pelo organismo usando gorduras e proteínas como substrato. Como será detalhado mais à frente neste trabalho, a glicose é usada pelo corpo humano como substrato energético nos metabolismos aeróbico e anaeróbico para a síntese de adenosina trifosfato, o ATP, molécula que fornece energia para uso imediato em células de todo o corpo (HANTZIDIAMANTIS e LAPPIN, 2022).

O sangue é o meio pelo qual a glicose é transportada entre os órgãos e tecidos. Sua presença no sangue é constante e imprescindível para a manutenção da vida e de seus processos energéticos. Sendo assim, a concentração da glicose no sangue, definida como glicemia, exerce influência no funcionamento do organismo. Devido às flutuações do nível de glicemia, podem ocorrer desequilíbrios aos quais o organismo precisa responder para manter sua homeostase. Esses desequilíbrios podem, muitas vezes, ser problemáticos e gerar quadros potencialmente prejudiciais à saúde (HANTZIDIAMANTIS e LAPPIN, 2022). Esses quadros de desequilíbrio glicêmico podem ser classificados de duas formas: hiperglicemia, que consiste no aumento da glicemia além de níveis considerados normais, e hipoglicemia, que consiste na diminuição de mesma natureza desses níveis (MATHEW e THOPPIL, 2022; MOURI e BADIREDDY, 2023).

É importante notar que os valores normais de glicemia variam de acordo com a situação. Por exemplo, em um indivíduo em jejum (sem ingestão calórica por pelo menos oito horas), é esperado que esses valores sejam diferentes quando comparados aos valores do mesmo indivíduo pouco tempo após uma refeição. Variações de glicemia entre cerca de 72 e 108 miligramas por decilitro (mg/dL) são consideradas normais. Apesar desse tipo de classificação, é interessante notar que essas não são linhas de corte exatas, e as definições de hiperglicemia e hipoglicemia podem variar quanto a esses valores (MATHEW, T. K. et al., 2023; INSTITUTE FOR QUALITY AND EFFICIENCY IN HEALTH CARE, 2022). Sendo assim, estabeleceram-se valores importantes a serem tomados como parâmetros para a análise da glicemia: seus valores em jejum (FPG — *fasting plasma glucose*) e duas horas após uma ingestão controlada de alimento pós-

jejum (2-h PG — *2-hour plasma glucose*), feita com 75 gramas de glicose anidra. Esses parâmetros são utilizados na medicina para o diagnóstico de condições ligadas aos níveis de glicose sérica, notadamente do diabetes mellitus (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2023a).

O diabetes é uma doença crônica, caracterizada pela elevação crônica dos níveis de glicemia, que afeta o metabolismo da glicose no organismo, especialmente em relação à atuação da insulina. A insulina é dos principais hormônios anabólicos que atuam no metabolismo da glicose no corpo, sendo um grande responsável por diminuir os níveis de glicose sanguínea (HANTZIDIAMANTIS e LAPPIN, 2022).

O encetamento do diabetes se dá, majoritariamente, de duas formas, que são descritas pelas classificações de tipo 1 e tipo 2. Há também outras formas, ligadas a defeitos genéticos, gestação, uso de medicamentos e doenças do pâncreas. O diabetes tipo 1 (DM1), mais associado a raízes genéticas, é uma forma de doença autoimune na qual as células beta pancreáticas, responsáveis por produzir, armazenar e secretar a insulina, são atacadas e destruídas, perdendo assim sua função e impossibilitando a secreção e consequente atuação da insulina. Já o diabetes tipo 2 (DM2) ocorre quando, devido principalmente a um quadro de resistência periférica à insulina, a insulina, mesmo sendo secretada, não é capaz de exercer propriamente sua função. O DM2 é fortemente associado a, além de origens também genéticas, fatores relacionados ao estilo de vida dos indivíduos, como dieta, composição corporal (obesidade) e nível de atividade física (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2023a).

Para o diagnóstico do diabetes, são levadas em conta a determinação e a análise dos valores de FPG e 2-h PG. Valores acima de 125 mg/dL para o FPG ou 200mg/dL para o 2-h PG caracterizam o diagnóstico. Indivíduos com valores entre 100 e 125 mg/dL para o FPG ou entre 140 e 200 mg/dL para o 2-h PG são considerados como pré-diabéticos, indicando alto risco da evolução do quadro desses indivíduos para, efetivamente, um quadro de diabetes (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2023a).

Diversas complicações podem acontecer em decorrência do diabetes, especialmente sem adequado gerenciamento glicêmico através da manutenção de um estilo de vida apropriado, que inclui ajustes nutricionais e exercícios físicos, e, quando

necessário, do uso de medicamentos, além de boa qualidade de sono e do gerenciamento dos níveis de estresse. Essas complicações podem ser tanto agudas quanto crônicas. As complicações crônicas incluem retinopatia, nefropatia, neuropatia, doenças coronarianas e doenças cerebrovasculares. Essas complicações acontecem em decorrência do dano osmótico provocado pela glicose, do estresse oxidativo proveniente de subprodutos de reações de oxidação e da glicação não-enzimática de proteínas que acabam por ter suas funções prejudicadas. Essas complicações são geralmente irreversíveis. Já as complicações agudas incluem quadros hiperglicêmicos que, em grau elevado, requerem cuidado médico imediato, como a cetoacidose diabética e o estado hiperglicêmico hiperosmolar, condições que, se não tratadas adequadamente, podem acarretar edema cerebral e, conseqüentemente, deterioração do sistema nervoso central, estados alterados ou perda total de consciência e morte. Outra complicação aguda do diabetes ocorre, indiretamente, na forma de hipoglicemia, geralmente devido ao uso impreciso da insulina exógena e dos medicamentos para controle da glicemia (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2023b; DULLIUS, 2007; HANTZIDIAMANTIS e LAPPIN, 2022; GOSMANOV et al., 2021).

O tratamento do diabetes é complexo e multifacetado, e deve incluir acompanhamento profissional de caráteres nutricional, médico e potencialmente farmacológico. É positivo que haja o monitoramento da saúde mental dos pacientes diabéticos, que constituem grupo de maior vulnerabilidade a problemas nessa esfera, como depressão, ansiedade, transtornos alimentares, estresse crônico e comprometimento cognitivo. As medidas tomadas para gerenciar o diabetes são compostas por: tratamento farmacológico, com medicamentos controladores de glicemia e aplicação de insulina exógena; plano alimentar, que deve desfavorecer a chance de obesidade; exercício físico regular e planejado, para que seja evitado o sedentarismo; educação do indivíduo com diabetes para propiciar melhores entendimento da doença e capacidade de autogerenciamento; manutenção, monitoramento e, quando necessário, tratamento relativo à saúde mental. No caso do DM2, dieta e nível de atividade física adequados têm efeito preventivo, podendo retardar ou mesmo evitar o estabelecimento da doença (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2023b).

Devido à importância da atividade física para o gerenciamento do diabetes, é interessante delinear dois conceitos: atividade física e exercício físico. Atividade física é qualquer ação corporal no sentido de movimento que gaste energia através dos músculos esqueléticos. Exercício físico é a estruturação e organização da atividade física a fim de melhorar ou manter a condição física do indivíduo que realiza essa atividade (CASPERSEN et al. 1985). Dessa forma, o exercício físico deve ser amplamente utilizado no tratamento e na prevenção do diabetes, superando a potencial falta natural de atividade física da rotina dos indivíduos.

O motivo de a atividade física ser essencial no manejo do diabetes é a sua influência nos níveis de glicemia. A atividade física possui efeito notório de redução de glicemia, e isso ocorre devido à ativação muscular utilizar, de algumas formas, glicose como substrato energético em seu metabolismo. Apesar de essa glicose não ser inteiramente proveniente diretamente da corrente sanguínea no momento da atividade, uma parte significativa é. A passagem da glicose para o interior da célula muscular é mediada por um transportador insulino-sensível chamado GLUT4. Em condições de repouso, o GLUT4, que é armazenado em vesículas na membrana celular, é ativado pela insulina para que possa ser deslocado para fora das vesículas e para a superfície da célula e realizar a absorção da glicose por difusão facilitada. No entanto, durante a atividade física, a expressão do GLUT4 na superfície da membrana celular é significativamente aumentada, tanto em decorrência da exocitose quanto da supressão da endocitose desse transportador. O aumento da perfusão sanguínea decorrente da vasodilatação periférica também influencia positivamente na absorção de glicose pelas células musculares, uma vez que é aumentada a superfície de contato entre o sangue e as células, possibilitando maior contato da insulina, que age em conjunto com a contração muscular para o aumento da expressão de GLUT4 nesse caso, com as vesículas e da glicose com o GLUT 4 presente na superfície da membrana celular (PEREIRA et al., 2017).

É importante notar que nem todo esforço é fisiologicamente igual. Exercícios, dependendo de variáveis como tempo de execução, continuidade e intensidade, tem potenciais diferenças fisiológicas entre si. Isso ocorre devido à natureza de cada uma das principais vias metabólicas do corpo, que são responsáveis por fornecer energia para as



células musculares, de diferentes formas e a passos distintos. O perfil de atuação dessas vias metabólicas durante o esforço definirá a sua predominância energética, aeróbica ou anaeróbica. São essas vias: a da fosforilação oxidativa, a glicolítica e a dos fosfagênios. Exercícios em que as vias glicolítica e dos fosfagênios predominam são chamados de anaeróbicos, e aqueles onde predomina a fosforilação oxidativa são chamados de aeróbicos (CHAMARI e PADULO, 2015).

Deve-se pontuar que as definições exatas para exercícios aeróbicos e anaeróbicos não são unânimes. Há discussão entre autores a respeito dos pontos em que ocorre a transição de um tipo para o outro, e até mesmo o questionamento da própria terminologia ser ou não adequada e prática, devido, principalmente, à dificuldade de se precisar as contribuições de cada via metabólica para dado esforço físico. Levando isso em conta, é interessante mencionar a proposição de Chamari e Padulo (2015) para a categorização do exercício, tendo como base o esforço máximo e sua duração. Segundo esses autores, o esforço pode ser classificado de três formas: explosivo, de intensidade máxima até 6 segundos (predominância dos fosfagênios); alta-intensidade, de intensidade máxima de 6 segundos a 1 minuto (predominância da glicólise anaeróbica); intensivo em resistência, com duração superior a 1 minuto (predominância da fosforilação oxidativa).

Exercícios realizados sob a forma de cada modalidade de esforço geram impactos potencialmente diferentes no metabolismo da glicose, podendo assim ser modulados em função de um objetivo específico de controle glicêmico, a depender da situação e da necessidade de cada indivíduo em diferentes momentos (HARGREAVES e SPRIET, 2020). Dessa forma, é evidente que a compreensão dos efeitos do exercício físico em suas variações sobre a glicemia se faz profícua para a otimização do controle glicêmico e, por conseguinte, do tratamento e da prevenção do diabetes mellitus.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o impacto agudo do exercício nos níveis de glicemia dos indivíduos, com ou sem diabetes.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar como cada forma de exercício, aeróbico e anaeróbico/resistido, afeta os níveis de glicemia;

Elucidar aspectos a respeito da intensidade e das janelas de duração desses efeitos;

Esclarecer a relação entre os efeitos agudos do exercício físico e diabetes nos âmbitos teórico e prático.

## 2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura com base em artigos científicos, nas formas de ensaios clínicos e revisões, que abordassem o efeito do exercício físico, em suas formas e circunstâncias possíveis, sobre os níveis de glicemia. Esses artigos foram obtidos através de busca nas bases de dados PubMed, Scielo e Google Acadêmico, além de busca manual em periódicos. As buscas foram feitas nos idiomas inglês e português, utilizando as palavras-chave *glycemia*, *glucose*, *levels*, *exercise*, *aerobic*, *anaerobic*, *resistance* e *effects*, além de termos equivalentes traduzidos para o português: glicemia, glicose, níveis, exercício, aeróbico, anaeróbico, resistência e efeitos. Foram incluídos estudos publicados até dez anos atrás, e procurou-se manter o foco desta revisão em estudos dos últimos cinco anos. Artigos anteriores foram eventualmente usados para fins de comparação. Foram selecionados 23 artigos.

### 3 RESULTADOS

Estudo	Tipo	Principais achados
ADAMS, P. O., 2013.	Revisão bibliográfica	Exercícios de alta intensidade em curta duração melhoram níveis de glicemia em diabéticos e não-diabéticos por até 3 dias. É improvável que exercícios de alta intensidade causem hipoglicemia durante e imediatamente após as sessões.
COCKCROFT, E. J. et al., 2019.	Revisão bibliográfica	Esta revisão apresenta estratégias para que seja evitada a hipoglicemia induzida por exercício em indivíduos com diabetes tipo 1. Sabe-se pouco, ainda, sobre a prevalência de hipoglicemia nesse cenário.
FLORES-OPAZO, M. et al., 2020.	Revisão bibliográfica	O GLUT4 se apresenta como fator-chave na absorção da glicose pela célula muscular durante e após o exercício. Sua expressão é aumentada pelo exercício, e esse aumento se traduz em uma maior sensibilidade à insulina.
HEDEN, T. D. et al., 2014.	Ensaio clínico	O exercício pós-prandial se mostrou mais eficaz em reduzir concentrações de glicose e triacilglicerol sanguíneos pós-prandiais. Exercícios pré e pós-prandiais reduziram glicemia pós-prandial.
HUIFEN, Z. et al., 2022.	Ensaio clínico	O exercício resistido moderado regular se mostrou uma estratégia eficiente e segura para gerenciamento da glicemia, do uso de insulina, do ganho de peso e da pressão sanguínea em pacientes com diabetes mellitus gestacional. Mais estudos são necessários nessa área.
MUNAN, M. et al., 2020.	Revisão bibliográfica	O exercício apresenta efeitos positivos tanto crônicos como agudos no perfil de glicemia 24h de indivíduos com DM2. O horário do exercício e o sexo dos indivíduos podem ser fator causador de heterogeneidade nos benefícios obtidos.
MURRAY, B.; ROSENBLOOM, C., 2018.	Revisão bibliográfica	A reconstrução supercompensatória dos estoques de glicogênio muscular está ligada a volumes de treino adequados, descanso suficiente e alimentação rica em carboidratos. O consumo de carboidratos é especialmente importante para o caso de treinos mais frequentes.
PORTER, J. W. et al., 2020.	Ensaio clínico	Exercício aeróbico moderado causa quedas expressivas de glicemia, em indivíduos diabéticos e não diabéticos. Apesar de concentrações de glicose menores que 60 mg/dl durante o exercício, indivíduos tendem a permanecer assintomáticos.
RAHMAN, M. S. et al., 2021.	Revisão bibliográfica	Este artigo descreve o papel da insulina em diversos processos fisiológicos, incluindo o controle homeostático, assim como no funcionamento de diversos órgãos do corpo. Ainda há muito o que explorar sobre a insulina, especialmente em casos de hiperinsulinemia, hipoglicemia e terapias relacionadas à insulina.
RIDDELL, M. C. et al., 2023.	Ensaio clínico	O exercício aeróbico causa maior queda de glicemia em comparação aos exercícios resistido e intervalado de alta intensidade. As três formas de exercício aumentaram o

		tempo em que os indivíduos permaneceram em uma amplitude adequada de glicemia, apesar de leve aumento do tempo abaixo dessa amplitude.
RIX, I. et al., 2019.	Revisão bibliográfica	O glucagon é um fator essencial não apenas no gerenciamento glicêmico, mas também no metabolismo energético além da glicemia. O glucagon aumenta a produção hepática de glicose, contribuindo para o aumento da glicemia.
RODRIGUEZ, B. S. Q. e MAHDY, H., 2023.	Revisão bibliográfica	O diabetes mellitus gestacional é caracterizado por qualquer nível de intolerância à glicose diagnosticado pela primeira vez durante a gravidez. Este artigo discute a fisiopatologia do tipo de diabetes em questão.
RYNDERS, C. A. et al., 2014.	Ensaio clínico	A prática de exercício gera efeitos positivos agudos na glicemia e na sensibilidade à insulina de indivíduos pré-diabéticos. Efeitos são dose-dependentes em relação à intensidade do exercício realizado.
SOLOMON, T. P. J. et al., 2019.	Ensaio clínico	A prática de exercício logo após o café da manhã mostrou benefícios no controle glicêmico. Intensidades maiores apresentam maior potencial para melhoras nesse controle, apesar de nem sempre serem implementadas devido à apresentação de mal-estar durante a prática, à pouca praticidade e ao sedentarismo pregresso à implementação da estratégia.
SYEDA, U. S. A. et al., 2023.	Revisão bibliográfica	Exercícios aeróbicos regulares ajudam no gerenciamento glicêmico. Exercícios de resistência melhoram a sensibilidade à insulina em indivíduos com DM2. Interromper períodos de inatividade com pequenas doses de exercício ou tempo em pé melhora o controle glicêmico e a ação da insulina. Atividade física pós-prandial reduz a glicemia. A prática de exercícios à tarde ou no início da noite pode ser benéfico para o controle glicêmico e a sensibilidade à insulina.
TAHERI, N. e MOHAMMAD, H. K., 2018.	Ensaio clínico	O alongamento passivo se mostrou eficaz em reduzir a glicemia de indivíduos com DM2. O efeito foi decrescente, no entanto durou até 1 hora após a prática.
TANWAR, M. et al., 2023.	Revisão bibliográfica	O alongamento, assim como exercícios aeróbico, resistido e intervalado de alta intensidade, apresenta benefícios agudos de redução da glicemia. Estudos futuros são necessários para definir protocolos de implementação estratégica do alongamento passivo no gerenciamento do DM2.
TELES, G. O. et al., 2022.	Ensaio clínico	O exercício intervalado de alta intensidade apresentou maiores benefícios agudos relativos à glicemia e à pressão arterial em indivíduos com DM2, em comparação ao exercício aeróbico de intensidade moderada.
VENKATASAMY, V. V. et al., 2013.	Revisão bibliográfica	A atividade física claramente proporciona benefícios expressivos para os indivíduos com diabetes, e constitui forma insubstituível de tratamento da condição, devido a

		uma variedade de mecanismos. A combinação do exercício com outras frentes de tratamento é essencial para o gerenciamento adequado do diabetes.
VIEIRA, A. F. et al., 2016.	Revisão bibliográfica	O exercício em jejum induz um aumento no metabolismo das gorduras para a produção energética, o que parece levar a menores variações na glicemia e na sensibilidade à insulina, em comparação com o exercício pós-prandial.
XIE, Y. et al., 2022.	Ensaio clínico	O exercício resistido apresentou benefícios relativos à glicemia para mulheres com diabetes mellitus gestacional. O exercício resistido apresenta maiores índices de aderência em comparação ao exercício aeróbico, e deve ser popularizado como estratégia de gerenciamento do diabetes mellitus gestacional.
YARDLEY, J. E. et al., 2013.	Ensaio clínico	O exercício resistido causa uma menor queda de glicemia durante a atividade, mas está associado a reduções mais prolongadas no período pós exercício, em comparação ao exercício aeróbico.
ZAHALKA S. J. et al., 2023.	Revisão bibliográfica	O exercício é fator essencial a ser incluído em estratégias de gerenciamento do diabetes. Sua prática proporciona redução das complicações relacionadas ao diabetes, através do melhor controle glicêmico e do aumento da sensibilidade à insulina.

## 4 EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA GLICEMIA

### 4.1 O EXERCÍCIO FÍSICO NO METABOLISMO DA GLICOSE

Tratando-se do metabolismo da glicose, um componente-chave a se considerar é, como já mencionado, o GLUT4: uma proteína que desempenha o papel de transportador de glicose no sarcolema. Na presença do GLUT4, a absorção de glicose pela célula muscular é aumentada. Em contraste com uma proteína semelhante, o GLUT1, que está por trás majoritariamente do transporte de glicose em condições basais, o GLUT4 é, entre outros fatores, regulado pela insulina e pela contração muscular. Essa regulação ocorre tanto na forma do aumento da translocação do GLUT4 na célula muscular quanto na do aumento da atividade dessa proteína, apesar de não haver entendimento completo acerca dos mecanismos fisiológicos responsáveis por essas ocorrências. Sessões de exercício mais longas tendem a gerar, de forma aguda, maiores níveis subsequentes de translocação de GLUT4 no sarcolema. Analogamente ao efeito de aumento que o exercício exerce nos níveis de GLUT4, a ausência de atividade muscular está ligada a reduções nos níveis de GLUT4 na célula muscular. Essas adaptações também parecem ocorrer, por mecanismos diferentes, de forma crônica seguindo a mesma lógica: a atividade muscular frequente aumenta esses níveis, enquanto a falta dela, especialmente por razões como deservação do músculo, os diminui. Outro fator, também não compreendido em sua totalidade em termos de mecanismos fisiológicos, que influencia a translocação do GLUT4 é a presença, ou a falta, do glicogênio. Quando há depleção em algum grau dos estoques de glicogênio muscular, parece haver maior expressão de GLUT4. Essa observação é cadente com o fato de que, após baixa do glicogênio causada por exercício, o glicogênio precisa ser ressintetizado no músculo — processo que é facilitado pela absorção da glicose pela célula muscular. Deve-se também destacar que uma maior expressão do GLUT4 na membrana celular está relacionada a, além de maior ação da insulina, maiores ressíntese e consequente acúmulo de glicogênio muscular, podendo caracterizar efeito supercompensatório (FLORES-OPAZO et al., 2020).

É interessante notar que a ressíntese completa do glicogênio muscular, incluindo potencial supercompensação, pode levar de 24 a 72 horas (MURRAY e ROSENBLOOM, 2018), o que se mostra em consonância com o aumento temporário da expressão do GLUT4 na célula muscular, que dura de 18-24 horas (FLORES-OPAZO et al., 2020).

Possivelmente, a supercompensação da ressíntese de glicogênio não depende da maior absorção da glicose que seria realizada pelo aumento da translocação do GLUT4, parecendo assim ser suficientes outras formas de transporte de glicose para o interior da célula.

O GLUT4, no entanto, não se encontra apenas na célula muscular, sendo também encontrado em outros tipos de tecido, especialmente no tecido adiposo. Sua presença nesse tecido se mostra relevante para o controle glicêmico geral do corpo. Regimes de exercícios estão relacionados a ação melhorada da insulina no tecido adiposo, potencialmente em razão do aumento dos níveis de GLUT4 nesse tecido. Em indivíduos com DM2, o exercício (por quatro semanas ou mais) parece ser capaz de provocar esse aumento da presença do GLUT4 no tecido adiposo. Além disso, o GLUT4 está presente também no cérebro, especialmente em áreas relacionadas a controle glicêmico, onde sua presença parece ser chave para o controle do metabolismo de glicose do organismo (FLORES-OPAZO et al., 2020).

## 4.2 INSULINA, GLUCAGON E EXERCÍCIO

A insulina é um hormônio peptídeo secretado pelas células beta do pâncreas, sendo um dos principais meios de controle glicêmico pelo organismo. Frequentemente, a insulina é utilizada, de forma exógena, em tratamentos de patologias que envolvem distúrbios no metabolismo da glicose. A biossíntese e a secreção desse hormônio são reguladas predominantemente pelos níveis de glicose da corrente sanguínea. Eventos como a ingestão de alimento, especialmente de carboidratos, desencadeiam a secreção da insulina. O principal efeito da insulina é o aumento da absorção de glicose pelo fígado e pelo tecido muscular, onde ocorre glicogenogênese, e pelo tecido adiposo. Além da geração de glicogênio, a insulina promove a síntese proteica e a lipogênese, sendo assim caracterizada como um hormônio anabólico. A deficiência da produção de insulina impossibilita a absorção da glicose a níveis adequados, tendendo a estimular a obtenção de energia advinda da gordura, o que gera a liberação de cetonas na corrente sanguínea e faz com que um quadro crônico de cetoacidose seja provável, quadro esse que se vê com maior frequência em indivíduos com DM1. Além de seu efeito hipoglicemiante, a



insulina é responsável por diversos outros que não serão detalhados neste trabalho, ocorrentes em órgãos como o cérebro, o coração, os rins, os ossos, a pele e os folículos capilares, incluindo também a regulação da ação aterogênica nos vasos sanguíneos (RAHMAN et al, 2021).

A resistência à insulina é caracterizada pela insuficiência da ação da insulina normalmente secretada, criando a necessidade de mais insulina no sangue para a absorção da glicose do que o normal. Esse quadro de baixa sensibilidade à insulina caracteriza o DM2, em que, ao contrário do DM1, há a secreção da insulina, que comumente ocorre de forma aumentada em decorrência do quadro de resistência à insulina, gerando um quadro de hiperinsulinemia que está ligado a vários tipos de patologias de natureza cardiovascular (RAHMAN et al, 2021).

Cerca de um décimo da insulina secretada no corpo é destinada ao tecido adiposo. Sendo assim, esse tecido se faz significativo do ponto de vista metabólico em possíveis episódios de desregulação da glicemia, especialmente em indivíduos obesos, nos quais a proporção de utilização de insulina citada tende a ser consideravelmente maior. Mais de dois terços da glicose utilizada pelo organismo são destinados ao tecido muscular. Baixa função muscular está associada ao diabetes, em consonância com o fato de o controle glicêmico ser prejudicado nesse grupo de indivíduos, tendo em vista o grande gasto energético do tecido muscular, principalmente em situações envolvendo exercício físico (RAHMAN et al, 2021).

Um fator de grande influência sobre o funcionamento da insulina no metabolismo é o exercício físico. Uma sessão de exercício moderado provoca, de forma aguda, um aumento de pelo menos 40% na absorção de glicose, que ocorre em decorrência não apenas da expressão aumentada do GLUT4, mas também de um aumento transitório da sensibilidade à insulina ocasionado pelo exercício. Esse aumento pode durar de 12 a 48 horas, o que sugere que uma rotina com exercícios suficientemente frequentes, mesmo que não ocorram em alta intensidade, é capaz de melhorar de forma constante a absorção de glicose e a sensibilidade à insulina de um indivíduo, particularmente em caso de DM2. Além disso, o exercício frequente potencialmente promove perda de peso, especialmente no que tange o tecido adiposo, o que pode, em conjunto com uma maior ação do GLUT4 e uma melhor sensibilidade à insulina, potencializar o efeito positivo

relacionado ao controle glicêmico, podendo em alguns casos até mesmo ocasionar a remissão do quadro de diabetes caso este seja causado predominantemente pela resistência à insulina (VENKATASAMY et al., 2013).

O glucagon, por sua vez, é um hormônio peptídeo essencialmente antagonista em relação à insulina, sendo secretado pelas células alfa do pâncreas e responsável por gerar um efeito hiperglicemiante. Glucagon exógeno também é usado como tratamento na medicina, principalmente em casos de hipoglicemia. Sua principal ação ocorre no fígado, favorecendo a degradação do glicogênio hepático para a obtenção de glicose e a gliconeogênese (processo em que ocorre a síntese de glicose a partir de resíduos provenientes de outras vias metabólicas, como o lactato), ao passo que inibe a glicogenogênese e a glicogênese. Sua atuação, especialmente no fígado, é crucial como mecanismo contrarregulatório relativo à hipoglicemia, e essencial para o fornecimento de glicose no cérebro e no tecido muscular durante a alta demanda energética do exercício físico. De maneira oposta à insulina, o glucagon tem sua secreção estimulada por cenários de baixa glicemia, exercício e jejum. Vale destacar que a ação do glucagon se mostra atada à disponibilidade de glicogênio: quanto mais glicogênio houver para ser degradado, maior a ação hiperglicemiante do glucagon, que tende a ser prejudicada em situações de depleção total ou parcial de glicogênio (RIX et al., 2019).

Distúrbios relacionados não apenas à insulina, mas também ao glucagon estão presentes em ambos os tipos de diabetes. No DM2, o glucagon tende a ser alto, especialmente em jejum, e, em decorrência da resistência à insulina e de um subsequente metabolismo pobre da glicose, a reação de baixa do glucagon após uma ingestão calórica é atenuada. Já no DM1, o glucagon pós-prandial se mantém alto a despeito da glicemia alta, e a capacidade contrarregulatória em eventos de hipoglicemia é baixa: em cenários de baixa da glicose, como durante o exercício (em decorrência da absorção da glicose sanguínea), a secreção de glucagon, que seria responsável por tornar disponível a quantidade adequada de glicose para a manutenção (além do metabolismo basal) do funcionamento do tecido muscular no exercício, é substancialmente menor do que deveria ser. Isso faz com que indivíduos com DM1 sejam consideravelmente mais propensos a quadros de hipoglicemia. No entanto, a relação entre o diabetes e o glucagon ainda não é totalmente compreendida (RIX et al., 2019).

O glucagon e a insulina agem em direções opostas no metabolismo da glicose: enquanto a insulina, que tem sua secreção estimulada por ingestão calórica e altos níveis de glicemia, provoca absorção da glicose e conseqüente diminuição da glicemia, o glucagon, cuja secreção é estimulada pelo exercício, pelo jejum e por baixos níveis de glicemia, gera efeito hiperglicemiante. Essa oposição é possivelmente a mais significativa forma de controle glicêmico no organismo. O exercício desempenha um papel importante nessa interação: ao aumentar a sensibilidade à insulina e facilitar a absorção da glicose, o exercício tende a propiciar circunstâncias melhores para a secreção adequada de glucagon, especialmente em indivíduos diabéticos. Sendo assim, é profícua a adoção do exercício físico no gerenciamento da glicemia.

#### 4.3 IMPACTOS DO EXERCÍCIO NA GLICEMIA

Tanto exercício aeróbico quanto resistido proporcionam um aumento na absorção da glicose sanguínea para dentro das células musculares e de outros tecidos. Apesar disso, nem sempre o exercício causa queda de glicemia: o aumento da produção endógena de glicose pode contrabalancear a maior absorção provocada pelo exercício, mantendo ou até mesmo fazendo subir o nível de glicemia. Em indivíduos não diabéticos, ilustrando essa ideia, os níveis de glicemia tendem a não apresentar alterações relevantes perante exercício aeróbico de curta duração, justamente em decorrência do aumento da produção hepática de glicose, que compensa o aumento da absorção ocasionado pelo exercício. Em indivíduos com DM2, o cenário tende a ser diferente: devido a níveis maiores de glicemia e de resistência à insulina, a absorção da glicose pela célula muscular costuma ser maior, superando assim a produção hepática de glicose, fazendo com que a glicemia efetivamente caia (ADAMS, 2013).

O metabolismo da glicose também é afetado por catecolaminas, como a epinefrina e a norepinefrina. Em cenários de atividade aeróbica de longa duração (2 horas ou mais) ou anaeróbica, como corridas de alta intensidade ou exercícios resistidos, as catecolaminas são responsáveis por aumentar a produção endógena de glicose através da glicogenólise. Durante exercícios de alta intensidade (>80% do VO<sub>2</sub> máximo), há um aumento na glicemia, que pode permanecer por até 1 hora após o fim da atividade

muscular, devido ao efeito das catecolaminas, que, através da maior glicogenólise, faz com que a absorção aumentada de glicose não seja suficiente para abaixar ou mesmo manter os níveis de glicose sérica. Após o fim desse período, a secreção de insulina ocorre, aumentando a absorção da glicose sanguínea e possibilitando o início do restabelecimento das reservas de glicogênio muscular. Essa resposta não ocorre propriamente em indivíduos com DM1 em decorrência da inabilidade de produzir e secretar insulina. Após exercício intenso, indivíduos com diabetes apresentam maiores concentrações de glicose sérica nas primeiras 2 horas do período de recuperação, em comparação a não diabéticos. Essa diferença parece ser atenuada de forma significativa pela adaptação dos indivíduos ao exercício realizado. É interessante notar que indivíduos que realizam exercício de alta intensidade apresentam menor tendência a episódios de hipoglicemia durante ou nas primeiras horas da recuperação. No entanto, a probabilidade de hipoglicemia pode ser maior de 14 a 20 horas após o exercício (ADAMS, 2013).

Em indivíduos com DM1, durante o exercício aeróbico de intensidade moderada, tende a ocorrer queda considerável nos níveis de glicemia, enquanto o contrário ocorre em exercícios de alta intensidade como o resistido ou o HIIT (treino intervalado de alta intensidade) (RIDDELL et al., 2023). No entanto, em estudo conduzido por Ridell et al., 2023, ambas as formas de exercício resultaram em redução da glicemia durante o exercício ( $-18 \pm 39$ ,  $-14 \pm 32$ , e  $-9 \pm 36$  mg/dL nos exercícios aeróbico, intervalado e resistido, respectivamente). Os autores consideram como potenciais causas para esse fenômeno os fatos de, pelas práticas terem ocorrido em casa, a intensidade do exercício ter sido menor que a esperada — dado corroborado pela medição da frequência cardíaca — e as sessões de exercício não terem sido restritas ao período da manhã ou ao estado de jejum. No entanto, todas as formas de exercício abordadas melhoraram o tempo em que os sujeitos apresentaram glicemia entre 70 e 180 nas 24 horas que sucederam a sessão de exercício em comparação a dias sem prática, melhora que constitui significância clínica para pacientes com DM1.

Os achados Riddell et al., 2023, parecem estar em consonância com os de Yardley et al., 2013, em que exercícios de resistência resultaram em menor queda da glicemia em comparação a exercício aeróbico durante a prática. Além disso, foi medida a glicemia dos participantes durante o período de recuperação. Durante as 3 primeiras horas desse

período, o grupo que realizou exercício aeróbico apresentou maior aumento de glicemia em relação ao grupo de resistência, o que levou a maiores concentrações de glicose entre 3 e 6 horas após o exercício. Os níveis de glicose se mostraram mais estáveis e mais saudáveis na recuperação do exercício resistido do que na do aeróbico, e ambos apresentaram melhores resultados quando comparados a nenhum exercício. Foi constatada uma maior tendência a hipoglicemia branda durante o sono no grupo de exercício resistido, apesar de não ter sido considerada estatisticamente significativa no estudo. Os autores destacam que o período de adaptação à implementação, intensificação ou mudança de regimes de exercício está associado a maior frequência de episódios hipoglicêmicos.

Com relação a indivíduos com DM1, homens apresentam maior queda de glicemia durante o exercício que mulheres, possivelmente por mulheres preferirem se exercitar com menos insulina circulante para mitigar a necessidade de ingestão de carboidratos, com o propósito de gerenciamento de peso (RIDDELL et al., 2023).

Uma menor frequência cardíaca basal foi associada a maiores quedas de glicemia durante o exercício em indivíduos com DM1, o que está em consonância com o fato de indivíduos de maior aptidão física apresentarem a mesma tendência, tendo em vista que o nível de aptidão física está inversamente relacionado à frequência cardíaca basal (RIDDELL et al, 2023).

Os efeitos do exercício não se restringem aos períodos durante e logo após o exercício. Com apenas 15 minutos de exercício intenso no decorrer de duas semanas, já é possível constatar mudanças significativas de sensibilidade à insulina em indivíduos não diabéticos, o que ocorre mesmo sem a presença da perda de peso, que seria um fator a influenciar positivamente nesse parâmetro. Possivelmente, a causa para esse efeito é maior necessidade de glicose pelo músculo para o restabelecimento das reservas depletadas de glicogênio. Estima-se que a melhora glicêmica causada pelo exercício, tanto aeróbico quanto de resistência, é comparável àquela induzida por certos medicamentos antidiabéticos em indivíduos com DM2 (ADAMS, 2013).

Exercício realizado a curto prazo (2 semanas ou menos) ocasiona redução da glicemia pós-prandial, mas não da glicemia de jejum. Essa diferença pode ser devida a

viés estatístico, por estudos de curto prazo incluírem com pouca frequência a medida da glicose em jejum. Já em exercícios a longo prazo (2 meses ou mais), é possível observar melhora nas medidas de glicemia em jejum, mas é difícil desligar esse efeito da perda de peso dos indivíduos, tendo em vista a influência de mudanças no peso sobre os fatores que influenciam a glicemia (MUNAN et al., 2020).

A prática de exercícios após refeições parece ter maior efeito de redução da glicemia que quando comparado à prática antes, havendo maior redução da glicemia pós-prandial. No entanto, essa diferença não tem grande duração, ficando evidente por apenas algumas horas (HEDEN et al, 2014).

O treino intervalado de alta intensidade (HIIT) promove maior redução na glicemia em comparação ao exercício contínuo de intensidade moderada já no início do período de recuperação, especialmente quando é realizado com durações maiores. Além disso, vale destacar que o exercício aeróbico em intensidades baixa e moderada é mais dependente do eixo glucagon-insulina para controle da glicemia, enquanto o exercício de alta intensidade, devido à ativação simpática do sistema nervoso, depende mais de catecolaminas para esse propósito. Dessa forma, o equilíbrio glicêmico é menos suscetível a perturbações induzidas por medicamentos hipoglicemiantes durante o exercício intenso em comparação ao exercício aeróbico de intensidade moderada (TELES et al., 2022). Em concordância com TELES et al., 2022, estudo anterior, de Rynders et al., 2013, sugere que exercício de alta intensidade apresenta maior efeito de aumento da sensibilidade à insulina do que exercício de intensidade moderada.

O estado nutricional constitui aspecto relevante para os efeitos do exercício sobre a glicemia. Quando realizado após ingestão de carboidratos, em comparação com sua realização durante estado de jejum, resultou em maior queda de glicemia pós-exercício (diferença de cerca de 14 mg/dL). Essa diferença provavelmente se dá em decorrência de maiores concentrações sanguíneas de insulina antes do exercício executado após ingestão de carboidratos, o que faria com que a glicemia tendesse mais à queda em comparação a um cenário de jejum. Além disso, uma maior disponibilidade de glicose possibilita maior absorção desse substrato energético pelo músculo durante a sua contração, fenômeno que também parece justificar a maior queda da glicemia em exercícios realizado após ingestão de carboidratos (VIEIRA et al., 2016).

A hora da realização do exercício, relativa às refeições, é de grande importância ao se considerar impactos sobre a glicemia. Exercícios pós-prandiais são considerados mais eficientes em propiciar um bom gerenciamento da glicemia, em função de atenuarem os picos glicêmicos ocasionados pelas refeições, com grandes e consistentes benefícios especialmente quando realizados em durações de 45 minutos ou mais (SYEDA et al., 2023). Exercícios realizados imediatamente após uma refeição garantem maior queda e menor variabilidade na glicemia, em comparação com quando realizados antes da refeição ou 30 minutos depois. Mesmo simplesmente ficar em pé em vez de sentado nessa janela de tempo relativa à refeição é suficiente para gerar esse efeito. Os benefícios progridem crescentemente com o aumento da intensidade dos exercícios realizados. No entanto, alguns fatores devem ser levados em consideração ao se pensar na implementação de exercícios de natureza mais intensa após as refeições: o exercício intenso pode não ser prático nessa situação, tendo em vista o horário, o local e as circunstâncias da alimentação; a baixa adaptação de indivíduos sedentários pode gerar problemas durante a execução dos exercícios, além da possibilidade de dissuasão; náusea pode se estabelecer em virtude da realização de exercício intenso logo após uma refeição, especialmente no caso refeições maiores (SOLOMON et al., 2019).

Apesar de exercícios de duração mais longa serem mais eficazes para o propósito de controle glicêmico, foi demonstrado que exercícios de curta duração, mesmo que de baixa intensidade, espalhados após as refeições ao longo do dia apresentam efeito positivo ao atenuar picos glicêmicos. Tais exercícios incluem, por exemplo, séries de 1 minuto de trote leve totalizando 4 minutos 20 vezes no dia e séries de 15 minutos de exercício a 3 METs (SYEDA et al., 2023).

O momento do dia em que são realizadas as sessões de exercício também influenciam no impacto sobre a glicemia. Exercícios feitos durante a tarde ou no início da noite parecem ter maiores efeitos fisiológicos sobre as concentrações de glicose sanguínea e a sensibilidade à insulina. No entanto, não há unanimidade a este respeito. Apesar de maiores benefícios no aspecto fisiológico quando o exercício é feito à tarde ou à noite, deve-se pontuar que exercícios feitos pela manhã apresentam maiores índices de aderência em comparação com outros períodos do dia, o que muitas vezes torna válido optar pelo exercício matutino (SYEDA et al., 2023).

Uma prática que curiosamente parece exercer influência na glicemia é o alongamento passivo. Fica definida como alongamento estático a manutenção de posição difícil na qual um ou mais músculos permaneçam em estado alongado, sem dor ou desconforto, sem o movimento da extremidade do músculo. Esse alongamento pode ser realizado pelo próprio indivíduo, sendo assim ativo, ou por outra pessoa, caracterizando assim alongamento passivo. Sessões de 20 a 40 minutos de alongamento passivo, excluindo-se períodos de aquecimento e volta à calma, proporcionam reduções significativas nos níveis de glicose sérica em indivíduos com DM2. Uma possível explicação tal efeito é o aumento do metabolismo da glicose causado por estímulos mecânicos como o alongamento muscular (TANWAR et al., 2023; TAHERI et al, 2016).

#### 4.4 HIPOGLICEMIA INDUZIDA POR EXERCÍCIO

A hipoglicemia não se dá somente em decorrência do diabetes por si só. Em muitos casos, esse desbalanço glicêmico é provocado ou desencadeado pela atividade muscular, e pode ocorrer também em indivíduos não diabéticos, apesar de ser substancialmente menos frequente nesse grupo em comparação com diabéticos. Devido à demanda aumentada por glicose, que muitas vezes é súbita e drástica, por parte das células musculares, e à maior eficiência da insulina em cenários de exercício, a glicose passa a deixar a corrente sanguínea ao ser absorvida. Dessa forma, caso o organismo não reaja propriamente com recursos contrarregulatórios ou, por qualquer razão, a disponibilidade de carboidratos ou de glicogênio muscular/hepático seja insuficiente, pode se instaurar um quadro de hipoglicemia. A hipoglicemia induzida por exercício pode acontecer durante o exercício, imediatamente após ou durante o período de recuperação, a depender do tipo, da intensidade e da circunstância do exercício realizado e do metabolismo do indivíduo praticante. O exercício aeróbico pode provocar queda imediata e intensa da glicose sérica, causando hipoglicemia durante ou logo após o exercício, enquanto o anaeróbico, por ocasionar a depleção das reservas de glicogênio, e, conseqüentemente, maior tendência de absorção de glicose pelo músculo, tende a provocar hipoglicemia durante o período de recuperação, notadamente durante o período de sono, a depender do horário em que foi realizado (ZAHALKA et al., 2023).



O quadro de hipoglicemia geralmente é caracterizado por sintomas como tontura, confusão, náusea, dor de cabeça e visão embaçada, e existe um impacto direto sobre a performance do exercício. Por isso, é pertinente o organismo humano apresente um sistema estruturado para contrabalancear a baixa da glicemia, pelo menos na maior parte dos casos, para que se possa sustentar a vida e o bom desempenho da contração muscular e das demais funções do corpo (PORTER et al., 2020)

Exercício pós-prandial, quando realizado muito próximo à refeição (menos de 30 minutos depois), tende a provocar maiores quedas de glicemia e, conseqüentemente, constitui um cenário mais propício à hipoglicemia. Episódios hipoglicêmicos nessa circunstância podem ocorrer mesmo em face de níveis adequados de hormônios contrarregulatórios. Respostas glicêmicas similares podem ser observadas também durante exercícios prolongados (cerca de 140 minutos de duração), em decorrência da iminência da exaustão da capacidade de fornecimento de glicose pelas reservas corporais em tempo hábil. Apesar de níveis de glicemia menores que 70 mg/dl, a maior parte dos indivíduos tende a permanecer predominantemente assintomática durante o exercício, o que leva à consideração de que, apesar da baixa concentração de glicose no plasma sanguíneo, o cérebro sente níveis normais dessas concentrações. A queda da glicemia durante o exercício parece ser maior em mulheres com DM2 do que em homens com a mesma condição. Tal efeito pode ser atribuído a melhores respostas de produção de glucagon nos homens do que nas mulheres. Possivelmente por essa razão, mulheres podem ser mais propensas a apresentar hipoglicemia, tendo em vista uma queda significativa na glicemia cerca de 2 horas após um jantar que preceda o exercício pós-prandial (PORTER et al., 2020).

A causa da queda excessiva de glicemia relacionada ao exercício pós-prandial pode ser potencialmente atribuída ao aumento da sensibilidade à insulina, à quantidade de glicose ingerida e à baixa atividade simpática (que resulta em uma resposta mais fraca de secreção de catecolaminas), sendo indivíduos mais sensíveis à insulina mais predispostos a episódios de hipoglicemia nessa circunstância. No entanto, não há unanimidade a esse respeito na literatura, havendo contradições (PORTER et al., 2020). É possível traçar um paralelo com DULLIUS, 2007, que traz a possibilidade de os alimentos ingeridos não terem tido tempo de ser metabolizados para disponibilizar glicose

adicional na corrente sanguínea, além de o aparelho digestivo potencialmente demandar energia a níveis significativos durante a digestão da refeição recém-realizada de forma a afetar a disponibilidade de glicose sérica.

Outro aspecto importante a se considerar quando se fala de hipoglicemia é o uso de medicamentos para controle de glicemia. Indivíduos sob uso dessas medicações, especialmente os indivíduos com DM1, são expressivamente mais suscetíveis à hipoglicemia relacionada ao exercício físico, seja durante ou após o exercício, e também à hipoglicemia noturna (ZAHALKA et al., 2023).

No DM1, a glicemia durante o exercício, especialmente quando realizado em intensidades mais altas, frequentemente se apresenta mais elevada do que o esperado para indivíduos não diabéticos. Devido à ausência de produção endógena de insulina, o aumento glicêmico causado por fatores como o glucagon e as catecolaminas não é oposto por um fator contrarregulatório relativo à hiperglicemia. Dessa forma, a glicemia tende a permanecer alta nessa situação. Em contrapartida, em decorrência da baixa adaptabilidade da insulina exógena em comparação com a endógena, a insulina pode estar presente em excesso na corrente sanguínea durante o exercício, o que faz com que o organismo seja incapaz de contrariar a queda da glicemia via aumento da produção hepática de glicose, ocasionando hipoglicemia. Nesse cenário, repostas como a produção de glucagon e catecolaminas podem se mostrar menores ou mesmo inexistentes, o que torna ainda maior a possibilidade de hipoglicemia. Indivíduos com DM1 apresentam maior tendência a baixas patológicas da glicemia induzida pelo exercício, tanto durante quanto várias horas após a prática. Ainda, esse grupo é mais propenso também a quadros de hiperglicemia durante o exercício e algumas horas após sua realização (COCKCROFT et al., 2019).

#### 4.5 ESTRATÉGIAS CONTRA A HIPOGLICEMIA INDUZIDA POR EXERCÍCIO

Um grande problema ocasionado pela hipoglicemia é o de constituir resistência à prática de exercícios. A hipoglicemia e o pouco conhecimento de estratégias contra esse desbalanço glicêmico constituem um obstáculo imponente para a prática de exercícios, marcadamente para indivíduos com DM1, tendo em vista a maior dificuldade deste grupo

acerca do gerenciamento da glicemia (COCKCROFT et al., 2019) Sendo assim, e levando em conta os diversos benefícios proporcionados pelo exercício aos indivíduos com diabetes, é pertinente que sejam adotadas estratégias que combatam ou tornem menos provável a hipoglicemia, e também que seja promovida a educação acerca do tema para a população em questão.

Antes de se implementarem estratégias específicas, é recomendado realizar verificação profissional de fatores como nutrição, controle glicêmico (especialmente quando realizado com medicamentos). Níveis adequados de substratos energéticos e hidratação são fundamentais para um balanço glicêmico saudável, principalmente durante ou na periferia da realização de exercício físico. A insuficiência calórica na dieta é uma grande causa de hipoglicemia, e deve ser diagnosticada assim que possível. Com uma dieta pobre em macronutrientes, níveis de glicogênio podem diminuir, o que ocasiona uma chance ainda maior de hipoglicemia. Locais de aplicação também devem ser levados em conta, tendo em vista que não se deve aplicar insulina em locais que sofrerão grande estresse muscular, pois o aumento da perfusão sanguínea resulta em uma absorção acelerada da insulina, o que reduz mais rapidamente os níveis de glicose sérica. Complicações do diabetes devem ser consideradas, especialmente em caso de neuropatia autonômica diabética — um tipo de neuropatia que aumenta a prevalência de hipoglicemia e pode resultar em isquemia cardíaca indolor. Neste caso, a avaliação médica é recomendada para guiar a prescrição do exercício. Além disso, o monitoramento e o registro da glicemia durante e na periferia do exercício é de grande ajuda para a escolha da estratégia mais adequada (COCKCROFT et al., 2019).

O exercício pré-prandial, realizado em jejum, é uma boa opção para evitar a hipoglicemia induzida por exercício. Mesmo em cenários de exercício aeróbico moderado, que é notório por causar queda na glicemia, feito por até 45 minutos, não há aumento na probabilidade de eventos hipoglicêmicos relacionados ao exercício realizado em jejum, incluindo o período de 24h subsequente. Em consonância com achados de Syeda et al., 2023, exercícios realizados pela manhã tornam menos provável a hipoglicemia em decorrência do exercício quando comparados a exercícios feitos durante a tarde, provavelmente devido ao efeito do ciclo circadiano sobre o cortisol. Hipoglicemia severa (que requer outro indivíduo para que possam ser administradas substâncias para

a reversão do quadro, como glucagon ou carboidratos) nas últimas 24h constitui contraindicação relativa da realização de exercício na imensa maioria dos casos, pois o risco de nova hipoglicemia é expressivamente maior neste cenário (COCKCROFT et al., 2019).

Há algumas estratégias que podem ser implementadas durante a prática do exercício. Chamada de ExCarb, uma estratégia simples, porém efetiva, consiste na ingestão de pequenas doses de carboidratos de alto índice glicêmico (inicialmente 30 gramas) a cada 60 minutos, com o objetivo de evitar quedas prejudiciais de glicemia. Essa dose pode ser fracionada, em busca de evitar picos de glicemia e subsequentes quedas bruscas, em 10 gramas a cada 20 minutos. A cafeína é contraindicada para o fim de combater a hipoglicemia durante o exercício, a despeito de resultados potencialmente positivos, pois parece provocar instabilidade nos níveis de glicemia nas horas subsequentes. Mais estudos são necessários para precisar o efeito da cafeína para esse fim (COCKCROFT et al., 2019).

Ajustes nas dosagens de insulina basal e naquela aplicada antes e/ou após o exercício são boas opções para evitar a ocorrência de hipoglicemia. A fim de prevenir episódios hipoglicêmicos em decorrência do exercício na manhã do dia seguinte à prática em indivíduos que a experienciam, a ingestão calórica pós-exercício deve ser acompanhada de uma mudança na dose de insulina basal. Outra alternativa é a realização de exercício resistido antes ou depois do exercício aeróbico, assim como de corridas de alta intensidade (predominância anaeróbica), que parecem ter efeito preventivo sobre a hipoglicemia, corroborando a estratégia proposta por Bussau et al., 2006, que consiste na realização de uma corrida de máxima intensidade por 10 segundos a fim de contrariar a queda da glicemia em indivíduos com DM1 após exercício aeróbico de intensidade moderada (COCKCROFT et al., 2019).

#### 4.6 EXERCÍCIO E DIABETES MELLITUS GESTACIONAL

O diabetes mellitus gestacional consiste em qualquer nível de incapacidade do organismo de provocar a absorção da glicose sanguínea (também chamada de intolerância à glicose) detectado pela primeira vez durante a gravidez, que pode gerar

complicações para a mãe e para o feto, além de poder evoluir para outra forma de diabetes logo após a gravidez. A ocorrência de diabetes gestacional gera um aumento de risco de até 60% de desenvolvimento de DM2 nos próximos 10 a 20 anos após a gravidez (RODRIGUEZ E MAHDY, 2023). Mudanças no estilo de vida podem reduzir a evolução do diabetes gestacional para o DM2 em até 35%. O diabetes mellitus gestacional é pouco abordado em pesquisa (XIE et al., 2022).

Para o desenvolvimento de estratégias relacionadas ao exercício para gerenciar o diabetes mellitus gestacional, XIE et al., 2022, conduziu um estudo, na forma de ensaio clínico randomizado, para comparar os efeitos do exercício aeróbico com o exercício resistido como intervenções. Foi implementado um regime de exercícios, aeróbicos ou resistidos, de intensidade moderada, 3x por semana por 6 semanas, em sessões de 50 a 60 minutos. Durante a intervenção, os níveis de glicemia em jejum não diferiram entre o grupo que realizou exercício aeróbico e o grupo que realizou exercício resistido, porém a glicemia pós-prandial apresentou maior redução para o grupo do exercício resistido, apesar de a diferença ter sido pequena (~3 mg/dL). Ambas as formas de exercício foram eficazes em reduzir tanto a glicemia em jejum quanto a pós-prandial (2-h PG). Devido à amostra relativamente pequena (n = 86), diferenças a respeito do uso de insulina nos dois grupos não se mostraram significativas. Não houve diferença significativa entre os dois grupos em relação a desfechos adversos da gravidez. Aderência ao exercício resistido foi maior em comparação ao aeróbico, possivelmente em decorrência do desconforto gerado pelo tamanho aumentado do abdômen.

Huifen et al., 2022, conduziu um estudo, na forma de ensaio clínico randomizado, para determinar o efeito da prática de exercício resistido moderado em mulheres diagnosticadas com diabetes gestacional. O exercício foi realizado 3x por semana, por 6 semanas, em sessões de 50 a 60 minutos. A comparação foi feita com um grupo controle que não realizou nenhuma forma de exercício. Ambos os grupos foram submetidos a uma intervenção que consistia em cuidados pré-natais, educação online e dieta personalizada. Foi possível constatar maiores reduções de glicemia e menor uso de insulina exógena no grupo que realizou exercício resistido. A pressão arterial e a prevenção de ganho de peso também apresentaram melhores resultados para o grupo que realizou exercício. Não houve significância estatística na diferença entre os dois grupos no que diz respeito

a desfechos adversos da gravidez, mas é difícil afirmar que o exercício não exerce influência, devido à amostra reduzida ( $n = 89$ ). De acordo com os autores, o exercício resistido de intensidade moderada é seguro para gestantes, e apresenta uma série de benefícios para mulheres com diabetes mellitus gestacional.

Ficam evidentes os benefícios da prática regular de exercício para mulheres com diabetes mellitus gestacional. O exercício físico constitui estratégia pertinente, seja ele resistido ou aeróbico, para o gerenciamento do diabetes mellitus gestacional. Os autores de ambos os estudos mencionados, no entanto, destacam a necessidade de mais e maiores estudos a respeito do tema, tendo em vista que esse é um tema pouco pesquisado. Principalmente em relação a questões como a influência da realização e do tipo de exercício sobre desfechos adversos da gravidez, e também sobre o uso de insulina exógena por gestantes com diabetes mellitus gestacional, estudos mais robustos serão potencialmente elucidativos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exercício físico apresenta efeitos de grande significância sobre a glicemia, através de diversos mecanismos. Esses efeitos são claramente relevantes para a realização do controle glicêmico, especialmente em indivíduos diabéticos, que dependem do gerenciamento da glicemia para evitar complicações agudas e crônicas potencialmente graves relacionadas ao diabetes.

O exercício aeróbico apresenta efeitos de caráter mais imediatos e de redução da glicemia, enquanto exercícios resistidos ou de alta intensidade, de predominância anaeróbica, tendem a ter efeitos mais duradouros, e são associados a aumento inicial da glicemia, durante e no início da fase de recuperação, só então seguindo-se uma diminuição glicêmica.

Ao se implementar a prática de exercício, tanto como forma de controle da glicemia como para fim lúdico, é pertinente a adoção de alguns cuidados, tendo em vista que o exercício pode aumentar a chance de hipoglicemia, durante ou várias horas após a prática, marcadamente na presença de diabetes mellitus, em especial do tipo 1. Exercícios de alta intensidade estão associados a uma menor probabilidade de ocorrência de episódios hipoglicêmicos. Além disso, há estratégias dentro e fora da prática de exercício que podem ajudar na redução da chance de ocorrência da hipoglicemia induzida por exercício. Os benefícios proporcionados pelo exercício são vastos e numerosos, sendo recomendada sua implementação na rotina de indivíduos que pretendem obter melhor controle glicêmico, salvo em poucos casos de contra-indicação.

Alguns mecanismos fisiológicos da ação do exercício sobre a glicemia ainda carecem de mais estudos para ser completamente compreendidos, assim como certos efeitos do exercício, relacionados a suas variações e circunstâncias, sobre a glicemia. Tal compreensão possibilitaria avanços expressivos na forma como o exercício é empregado no papel do gerenciamento da glicemia, o que traria benefícios não só aos diabéticos, mas a qualquer indivíduo, considerando a primordialidade do metabolismo de glicose para o organismo humano.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. O. **The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels.** *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, v. 6, pp. 113-122, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3587394>>. Acesso em 01 dez. 2023.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. **Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2023.** *Diabetes Care*, v. 46, n. 1, S19-S40, 2023. Disponível em: <[https://diabetesjournals.org/care/article/46/Supplement\\_1/S19/148056/2-Classification-and-Diagnosis-of-Diabetes](https://diabetesjournals.org/care/article/46/Supplement_1/S19/148056/2-Classification-and-Diagnosis-of-Diabetes)>. Acesso em 23: set. 2023.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. **Standards of Care in Diabetes—2023 Abridged for Primary Care Providers.** *Clinical Diabetes*, v. 41, n. 1, pp. 4-31, 2023. Disponível em: <<https://diabetesjournals.org/clinical/article/41/1/4/148029/Standards-of-Care-in-Diabetes-2023-Abridged-for>>. Acesso em: 23 set. 2023.

BUSSAU, V. A.; FERREIRA, L. D.; JONES, T. W.; FOURNIER, P. A. **The 10-s Maximal Sprint: A novel approach to counter an exercise-mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes.** *Diabetes Care*, v. 29, n. 3, p. 601-606, 2006. Disponível em: <<https://diabetesjournals.org/care/article/29/3/601/25409/The-10-s-Maximal-SprintA-novel-approach-to-counter>>. Acesso em 01 dez. 2023.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G. M. **Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research.** *Public Health Reports*, v. 100, n. 2, pp. 126-131, 1985. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733>>. Acesso em: 23 set. 2023.

CHAMARI, K.; PADULO, J. **‘Aerobic’ and ‘Anaerobic’ terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection.** *Sports Medicine – Open*, v. 1, 2015. Disponível em: <<https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-015-0012-1>>. Acesso em: 23 out. 2023.

COCKCROFT, E. J. et al. **Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes.** *Experimental Physiology*, v. 105, n. 4, 2019. Disponível em: <<https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/EP088219>>. Acesso em 01 dez. 2023.



DULLIUS, J. **Diabetes Mellitus**: Saúde - Educação - Atividades Físicas. Brasília: UnB, 2007.

FLORES-OPAZO, M.; MCGEE, S. L.; HARGREAVES, M. **Exercise and GLUT4**. Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 48, n. 3, pp. 110-118, 2020. Disponível em <[https://journals.lww.com/acsm-essr/fulltext/2020/07000/exercise\\_and\\_glut4.2.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/fulltext/2020/07000/exercise_and_glut4.2.aspx)>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GOSMANOV, A. R.; GOSMANOVA, E.O.; KITABCHI, A. E. **Hyperglycemic Crises: Diabetic Ketoacidosis and Hyperglycemic Hyperosmolar State**. Endotext, 2021. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279052>>. Acesso em: 23 set. 2023.

HANTZIDIAMANTIS, P. J.; LAPPIN, S. L. **Physiology, Glucose**. StatPearls, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545201>>. Acesso em: 23 set. 2023.

HARGREAVES, M.; SPRIET, L. L. **Skeletal muscle energy metabolism during exercise**. Nature Metabolism, v. 2, pp. 817–828, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s42255-020-0251-4>>. Acesso em: 25 set. 2023.

HEDEN, T. D. et al. **Postdinner resistance exercise improves postprandial risk factors more effectively than predinner resistance exercise in patients with type 2 diabetes**. Journal of Applied Physiology, v. 118, n. 5, 624-634, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4346741/>>. Acesso em 01 dez. 2023.

HUIFEN, Z. et al. **Effects of moderate-intensity resistance exercise on blood glucose and pregnancy outcome in patients with gestational diabetes mellitus: A randomized controlled trial**. Journal of Diabetes and its Complications, v. 36, n. 5, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056872722000800>>. Acesso em 01 dez. 2023.

INSTITUTE FOR QUALITY AND EFFICIENCY IN HEALTH CARE. **Hyperglycemia and hypoglycemia in type 2 diabetes**. InformedHealth.org, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279510>>. Acesso em: 23 set. 2023.

MATHEW, P.; THOPPIL, D. **Hypoglycemia**. StatPearls, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534841>>. Acesso em: 23 set. 2023.

MATHEW, T. K.; ZUBAIR, M.; TADI, P. **Blood Glucose Monitoring**. StatPearls, 2023. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555976/>>. Acesso em 26 dez. 2023.

MOURI, M.; BADIREDDY, M. **Hyperglycemia**. StatPearls, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430900>>. Acesso em: 23 set. 2023.

MUNAN, M. et al. **Acute and Chronic Effects of Exercise on Continuous Glucose Monitoring Outcomes in Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis**. *Frontiers in Endocrinology*, v. 11, 2020. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2020.00495/full>>. Acesso em 01 dez. 2023.

MURRAY, B.; ROSENBLOOM, C. **Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes**. *Nutrition Reviews*, v. 76, n. 4, pp. 243-259, 2018. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6019055>>. Acesso em: 30 nov. 2023

PEREIRA, R. M. et al. **Molecular mechanisms of glucose uptake in skeletal muscle at rest and in response to exercise**. *Motriz: Revista de Educação Física*, v. 23, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/motriz/a/xQwdfk3DWVGcxX4cxqkXT9s>>. Acesso em: 23 set. 2023.

PORTER, J. W. et al. **Post Meal Exercise May Lead to Transient Hypoglycemia Irrespective of Glycemic Status in Humans**. *Frontiers in Endocrinology*, v. 11, 2020. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2020.00578/full>>. Acesso em 01 dez. 2023.

RAHMAN, M. S. et al. **Role of Insulin in Health and Disease: An Update**. *International Journal of Molecular Science*, v. 22, n. 12, 2021. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8232639>>. Acesso em: 23 set. 2023.

RIDDELL, M. C. et al. **Examining the Acute Glycemic Effects of Different Types of Structured Exercise Sessions in Type 1 Diabetes in a Real-World Setting: The Type 1 Diabetes and Exercise Initiative (T1DEXI)**. *Diabetes Care*, v. 46, n. 4, pp. 704-713, 2023. Disponível em: <<https://diabetesjournals.org/care/article/46/4/704/148382/Examining-the-Acute-Glycemic-Effects-of-Different>>. Acesso em 01 dez. 2023.

RIX, I.; NEXØE-LARSEN, C.; BERGMANN, N. C.; LUND, A.; KNOP, F. K. **Glucagon Physiology**. *Endotext*, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279127/>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

RODRIGUEZ, B. S. Q.; MAHDY, H. **Gestational Diabetes**. *StatPearls*, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545196/>>. Acesso em 01 dez. 2023.

RYNDERS, C. A. et al. **Effects of Exercise Intensity on Postprandial Improvement in Glucose Disposal and Insulin Sensitivity in Prediabetic Adults**. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 99, n. 1, p. 220–228, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3879669/>>. Acesso em 01 dez. 2023.

SOLOMON, T. P. J.; TARRY, E.; HUDSON, C. O.; FITT, A.; LAYE, M. J. **Immediate post-breakfast physical activity improves interstitial postprandial glycemia: a comparison of different activity-meal timings**. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, v. 472, p. 271–280, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00424-019-02300-4>>. Acesso em 01 dez. 2023.

SYEDA, U. S. A.; BATILLO, D.; VISARIA, A.; MALIN, S. K. **The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes**. *American Journal of Medicine Open*, v. 9, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667036423000018>>. Acesso em 01 dez. 2023.

TAHERI, N.; MOHAMMAD, H. K.; GHOLAMZERAM, J. A.; HESHMATIPOUR, M. **The effects of passive stretching on the blood glucose levels of patients with type 2 diabetes**. *Journal of Bodywork and Movement Therapy*, v. 23, n. 2, pp. 394-398, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31103126/>>. Acesso em 01 dez. 2023.

TANWAR, M.; SIKKA, G.; JAIN, D. **Effect of stretching exercises on blood glucose levels in patients with type 2 diabetes mellitus: a brief review.** International Journal of Research in Medical Sciences, v. 11, n. 5, 2023. Disponível em: <<https://www.msjonline.org/index.php/ijrms/article/view/11881/7791>>. Acesso em 01 dez. 2023.

TELES, G. O. et al. **HIIE Protocols Promote Better Acute Effects on Blood Glucose and Pressure Control in People with Type 2 Diabetes than Continuous Exercise.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 5, 2022. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8909767/>>. Acesso em 01 dez. 2023.

VENKATASAMY, V. V. et al. **Effect of physical activity on insulin resistance, inflammation and oxidative stress in diabetes mellitus.** Journal of Clinical Diagnostic Research, v. 7, n. 8, pp. 1764-1766, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3782965/>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

VIEIRA, A. F. et al. **Effects of aerobic exercise performed in fasted v. fed state on fat and carbohydrate metabolism in adults: a systematic review and meta-analysis.** British Journal of Nutrition, v. 116, n. 7, pp. 1153–1164, 2016. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/effects-of-aerobic-exercise-performed-in-fasted-v-fed-state-on-fat-and-carbohydrate-metabolism-in-adults-a-systematic-review-and-metaanalysis/OEA2328A0FF91703C95FD39A38716811>>. Acesso em 01 dez. 2023.

XIE, Y. et al. **Effects of resistance exercise on blood glucose level and pregnancy outcome in patients with gestational diabetes mellitus: a randomized controlled trial.** BMJ Open Diabetes Research & Care, v. 10, n. 2, 2022. Disponível em: <<https://drc.bmj.com/content/10/2/e002622>>. Acesso em 01 dez. 2023.

YARDLEY, J. E. et al. **Resistance Versus Aerobic Exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes.** Diabetes Care, v. 36, n. 3, 537-542, 2013. Disponível em: <<https://diabetesjournals.org/care/article/36/3/537/38023/Resistance-Versus-Aerobic-ExerciseAcute-effects-on>>. Acesso em 01 dez. 2023.

ZAHALKA S. J.; ABUSHAMAT, L. A.; SCALZO, R. L.; REUSCH, J. E. B. **The Role of Exercise in Diabetes.** Endotext, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549946/>>. Acesso em 01 dez. 2023.