



FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE D
COIMBRA

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA – TRABALHO FINAL

CLÁUDIA MACHADO DIAS DA SILVA

***Diabetes tipo 1 e exercício físico: Quais as estratégias para
minorar os riscos e potenciar o desempenho?***

ARTIGO DE REVISÃO NARRATIVA

ÁREA CIENTÍFICA DE ENDOCRINOLOGIA E NUTRIÇÃO

Trabalho realizado sob a orientação de:
Mestre Adriana Lages
Professora Doutora Maria Leonor Gomes

FEVEREIRO/2023

DIABETES TIPO 1 E EXERCÍCIO FÍSICO: QUAIS AS ESTRATÉGIAS PARA MINORAR OS RISCOS E POTENCIAR O DESEMPENHO?

Artigo de revisão narrativa

Cláudia Machado Dias da Silva¹, Mestre Adriana Margarida de Sousa Lages^{1,2},
Professora Doutora Maria Leonor Viegas Gomes^{1,3}

1- Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

2-Hospital de Braga, Braga, Portugal

3-Serviço de Endocrinologia e Nutrição do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Coimbra, Portugal

Contacto: claudiamachadodias@hotmail.com

Trabalho final do 6º ano médico com vista à atribuição do grau de mestre no âmbito do ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Medicina.

Área científica: Endocrinologia e Nutrição

FEVEREIRO 2023 | COIMBRA

Cláudia Machado Dias da Silva

Índice

RESUMO	5
PALAVRAS-CHAVE.....	5
ABSTRACT	6
KEYWORDS.....	6
ABREVIATURAS.....	7
INTRODUÇÃO	8
METODOLOGIA	10
DISCUSSÃO	11
1. Definição e epidemiologia DM1	11
2. Fisiologia do exercício e resposta pancreática	12
3. Exercício, controlo metabólico e complicações micro/macrovaskulares na DM1	13
4. Exercício e impacto metabólico	16
4.1 Tipo de exercício e efeito glicémico	20
4.2 Intensidade exercício e efeito glicémico	22
4.3 Momento da realização do exercício e efeito glicémico.....	23
5. Estratégias a adotar durante exercício:	24
5.1 MDI (múltiplas administrações diárias de insulina com caneta).....	26
5.2 PCSI (perfusão contínua subcutânea de insulina).....	26
5.3 Estratégias nutricionais e de suplementação	30
5.4 Estratégias de exercício	33
6. Uso de tecnologias e exercício.....	34
7. Estratégias de compromisso e persistência com prática de exercício na doença crónica	36
CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	40

Índice das Tabelas

Tabela 1: Exercício e complicações DM1²⁰	15
Tabela 2: Recomendações sobre o exercício para indivíduos portadores de DM1²	16
Tabela 3: Suplementação com hidratos de carbono (HC) como estratégia antes da prática de exercício físico de acordo com a seta de tendência e valor de glicose pré-exercício obtida através de monitorização de glicose intersticial²⁰	18
Tabela 4: Redução sugerida do bólus de insulina pré-exercício em situações em que nos 90 min seguintes à ingestão da insulina o indivíduo vai praticar exercício⁵	22
Tabela 5: Ajustes do bólus de insulina consoante a intensidade e duração do exercício⁴	26
Tabela 6: Suplementação de HC durante a prática de exercício com monitorização contínua de glicose²⁰	28
Tabela 7: Gestão da glicose durante o exercício físico com utilização de monitorização contínua de glicose (CGM)³⁴	31
Tabela 8: Exemplos de alimentos que contêm hidratos de carbono²⁰	32
Tabela 9: Sugestões de ajustes antes, durante e após o exercício para os utilizadores de CGM^{20,21}	35

Índice das Ilustrações

Ilustração 1: Como agir perante valores distintos da glicemia para tomada de decisão de início da prática de exercício físico²¹	17
Ilustração 2: Diferentes abordagens perante os dois tipos distintos de exercício^{7,18,21}	21
Ilustração 3: Os efeitos glicémicos perante intensidades de exercício distintas²⁵	23

RESUMO

A Diabetes *Mellitus* tipo 1 (DM1) é uma doença crónica caracterizada pela redução progressiva da secreção insulínica endógena que resulta predominantemente de um processo imunomediado. Caracteristicamente, surge em idade jovem embora o diagnóstico possa ser feito até à 8ª década de vida. Atendendo ao quadro de insulinoopenia absoluta característica desta condição, a terapêutica insulínica intensiva poderá ser administrada através de múltiplas administrações de insulina com uso de caneta ou sistema de perfusão contínua de insulina. Dependendo da estratégia adotada, haverá necessidade de oferecer educação terapêutica individualizada com vista à minorização de riscos agudos associados à prática de exercício físico, nomeadamente, o risco de hipoglicemia ou hiperglicemia durante e após a sua execução.

Define-se como atividade física, qualquer movimento do músculo esquelético que resulte em gasto de energia acima dos níveis em repouso. O exercício físico corresponde, por outro lado, a toda atividade física estruturada, com um objetivo específico e planeado.

A atividade física e o exercício físico devem ser recomendados e prescritos a todos os indivíduos com DM1 como parte fundamental da gestão do controlo glicémico e da saúde em geral. As recomendações e precauções específicas variarão consoante a idade, o tipo e intensidade da atividade e presença de complicações micro ou macrovasculares que podem condicionar a sua prática.

O conhecimento sobre o impacto do exercício físico e/ou atividade física no comportamento glicémico permite a adoção de estratégias terapêuticas individuais abrangindo ajustes na terapêutica insulínica, consumo de macronutrientes adicionais ou uso de suplementação alimentar, inclusão do uso de tecnologias de monitorização de glicose intersticial e/ou estratégias baseadas em exercício.

Deste modo, o intuito desta revisão será estruturar estratégias particulares para pessoas com DM1, no contexto da prática de exercício físico, fomentando assim um aconselhamento individualizado em contexto de consulta de Endocrinologia.

PALAVRAS-CHAVE

Diabetes *Mellitus*, Exercício Físico, Atleta, Insulinoterapia

ABSTRACT

Type 1 Mellitus Diabetes (DM1) is a chronic disease characterized by a progressive reduction in endogenous insulin secretion that results predominantly from an immune-mediated process. Characteristically, it is presented at a young age, although the diagnosis can be made up to the 8th decade of life. Given the absolute insulinopenia characteristic of this condition, intensive insulin therapy may be administered through multiple insulin administrations using an insulin pen or a continuous insulin infusion system. Depending on the strategy adopted, there will be a need to offer individualized therapeutic education in order to minimize the acute risks associated with physical exercises, namely the risk of hypoglycemia or hyperglycemia during and after exercise. Physical activity is defined as any skeletal muscle movement that results in energy expenditure above resting levels. Exercise, on the other hand, corresponds to any structured physical activity with a specific and planned goal.

Physical activity and exercise should be encouraged and prescribed to all individuals with DM1 as a fundamental part of glycemic control management and overall health.

Specific recommendations and precautions will vary depending on age, type and intensity of activity, and the presence of micro or macrovascular complications that may condition their practice.

Knowledge about the impact of exercise and or physical activity on glycemic behavior, allows the adoption of individual therapeutic strategies covering adjustments in insulin therapy, consumption of additional macronutrients or use of dietary supplementation, the inclusion of the use of continuous interstitial glucose monitoring technologies and/or exercise-based strategies.

Thus, the aim of this review will be to structure particular strategies for people with DM1, in the context of physical exercise, thus fostering individualized counseling in the context of an Endocrinology consultation.

KEYWORDS

Mellitus Diabetes, Physical Exercise, Athlete, Insulinotherapy

ABREVIATURAS

ATP:	Adenosina trifosfato
CGM:	Monitorização contínua de glicose
CV:	Cardiovascular
DM1:	Diabetes <i>mellitus</i> tipo 1
DM2:	Diabetes <i>mellitus</i> tipo 2
DOCE:	Registo de diabetes tipo 1 nas crianças e nos jovens em Portugal
EAM:	Enfarte agudo do miocárdio
FNDC5:	Irisina
GLUT-4:	Transportador de glicose de superfície celular
HC:	Hidratos de carbono
HbA1c:	Hemoglobina glicada
HIIT:	Treinos intervalados de alta intensidade
HLA:	Antígeno leucocitário humano
HTA:	Hipertensão arterial
IL:	Interleucina
IL-1RA:	Antagonista do recetor da interleucina 1
IMC:	Índice de massa corporal
MARD:	Diferença média absoluta relativa
MDI:	Múltiplas administrações diárias de insulina
PCSI:	Perfusão contínua subcutânea de insulina
VO _{2max} :	Volume máximo de oxigénio

INTRODUÇÃO

A Diabetes *Mellitus* tipo 1 (DM1) é uma doença crónica caracterizada pela redução progressiva da secreção insulínica endógena até ao seu comprometimento completo, requerendo que os indivíduos portadores de DM1 monitorizem e otimizem o nível de glicose plasmática através da administração de terapêutica insulínica exógena.

Fatores externos, tais como o plano nutricional ou o nível de atividade física, associam-se a diferentes excursões glicémicas e exigem a modificação da quantidade e frequência das estratégias terapêuticas a adotar.¹

A prática regular de exercício físico associa-se a vários benefícios tais como: redução da mortalidade por doença cardiovascular, redução da hipertensão arterial, redução da depressão e ansiedade, melhor qualidade no sono e controlo ponderal, bem como, melhor qualidade de vida de uma forma global.²⁻⁵

Todo o exercício que o doente possa praticar é benéfico desde que praticado de forma individualizada tendo em conta as características individuais do indivíduo e, naturalmente, a sua condição de saúde global.

O exercício físico pode ser classificado em diferentes tipos de acordo com as vias metabólicas utilizadas pelo que é crucial que a pessoa portadora de DM1 tenha a capacidade de destringir o impacto glicémico previsível com a sua prática. O exercício aeróbio, dependente de oxigénio, implica o envolvimento contínuo e rítmico de grandes grupos musculares, usando como fonte energética a glicose e a gordura. Por outro lado, o exercício anaeróbio consiste numa atividade física intensa por um curto período de tempo, obtendo energia através da contração muscular.⁴ Este último inclui quer exercício de força, com carga externa, quer treinos intervalados de alta intensidade (HIIT). Assim, enquanto o exercício aeróbio tem um impacto predominantemente hipoglicemiante com diminuição dos níveis de glicose no sangue, o exercício anaeróbio ou aeróbio de alta intensidade, exerce uma previsível resposta hiperglicemiante.⁶

Relativamente à prática de exercício, esta associa-se inversamente ao desenvolvimento de fatores de risco cardiovasculares, bem como, a uma menor prevalência de complicações a longo prazo naqueles em que se verifica um maior nível de atividade.¹

As recomendações e normas orientadoras internacionais indicam que os adultos com DM1 devem realizar, pelo menos, 150 minutos de atividade aeróbia de intensidade moderada a vigorosa por semana, sendo que se preconiza que nestas sejam incluídas idealmente 2 a 3 sessões de treino de força. Por sua vez, as recomendações para crianças e adolescentes têm alvos superiores que devem incluir pelo menos 60 minutos de atividade física diária.²⁻⁴

Apesar destas recomendações, as pessoas portadoras de DM1 apresentam níveis de atividade física inferiores a adultos saudáveis, sem qualquer tipo de doença metabólica, sendo que mais de 60% das pessoas portadoras de DM1 não realizam qualquer atividade física estruturada.^{3,7}

A maioria justifica os elevados níveis de inatividade pelo risco acrescido de eventos hipoglicemiantes, falta de tempo e de motivação, perda de controlo da sua condição de saúde, baixos níveis de aptidão física e falta de aconselhamento prático individualizado relativamente aos ajustes terapêuticos a realizar antes, durante e após o exercício.^{1,3,8}

Por conseguinte, a prática de exercício para estes indivíduos é um desafio particularmente relevante no que diz respeito à autogestão da diabetes, que se traduz numa barreira à prática de exercício físico regular.⁹

Tendo isto por base, ao longo desta revisão, pretende-se abordar estratégias a adotar por pessoas portadoras de DM1, de forma a maximizar o seu desempenho sem comprometer a sua segurança, lembrando que todos estes devem requerer estratégias individualizadas no contexto da prática de exercício físico regular.

METODOLOGIA

Para capacitar a realização de uma revisão narrativa abrangente dos dados publicados relacionados com a DM1 e o exercício físico, uma pesquisa literária foi realizada utilizando as bases de dados PubMed e Medline usando os seguintes termos MeSH: “*Diabetes Mellitus, type 1/drug therapy*” AND “*Exercise/physiology*”, “*Diabetes Mellitus, type 1*” AND “*Exercise*” AND “*Hypoglycemia*”, “*Diabetes Mellitus, type 1*” AND “*Exercise*” AND “*Hypoglycemia/prevention and control*”. A revisão foi limitada a artigos científicos de língua inglesa e portuguesa, onde foram incluídos artigos de revisão sistemática com metanálise, ensaios clínicos randomizados, revisão narrativa, estudos caso-controle e estudos de coorte retrospectivos. Foram revistos 70 artigos, incluídos 43 e excluídos 27, priorizando os artigos mais recentes e atualizados, desde o período de 2011 a 2022, que evidenciavam informações pertinentes para a discussão proposta. Foram excluídos 27 artigos que não apresentaram informação relativa ao tema (nomeadamente aqueles em que o *abstract* mencionava DM2 ou simplesmente não relacionavam a DM1 com o exercício) ou não tinham experiência clínica e científica pertinente relativamente à prática de exercício físico no contexto de DM1.

DISCUSSÃO

1. Definição e epidemiologia DM1

A Diabetes *Mellitus* tipo 1 (DM1) é uma patologia endócrina cuja etiologia, em mais de 95% dos casos, se relaciona com um processo de destruição autoimune mediada por linfócitos T que atingem as células beta-pancreática, processo influenciado por fatores de risco genético (sendo o mais prevalente o HLA DR3/4) e gatilhos infecciosos ambientais. Caracteristicamente, surge em idade jovem embora o diagnóstico possa ser feito até à 8ª década de vida.^{4,10-13}

A apresentação da DM1 na idade pediátrica é habitualmente mais aguda, sendo os principais sintomas associados a insulinoopenia: a poliúria, polidipsia e a perda ponderal. As manifestações na idade adulta são habitualmente mais frustres com uma instalação mais lenta comparativamente à idade pediátrica.²

É importante ressaltar que muitos adultos são erradamente diagnosticados como sendo portadores de Diabetes *mellitus* tipo 2, sendo que o diagnóstico adequado será essencial para uma correta orientação terapêutica, minorando a probabilidade de complicações e morbilidade associada à doença.²

Segundo o registo DOCE, em Portugal, no ano de 2015, 3327 indivíduos com idades compreendidas entre os 0 e os 19 anos eram portadores de DM1 correspondendo assim a 0,16% da população pediátrica portuguesa. De acordo com o Relatório Anual do Observatório Nacional da Diabetes na edição de 2019, em 2018 a prevalência estimada da diabetes na população portuguesa, com idades compreendidas entre os 20 e os 79 anos (7,7 milhões de indivíduos) foi de 13,6%, isto é, mais de 1 milhão de portugueses neste grupo etário tem diabetes, incluindo DM1 e DM2. Em termos mundiais, estima-se que existam cerca de 1,1 milhão de crianças e adolescentes com DM1 correspondendo a uma das doenças crónicas mais comuns na infância.¹³

O número de pessoas portadoras de diabetes tem vindo a aumentar a nível mundial, estimando-se que o número de pacientes com diabetes possa atingir os 693 milhões até 2045.¹⁰

Em termos terapêuticos, devido à insulinoopenia encontrada no contexto de DM1, pretende-se que a terapêutica simule, tanto quanto possível, a fisiologia da secreção de insulina pancreática do indivíduo saudável com o objetivo de manter a normoglicémia.¹⁰

2. Fisiologia do exercício e resposta pancreática

Perante a realização de exercício aeróbio de intensidade moderada, fisiologicamente, desencadeiam-se mecanismos contrarreguladores que são ativados com o intuito de manter a euglicemia, nomeadamente: a supressão da secreção endógena de insulina pelas células beta-pancreáticas e estímulo à secreção de glucagon pela célula alfa-pancreática que, por sua vez, estimula sequencialmente a gluconeogénese hepática, captação de glicose no músculo esquelético e, adicionalmente, estímulo à glicogenólise. São ainda secretadas outras hormonas contrarreguladoras designadamente: as catecolaminas, a hormona do crescimento, a aldosterona e o cortisol, que conjuntamente estimulam a produção de glicose a nível hepático, a lipólise e, ainda, inibem a absorção de glicose no músculo esquelético, a fim de minimizar o risco de hipoglicemia.⁹

No entanto, no contexto de um indivíduo DM1, a resposta fisiológica previamente descrita encontra-se alterada pela disrupção do funcionamento da célula beta-pancreática. Apesar de haver uma administração exógena de insulina, esta não é capaz de mimetizar com precisão os mecanismos metabólicos fisiológicos necessários a fim de manter a euglicemia. Assim, habitualmente, a terapêutica exógena associa-se a uma concentração relativa de insulina proporcionalmente elevada, expondo o indivíduo a uma disrupção entre a produção de glicose a nível hepático e a utilização de glicose pelo músculo esquelético.⁹

Durante o exercício anaeróbio, de alta intensidade ou em contexto de competição, existe uma maior secreção de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina e dopamina) e hormona do crescimento, promovendo a ocorrência de efeito hiperglicemiante neste contexto. Assim, quer a prática de exercício aeróbio quer anaeróbio, associam-se distintamente a um impacto agudo na glicemia da pessoa portadora de DM1 durante e após a sua prática.^{3,9,14}

Quanto aos substratos energéticos utilizados no músculo esquelético, o tipo e duração do exercício determina o substrato preferencial a utilizar.

Durante os primeiros segundos da contração muscular, ou seja, durante os primeiros segundos de exercício, a energia é obtida a partir da molécula de ATP, que é imediatamente ressintetizada a partir da fosfocreatina. Durante o exercício mais prolongado, a re-síntese de ATP ocorre por catabolismo de outros substratos energéticos como os ácidos gordos.¹⁵

Se se tratar de um indivíduo portador de DM1 sob esquema de insulino-terapia adequado, os níveis de ATP e fosfocreatina em repouso e pós exercício permanecem estáveis. Pelo contrário, se o esquema de insulino-terapia for cumprido de forma pouco

rigorosa, o tempo de re-síntese da fosfocreatina é mais lento nestes indivíduos. Assim, quer níveis deficitários de insulina e/ou um estado de hiperglicemia prolongada pode prejudicar a função mitocondrial, diminuindo o fornecimento de ATP e aumentando a produção de espécies reativas de oxigénio promovendo um estado pró-inflamatório basal em indivíduos não compensados do ponto de vista metabólico.¹⁵

Mais recentemente, a investigação tem-se centrado no papel da libertação de moléculas sinalizadoras globalmente designadas por exercinas, secretadas aquando da contração muscular.

As exercinas são moléculas de sinalização, libertadas em resposta ao exercício por diferentes órgãos e tecidos, que exercem os seus efeitos através de vias distintas quer endócrinas, parácrinas e/ou autócrinas.¹⁶

Estas moléculas são secretadas em resposta ao exercício e a sua secreção é influenciada pelo tipo e duração do exercício, pelo estado funcional/aptidão física do indivíduo e pela relação com a alimentação (jejum *versus* pós-prandial) influenciando a saúde cardiovascular, metabólica, imune e neurológica do indivíduo.¹⁶

Classicamente, destacam-se como exercinas libertadas durante a fase aguda do exercício IL-6, IL-7, antagonista do recetor da interleucina 1 (IL-1RA) e IL-10 com o objetivo de manutenção da homeostasia metabólica.¹⁶

Especificamente a nível endócrino, as exercinas como IL-6 e a irisina (FNDC5), parecem influenciar a secreção insulínica bem como a viabilidade celular a nível pancreático promovendo um efeito benéfico a nível da homeostasia glicémica.¹⁶

3. Exercício, controlo metabólico e complicações micro/macrovasculares na DM1

A DM1 associa-se a um risco acrescido de doença cardiovascular (CV), sendo que entre indivíduos diabéticos os eventos CV tendem a ocorrer numa idade mais precoce quando comparados com a população em geral.^{2,8} Adicionalmente, os indivíduos diabéticos, que forem diagnosticados numa idade inferior aos 10 anos, irão apresentar um risco até 30 vezes superior em desenvolver doença coronária e enfarte agudo do miocárdio (EAM), no início da idade adulta.^{2,8}

Os adolescentes com DM1 apresentam também um risco duas vezes superior de desenvolver complicações micro e macrovasculares, em comparação com os jovens não diabéticos, sendo que, o risco aumenta de forma exponencial à medida que há um incremento proporcional do valor de hemoglobina glicada (HbA1c).¹⁷

As recomendações internacionais indicam como o ideal a manutenção de um nível de HbA1c inferior a 7,5%, uma vez que a este se associa um menor risco de complicações nesta faixa etária.¹⁷

A prática de exercício físico demonstra atrasar e reduzir o risco de complicações microvasculares (retinopatia diabética e nefropatia diabética) e doenças cardiovasculares no contexto de DM1, melhorando assim a qualidade de vida do indivíduo. Por exemplo, uma redução de 1% na HbA1c reflete uma redução de 14% no risco de EAM, uma redução de 37% no risco de complicações microvasculares e uma redução de 21% no risco de morte relacionada com DM1. Assim, é relativamente consensual que, o exercício melhora o condicionamento vascular particularmente no contexto de diabetes.¹²

Aditivamente, a aterosclerose que ocorre nos doentes diabéticos está associada a disfunção endotelial mais severa e sabemos que o exercício sustentado (até um período de 18 semanas) pode efetivamente inverter a disfunção endotelial em crianças com DM1 e ainda atrasar a progressão de doença vascular neste contexto.^{10,12,17}

O efeito adicional no controlo glicémico e nos níveis lipídicos bem como sobre o perfil tensional parece influenciar de forma positiva a ocorrência de eventos associados a doença macrovascular na diabetes.^{10,12}

Caracterizando esta população relativamente a comorbilidades, a maioria dos pacientes que têm DM1 não têm um peso corporal adequado (cerca de 60% têm excesso de peso ou obesidade), cerca de 40% têm HTA, cerca de 60% têm dislipidemia e a maioria não pratica atividade física regular de acordo com o recomendado.¹⁸

Por outro lado, o exercício em dose excessiva ou inapropriada pode exercer um efeito nocivo para os indivíduos com complicações crónicas específicas. A sua presença pode até constituir uma contraindicação relativa e/ou absoluta à sua prática, por exemplo: retinopatia diabética proliferativa não estabilizada, descolamento da retina, macroproteinúria ou neuropatia periférica sensitiva sobretudo com lesão ulcerada do pé ativa ou perda de sensibilidade protetora do pé.^{10,19}

Tabela 1: Exercício e complicações DM1²⁰

Complicação	Recomendações	Contraindicações	Precauções
Doença Cardiovascular	Atividades aeróbias de baixo impacto: caminhar, correr ou nadar	EAM recente (<6 semanas) Atividades que ↑TA como levantar pesos ou elevada intensidade	Estar atento ao aumento gradual da frequência cardíaca
Neuropatia Autonómica	Exercícios de baixa intensidade e que não alterem a pressão arterial: atividades no meio aquático ou pedalar numa bicicleta estática	Exercício de alta intensidade e mudanças bruscas da posição corporal	Realizar teste para despistar presença de DCA. Manter a PA dentro dos valores da normalidade. Evitar exercícios em ambientes muito frios ou muito quentes e manter uma hidratação adequada. Monitorizar a glicemia
Neuropatia Periférica	Natação, ciclismo, exercícios sentados em cadeiras ou exercícios de braços	Caminhadas prolongadas e exigentes, correr e qualquer atividade que implique saltar. Não devem realizar exercício se têm úlceras do pé ou Pé de Charcot	Realizar uma avaliação da sensibilidade antes do exercício. Usar calçado adequado. Realizar uma higiene diária nos pés
Retinopatia Diabética	Exercícios aeróbios de baixa intensidade: bicicleta estática, caminhar ou natação	Não realizar atividade física na presença de RP ativa (hemorragia vítrea) ou fotocoagulação recente. Evitar exercícios que ↑PA bruscamente (Valsalva com pesos), com movimentos bruscos ou para baixar a cabeça e exercício de contacto	Estar atento ao aumento gradual da intensidade. Evitar que durante o exercício a PA > 170mmHg
Nefropatia Diabética	Atividades aeróbias de baixa intensidade	Evitar exercícios que ↑ bruscamente a PA como por exemplo atividades físicas violentas, Valsalva ou levantar pesos.	Dar particular atenção à hidratação e controlo da PA

Abreviaturas: DCA- doença coronária aguda; PA- pressão arterial; RP: retinopatia proliferativa
Adaptado de: "Clinical Recommendations for the practice of sports in people with Diabetes Mellitus (Record Guideline). Update 2021

4. Exercício e impacto metabólico

A prática de exercício físico tem um impacto metabólico favorável no contexto de DM1 e, por isso, devido aos inúmeros benefícios do exercício físico recomenda-se que todos os indivíduos portadores de DM1 se envolvam numa atividade física regular, sendo que estão recomendados pelo menos 150 minutos de atividade física por semana, não havendo mais de 2 dias consecutivos sem atividade realizada, idealmente, incluindo treino de força pelo menos 2 a 3 vezes por semana. Para crianças e jovens as recomendações são que pratiquem pelo menos 60 minutos de atividade aeróbia de intensidade moderada a alta diariamente, realizando atividades de fortalecimento muscular e ósseo pelo menos 3 dias por semana.^{3,12,18}

Tabela 2: Recomendações sobre o exercício para indivíduos portadores de DM1²

Grupos	Tipo	Intensidade	Duração	Nº treinos	Exemplos
Maioria dos Adultos com DM1	Exercício Aeróbio	Moderada a vigorosa	150 minutos por semana	3 dias por semana, não mais do que 2 dias consecutivos sem exercício	Caminhar, Correr, Andar de Bicicleta
	Exercício de força	Qualquer intensidade		2 a 3 vezes por semana	Levantamento de peso
Jovens e adultos com boa aptidão física com DM1	Exercício Aeróbio	Intensidade vigorosa ou exercícios intervalados	Pelo menos 75 minutos por semana	3 dias por semana, não mais do que 2 dias consecutivos sem exercício	Sprints
Adultos mais velhos com DM1	Flexibilidade treino de equilíbrio			2-3 dias por semana	Yoga
Mulheres com diabetes gestacional	Exercício aeróbio e de força	Moderada	20-50 minutos por dia	2-7 dias por semana	Caminhar e levantamento de peso (membros superiores)

Adaptado de: "Exercise and Self-Management in Adults with Type 1 Diabetes"²

Apesar do conhecimento sobre os benefícios que a atividade física possa trazer à sua condição (entre eles, maior sensibilidade à insulina, aptidão física, função endotelial, composição corporal e níveis lipídicos) muitos destes indivíduos evitam a prática de exercício uma vez que, associam à sua prática, algumas preocupações (risco de hipoglicemia, deterioração do controlo glicémico e dúvidas sobre as estratégias a adotar durante e após a sua realização).^{7,21,22}

É importante realçar que os níveis de glicemia durante o exercício dependem de vários fatores, tais como: tempo decorrido desde a última toma de insulina, o método de administração da insulina (múltiplas administrações diárias *versus* perfusão subcutânea contínua de insulina); a altura do dia da sua realização; o consumo e conteúdo em macronutrientes da última refeição realizada; níveis de glicose no início da atividade; controlo glicémico prévio; tendência da variação da glicose, bem como, níveis de stress, intercorrências patológicas ou ciclo menstrual.^{2,4,7,18}

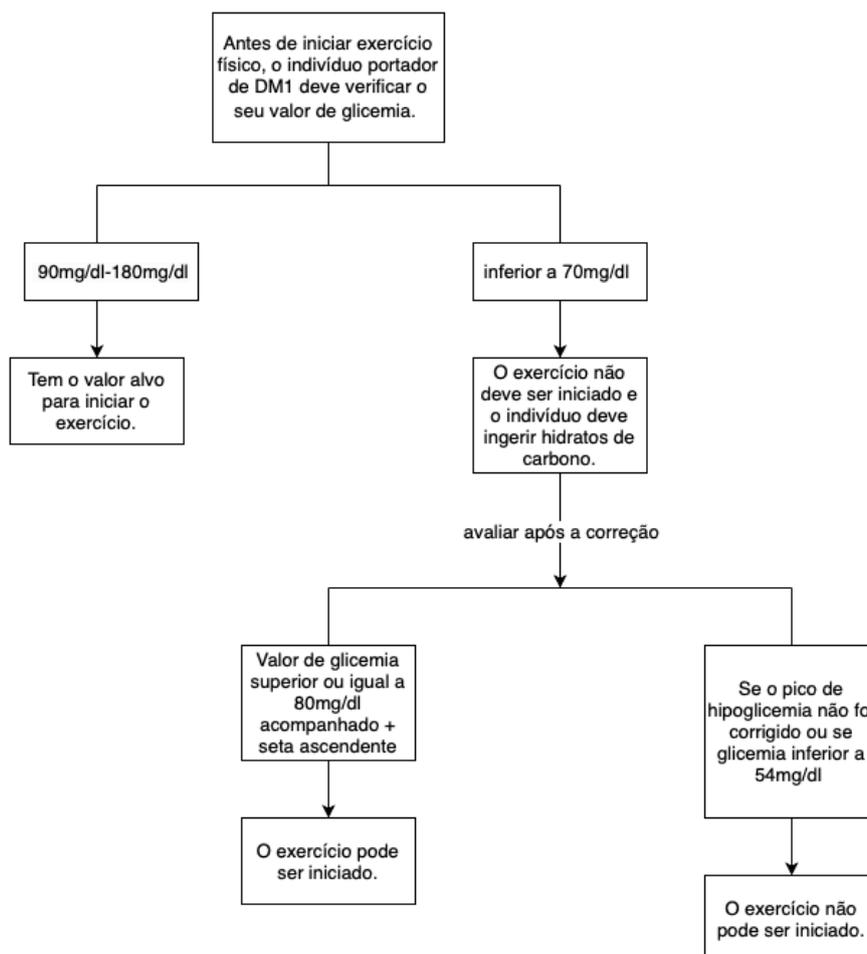


Ilustração 1: Como agir perante valores distintos da glicemia para tomada de decisão de início da prática de exercício físico²¹

A fim de evitar hipoglicemia, o exercício quando programado deve realizar-se 1-3h após a última administração de insulina rápida ou ultrarrápida ou após as refeições e, recomenda-se ainda que a dose de insulina seja reduzida entre 10%-40% antes do exercício se houver prática de exercício aeróbio num período curto após a refeição.¹⁰ A estratégia de consumo de hidratos de carbono (HC), em detrimento da redução do bólus de insulina que antecede a prática de exercício, parece ser preferencial entre pessoas portadoras de DM1 optando pelo consumo de alimentos ricos em HC antes e após o exercício, de preferência HC de absorção rápida.^{10,14}

Tabela 3: Suplementação com hidratos de carbono (HC) como estratégia antes da prática de exercício físico de acordo com a seta de tendência e valor de glicose pré-exercício obtida através de monitorização de glicose intersticial²⁰

Glicemia pré exercício (mg/dL)			Seta de tendência	Ação	
EF intenso e/ou baixo risco de hipoglicemia	EF moderado e/ou risco moderado de hipoglicemia	EF de baixa intensidade e/ou alto risco de hipoglicemia	Direção	Esperado um aumento da glicemia	Esperada uma diminuição da glicemia
126-180	145-198	162-216		Iniciar exercício	Iniciar exercício
				Iniciar exercício	Iniciar exercício + 15g de HC
90-125	90-144	90-161		Iniciar exercício	Iniciar exercício + 15g de HC
				Iniciar exercício + 10g de HC	Iniciar exercício +20g de HC
				Adiar exercício + 15g de HC	Adiar exercício + 25g de HC
				Adiar exercício + 20g de HC	Adiar exercício + 30g de HC
70-89				Iniciar exercício + 10g de HC	Adiar exercício + 20g de HC
				Adiar exercício + 15g de HC	Adiar exercício + 25g de HC
				Adiar exercício + 20g de HC	Adiar exercício + 30g de HC
				Adiar exercício + 25g de HC	Adiar exercício + 35g de HC
				Adiar exercício + HC em quantidade personalizada	Adiar exercício + HC em quantidade personalizada
<70			Adiar exercício + HC em quantidade personalizada		

Abreviaturas: EF: Exercício Físico; HC: Hidratos de Carbono

Adaptado de: "Clinical Recommendations for the practice of sports in people with Diabetes Mellitus (Record Guideline). Update 2021"

Existem determinados grupos de indivíduos que requerem especial atenção: quer ao nível de ajustes insulínicos quer ao tipo de exercício praticado.

Em especial, indivíduos de faixas etárias mais elevadas (nomeadamente com idade superior aos 65 anos) que apresentam um risco elevado de hipoglicemia grave ou assintomática, devem obter recomendações para realizar exercício de flexibilidade ou treino de equilíbrio 2-3 vezes/semana. Os seus alvos glicémicos devem também ser menos estritos, a fim de minorar o risco de hipoglicemia. É ainda previsível que a dose diária total de insulina basal possa ter que ser reduzida se o doente começar a praticar exercício físico diário de forma regular e com intensidade crescente. Destaca-se ainda a evicção da realização de exercício ao ar livre em dias muito quentes ou húmidos a fim de evitar consequências relacionadas com o risco de desidratação.²

As mulheres grávidas são outro grupo que devemos redobrar os nossos cuidados. As mulheres grávidas que pretendem praticar exercício de baixa a moderada intensidade devem ter um controlo glicémico cauteloso reconhecendo as alterações fisiológicas que ocorrem durante a gravidez dependendo do trimestre em que se encontram. Por exemplo, no 1º trimestre, as grávidas têm um risco aumentado de hipoglicemia e apresentam um risco superior de cetoacidose com níveis de glicemia inferiores comparativamente com a mulher não-grávida. Para estas mulheres, uma terapêutica nutricional individualizada e um programa de exercício estruturado pode ser útil para atingir um controlo glicémico ótimo durante a gravidez.^{2,23}

As crianças com idade inferior aos 12 anos são outro grupo em que a atenção também deve ser intensificada, uma vez que a atividade física praticada por estas é geralmente não planeada, baseando-se em brincadeiras espontâneas e com grande variação inter-dia, o que se torna um desafio ainda maior para realizar ajustes nas doses de insulina ou no consumo de HC como estratégias de minorização de risco. Nestes casos, os cuidadores têm um papel preponderante na gestão da doença devendo estar habilitados e preparados para fazer ajustes e resolver os problemas de forma relativamente imprevisível e espontânea ressaltando a importância da educação e da flexibilidade das propostas terapêuticas nesta faixa etária.⁶

Algo que não pode ser esquecido é a variabilidade intraindividual no que diz respeito à taxa de absorção de insulina. Este fator pode condicionar a capacidade do paciente prever a resposta glicémica em cada situação do dia-a-dia, aumentando assim o risco de flutuações fora do intervalo pretendido.²⁴

Deve ainda ser ressaltado junto dos doentes que o facto da insulina exógena maioritariamente utilizada apresentar uma formulação estrutural com hexâmeros, com dimensões incapazes de penetrar os capilares e alcançar a corrente sanguínea de forma instantânea, necessitando de tempo para que os hexâmeros se dissociem em

monómeros e só posteriormente difundirem-se na corrente sanguínea, pode justificar alguma variabilidade expectável entre os valores de glicose obtidos durante a prática de exercício.²⁴

Aos doentes que apresentam um índice de massa corporal (IMC) mais elevado, deve ser explicado que apresentam um tempo mais lento para que se atinja o pico de concentração plasmática de insulina, uma vez que existe uma relação inversa entre a espessura do tecido celular subcutâneo e a taxa de absorção de insulina.²⁴

4.1 Tipo de exercício e efeito glicémico

O tipo de exercício praticado divide-se de forma simplista em dois grandes grupos: aeróbio e anaeróbio. A distinção entre os dois prende-se pelo substrato energético que está a apoiar a atividade. O exercício aeróbio (como por exemplo, caminhar, andar de bicicleta, correr ou nadar) envolve movimentos repetidos e contínuos de grandes grupos musculares, utilizando vias energéticas dependentes de oxigénio. Por outro lado, o exercício anaeróbio (fundamentalmente treino de força) é um tipo de exercício que utiliza pesos externos, máquinas com pesos, peso corporal ou faixas de resistência elásticas que depende principalmente de vias relacionadas com substratos não-dependentes de oxigénio.¹⁸

Quer as atividades aeróbias como as anaeróbias são uma mais-valia para os doentes diabéticos estando comprovado que a combinação de ambos constitui uma estratégia vantajosa no contexto da diabetes. Ainda assim, dependendo de eventuais objetivos adicionais que o doente apresenta, nomeadamente, objetivos adicionais estéticos e/ou de composição corporal, poderá haver um predomínio de um tipo de exercício a privilegiar em cada sessão de treino.^{4,18}

Durante o exercício aeróbio, a secreção de insulina diminui e a secreção de glucagon aumenta na veia porta de forma a facilitar a libertação de glicose do fígado para corresponder à taxa de absorção de glicose pelos músculos em contração. O exercício pode aumentar a absorção de glicose pelo músculo até 50 vezes – um fenómeno que ocorre independentemente da via de sinalização de insulina – de modo que a diminuição da insulina em circulação não restringe o fornecimento de glicose ao músculo de forma direta.^{6,15,18,21} Durante atividades predominantemente anaeróbias e sessões de treino de alta intensidade, as concentrações de insulina em circulação não diminuem tão acentuadamente como em atividades aeróbias, em parte porque a duração da atividade é normalmente mais curta.^{6,15,18,21}

Desta feita, a pessoa portadora de DM1 deverá adotar abordagens claramente antagónicas perante os dois tipos distintos de exercício que se propõe a realizar.

De acordo com o previamente mencionado, no caso de pretender praticar exercício anaeróbio, este deve iniciar o exercício e não deve reduzir a dose prévia de insulina, uma vez que este tipo de exercício tem tendência a gerar hiperglicemia associada a um aumento de hormonas de contrarregulação. Já na prática de atividade física aeróbia, necessitam de administrar menores quantidades de insulina e podem ainda ter que ingerir quantidades adicionais de HC suplementares, uma vez que, o exercício aeróbio associa-se à diminuição progressiva da glicose durante a sua prática.^{7,18,21}

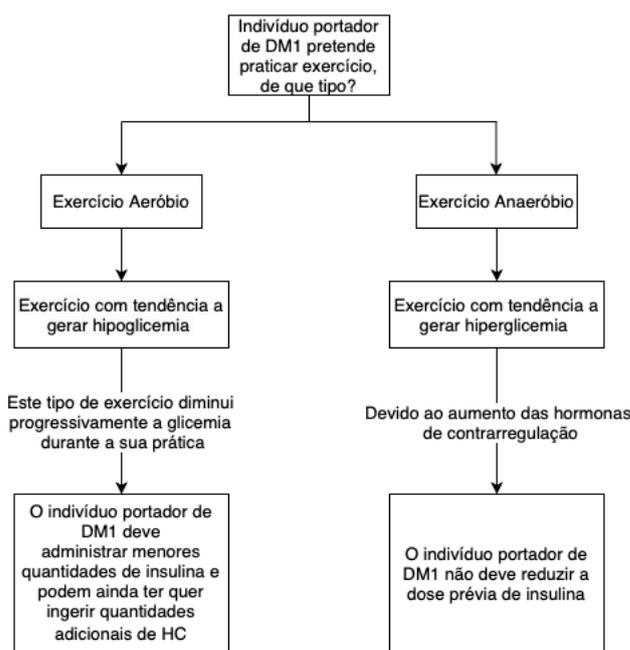


Ilustração 2: Diferentes abordagens perante os dois tipos distintos de exercício^{7,18,21}

Esta redução da glicose durante o exercício aeróbio relaciona-se fisiologicamente com o aumento do número de transportadores de glicose expressos à superfície celular (GLUT-4), melhoria na função e quantidade de recetores de insulina na célula muscular esquelética e no adipócito e o aumento da sensibilidade dos tecidos periféricos à insulina. Associa-se ainda a uma melhoria da absorção e oxidação dos ácidos gordos nos tecidos musculares, aumento da libertação de óxido nítrico com melhoria do funcionamento do endotélio vascular e da atividade das células miocárdicas, bem como, à promoção da atividade lipoproteica.¹⁰

4.2 Intensidade exercício e efeito glicémico

O conhecimento sobre a intensidade do exercício tem uma influência direta nas estratégias a adotar durante a prática de exercício do indivíduo portador de DM1 com o objetivo de manter a normoglicemia.

Através da definição de intensidade, avaliada através do VO_{2max} , o indivíduo portador de DM1 pode e deve adaptar a quantidade de insulina a administrar.

Tabela 4: Redução sugerida do bólus de insulina pré-exercício em situações em que nos 90 min seguintes à ingestão da insulina o indivíduo vai praticar exercício⁵

Intensidade do exercício	Duração do exercício	
	30 minutos	60 minutos
Aeróbio ligeiro (~25% VO_{2max})	-25%	-50%
Aeróbio moderado (~50% VO_{2max})	-50%	-75%
Aeróbio intenso (70%-75% VO_{2max})	-75%	N-A
Aeróbio alta intensidade/Anaeróbio (>80% VO_{2max})	Não estão recomendadas reduções	N-A

Abreviaturas: N-A: não é avaliado, uma vez que a intensidade do exercício é demasiado elevada para apresentar duração durante ou superior a 60 minutos

Adaptado de "Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association"

Aqueles que optam por um exercício aeróbio de alta intensidade ou exercício de força não requerem ingestão de hidratos de carbono adicionais, uma vez que existe um aumento da concentração de catecolaminas e conseqüentemente estas ativam a produção de glicose a nível hepático, pelo que a glicemia vai aumentar durante e após o exercício. Concomitantemente, haverá um aumento dos níveis de glucagon e hormona de crescimento que contribuirão tanto para a estimulação da gliconeogénese hepática como para o equilíbrio das necessidades de glicose exógena razão pela qual não se associa frequentemente a eventos de hipoglicemia.^{14,18}

De forma oposta, durante a prática de exercício aeróbio de intensidade moderada, especialmente logo após e até 90 minutos após a administração de insulina em bólus, o risco de ocorrer hipoglicemia é significativamente elevada obrigando necessariamente a ajustes de forma a minorar riscos.²⁵

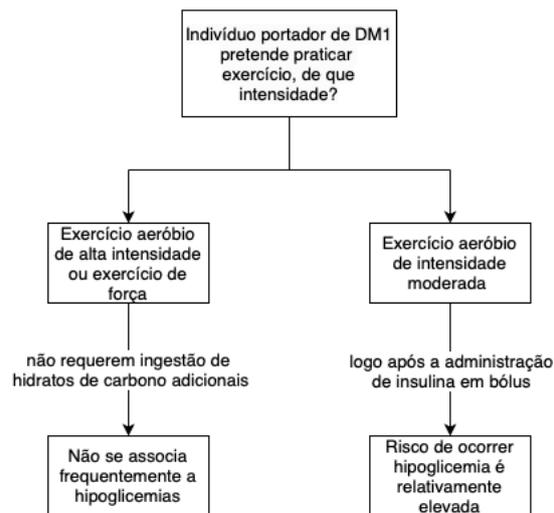


Ilustração 3: Os efeitos glicémicos perante intensidades de exercício distintas²⁵

Uma estratégia possível de adotar com vista a maior estabilidade glicémica e maior facilidade poderá ser alcançada através da combinação entre o exercício aeróbio e anaeróbio na mesma sessão, por exemplo: a realização de um *sprint* de 10 segundos imediatamente antes do exercício aeróbio de intensidade moderada, evita a hipoglicemia durante o período de recuperação precoce na DM1.⁴

Independentemente da intensidade escolhida, o indivíduo deve estar ciente que o risco de hipoglicemia é elevado durante pelo menos 24h após o exercício havendo assim necessidade de adaptar a estratégia de tratamento para além da duração da sessão de treino. No caso do treino intervalado de alta intensidade (HIIT) tem sido associado a um risco potencialmente superior de hipoglicemia noturna quando comparado ao exercício aeróbio clássico exigindo uma redução mais acentuada da dose diária de insulina incluindo o ajuste da dose de insulina basal do dia de treino.¹⁸

Sabe-se ainda que, um aumento gradual quer na intensidade quer na duração, aliado a um controlo glicémico estável pode desempenhar um papel essencial na regulação da glicemia e na diminuição do risco de hipoglicemia induzida pelo exercício.¹⁷

4.3 Momento da realização do exercício e efeito glicémico

A prática de exercício pode ser realizada de uma forma transversal ao longo do dia embora se associe a efeitos sobre o controlo glicémico distintos. Deste modo, o conhecimento sobre o seu impacto é recomendado para que os doentes maximizem o seu desempenho, minimizando o risco de complicações agudas.

Há um impacto diferente quando o exercício físico é realizado de manhã ou no período da tarde particularmente no que diz respeito aos eventos hipoglicémicos: verifica-se um menor número de eventos nas sessões de treino matinais comparativamente com os treinos mais tardios. Em parte, esta diferença pode ser atribuída ao ritmo circadiano da secreção endógena de cortisol, que apresenta gradualmente níveis inferiores ao longo do dia com *nadir* atingido pelo meia-noite, o que faz com que haja maior sensibilidade à insulina e, conseqüentemente, mais eventos hipoglicemiantes.³

Assim, está recomendado que o indivíduo portador de diabetes realize preferencialmente atividade física de manhã ou logo após o almoço/início da tarde em detrimento de sessões de treino mais tardias quando a preocupação se centra na redução de risco de hipoglicemias. Se não o conseguir fazer e/ou preferir treinar durante o final do dia, deverá estar sensibilizado para efetuar reforço nutricional pré-treino e, após o exercício, deve optar por administrar bólus de insulina adaptado com dose conservadora (reduzindo face ao cálculo habitual), a fim de diminuir o risco de hipoglicemia.²⁶

A realização de exercício na parte da manhã juntamente com uma redução consciente e conservadora do bólus de insulina rápida em 50%, pode ser uma estratégia de forma a reduzir o risco de hipoglicemia tardio após o exercício.¹

5. Estratégias a adotar durante exercício:

O indivíduo com DM1 tem ao seu dispor duas formas distintas de administrar insulina exógena: através de múltiplas injeções diárias de insulina (MDI) com caneta de insulina ou através de perfusão contínua subcutânea de insulina (PCSI). As opções de estratégias são distintas uma vez que, a PCSI permite uma maior flexibilidade e manipulação dos débitos administrados de forma mais simples e imediata.¹⁹

Assim, como referido previamente, quando o doente planeia praticar exercício deverá realizar ajustes nas doses de insulina administradas mediante o impacto previsível do mesmo sob a glicemia.⁴

Posto isto, aqueles que utilizam PCSI, a administração de insulina basal pode ser reduzida entre 50-80%, pelo menos 90min antes do exercício, de forma a minimizar o risco de hipoglicemia durante e imediatamente após o exercício aeróbio.^{15,20}

No caso de indivíduos que usam MDI, a dose basal de insulina poderá ser reduzida em 20 a 50% no dia da prática de exercício. No entanto, atendendo à menor flexibilidade da administração apenas uma vez por dia e às limitações farmacocinéticas de novas opções como com o uso de análogos ultralongos de insulina (por exemplo, com a

utilização de insulina degludec), o seu efeito vai impactar sobretudo a redução de risco de hipoglicemia noturna.^{15,20}

Importante denotar que, em indivíduos diabéticos tipo 1 que utilizam PCSI, atendendo à flexibilidade previamente mencionada, relataram um menor número de eventos de hipoglicemia durante a prática de exercício quando comparados com os doentes que usam MDI.²⁶

Como estratégia alternativa ou complementar ao ajuste da insulina basal, o consumo de hidratos de carbono suplementares (até 70-90g /hora de exercício realizado) durante as atividades aeróbias prolongadas poderá auxiliar na prevenção de eventos hipoglicemiantes bem como no suporte ao desempenho desportivo.^{15,20}

Estratégia fundamental durante a prática de exercício e transversal a qualquer indivíduo é a verificação frequente da glicose, idealmente através da monitorização contínua de glicose intersticial pela sua praticidade. Recomenda-se assim a sua verificação com periodicidade a cada 30 minutos de forma a orientar de forma segura a prática de exercício integrando o valor atual de glicose, a seta de tendência e a ocorrência prévia de um evento de hipoglicemia.²

O *status* de hidratação é ainda outro fator a ressaltar: uma hidratação adequada durante o treino e até mesmo em competições garante um adequado volume circulante e termorregulação neste contexto. Na DM1 pode verificar-se um estado de desidratação ligeira a moderada durante o exercício, sobretudo se hiperglicemia presente, a condicionar diurese osmótica e maior perda de água livre.^{15,18}

Para a minimização de risco, poderá ser vantajoso optar por integrar o uso de bebidas desportivas que contêm HC e eletrólitos uma vez que são fonte de hidratação e substrato energético para exercícios de maior intensidade e previnem assim eventos de hipoglicemia. Destaca-se, no entanto, que o consumo excessivo destas bebidas pode resultar em hiperglicemia se a toma não for adequadamente vigiada/prescrita de forma individualizada.¹⁸

Relativamente à ingestão de cafeína, esta tem efeitos fisiológicos conhecidos incluindo o aumento da lipólise e aumento da produção hepática de glicose. Aditivamente, diminui a absorção de glicose no músculo esquelético atenuando a diminuição da glicemia durante o exercício aeróbio em indivíduos com DM1 de forma aguda. No entanto, a sua utilização associa-se a um risco superior de hipoglicemia de início mais tardio no período após o treino, facto que deve ser transmitido durante a consulta médica a indivíduos portadores de DM1.^{15,18,27}

5.1 MDI (múltiplas administrações diárias de insulina com caneta)

Os indivíduos portadores de DM1 que utilizam MDI encontram-se sob esquema insulínico intensivo com esquema a incluir uma insulina basal e uma insulina prandial (bólus para cobertura de hidratos de carbono e correção). Ambas podem e devem ser ajustadas consoante a sessão de treino a que se propõe realizar. Assim, devem considerar um ajuste do bólus de insulina da refeição que antecede a prática de exercício (em pelo menos 3 horas) a fim de prevenir uma hipoglicemia e estes ajustes devem adequar-se à intensidade do exercício (tabela 5).

Tabela 5: Ajustes do bólus de insulina consoante a intensidade e duração do exercício⁴

Intensidade e Duração do Exercício	Ajustes do Bólus de Insulina
Baixa intensidade até 30min	↓ 25% do bólus de insulina
Baixa intensidade até 60min ou intensidade moderada até 30min	↓ 50% do bólus de insulina
Alta intensidade até 30min	↓ 70% do bólus de insulina

Abreviaturas: Min: minutos; ↓: redução

À medida que o atleta se torna mais apto, podem ser necessários ajustes adicionais na dose diária de insulina em curso. Nos casos em que o indivíduo vai participar em torneios/competições ou num exercício prolongado pode ainda ser adequada a redução de 20% da dose de insulina basal diária de forma a prevenir a ocorrência de hipoglicemia noturna.⁴ No caso de se tratar de uma atividade programada e a administração da insulina lenta ser realizada de manhã, deverá igualmente efetuar uma redução de 20-30% da dose de insulina basal administrada na manhã do dia referido.¹⁹

Sabe-se que os doentes que usam MDI com caneta de insulina, pela menor flexibilidade na administração de insulina basal, têm maior tendência a consumir mais HC suplementares durante a prática e após a sessão de treino como estratégia a fim de evitar um evento hipoglicémico, o que conseqüentemente explica o aumento de eventos de hiperglicemia “compensatória” após a prática de exercício neste contexto.^{26,28}

5.2 PCSI (perfusão contínua subcutânea de insulina)

A maior flexibilidade na administração de insulina e a gestão mais eficaz de complicações como a ocorrência de hipoglicemia associada ao exercício, comparativamente às MDI com caneta, faz com que os indivíduos com DM1 optem, cada vez mais, pela perfusão contínua subcutânea de insulina (PCSI) e explica a

indicação formal para a sua utilização em atletas federados/profissionais portadores de DM1.¹⁸

Contrariamente às MDI, os utilizadores da PCSI podem gerir o débito basal em perfusão ao longo das 24 horas consoante as suas necessidades, com periodicidade horária e, podem ainda, definir ajustes temporários de perfusão basal (incluindo período antes e após a prática desportiva).

Apesar das reconhecidas vantagens, a sua utilização associa-se a custos mais elevados e particularidades relacionadas com o uso da tecnologia (como a substituição do cateter ou a visibilidade da bomba de insulina) durante a prática desportiva podem não ser argumentos favoráveis à sua utilização pela pessoa portadora de diabetes. A sua impossibilidade de utilização em contextos especiais como desportos de contacto que possam condicionar desconexão da bomba (como por exemplo o boxe, o futebol ou o basquetebol) é outra limitação reconhecida. Por outro lado, a utilização de dispositivos pode contribuir para uma maior sensação de doença e estigma social uma vez que inevitavelmente chamam a atenção para a sua condição de saúde destacando assim as barreiras humanas e técnicas que ainda condicionam a sua utilização especialmente entre adolescentes e adultos jovens.^{7,18,19}

Existem duas opções de sistemas de perfusão contínua subcutânea de insulina: bombas não-automáticas, clássicas e em bombas híbridas/sistemas automatizados com monitorização contínua de glicose integrados e algoritmo validado para administração/ajustes de insulina.²⁹

a. Bombas de insulina não automáticas, clássicas

Os doentes que utilizam PCSI dispõem de várias estratégias para prevenir a disglucemia associada ao exercício. Se o doente realizar o exercício 3 horas (ou mais) após o último bólus de insulina, então neste caso deve reduzir a insulina basal, deve fazê-lo 30-90min antes do exercício e até 6h após a prática desportiva, reduzindo 20-50% do débito basal. Outra opção é reduzir o bólus de insulina antes da refeição que antecede a prática de exercício em 50%, preferencialmente utilizada quando o exercício é realizado nas primeiras horas após as refeições.^{4,19}

A suspensão da bomba 60 minutos antes do exercício pode ser preconizada, de forma a dar tempo para que haja redução da insulina ativa em circulação. Porém, não podemos esquecer que a suspensão da perfusão por mais de 90 minutos está associada a um risco acrescido de hiperglicemia, sobretudo na recuperação precoce após o exercício.⁴

Para desportos de contacto ou atividades que impliquem colisões, recomenda-se a remoção da bomba 30 minutos antes da atividade. Para exercícios com duração superior a 1 hora é necessário a administração de bólus de insulina de ação curta antes da sua prática como forma de evitar hiperglicemia *rebound* após o seu término.^{4,7,19}

Dependendo do tipo de exercício praticado, a redução proposta também será diferente. O exercício aeróbio é o que requer maior redução proporcional no bólus administrado sendo que deverá ser contextualizada a decisão com base na duração e intensidade do mesmo.

Por vezes, pode ser necessário ingerir hidratos de carbono suplementares caso a estratégia de redução de bólus não seja totalmente eficaz sendo a quantidade a ingerir dependente da seta de tendência da glicose, da insulina ativa em circulação e dos níveis de glicose avaliados no momento inicial da prática de exercício.²¹

Tabela 6: Suplementação de HC durante a prática de exercício com monitorização contínua de glicose²⁰

Glicose durante o exercício (mg/dL)			Seta de tendência	Ação	
Exercício intenso e/ou baixo risco de hipoglicemia	Exercício moderado e/ou risco moderado de hipoglicemia	Exercício de baixa intensidade e/ou risco alto de hipoglicemia	Direção	Expectável ↑ glicemia	Expectável ↓ glicemia
< 126	< 145	< 162	 ↑	Continuar exercício	Continuar exercício
			 →	Continuar exercício + 10g GL	Continuar exercício + 15g GL
			 ↘	Continuar exercício + 10g GL	Continuar exercício + 25g GL
			 ↓	Continuar exercício + 20g GL	Continuar exercício + 35g GL
< 70			Qualquer tendência	Reposição de GL personalizada	

Abreviaturas: GL: glicose/hidratos de carbono de absorção rápida; HC: hidratos de carbono; ↑: aumento; ↓: diminuição

Adaptado de: “Clinical Recommendations for the practice of sports in people with Diabetes Mellitus (Record Guideline). Update 2021”

Quanto à atividade anaeróbia, frequentemente, não são necessários ajustes com redução da insulina prévia à atividade, sendo que a administração de insulina poderá até ser necessária de forma a corrigir um padrão de hiperglicemia recorrente no pós-treino (tendo em conta o fator de sensibilidade do indivíduo e a avaliação do comportamento glicêmico padrão após a sessão de treino habitual de forma individualizada).¹⁹

b. Bombas híbridas, sistemas automatizados

Os sistemas automatizados podem facilitar a gestão da diabetes em torno do exercício físico, revolucionando assim o tratamento da DM1. Estes sistemas são circuitos fechados compostos por um sensor de glicose em tempo real de forma contínua, uma bomba de infusão e um algoritmo de controlo, que podem ter duas variantes: monohormonal (que infunde apenas insulina) ou bihormonal (que infunde insulina e glucagon). Estes são capazes de ajustar automaticamente a administração exógena de insulina basal e com administração de microbólus com base nos níveis de glicose intersticial detetada pelo sensor, alterando a insulina infundida de acordo com a decisão de um algoritmo validado. Estes sistemas são capazes de participar ativamente nas tomadas de decisão durante o exercício físico através de um algoritmo capaz de suspender ou administrar micro-doses de insulina de forma a manter a normalidade glicémica.³⁰

Habitualmente é definido um objetivo temporário mais elevado durante a prática de exercício (habitualmente 150mg/dl) que deve ser iniciado 1-2 horas antes e mantido durante e após a sua prática. No entanto, estes sistemas dependem da tecnologia de monitorização contínua da glucose (CGM), sendo que são reconhecidas algumas limitações na precisão da leitura da glucose intersticial durante o exercício físico e aquando de mudanças rápidas da glucose atendendo ao atraso fisiológico entre a glucose no fluído intersticial e no sangue periférico.³¹

Estes sistemas devem, portanto, ser considerados como um método seguro e eficaz para manter o controlo da glucose durante a prática de exercício físico reconhecendo-se, no entanto, algumas limitações inerentes à sua utilização que motivam a pesquisa de glucose capilar sempre que haja dúvidas ou discrepância entre sintomas e o valor reportado na monitorização contínua de glucose.^{30,32}

5.3 Estratégias nutricionais e de suplementação

Os hidratos de carbono (HC) são uma fonte primária energética durante o exercício de alta intensidade. As reservas primárias de HC no organismo são o glicogénio armazenado no fígado e no músculo esquelético. Os indivíduos com DM1 podem ter níveis normais de glicogénio muscular e hepático se o aporte nutricional for adequado, se administrada insulino-terapia de acordo com as necessidades e se mantiver adequado controlo glicémico (especialmente se HbA1c inferior a 7,5%).^{4,15}

Um diagnóstico de DM1 não deve impedir a realização de qualquer nível de atividade física, incluindo os desportos de alta competição.^{4,33}

As recomendações nutricionais no contexto da prática desportiva são:

1. Consumo de HC de 3-10g/kg/d (até 12g/kg/d para atividades extremas e prolongadas);
2. Consumo de proteínas de 1,2-2 g/kg/d para atletas que estejam envolvidos em treino de força. Por norma, esta indicação é atingida pelo consumo dietético habitual sem que seja necessária utilização de suplementos alimentares adicionais;
3. Consumo de gordura de 20%-35% do consumo total de energia diária. Assumindo-se assim que o consumo de 20% ou menos de energia total diária a partir da ingestão de lípidos não beneficia o desempenho atlético.⁴

A quantidade adequada de HC que deve ser ingerida no período pré-exercício deve adaptar-se ao tipo, à duração e intensidade do exercício bem como ao peso corporal do indivíduo. Adicionalmente, devem ser considerados outros fatores como fator de sensibilidade à insulina, o condicionamento físico do doente e a distância temporal desde a última administração de insulina.^{4,33}

Tabela 7: Gestão da glicose durante o exercício físico com utilização de monitorização contínua de glicose (CGM)³⁴

Glicemia (mg/dL)	Seta de tendência	Baixa intensidade	Alta intensidade
>250		Controlo de cetonemia, considerar correção de 50% do bólus de insulina	Evitar exercício, considerar correção de 50% do bólus de insulina
		OK para começar	
181-250		Considerar correção de 50% do bólus de insulina	
		OK para começar	
126-180		Considerar correção de 50% do bólus de insulina	
		5g-10g de HC	
90-125		5g de hidratos de carbono. OK para começar	
		5g-10g de hidratos de carbono. OK para começar	
		10g-15g de hidratos de carbono. OK para começar	
		20g de hidratos de carbono	
<90	Elevado risco de hipoglicemia		

Adaptado de: “2022: Position of Brazilian Diabetes Society on exercise recommendations for people with type 1 and type 2 diabetes”

É recomendado que sejam ingeridos preferencialmente HC de elevado índice glicémico antes e durante um exercício de duração prolongada. Também são recomendados *snacks* de elevado índice glicémico quer na recuperação precoce com o objetivo de reestabelecer as reservas de glicogénio muscular e evitar hipoglicemias mais tardias (tabela 8).^{6,15,20}

Tabela 8: Exemplos de alimentos que contêm hidratos de carbono²⁰

15g HC (1,5 porção HC)	60 g (6 porções HC)	HC de absorção lenta
250ml bebida isotónica (um copo)	1L de bebida isotónica (quatro copos)	Frutos secos: amêndoas, nozes, pistachos
4 bolachas tipo Maria	16 bolachas tipo Maria	Flocos de aveia com leite
1 pacote de sumo pequeno	6 bolachas tipo Príncipe	Pão integral
30g de pão branco	8 bolachas tipo Digestiva	Bebida de soja
Uma fatia de pão fatiado	4 fatias de pão fatiado	Frutas: abacate, maçã, romã, pêsego, ananás, nectarina
Uma maçã pequena	120g de pão branco	Vegetais cortados: 150g de cenoura não cozida, 300g de beringela, 300g de pepino, 300g de curgete
Meia banana	3 laranjas médias	
Meio copo de refrigerante	3 pêras médias	
Um pacote de gel de glicose ou glicose em comprimidos	3 bananas pequenas	
Uma barra energética de cereais	5 mãos cheias de uvas passas	
	4 barras energéticas de cereais	

Abreviaturas: HC: hidratos de carbono

Adaptado de: "Clinical Recommendations for the practice of sports in people with Diabetes Mellitus (Record Guideline). Update 2021"

Pode optar-se por ingerir HC alternativos, como por exemplo a frutose, sendo menor a quantidade de insulina necessária para cobrir a sua excursão glicémica tendo em conta o seu menor impacto metabólico.^{6,18,27}

O consumo de lípidos é também preferencial durante a prática de exercício prolongada. O potencial lipolítico pode estar elevado no contexto de diabetes tipo 1 eventualmente devido ao aumento de β -adrenoreceptores nas células adiposas. No entanto, um nível desadequadamente elevado de insulina durante o exercício suprime a lipólise/oxidação de gordura em comparação com as concentrações de insulina basal no contexto de DM1.¹⁵

Uma outra estratégia nutricional de interesse tem que ver com a suplementação alimentar, como por exemplo, através da suplementação de isomaltulose.

A isomaltulose é um dissacarídeo de sacarose (frutose e glicose) que poupa o uso de HC quer a nível endógeno quer a nível exógeno e aumenta a oxidação de gordura

durante o exercício, resultando num menor risco de hipoglicemia durante o período pós-exercício. A sua utilização parece permitir uma melhor estabilidade da concentração da glicose devendo ser realizada a sua toma cerca de 30 minutos a 2 horas antes de se iniciar o exercício. A sua suplementação sugere-se que seja realizada na dose de 1g/kg de peso corporal/hora em solução a 10% de isomaltulose.^{35,36}

Destaca-se, no entanto, a necessidade de garantir a certificação do suplemento alimentar utilizado e a verificação da proporção de diluição na formulação em pó contida no rótulo (habitualmente em doses de 30g para cada 150-250ml de água para perfazer uma bebida isotónica).³⁵

5.4 Estratégias de exercício

Durante a prática de exercício, para além das estratégias já mencionadas, a realização de pequenos *sprints* de 10 segundos e exercícios intermitentes de alta intensidade numa sessão de exercício aeróbio moderado parecem modular adequadamente o controlo glicémico no contexto de DM1.^{3,4,37}

Este exercício de curta duração, mas de alta intensidade, faz com que as hormonas contrarreguladoras (como a adrenalina e noradrenalina) aumentem a produção de glicose hepática, promovendo uma estabilização da glicémia, diminuindo assim o risco de hipoglicemia subsequente.^{37,38}

Outra hipótese vantajosa é a realização de exercício de força, antes ou depois de uma sessão de exercício aeróbio, uma vez que irá contrabalançar o efeito hipoglicemiante deste último destacando a vantagem do treino combinado neste contexto.^{3,37}

No sentido inverso, pode ser utilizada como estratégia quando o indivíduo apresentar concentrações de glicose ligeiramente elevadas (<200mg/dl) no final do exercício (após exercício de alta intensidade ou após ingestão de HC durante o exercício), a realização de um período de arrefecimento aeróbio de baixa intensidade com o objetivo de reduzir gradualmente a glicemia, sem haver a necessidade de administrar insulina adicional.²⁷

No contexto de mulheres portadoras de DM1, é reconhecido que o ciclo menstrual influencia não só a sensibilidade à insulina como o risco de lesões associadas ao exercício físico. As suas necessidades de insulina e HC, antes e depois do exercício, podem diferir ao longo do seu ciclo menstrual.^{15,27,39}

Assim, durante a fase lútea, as concentrações de estrogénios e progesterona estão elevadas, a hiperglicemia é mais prevalente e pode ocorrer uma maior utilização dos substratos lipídicos como fonte energética preferencial durante o treino e na recuperação.^{15,39}

6. Uso de tecnologias e exercício

Os sistemas de monitorização contínua de glicose (CGM) são dispositivos compostos por um sensor, um transmissor e um recetor. Este sensor é colocado no tecido subcutâneo medindo continuamente a concentração intersticial de glicose. De forma a otimizar as suas funções, o aparelho deve ter uma boa precisão (idealmente $MARD < 10\%$), ou seja, os dados do sensor devem aproximar-se e estimar os valores de glicose sanguínea embora se assumam, naturalmente, diferenças entre ambos.

Porém, existem fatores adicionais que podem potencialmente influenciar a precisão do aparelho durante a prática de exercício, nomeadamente: alterações do pH e na concentração de O_2 tecidual, aumento da temperatura cutânea, absorção de glicose pelo músculo e até mesmo forças mecânicas a que o sensor está exposto durante a prática de exercício.^{21,40}

Sabe-se ainda que a precisão dos sensores é mais deficitária durante o exercício, sobretudo durante o exercício contínuo em comparação com o intervalado.⁴⁰

Apesar da reconhecida vantagem da sua utilização em atividades do dia-a-dia de forma transversal, a utilização de CGM apresenta ainda outras limitações, tais como: irritação/sensibilidade cutânea ao adesivo ou outros componentes, dor no local de colocação do sensor, interrupção do sono e/ou fadiga de alarmes, sobrecarga de informação relativa a diabetes e o eventual estigma da sua utilização visível a terceiros. Reconhece-se também que, especialmente em situações de variabilidade glicémica elevada como durante exercício, a utilização da glicose capilar mantém-se necessária para validação do valor de glicose intersticial e para toma de decisões terapêuticas seguras.^{21,40}

Para além de avaliar a glicose intersticial, a utilização de CGM permite detetar e reagir de forma mais célere às flutuações da glicemia através da interpretação da seta tendência da glicose antes, durante e após o exercício. Permite ainda identificar ocorrência de eventos agudos como hipoglicemia bem como a sua correção precoce, evitando assim consequências deletérias associadas à sua ocorrência.^{6,11,26,41}

Tabela 9: Sugestões de ajustes antes, durante e após o exercício para os utilizadores de CGM^{20,21}

Antes do Exercício

1. É recomendável programar o alarme de hipoglicemia no CGM no nível mais alto permitido, neste caso 100mg/dL;
2. É recomendável definir o alarme de hiperglicemia >180mg/dL no CGM;

Durante o Exercício

3. Deve ser colocado um intervalo alvo entre 90-180mg/dL (e entre 126-180mg/dL se exercício aeróbio prolongado) para a maioria dos indivíduos com DM1, devendo este alvo ser mais elevado quando o indivíduo tem alto risco de hipoglicemia;

Após o Exercício

4. Deve ser colocado um intervalo alvo entre 80-180mg/dL nos primeiros 90 minutos após o exercício para a maioria dos indivíduos com DM1 e com baixo risco de hipoglicemia;
5. É recomendado ir verificando os níveis de glicemia a cada 15-30 minutos durante os primeiros 90 minutos após o exercício;
6. E ainda é recomendado alterar o alarme de hipoglicemia para 80/90/100mg/dL dependendo se o risco de hipoglicemia é ligeiro, moderado ou severo respetivamente.

Abreviaturas: CGM: monitorização contínua de glicose

É particularmente vantajoso, na idade pediátrica, a utilização de interfaces de partilha de dados de monitorização contínua de glicose em tempo real com outras pessoas (nomeadamente pais e/ou cuidadores) de forma que estes possam reagir e atuar perante um evento agudo (classicamente durante um evento de hipoglicemia) quer seja durante ou após o exercício.⁴²

De uma forma global, a utilização de CGM, associada ou não de forma integrada a dispositivos como os sistemas de PSCI, permitem uma maior compreensão do contexto que envolve a prática de exercício, permite o reconhecimento de fatores e comportamentos que influenciam os níveis de glicose, envolve de forma mais ativa o paciente e planear atividades futuras de forma mais informada e segura.⁶

Pelo mencionado, as equipas de saúde devem encorajar as pessoas portadoras de DM1 a monitorizar os seus níveis de glicose antes, durante e após qualquer atividade física e a estarem preparados com todo o material necessário para a correção eventual de complicações agudas a si associadas.⁶

7. Estratégias de compromisso e persistência com prática de exercício na doença crônica

O médico tem um papel preponderante no incentivo à prática de exercício físico encarando-o como parte integrante do plano terapêutico definido no momento de consulta.

Para além de os motivar a fazê-lo deve inculcar nos seus doentes estratégias seguras para a sua realização, estimulando a avaliação da glicose antes, durante e várias horas após o exercício de forma a minimizar riscos que possam motivar o abandono da sua prática.⁶

Para a prática de exercício estruturado e guiado por profissionais de saúde sugere-se a revisão de 5 pontos basilares da avaliação clínica que permitem organizar quais são os objetivos do doente e fornecer diretrizes a fim de o instruir, capacitando-o a agir perante vários cenários possíveis.

1. Qual é o objetivo do paciente com a prática de exercício físico?

O doente pode apresentar vários objetivos aquando da prática de exercício, nomeadamente: perda de peso, melhoria da sua aptidão física, melhoria do seu desempenho ou simplesmente socializar. Os objetivos glicémicos, para além da prevenção da hipoglicemia, podem incluir, a manutenção dos níveis de glicemia no intervalo alvo ou a obtenção de um nível específico de glicemia para maximizar o desempenho no exercício.

2. Qual é o tipo, duração e intensidade?

Se o doente praticar atividade aeróbia contínua com níveis de insulina exógenos elevados circulante exige a realização de uma redução da insulina e/ou um suplemento de HC para evitar hipoglicemia. Por outro lado, se o doente praticar atividade aeróbia de curta duração, mas intensidade elevada, ou atividade anaeróbia manterá os níveis de glicemia durante o exercício ou assistirá a uma elevação espontânea da glicose no período que precede o exercício.

3. Quanto tempo passou após a última administração de bólus de insulina rápida?

Quando o doente prevê a realização de exercício físico dentro de um período até 3h após a administração de um bólus de insulina rápida, devemos reduzir a dose de insulina a administrar em 25 a 75% da dose calculada ou, caso não seja possível fazê-lo de forma antecipada, pode ser também necessária a ingestão de HC suplementares.

4. O exercício é planejado ou não planejado?

Se o exercício for planejado, podem ser implementadas estratégias mencionadas de forma antecipada. Se o exercício ocorrer de forma espontânea/não programada, então deve ser feito um ajuste de forma imediata seguindo o mesmo racional embora o sucesso esteja naturalmente mais comprometido.

5. Já teve algum episódio de hipoglicemia relacionado com o exercício?

Se sim, devemos saber qual era o tipo de exercício, a intensidade e duração do episódio em que ocorreu, procurando identificar padrões e construindo estratégias para a sua não repetição e com vista a reduzir o medo de hipoglicemia.⁶

De uma forma geral, todo o indivíduo portador de DM1 deve estar ciente de que antes de iniciar qualquer tipo de prática de exercício devem ser verificadas as seguintes premissas:

- ⇒ Deve ter uma avaliação médica prévia à prática de exercício;
- ⇒ A diabetes deve estar identificada e adequadamente classificada;
- ⇒ Deve certificar-se que transporta consigo todo o material que necessita para monitorizar a sua condição (tratamento insulínico, glucómetro ou sensor de CMG, glucagon, alimentos ricos em HC ou bebidas isotónicas);
- ⇒ Deve saber identificar e como tratar um evento hipoglicémico;
- ⇒ Deve levar consigo água, para garantir uma boa hidratação;
- ⇒ Antes de iniciar, deve verificar a glicose e saber que valores acima e abaixo dos quais está contraindicada a sua prática;
- ⇒ Deve garantir que não teve nenhuma hipoglicemia grave nos 6 meses anteriores;
- ⇒ Deve assegurar que não tem nenhuma doença ou intercorrência aguda no momento que contraindique a sua prática.²⁰

CONCLUSÃO

Apesar de haver um consenso que o exercício físico minora o risco de complicações (micro e macrovasculares) nos indivíduos com DM1, que permite uma melhor aptidão física e melhor controlo metabólico no contexto da diabetes, é ainda muito desafiante encorajar estes indivíduos a praticar exercício físico de forma consistente ao longo da vida.¹¹

É evidente que os indivíduos com DM1 necessitam de ajustes individualizados da dose diária de insulina em função do exercício praticado (tipo, duração, momento, frequência e intensidade) e que a prioridade, na sua grande maioria, será minorar o risco de hipoglicemia e melhorar o condicionamento cardiometabólico em detrimento do foco no desempenho desportivo.⁴³

A prevenção de eventos agudos como a hipoglicemia continua a ser um dos maiores desafios clínicos na DM1 com contexto de exercício.

Embora a redução da dose de insulina administrada antes do exercício seja frequentemente uma estratégia de sucesso, esta abordagem só será adequada no contexto de exercício planeado, uma vez que nestes casos os ajustes são feitos de forma antecipada. Como estratégia alternativa, a ingestão de HC antes do exercício com o intuito de diminuir o risco de hipoglicemia acaba por constituir a estratégia preferencial para os pacientes pela sua facilidade e pelo facto de poder ser aplicada de forma mais imediata, inclusivamente no contexto de exercício espontâneo/não-planeado tipicamente presente durante a infância.¹⁴

Apesar dos inúmeros desafios, o uso de tecnologias permitiu novas adaptações e o aprofundar de conhecimentos no que diz respeito à monitorização e à autonomização da terapêutica durante o exercício, com vista a manter a normoglicemia e potenciando o desempenho desportivo em atletas portadores de DM1 no circuito amador e profissional.¹⁵

Cabe às equipas de saúde que acompanham as pessoas portadoras de diabetes a sensibilização para a prática regular de exercício, a educação para uma prática segura e a formação sobre estratégias individualizadas para gestão de risco de forma a garantir e encorajar a criação de hábitos de vida saudáveis e uma melhor qualidade de vida entre pessoas portadoras de doença crónica como é o caso da DM1.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora **Mestre Adriana Lages**, serão poucas as palavras para agradecer toda a ajuda prestada neste trajeto. Começo por agradecer pela admirável orientação e por toda a ajuda incansável desde o primeiro momento deste percurso! Obrigada por dispor sempre do seu tempo e por resolver todas as adversidades que foram surgindo! Agradeço por me ter ensinado, que em investigação científica, a comunicação e o rigor são primordiais para ser bem-sucedida!

À **Professora Doutora Maria Leonor Gomes**, por ter autorizado a realização desta revisão, por toda a disponibilidade e por estar sempre de portas abertas para me receber!

Às **minhas amigas**, obrigada por todo o apoio, cumplicidade e companheirismo ao longo deste percurso!

Aos **meus pais e irmã**, obrigada por me proporcionarem este percurso e por sempre me apoiarem! Obrigada por toda a confiança e por estarem sempre lá!

Ao **Bruno**, o meu obrigada por me acompanhares em todas as etapas e pela confiança transmitida! Por acreditares sempre em mim e me incentivares a ser sempre melhor!

A esta cidade, **Coimbra**, segunda casa durante 6 anos, obrigada por me acolheres sempre e por tornares este grande sonho realidade!

REFERÊNCIAS

1. Valli, G., Minnock, D., Tarantino, G. & Neville, R. D. Delayed effect of different exercise modalities on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **31**, 705–716 (2021).
2. McCarthy, M., Ilkowitz, J., Zheng, Y. & Vaughan Dickson, V. Exercise and Self-Management in Adults with Type 1 Diabetes. *Current Cardiology Reports* vol. 24 861–868 Preprint at <https://doi.org/10.1007/s11886-022-01707-3> (2022).
3. Cockcroft, E. J., Narendran, P. & Andrews, R. C. Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. *Experimental Physiology* vol. 105 590–599 Preprint at <https://doi.org/10.1113/EP088219> (2020).
4. Pujalte, G. *et al.* Considerations in the Care of Athletes With Type 1 Diabetes Mellitus. *Cureus* (2022) doi:10.7759/cureus.22447.
5. Colberg, S. R. *et al.* Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* vol. 39 2065–2079 Preprint at <https://doi.org/10.2337/dc16-1728> (2016).
6. Chetty, T. *et al.* Exercise management for young people with type 1 diabetes: A structured approach to the exercise consultation. *Front Endocrinol (Lausanne)* **10**, (2019).
7. Molveau, J. *et al.* Minimizing the Risk of Exercise-Induced Glucose Fluctuations in People Living With Type 1 Diabetes Using Continuous Subcutaneous Insulin Infusion: An Overview of Strategies. *Canadian Journal of Diabetes* vol. 45 666–676 Preprint at <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2021.01.003> (2021).
8. Finn, M., Sherlock, M., Feehan, S., Guinan, E. M. & Moore, K. B. Adherence to physical activity recommendations and barriers to physical activity participation among adults with type 1 diabetes. *Ir J Med Sci* **191**, 1639–1646 (2022).
9. Brož, J. *et al.* Characterization of individualized glycemic excursions during a standardized bout of hypoglycemia-inducing exercise and subsequent hypoglycemia treatment—a pilot study. *Nutrients* **13**, (2021).
10. Lu, X. & Zhao, C. Exercise and Type 1 Diabetes. in *Advances in Experimental Medicine and Biology* vol. 1228 107–121 (Springer, 2020).
11. Jabbour, G. & Bragazzi, N. L. Continuous Blood Glucose Monitoring Increases Vigorous Physical Activity Levels and Is Associated With Reduced Hypoglycemia Avoidance Behavior In Youth With Type 1 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)* **12**, (2021).

12. García-Hermoso, A. *et al.* Effects of exercise training on glycaemic control in youths with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European Journal of Sport Science* Preprint at <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2086489> (2022).
13. Diabetes: Factos e Números 2016, 2017 e 2018. *Rev Port Diab.* 40–8 (2017).
14. Shetty, V. B. *et al.* Effect of exercise intensity on exogenous glucose requirements to maintain stable glycemia at high insulin levels in type 1 diabetes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* **106**, E83–E93 (2021).
15. Riddell, M. C. *et al.* The competitive athlete with type 1 diabetes. *Diabetologia* vol. 63 1475–1490 Preprint at <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05183-8> (2020).
16. Chow, L. S. *et al.* Exerkines in health, resilience and disease. *Nature Reviews Endocrinology* vol. 18 273–289 Preprint at <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00641-2> (2022).
17. Aljawarneh, Y. M., Wardell, D. W., Wood, G. L. & Rozmus, C. L. A Systematic Review of Physical Activity and Exercise on Physiological and Biochemical Outcomes in Children and Adolescents With Type 1 Diabetes. *Journal of Nursing Scholarship* vol. 51 337–345 Preprint at <https://doi.org/10.1111/jnu.12472> (2019).
18. Riddell, M. C. *et al.* Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *The Lancet Diabetes and Endocrinology* vol. 5 377–390 Preprint at [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30014-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30014-1) (2017).
19. Zaharieva, D. P. & Riddell, M. C. Insulin Management Strategies for Exercise in Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes* vol. 41 507–516 Preprint at <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2017.07.004> (2017).
20. Gargallo-fernández, M. & Escalada-san Martín, J. *CLINICAL RECOMMENDATIONS FOR THE PRACTICE OF SPORTS IN PEOPLE WITH DIABETES MELLITUS (RECORD GUIDELINE). UPDATE 2021 DIABETES AREA. SPANISH SOCIETY OF ENDOCRINOLOGY AND NUTRITION (SEEN).*
21. Moser, O. *et al.* Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA). *Diabetologia* **63**, 2501–2520 (2020).
22. Hohendorff, J. *et al.* Risk factors of hypoglycaemia in type 1 diabetes individuals during intensive sport exercise—Data from the SPORTGIVECHANCE event. *Int J Clin Pract* **73**, (2019).

23. Wake, A. D. Protective effects of physical activity against health risks associated with type 1 diabetes: "Health benefits outweigh the risks". *World J Diabetes* **13**, 161–184 (2022).
24. Pitt, J. P., McCarthy, O. M., Hoeg-Jensen, T., Wellman, B. M. & Bracken, R. M. Factors Influencing Insulin Absorption Around Exercise in Type 1 Diabetes. *Frontiers in Endocrinology* vol. 11 Preprint at <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.573275> (2020).
25. Romeres, D. *et al.* Hyperglycemia but not hyperinsulinemia is favorable for exercise in type 1 diabetes: A pilot study. *Diabetes Care* **43**, 2176–2182 (2020).
26. Paiement, K. *et al.* Is Better Understanding of Management Strategies for Adults With Type 1 Diabetes Associated With a Lower Risk of Developing Hypoglycemia During and After Physical Activity? *Can J Diabetes* **46**, 526–534 (2022).
27. Cocks, M. *et al.* Post-exercise recovery for the endurance athlete with type 1 diabetes: a consensus statement. *www.thelancet.com/diabetes-endocrinology* vol. 9 www.thelancet.com/diabetes-endocrinology (2021).
28. Herzig, D. *et al.* Effects of aerobic exercise on systemic insulin deglucose concentrations in 1 people with type 1 diabetes 2. doi:10.48350/164272.
29. Tauschmann, M. & Hovorka, R. Technology in the management of type 1 diabetes mellitus-current status and future prospects. *Nature Reviews Endocrinology* vol. 14 464–475 Preprint at <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0044-y> (2018).
30. Alkhateeb, H., el Fathi, A., Ghanbari, M. & Haidar, A. Modelling glucose dynamics during moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. *PLoS One* **16**, (2021).
31. *MiniMed™ 780G*.
32. Eckstein, M. L. *et al.* Time in range for closed-loop systems versus standard of care during physical exercise in people with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine* vol. 10 Preprint at <https://doi.org/10.3390/jcm10112445> (2021).
33. Ajčević, M., Candido, R., Assaloni, R., Accardo, A. & Francescato, M. P. Personalized Approach for the Management of Exercise-Related Glycemic Imbalances in Type 1 Diabetes: Comparison with Reference Method. *J Diabetes Sci Technol* **15**, 1153–1160 (2021).
34. Pereira, W. V. C. *et al.* 2022: Position of Brazilian Diabetes Society on exercise recommendations for people with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetology and Metabolic Syndrome* vol. 15 Preprint at <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00945-3> (2023).

35. West, D. J. *et al.* Isomaltulose improves postexercise glycemia by reducing CHO oxidation in T1DM. *Med Sci Sports Exerc* **43**, 204–210 (2011).
36. Notbohm, H. L. *et al.* Metabolic, hormonal and performance effects of isomaltulose ingestion before prolonged aerobic exercise: a double-blind, randomised, cross-over trial. *J Int Soc Sports Nutr* **18**, (2021).
37. Moser, O. *et al.* Pre-exercise blood glucose levels determine the amount of orally administered carbohydrates during physical exercise in individuals with type 1 diabetes—a randomized cross-over trial. *Nutrients* **11**, (2019).
38. Mascarenhas, L. P. G. *et al.* Acute changes in glucose induced by continuous or intermittent exercise in children and adolescents with type 1 diabetes. *Arch Endocrinol Metab* **66**, (2022).
39. Zarei, S., Mosalanejad, L. & Ghobadifar, M. A. Blood glucose levels, insulin concentrations, and insulin resistance in healthy women and women with premenstrual syndrome: A comparative study. *Clin Exp Reprod Med* **40**, 76–82 (2013).
40. da Prato, G. *et al.* Accuracy of CGM Systems During Continuous and Interval Exercise in Adults with Type 1 Diabetes. *J Diabetes Sci Technol* **16**, 1436–1443 (2022).
41. Brockman, N. K. *et al.* Afternoon aerobic and resistance exercise have limited impact on 24-h CGM outcomes in adults with type 1 diabetes: A secondary analysis. *Diabetes Res Clin Pract* **177**, (2021).
42. Polonsky, W. H. & Fortmann, A. L. Impact of Real-Time CGM Data Sharing on Quality of Life in the Caregivers of Adults and Children With Type 1 Diabetes. *J Diabetes Sci Technol* **16**, 97–105 (2022).
43. Vartak, V., Chepulis, L., Driller, M. & Paul, R. G. Comparing Two Treatment Approaches for Patients with Type 1 Diabetes During Aerobic Exercise: a Randomised, Crossover Study. *Sports Med Open* **7**, (2021).