

UNIVERSIDADE DE ÉVORA/2010

CURSO DE MESTRADO EM SAÚDE E BEM-ESTAR DAS PESSOAS IDOSAS

ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO

GESTÃO DE SAÚDE



**EFEITO DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE A CAPACIDADE
FUNCIONAL, COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORÇA
ISOCINÉTICA E FADIGA MUSCULAR EM PACIENTES
COM DIABETES TIPO 2**

MARÍLIA DA CONCEIÇÃO MOURA MIRA

ORIENTADORES: PROFESSOR DOUTOR ARMANDO RAIMUNDO

PROFESSOR DOUTOR PABLO TOMÁS CARÚS



187 190

Este trabalho foi elaborado com a finalidade da obtenção do grau de Mestre em Saúde e Bem-Estar das pessoas Idosas.

AGRADECIMENTOS

Ao abrir estas páginas, uma palavra de agradecimento, necessariamente aquém do devido, às pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos professores doutores Armando Raimundo e Pablo Tomás Carús, orientadores deste trabalho, o meu sincero reconhecimento e agradecimento, pelo estímulo, incentivo e apoio constantes ao longo deste percurso.

A todos os participantes no estudo, pela disponibilidade demonstrada, e sem os quais este trabalho não seria possível de realizar.

Ao colega de mestrado, Luís Laranjo, que tornou possível o programa de intervenção.

Às médicas, Helena Gonçalves e Vitória Santos, pela avaliação clínica de todos os participantes.

Aos amigos e colegas, pelo estímulo e apoio que me transmitiram ao longo deste percurso.

Aos meus pais e ao meu filho Henrique pelos dias privados de convívio, pelo apoio permanente e pela força nos momentos de desânimo.

Por fim as minhas desculpas se alguém esqueci.

RESUMO

Introdução: A Diabetes Mellitus tipo 2 (DM tipo 2) assumiu proporções e impacto na população mundial, que se torna cada vez mais importante encontrar mecanismos de prevenção desta patologia e de diminuição dos seus efeitos nefastos no organismo. O exercício tem sido apontado como uma das formas de prevenção e tratamento da DM tipo 2 em termos metabólicos, no entanto existe ainda lacuna no que diz respeito ao efeito do exercício físico proporciona ao nível da capacidade funcional e força muscular, relacionada com a locomoção, equilíbrio dinâmico e potência muscular.

Objectivo: O presente estudo pretende avaliar os efeitos do exercício físico, de solicitação aeróbia, sobre a capacidade funcional, composição corporal, força isocinética e fadiga muscular em pacientes com DM tipo 2. **Metodologia:** No estudo participaram 30 indivíduos, de ambos os sexos, com idades compreendidas entre os 48 e os 70 anos, distribuídos, aleatoriamente, num grupo de experimental (n=16) ao qual foi aplicado o programa de exercício físico, e num grupo controlo (n=14) que serviu de referência, o qual manteve a sua rotina diária. O programa de exercício físico aplicado foi distribuído por 3 sessões semanais de 60 minutos, durante 12 semanas. Foi avaliada a capacidade funcional através de uma bateria de seis testes funcionais, a composição corporal através do DEXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry), a força e a fadiga muscular foram avaliadas através do Biodex-3 (dinamómetro isocinético).

Resultados: O programa de treino aplicado produziu melhorias nos seguintes testes funcionais: no teste levantar/andar/sentar, no teste de velocidade em caminhar 10 m, subir 10 degraus com sobrecarga de 10 Kg e no teste sentar/levantar em 30 s. Ao nível da composição corporal, nomeadamente ao nível da gordura total e da gordura abdominal, não se registaram alterações estatisticamente significativas. O programa produziu também melhorias ao nível da força isocinética do músculo extensor (cc) 60°/s da perna direita, no músculo flexor (cc) 60°/s, no músculo flexor (cc) 180°/s da perna direita; na perna esquerda, no músculo extensor (cc) 60°/s e no músculo flexor (cc) 60°/s. Ao nível da fadiga muscular verificou-se uma diminuição estatisticamente significativa, nomeadamente nos músculos extensores, de ambas as pernas.

Conclusão: O exercício físico é fundamental para a melhoria e manutenção da capacidade funcional, da força muscular e diminuição da fadiga muscular em pacientes com DM tipo 2.

Palavras-chave: diabetes mellitus tipo 2, exercício físico, capacidade funcional, composição corporal, força isocinética e fadiga muscular.

EFFECTS OF PHYSICAL EXERCISE ON FUNCTIONAL CAPACITY, CORPORAL COMPOSITION, ISOKINETIC FORCE AND MUSCULAR FATIGUE IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS TYPE 2

ABSTRACT

Introduction: The Diabetes Mellitus type 2 (DM type 2) has suffered a considerable increase provoking a deep impact in the world's population, thus it is more and more important to find prophylactic mechanisms and measures that permit, allow a decrease of baneful effects on our body caused by this disease. Taking exercise has been known as one of the forms of prevention and treatment of DM type 2 concerning metabolism, but, on the other hand, still exist a gap that needs to be filled in what comes to the effect of physical exercise on functional capacity and muscular strength, related to locomotion, dynamical balance and also to muscular potency, power. **Aim:** This study intends to evaluate the effects of physical exercise using aerobic request, on functional capacity, corporal composition, isokinetic force and muscular fatigue in patients with DM type 2. **Methodology:** The study counted with the participation of 30 patients, men and women, embracing the ages from 48 to 70, disposed, casually, in an experimental group (n=16), where the physical exercise program has been applied, and also in a control group (n=14), which built the reference, maintaining its daily routine. The applied physical exercise program was tested during 3 weekly sessions of 60 minutes, during 12 weeks. The functional capacity was evaluated using a battery composed by six functional tests, the corporal composition applying the DEXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry), strength and muscular exhaustion were tested through Biodex-3 (isokinetic dynamometer). **Results:** The applied training program caused an improvement in the following functional tests: time up and go test, 10m walk speed, 10 stair climbing with 10 Kg, and also 30s chair stand. Concerning corporal composition, or rather, total fat and abdominal fat, didn't occur any statistically significant alteration. It also improved the isokinetic force of the extensor muscle (cc) 60°/s of the right leg, the flexor (cc) 60°/s, the flexor (cc) 180°/s of the right leg; the left leg registered improvement concerning the extensor muscle (cc) 60°/s and the flexor muscle (cc) 60°/s. At the level of muscular fatigue, we can observe a statistically significant decrease, namely in the extensor muscle of both legs. **Conclusion:** Taking physical exercise is vital to the improvement and maintenance of functional capacity, muscular strength and decrease of muscular fatigue in patients with DM type 2. **Key-words:** Diabetes mellitus type 2, physical exercise, functional capacity, corporal composition, isokinetic force and muscular fatigue.

INDÍCE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. DEFINIÇÃO E DESCRIÇÃO DA DIABETES MELLITUS.....	5
2.2. BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA DIABETES MELLITUS TIPO	
2.....	8
2.2.1. Efeito do Exercício Físico na Capacidade Funcional.....	15
2.2.2. Efeito do Exercício Físico na Composição Corporal.....	20
2.2.3. Efeito do Exercício Físico na Resistência à Insulina.....	26
2.2.4. Efeito do Exercício Físico na Força e na Fadiga Muscular.....	29
3. OBJECTIVOS E HIPÓTESES.....	34
3.1. OBJECTIVOS.....	34
3.2. HIPÓTESES.....	34
4. METODOLOGIA.....	36
4.1. AMOSTRA.....	36
4.1.1. Seleção da Amostra.....	36
4.1.2. Caracterização da Amostra.....	37
4.2. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO.....	39
4.2.1. Avaliação Clínica.....	40
4.2.2. Avaliação da Actividade Física.....	41
4.2.3. Avaliação da Capacidade Funcional.....	42
4.2.4. Avaliação da Composição Corporal.....	44
4.2.5. Avaliação da Força e Fadiga Muscular.....	45
4.3. INTERVENÇÃO.....	46

4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
5. RESULTADOS	50
6. DISCUSSÃO	55
7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	62
8. CONCLUSÕES.....	64
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	78
Anexo I - IPAQ versão reduzida.....	79

INDICE DE TABELAS

Tabela 1- Características dos participantes com Diabetes mellitus tipo 2 antes da intervenção.....	37
Tabela 2 – Capacidade Funcional antes e após 12 semanas de exercício físico (GE n=16; GC n=14)	50
Tabela 3 – Avaliação da Composição Corporal antes e após 12 semanas da intervenção de exercício físico (GE n=16; GC n=14)	52
Tabela 4 – Força isocinética e fadiga muscular dos participantes com Diabetes Mellitus tipo 2 antes e após 12 semanas de exercício físico (GE n=16; GC n=14).....	53

ABREVIATURAS

AMPK	Proteína Quinase Activada
AVD's	Actividades da Vida Diária
AIVD's	Actividades instrumentais da Vida Diária
<u>DAC</u>	Doença Arterial Coronária
<u>DM</u>	Diabetes Mellitus
FC_{res}	Frequência Cardíaca de Reserva
<u>GE</u>	Grupo Experimental
<u>GC</u>	Grupo Controlo
TAD	Tensão Arterial Diastólica
<u>TAM</u>	Tensão Arterial Média
<u>TAS</u>	Tensão Arterial Sistólica
VO_{2MAX}	Capacidade Máxima Aeróbia
<u>WHO</u>	Organização Mundial de Saúde

1.INTRODUÇÃO

A Diabetes Mellitus (DM) é uma doença crónica com elevados custos humanos, sociais e económicos em rápida expansão por todo o mundo. A prevalência mundial da DM aumentou drasticamente no decorrer das duas últimas décadas, desde aproximadamente 30 milhões de casos em 1985 para 177 milhões em 2000. Com base nas tendências actuais, mais de 360 milhões de indivíduos terão diabetes por volta do ano 2030¹. Apesar da prevalência da DM tanto o tipo 1 quanto o tipo 2 estar aumentada em todo o mundo, a prevalência da DM tipo 2 está a subir mais rapidamente devido ao aumento da obesidade e de níveis de actividade física reduzidos², sendo a prevalência da DM tipo 2 verificada para a população portuguesa é de 11,7%, destes 5,1% das pessoas não sabiam que tinham diabetes³.

Tendo esta patologia assumido uma vasta dimensão e impacto na população mundial, tornou-se imperioso perceber quais os mecanismos que estão na génese deste problema e estudar quais as melhores formas de prevenir e diminuir a sua incidência.

É consensual que a prática de exercício físico de modo regular é uma das medidas preventivas do desenvolvimento da DM tipo 2 na população em geral e, em particular, nos indivíduos com maior risco⁴, nomeadamente ao nível do controlo e manutenção da glicemia⁵.

O exercício físico regular é recomendado para indivíduos com DM tipo 2, uma vez que pode ter efeitos benéficos sob os factores de risco metabólicos e para o desenvolvimento das complicações tardias, nomeadamente complicações cardiovasculares⁶. Tem também efeito benéfico ao nível da saúde óssea⁷,

reduz o risco de cancro da mama⁸, melhora a circulação periférica^{9, 10}, é fundamental para o tratamento dos diabéticos com dislipidémia¹¹ e com hipertensão arterial¹², prevenindo a consequente microalbuminúria e o desenvolvimento progressivo dos estádios mais avançados de nefropatia diabética¹³.

Existem vários trabalhos que apontam para a redução na taxa de incidência da DM tipo 2 através de intervenções ao nível do estilo de vida^{14,15,16,17,18,19}. A prática do exercício físico é também uma componente essencial no tratamento da DM²⁰. A grande maioria dos programas de intervenção realizados com esta população tem incidido sobre exercício físico em regime aeróbio¹³, embora programas de exercício com solicitação sobre a força tenham, igualmente, efeitos benéficos no aumento da sensibilidade à insulina e na regulação dos níveis de glicose em jejum.

Os esforços aeróbios são ligeiros a moderados podem ser suportados durante mais tempo sem fadiga, são também aqueles que gastam mais energia (calorias), por serem mantidos durante mais tempo, sendo assim responsáveis pela maioria dos efeitos benéficos do exercício para a saúde. Praticamente não há órgão ou aparelho do organismo que não beneficie com exercício regular, sendo a regularidade a responsável por esses benefícios²¹.

Nas pessoas com DM estão comprovadas melhorias do bem-estar geral e da capacidade física, resultantes da adopção de um estilo de vida fisicamente activo dado que o exercício: ²² (1) Ajuda a controlar a DM (baixa a glicemia e normaliza a hemoglobina A1c): no músculo, a actividade física imita o efeito da insulina, promovendo a passagem de glicose do sangue para as células

musculares, que necessitam desta fonte de energia enquanto se exercitam, bem como nas horas seguintes (até 48 a 72 horas); (2) Reduz a gordura sobretudo a abdominal que está na base da DM tipo 2 e de grande parte das suas complicações metabólicas; (3) Diminui as complicações da DM: ao melhorar o controlo da DM, acontece uma redução das complicações tardias da DM. Além disso, os benefícios do exercício regular nos factores de risco cardiovascular assumem particular importância nas pessoas com DM, uma vez que os aumentos da tensão arterial, do colesterol e de outras gorduras no sangue são mais frequentes e mais mal tolerados do que nas pessoas sem DM. Os indivíduos com DM que praticam exercício regularmente vêem melhorada a sua tensão arterial, bem como o perfil das gorduras do sangue e (4) Os indivíduos mais activos e/ou com melhor condição física têm em média uma vida mais longa²².

Desta forma o presente trabalho teve como objectivo avaliar os efeitos de um programa de exercícios físico em regime aeróbio, com a duração de 12 semanas sobre a capacidade funcional, a composição corporal, a força e fadiga muscular em pacientes com Diabetes Mellitus tipo 2.

Na sequência do que foi dito anteriormente, pretende-se nesta primeira fase, introduzir o tema deste estudo. Seguidamente, será apresentada uma revisão da literatura científica mais recente acerca da relação da DM tipo 2 e os seus efeitos nos diversos aspectos contemplados neste estudo. Numa terceira parte apresentam-se os objectivos e hipóteses do estudo. No seu seguimento serão apresentados os aspectos metodológicos, nomeadamente a forma de selecção da amostra, os procedimentos de avaliação das diversas variáveis, a

intervenção aplicada aos participantes e por fim, os procedimentos estatísticos utilizados. Posteriormente, surge a apresentação e discussão dos resultados obtidos, assim como a apresentação das limitações deste estudo. E, por último, serão ilustradas as principais conclusões deste estudo.

2.REVISÃO DA LITERATURA

2.1. DEFINIÇÃO E DESCRIÇÃO DA DIABETES MELLITUS

A DM é um grupo de patologias metabólicas caracterizado por hiperglicémia, resultante de defeitos na secreção da insulina, na acção da insulina, ou ambas²³. A hiperglicémia crónica da diabetes associa-se a lesão a longo prazo, disfunção e insuficiência de vários órgãos, em particular os olhos, os rins, os nervos, o coração e os vasos sanguíneos^{24,25}.

Os indivíduos diabéticos sustentam uma significativa redução da expectativa de vida e da qualidade de vida. Estima-se que o diagnóstico da DM aos 40 anos de idade irá resultar na perda de aproximadamente 11,6 anos de vida para os homens e 14,3 anos de vida para as mulheres²⁶.

Existem vários processos patogénicos implicados no desenvolvimento da DM, desde a destruição auto-imune das células beta do pâncreas com o consequente défice de insulina, até alterações que induzem resistência à acção da insulina. A base das alterações do metabolismo dos hidratos de carbono, gorduras e proteínas na diabetes reside numa acção deficiente da insulina sobre os tecidos alvos. A acção deficiente da insulina resulta de uma secreção inadequada e/ou de uma diminuição da resposta tecidular num ou mais pontos das complexas vias de acção da hormona. Com frequência, co-existem no mesmo doente deterioração da secreção de insulina e defeitos na acção da mesma e, também, com frequência não é óbvia a alteração, se é que existe apenas uma única, que é a causa primária da hiperglicémia^{8, 27}.

Os sintomas de uma hiperglicémia são: poliúria, polidipsia, perda de peso, por vezes com polifagia e visão turva¹⁰. A deterioração do crescimento e a

susceptibilidade a determinadas infecções também podem acompanhar a hiperglicémia crónica. As consequências mais graves, potencialmente fatais, da DM não controlada são a hiperglicémia com cetoacidose ou o síndrome hiperosmolar não cetósico^{10,12}.

Entre as complicações a longo prazo da DM encontram-se a retinopatia com potencial perda da visão, a nefropatia que conduz à insuficiência renal, à neuropatia periférica com riscos de úlceras no pé, amputações e osteoartropatia de Charcot, e à neuropatia autónoma que produz sintomas gastrointestinais, genitourinários e cardiovasculares, bem como disfunção sexual. As pessoas com DM têm uma maior incidência de doença cardiovascular aterosclerótica, arteriopatia periférica e doença vascular cerebral. Frequentemente encontram-se hipertensão e alterações do metabolismo das lipoproteínas nas pessoas com DM^{10,12}.

A grande maioria de casos de diabetes recai dentro de duas grandes categorias etiopatogénicas. Na primeira, a DM Tipo1, a causa consiste num défice absoluto de secreção de insulina. É possível identificar, com frequência, os indivíduos com risco elevado de desenvolver esta doença mediante evidência serológica de um processo patológico auto-imune que ocorre nos ilhéus de Langerhans e através de marcadores genéticos. Na segunda, a DM Tipo 2, muito mais prevalente, a causa reside numa combinação de resistência à acção da insulina com uma resposta secretora inadequada compensadora da insulina. Nesta última categoria poderá estar presente, durante um longo período de tempo antes da detecção da diabetes, um grau de hiperglicémia suficiente para provocar alterações patológicas e funcionais nos vários órgãos

alvos, mas sem sintomatologia clínica. Durante este período assintomático, é possível demonstrar uma alteração no metabolismo dos hidratos de carbono através da determinação da glicemia em jejum ou após uma sobrecarga de glicose oral^{12,27}.

São possíveis três formas de diagnóstico^{14, 28}, devendo cada uma delas, na ausência de hiperglicémia inequívoca, ser confirmadas, noutra dia distinto, por qualquer dos três métodos comentados: 1) sintomas clássicos de diabetes mellitus mais uma concentração de glicemia ocasional $\geq 200\text{mg/dl}$ ($11,1\text{mmol/l}$), o termo ocasional significa a qualquer hora do dia independentemente da hora da refeição anterior, os sintomas clássicos da Diabetes Mellitus são: poliúria, polidipsia e perda de peso inexplicável; ou 2) glicemia em jejum $\geq 126\text{mg/dl}$ ($7,0\text{ mmol/l}$), em jejum ou basal significa que foi efectuada qualquer ingestão calórica nas últimas 8 horas; ou 3) glicemia 2 horas após uma sobrecarga oral $\geq 200\text{mg/dl}$ ($11,1\text{mmol/l}$) durante a prova de tolerância à glicose oral, a prova deve ser realizada conforme estabelecido pela OMS, utilizando uma sobrecarga que contenha o equivalente a 75 g de glicose anidra dissolvidos em água.

Uma concentração plasmática venosa de glicose em jejum menor que $6,1\text{ mmol/l}$ (110 mg/dl) foram observados em pessoas que provaram ter tolerância normal à glicose, mesmo que apresentem uma alteração da tolerância à glicose se for realizada uma prova de tolerância à glicose oral. Valores acima deste estão associados a um risco cada vez maior de desenvolverem complicações micro e macrovasculares²⁵.

O grau de hiperglicémia, quando existe, pode modificar-se no decurso do tempo, dependendo do processo patológico subjacente. O processo patológico poderá estar presente mas não progredir de forma suficientemente rápida para causar hiperglicémia. O mesmo processo patológico pode causar alteração da glicose em jejum e/ou tolerância diminuída à glicose sem cumprir os critérios para o diagnóstico da diabetes. Em alguns indivíduos diabéticos pode obter-se um controlo glicémico adequado com redução ponderal, prática de exercício e/ou administração de fármacos hipoglicemiantes orais, estes indivíduos não requerem, portanto, insulina. Outros indivíduos que possuem alguma secreção residual de insulina e que requerem insulina exógena para um controlo glicémico adequado, podem sobreviver sem a mesma. Os indivíduos que apresentam uma extensa destruição de células beta e, conseqüentemente, sem secreção residual de insulina, requerem insulina para a sua sobrevivência. A gravidade da alteração metabólica pode progredir, regredir ou permanecer estável. Desta forma, o grau de hiperglicémia reflecte a gravidade do processo metabólico subjacente e o seu tratamento, mais do que a natureza do próprio processo^{25, 27}.

2.2.BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA DIABETES TIPO 2

Os possíveis benefícios do exercício físico para o indivíduo com DM tipo 2 são substanciais, e os recentes estudos reforçam a importância de programas de exercício de longa duração para o tratamento e prevenção desta anomalia metabólica e suas complicações^{29,30}. O exercício estruturado é considerado um

importante factor para alcançar o controlo glicémico e para a melhoria do perfil de risco cardiovascular dos indivíduos com DM tipo 2³¹.

As complicações da DM implicam custos substanciais no tratamento de, nomeadamente das doenças macrovasculares, pois estas implicam os maiores gastos e também são as que aparecem mais cedo³². Assim, melhorando os níveis de glicemia através de programas de exercício físico, previne as complicações e reduz os custos associados à DM³³.

A prática regular de exercício físico conduz, progressivamente, a uma sensação de bem estar físico e, também, a um bem estar psíquico, prevenindo também o desenvolvimento da doença coronária arterial e reduz os sintomas em doentes com doença cardiovascular estabelecida¹².

A intensidade relativa refere-se à percentagem de potência aeróbia utilizada durante o exercício e é expressa como percentual de frequência cardíaca máxima ou percentagem de $V_{\text{máx}}\text{O}_2$. Por intensidade moderada entende-se as actividades realizadas a uma intensidade relativa de 40 a 60% do $V_{\text{máx}}\text{O}_2$ (ou intensidade absoluta de 4 a 6 Mets). Por intensidade vigorosa entende-se as actividades realizadas numa intensidade relativa de >60% do $V_{\text{máx}}\text{O}_2$ (ou intensidade absoluta de > 6 Mets)³⁴.

Para a maioria dos indivíduos com DM tipo 2, o objectivo do exercício é aumentar o gasto de energia, facto que está directamente relacionado com a quantidade de massa muscular utilizada durante o exercício. Assim, os exercícios que utilizam uma grande massa muscular e aqueles que podem ser realizados de forma segura, são os que oferecem os melhores resultados para indivíduos com DM tipo 2⁴.

O músculo esquelético representa aproximadamente 40% da massa corporal total e exerce um papel primordial no metabolismo da glicose³⁵. Este tecido é responsável por aproximadamente 30% do dispêndio de energia, e é um dos principais tecidos responsáveis pela captação, liberação e armazenamento de glicose³⁶. Estudos realizados nos últimos anos demonstraram claramente que o exercício físico aumenta a captação de glicose pelo músculo^{37, 38, 39}.

Assim, o exercício físico regular envolvendo grandes grupos musculares, como caminhar, correr ou nadar, produz adaptações cardiovasculares que aumentam a capacidade de exercício aeróbio e a força muscular^{4,34}.

A percentagem de glicose transportada assim como outros monossacarídeos é maior com a acção da insulina. Quando a insulina é segregada pelo pâncreas, a percentagem de glicose transportada para o espaço intracelular aumenta dez vezes em relação à percentagem de glicose que é transportada quando não é segregada insulina. Assim, a quantidade de hidratos de carbono utilizado pela maioria das células é controlada pela quantidade de insulina segregada pelo pâncreas³⁵.

Também o exercício físico é um estimulador fisiologicamente relevante do transporte de glicose para o músculo esquelético⁴⁰. O GLUT4 é o maior transportador de glicose expresso no músculo esquelético, e a sua transposição do meio intracelular até a membrana plasmática e túbulos T constitui-se no principal mecanismo através do qual, tanto a insulina como o exercício, efectuam o transporte de glicose para o músculo esquelético⁴⁰. A actividade contráctil do músculo pode estimular a transposição do GLUT4 na ausência de insulina, e alguns estudos sugerem que existem diferentes tipos

de GLUT4 intracelulares, um estimulado pela insulina e outro estimulado pelo exercício^{41, 42}. Portanto, os efeitos da insulina e da contração muscular são aditivos, sugerindo que a insulina e o exercício activam os transportadores de glicose por diferentes mecanismos.

Recentemente surgiram evidências de que o stress celular, incluindo o exercício ou contrações musculares, a incubação do músculo em meio hiperosmótico, a separação mitocondrial, a inibição da respiração celular e as condições de hipoxia estimulam o transporte de glicose para o músculo independentemente da insulina⁴³. Sendo a proteína quinase activada (AMPK) a responsável por aumentar a sensibilidade do músculo à insulina, a sua presença parece ser um indicador de combustível celular que detecta o stress metabólico ou a deficiência nutricional e, posteriormente, controla vários processos celulares que reúnem recursos energéticos e de conservação de energia⁴³.

A activação do transporte de glicose para o músculo após 20 min de hipoxia, um estímulo submáximo, é ampliada nos músculos após 3 horas de exercício físico⁴⁴. A activação da AMPK é um dos mecanismos pelos quais o exercício estimula o transporte de glicose. A hipoxia parece estimular o transporte de glicose para o músculo pelos mesmos mecanismos que o exercício. Assim, Insulina, contrações musculares e hipoxia induzem o aumento do transporte de glicose no músculo através da estimulação da GLUT4 dos locais de armazenamento intracelular para a superfície da célula⁴⁴.

Para satisfazer as suas necessidades energéticas, o musculo esquelético utiliza, uma grande percentagem das suas reservas de glicogénio e

triglicéridos, bem como dos ácidos gordos livres resultantes da degradação do tecido adiposo, dos triglicéridos e da glicose libertada pelo fígado. Para manter a função do sistema nervoso central, os níveis de glicemia têm que estar mantidos durante o exercício ²⁹.

A diminuição da insulina plasmática e a presença de glucagon parece ser necessária para o aumento precoce da produção de glicose ao nível do fígado durante o exercício, assim o aumento do glucagon e das catecolaminas a nível plasmático, durante um exercício prolongado, parece ter um papel fundamental nesta regulação hormonal que é importante para a normoglicémia ²⁹. Com efeito, em indivíduos com DM tipo 2, o exercício físico pode melhorar a sensibilidade à insulina e diminuir a glicemia para níveis normais.

Assim, o exercício físico resulta numa mudança de utilização de combustível através do trabalho muscular primeiramente dos ácidos gordos livres para uma mistura de ácidos gordos livres, glicose e glicogénio muscular. Embora a resposta metabólica ao exercício seja influenciada por diversos factores (nutrição, idade, tipo de exercício, condição física) os mais importantes factores que a afectam são a intensidade e a duração⁴⁵.

A mobilização de combustível é controlada durante o exercício físico em grande parte pelo sistema neuroendócrino. Se o exercício se mantém, ocorre uma diminuição da secreção de insulina e aumenta a secreção de glucagon, catecolaminas, cortisol e outras hormonas⁴⁵. Além de factores neuroendócrinos, outros parâmetros, tais como a mudança subtil na glicemia ou no estado metabólico desempenham um papel fundamental no metabolismo do combustível durante o exercício físico⁴⁵.

A produção de glicose endógena está intimamente associada ao aumento da captação muscular de glicose durante o exercício moderado. O exercício induzido incrementa o glucagon, estimula a glicogenólise e a neoglicogenese. O glucagon também estimula o metabolismo hepático de aminoácidos e a oxidação de gordura, fornecendo precursores para a neoglicogenese e respectiva energia. A diminuição de insulina é necessária durante o exercício para a resposta glicogenolítica. Quando o declínio na veia porta for eliminado, o aumento da produção endógena de glicose é reduzida em cerca de 50%. Se o fígado não libertasse mais glicose em resposta ao exercício ocorreria a hipoglicémia⁴⁶.

Deste modo, indivíduos com DM tipo 2 com uma ligeira a moderada hiperglicémia podem verificar uma diminuição da glicose durante o exercício devido à saída de glicose endógena. Estes indivíduos quando medicados com apenas dieta ou dieta e sulfonilureias com uma glicemia pós-prandial superior a 200 mg/dl e insulina basal normal, mostram uma diminuição na glicemia em cerca de 50 mg/dl durante um exercício de 45 minutos. Em indivíduos com diabetes tipo 2, um exercício realizado com elevada intensidade tem a mesma redução da glicemia e de insulina que se obtém com exercício de intensidade moderada em termos de exigência calórica⁴⁶.

Num estudo prospectivo realizado a um total de 70102 enfermeiras com idades compreendidas entre os 40 e os 65 anos, sem DM, doenças cardiovasculares ou neoplasias no início do estudo, verificou-se que tanto a caminhada como a actividade física vigorosa estão associadas a reduções substanciais no risco da DM tipo 2, sendo o gasto energético semelhante⁴⁷.

Também Short e seus colaboradores ⁴⁸ examinaram o efeito de quatro meses de aplicação de exercício aeróbio de moderada intensidade na sensibilidade à insulina e biogênese mitocondrial a nível muscular, em pessoas com idades compreendidas entre os 22 e 87 anos. O exercício aeróbio foi realizado por homens e mulheres previamente sedentários, tendo melhorado a sensibilidade insulínica em jovens e nos participantes mais velhos, mas não na meia-idade.

Também Cuff e sua equipa ⁴⁹, com o objectivo de avaliar se a combinação entre o treino de força e o treino aeróbio iria melhorar a sensibilidade à insulina, compararam o treino aeróbio isoladamente em mulheres pós-menopausicas com DM tipo 2 e relacionou a melhoria da sensibilidade à insulina às mudanças no tecido adiposo abdominal e da densidade muscular da coxa. Concluiu que a combinação do treino de força com o treino aeróbio reforçou o controlo glicémico em mulheres pós-menopausicas com DM tipo 2 e que a melhoria da sensibilidade à insulina está relacionada à perda de tecido abdominal subcutâneo e tecido adiposo visceral e ao aumento da densidade muscular.

Assim, o treino de força pode induzir mudanças benéficas na sensibilidade à insulina através do desenvolvimento da massa muscular, melhorando a eficácia da glicose armazenada, facilitando a limpeza da glicose em circulação, e reduzindo a quantidade de insulina necessária para manter uma tolerância à glicose normal. Logo, programas de exercício que combinem as duas modalidades, treino de força e treino aeróbio, podem ser mais vantajosos porque podem combinar diferentes mecanismos de acção ^{49, 50}.

Snowling e Hopkins ⁵¹ publicaram uma meta-análise mostrando que diferentes tipos de treino, como aeróbio, de resistência e a combinação de ambos,

produzem benefícios ao nível da HbA1c. No entanto, esses efeitos são semelhantes aos verificados com intervenções ao nível da dieta e do tratamento farmacológico.

Para promover e manter a saúde, todos os adultos saudáveis dos 18 aos 65 anos de idade necessitam de 30 minutos durante cinco dias de exercício aeróbio de intensidade moderada ou actividade aeróbia de intensidade vigorosa por um período mínimo de 20 minutos 3 dias por semana. Além disso, combinações de actividade moderada e vigorosa podem ser realizadas para atender a essa recomendação ⁵⁰.

2.2.1- Efeito do Exercício Físico na Capacidade Funcional

A perda progressiva de massa muscular e de força que acontece com o envelhecimento é uma importante causa de fragilidade, incapacidade e perda de independência. Os idosos com diabetes têm um risco aumentado de ver prejudicado a sua capacidade funcional⁵². Para além disso, as complicações da DM são factores que podem acelerar esse processo.

Para o grupo WHO⁵³, autonomia funcional é a habilidade pessoal para desempenhar as actividades necessárias para assegurar o bem estar, integrando os três domínios funcionais: biológico, psicológico (cognitivo e afectivo) e social. A funcionalidade engloba todas as funções do corpo e a capacidade do indivíduo de realizar actividades e tarefas relevantes da vida diária, bem como a sua participação na sociedade. Similarmente, incapacidade abrange as diversas manifestações de uma doença, como: prejuízos nas

funções do corpo, dificuldades no desempenho de actividades quotidianas e desvantagens na interacção do indivíduo com a sociedade⁵⁴.

Independência funcional indica que os indivíduos realizam as suas actividades de vida diárias sem dificuldade, e isso implica que os mesmos possuem, pelo menos, níveis mínimos de saúde física, cognitiva e mental. Aptidão funcional refere-se aos componentes da aptidão (resistência, força, flexibilidade e equilíbrio) necessários para realizar as actividades normais do quotidiano de forma segura e independente, sem fadiga⁵⁵. O desempenho funcional é a capacidade observável para executar tarefas da vida diária (andar) ou testes funcionais que emulam as tarefas da vida diária (subir 10 degraus)⁵⁵.

A DM é um factor predictor do declínio funcional, em especial em pessoas idosas, e está associada a uma maior dificuldade na realização das AVD's e com as actividades instrumentais da vida diária (AIVD's)⁵⁶. Este comprometimento funcional considerável relaciona-se com o estado de saúde reduzido⁵⁷.

Uma das complicações mais comuns da DM é a neuropatia diabética, sendo responsável por limitações importantes ao nível sensorial e postural. O sistema de controlo postural compreende as componentes visuais, proprioceptivas e vestibulares para controlar o equilíbrio do corpo²³.

Ao fim de vários anos, a DM pode afectar os nervos de várias zonas do corpo, levando ao aparecimento da neuropatia diabética. Sendo frequente nas pessoas com a DM mal controlada também não afecta todos os nervos por igual. Na maioria dos casos, os primeiros nervos afectados são os responsáveis pela sensibilidade nos pés e na parte inferior dos membros

inferiores – neuropatia diabética sensitiva motora, A seguir aos sensitivos, os nervos mais frequentemente afectados são os do sistema nervoso vegetativo ou autónomo – neuropatia vegetativa ou autonómica²³.

Na neuropatia sensitiva motora, a prática de exercícios com apoios repetidos nos pés, ou que provoquem micro-traumatismos de repetição nos pés, pode originar lesões que passam despercebidas, originando complicações. O limite de segurança é sentir o toque do monofilamento com 10g/cm² de pressão. As pessoas com sensibilidade táctil comprometida, isto é, abaixo deste limiar de segurança ou já com problemas nos pés, devem optar por modalidades que não martirizem os pés e em que não haja sustentação podal do peso do corpo²³.

Na neuropatia vegetativa ou autonómica, sendo o sistema nervoso autónomo responsável pela regulação da função circulatória, da transpiração e da inervação dos órgãos, é fácil compreender que as consequências deste tipo de neuropatia, irão afectar estas funções corporais, podendo colocar problemas à prática e ao controlo do exercício. Em termos de exercício, a principal consequência da presença de neuropatia autonómica é ter de optar por actividades físicas ligeiras, quando muito marcha moderada, para ultrapassar as dificuldades de controlo da intensidade e os riscos aumentados de hipoglicémia não reconhecida, de eventos cardiovasculares e de sobreaquecimento²³.

Estudos têm demonstrado que a imobilidade e a falta de treino induzem a uma redução da força muscular e de capacidade funcional⁵⁸. As pessoas com DM tipo 2 têm uma grande probabilidade de apresentarem fragilidades musculares

ao nível tornozelo e joelho relacionada à presença e severidade da neuropatia diabética⁵⁹.

Em mulheres idosas com fractura da coluna, um programa de exercícios realizados em casa e durante seis meses, melhora a qualidade de vida, a nível emocional, lazer e a actividade social. Em especial, os níveis de energia aumentam, o cansaço diminui, e a dor postural, ao levantar pesos e ao andar é menor. As participantes tomaram-se menos revoltados com a sua doença e tornaram-se mais capazes de praticar exercício e viajar, estes efeitos mantêm-se após 12 meses⁶⁰.

As adaptações crónicas estruturais ao exercício físico visam por um lado aumentar a resistência mecânica dos tecidos e por outro aumentar a sua capacidade funcional.

Mais de metade do declínio de aptidão física dos idosos é devido à atrofia do corpo por desuso, o qual resulta de um sedentarismo instalado ao longo da vida, levando, em muitos casos à propensão para a obesidade⁵⁵.

Levinger e seus colaboradores⁴⁵ analisaram o efeito do treino de resistência na capacidade funcional e qualidade de vida em indivíduos com alto e baixo número de factores de risco metabólico. Tendo verificado que o treino de resistência aumentou a força muscular e a capacidade para realizar as actividades de vida diárias nos indivíduos com alto e baixo número de factores de risco metabólico. Aumentou também a qualidade de vida para os indivíduos com alto número de factores de risco metabólico, sendo estes resultados independentes das mudanças no conteúdo de gordura corporal ou da potência aeróbia.

Numa revisão sistemática⁶¹ sobre os benefícios do exercício para as pessoas com DM tipo 2 conclui-se que em indivíduos com tratamentos de longa duração com insulina, com complicações associadas, devem realizar um programa de exercício intermitente entre exercício aeróbio e de força, de intensidade relativamente alta. O músculo melhora substancialmente a força e o desempenho funcional melhora também. Em caso de insulino-resistência não complicada, o exercício vigoroso provoca melhor controlo glicémico e melhoria ao nível da função cardiorespiratória e função microvascular⁶¹.

A força muscular e a qualidade muscular são importantes predictores das limitações ao nível da mobilidade em idosos. Goodpaster e seus colaboradores⁶² demonstraram que o maior conteúdo de lípidos a nível intramuscular definido pela tomografia computadorizada está associado com uma menor força isocinética e a um maior risco para futuras limitações na mobilidade, independentemente do corte seccional do músculo. Este é o primeiro estudo randomizado controlado demonstrou, claramente, os efeitos da actividade física moderada para evitar a fraqueza muscular progressiva em idosos. O efeito da actividade física na gordura intramuscular, como depósito, não foi observado no tecido adiposo subcutâneo. Estes dados indicam os efeitos específicos da actividade física para evitar tanto as novas perdas de força muscular como o aumento da infiltração de gordura no músculo em idosos. A força muscular esquelética adequada é essencial para a condição física e a diminuição da força muscular é um predictor de limitações físicas⁶³.

A DM tipo 2 está associada com a menor força e qualidade muscular. Estas características podem contribuir para o desenvolvimento de debilidade física

em idosos com DM tipo 2⁶³, pelo que o exercício isocinético melhora a força e o poder do músculo⁶⁴.

2.2.2- Efeito do Exercício Físico na Composição Corporal

Num mundo em que a oferta de alimentos é intermitente, a capacidade de armazenar energia acima das necessidades imediatas é essencial à sobrevivência. As células adiposas, residindo em depósitos de tecido adiposo amplamente dispersos, são adaptadas para armazenar o excesso de energia, de forma eficiente, como triglicéridos e, quando necessário, liberar a energia armazenada como ácidos gordos livres para uso noutros locais. Esse sistema fisiológico, coordenado por vias endócrinas e neurais, permite que o ser humano sobreviva à fome até por vários meses. No entanto, na presença de alimentos abundantes e um estilo de vida sedentário, bem como sob a influência significativa da constituição genética, aumenta as reservas adiposas de energia com consequências adversas para a saúde⁶⁵.

A crescente prevalência do excesso de peso e da obesidade, levou a uma epidemia de DM tipo 2 e provavelmente segue-se uma epidemia de indivíduos com complicações dessa mesma diabetes⁴. Assim a prevenção de uma pequena parte dos casos iria salvar milhões de vidas e biliões de dólares em custos de cuidados de saúde e perda de produtividade. A preponderância destes dados, em termos de factores de risco e prevenção da DM, demonstram que a DM tipo 2 que compreende 95% dos casos de diabetes é uma doença que se pode prevenir⁶⁶.

No metabolismo da gordura o exercício moderado está associado a um aumento da oxidação da gordura em cerca de 10 vezes. Isto deve-se ao aumento do gasto energético conjugado com uma maior disponibilidade de ácidos gordos. O aumento na disponibilidade de ácidos gordos é devida tanto a um aumento da lipólise e diminuição da re-esterificação de ácidos gordos não esterificados a triglicéridos. Quando o exercício induz a queda de insulina é impedida e o aumento dos níveis de ácidos gordos não esterificados é impedido. Os níveis de ácidos gordos não esterificados são reduzidos durante o exercício por β bloqueio, presumivelmente devido à supressão da actividade lipolítica ⁴⁶.

Vários estudos prospectivos em diferentes populações demonstram uma associação fortemente positiva entre o IMC e o excesso de peso e subsequente desenvolvimento da DM tipo 2 ⁶⁷. A obesidade contribui para o desenvolvimento da DM tipo 2, e o esforço para controlar o peso é um importante componente do equilíbrio clínico da diabetes. Para examinar as mudanças do peso que ocorrem antes e depois do diagnóstico da DM e a associação que estas mudanças têm com o tratamento e com as complicações microvasculares, Looker e seus colaboradores ⁶⁸ desenvolveram um estudo do qual concluíram que, antes do diagnóstico da diabetes, ocorre um aumento progressivo do peso e depois do diagnóstico existe uma tendência para perder peso. As intervenções para emagrecer em indivíduos com DM, se bem sucedidas, são importantes para a evolução da doença. A medicação foi um factor estatisticamente significativo para as mudanças no peso.

O ganho de peso na idade adulta está relacionado a um risco maior e mais precoce de desenvolver DM tipo 2 do que o ganho de peso entre os 40 e 55 anos de idade⁶⁹. Dados sugerem que o exercício pode aumentar a perda de peso e, em especial manter o peso quando associado a um adequado plano calórico controlado por refeição⁵.

Da mesma forma, há uma série de estudos indicando que a perda de peso e o exercício físico podem ajudar no tratamento de DM. A perda de peso e a prática regular de exercício físico têm contribuído para a diminuição da resistência à insulina, um importante aspecto fisiológico relacionado com o desenvolvimento de DM, e melhora o controlo glicémico. Essas intervenções também melhoraram a hipertensão e alterações lipídicas e portanto, pode contribuir para a redução no risco de doença arterial coronária (DAC) em indivíduos com DM tipo 2².

O exercício requer energia e as duas principais fontes de energia para a contracção muscular são os hidratos de carbono e os lípidos. A mobilização e oxidação da gordura durante o exercício, poupa a utilização dos hidratos de carbono que estão armazenados⁷⁰. A fonte lipídica mais importante é constituída pelos triglicéridos que são transportados para o trabalho muscular sob a forma de ácidos gordos livres. Assim, o exercício é um dos estímulos fisiológicos mais potentes para a lipólise⁷⁰.

Durante 16 anos foram seguidas 84941 enfermeiras sem doença cardiovascular, DM e neoplasia e destes foram documentadas 3300 novos casos de DM tipo 2⁷¹. O excesso de peso ou a obesidade foi o factor predictor mais importante, o sedentarismo, a má alimentação, hábitos tabágicos e abstinência do uso de álcool são outros factores associados com o aumento

significativo do risco de DM, mesmo após o ajuste para o IMC. Assim o factor predictor mais importante para a DM tipo 2 foi o IMC. Este estudo sugere que a maioria dos casos de DM tipo 2 pode ser prevenido pela perda de peso, exercício físico regular, modificação da dieta e abstinência do tabaco. O controlo do peso parece ser o que oferece os melhores benefícios⁷¹.

Também Weinstein e seus colaboradores ⁷² verificaram num estudo prospectivo a importância da adiposidade como factor determinante da incidência de DM tipo 2, sendo a magnitude da associação ao risco de DM tipo 2 ser superior para o aumento do IMC do que para a inactividade física. No entanto, individualmente, o IMC e a inactividade física foram predictores significativos da incidência de DM.

O aumento do IMC é proporcional ao risco de desenvolver DM tipo 2, sendo a sua prevalência 3 a 7 vezes mais alta em obesos do que em adultos de peso normal, e desses, aqueles que apresentam um IMC $> 35 \text{ Kg/m}^2$ são 20 vezes mais propensos a desenvolver DM do que aqueles cujo IMC se situa entre 18,5 e 24,9 Kg/m^2 . Por outro lado, o aumento de peso durante a idade adulta está directamente correlacionado com o aumento do risco da DM tipo 2. A obesidade também complica a gestão da DM, aumentando a insulino resistência a concentração da glicemia plasmática. Sendo independente o factor de risco para a dislipidémia, hipertensão e doença cardiovascular e, portanto aumenta o risco de complicações cardiovasculares e mortalidade devido a doenças cardiovasculares em indivíduos com DM tipo 2⁷³.

O Diabetes Prevention Program ¹⁵ demonstrou o efeito poderoso que a actividade física e a perda de peso podem exercer na prevenção do

aparecimento da diabetes tipo 2 em indivíduos de alto risco para esta doença. A perda de peso é uma meta importante para as pessoas obesas ou com excesso de peso, particularmente aqueles com DM tipo 2, porque melhora o controlo glicémico. A perda de peso moderado (5% do peso corporal) pode melhorar a acção da insulina, diminuição da glicemia em jejum e reduz a necessidade de medicamentos para a DM ⁷³.

A taxa de utilização dos ácidos gordos livres é máxima em 25 a 40% do $V_{\text{máx}}\text{O}_2$, e mudanças na mobilização e utilização do substrato energético ocorre quando o exercício aumenta de intensidade, particularmente em intensidades acima de 70-80 % do $V_{\text{máx}}\text{O}_2$. Acima de um certo grau de intensidade, o músculo utiliza preferencialmente o glicogénio armazenado no local ⁷⁰. O exercício físico também reduz a resistência à insulina e intolerância à glicose, a hiperglicémia pós-prandial e, possivelmente, a libertação de glicose hepática ³⁴.

A prática regular de exercício físico resulta na perda de gordura preferencialmente a região central, e parece que esta perda de tecido adiposo visceral está intimamente relacionada com a melhoria da sensibilidade à insulina ⁵².

A diminuição da tolerância à glicose serve como um marcador para o estado de resistência à insulina e prevê complicações vasculares nos pequenos e grandes vasos, independentemente da progressão da DM. A obesidade e a resistência à insulina promovem a produção e libertação de ácidos gordos livres dos adipócitos, aumentando a resistência à insulina e sustentam a hiperglicémia. O excesso de ácidos gordos livres induz mudanças na vasoregulação e promovem lesões crónicas a nível endotelial⁷⁴.

Os dois principais tipos de tecido adiposo são o tecido subcutâneo e o tecido adiposo visceral⁷⁵. O tecido adiposo não se trata de um mero depósito e armazenamento de energia, existem evidências de que o tecido adiposo é um órgão endócrino e tem um papel importante no metabolismo energético⁷⁶. A descoberta da leptina, uma hormona produzida pelo tecido adiposo, alterou a forma como o tecido adiposo era visto no metabolismo dos nutrientes. Além da leptina, outras citocinas, incluindo factor de necrose tumoral (TNF) - α , a interleucina - 6 (IL-6), a resistina, a visfatina e a adiponectina foram identificados como proteínas produzidas pelo tecido adiposo e que são colectivamente referidos como adipocitocinas. As adipocitocinas têm inúmeras funções que incluem a regulamentação de saciedade, do metabolismo dos hidratos de carbono, dos lípidos e da sensibilidade à insulina, estes são expressos em obesidade e DM. O exercício pode melhorar a sensibilidade à insulina através da modulação do teor de plasma e / ou função de adipocitocinas⁷⁶.

A frequência e duração do exercício, assim como a sua relação positiva com o peso corporal e as mudanças ao nível da massa gorda indicam que a regularidade do exercício é um factor importante quando faz parte do tratamento para perder peso. Assim, o exercício é considerado um dos tratamentos mais efectivos do excesso de peso corporal. O exercício promove a restauração entre a gordura e equilíbrio energético através do aumento do gasto energético e a oxidação da gordura no repouso e durante o exercício⁷⁰.



2.2.3 Efeito do Exercício Físico na Resistência à Insulina

Cerca de 80 % de gordura corporal está localizada no tecido adiposo subcutâneo e cerca de 10 % está localizada no tecido adiposo visceral ⁷⁰. O restante está distribuído por vários locais, como o tecido adiposo perirenal e peritoneal. O organismo utiliza a sua reserva de gordura durante os períodos de baixa ingestão calórica, quando os ácidos gordos livres são libertados para outros tecidos para serem utilizados como combustível ⁷⁵. No entanto, se os níveis plasmáticos de ácidos gordos livres se mantiverem elevados mais do que algumas horas, irão causar resistência à insulina.

Em certas condições, a resistência à insulina induzida pelos ácidos gordos livres têm um efeito benéfico, uma vez que preservam o uso dos hidratos de carbono para uso de órgãos vitais, como é o caso do sistema nervoso central. Os ácidos gordos livres têm um efeito indirecto, uma vez que o seu aumento a nível plasmático aumenta também os triglicéridos a nível das células musculares. Este aumento na concentração intracelular de triglicéridos ocorre várias horas após a elevação dos ácidos gordos livres e coincide com o desenvolvimento da resistência à insulina ⁷⁵.

Provavelmente, não é a acumulação de gordura nas células musculares que provoca a resistência à insulina, mas sim a acumulação de outros metabolitos, que ocorrem ao mesmo tempo como é o caso da adiponectina. No entanto, a resistência à insulina pode tornar-se contraprodutiva quando há um excesso de ingestão energética associada à inactividade física. O excesso fica armazenado nos depósitos viscerais e subcutâneos ⁷⁵. Assim, como a gordura

vai sendo acumulada, não existe um aumento contínuo dos níveis plasmáticos de ácidos gordos livres, provocando a resistência à insulina.

Para contrariar a insulino-resistência e evitar a hipoglicémia, os níveis de insulina aumentam. Em indivíduos com predisposição genética para a diabetes, o pâncreas não pode compensar com o aumento da secreção de insulina, resultando em DM tipo 2. Dado que os ácidos gordos livres têm um papel fundamental para o desenvolvimento da insulino-resistência e logo da DM tipo 2, sugere-se que a melhor intervenção terapêutica deve diminuir os níveis plasmáticos de ácidos gordos livres ⁷⁵.

A resistência à insulina a nível do fígado resulta em excesso de produção de glicose, enquanto a insulino-resistência a nível do músculo esquelético produz a subutilização de glicose. Porque aos ácidos gordos livres podem induzir a resistência à insulina, tanto no fígado como nos músculos, todas as pessoas obesas ou com excesso de peso é provável que tenham níveis plasmáticos elevados de ácidos gordos livres, sendo de esperar que os níveis de glicemia também sejam elevados ⁷⁵.

A adiposidade e a aptidão física são preditores significativos da sensibilidade à insulina em pessoas idosas, sendo a obesidade abdominal o factor mais importante. A avaliação do perímetro da cintura permite avaliar o risco para a resistência à insulina em homens e mulheres entre os 50 e os 95 anos de idade. Segundo Racette e seus colaboradores ⁷⁷, os comportamentos do estilo de vida que contribuem para a menor circunferência da cintura e maior aptidão física retardam ou previnem o desenvolvimento da resistência à insulina mesmo na décima década de vida. Além disso, os resultados apoiam a medida

do perímetro abdominal na prática clínica de rotina como uma ferramenta eficiente, económica e válida para avaliar a adiposidade de risco ligada à saúde.

Para avaliar o impacto relativo da obesidade abdominal na DM tipo 2 recém diagnosticada, nomeadamente, na acção da insulina no músculo esquelético e no tecido adiposo, foram estudados 61 homens com (n=31) e sem (n=30) DM⁷⁸, agrupados em tendo e não tendo obesidade abdominal, de acordo com o perímetro abdominal. O referido estudo mostra que: 1) na obesidade abdominal a taxa de absorção de glicose é muito reduzida, não só no músculo esquelético, mas também em todos os depósitos de gordura; 2) nos tecidos alvo, esta redução é mutuamente (não linear) relacionada com a quantidade de gordura abdominal; 3) a DM recente ou leve acrescenta pouco à insulino-resistência causada pela obesidade abdominal; e 4) apesar da insulino-resistência na gordura, uma expansão da massa de gordura (principalmente por via subcutânea), prevê uma acumulação da glicose, resultando numa compensação atenuada da insulino-resistência em todo o corpo nos homens⁷⁸.

Globalmente a adiposidade abdominal está fortemente relacionada com o desenvolvimento da DM tipo 2⁷⁹. Num estudo com a finalidade de estudar associação entre a adiposidade abdominal e hiperglicémia e a história familiar de diabetes, Dam e seus colaboradores⁸⁰ concluíram que existe uma relação positiva entre estes factores.

O músculo esquelético tem um papel importante na utilização global e na oxidação dos ácidos gordos devido à sua grande massa e porque os lípidos são o principal substrato da oxidação durante a noite e durante o exercício

moderado⁸¹. O exercício físico potencia a sensibilidade à insulina e também aumenta a capacidade do músculo esquelético para oxidar os ácidos gordos. O aumento de oxidação dos ácidos gordos depois do treino do exercício físico está associado com a melhor regulação dos genes envolvidos na captação dos ácidos gordos⁸¹. A combinação do exercício, o aconselhamento nutricional e a perda de peso pode ser uma estratégia eficaz, porque iria compensar o aumento da capacidade de oxidativa de ácidos gordos e estimular a expressão dos genes envolvidos no metabolismo lipídico no músculo esquelético de indivíduos resistentes à insulina, em comparação com um programa apenas de perda de peso⁸¹.

O exercício físico de intensidade moderada produz os mesmos efeitos benéficos que o exercício físico intenso, ao nível da redução da hemoglobina glicosilada e do aumento em todo o corpo da capacidade oxidativa do músculo esquelético em indivíduos com DM tipo 2⁸².

2.2.4- Efeito do Exercício físico na Força e na Fadiga Muscular

O treino aeróbio envolve a contracção rítmica e repetitiva de grandes grupos musculares, como ocorre na corrida ou ciclismo, depende, predominantemente, das fontes de energia oxidativa para produzir adenosina trifosfato. O treino de força, também chamado treino de resistência geralmente, envolve contracções lentas, intensas e fortes⁸³. No entanto, a contracção forte e prolongada de um músculo leva ao estado conhecido de fadiga muscular. A fadiga muscular é definida como uma redução da capacidade de força do musculo, induzida pelo exercício máximo^{84,85}.

As manifestações da fadiga reflectem claramente os factores periféricos que incluem a redução da força máxima e também a diminuição do relaxamento muscular que, muitas vezes, acompanha um esforço de alta intensidade ⁸⁵. Assim, o desenvolvimento da fadiga muscular é normalmente quantificado como uma diminuição da força máxima ou potência muscular, o que significa que as contracções submáximas podem manter-se mesmo após o início da fadiga muscular. Há mesmo indícios de que a duração de algumas tarefas não são limitadas por fadiga do músculo principal⁸⁶.

Estudos com atletas demonstraram que a fadiga muscular aumenta em proporção quase directa com a taxa de depleção de glicogénio muscular. Portanto, a fadiga resulta principalmente, da incapacidade dos processos contrácteis e metabólicos das fibras musculares de continuarem a fornecer o mesmo trabalho ³⁵. Quando a força muscular evocada pelo estímulo excede a força que pode ser exercida pela contracção voluntária, a diminuição da força voluntária (fadiga muscular) é pelo menos parcialmente por uma deficiência de mecanismos neurais ⁸⁴. Tanto os mecanismos musculares como os neurais são danificados durante as contracções fatigantes.

Assim, os músculos que são utilizados de forma intensiva mostram um declínio progressivo de execução, que se recupera, em grande parte, após um período de descanso⁸⁷, portanto este declínio é um processo reversível⁸⁸.

Loris e seus colaboradores ⁸⁸, com o objectivo de avaliar os efeitos motores da fadiga no desempenho de tarefas cognitivas, demonstrou que perante a fadiga muscular, existe uma relação entre o desempenho de uma tarefa motora e uma tarefa cognitiva com o declínio para ambas.

Numa revisão sistemática Barry e Enoka⁸⁹ verificaram que a avaliação da tarefa que conduz à fadiga muscular deve ter em conta factores como o próprio músculo, a postura, os tipos de contracção e o estado de saúde ou doenças que os indivíduos avaliados possuem.

No entanto, também a transmissão do sinal nervoso através da junção neuromuscular pode diminuir, pelo menos, uma pequena quantidade após a actividade muscular intensa e prolongada, o que também diminui a contracção muscular. A interrupção do fluxo sanguíneo através da contracção de um músculo leva à quase completa fadiga muscular dentro de 1 ou 2 minutos por causa da perda do suprimento de nutrientes, especialmente a perda de oxigénio ³⁵.

Normalmente, cada impulso que chega à junção neuromuscular provoca cerca de 3 vezes mais potência do que é exigido para estimular a fibra muscular. Portanto, a junção neuromuscular é dita normal se o facto de segurança for elevado. No entanto, a estimulação das fibras nervosas em taxas superiores a 100 vezes por segundo durante vários minutos, muitas vezes diminui o número de vesículas de acetilcolina tanto que os impulsos não passam na fibra muscular. Isso é chamado fadiga da junção neuromuscular, e este é o das sinapses no sistema nervoso central quando as sinapses são super estimuladas. Sob condições normais de funcionamento, a fadiga mensurável da junção neuromuscular ocorre raramente, mesmo assim só nos níveis mais desgastantes da actividade muscular ³⁵.

Também a actividade cerebral, em diversas áreas motoras, se relaciona com a actividade muscular, quer durante simples modulações quer durante a fadiga

motora. Durante a fadiga, existe uma actividade adicional nas áreas pré-frontais e área motora suplementar. Após a fadiga, a actividade nas áreas pré-frontais foi aumentada durante o tempo de desempenho da tarefa, enquanto a actividade da área motora suplementar está diminuída durante as contracções máximas voluntárias. A observação do aumento significativo da área motora suplementar durante as contracções musculares fatigantes e a diminuição significativa após as contracções, leva a supor que esta área poderá ser importante para explicar a redução da fadiga no córtex motor primário⁹⁰.

Assim, a fadiga muscular é por vezes, acompanhada por uma diminuição da percepção e da atenção. Biomecânicamente, a existência de fadiga pode ser prevista pelo declínio da capacidade de certos músculos. Fisiologicamente, a fadiga está também associada com o aumento da frequência cardíaca, temperatura corporal e consumo de oxigénio⁹¹.

O insuficiente desempenho resultante da fadiga muscular difere de acordo com o tipo de contracção, o grupo muscular testado e a duração/intensidade do exercício. Assim, a fadiga muscular pode ser o resultado de uma falha em qualquer dos processos envolvidos na contracção muscular. Letafatkar e seus colaboradores⁹² examinaram a influência do efeito do exercício extenuante e consequente fadiga muscular na estabilidade funcional em atletas. Tendo concluído que a fadiga muscular pode não afectar significativamente a estabilidade funcional em atletas.

Danion e seus colaboradores⁹³ investigaram os efeitos da fadiga induzida pela produção de força isométrica máxima durante 60s, com quatro dedos. A força total dos quatro dedos diminui cerca de 43% para realizar tarefas quando foi

produzido no local do exercício fatigante. Durante a produção de força noutra local, a contracção voluntária máxima caiu em 23%. Os resultados deste estudo verificaram que os efeitos da fadiga não se limitaram às mudanças na capacidade muscular relativa à origem da força. Em particular, a fadiga, pode levar a uma reorganização ao nível neural que define os comandos para os dedos individualmente.

A fadiga muscular é considerada como um factor predisponente para o aparecimento de lesões ⁹². Estudos sobre a fadiga muscular localizada resultam numa série de intervenções que oferecem benefícios para as indústrias ⁹¹.

3. OBJECTIVOS E HIPOTESIS

3.1- OBJECTIVOS

Baseando-se na possibilidade da prática regular de exercício físico desempenhar um papel fundamental no controle da DM tipo 2, delineou-se como objectivo geral deste estudo: "Avaliar os efeitos do exercício físico sobre a capacidade funcional, a composição corporal, a força isocinética e a fadiga muscular em pacientes com DM tipo 2".

Para tal este estudo centra-se nos seguintes objectivos específicos:

O1: Verificar os efeitos do exercício físico sobre a capacidade funcional relacionada com as actividades de vida diárias de caminhar, subir escadas, equilíbrio dinâmico e potência muscular em pacientes com DM tipo 2.

O2: Avaliar os efeitos do exercício físico sobre a composição corporal, no que diz respeito à gordura total e abdominal em pacientes com DM tipo 2.

O3: Avaliar os efeitos do exercício físico sobre a força isocinética e fadiga muscular em pacientes com DM tipo 2.

3.2- HIPOTESIS

De acordo com o conhecimento fornecido pela análise de literatura, apresenta-se a seguir um conjunto de hipóteses que se pretendem verificar ao longo do trabalho experimental.

H1: Um programa de exercício físico, administrado durante 12 semanas, provoca diferenças significativas na capacidade funcional, relacionada com as

actividades de vida diárias como caminhar, subir escadas, equilíbrio dinâmico e potência muscular, dos pacientes com DM tipo 2.

H2: Nas variáveis da composição corporal, gordura total e abdominal, em pacientes com DM tipo 2, existem diferenças significativas entre o GE e O GC, após a intervenção de 12 semanas de exercício físico.

H3: Existem diferenças significativas entre as médias dos valores das variáveis da força isocinética e fadiga muscular, quando comparados o GE e o GC, após 12 semanas da aplicação do programa de exercício físico, a pacientes com DM tipo 2.

4. METODOLOGIA

4.1 AMOSTRA

4.1.1 Selecção da Amostra

Foi feito um convite a todos os doentes com DM tipo 2 da Unidade de Saúde Familiar Planície do Centro Saúde de Évora. Inicialmente, responderam ao anúncio para participar no estudo 50 pessoas com DM tipo 2. Os critérios de inclusão foram: i) três anos de diagnóstico de DM tipo 2, ii) ambos sexos, iii) idade compreendida entre 30 a 70 anos, iv) não fumadores e não consumidores de bebidas alcoólicas. Os critérios de exclusão foram: i) a presença de quaisquer transtornos que possam impedir a prática de exercício físico, ii) participar noutras intervenções físicas e/ou psicológicas ou intervenção nutricional.

Após a realização de uma sessão de esclarecimento sobre o protocolo do estudo, 43 pessoas deram o seu consentimento por escrito para participar na investigação. Os participantes foram randomizados em dois grupos, um Grupo de Experimental (GE=22) e um Grupo de Controlo (GC=21).

Seis participantes do GE foram excluídos (n=4 por não compareceram a pelo menos 90% das sessões de treino, e n=2 porque faltaram à segunda avaliação por razões independentes à intervenção). No GC sete participantes desistiram por motivos pessoais. Assim, neste estudo foram incluídos nas análises dos 16 participantes no GE (73%) e de 14 participantes no GC (67%). Este estudo seguiu as orientações de Declaração de Helsínquia e foi aprovado pelo Comité de Ética da Universidade de Évora.

4.1.2 Caracterização da Amostra

A amostra, composta por 30 participantes com diagnóstico de DM tipo 2, encontra-se distribuída pelo GE (n=16) e pelo GC (n=14).

Tabela 1 Características dos participantes com Diabetes Mellitus tipo 2 antes do exercício

	Grupo Experimental N = 16	Grupo Controlo N = 14	P
Idade (anos) ^a	59.9 ± 6.5	61.1 ± 6.8	0.682
Índice de Massa Corporal (kg/m ²) ^a	31.2 ± 4.4	31.1 ± 4.1	0.940
Circunferência da Cintura (cm) ^a	104.4 ± 11.4	108.2 ± 11.7	0.379
Tensão Arterial Sistólica (mm/Hg) ^a	141.1 ± 16.7	131.2 ± 28.9	0.655
Tensão Arterial Diastólica (mm/Hg) ^a	81.6 ± 9.1	77.5 ± 9.7	0.773
Tensão Arterial Média (mm/Hg) ^a	100.6 ± 9.9	99.1 ± 9.7	0.666
Actividade física vigorosa (min/semana)	59.5 ± 38.1	62.9 ± 33.3	0.499
Actividade física moderada (min/semana)	260.0 ± 98.2	209.6 ± 58.0	0.777
Total de actividade (min/semana)	572.9 ± 162.7	509.2 ± 68.7	0.828
Inactividade física (min/semana)	818.7 ± 269.3	933.1 ± 212.8	0.877
Género:			0.024
- Feminino ^b	10 (62.5%)	3 (21.4%)	
- Masculino ^b	6 (37.5%)	11 (78.6%)	

^aValores expressos em Média ± Desvio Padrão; valor de p resulta da análise de variância (ANOVA)

^bValores expressos como N (%); valor de p resulta da análise de Qui-quadrado

Os valores médios e o desvio padrão são apresentados para o GE e para o GC no momento antes da intervenção. É também apresentado o valor de significância para cada variável, com base no teste de ANOVA de medidas repetidas.

No GE a idade varia entre os 48 e os 70 anos de idade. No GC a idade dos participantes varia entre os 50 e os 68 anos.

Participaram neste estudo um total de 13 (43,3%) mulheres e 17 (56,7%) homens.

Em relação às variáveis antropométricas a análise dos dados evidenciou que o IMC é superior a 31 em ambos os grupos. O IMC no GE e no GC corresponde à obesidade classe I (IMC entre 30,0 e 34,9), logo implica um risco moderado de comorbilidades⁹⁴.

O GC apresenta, em média, valores mais elevados ao nível da circunferência da cintura (cm^2), no entanto, os dois grupos têm valores que determinam um risco muito aumentado para doenças metabólicas. Sendo que é considerado indicador muito elevado e requerendo intervenção, quando o perímetro da cintura é ≥ 88 cm na mulher e ≥ 102 cm no homem⁹⁴, como é o caso dos participantes deste estudo.

Tanto os valores do IMC como da circunferência da cintura são indicadores que os sujeitos que constituem a amostra poderão beneficiar do nosso programa de exercício físico.

Relativamente aos valores da tensão arterial sistólica verifica-se que o GE apresenta, em média, valores superiores a 140 mmHg antes da aplicação do exercício físico. Deste modo, os participantes no GE beneficiarão do nosso programa de exercício físico, uma vez, que o GE pode considerar-se como hipertenso de estágio 1 (TAS= 140-159 mmHg), segundo as guidelines do Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure⁹⁵.

Os participantes do GE têm um nível de actividade moderada e um total de actividade física superior ao GC. No que diz respeito à actividade física vigorosa, é o GC que passa mais tempo por semana a realizar este tipo de actividade. Relativamente à inactividade física, o GC passa mais 114,4 min/semana inactivo do que o GE. Os resultados obtidos ao nível da inactividade física no GE e no GC, antes da aplicação do programa de exercício físico, também poderão indicar os benefícios que esta intervenção poderá proporcionar. Num estudo prospectivo com a finalidade de avaliar a associação entre a baixa aptidão cardiorrespiratória/inactividade física e a mortalidade em homens com DM tipo 2, conclui-se que a baixa aptidão cardiorrespiratória e o sedentarismo são predictores, independentes, da mortalidade nestes indivíduos. Pelo que os indivíduos com DM tipo 2 devem ser encorajados a praticar exercício físico regular e a melhorar a aptidão cardiorrespiratória⁹⁶.

4.2 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

Utilizou-se um modelo de delineamento experimental de pré-teste e pós-teste aplicado a ambos os grupos. Foram medidas e analisadas as variáveis: Peso corporal, estatura, teste IPAQ (Questionário Internacional de Actividade Física), tensão arterial, bateria de testes para avaliar a capacidade funcional, composição corporal, força isocinética e fadiga muscular.

Os testes quer no início quer no final da intervenção foram sempre aplicados pelo mesmo avaliador.

4.2.1. Avaliação Clínica

O exercício pode ser uma ferramenta terapêutica em pessoas com, ou em risco para a diabetes, mas como em qualquer terapia os seus efeitos devem ser completamente entendidos. Assim, antes de começar um programa de exercício físico o indivíduo com diabetes deve ser submetido a uma avaliação médica detalhada com estudo diagnóstico adequado. Este exame deve ser cuidadoso para despiste de complicações micro e macrovasculares que podem ser agravadas pelo programa de exercício ²⁹.

Uma cuidadosa história clínica e exame físico devem incidir nos sinais e sintomas das doenças que afectam o coração e os vasos sanguíneos, olhos, rins e sistema nervoso. Preparar o indivíduo diabético para um seguro e agradável programa de exercício é tão importante como o próprio exercício. Antes de começar qualquer programa de exercício, o indivíduo com diabetes deve ser analisado cuidadosamente para ter conhecimento dos benefícios e também possíveis complicações que possam surgir ²⁹.

Para a tensão arterial sistólica e diastólica (TAS e TAD, respectivamente) foram realizadas duas avaliações, uma com o participante sentado depois de estar cerca de 15 minutos em repouso, sendo considerada a média das duas avaliações. A tensão artéria média foi calculada através da fórmula:
$$TAD + [0.333 \times (TAS - TAD)]$$
 ^{97,98}

4.2.2. Avaliação da Actividade Física

Foi aplicado o IPAQ na sua versão reduzida, validado para a população portuguesa^{99, 100}. Este instrumento visa avaliar o nível de actividade física nas diferentes idades e em diversos países com dados comparáveis.

O IPAQ na sua versão curta é composto por quatro questões que pretendem classificar o indivíduo de acordo com o tipo de actividade física realizada. Assim o questionário inclui questões sobre a actividade física que a pessoa realiza habitualmente para se deslocar de um lado para o outro, no trabalho, nas actividades domésticas (femininas ou masculinas), na jardinagem e nas actividades que efectua no seu tempo livre para entretenimento, exercício ou desporto. As questões referem-se à actividade física que realiza numa semana normal, e não em dias excepcionais, como por exemplo, no dia em que fez a mudança da casa. A primeira questão corresponde às actividades vigorosas, isto é actividades que requerem muito esforço físico e levam a que a respiração fique mais intensa que o normal. A segunda questão refere-se às actividades moderadas, ou seja, as actividades que requerem esforço físico moderado e em que a respiração fica um pouco mais acelerada que o normal, como é o caso das actividades domésticas. A terceira questão avalia o tempo gasto em caminhadas e o ritmo a mesma. E por último, a quarta questão avalia o tempo gasto sentado durante a semana e ao fim de semana (AnexoI).

4.2.3. Avaliação da Capacidade Funcional

A avaliação funcional teve como finalidade avaliar as diferenças, induzidas pela intervenção de 12 semanas, ao nível do caminhar, subir escadas, equilíbrio dinâmico e potência muscular dos participantes com DM tipo 2.

A bateria de testes funcionais aplicados, foram escolhidos de forma a contextualizar situações próximas de actividades funcionais possíveis de realizar no quotidiano da vida diária.

O teste de caminhada de 6 minutos é um teste de exercício submáximo, que tem como objectivo avaliar a capacidade funcional¹⁰¹, nomeadamente o caminhar. Os parâmetros avaliados durante o teste foram: frequência cardíaca imediatamente após o teste, a frequência cardíaca 2 minutos após o teste, percepção subjectiva do esforço pela Escala de Borg e distância percorrida. Cada indivíduo foi instruído a caminhar num circuito rectangular com a maior velocidade possível durante seis minutos. Imediatamente após o final de cada teste foram mensurados os parâmetros descritos acima com o indivíduo na posição ortostática. Foram realizados dois testes com intervalos de 15 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo percorreu a maior distância.

O teste de Levantar e Sentar na cadeira (30 second Chair Stand Test) é um teste que procura avaliar a força e resistência muscular dos membros inferiores¹⁰². O parâmetro avaliado foi o número de execuções em 30 segundo sem utilização dos braços. O teste inicia-se com o participante sentado numa cadeira sem apoio para os braços e uma altura de 43 centímetros, com as costas direitas e os pés apoiados no solo e afastados à largura dos ombros. Os braços do participante encontram-se cruzados em frente ao tronco, de forma a

não interferir na prestação. Ao sinal do avaliador o participante eleva-se até à extensão máxima (posição vertical) e regressa à posição inicial, sendo encorajado a completar o máximo de repetições num intervalo de 30 segundos. Foram realizados dois testes com intervalos de 3 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo fez o maior número de execuções.

O teste Sentar, Caminhar 3 metros e Voltar a Sentar (Time Get Up &Go test) é um teste que pretende avaliar a velocidade, agilidade e equilíbrio dinâmico, sendo o parâmetro avaliado o tempo necessário para levantar de uma cadeira, caminhar 3 m, contornar um cone e retornar à cadeira ^{103, 104}. Este percurso deverá ser realizado no menor tempo possível, de forma confortável e sem correr. O tempo inicia à voz de comando do avaliador e termina quando o participante se volta a sentar na cadeira com as costas encostadas. Foram realizados dois testes com intervalos de 3 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo fez o menor tempo para fazer o referido percurso. O tempo é apresentado em segundos.

O teste Caminhar 10 metros (Walk), consistiu em caminhar 10 metros em linha recta, à velocidade máxima e sem correr. É um teste que avalia a força e resistência muscular dos membros inferiores. A partida é dada por indicação do avaliador e é solicitado ao participante que caminhe sem correr o mais rápido possível num percurso de 15 metros, sendo contabilizado o tempo que o participante despende a percorrer 10 metros. Foram realizados dois testes com intervalos de 3 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo fez o menor tempo para fazer o referido percurso.

O teste Subir 10 degraus sem pesos é, também um teste que procura avaliar a força e resistência muscular dos membros inferiores¹⁰⁵. O parâmetro avaliado foi o tempo necessário para subir os 10 degraus à máxima velocidade e sem correr. Foram realizados dois testes com intervalos de 3 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo fez o menor tempo para subir os 10 degraus.

O teste Subir 10 degraus com 5 Kg em cada mão, é um teste que avalia, igualmente, a força e resistência muscular dos membros inferiores¹⁰⁶, ao mesmo tempo que faz a simulação de uma actividade instrumental da vida diária como o suportar o saco de compras. O parâmetro avaliado foi o tempo necessário para subir os 10 degraus, sendo que o indivíduo segura 5 Kg em cada mão e com os braços completamente estendidos. Foram realizados dois testes com intervalos de 3 minutos entre eles, escolhendo o teste que o indivíduo fez o menor tempo para subir os 10 degraus. O tempo foi contabilizado em segundos. Para uniformizar a subida dos degraus nestes dois últimos testes, foi pedido a todos os participantes que o primeiro passo fosse dado com a perna direita.

4.2.4. Avaliação da Composição Corporal

Para avaliação da composição corporal foi utilizado o Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA), este fornece uma estimativa confiável da composição de corpo inteiro, sendo uma técnica rápida e precisa que expõe a pessoa a quantidades mínimas de radiação ionizante. Para uma correcta digitalização o paciente foi colocado em decúbito dorsal, na região central da plataforma. O

corpo foi posicionado o mais alinhado possível, com os braços e os antebraços afastados do tronco, as mãos devem permanecer abertas, com a região dos metacarpos apoiada e com o punho solto, permitindo achatar o antebraço sobre a mesa durante a digitalização. Também foi feito o apoio do pé e perna com uma ligeira rotação para dentro, permitindo manter a posição correcta do fémur e minimizando o movimento da bacia durante a digitalização. O paciente manteve-se imóvel durante o exame. Para a avaliação da composição corporal foi seguido o manual de procedimentos para esse efeito¹⁰⁷.

O DXA permite a separação do corpo em regiões de interesse, incluindo a abdominal, frequentemente definida como a massa de gordura localizada entre os corpos vertebrais de L1 e L4¹⁰⁸.

Para avaliação da massa gorda abdominal, foram concebidas caixas limitadas ao espaço L1-L4. Esta região é considerada como o melhor predictor independente da insulino resistência, respondendo por 41,2% da variância num modelo de regressão múltipla controlada pelo sexo¹⁰⁹.

4.2.5. Avaliação da Força Isocinética e Fadiga Muscular

A força máxima dos extensores e flexores do joelho foi avaliada usando o sistema BIODEX- 3 Dinamómetro Isocinético (Biodex Corp., Shirley, NY, USA).

Cada participante fica sentado de modo a que o eixo do seu joelho coincida com o eixo do dinamómetro, na sequência do protocolo padronizado¹¹⁰. No início de cada teste os participante realizaram alguns exercício de aquecimento e de percepção do efeito de gravidade sobre o membro e cada participante

realizou três tentativas de intensidade moderada para se familiarizar com o movimento e velocidade do exercício.

Os testes foram realizados utilizando uma força de desaceleração amortecida. Foram realizadas extensões e flexões isocinéticas de cada joelho a 60°/s (três repetições) e 180°/s (vinte repetições). Cada participante descansou dois minutos entre cada teste¹¹¹. O movimento variou de 80° de flexão do joelho, a extensão completa. Durante a execução do teste os indivíduos foram realizados a repetir três movimentos máximos completos, em primeiro lugar com o membro dominante. Os participantes foram incentivados verbalmente durante o teste. A avaliação isocinética relativa ao pico torque, peso corporal e fadiga muscular dos membros inferiores registados.

A fadiga do músculo esquelético foi estimulada a partir do primeiro terço do trabalho (W inicial) para o último terço do trabalho (W final) do teste de vinte repetições a 180°/s, consoante a fórmula: $[(W \text{ inicial} - W \text{ final})/W \text{ inicial}] \times 100$. O maior valor de gravidade corrigido num dado momento (peak torque) a uma velocidade de saída pré determinada e filtrada sendo arredondado a 0,1¹¹¹.

4.3 INTERVENÇÃO

O período de intervenção teve duração de 12 semanas com frequência de 3 sessões semanais de 60 minutos cada. O programa de exercício físico teve solicitação predominantemente aeróbia. Todas as sessões de intervenção foram conduzidas e orientadas por um profissional do exercício com experiência em dinâmicas de grupo. Todos os participantes realizaram uma glicemia capilar 10 minutos antes das sessões de exercício, por indicação da

equipa médica. Assim os participantes com valores de glicemia inferiores a 100 mg/dl não realizariam a sessão evitando o risco de hipoglicémia.

Cada sessão de 60 minutos teve três fases obrigatórias: a fase de aquecimento (10 minutos), a fase principal da sessão (40 minutos, sendo 25 minutos para exercícios aeróbios e 15 minutos para exercícios de força) e a fase de arrefecimento e relaxamento (10 minutos).

Assim, a fase inicial com 10 minutos de aquecimento, foi constituída por exercícios de alongamento do tronco, membros inferiores e superiores, caminhada lenta, movimentos de fraca intensidade que aumentam progressivamente.

A fase principal da sessão consistiu na aplicação de 25 minutos de exercícios aeróbios. O nível de intensidade seguiu as sugestões da American Diabetes Association¹¹² e foi adaptado a cada participante tendo como referência a FC_{res} , conforme foi preconizada por Norton¹¹³. Deste modo, o exercício foi realizado entre 40-60% da FC_{res} , sendo a mesma calculada com base na fórmula: " $FC_{res} = \text{Frequência Cardíaca Máxima} - \text{Frequência Cardíaca de Repouso}$." A intensidade dos exercícios foi controlada através do uso de 3 monitores de frequência cardíaca (Polar Electro, Kempele, Finlândia), distribuídos aleatoriamente pelos participantes no início de cada sessão de exercício.

Na fase principal, os participantes realizaram cerca de 15 minutos de exercício de força com os membros inferiores e superiores utilizando como resistência o peso do próprio corpo (2-4 séries de 10 repetições de flexão de joelhos

extensão unilateral num ritmo lento com o corpo na posição vertical ou de levantar os braços acima da cabeça).

Foram realizados 3 jogos lúdicos por sessão com o objectivo de manter os participantes em constante movimento e de criar um ambiente agradável e divertido, permitindo também, manter os níveis de participação nas sessões elevados. Para os diferentes jogos foi usado material como arcos, balões, bolas, bastões, com para além de servirem como facilitadores do exercício ou jogo, tiveram como objectivo principal exercitar a concentração nesse mesmo objecto.

A solicitação da atenção dos participantes para mudanças rápidas de direcção do movimento ou aceleração do mesmo foi uma constante nestas sessões.

Nas pequenas pausas entre os exercícios, em que o professor explicava o exercício seguinte, os participantes aproveitaram para se hidratarem.

A fase final teve 10 minutos de arrefecimento, com exercícios de alongamento, flexibilidade e relaxamento para os principais grupos musculares solicitados ao longo das sessões (tronco, membros superiores e membros inferiores).

Durante todas as sessões, a música teve uma presença constante, sendo um elemento facilitador para a descontração dos participantes.

Todas as fases das sessões de exercícios foram estruturadas e executadas de acordo com as recomendações assim como o nível de intensidade e duração das mesmas.

Durante o período de 12 semanas, os participantes do grupo de controlo continuaram as suas actividades de vida diárias, sem exercício físico semelhantes aos da terapia.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade da amostra e a homogeneidade de variâncias foram inicialmente examinadas usando o teste de Kolmogorov-Smirnov usando a correlação de Lillifors e o teste de Levene. Para a comparação das características da amostra no início da intervenção foi usado o teste de análise de variância ANOVA para as variáveis contínuas e o Qui-quadrado para as variáveis dicotómicas. Os efeitos da intervenção foram avaliados usando a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas ajustadas ao género para evitar o enviesamento dos dados entre homens e mulheres nos dois grupos.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software "Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)" versão "18.0 for Windows". O nível de significância adoptado foi de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

Os resultados que se apresentam referem-se aos valores obtidos nos seis testes funcionais (Tabela 2), na composição corporal (Tabela 3) e aos resultados obtidos em termos de força isocinética e fadiga muscular (Tabela 4).

A Tabela 2 ilustra a influência que o programa de exercício físico teve sobre no desempenho do GE nos seis testes funcionais, tendo o GC como referência.

Tabela 2. Capacidade Funcional antes e após 12 semanas de exercício físico (GE n=16; GC n=14)

	Início		Após 12 Semanas		Efeito do Treino*	P†
	Grupo Experimental	Grupo Controlo	Grupo Experimental	Grupo Controlo		
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média (95%CI)	
Capacidade Funcional						
Teste levantar , andar e sentar (sec.)	6.4 ± 0.7	6.5 ± 1.1	5.6 ± 0.6	6.4 ± 1.2	-0.7 (-1.8 to 0.8)	0.038
10 m-Velocidade a andar (sec.)	5.6 ± 0.7	5.6 ± 0.8	5.2 ± 0.4	5.8 ± 1.1	-0.6 (-2.3 to 1.6)	0.033
Subir 10 degraus sem pesos (sec.)	4.6 ± 0.9	4.5 ± 0.9	4.4 ± 0.8	4.5 ± 0.9	-0.2 (-1.3 to 2.4)	0.725
Subir 10 degraus com 10 kg (sec.)	5.1 ± 1.0	4.6 ± 1.1	4.6 ± 0.7	4.9 ± 1.7	-0.8 (-2.3 to 0.0)	0.035
Sentar /levantar 30 s (nº de vezes)	15,4 ± 2.4	16.6 ± 3.0	17.2 ± 2.8	16.2 ± 3.7	2.2 (-2.0 to 8.0)	0.047
Caminhada 6-minutos (m)	525,8 ± 58.7	528.3 ± 74.3	541.1 ± 64.1	556.3 ± 94.1	-12.7 (-99.0 to 72.0)	0.418

† Valores P da análise de variância para comparar as diferentes entre os grupos antes e após as 12 semanas de exercício

*A diferença entre o incremento do Grupo Experimental relativamente ao Grupo Controlo ($\Delta GE - \Delta GC$)

Assim, a capacidade funcional melhorou no grupo de participantes diabéticos que realizaram exercício físico durante 12 semanas, quando comparados com o GC. O GE diminuiu o tempo de execução no teste Levantar/Andar/Sentar/ em cerca de 10,9%, ou seja, o GE teve uma diminuição no tempo de execução em 0,8 segundos comparativamente ao GC que diminuiu apenas 0,1 segundos. No

teste de velocidade em Caminhar 10 m verificou-se uma diminuição de 10,7% no tempo de execução, sendo o GE 0,4 segundos mais rápido enquanto o GC foi mais lento 0,2 segundos. Também se verificou 15,7% de diminuição no tempo de subir 10 degraus com 10 Kg distribuídos igualmente nos dois braços, assim o GE diminuiu o tempo de execução neste teste em 0,5 segundos, por outro lado o GC aumentou esse tempo em 0,3 segundos. Por último, o n.º de vezes que os participantes Sentaram e Levantaram de uma cadeira em 30 segundos aumentou 14,3%, ou seja, o GE aumentou 1,8 o n.º de vezes de execução neste teste, enquanto o GC executou em 30 segundos menos 0,4 vezes o teste Sentar/Levantar.

O programa de 12 semanas de exercício físico aplicado não induziu alterações ao nível da composição corporal, nomeadamente ao nível da gordura total e da gordura abdominal (Tabela 3).

Tabela 3. Avaliação da Composição Corporal antes e após 12 semanas da intervenção de exercício físico (GE n=16; GC n=14)

DEXA		Início		Após 12 Semanas		Efeito do Treino*	P†
		Grupo Experimental	Grupo Controlo	Grupo Experimental	Grupo Controlo		
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP		
Gordura (%)							
	Abdominal	37.6 ± 6.6	33.9 ± 7.7	37.9 ± 6.5	34.7 ± 7.6	-0.5 (-6.7 to 6.9)	0.754
	Total	37.1 ± 7.3	31.7 ± 7.6	36.4 ± 6.9	31.4 ± 7.7	-0.4 (-4.4 to 2.9)	0.651
Gordura (g)							
	Abdominal	4291.7 ± 1491.6	3684.6 ± 992.6	4214.1 ± 1418.3	3575.7 ± 927.5	31.3 (1119.0 to 582.7)	0.823
	Total	30355.2 ± 8173.8	25643.3 ± 6090.6	29688.1 ± 7720.3	25107.1 ± 6268.2	-130.9 (-5263.5 to 3074.9)	0.841

† Valores de P da análise de variância para comparar as diferentes entre os grupos antes e após as 12 semanas de exercício

*A diferença entre o incremento do Grupo Experimental relativamente ao Grupo Controlo ($\Delta GE - \Delta GC$)

Analisando a percentagem da gordura total, verificamos que esta no GE diminuiu cerca de 0,7%, relativamente ao GC que diminuiu apenas 0,3%. Quanto à gordura abdominal no GE verificou-se que um ligeiro aumento em 0,3%, enquanto o GC esse aumento foi superior 0,8%.

Os resultados a seguir apresentados na Tabela 4 reflectem a influência que o programa de exercício teve sobre a performance do GE ao nível da força isocinética e da fadiga muscular, tendo o GC como referência.

Tabela 4. Força isocinética e fadiga muscular dos participantes com Diabetes Mellitus tipo 2 antes o após 12 semanas de intervenção (GE n=16; GC n=14)

		Início		Após 12 Semanas		Efeitos do treino*	P†
		Grupo Experimental	Grupo Controlo	Grupo Experimental	Grupo Controlo		
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP		
Força da perna direita (N·m·kg ⁻¹)	Extensor (cc) 60°/s	1.22 ± 0.23	1.34 ± 0.49	1.28 ± 0.25	1.16 ± 0.48	0.24 (-0.25 to 0.99)	0.019
	Flexor (cc) 60°/s	0.58 ± 0.20	0.67 ± 0.31	0.66 ± 0.19	0.60 ± 0.25	0.15 (-0.22 to 1.15)	0.041
	Extensor (cc) 180°/s	0.74 ± 0.17	0.88 ± 0.29	0.80 ± 0.23	0.84 ± 0.29	0.10 (-0.21 to 0.56)	0.144
	Flexor (cc) 180°/s	0.49 ± 0.11	0.63 ± 0.17	0.50 ± 0.19	0.48 ± 0.14	0.16 (-0.09 to 0.58)	0.011
Força da perna esquerda (N·m·kg ⁻¹)	Extensor (cc) 60°/s	1.19 ± 0.26	1.22 ± 0.51	1.27 ± 0.28	1.07 ± 0.34	0.23 (-0.26 to 1.24)	0.036
	Flexor (cc) 60°/s	0.62 ± 0.16	0.67 ± 0.17	0.68 ± 0.20	0.62 ± 0.24	0.11 (-0.14 to 0.61)	0.046
	Extensor (cc) 180°/s	0.78 ± 0.20	0.88 ± 0.30	0.79 ± 0.20	0.81 ± 0.25	0.08 (-0.30 to 0.42)	0.117
	Flexor (cc) 180°/s	0.53 ± 0.17	0.60 ± 0.16	0.53 ± 0.16	0.52 ± 0.15	0.08 (-0.17 to 0.32)	0.076
Fadiga Muscular							
20 rep. (cc) 180°/s							
Perna Direita (%)	Extensor	23.5 ± 12.1	17.3 ± 11.6	21.8 ± 9.2	22.3 ± 10.0	-6.7 (-30.6 to 17.4)	0.033
	Flexor	38.4 ± 22.5	24.2 ± 15.1	36.4 ± 16.9	30.8 ± 25.3	-8.6 (-55.0 to 19.2)	0.201
Perna Esquerda (%)	Extensor	25.1 ± 10.4	21.7 ± 13.4	20.4 ± 10.6	26.0 ± 10.2	-9.0 (-44.1 to 44.4)	0.039
	Flexor	33.3 ± 16.2	23.1 ± 11.2	32.9 ± 15.9	25.1 ± 16.1	-2.4 (-39.7 to 27.7)	0.661

† Valores de P da análise de variância para comparar as diferentes entre os grupos antes e após as 12 semanas de exercício

cc = contrações concêntricas

*A diferença entre o incremento do Grupo Experimental relativamente ao Grupo Controlo ($\Delta GE - \Delta GC$)

Verificou-se uma diferença significativa ao nível da força dos músculos extensores (cc) 60°/s e flexores (cc) 60°/s em ambas as pernas. Assim nos músculos extensores (cc) 60°/s da perna direita verificou-se um aumento de 19,7%, sendo que o GE aumentou 0,06 (N.M.Kg⁻¹) a força muscular enquanto o GC diminuiu em 0,18 (N.M.Kg⁻¹) essa mesma força; nos músculos flexores (cc) 60°/s da mesma perna verificou-se uma melhoria de 25,9%, assim o GE melhorou a força em 0,08 (N.M.Kg⁻¹) e o GC diminuiu essa força em 0,07

(N.M.Kg⁻¹). Também os músculos flexores (cc) 180°/s da perna direita tiveram 32,7% de aumento da força, ou seja, o GE melhorou a força em 0,01 (N.M.Kg⁻¹) enquanto o GC diminuiu 0,15 (N.M.Kg⁻¹) a força muscular.

Na perna esquerda, os músculos extensores (cc) 60°/s tiveram um aumento de 19,3%, sendo que o GE aumentou a sua força muscular em 0,08 (N.M.Kg⁻¹) relativamente ao GC diminuiu 0,15 (N.M.Kg⁻¹). Quanto aos músculos flexores (cc) 60°/s melhoraram a sua força em 17,7%, sendo que, o GE aumentou a força em 0,06 (N.M.Kg⁻¹), enquanto o GC diminuiu a força em 0,05 (N.M.Kg⁻¹).

Ao nível da fadiga muscular verificou-se uma diminuição estatisticamente significativa, nomeadamente nos músculos extensores. Assim, na perna direita, verificou-se uma diminuição de 28,5% da fadiga muscular dos músculos extensores, ou seja, o GE diminuiu a fadiga em 1,7% em relação ao GC que aumentou 5% a fadiga muscular em relação à avaliação inicial; na perna esquerda essa diminuição alcançou valores de 35,9% nos músculos extensores, assim o GE diminuiu a fadiga muscular em 4,7%, enquanto o GC aumentou a fadiga muscular em 4,3%.

6.DISSCUSSÃO

O principal registo desta intervenção, foi que o programa de exercício físico, aplicado durante 12 semanas, produziu resultados positivos na capacidade funcional, na força isocinética e na fadiga muscular.

Estudos epidemiológicos e de intervenção demonstram claramente que a prática regular de exercício físico é eficaz para a prevenção e controlo da DM tipo 2 ^{14, 16, 17}.

Deste modo, verificamos que após o nosso programa de intervenção, os participantes do GE registaram melhoria ao nível de quatro dos seis testes funcionais, ao nível da força isocinética em alguns grupos musculares e ao nível da fadiga muscular.

Assim, os testes funcionais aplicados neste estudo tiveram como principal objectivo avaliar a capacidade motora de caminhar, o equilíbrio dinâmico e potência muscular dos participantes em tarefas próximas de situações quotidianas, assim como, o tempo necessário para percorrer dez metros em linha recta, o tempo necessário para subir dez degraus, com e sem sobrecarga e o movimento de sentar e levantar de uma cadeira em 30 segundos. No entanto é importante realçar que todos os participantes (GE e GC) eram autónomos na realização das actividades de vida diárias e nas actividades instrumentais da vida diária.

Os exercícios aeróbios realizados em cada sessão, no nosso estudo, tinham como solicitação a marcha com mudanças de direcção, como por exemplo do *slalom* entre os vários participantes realizado o mais rapidamente possível. Portanto os exercícios aplicados possuíram uma forte componente dinâmica,

estimulando a capacidade de equilíbrio dinâmico dos participantes. Assim, a melhoria verificada no desempenho do teste Sentar, Caminhar 3 metros e Voltar a Sentar corresponde a uma melhoria na mobilidade geral e no equilíbrio dinâmico e agilidade^{114,115}.

Também Tsourlou e seus colaboradores¹¹⁶, obtiveram resultados semelhantes aos nossos, nomeadamente em relação ao teste Sentar, Caminhar 3 metros e Voltar a Sentar, num programa de exercício aeróbio realizado em meio aquático, durante 24 semanas, numa população idosa feminina.

No presente estudo relativamente ao teste Sentar, Levantar da cadeira em 30 segundos, também se verificaram melhorias estatisticamente significativas, logo, o programa de exercício provocou melhoria ao nível da força e resistência dos membros inferiores nos participantes do GE.

Da mesma forma, num trabalho realizado por Taylor-Pililae e seus colaboradores¹¹⁷, aplicaram a uma população com factores de risco cardiovascular (dos quais 21% eram diabéticos) um programa de Tai Chi com duração de 12 semanas, a uma intensidade moderada, no final verificou-se no grupo de intervenção uma melhoria significativa na força dos membros inferiores, avaliada através do teste Sentar, Levantar da cadeira em 30 segundos.

Também Hui e seus colaboradores¹¹⁸ realizaram com uma população idosa, um programa de exercício aeróbio de baixa intensidade, com base na dança, e com a duração de 12 semanas, promoveu igualmente a melhoria da força dos membros inferiores, avaliado com o teste Sentar, Levantar da cadeira em 30 segundos.

Quanto aos teste funcionais Caminhar 10 metros (Walk) e o teste Subir 10 degraus com peso, que tiveram como objectivo avaliar a força e resistência dos membros inferiores assim como a capacidade locomotora dos sujeitos em tarefas próximas das situações quotidianas, nomeadamente ao medir o tempo necessário para percorrer 10 metros em linha recta e o tempo que os sujeitos levaram a subir em lanço de escadas de 10 degraus com sobrecarga. Podemos inferir assim, que os participantes que realizaram a intervenção de 12 semanas, verificaram uma melhoria na força e resistência dos membros inferiores, assim como na capacidade locomotora.

Num estudo com características semelhantes ao nosso, Allet e seus colaboradores¹¹⁹, após aplicarem um programa de exercício aeróbio com duração de 12 semanas, em pacientes com DM tipo 2, observaram melhorias significativas em vários testes relacionados com velocidade de locomoção.

Rokeneire e seus colaboradores¹²⁰, numa análise transversal de 3075 idosos sem limitações funcionais, analisaram o papel das comorbilidades e da composição corporal associadas à DM nas limitações funcionais, tendo-se concluído que a DM está associada ao aparecimento dos indicadores de declínio funcionais.

Também, num estudo prospectivo de 12 anos em que foram seguidos 1263 homens com DM tipo 2, considerou a baixa aptidão cardiorrespiratória e o sedentarismo como factores predictores independentes de mortalidade em homens com DM tipo 2¹²¹. Podemos, assim, inferir que este tipo de programas de intervenção pode atenuar as perdas funcionais que poderão surgir como consequência das complicações da doença.

Pelo que os exercícios aeróbios e de resistência podem ser considerados essenciais para reduzir a incidência no aumento da incapacidade para a realização das AVD's. O exercício pode ser uma estratégia eficaz para a prevenção da incapacidade para realizar as AVD's e por conseguinte, pode prolongar a autonomia das pessoas em especial em idosos¹²².

Também diminuição da força muscular, causa alterações na capacidade funcional e na qualidade de vida, sendo esta uma característica comum com pessoas com elevado número de factores de risco metabólico e em pessoas com DM tipo 2 e, como tal, o aumento da força e massa muscular são metas importantes para as intervenções de exercício físico com esses indivíduos¹²³.

Os resultados obtidos no presente estudo, relativamente à força isocinética, demonstraram o efeito positivo do programa de exercício físico. Esse aumento significativo da força nos músculos flexores e extensores da perna direita e esquerda poderá estar associado à melhoria da performance em quatro dos seis testes funcionais aplicados.

Tanto a melhoria nos testes funcionais como o aumento da força isocinética poderá ter ficado a dever-se ao facto de ter integrado no programa de exercício físico, 15 minutos de treino de força.

Estes resultados estão assim em consonância com os obtidos noutra estudo onde foi examinado o efeito do treino de resistência na capacidade de realizar AVD's e na qualidade de vida em indivíduos com elevado número de factores de risco metabólico¹²⁴, tendo-se concluído que o treino de resistência melhora a força muscular e a capacidade de executar as AVD's em indivíduos com alto e baixo número de factores de risco metabólico. O treino de resistência

melhora a qualidade de vida para o grupo de alto número de factores de risco metabólico, sendo este resultado independente das mudanças na gordura corporal e da capacidade aeróbia, teve também um efeito positivo na massa magra para ambos os grupos. Este resultado vai de encontro a outros estudos que analisaram o efeito do treino de resistência em indivíduos com DM tipo 2

125 126

Resultados semelhantes aos obtidos no nosso estudo foram verificados num estudo realizado com indivíduos espanhóis com cerca de cinquenta e cinco anos e com diagnóstico de DM tipo 2, em que dezasseis semanas de treino de força de alta intensidade resultaram num aumento da força nos membros superiores e inferiores, a qualidade muscular melhorou e as fibras musculares hipertrofiaram¹²⁷.

Por outro lado, durante as actividades de vida diárias, lazer ou trabalho, a fadiga muscular é um importante factor limitante para a sustentabilidade do esforço físico. A fadiga muscular também tem sido implicada como factor predisponente de lesões desportivas, em particular, dos músculos isquiotibiais¹²⁸. Os resultados do nosso estudo, ao nível da fadiga muscular, evidenciaram também que para além da melhoria nas várias variáveis funcionais e da força isocinética, verificou-se também a diminuição da fadiga muscular, nomeadamente ao nível dos extensores de ambas as pernas. A diminuição da fadiga muscular é um factor importante para o equilíbrio e para a postura, pois tal como comprovou Yaggie e McGregor¹²⁹, a fadiga muscular resultante da aplicação de contracções isocinéticas, altera negativamente os parâmetros relativos ao equilíbrio e postura.

Contrariando os resultados obtidos no nosso estudo, em que o programa de exercício físico não provocou efeito significativo quanto à gordura total e abdominal, Ross e seus colaboradores¹³⁰ demonstraram que num grupo de 52 homens obesos (média IMC $31,3 \pm 2.0 \text{ Kg/m}^2$), ocorre a perda de peso induzida pelo aumento de exercício físico diário, sem restrição calórica, reduz também a obesidade abdominal e a resistência à insulina. No mesmo estudo o exercício, sem provocar perda de peso, foi um método útil para reduzir a gordura abdominal e evitar o ganho de peso adicional.

Também a intensidade da intervenção de exercício físico aplicado nas sessões, pode influenciar os resultados ao nível da composição corporal, Lee e seus colaboradores¹³¹ onde foi feita uma comparação entre os resultados de três grupos de indivíduos divididos em grupos de exercício de baixa, moderada e alta intensidade, concluí-se que o grupo de indivíduos que praticaram exercício de elevada intensidade está associado à redução substancial do risco metabólico, determinado pelos níveis de gordura abdominal e subcutânea. Da mesma forma, Slentz e seus colaboradores¹³² demonstraram que existe uma relação dose-resposta clara entre a quantidade de exercício semanal e a quantidade de redução no peso. Os resultados obtidos no referido estudo, sugerem que uma quantidade moderada de exercício pode prevenir o ganho de peso, sem alteração da dieta habitual, e mais exercício pode levar à perda de peso significativa, em indivíduos inicialmente obesos.

Também relativamente à composição corporal, podemos dizer que no nosso estudo, a intensidade aplicada no programa de intervenção (40-60% da FCres)

pode não ter sido insuficiente para provocar resultados significativos nas variáveis gordura total e gordura abdominal.

Em contrapartida, num programa de exercício aeróbio com características semelhantes ao nosso estudo¹³³, ou seja de intensidade moderada, aplicado durante 13 semanas a indivíduos com DM tipo 2, demonstrou que a prática regular de exercício físico tem efeitos benéficos ao nível da gordura total e abdominal. Também Ross e sua equipa¹³⁴ conseguiram obter uma redução substancial na gordura abdominal em 54 mulheres obesas e em pré menopausa, através de 14 semanas de intervenção, no entanto a intensidade do exercício físico aplicado foi de cerca de 80% da FC_{max} .

7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo teve várias limitações que devem ser discutidas. A primeira consiste no facto de se tratar de um estudo com uma amostra relativamente pequena, uma vez que participaram no estudo apenas 30 pacientes com DM tipo 2.

Também a variável género pode ser considerada uma limitação deste estudo, uma vez que no início do mesmo se verificaram diferenças significativas nesta variável. Deste modo, a variável género foi integrada como co-variável nas restantes análises estatísticas de modo a evitar o enviesamento dos dados relativamente ao género.

Os resultados parecem sugerir que o programa de exercício aplicado não foi suficientemente intenso, ao ponto de provocar modificações significativas na composição corporal e em especial na gordura abdominal. Esta dificuldade foi sentida em especial durante a aplicação do programa de intervenção, uma vez que não foi possível controlar a intensidade a que cada participante (GE=16) se encontrava nos vários exercícios. Assim sendo, e para diminuir esta dificuldade, foram monitorizados, aleatoriamente, três participantes por sessão, estes permaneceram dentro dos limites da FCReserva a qual foi controlada através de um sinal sonoro emitido pelo monitor de frequência cardíaca.

Outra limitação encontrada foi o facto de não ter sido controlada com rigor as variáveis relacionadas com a alimentação, uma vez que estas têm uma importância crucial para o controlo da DM tipo 2, nomeadamente para a obtenção de benefícios ao nível da composição corporal. Salienta-se que a participação em intervenções nutricionais foi um dos critérios de exclusão neste

estudo, assim os participantes mantiveram os seus hábitos do quotidiano relativamente aos hábitos alimentares, sendo este um factor que poderá justificar a não obtenção de alterações significativas ao nível da composição corporal.

8. CONCLUSÕES

A realização deste estudo permitiu tecer algumas considerações acerca dos efeitos do exercício físico sobre a capacidade funcional, composição corporal, força e fadiga muscular em particular em pacientes com DM tipo 2. Assim, as principais conclusões deste estudo são:

1. A capacidade funcional relacionada com as actividades de vida diária de caminhar, subir escadas, equilíbrio dinâmico e potência muscular melhorou após 12 semanas de intervenção de exercício.
2. Doze semanas de intervenção de exercício de intensidade moderada não foram suficientes para causar alterações significativas na composição corporal, nomeadamente ao nível da gordura total e abdominal.
3. O programa de intervenção de 12 semanas de exercício físico está associado ao aumento da força isocinética nos membros inferiores.
4. A fadiga muscular ao nível dos membros inferiores diminuiu após as 12 semanas de intervenção de exercício físico.

Estas afirmações vão de encontro às hipóteses traçadas no estudo que de seguida são validadas.

H1: "Um programa de exercício físico, administrado durante 12 semanas, provoca diferenças significativas na capacidade funcional, relacionada com as actividades de vida diárias como caminhar, subir escadas, equilíbrio dinâmico e potência muscular, dos pacientes com DM tipo 2."

Aceita-se a hipótese estabelecida pois verificaram-se melhorias significativas em quatro das seis variáveis avaliadas. Através do teste ANOVA de medidas repetidas demonstrou melhorias significativas no teste Levantar, Caminhar e Voltar a Sentar, logo ocorreram melhoria ao nível da velocidade, agilidade e equilíbrio dinâmico; as melhorias nos testes a seguir referidos: teste de Velocidade em Caminhar 10 m, no teste subir 10 degraus com sobrecarga e no teste Sentar/Levantar da cadeira durante 30 segundos permitem-nos inferir melhorias ao nível da força e resistência muscular dos membros inferiores.

Assim sendo, os resultados obtidos predisõem estes pacientes com DM tipo 2 a um melhor desempenho nas AVD's e AIVD's, tais como subir escadas com pesos, equilíbrio dinâmico e potência muscular.

H2: "Nas variáveis da composição corporal, gordura total e abdominal, em pacientes com DM tipo 2, existem diferenças significativas entre o GE e o GC, após a intervenção de 12 semanas de exercício físico."

Rejeita-se a hipótese proposta neste estudo, uma vez que as 12 semanas de intervenção com intensidade moderada não foram suficientes para causar melhorias significativas ao nível da composição corporal, no que diz respeito à gordura total e abdominal.

H3: "existem diferenças significativas entre as médias dos valores das variáveis da força isocinética e fadiga muscular, quando comparados o GE e o GC, após 12 semanas da aplicação do programa de exercício físico, a pacientes com DM tipo 2."

Aceita-se esta hipótese, uma vez que se verificou o aumento significativo ao nível da força isocinética em cinco das oito variáveis avaliadas. Também ao nível da fadiga muscular se registou uma diminuição significativa mas apenas nos músculos extensores, ao nível dos músculos flexores ocorreu também a diminuição da fadiga, no entanto, não em termos de significado estatístico.

Em suma, este estudo evidenciou a importância do exercício físico aplicado de forma organizada e estruturada como um elemento potenciador de benefícios ao nível da capacidade funcional e força muscular, assim como, na consequente diminuição da fadiga muscular, em pacientes com DM tipo 2. Além disso, os resultados revelam que a intensidade moderada não permitiu que se verificassem mudanças ao nível da composição corporal. Deste modo, embora os resultados na composição corporal não tenham atingido os resultados esperados, os benefícios obtidos na capacidade funcional, força isocinética e fadiga muscular poderão significar a manutenção da autonomia funcional e força muscular destes pacientes com DM tipo 2, para além dos benefícios metabólicos que a prática regular de exercício físico poderá acarretar.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- ¹ Wild S, Roglic G, Green A, Sigree R, King H. Global Prevalence of Diabetes – Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004;27(5):1047-53.
- ² Wing RR, Golstein MG, Acton KJ, Nirch LL, Jakicic JM, Sallis JF, et al. Behavioral Science Research in Diabetes. Lifestyle changes related to obesity, eating behavioral, and physical. *Diabetes Care*. 2001 Jan;24(1): 117-123.
- ³ Correia G. Resultados do Estudo da Prevalência da Diabetes em Portugal (PREVADIAB – 2009). *Anamnesis* 2009; 18(182): 10-11,26.
- ⁴ Caldeira J, Parreira JMB, Sagreira L, André O, Duarte R, Lisboa PE. *Diabetologia Clínica*. Lidel-Edições Técnicas.1997; Lisboa.
- ⁵ Winnick JJ, Sherman WM, Habash DL, Stout MB, Failla, ML, Belury MA et al. Short-term aerobic exercise training in obese humans with type 2 diabetes mellitus improves whole-body insulin sensitivity through gains in peripheral, not hepatic insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab*. 2008;93(3):771-778.
- ⁶ Marwick TH, Hordern MD, Miller T, Chyun DA, Bertoni AG, Blumenthal RS, Philippides G, Rocchini and on behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular Nursing; Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolis; and the Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research, Exercise training for type 2 Diabetes Mellitus. Impact on Cardiovascular risk. A Scientific statement from the American Heart Association. *Circulation. Journal of the American Heart Association*. 2009; (119): 3244-3262.
- ⁷ Kort WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. Physical Activity and Bone Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004.
- ⁸ Breslow RA, Barllard-Barbash R, Munoz K, Graubard BI. Long-term recreational physical activity and breast cancer in the National health and nutrition examination survey I epidemiologic follow-up study *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2001;10:805-08.
- ⁹ Colberg SR, Parson HK, Holton DR, Nunnold TN, Vinik AI. Cutaneous blood flow in Type 2 Diabetic individuals after an acute bout of maximal exercise. *Diabetes Care*. 2003;26(6).
- ¹⁰ Colberg SR, Parson HK, Holton DR, Nunnold TN, Holton DR, Vinik AI. Effect of a single bout of prior moderate exercise on cutaneous perfusion in type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2006 Oct;29(10):2316-18.

-
- ¹¹ American Diabetes Association. Dyslipidemia Management in Adults With Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1:68-71.
- ¹² American Diabetes Association. Hypertension Management in Adults With Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1:65-67.
- ¹³ Gross JL, Azevedo MJ, Silveiro SP, Canani LH, Caramori ML, Zelmanovitz T. Diabetic Nephropathy: Diagnosis, Prevention, and Treatment. *Diabetes Care*. 2005;28(1).
- ¹⁴ Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *The New Engl J Med*. 2002;346(6):393-403.
- ¹⁵ Diabetes Prevention Program Research Group. The Diabetes Prevention Program (DPP). Description of lifestyle intervention. *Diabetes Care*. 2002 Dec;25(12):2165-71.
- ¹⁶ Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P, et al. Prevention of type 2 Diabetes Mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *The New Engl J Med*. 2001;344(18).
- ¹⁷ Satterfield DW, Volansky M, Caspersen CJ, Engelgau MM, Bowman BA, Gregg EW, et al. Community-Based Lifestyle Interventions to Prevent Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2003 Sep;26(9).
- ¹⁸ Center for Disease Control and Prevention Primary Prevention Working Group. Primary Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus by Lifestyle Intervention: Implications for Health Policy. *Annals of Internal Medicine*. 2004;140(11):951-57.
- ¹⁹ Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW, Colditz GA, Solomon CG, Willett W C, et al. Walking compared with vigorous physical activity and risk of Type 2 Diabetes in Women. A prospective study. *Jama*. 1999;282(15).
- ²⁰ Kraus WE, Levine BD. Exercise Training for Diabetes: The "strength" of the evidence. *American College of Physicians. Ann Inter Med*. 2007;145(6).
- ²¹ Teixeira P, Sardinha LB, Barata JLT. *Nutrição, Exercício e Saúde*. Lidel- Edições Técnicas, Lda. 2008.
- ²² American College of Sport Medicine. *Benefits and Risks Associated with Physical Activity: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Baltimore. 2006. P.3-13.
- ²³ WHO. *Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Part1: Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Report of a WHO Consultation*. Geneva. 1999.
- ²⁴ American Diabetes Association. *Standards of Medical Care in Diabetes_ 2010*. *Diabetes Care*. 2010;33 Suppl 1.

-
- ²⁵ American Diabetes Association. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1.
- ²⁶ Naravan KM, Boyle JP, Thompson TJ, Sorensen SW, Williamson DF. Lifetime risk for diabetes mellitus in the United States. *JAMA*. 2003;290:1884-90.
- ²⁷ Gavin JR, Alberti KGMM, Davidson MB, DeFronzo RA, Drash A, Gabbe SG, et al. Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 2002;25 Suppl 1.
- ²⁸ Direcção Geral da Saúde. Circular Normativa N°09/DGCG. Actualização dos Critérios de Classificação e Diagnóstico da Diabetes Mellitus. 2002.
- ²⁹ American Diabetes Association. Diabetes Mellitus and Exercise. *Diabetes Care*. 2002;25 Suppl 1.
- ³⁰ Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, Verity L. Exercise and Type 2 Diabetes. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*. 2000;p1345-60.
- ³¹ Praet SFE, van Loon LJC. (2009), Exercise therapy in Type 2 diabetes, *Acta Diabetology*. 2009;46:263-78.
- ³² Caro JJ, Ward AJ, O'Brien JA. Lifetime costs of complications resulting from Type 2 Diabetes in the U.S. *Diabetes Care*. 2002;25(3).
- ³³ Testa MA, Simonson DC. Health Economic Benefits and Quality of Life During Improved Glycemic Control in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A randomized, controlled, double-blind trial. *JAMA*. 1998;280(17):1490-96.
- ³⁴ Thompson PD, Buchner D, Pinã IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, et al. Exercise and Physical Activity in the Prevention and Treatment of Atherosclerotic Cardiovascular Disease: A Statement From the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*. 2003;107:3109-16.
- ³⁵ Guyton AC & Hall JE. *Textbook of Medical Physiology*. 11th edition. Elsevier Saunders. 2006.
- ³⁶ Nuutila P, Koivisto VA, Knuuti J, Ruotsalainen U, Teras M, Haaparanta M, et al. Glucose-free fatty acid cycle operates in human heart and skeletal muscle in vivo. *The Journal of Clinical Investigation*. 1992;89(6):1767-74.
- ³⁷ Andersen JL, Schjerling P, Andersen LL, Dela F. Resistance training and insulin action in humans effects of de-training, *Journal of Physiology*. 2003;551(3):1049-58.

-
- ³⁸ Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, Ocel JV, Forse RA, Hoenig SJ, et al. Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes*. 1999;48(5):1192-97.
- ³⁹ Luciano E, Carneiro EM, Carvalho CR, Carvalheira JB, Peres SB, Reis MA, et al. Endurance training improves responsiveness to insulin and modulates insulin signal transduction through the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt-1 pathway. *European Journal of Endocrinology*. 2002;147(1):149-57.
- ⁴⁰ Hayashi T, Wojtaszewski JF, Goodyear LJ. Exercise regulation of glucose transport in skeletal muscle. *American Journal of Physiology*. 1997;277(6):1039-51.
- ⁴¹ Douen AG, Ramlal T, Rastogi S, Bilan PJ, Cartee GD, Vranic M, et al. Exercise induces recruitment of the "insulin-responsive glucose transporter". Evidence for distinct intracellular insulin and exercise-recruitable transporter pools in skeletal muscle. *The Journal of Biological and Chemistry*. 1990;265(23):13427-30.
- ⁴² Coderre L, Kandror KV, Vallega G, Pilch PF. Identification and characterization of an exercise-sensitive pool of glucose transporters in skeletal muscle. *The Journal of Biological and Chemistry*. 1995;270(46):27584-88.
- ⁴³ Fisher JS. Potential role of the AMP-activated protein kinase in regulation of insulin action. *Cellscience*, 28. 2006;2(3):68-81.
- ⁴⁴ Holloszy JO. Role of exercise in reducing the risk of Diabetes and Obesity. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99:338-343.
- ⁴⁵ Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Selig S. The effect of resistance training on functional capacity and quality of life in individuals with high and low numbers of metabolic risk factors. *Diabetes Care*. 2007;30(9).
- ⁴⁶ Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C. Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27(10).
- ⁴⁷ Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW, Colditz GA, Solomon CG, Willett WC, et al. Walking compared with vigorous physical activity and risk of Type 2 Diabetes in Women. A prospective study. *Jama*. 1999;282(15).
- ⁴⁸ Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Rizza RA, Coenen-Schimke JM, Nair S. Impact of Aerobic Exercise Training on Age-Related Changes in Insulin Sensitivity and Muscle Oxidative Capacity. *Diabetes*. 2003;52.
- ⁴⁹ Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ. Effective Exercise Modality to Reduce Insulin Resistance in Women With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2003;26(11).

-
- ⁵⁰ Haskell WL, Lee I, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. ACSM/AHA Recommendations. Physical Activity and Public Health. Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation. Journal of the American Heart Association*. 2003;107.
- ⁵¹ Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of Different Modes Exercise Training on Glucose Control and Risk Factors for Complications in Type 2 Diabetic Patients. A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006 Nov;29(11).
- ⁵² Ibanez J, Izquierdo M, Arguelles I, Forga L, Larrion JL, Garcia-Unciti M, et al. Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2005 Mar;28(3): 662-67.
- ⁵³ OMS – Divisão de saúde mental – Grupo WHO-QOL (1998), Versão em português dos instrumentos de avaliação da Qualidade de Vida (WHOQOL), disponível em: <http://www.ufrj.br/psiq/wolqol.html>.
- ⁵⁴ WHO. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva. 2001.
- ⁵⁵ Spirduso WW, Francis KL, MacRae PG. Physical Dimensions of Aging, Human Kinetics. 2th Edition. 2005.
- ⁵⁶ Haas L. Functional Decline im Older Adults with Diabetes. Self-care for older adults with disabilities related to aging, diabetes and its complications, or both. *AJN*. 2007 Jun;107(6).
- ⁵⁷ Sinclair AJ, Conroy SP, Bayer AJ. Impact of Diabetes on Physical Function in Older People. *Diabetes Care*. 2008 Feb;31(2).
- ⁵⁸ Saka T, Yildiz Y, Deniz F, Hazneci B, Sekir U, Aydin T. Postural Stability and Functional Capacity in Recreational Athletes with Type 1 Diabetes Mellitus. *Turkey Journal Medicine Science*. 2009;39(1):91-96.
- ⁵⁹ Andersen H, Nielsen S, Mogensen CE, Jakobsen J. Muscle Strength in Type 2 Diabetes. *Diabetes*. 2004;53:1543-48.
- ⁶⁰ Papaioannou A, Adachi JD, Winegard K, Ferko N, Parkinson W, Cook RJ, et al. Efficacy of home-based exercise for improving quality of life among elderly women with symptomatic osteoporosis-related vertebral fractures. *International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation*. 2003;14:677-682
- ⁶¹ Stephan FE, Praet, Luc JC. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in Type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*. 2007;103:1113-20.
- ⁶² Goodpaster BH, Chomentowski P, Ward BK, Rossi A, Glynn NW, Delmonico MJ, et al. Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*. 2008;105: 1498-1503.

-
- ⁶³ Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, Bekeneire N, Harris TB, Schwartz AV, et al. Decreased Muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes*. 2006;55.
- ⁶⁴ Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, Cetin C, Ors F, Kalyon TA. Relation between isokinetic muscle strength and functional capacity in recreational athletes with chondromalacia patellae. *Br. J. Sports Med*. 2003;37:475-479.
- ⁶⁵ Fauci AS, Kasper DL, Longo DL, Braunwald E, Hauser SL, Jameson JL, Loscalzo J. *Harrison's principles of internal medicine*. 17ª edição. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Interamericana do Brasil. 2008.
- ⁶⁶ Bazzano LA, Serdula M, Liu S. Prevention of Type 2 Diabetes by Diet and Lifestyle Modification. *Journal of American College of Nutrition*. 2005;24(5):310-19.
- ⁶⁷ Colditz GA, Willett WC, Rotnitzky A, Manson JE. Weight gain as a risk factor for clinical diabetes mellitus in women. *Annals of Internal Medicine*, American College of Physicians. 1995;122.
- ⁶⁸ Looker HC, Knowler WC, Hanson RL. Changes in BMI and weight before and after the development of type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2001;24(11).
- ⁶⁹ Schienliewitz A, Schulze MB, Hoffmann K, Krole A, Boeing H. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2006;84:427-33.
- ⁷⁰ Bouchard C. *Physical Activity and Obesity*. Humans Kinetics Publishers. 2000.
- ⁷¹ Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S, Solomon C, Willett WC. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 Diabetes Mellitus in women. *The New England Journal of Medicine*. 2001 Sep;345(11):790-97.
- ⁷² Weinstein AR, Sesso HD, Lee I, Cook NR, Manson JE, Buring JE, Gaziano JM. Relationship of physical activity vs body mass index with type 2 diabetes in women. *JAMA*. 2004;292(10).
- ⁷³ Klein S, Sheard NF, Pi-Sunyer X, Daly A, Wylie-Rosett J, Kulkarni K, Clark N. Weight management through lifestyle modification for the prevention and management of type 2 diabetes: rationale and strategies. *Diabetes Care*. 2004 Aug;27(8).
- ⁷⁴ Singleton JR, Smith AG, Russell JW, Feldman EL. Microvascular complications of impaired glucose tolerance: Perspectives in Diabetes. *Diabetes*. 2003; 52:2867-73.
- ⁷⁵ Boden G, Laakso M. Lipids and Glucose in Type 2 Diabetes. What is the cause and effect ?. *Diabetes Care*. 2004 Sep;27(9).
- ⁷⁶ Berggren JR, Hulver MW, Houmard JA. Fat as an organ: influence of exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99:757-64.

-
- ⁷⁷ Racette SB, Evans EM, Weiss EP, Hagberg JM, Holloszy JO. Abdominal Adiposity is a stronger predictor of insulin resistance than fitness among 50-95 years old. *Diabetes Care*. 2006;29(3).
- ⁷⁸ Virtanen KA, Iozzo P, Hallsten K, Huupponen R, Parkkola R, Janatuinen T, et al. Increased fat mass compensates for insulin resistance in abdominal obesity and type 2 diabetes. A position-emitting Tomography Study. *Diabetes*. 2005;54:2720-26.
- ⁷⁹ Meisinger C, Doring A, Thorand B, Heier M, Lowel H. Body fat distribution and risk of type 2 diabetes in the general population: are there differences between men and women?. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2006;84:483-9.
- ⁸⁰ Dam RMV, Boer JMA, Feskens EJM, Seidell JC. Parental History of Diabetes modifies the association between abdominal adiposity and hyperglycemia. *Diabetes Care*. 2001;24(8).
- ⁸¹ Mensink M, Blaak EE, Vidal H, Bruin TWA, Glatz JFC, Saris. Lifestyle changes and lipid metabolism gene expression and protein content in skeletal muscle of subjects with impaired glucose tolerance. *Diabetologia*. 2003;46:1082-89.
- ⁸² Hansen D, Dendale P, Jonkers RAM, Beelen M, Manders RJF, Corluy L, et al. Continuous low to moderate-intensity exercise training is as effective as moderate to high-intensity exercise training at lowering blood HbA_{1c} in obese type 2 diabetes patients. *Diabetologia*. 2009;52:1789-97.
- ⁸³ Kraus WE, Levine BD. Exercise Training for Diabetes: The "Strength" of the Evidence. *Annals of Internal Medicine*. 2007;147(6):423-25.
- ⁸⁴ Hunter SK, Duchateau J, Enoka RM. Muscle Fatigue and the Mechanisms of Task failure. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2004;(2):44-9.
- ⁸⁵ Gandevia SC. Neural control in humans muscle fatigue: changes in muscle afferents, motor neurons and motor cortical drive. *Acta Physiology Scand*. 1998;162: 275-83.
- ⁸⁶ Enoka R.M., Duchateau J. (2008), Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function, *Journal Physiology*, 586.1, 11-23.
- ⁸⁷ Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular Mechanisms. *Physiological Reviews*. 2008;88:287-332.
- ⁸⁸ Loris MM, Kernell D, Meijman TF, Zijdwind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *Journal of Physiology*. 2002;545(1):313-19.
- ⁸⁹ Barry BK, Enoka RM. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later, *Integrative and Comparative Biology*. 2007:1-9.
- ⁹⁰ Van Duinen H, Renken R, Maurits N, Zijdwind I. Effects of motor fatigue on human brain activity, an fMRI study. *Neuroimage*. 2007;109-138.

-
- ⁹¹ Yassierli. Assessment of localized Muscle Fatigue for Industrial task Evaluations. Industrial Management Research Group. 2008.
- ⁹² Letafatkar K, Alizadeh MH, Kordi MR. The effect of exhausting exercise induced muscular fatigue on functional stability. *Journal of Social Sciences*. 2009;5(4): 416-22.
- ⁹³ Danion F, Latash ML, Li ZM, Zatsiorsky VM. The effect of fatigue on multifinger coordination in force production tasks in humans. *Journal of Physiology*. 2000;523(2):523-32.
- ⁹⁴ DGS. Programa Nacional de Combate à Obesidade. Lisboa. 2005.
- ⁹⁵ National High Blood Pressure Education Program. US Department of Health and Human Services. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the Science Behind the New Guidelines. NIH Publication NO. 04-5230. 2004.
- ⁹⁶ Wei M, Gibbons LW, Kampert JB, Nichaman MZ, Blair SN. Low Cardiorespiratory Fitness and Physical Inactivity as Predictors of Mortality in Men with Type 2 Diabetes. *Annals of Internal Medicine*. 2000;132(8):605-11.
- ⁹⁷ Eisenmann JC, Katzmarzyk PT, Perusse L, Tremblay A, Després J-P, Bouchard C. Aerobic fitness, bodymass index, and CVD risk factors among adolescents: the Québec family study. *International Journal of Obesity*. 2005;29:1077-83.
- ⁹⁸ Zeng D, Murray A. Estimation of Mean Blood Pressure from Oscillometric and Manual Methods. *Computers in cardiology*. 2008;35:941-44.
- ⁹⁹ Bauman A, Bull F, Chey T, Craig CL, Ainsworth BE, Sallis JF, et al. The International Prevalence Study on Physical Activity: results from 20 countries. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2009;6:21.
- ¹⁰⁰ Craig C, Marshall AL, Sjostrom M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International Physical Activity Questionnaire: 12- Country Reliability and Validity. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 2003;35(8):1381-95.
- ¹⁰¹ Enright PL. The Six-Minute Walk Test. *Respiratory Care*. 2003;48(8).
- ¹⁰² Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research quarterly for exercise and sport*. 1999;70(2):113-19.
- ¹⁰³ Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1986;67(6):387-89.
- ¹⁰⁴ Podsiadlo D, Richardsn S. The timed "up &go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-8.
- ¹⁰⁵ Malmberg JJ, Miilunpalo SI, Vuori IM, Pasanen ME, Oja P, Haapanen-Niemi NA. A health- related fitness and functional performance test battery for middle-aged and older adults: feasibility and health-related content validity. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2002;83(5):666-77.

-
- ¹⁰⁶ Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Preventive Medicine*. 2003;36(3):255-64.
- ¹⁰⁷ QDR for Windows XP Reference Manual. Hologic Osteoporosis Assessment. Document No.MAN-00214. Revision 004.
- ¹⁰⁸ Glickman SG, Mam CS, Supiano MA, Dengel DR. Validity and reliability of dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology*. 2004;(97):509-14.
- ¹⁰⁹ Lee CC, Glickman SG, Dengel DR, Brown MD, Supiano MA. Abdominal adiposity assessed by dual energy X-ray Absorptiometry provides a sex-independent predictor of insulin sensitivity in older adults. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 2005;60A(7):872-7.
- ¹¹⁰ Perrin DH. Isokinetic exercise and assessment. Champaign, Illinois: Human Kinetics. Publishers. 1993.
- ¹¹¹ Parcell AC, Sawyer RD, Tricoli VA, Chinevere TD. Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 2002;34:1018-22.
- ¹¹² Zinman B, Ruderman N, Campaigne BN, Devlin JT, Schneider SH, Association AD. Physical Activity/Exercise and Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1:58-62.
- ¹¹³ Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport/ Sport Medicien Australia*. 2009.
- ¹¹⁴ Sousa N, Prevenção da Queda no Idoso. As alterações induzidas pelo treino da força no desempenho do Timed Get-Up & Go Test e do Functional Reach Test. Universidade do Porto, Porto. 2001.
- ¹¹⁵ Whitney, S. L., Marchetti, G. F., Schade, A., & Wrisley, D. M. The sensitivity and specificity of the Timed "Up & Go" and the Dynamic Gait Index for self-reported falls in persons with vestibular disorders. *Journal of vestibular research : equilibrium & orientation*.2004; 14(5): 397-409.
- ¹¹⁶ Tsourlou, T., Benik, A., Dipla, K., Zafeiridis, A., & Kellis, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(4):811-818.
- ¹¹⁷ Taylor-Piliae, R. E., Haskell, W. L., Stotts, N. A., & Froelicher, E. S. Improvement in balance, strength, and flexibility after 12 weeks of Tai chi exercise in ethnic Chinese adults with cardiovascular disease risk factors. *Altern Ther Health Med*.2006;12(2):50-58.
- ¹¹⁸ Hui, E., Chui, B. T.-k., & Woo, J. Effects of dance on physical and psychological well-being in older persons. *Archives of gerontology and geriatrics*.2009; 49(1):45-50.

-
- ¹¹⁹ Allet, L., Armand, S., de Bie, R., Golay, A., Monnin, D., Aminian, K. et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2009.
- ¹²⁰ Rekeneire N, Resnick H, Schwartz, Shorr RI, Kuller LH, Simonsick EM, et al. Diabetes is associated with subclinical functional limitation in nondisabled older individuals: The health, aging, and Body Composition study. *Diabetes Care*. 2003;26(12).
- ¹²¹ Wei M, Gibbons LW, Kampert JB, Nichaman MZ, Blair SN. Low Cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Annals of Internal Medicine*. 2000;132(8):605-11.
- ¹²² Penninx BWJH, Messier SP, Rejeski J, Williamson JD, DiBari M, Cavazzini C, et al. Physical Exercise and the Prevention of Disability in Activities of Daily Living in Older Persons with Osteoarthritis. *Archives of Internal Medicine*. 2001 Oct;161:2309-16.
- ¹²³ Willey KA, Singh MAF. Battling Insulin Resistance in Elderly Obese People with Type 2 Diabetes. *Brin on the heavy weights*. *Diabetes Care*. 2003 May;26(5).
- ¹²⁴ Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Selig S. The Effect of Resistance Training on Functional Capacity and Quality of Life in Individuals with high and Low Numbers of Metabolic Risk Factors. *Diabetes Care*. 2007;30(9):2205-10.
- ¹²⁵ Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, Courten M, Shaw J, Zimmet P. High-Intensity Resistance Training Improves Glycemic Control in Older Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2002 Oct;25(10).
- ¹²⁶ Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon P, Walsmith J, Foldvari M, et al. A Randomized Controlled Trial of Resistance Exercise Training to Improve Glycemic Control in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2002 Dec;25(12).
- ¹²⁷ Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *International Journal of Medical Sciences*. 2007;4(1):19-27.
- ¹²⁸ Pinninger GJ, Steele JR, Groeller H. Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000;32:47-53.
- ¹²⁹ Yaggie JA & McGregor SJ. Effects of Isokinetic Ankle Fatigue on the maintenance of Balance and Postural Limits. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002 Feb;83:224-8.
- ¹³⁰ Ross R, Dagnone D, Jones PJH, Smith H, Paddags A, Hudson R, Janssen I. Reduction in Obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial, American College of Physicians – American Society of Internal Medicine. 2000.
- ¹³¹ Lee S, Kuk J, Katzmarzyk PT, Blair SN, Church TS, Ross R. Cardiorespiratory fitness attenuates metabolic risk independence of abdominal subcutaneous and visceral fat in men. *Diabetes Care*. 2005 Apr;28(4).

¹³² Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, et al. Effects of amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity – A randomized controlled study. *Archive of Internal Medicine*. 2004;164.

¹³³ Lee S, Kuk JL, Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Graham TE, Ross R. Role of Exercise in Reducing the Risk of Diabetes and Obesity. Exercise without weight loss is an effective strategy for obesity reduction in obese individuals with and without Type 2 diabetes. *Journal of Apply Physiology* 2005 Apr;99:1220-25.

¹³⁴ Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JL, Wong SL, et al. Exercise-Induced Reduction in Obesity and Insulin Resistance in Women: a Randomized Controlled Trial. *Obesity Research*. 2004 May;12(5).

ANEXO

Anexo I – IPAQ versão reduzida

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE AVALIAÇÃO DA ACTIVIDADE FÍSICA
IPAO.VERSAO PORTUGUESA (CURTA)

IDENTIFICAÇÃO:

NOP: _____ Identificação de quem aplicou o questionário: _____

Nome: _____

Telefone de Contacto: _____ Data de Realização: ___/___/___

Este questionário inclui questões sobre a actividade física que o utente realiza habitualmente para se deslocar de um lado para outro, no trabalho, nas actividades domésticas (femininas ou masculinas), na jardinagem e nas actividades que efectua no seu tempo livre para entretenimento, exercício ou desporto. As questões referem-se à actividade física que realiza numa **semana normal, e não em dias excepcionais**, como por exemplo, no dia em que fez a mudança da casa.

Todas as questões devem ser respondidas, mesmo que o utente não se considere uma pessoa activa. *Ao responder às seguintes questões deve ser considerado o seguinte:*

ACTIVIDADE FÍSICA VIGOROSA REFERE-SE A ACTIVIDADES QUE REQUEREM MUITO ESFORÇO FÍSICO E A RESPIRAÇÃO FICA MUITO MAIS INTENSA QUE O NORMAL.

ACTIVIDADE FÍSICA MODERADA REFERE-SE A ACTIVIDADES QUE REQUEREM ESFORÇO FÍSICO MODERADO E A RESPIRAÇÃO FICA UM POUCO MAIS INTENSA QUE O NORMAL

Ao responder às questões considere apenas as actividades físicas que realize durante pelo menos 10 minutos seguidos.

1-a. Durante a última semana, quantos **dias** fez actividade física **vigorosa** como levantar e/ou transportar objectos pesados, cavar, realizar ginástica aeróbica, correr, nadar, jogar futebol ou andar de bicicleta a uma velocidade acelerada?

_____ Nenhum (passe para a questão 2-a)

_____ dias por semana

1-b. Quanto **tempo**, no total, despendeu num desses dias, a realizar actividade **física vigorosa**?

_____ horas _____ minutos



2-a Durante a última semana, quantos **dias** fez actividade física **moderada** como levantar e/ou transportar objectos leves, andar de bicicleta a uma velocidade moderada, actividades domésticas (**ex:** esfregar. Aspirar), cuidar do jardim, fazer trabalhos de carpintaria, jogar tenis de mesa? Não inclua o andar/caminhar.

_____ Nenhum (passe para a questão 3-a)

_____ dias por semana

2-b Quanto **tempo**, no total, despendeu num desses dias, a realizar actividade física moderada?

_____ horas _____ minutos

3-a Durante a última semana, quantos **dias andou/caminhou** durante pelo menos 10 minutos seguidos? Inclua caminhadas para o trabalho e para casa, para se deslocar de um lado para outro e qualquer outra caminhada que possa fazer somente para recreação, desporto ou lazer.

_____ Nenhum (passe para a questão 4-a)

_____ dias por semana

3-b Quanto **tempo**, no total, despendeu num desses dias a andar/caminhar?

_____ horas _____ minutos

3-c A que **ritmo** costuma caminhar?

_____ **Vigoroso**, que torna a sua respiração muito mais intensa que o normal;

_____ **Moderado**, que toma a sua respiração um pouco mais intensa que o normal;

_____ **Lento**, que não causa qualquer alteração na sua respiração



As últimas questões referem-se ao tempo que está sentado diariamente no trabalho, em casa, no percurso para o trabalho e durante os tempos livres. Estas questões incluem por exemplo o tempo em que está sentado à mesa ou à secretária, a visitar amigos, a ler ou sentado/deitado a ver televisão.

4-a Quanto **tempo**, no total, passou sentado(a) durante um dos dias de semana (segunda-feira a sexta-feira)?

_____ horas _____ minutos

4-b Quanto **tempo**, no total, passou sentado(a) durante um dos dias de fim-de-semana (sábado ou domingo)?

_____ horas _____ minutos

FIM DO QUESTIONÁRIO