

Clarissa Cardoso Ferreira da Silva

**EFEITO AGUDO DO TREINAMENTO COMBINADO NAS CONCENTRAÇÕES
SANGUÍNEAS DE GLICOSE DE DIABÉTICOS TIPO 2 INSULINIZADOS E NÃO-
INSULINIZADOS**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/ UFMG

2016

Clarissa Cardoso Ferreira da Silva

**EFEITO AGUDO DO TREINAMENTO COMBINADO NAS CONCENTRAÇÕES
SANGUÍNEAS DE GLICOSE DE DIABÉTICOS TIPO 2 INSULINIZADOS E NÃO-
INSULINIZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, requisito parcial para obtenção do título de graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador Prof. Dr. Washington Pires

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2016

RESUMO

O Diabetes *Mellitus* é definido como um grupo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia, resultante de defeitos na secreção de insulina e/ou em sua ação. Os diabéticos podem ser divididos em dois grupos distintos, em virtude da causa da doença: se por ausência de secreção de insulina (Diabetes *Mellitus* tipo 1 - DM1) ou se pela resistência à insulina (Diabetes *Mellitus* Tipo 2 - DM2). A insulina é um hormônio secretado pelas células β pancreáticas que tem como função principal o controle da glicemia por meio do aumento da captação de glicose nos tecidos. A terapia com insulina exógena é amplamente utilizada no tratamento do DM2. A prática de atividades físicas regulares também é importante na prevenção e no tratamento do diabetes tipo 2. Estudos sugerem que o treinamento combinado (exercícios aeróbicos e de força realizados numa mesma sessão) traz benefícios em maior magnitude do que quando os mesmos são realizados de forma isolada. Entretanto, não é claro na literatura como se dá a interação entre exercício físico e terapia com insulina sobre o controle glicêmico de portadores de DM2. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo de uma sessão de treinamento combinado sobre a glicemia de portadores de DM2 que utilizam ou não insulina exógena como tratamento. Dezesesseis indivíduos portadores de DM2, sedentários, obesos, adultos e idosos (56-78 anos) realizaram o treinamento de força simultaneamente ao treinamento aeróbico por 12 semanas em 2 ou 3 sessões semanais. A sessão de treinamento induziu variação significativa e negativa no grupo que utiliza insulina exógena (IT = 0 ± 0 mg/dL, IT – pré vs. -62 ± 10 mg/dL, IT – pós; $p < 0,05$). Entretanto, não provocou variação significativa no grupo que não utiliza insulina exógena (NIT). O percentual de diminuição da glicemia foi maior no grupo IT quando comparado ao grupo NIT ($33 \pm 3\%$ IT vs $20 \pm 3\%$ NIT; $p < 0,05$). Como conclusão, uma sessão treinamento de força combinado com treinamento aeróbio reduz a glicemia de portadores de DM2, usuários e não usuários de insulina exógena como terapia a valores adequados de controle. Além disso, a magnitude de tal redução é maior nos portadores de DM2, usuários, quando comparados aos não usuários de insulina exógena.

Palavras-chave: Diabetes. Exercício físico. Treinamento combinado. Glicemia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Ë Hiperglicemia crônica e suas complicações.....	8
Figura 2 -Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre a glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; n = 9) e não-insulinizados (círculo branco; n = 7).	18
Figura 3 - Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre a variação da glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; n = 9) e não-insulinizados (círculo branco; n = 7).	19
Figura 4 - Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre o percentual de variação da glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; n = 9) e não-insulinizados (círculo branco; n = 7).....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	12
Características gerais dos portadores de diabetes mellitus tipo 2.....	12
Tabela 2.....	16
Programa de treinamento ao qual os portadores de DM2 foram submetidos ...	16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	MÉTODO.....	11
2.1	Amostra.....	11
2.2	Desenho Experimental.....	12
2.3	Medidas da Concentração Sanguínea de Glicose.....	13
2.4	Antropometria.....	13
2.5	Testes de Caminhada e de Força.....	14
2.6	Protocolo de Treinamento Combinado.....	14
2.7	Medidas e Cálculos	16
2.8	Análise Estatística.....	17
3	RESULTADOS	18
4	DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÃO.....	25

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes *Mellitus* é definido como “um grupo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia, resultante de defeitos na secreção de insulina e/ou em sua ação” (GROSS, *et al.*; 2002). Conforme o Ministério da Saúde, este quadro de hiperglicemia geralmente é identificado por glicemia de jejum > 126 mg/dl (após um jejum de 8 a 12h) e/ou glicemia casual > 200 mg/dl (tomada sem padronização de tempo desde a última refeição) (MS, 2006). Em 2015, a Sociedade Brasileira de Diabetes estimou que 14 milhões de brasileiros sofressem com a doença (SBD, 2015). De acordo com o Ministério da Saúde (2006), a Organização Mundial da Saúde (OMS) prevê um número em torno de 350 milhões de diabéticos no mundo em 2025. Essa é, portanto, uma epidemia mundial, que desafia os sistemas de saúde de todo o mundo, pois o desenvolvimento tecnológico e a urbanização, o envelhecimento da população e o aumento do sedentarismo são fatores que favorecem diretamente o aumento da incidência do diabetes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Os diabéticos podem ser divididos em dois grupos distintos, em virtude da causa da doença: se por ausência de secreção de insulina (DM1) ou se pela resistência à ação da insulina ou diminuição de sua produção (DM2) (POWERS, HOWLEY, 2014).

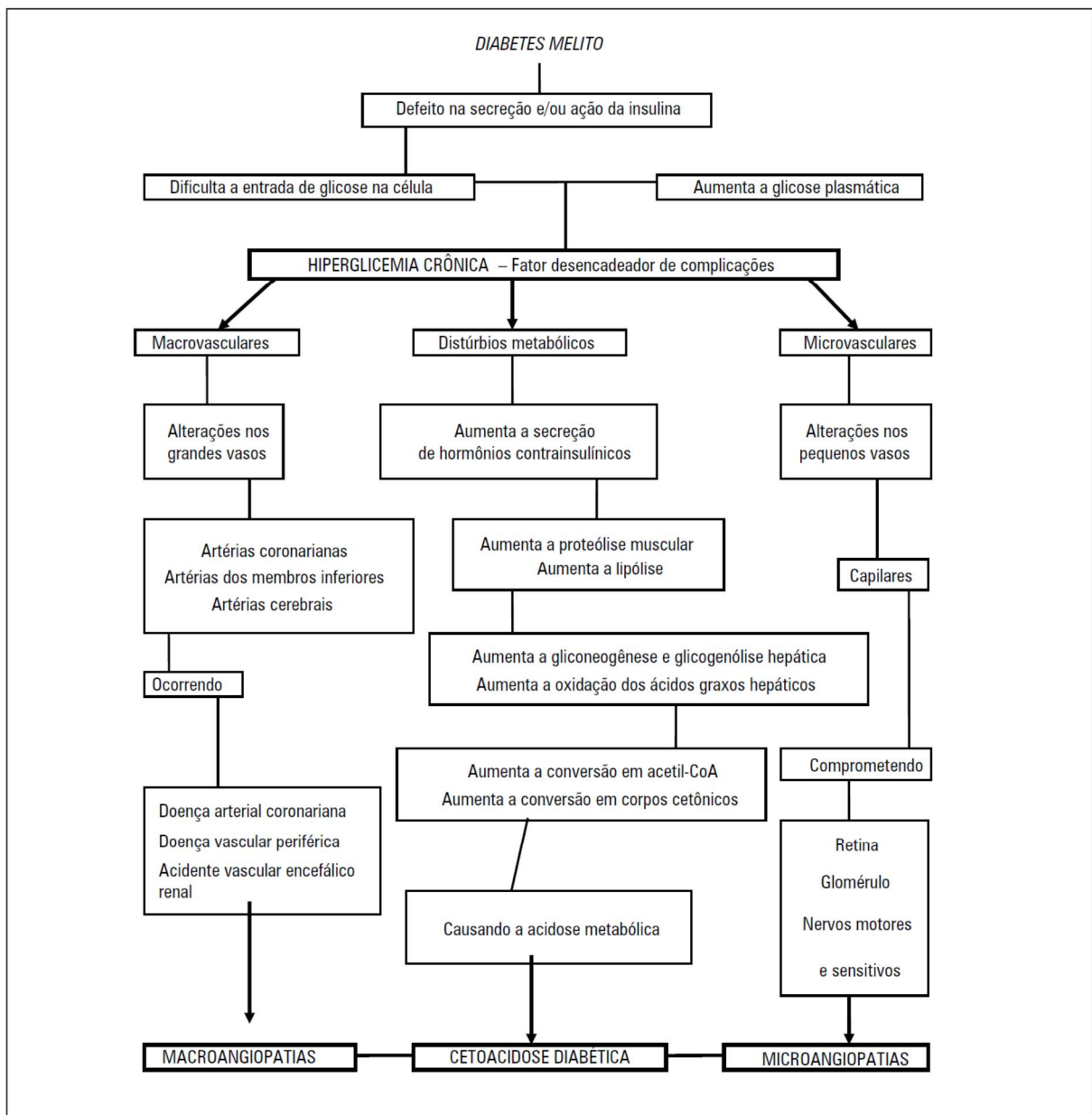
A insulina é um hormônio secretado pelas células β pancreáticas que tem como função principal o controle da glicemia por meio do aumento da captação de glicose nos tecidos (principalmente células musculares e adiposas) (MCARDLE, 2008). A ausência ou diminuição da insulina provoca aumento da concentração de glicose no plasma, pois, nesta situação, os tecidos não conseguem captá-la (POWERS, HOWLEY, 2014). “A insulina, ao se ligar ao seu receptor de membrana das células nos diversos tecidos, exerce um efeito hipoglicemiante.” (MCARDLE, 2008). Nos casos de DM1, as células β pancreáticas são destruídas por uma resposta auto-imune, possivelmente em virtude da deficiência na síntese de uma única proteína, tornando as células β incapazes de produzir insulina e, com frequência, outros hormônios pancreáticos (MCARDLE, 2008). A interrupção da produção de insulina torna o indivíduo dependente de insulina exógena, com o objetivo de manter a glicemia dentro dos parâmetros normais. Os casos de DM1 representam a menor parte da população diabética, apenas de 5 a 10% (POWERS,

HOWLEY, 2014; MCARDLE, 2008). Já nos casos de DM2, o pâncreas produz a insulina, mas a insulina produzida pode não ser suficiente para manter a glicemia dentro dos níveis normais, ou ainda, o tecido pode criar resistência à ação da insulina (MCARDLE, 2008). O DM2 acomete a maior parte da população diabética, em torno de 90 a 95%.

Em geral, o DM1 surge de forma precoce e se desenvolve rapidamente, afetando tanto crianças quanto adolescentes (mas pode ser diagnosticado em adultos também). Geralmente acomete pessoas com perfil magro, não possuem influência genética e o indivíduo se torna insulino dependente, possivelmente, para o resto da vida (POWERS, HOWLEY, 2014). No DM2, no entanto, o desenvolvimento da doença é lento, o indivíduo pode não ter a necessidade de utilização da insulina exógena, geralmente possui perfil obeso, idade superior a 40 anos (não exclusivamente) e pode vir a desenvolver a doença a partir de um histórico familiar favorável a este perfil (POWERS, HOWLEY, 2014). Nos dois tipos da doença existem sintomas tais como glicosúria, poliúria, polidipsia, polifagia, fadiga exagerada, irritabilidade, visão embotada, dormência ou formigamento nas mãos e pés, cicatrização lenta, infecções frequentes (MCARDLE, 2008). Em casos mais severos, o DM1 pode acarretar em desidratação, sonolência, vômitos, dificuldades respiratórias e coma. Já no DM2, no qual o surgimento da doença é lento, os sintomas podem demorar anos para aparecerem, no entanto, podem ser representados também por dores nas pernas, alterações visuais, e em casos graves, o indivíduo também pode chegar ao coma (SBEM, 2016). Independente da causa da hiperglicemia, seja por prejuízo na secreção de insulina ou por defeito em sua ação, em longo prazo, pode desencadear várias outras complicações macro e microvasculares, além de distúrbios metabólicos. No aspecto macrovascular, valores elevados de glicemia podem acarretar, por exemplo, formação de placas de ateroma nas artérias coronarianas, culminando em doença arterial coronariana, trombozes, infarto do miocárdio e morte súbita. No aspecto microvascular, a hiperglicemia crônica pode comprometer os capilares, prejudicando retina, glomérulo, nervos motores e sensitivos (retinopatia, nefropatia e neuropatia diabética). Em relação aos ajustes metabólicos, a ausência ou resistência à insulina aumenta a secreção de hormônios contrarregulatórios da insulina (glucagon, cortisol, catecolaminas, GH), o que aumenta a oxidação de lipídeos em detrimento ao metabolismo dos carboidratos, aumentando a gliconeogênese hepática. Este processo, por sua vez,

aumenta a liberação de glicose na corrente sanguínea, agravando o quadro de hiperglicemia. Ocorre também a oxidação dos ácidos graxos hepáticos, que durante seu catabolismo é convertido em Acetil-CoA. Quando a utilização hepática de Acetil-CoA é menor que sua síntese, o mesmo é convertido em corpos cetônicos que, retidos no plasma induzem acidose metabólica. Este processo está representado em resumo no esquema abaixo (FERREIRA, *et al* 2011).

Figura 1 – Hiperglicemia crônica e suas complicações



Fonte: Ferreira *et al.*, 2011

Uma vez que o diabetes tipo 2 representa a maior parte dos casos de diabetes, os portadores de DM2 serão o foco do presente estudo. A prática de atividades físicas regulares é importante na prevenção e no tratamento do diabetes, principalmente, na vida do diabético tipo 2, pois este é um indivíduo resistente a insulina e o exercício possui um efeito de aumento da sensibilidade à insulina, efeito este tanto agudo quanto crônico (MCARDLE, 2008). Além disso, o exercício físico vai auxiliá-lo no emagrecimento, uma vez que estes indivíduos, em geral, possuem perfil obeso. Ainda em relação à perda de peso, a consequente redução no percentual de gordura corporal aumenta ainda mais a sensibilidade à insulina. O exercício traz ainda benefícios psicológicos tais como diminuição da ansiedade, melhora do humor e autoestima e, conseqüentemente, melhora da qualidade de vida (MCARDLE, 2008).

Sabe-se que a concentração plasmática de glicose é o principal estímulo para a secreção de insulina e glucagon pelo pâncreas. Entretanto, a secreção dos hormônios pancreáticos é modulada também por meio do sistema nervoso autônomo. Durante o exercício, por exemplo, as catecolaminas liberadas pelas terminações nervosas simpáticas, bem como, aquelas liberadas pela medula adrenal modulam a secreção de insulina e glucagon. As catecolaminas se ligam aos receptores α -adrenérgicos e β -adrenérgicos nas células beta e alfa do pâncreas, induzindo redução da secreção de insulina e aumento da secreção de glucagon. (POWERS, HOWLEY, 2014).

Interessantemente, o exercício contribui para o controle da concentração plasmática de glicose por mecanismos independentes da insulina. Este seja talvez, o principal papel do exercício como uma ferramenta não farmacológica na prevenção e no tratamento do diabetes. O aumento da concentração de Ca^{++} intracelular nas fibras musculares em contração induz a translocação dos transportadores de glicose GLUT-4 inativos para a membrana celular, para que mais glicose seja transportada mediante a mesma concentração de insulina (POWERS, HOWLEY, 2014). Ainda segundo Powers, Howley (2014), essa eficiência no transporte de glicose se mantém após o exercício e auxilia na reposição das reservas de glicogênio muscular.

Em virtude dos mecanismos descritos acima, o exercício físico é essencial no tratamento do diabetes tipo 2, pois aumenta a captação sanguínea, auxiliando no controle da glicemia e tem impacto direto na composição corporal. Além disso, traz benefícios psicológicos e diminui os riscos de cardiopatias. Ainda assim, há

indicação de alguns fármacos e até mesmo a insulina exógena no auxílio ao tratamento do DM2. Geralmente, essa indicação de utilização de insulina ocorre em casos mais graves onde fármacos utilizados anteriormente não se mostram mais eficientes quanto ao controle da glicemia (ARAÚJO, *et al.*; 2000). Tendo em vista os efeitos agudos do exercício físico sobre o controle glicêmico, acredita-se que a melhora, em longo prazo, da glicemia, possivelmente, resulte do acúmulo de efeitos agudos adquiridos em cada sessão de treinamento (MCARDLE, 2002). Cardoso *et al.*(2007), acreditam que uma alimentação balanceada juntamente com exercícios resistidos e aeróbicos são alterações essenciais nas mudanças de hábitos de vida do diabético tipo 2. Ainda segundo eles, a hipertrofia muscular induzida pelo treinamento de força aumenta o metabolismo durante e após o exercício, enquanto que o exercício aeróbico induz aumento da sensibilidade à insulina, além de promover redução da gordura corporal. Conforme Powers, Howley (2014), a combinação dos dois tipos de treinamentos culminará em benefícios de maior magnitude quando comparados aos mesmos realizados de maneira isolada. Além disso, é preciso enfatizar que o ganho e manutenção de níveis adequados de força muscular são fundamentais para a realização das atividades ocupacionais e de lazer. Por fim, é evidente que o exercício é fundamental no controle e tratamento do DM2 e que a insulina exógena pode ser eficiente no auxílio a este tratamento, portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito agudo de uma sessão de treinamento combinado (utilizando a média de valores agudos adquiridos em 24 sessões) sobre a glicemia de portadores de DM2 que utilizam ou não insulina exógena como tratamento.

2 MÉTODO

2.1 Amostra

A amostra foi composta por 16 indivíduos portadores de diabetes tipo 2, sedentários, obesos, adultos e idosos (56-78 anos) que espontaneamente se voluntariaram a participar do estudo. Foi realizada uma intervenção por semestre, em um total de três semestres, durante o período de agosto de 2014 a dezembro de 2015. Os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório do Movimento da UFMG e foram aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (parecer nº 15352613.9.0000.5149). Cada voluntário declarou conformidade com os processos e procedimentos da investigação e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os voluntários mantiveram sua rotina alimentar e medicamentosa durante o período da intervenção. Para participar do experimento, foram determinados os seguintes critérios de inclusão: i) tempo de diagnóstico da doença superior a três anos; ii) quantidade de gordura corporal superior a 30% (homens) e 40% (mulheres) de acordo com o critério NIDDK (1993) e iii) inatividade física nos últimos dois meses. Da mesma forma, também foi determinado, como critério de exclusão, que aqueles indivíduos com complicações decorrentes do mau controle da doença tais como retinopatia, neuropatia ou qualquer outra condição ortopédica ou pulmonar que colocasse em risco a saúde dos sujeitos durante o treinamento não participariam do estudo. 30 sujeitos iniciaram o protocolo de intervenção e estes foram divididos em dois grupos experimentais, a saber: portadores de DM2 que utilizavam insulina exógena como terapia (Grupo IT) e portadores de DM2 que não utilizavam insulina como terapia (Grupo NIT). Ao final da colheita de dados 14 voluntários tinham desistido do estudo por motivos pessoais ou foram excluídos das análises por apresentarem frequência de treinamento inferior a duas sessões semanais. A tabela 1 expressa as características dos voluntários:

Tabela 1
 Características gerais dos portadores de diabetes mellitus tipo 2
 Os dados estão expressos como média \pm erro padrão da média ou em percentuais. * $p < 0,05$ em relação ao grupo IT. IT = insulino-terapia; NIT = não-insulino-terapia. M/F = masculino/feminino.

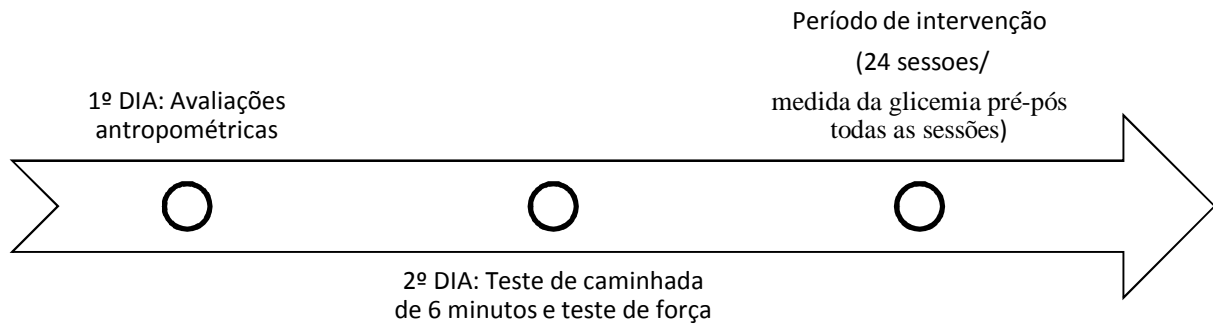
PARÂMETROS	Grupo IT (n= 9)	Grupo NIT (n= 7)
Idade (anos)	66 \pm 6	63 \pm 7
Sexo (M/F)	2/7	2/5
Tempo de diagnóstico (anos)	14 \pm 8	8 \pm 6*
Massa corporal (kg)	75,7 \pm 8,7	73,8 \pm 17
Índice de massa corporal ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	30,2 \pm 2,6	27,9 \pm 6,1
Circunferência da cintura (cm)	94 \pm 10	96 \pm 11
Percentual de gordura (%)	42,6 \pm 2,4	39,4 \pm 4,7
Glicemia casual (mg/dL)	179 \pm 14	129 \pm 7*
Pressão arterial sistólica (mmHg)	130 \pm 15	115 \pm 9*
Pressão arterial diastólica (mmHg)	76 \pm 6	69 \pm 7*
Frequência cardíaca de repouso (bpm)	77 \pm 14	72 \pm 14
Hipertensão (%)	89	71
	78	57
Dislipidemia (%)		
USO DE MEDICAÇÕES		
Terapia combinada (insulina + biguanidas e sulfonilureias)(%)	88,8	0
Biguanidas(%)	88,8	85,7
Anti-hipertensivos(%)	88,8	71,4
Estatinas(%)	55,5	57,1
Insulina(%)	100	0
Sulfoniluréias(%)	22,2	28,5
Anti-inflamatórios não-esteróides(%)	44,4	42,8

Fonte: Autora, 2016

2.2 Desenho Experimental

Primeiramente, os dezesseis sujeitos submeteram-se a avaliações antropométricas e a concentração plasmática de glicose foi medida por meio do método da glicemia capilar. Em um segundo encontro, os voluntários foram submetidos a uma avaliação funcional por meio dos testes de caminhada de 6 minutos e de força muscular. Estes dados foram utilizados para determinação da carga de treinamento. Ao final das avaliações, os sujeitos foram então submetidos a 12 semanas de treinamento combinado (treinamento de força + treinamento aeróbico). Após este período de treinamento, as medidas da concentração

sanguínea de glicose e antropométricas foram avaliadas novamente conforme o protocolo das avaliações iniciais. Em cada uma das 24 sessões de treinamento foi medida a glicemia capilar dos sujeitos para que fossem analisados tanto os efeitos agudos quanto os efeitos crônicos do treinamento combinado sobre a glicemia dos diabéticos.



2.3 Medidas da Concentração Sanguínea de Glicose

A glicemia capilar dos sujeitos foi aferida cinco minutos antes do início da sessão de treinamento e cinco minutos após a mesma. A glicemia foi aferida por meio de amostra de sangue capilar inserido em tira reagente específica com os cuidados higiênicos devidos. O glicosímetro calibrado Accu-Chek Active® (Roche, Basel, Switzerland) foi utilizado para quantificar a glicose sanguínea. Os valores estão expressos em mg/dL.

2.4 Antropometria

Uma balança analógica Linha 31® (Filizola, Linha 31, Brasil) com carga máxima de 150 kg e precisão de 0,1 kg foi utilizada para a medida da massa corporal dos indivíduos. A altura foi avaliada pelo estadiômetro Standard® (Sanny, Brasil) com campo de medição entre 0,8-2.2 m e foi adotada precisão de 0,5 cm. A avaliação dos perímetros corporais foi realizada por meio de uma fita antropométrica inextensível de 1,5 m em 14 locais (pescoço, ombros, tórax, braços direito e esquerdo, antebraços direito e esquerdo, cintura, abdômen, quadril, coxa direita e

esquerda e panturrilha direita e esquerda). As dobras cutâneas foram avaliadas por um plicômetro SH5020® (Saehan, Korea), com campo de medição entre 1 e 65 mm e foi adotada a precisão de 1 mm, em quatro locais padronizados (tricipital, bicipital, crista ilíaca e panturrilha medial). A densidade corporal e o percentual de gordura foram avaliados a partir da idade e dos valores de dobras cutâneas dos voluntários.

2.5 Testes de Caminhada e de Força

A capacidade aeróbica do voluntário foi avaliada através do teste de caminhada de 6 minutos que é um teste adequado para a estimativa da capacidade aeróbica, além de ser compatível com o perfil do público alvo desse estudo (idosos e obesos). Este teste é amplamente utilizado devido a sua facilidade de aplicação e ótima reprodutibilidade (DOURADO, 2010). O teste foi realizado em um percurso de 30 metros em vai e volta e foi adotada uma precisão de 3 metros. No primeiro minuto, foi concedido um encorajamento verbal consistente e os voluntários foram orientados a manter a maior velocidade e, por consequência, percorrer a maior distância durante 6 minutos. Medidas de saturação de oxigênio e frequência cardíaca foram realizadas com intuito de quantificar a intensidade dos testes (exceto para indivíduos que utilizavam medicação betabloqueadora).

A avaliação da força muscular consistiu da realização do teste de repetições máximas (1RM) adaptado, o qual foi realizado em todos os 8 exercícios inclusos no protocolo de treinamento. Cada voluntário foi orientado a realizar entre 4 e 20 repetições completas em cada um dos exercícios com carga pré-determinada até a interrupção por fadiga. Foi dado um tempo mínimo de três minutos de intervalo entre cada tentativa e entre cada exercício. O número de repetições e a carga realizada foram inclusas em uma equação para estimativa de 1RM (O'CONNOR, 1989).

Ambos os testes foram realizados com a finalidade de prescrever os componentes da carga do treinamento aeróbio quanto do treinamento de força durante o período de intervenção.

2.6 Protocolo de Treinamento Combinado

Os voluntários realizaram o treinamento de força simultaneamente ao treinamento aeróbico por 12 semanas em 2 ou 3 sessões semanais, alcançando um total de 24 sessões. Estas sessões foram realizadas no mesmo horário do dia, alterando somente a ordem dos treinamentos (uma sessão o treinamento aeróbico era realizado e em seguida os voluntários eram submetidos ao treinamento de força. Na sessão seguinte essa ordem era alternada. O treinamento aeróbico foi realizado por meio de uma esteira model LX160® (Movement, Brasil) em velocidade autorregulada e com duração de 20-25 minutos. Os voluntários relataram notas variando entre 9-14 na escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) durante a caminhada.

O treinamento de força foi realizado através de 8 exercícios (supino máquina, legpress, elevação lateral, flexão plantar na máquina, remada curvada no cross-over, flexão de quadril, flexão de tronco na máquina, extensão de joelhos na máquina). A carga de treinamento foi conduzida para o aumento da resistência de força e a cada 8 sessões, foi realizada uma progressão de treinamento. Assim, ocorreram duas progressões ao longo do experimento. Na primeira progressão, a duração do treinamento aeróbico foi aumentada de 20 minutos para 22,5 minutos e o volume do treinamento de força, de 2 séries de 15 repetições para 3 séries de 15 repetições, a intensidade foi mantida em 50% de 1RM com pausa de 30 segundos. (TABELA 2). Desta forma, houve aumento de 50% no componente volume nesta progressão do treinamento de força. Na segunda progressão, a duração do treinamento aeróbico aumentou de 22,5 para 25 minutos. O volume do treinamento de força foi aumentado de 2 para 3 séries de 20 repetições. A intensidade foi mantida em 50% de 1RM e a pausa foi aumentada para 40 segundos.

Tabela 2

Programa de treinamento ao qual os portadores de DM2 foram submetidos

^a= nota informada pelo voluntário na escala de percepção subjetiva do esforço. O treinamento de força foi realizado por meio de pesos e máquinas. O treinamento aeróbio foi realizado em esteira rolante. A velocidade da esteira foi auto selecionada pelo voluntário.

Tipo de treinamento	Componentes da carga	Semanas de treinamento		
Força		1 a 8	9 a 16	17 a 24
	Frequência (vezes por semana)	2 a 3	2 a 3	2 a 3
	Intensidade (% RM)	50	50	50
	Volume	2 séries de 15 repetições	3 séries de 15 repetições	3 séries de 20 repetições
	Duração da repetição (seg)	livre	livre	livre
	Pausa entre séries (seg)	30	30	40
	Pausa entre exercícios (seg)	30	30	40
	Nº de exercícios	8	8	8
Aeróbio	Frequência (vezes por semana)	2 a 3	2 a 3	2 a 3
	Intensidade (nota PSE ^a)	9 a 14	9 a 14	9 a 14
	Duração (min)	20	22,5	25
	Método	Contínuo variável	Contínuo variável	Contínuo variável

Fonte: Autora, 2016

2.7 Medidas e Cálculos

O 1-RM foi estimado a partir da equação de regressão proposta por O'Connor (1989): $1\text{-RM} = \text{kg} * [1+(0,025 * r)]$, onde: kg= peso; r = número de repetições e a partir dele foi determinado o percentual de 50% de 1-R.M onde o treinamento foi realizado. O IMC foi calculado a partir da massa corporal/ altura². A densidade corporal foi calculada por uma equação específica para sujeitos brasileiros (PETROSKI, 1995 *apud* FILARDO; PETROSKI, 2007). A partir da densidade corporal foi obtido o percentual de gordura utilizando-se a Equação de Siri (1961): % gordura corporal = $[(4,95 / \text{densidade corporal}) - 4,50] * 100$. A massa livre de gordura e a massa gorda foram estimadas através da diferença entre a massa corporal e o percentual de gordura.

2.8 Análise Estatística

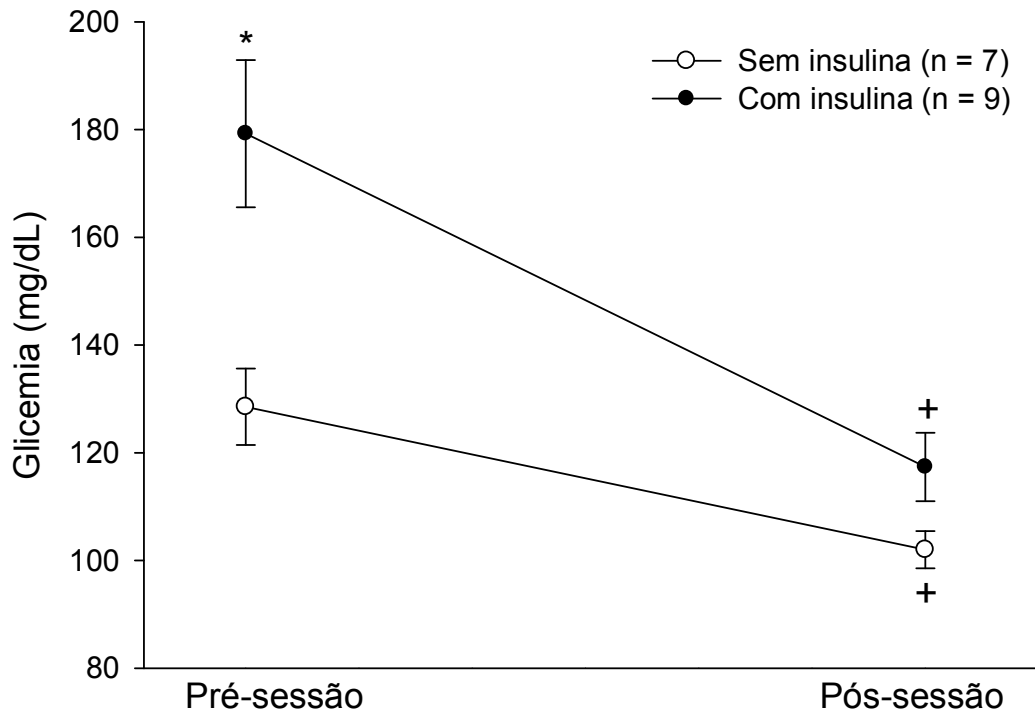
Os dados foram expressos como média \pm erro padrão da média. Foi utilizado o teste *t* de *student* para comparar os parâmetros de caracterização dos dois grupos experimentais. As comparações da concentração sanguínea de glicose antes e após a sessão de treinamento nos portadores de DM2 que utilizavam ou não insulina exógena foram realizadas por meio de análise de variância com dois fatores, com medidas repetidas aplicadas apenas para o fator tempo. O teste *post-hoc* tukey foi utilizado para as comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi $P < 0,05$.

3 RESULTADOS

A figura 2 mostra que a glicemia medida antes das sessões de treinamento no grupo IT foi maior quando comparada com àquela medida nos portadores de DM2 do grupo NIT (179 ± 14 mg/dL, IT – pré vs. 129 ± 7 mg/dL, NIT – pré; $p < 0,05$). Em ambos os grupos, a sessão de treinamento combinado induziu redução da glicemia (179 ± 14 mg/dL, IT – pré vs. 117 ± 6 mg/dL, IT – pós, $p < 0,05$; 129 ± 7 mg/dL, NIT – pré vs. 102 ± 3 mg/dL, NIT – pós; $p < 0,05$). Por fim, a glicemia após a sessão não diferiu entre os dois grupos.

Figura 2 - Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre a glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; $n = 9$) e não-insulinizados (círculo branco; $n = 7$).

Os valores estão expressos como média \pm erro padrão da média (EPM). * $p < 0,05$ IT vs NIT. + $p < 0,05$ prévs pós sessão de treinamento.

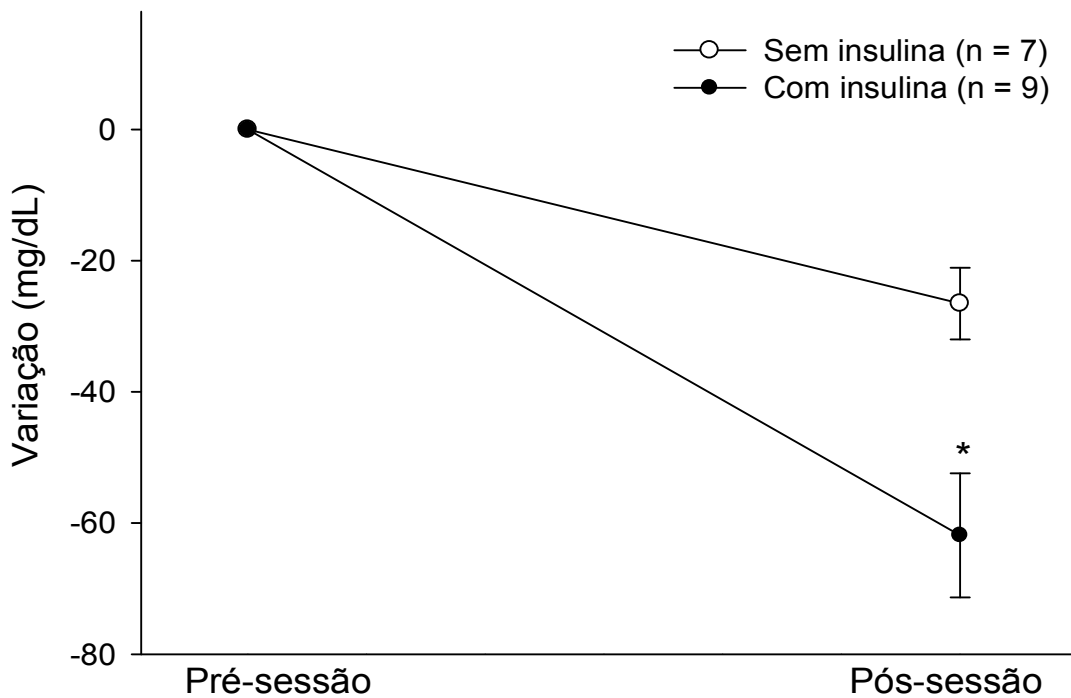


Fonte: Autora, 2016

A figura 3 demonstra a variação da glicemia em ambos os grupos. A sessão de treinamento induziu variação significativa e negativa no grupo IT (0 ± 0 mg/dL, IT – pré vs. -62 ± 10 mg/dL, IT – pós; $p < 0,05$). Entretanto, a sessão de treinamento não provocou variação significativa na glicemia dos portadores de DM2 do grupo NIT.

Figura 3 - Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre a variação da glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; $n = 9$) e não-insulinizados (círculo branco; $n = 7$).

Os valores estão expressos como média \pm erro padrão da média (EPM). * $p < 0,05$ IT vs NIT.

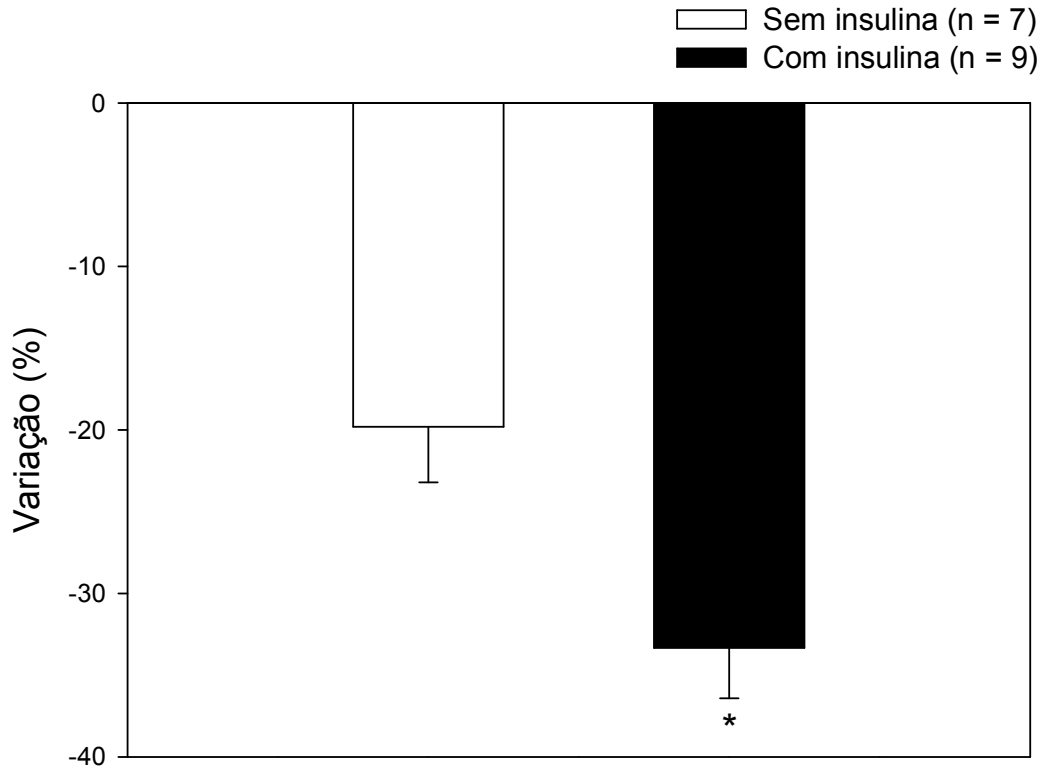


Fonte: Autora, 2016

A figura 4 mostra a porcentagem de diminuição na glicemia induzida pela sessão de treinamento nos dois grupos. Não foi verificada diferença significativa na diminuição da glicemia no grupo NIT ($20 \pm 3\%$). O percentual de diminuição da glicemia foi maior no grupo IT quando comparado ao grupo NIT ($33 \pm 3\%$ IT vs $20 \pm 3\%$ NIT; $p < 0,05$).

Figura 4 - Efeitos de uma sessão de treinamento de força combinado com treinamento aeróbio sobre o percentual de variação da glicemia de portadores de DM2 insulinizados (círculo preto; n = 9) e não-insulinizados (círculo branco; n = 7).

Os valores estão expressos como média \pm erro padrão da média (EPM). * $p < 0,05$ IT vs NIT.



Fonte: Autora, 2016

4 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o efeito do treinamento aeróbico juntamente com o treinamento de força (treinamento combinado) em idosos com diabetes tipo 2 que necessitam de terapia com insulina exógena comparado aos que não necessitam. Os principais achados foram que mesmo utilizando insulina como ferramenta para o controle glicêmico diário, os portadores de DM2 nessa condição apresentaram maiores valores de glicemia basal quando comparados aos DM2 não usuários de insulina. Isso demonstra que, possivelmente, ao longo da progressão do DM2, a terapia com insulina em concomitância com os hipoglicemiantes orais pode não ser suficiente para um controle glicêmico adequado. Outro achado importante foi que a sessão de treinamento combinado induziu diminuição aguda da glicemia dos portadores de DM2, de forma que ao final da sessão, esses apresentassem valores adequados de glicemia segundo indicações da literatura específica. Por fim, os indivíduos usuários de insulina exógena apresentaram maior redução da glicemia em resposta à sessão de treinamento combinado, possivelmente porque o impacto no metabolismo glicolítico deste protocolo é maior nos indivíduos que fazem uso da insulino terapia.

Conforme Araújo *et al.* (2000), a indicação do uso de insulina para diabéticos tipo 2 ocorre em casos mais graves, onde há presença de níveis detectáveis de corpos cetônicos na urina ou no plasma. Segundo os autores, esses indivíduos possuem um quadro sintomático e geralmente não respondem aos tratamentos iniciais com fármacos sensibilizadores de insulina ou hipoglicemiantes orais, dieta e exercício físico. Entende-se, a partir disso, que essa gravidade ocasionou o maior valor da glicemia basal no grupo IT, que pode ter sido determinada por complicações geradas ao longo dos anos, visto que o grupo IT apresentou maior tempo de diagnóstico da doença quando comparado ao grupo NIT (TABELA 1).

No presente estudo, tanto os usuários de insulina quanto os não usuários apresentaram redução significativa da glicemia em decorrência da realização da sessão de treinamento. Este dado está de acordo com a revisão de Cardoso, *et al.* (2007) que entre outros levantamentos, confirma que os exercícios aeróbicos são

benéficos tanto para indivíduos com diabetes tipo 2 quanto para indivíduos saudáveis, pois durante o exercício a contração muscular aumenta a translocação de GLUT 4 e permite maior captação de glicose pelo músculo esquelético em contração, independente da disponibilidade de insulina. Moro *et al.* (2012), analisando o efeito do treinamento combinado e aeróbio no controle glicêmico de diabéticos tipo 2, verificaram que tanto exercícios aeróbios como combinados reduziram significativamente a glicemia basal dos indivíduos após um treinamento de 20 semanas.

Almeida *et al.*(2014), através de um levantamento bibliográfico, concluíram que o treinamento de força produz um aumento na massa muscular e redução da porcentagem de gordura corporal de diabéticos tipo 2, proporcionando aumento da sensibilidade à insulina e do metabolismo da glicose, induzindo inclusive diminuição dos fatores de risco para doenças cardiovasculares. McArdle (2008) afirma que a associação do exercício aeróbico e de força aprimora a sensibilidade à insulina e a composição corporal de indivíduos insulino-resistentes, inclusive em magnitudes maiores do que o treinamento aeróbio isoladamente. Essa maior sensibilidade à insulina representa para o diabético tipo 2 um tratamento importante que induz redução na demanda de insulina. Além disso, durante o exercício, a glicose é captada 7 a 20 vezes mais rápido pelo músculo esquelético em contração (em comparação à captação de repouso), mesmo com a redução da insulina plasmática induzida pelo exercício. Isso porque a contração muscular aumenta a concentração de cálcio intracelular, o que aparentemente estimula mais transportadores de glicose inativos, proporcionando maior transporte de glicose diante da mesma quantidade de insulina. Além disso, a diminuição de insulina durante o exercício provoca aumento do glucagon e de outros hormônios que colaboram para a estabilidade da concentração plasmática de glicose, propiciando a mobilização da glicose no fígado e agravando o quadro de hiperglicemia. (POWERS, HOWLEY; 2014)

A maior redução da glicemia do grupo IT (Fig. 4) pode ter ocorrido em virtude do seu maior valor basal. No entanto, Powers, Howley (2014) afirmam que insulina e exercício físico possuem efeitos aditivos, que segundo eles, podem ser explicados pela translocação de diferentes reservatórios e transportadores de glicose na membrana. Esses efeitos aditivos podem ter influenciado na maior redução por parte do grupo IT. Pauli *et al.* (2009), afirmam que os Glut-4 são

essenciais na captação da glicose e que exercícios físicos frequentes estimulam a translocação de Glut-4, promovendo captação de glicose e sua consequente redução na concentração sanguínea.

A sessão de treinamento combinado, realizado no presente estudo, foi eficiente em reduzir agudamente a glicemia tanto dos usuários quanto dos não usuários de insulina a valores desejáveis. Este achado corrobora aqueles encontrados na revisão de Cardoso *et al.* (2007), que concluiu que tanto exercícios aeróbicos quanto resistidos demonstram aumentar a sensibilidade à insulina, sugerindo que os dois tipos de exercícios utilizam maneiras diferentes para trazer esse benefício ao indivíduo diabético. Percebe-se, portanto, que o treinamento combinado é benéfico para a saúde dos portadores de DM2. Arsa *et al.* (2009) confirmam que praticar atividades físicas regulares, diminui a porcentagem de hemoglobina glicada (hemoglobinas ligadas à moléculas de glicose – essa “glicação” ocorre quando há excesso de glicose sanguínea) e também favorece o transporte de oxigênio no sangue. Além disso, os mesmos recomendam a combinação entre exercícios aeróbicos e resistidos, os quais, podem contribuir para o aumento da capacidade respiratória, da força e resistência muscular, proporcionando aumento da qualidade de vida e auxiliando em tarefas simples da rotina diária dos indivíduos, tais como subir escadas, carregar compras, entre outros. Alguns levantamentos bibliográficos justificam ainda que os efeitos dos treinamentos de força e aeróbicos são adicionais, sendo que o aeróbio melhora a capacidade cardiorrespiratória e o resistido, aumenta a força muscular (ARSA, *et al.* 2009; CARDOSO, *et al.* 2007, ALMEIDA, *et al.* 2014)

É importante destacar a existência de algumas limitações do presente estudo, tais como, o fato de não ter sido possível controlar o tempo de diagnóstico, e, portanto, os grupos ficaram heterogêneos neste parâmetro. Além disso, não conseguimos uma amostra de indivíduos que não realizassem o treinamento combinado, para verificação dos possíveis efeitos do tratamento somente com insulina exógena. Também não foram medidos os valores da concentração de insulina durante as sessões. Portanto, não sabemos exatamente se a concentração de insulina era diferente entre os grupos durante a sessão de treinamento e assim realizar afirmações mais pontuais sobre os efeitos da sessão de treinamento combinado sobre a resistência à insulina. Assim, estudos futuros se fazem necessários para verificar específica e separadamente os efeitos do exercício e do

tratamento com insulina exógena e do treinamento combinado em indivíduos portadores de DM2.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que uma sessão treinamento de força combinado com treinamento aeróbio reduz a glicemia de portadores de DM2, usuários e não usuários de insulina exógena como terapia a valores adequados de controle, conforme indicado pela literatura específica (MS, 2006). Além disso, a magnitude de tal redução é maior nos portadores de DM2, usuários, quando comparados aos não usuários de insulina exógena.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S. *et al.* Efeito do treinamento de força em portadores de diabetes mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 8, n. 47, p. 527-35, ed.supl. 2, 2014.

ARAÚJO, L. M. B. *et al.* Tratamento do diabetes mellitus do tipo 2: novas opções. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n.6, dez. 2000.

ARSA G. *et al.* Diabetes mellitus tipo 2: aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 103-11, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/123456789/186/1/Diabetes%20Mellitus%20tipo%20Aspectos%20fisiol%C3%B3gicos%20gen%C3%A9ticos%20e%20formas%20de%20exerc%C3%ADcio%20f%C3%ADsico%20para%20seu%20controle.pdf> . Acesso em 19 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política nacional de atenção básica / Ministério da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diabetes_mellitus.PDF . Acesso em 01/09/2016.

CARDOSO, L. M. *et al.* Aspectos importantes na prescrição do exercício físico para o diabetes mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.1. n. 6, p.59-69. nov./dez. 2007.

DOURADO, V. Z. Equações de referência para o teste de caminhada de seis minutos em indivíduos saudáveis. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v.96, n. 6, jun., p.128-38, 2011.

FERREIRA, L. T. *et al.* Diabetes melito: hiperglicemia crônica e suas complicações. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, v. 36, n. 3, p. 182-8, set./dez., 2011.

FILARDO, R. D.; PETROSKI, E. L. Prevalência de sobrepeso e obesidade em homens adultos segundo dois critérios de diagnóstico antropométrico. **Motricidade**, v. 3, n. 4, p. 46-54, 2007.

GROSS, J. L.; *et al.* Diabetes melito: diagnóstico, classificação e avaliação do controle glicêmico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 46, n.1, p. 16-26, fev.,2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abem/v46n1/a04v46n1.pdf> . Acesso em: 30 set. 2016.

MCARDLE, W. D. *et al.* **Fisiologia do exercício**: energia, nutrição e desempenho. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 1099 p.

MCARDLE, W. D. *et al.* **Fundamentos de Fisiologia do Exercício**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 667 p.

MORO, A. R. P. *et al.* Efeito do treinamento combinado e aeróbio no controle glicêmico no diabetes tipo 2. **Fisioterapiaem Movimento**, Curitiba, v.25, n.2, p.399-409, abr./jun. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502012000200018 . Acesso em 19 set. 2016.

O'CONNOR, R. *et al.* **Weight training today**. Thomson Learning, 1989.

PAULI, J. R. *et al.* Novos mecanismos pelos quais o exercício físico melhora a resistência à insulina no músculo esquelético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, jun., 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302009000400003 . Acesso em 20 set. 2016.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 8 ed. Barueri: Manole, 2014. 650 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Os benefícios do exercício físico para portadores de diabetes tipo II**. Disponível em: <http://www.diabetes.org.br/diabetes-na-imprensa/1140-os-beneficios-do-exercicio-fisico-para-portadores-de-diabetes-tipo-ii> . Acesso em: 29 ago. 2016.

_____. **Tipos de diabetes**. Disponível em: <http://www.diabetes.org.br/para-o-publico/diabetes/tipos-de-diabetes> . Acesso em: 29 ago. 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA (SBEM). **O que é o diabetes?** Disponível em: <http://www.endocrino.org.br/o-que-e-diabetes/> . Acesso em 01 set. 2016.